

## محور مقاله: فرسایش آبی، سیلاب و حفاظت خاک و آب

## برآورد شدت رسوب دهی در قسمتی از حوزه آبخیز شمال کارون با مدل‌های PSIAC و MPSIAC

الهام شهرباینی<sup>۱\*</sup>، علی‌اکبر اصیلان<sup>۲</sup>، بهزاد سبحانی<sup>۳</sup>، پدیده جوادی<sup>۳</sup>، سولماز شکوری اصل<sup>۳</sup><sup>۱</sup> دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس<sup>۲</sup> مدیر گروه خاکشناسی، شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس<sup>۳</sup> کارشناس ارشد علوم خاک، شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس

## چکیده

یکی از معضلاتی که امروزه بشر با آن مواجه است مشکل فرسایش خاک می‌باشد که منجر به خسارات زیادی مانند از بین رفتن خاک حاصلخیز، آلودگی آب‌ها، پر شدن مخازن سدها و... می‌شود. به منظور جلوگیری از چنین روند تخریبی نیاز به تعیین دقیق میزان فرسایش و رسوب برای برنامه‌های حفاظت خاک می‌باشد. در این مطالعه که در سال ۱۳۹۷ انجام شد از مدل‌های PSIAC و MPSIAC برای تخمین رسوب تولید شده و تهیه نقشه فرسایش در قسمت‌هایی از حوزه آبریز شمال خوزستان استفاده شد. روش‌های PSIAC و MPSIAC با نه فاکتور محیطی مرتبط است که به تولید رسوبات حوزه آبریز کمک می‌کند. این فاکتورها شامل زمین شناسی سطحی، خاک، اقلیم، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، استفاده از زمین، فرسایش فعلی و کنار رودخانه‌ای می‌باشد از نرم افزار Arc GIS 10.2 برای تهیه نقشه فرسایش خاک استفاده شد. مدل MPSIAC فرسایش ویژه را متوسط برآورد نموده و مقدار آن در واحدهای لالی، قلعه خواجه، مسجد سلیمان و هفتگل به ترتیب ۶/۴۵، ۷/۷۷، ۶/۸۰ و ۸/۳۵ تن بر هکتار در سال حاصل شد. با توجه به جنس سنگ‌ها، واحدهای فیزیوگرافی، شیب و مشاهدات صحرائی بنظر می‌رسد این مدل برآورد بهتری از فرسایش نسبت به مدل PSIAC دارد و در کلاس III رسوبدهی و فرسایش قرار گرفت.

کلمات کلیدی: فرسایش، رسوب، روش‌های تجربی، GIS

## مقدمه

فرسایش و رسوب زایی یکی از مشکلات مهم در مدیریت حوزه های آبخیز کشور می باشد. فرسایش و پیامدهای ناشی از آن، با تشدید بهره‌برداری انسان از طبیعت از اوائل قرن بیستم، آثار منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته است (Lu و همکاران ۲۰۰۱). خاک یکی از مهمترین منابع طبیعی هر کشور است و در قرن حاضر فرسایش خاک یکی از عوامل اصلی تخریب محیط زیست است. رسوب حاصل از فرسایش خاک باعث آلوده شدن آبها، پر شدن مخازن سدها و کاهش پتانسیل های محیطی و حاصلخیزی خاک می‌شود. بنابراین، شناخت وضعیت فرسایش و تولید کل رسوب سالانه در حوزه های آبخیز، مطالعات و تحقیقات بیشتری نیاز دارد و شناخت عوامل موثر در این فرآیند پیچیده ضروری است (Zakeri و همکاران ۲۰۱۵). یکی از مشکلات اساسی در برآورد میزان فرسایش و رسوب برای برنامه ریزی استفاده از منابع آب و خاک، عدم وجود آمار (به ویژه در حوضه‌های کوچک) است که سبب مشکلات برای کارشناسان و کاربران در مدیریت حوضه ها و در توسعه از برنامه های حفاظتی می‌شود. روابط تجربی برای تخمین مقدار فرسایش و رسوب در حوضه هایی که اطلاعات لازم ندارند توسعه داده شده است (Nearing و همکاران ۲۰۱۵؛ Naqvi و همکاران ۲۰۱۵). از میان روش‌های تجربی می‌توان به روشهای کیفی EPM، BLM، FAO، و روش کمی MPSIAC که درصد اعتبار بیشتری دارد اشاره کرد. مدل MPSIAC یکی از این روشهای تجربی می‌باشد که در اکثر حوضه‌های آبخیز کشور کارایی دارد. ارزیابی مقدار رسوب به روش MPSIAC نسبت به مقدار محاسبه شده رسوب در ایستگاه‌های رسوب‌سنجی دارای شباهت و همبستگی بالایی است (خیام و همکاران، ۱۳۹۲). فرسایش خاک و تولید رسوب حوزه آبخیز سد ایلام برآورد شده و از نظر کلاس های فرسایشی و شدت رسوبدهی با استفاده از مدل MPSIAC حوضه مطالعه شده را به سه کلاس کم، متوسط و زیاد تفکیک کرده اند (Rastgoo, 2010). در برآورد فرسایش رسوب به کمک داده‌های ماهواره‌ای و سامانه جغرافیایی اطلاعات حوزه‌ی آبخیز زیارت با استفاده از مدل MPSIAC نشان دادند که بخش اعظم حوضه بر اساس طبقه بندی کیفی مدل MPSIAC در کلاس متوسط قرار دارد (تاجگردان و همکاران، ۱۳۸۷). برای برآورد میزان فرسایش و نرخ تولید رسوب با استفاده از روش MPSIAC در حوزه ی آبخیز سد شورجه

نتیجه گرفتند که در هر سال حدود ۶۴/۳۷ مترمکعب رسوب در هر کیلومتر مربع تولید می‌شود (دهقان و همکاران، ۱۳۸۸). شهبازی (۱۳۸۴) در مقایسه دوروش EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش ورسوب در زیرحوضه بجوشین چای حوضه ارس در استان آذربایجان شرقی به این نتیجه دست یافت که آنالیزهای آماری دلالت بر نزدیکی بیشتر مقادیر تخمینی مدل MPSIAC با مشاهدات رسوب دارد.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه قسمت‌هایی از حوزه آبریز شمال کارون با مساحتی در حدود ۸۶۵۲۰ هکتار، در استان خوزستان، در قسمت‌هایی از شهرستان‌های لالی، قلعه خواجه، مسجد سلیمان و هفتگل واقع در فاصله‌ی طول جغرافیایی شرقی ۴۸ درجه و ۵۹ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۴۹ درجه و ۳۲ دقیقه و ۲۳ ثانیه و عرض جغرافیایی شمالی ۳۱ درجه و ۴۳ دقیقه و ۴ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه و ۲۷ ثانیه انتخاب شد. پس از شناسایی منطقه و گردآوری داده‌ها و نقشه‌های موجود، مشاهدات میدانی و تفسیر عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، موقعیت منطقه روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مشخص شد. از نقشه زمین‌شناسی و نقشه کاربری اراضی منطقه با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ استفاده شد. از گزارش هواشناسی عناصر اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه در طی یک دوره آماری ۵۸ ساله (۱۳۳۷-۱۳۹۵) جمع‌آوری گردید. یکی از دقیق‌ترین روش‌های برآورد میزان رسوب تولیدی حوزه‌های آبخیز استفاده از آماراندازه‌گیری شده ایستگاه‌های هیدرومتری و برآورد منحنی سنج رسوب و در نهایت تولید رسوب می‌باشد. در نقاطی که این ایستگاه‌ها به تعداد کافی وجود داشته باشند میزان رسوب قابل اندازه‌گیری می‌باشد. از آنجا که در این حوزه آبریز هیچ گونه تجهیزات اندازه‌گیری رسوب وجود ندارد لذا استفاده از روش‌های آماری جهت برآورد مقدار فرسایش و رسوب حوضه امکان پذیر نمی‌باشد و به ناچار از روش‌های تجربی PSIAC و MPSIAC به منظور برآورد میزان فرسایش و رسوب در داخل قسمت‌هایی از حوزه آبریز شمال کارون استفاده گردید. بطوری که پس از مشخص شدن نقشه واحد کاری امتیازات مربوط به عوامل هر مدل در هر واحد کاری برآورد سپس با میانگین وزنی از واحدهای کاری مقدار رسوب محاسبه شد و در نهایت با محاسبه SDR مقدار فرسایش محاسبه شد همچنین در این تحقیق جهت تهیه نقشه از نرم افزار Arc GIS استفاده شد. در روش PSIAC تأثیر و نقش ۹ عامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه آبخیز ارزیابی می‌گردد که عبارت از زمین‌شناسی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش سطحی زمین، استفاده از زمین، وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوزه آبخیز و فرسایش رودخانه‌ای می‌باشد. (Johnson & Gebhardt 1982) اصلاحاتی در این مدل به وجود آوردند و آن را فرمول اصلاح شده پسیاک (MPSIAC) نامیدند و مدل را از حالت کیفی به صورت کمی تبدیل کردند. عوامل مؤثر در ارزیابی فرسایش خاک و تولید رسوب در روش‌های PSIAC و MPSIAC در جدول ۱ مشاهده می‌شود در این روش بسته به شدت وضعیت هر عامل عددی به آن نسبت داده می‌شود. همچنین مدل BLM که توسط اداره عمران آمریکا ارائه شده نقش ویژه‌ای در ارزیابی وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای مدل PSIAC و MPSIAC دارد و بر اساس جمع نمرات عوامل هفتگانه حرکت توده خاک (توسط آب، باد، نیروی ثقل و ...)، وجود لاشیرگ در سطح خاک، وضعیت سنگها (عمدتاً از نظر توزیع در سطح)، قطعات سنگی تحکیم یافته، وجود فرسایش شیاری، فرم آبراه‌ها و وجود فرسایش خندقی منطبق با مشاهدات میدانی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای این دو عامل را بررسی می‌نماید. امتیازدهی عوامل مؤثر بر فرسایش خاک از طریق بازدیدهای میدانی، بررسی نوع فرسایش در منطقه و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفت. در پایان ارائه مدل برآورد فرسایش و رسوب، محاسبه‌های عددی و تهیه نقشه در محیط Arc GIS انجام شد.

پس از تعیین عوامل و به دست آوردن مجموع نمرات آنها به منظور دقت بیشتر از معادلات (۱) و (۲) بین درجه رسوب دهی و میزان تولید رسوب و معادلات نسبت تحویل رسوب (۳) و (۴) در روش‌های PSIAC و MPSIAC استفاده می‌شود

$$\text{معادله (۱)} \quad QS = 38.77e^{0.0353R} \quad \text{میزان رسوب دهی بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال} = QS$$

$R$  = درجه رسوب دهی یعنی مجموع نمرات عوامل مختلف در نظر گرفته شده

$$\text{معادله (۲)} \quad e = \text{لگاریتم نپرن در حدود } 2/718 \text{ می‌باشد بر این اساس جانسون و گمبهارت ضرایب این رابطه را اصلاح کرده و معادله (۲) را ارائه دادند}$$
$$QS = 0.253e^{0.036R}$$

$QS$  = میزان تولید رسوب بر حسب تن در هکتار، سایر پارامترها مانند معادله (۱) می‌باشد.

اما با توجه به اینکه در روش MPSIAC به طور مستقیم نمی‌توان اقدام به تعیین مقدار فرسایش ویژه و کل نمود لذا با تعیین SDR یا نسبت تحویل رسوب از معادلات (۳) و (۴) می‌توان فرسایش ویژه را حساب کرد..

$$\text{Log} (SDR) = 1.7935 - 0.4191(\text{Log}A) \quad \text{معادله (۳)}$$

A: مساحت حوزه آبخیز برحسب مایل مربع

$$SDR = \frac{\text{رسوب ویژه}}{\text{فرسایش ویژه}} \quad \text{معادله (۴)}$$

جدول ۱. عوامل موثر در ارزیابی فرسایش خاک و تولید رسوب در روش‌های PSIAC و MPSIAC

شرح و تغییر	معادلات MPSIAC	نمرات (PSIAC)	عوامل موثر در فرسایش خاک
در این عامل تغییری داده نشده است	$Y1=X1$	۰-۱۰	زمین شناسی سطحی
k عامل فرسایش پذیری خاک در فرمول جهانی فرسایش می‌باشد	$X2=16.67 k$	۰-۱۰	خاک
P2 بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت دو ساله	$X3=0.2 P2$	۰-۱۰	آب و هوا
R عامل رواناب و QP دبی پیک سالانه برحسب مترمکعب بر ثانیه	$X4=0.006R+10QP$	۰-۱۰	رواناب
S شیب متوسط حوضه به درصد	$X5=0.33 S$	۰-۲۰	پستی و بلندی
Pb درصد اراضی سخت و فاقد پوشش حوضه	$X6=0.2 Pb$	-۱۰ تا +۱۰	پوشش زمین
PC درصد تاج پوشش	$X7=20-0.2Pc$	-۱۰ تا +۱۰	استفاده از زمین
S.S.F وضعیت سطح خاک و فرسایش	$X8=0.25 S.S.F$	۰-۲۵	وضعیت فعلی فرسایش در
S.S.F.g فرسایش خندقی در حوضه	$X9=1.67 S.S.F.g$	۰-۲۵	فرسایش رودخانه‌ای و حمل

### نتایج و بحث

جدول شماره ۲ برآورد میزان رسوب و فرسایش به روش PSIAC را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۲. برآورد میزان رسوب و فرسایش به روش PSIAC

واحد	R (درجه رسوب دهی)	تولید رسوب سالیانه مترمکعب در کیلومتر مربع	شدت رسوبدهی	کلاس رسوبدهی و فرسایش	رسوب ویژه (ton/ha.y)
لالی	۵۳/۷۰	۲۵۶/۶	متوسط	III	۱/۷۴
قلعه خواجه	۵۳/۶۰	۲۵۵/۷	متوسط	III	۱/۷۳
مسجد سلیمان	۵۲	۲۴۱/۷	متوسط	III	۱/۶۴
هفتگل	۴۷/۷۰	۲۰۷/۷	کم	II	۱/۴۰

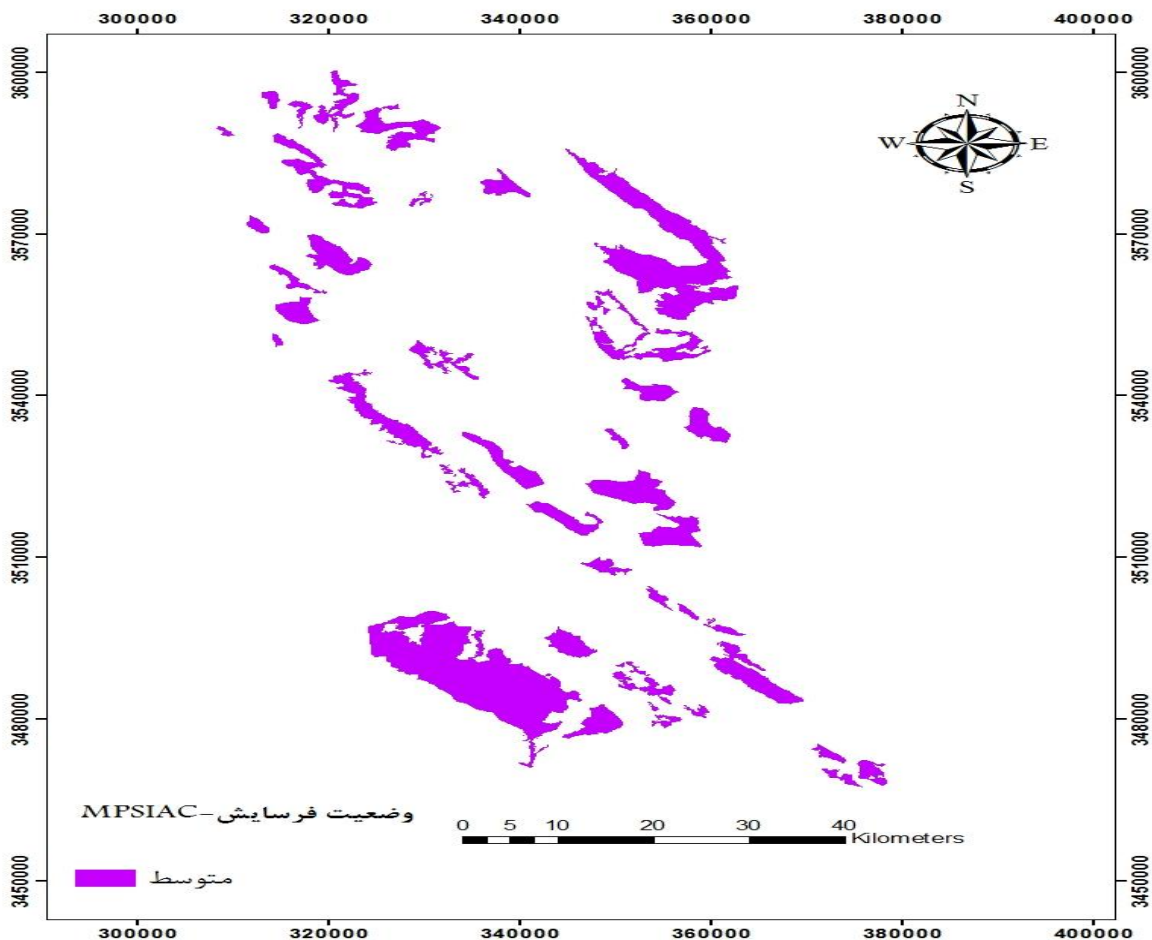
نتایج نشان می‌دهد اراضی لالی، قلعه خواجه و مسجد سلیمان از نظر رسوبدهی و فرسایش در کلاس III قرار می‌گیرند که نشان دهنده فرسایش متوسط است. جدا شدن و جابه‌جایی ذرات خاک به میزانی است که اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آب ضرورت و اولویت داشته و استفاده از

اراضی محدودیت زیاد دارد. همچنین در این روش اراضی هفتگل از نظر رسوبدهی و فرسایش در کلاس II قرار می‌گیرند که نشان دهنده فرسایش کم است. جدول شماره ۳ برآورد میزان رسوب و فرسایش به روش MPSIAC را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۳. برآورد میزان رسوب و فرسایش به روش MPSIAC

واحد	مساحت (هکتار)	R (درجه رسوب دهی)	کلاس رسوبدهی و فرسایش	رسوب ویژه (ton/ha.y)	فرسایش ویژه (ton/ha.y)	SDR (%)
لالی	۱۰۲۷۳	۵۸/۶۷	III	۲/۰۸	۶/۴۵	۳۲/۲
قلعه	۱۸۱۳۱	۶۱/۶۰	III	۲/۳۱	۷/۷۷	۲۹/۷
مسجد	۲۳۵۶۰	۵۶/۸۵	III	۱/۹۵	۶/۸۰	۲۸/۶
هفتگل	۳۴۵۵۶	۶۱/۰۶	III	۲/۲۶	۸/۳۵	۲۷/۱

در روش MPSIAC کلیه اراضی از نظر رسوبدهی و فرسایش در کلاس III قرار می‌گیرند که نشان دهنده فرسایش متوسط است. همچنین نقشه برآورد فرسایش خاک به روش MPSIAC در شکل ۱ مشاهده می‌شود.



شکل شماره ۱- وضعیت فرسایش با مدل MPSIAC در اراضی مسجد سلیمان، لالی، هفتگل و قلعه خواجه

نتیجه‌گیری

یکی از دقیق ترین روش های برآورد میزان رسوب تولیدی حوزه های آبخیز استفاده از آمار اندازه گیری شده ایستگاه های هیدرومتری و برآورد منحنی سنج رسوب و در نهایت تولید رسوب برای اعتبار سنجی مدل های فرسایشی می باشد، از آنجا که در این محدوده مطالعاتی این آمار وجود ندارد لذا امکان اعتبار سنجی برای مدل مقدر نمی باشد ولی با توجه به اینکه جنس سنگ های منطقه عمدتاً از نوع مارنی، گچی، آهکی و شیل می باشد و اراضی عمدتاً در واحدهای فیزیوگرافی کوه ها و تپه ها، فلات ها و تراس های فوقانی و واریزه ها قرار دارند همچنین در قسمت هایی از اراضی فرسایش شیاری و خندقی مشاهده می شود، همچنین فرسایش آبی با از بین رفتن پوشش گیاهی به دلیل چرای مفرط در این نواحی شدت یافته و وجود سازندهای مارن حساس به فرسایش آن را تقویت می کند. تمامی عوامل نشان دهنده فرسایش قابل توجه در منطقه می باشد لذا برآورد مدل MPSIAC مناسب تر می باشد.

### منابع

- خیام، م؛ غنمی جابر، م. و صمد زاده، ر. ۱۳۹۲. مقایسه کارایی مدل های EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب زایی حوضه آبخیز سقزچی چای نمین، دو فصلنامه ی ژئومورفولوژی کاربردی ایران سال اول، شماره اول، صفحات ۱-۱۳
- تاجگردان، تکتک؛ شمس الله ایوبی؛ شعبان جویباری (۱۳۸۷). برآورد فرسایش و رسوب به کمک داده های ماهواره ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از مدل MPSIAC (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زیارت)، مجله پژوهش و سازندگی شماره ۷۹. صفحات ۳۸-۴۵
- دهقان، جعفر؛ تکتک تاجگردان؛ شعبان جویباری (۱۳۸۸). برآورد فرسایش و رسوب به کمک داده های ماهواره ای و با استفاده از مدل MPSIAC، نشریه پژوهش و سازندگی، شماره ۷۹. صفحات ۳۴-۴۵
- شهبازی کیا، سعید و صادقی تالارپشتی، رستم. (1821). مقایسه دو روش EPM, MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در استان آذربایجان شرقی ( مطالعه موردی: زیرحوضه بجوشین چای حوزه ارس). سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.
- Johnson, C. W., Gebhardt, K. A., 1982- Predicting sediment yields from sage brush rangeland in, Proceedings of the workshop on estimating erosion and sediment yield on rangeland. Tucson Aritong, March 1982.V.5. Department of agriculture ARM-W-26.P. 145-156.
- Lu, H., J. Geollant Prosser, L., Moran and G. Priestly (2001). Prediction of sheet and rill erosion over the Australian continent: Incorporating monthly soil loss distribution, National Land & Water Resource. Technical Report No.31:127 Australia
- Zakeri, H.F., Khalil, R., & ShafaiBajestan, M. (2015). Soil erosion and Sediment yield risk Assessment using an empirical Model of MPSIAC for upstream Watershed of Abbaspour and masjed-soleiman dams, SW-Iran. *Bullten of Environment Pharmacology Life Science*, 5, 73-82.
- Naqvi, H.R., Athick, A.M.A., Ganaie, H.A., & Siddiqui, M.A.(2015). Soil erosion planning using sediment yield index method in the Nun Nadi watershed, India. *International Soilless and Water Conservation Research*, 3, 86-96.
- Nearing, M.A., Unkrich, C.L., Goodrich, D.C., Nichols, M.H., & Keefer, T.O. (2015). Temporal and elevation trends in rainfall erosivity on a 149 km<sup>2</sup> watershed in a semi-arid region of the American Southwest. *International Soilless and Water Conservation Research*, 3, 77-85.
- Rastgoo, S., B. Ghahraman, H. Sanaiinejad, K. Davari and S.R. Khodashenas (2006). Estimation of erosion and sediment in Tang Kenshat watershed using MPSIAC & EPM models and GIS, *Jour. of Agri. & Natural Resources Science and Techniques* 1: 91-104.



# 16<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



## Estimation Of Sediment Intensity In Part of Karun North Watershed With PSIAC And MPSIAC Models

Shahrayini<sup>\*1</sup>, E., Asillian<sup>2</sup>, A.A., Sobhani, B<sup>3</sup>, Javadi, P<sup>3</sup>, Shakouri, S<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Soil Physic And Conservation Ph.D Student, Mahab Ghodss Consulting Engineer

<sup>2</sup> Soil science supervisor, Mahab Ghodss Consulting Engineer

<sup>3</sup> Soil Science Senior Expert, Mahab Ghodss Consulting Engineer

### Abstract

Today one of the big issues human societies are faced with is the problem of soil erosion which causes a lot of damage such as loss of fertile soil, polluting of water, filling dam reservoirs and etc. In order to prevent such a degradation process, exact determination of erosion and sediment levels is necessary for soil conservation programs. This study was conducted in 1397, the "PSIAC and MPSIAC models" were used to estimate sediment yield and provide erosion map in parts of north Karun watershed. The PSIAC and MPSIAC method incorporate nine environmental factors that contribute to sediment yield of the watershed. These factors are: surface geology, soil, climate, runoff, topography, ground cover, land use, present erosion and stream bank erosion. ArcGIS 10.2 software was used to prepare the erosion map. The MPSIAC model has estimated the special erosion as moderate with the value of 6.45, 7.77, 6.80 and 8.35 ton/ha.year for Lali, Ghale khajeh, Masjed Soleyman and Haftgel respectively. According to stone material, physiographic units, slope and field visits, It seems this model estimated erosion better than PSIAC and It located in class of sedimentation and erosion of III.

**Keywords:** Erosion, Sediment, Empirical models, GIS

---

\* Corresponding author, Email: e.shahrayini@yahoo.com