

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در تخمین فرسایش خاک و تولید رسوب حوزه آبخیز نوژیان

مسعود داوری\*، حسینعلی بهرامی، جمال قدوسی، ناصر طهماسبی پور

دانشجوی دکتری خاکشناسی و استادیار خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، استادیار پژوهش مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، عضو هیئت علمی دانشگاه لرستان.

**Using of Geographic Information System in estimating of soil erosion and sediment production on Nojjan watershed (Southeast of Khorramabad city).**

*Davari, M.*

*Soil Science Department, Tarbiat Modarres University, Jalale Ale Ahmad Ave.  
Tehran, 14115-11, Iran, ([davari@modares.ac.ir](mailto:davari@modares.ac.ir))*

*Bahrami, H, A.*

*Soil Science Department, Tarbiat Modarres University, Jalale Ale Ahmad Ave.  
Tehran, 14115-11, Iran, ([Bahramih@modares.ac.ir](mailto:Bahramih@modares.ac.ir))*

*Ghoddousi, J.*

*Soil Conservation and Watershed Management Research Center.  
Tahmasebi pour, N.*

*Watershed Management Department, Lorestan University.*

## استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب حوزه آبخیز

### نوژیان (جنوب شرقی خرم آباد)

#### چکیده

فرسایش خاک یکی از عوامل اصلی در کاهش حاصلخیزی خاک، انباشت رسوبات در آبراهه‌ها، کانالهای آبیاری و رودخانه‌ها، کاهش ظرفیت مخازن سدها، تشدید وقوع سیلابهای مخرب و آلودگی محیط زیست می‌باشد. به منظور جلوگیری از پیامدهای منفی فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز ضرورت دارد مقدار رسوب و منبع تولید آن مشخص گردد. از آنجا که اکثر حوزه‌های آبخیز کشور فاقد ایستگاههای رسوب‌سنجی می‌باشند از اینرو با استفاده از مدل‌های ابداع شده در این زمینه برآورد تولید رسوب الزامی می‌باشد. در این تحقیق که در حوزه آبخیز نوژیان واقع در جنوب شرقی خرم‌آباد انجام شده است، برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز نوژیان واقع در استان لرستان با استفاده از مدل MPSIAC<sup>1</sup> و با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)<sup>2</sup> مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا برای اجرا کردن مدل MPSIAC، پس از ورود لایه‌های اطلاعاتی به محیط GIS و وزن‌دهی آنها، از تلفیق این لایه‌ها، حوزه آبخیز مورد مطالعه به ۵۲۷ واحد همگن تفکیک گردیده سپس شدت فرسایش و تولید رسوب در این واحدهای همگن محاسبه شده است. نتیجه بدست آمده نشانگر این است که میزان رسوب برآورد شده با استفاده از مدل MPSIAC حدود  $489372/2$  تن در سال می‌باشد. با توجه به اینکه میزان رسوب اندازه‌گیری شده در محل ایستگاه هیدرومتری کشور معادل  $812410$  تن در سال است، نسبت مقدار رسوب برآورد شده با استفاده از مدل MPSIAC به آمار رسوب اندازه‌گیری شده  $0/602$  برابر است. نتیجه بررسی‌های انجام شده در مورد اختلاف موجود بیانگر این واقعیت است که کالیبره کردن مدل‌های تجربی از طریق اصلاح نارساییهای موجود در آنها در تطبیق با شرایط خارج از محل ابداع آنها امری ضروری و گریزناپذیر است. بنابراین ضرورت دارد پیش از آنکه با اطمینان اقدام به رد یا قبول نتیجه حاصل از بکارگیری این مدل نمود، در آبخیزهای معرف کشور کالیبره کردن مدل در تطبیق کامل با شیوه‌های ابداع آن مدنظر قرار گرفته سپس اقدام به واسنجی آن نمود.

**کلمات کلیدی:** فرسایش خاک، رسوبدهی، حوزه آبخیز، واحدهای کاری همگن، MPSIAC، GIS

<sup>1</sup> Modified Pacific Southwest Inter-Agency Committee.

<sup>2</sup> Geographic Information System.

یکی از مسائل و معضلات جدی در بهره‌برداری پایدار از خاک فرسایش است که اثرات آن به‌طور مستقیم در کاهش حاصلخیزی و هدررفت خاک، برهم خوردن امنیت غذایی، گرفتگی و انسداد مجاری آبیاری، پر شدن مخازن سدها، آبراهه‌ها و رودخانه‌ها، گل‌آلود کردن آب رودخانه‌ها و کاهش کیفیت آن، آلودگی آبهای مناطق پایین دست و تخریب محیط زیست قابل لمس و مشاهده می‌باشد. برای جلوگیری و کاهش این اثرات، نیاز به اقدامات حفاظت خاک و آبخیز داری و کنترل رسوب می‌باشد [۱].

برای اجرا نمودن برنامه‌های حفاظتی و تعیین روشهای مبارزه با فرسایش و کنترل رسوب، محاسبه حجم کل میزان تولید رسوب سالانه در یک حوزه آبخیز ضروری است. اگر در حوزه آبخیز آمار و اطلاعات مربوط به دبی آب و رسوب وجود داشته باشد محاسبه حجم کل رسوبدهی سالانه آن با استفاده از روشهای آماری متداول امکانپذیر است، ولی عدم وجود آمار و اطلاعات در زمینه فرسایش و رسوب در بسیاری از حوزه‌های آبخیز کاربرد روشهای تجربی مناسب را برای برآورد شدت فرسایش خاک و رسوبزایی الزامی می‌نماید [۲، ۳].

گسترده‌گی و تنوع آمار و اطلاعات مربوط به فرسایش و رسوب، نیاز به تجزیه و تحلیل‌های گوناگون و دستیابی سریع به اطلاعات به‌هنگام و صحیح سبب گشته که متخصصین منابع طبیعی از بکار بستن روشهای سنتی و دستی جمع‌آوری، نگهداری، تجزیه و تحلیل و ارائه اطلاعات به‌سوی روشهای مدرن، یعنی سیستم اطلاعات جغرافیایی سوق یابند. سیستم اطلاعات جغرافیایی یک مجموعه ویژه کامپیوتری شامل سخت‌افزار، نرم‌افزار، اطلاعات جغرافیایی و افراد متخصص است که جهت ذخیره‌سازی، بکارگیری، تجزیه و تحلیل اطلاعات جغرافیایی و نمایش اطلاعات فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این سیستم، داده‌ها به صورت رقومی نگهداری می‌شوند از اینرو از نظر فیزیکی حجم کمتری نسبت به روشهای سنتی اشغال می‌کنند. بنابراین امکان ذخیره اطلاعات به صورت رقومی و بهم پیوسته وجود داشته و حاصل کار به صورتهای مختلف مانند نقشه، جدول و نمودار بر روی مانیتور کامپیوتر رؤیت و به دیگر سیستم‌ها منتقل و یا چاپ و رسم می‌شوند. لذا در مطالعات فرسایش خاک و رسوبدهی حوزه‌های آبخیز با استفاده از مقادیر عددی عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تهیه لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز می‌توان شاخص فرسایش خاک مناطق مختلف را بر اساس این سیستم‌ها محاسبه نمود [۴، ۵].

بر اساس برآوردی که توسط وزارت نیرو مبتنی بر آمار رسوب سنجی انجام شده، حوزه آبخیز نوزیان به رغم مساحت کم آن (حدود ۲ درصد از کل مساحت حوزه آبخیز دز) حدود ۶ درصد از بار رسوب معلق انتقال یافته به پشت سد دز را به خود

اختصاص می‌دهد [6]. وجود سازندهای حساس به فرسایش، استفاده غیر اصولی و نامناسب از اراضی، شیب زیاد و ویژگیهای اقلیمی منطقه از جمله عواملی هستند که موجب حاکمیت چنین شرایطی در حوزه آبخیز نوژیان شده است.

بنابراین در انجام این تحقیق با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، اهداف زیر مد نظر بوده است.

الف- برآورد حجم رسوب تولیدی حوزه آبخیز نوژیان با استفاده از مدل MPSIAC و مقایسه آن با آمار رسوب ایستگاه رسوب‌سنجی

جهت تعیین دقت و صحت مدل،

ب- طبقه‌بندی و مشخص کردن واحدهای ناحیه‌ای از نظر پتانسیل تولید رسوب،

ج- شناسایی روش مناسبی برای تهیه نقشه‌های ذریبط با توجه به توانمندیها و قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی.

در خصوص مطالعات انجام شده در رابطه با برآورد فرسایش و تولید رسوب با استفاده از GIS می‌توان به پژوهشهای انجام شده توسط

باقرزاده کریمی (۱۳۷۲) با عنوان بررسی کارایی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب با تکنیکهای سنجش از دور و GIS در مطالعات فرسایش

خاک، شیخ حسنی (۱۳۷۴) تحت عنوان بررسی پتانسیل تولید رسوب در حوزه آبخیز سد طالقان با ارزیابی مدل MPSIAC با استفاده از

سیستم اطلاعات جغرافیایی، کاهکش (۱۳۷۵) تحت عنوان ارزیابی قابلیت فرسایش خاک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش

از دور مطالعه موردی حوزه آبریز دریاچه سد دز، رحمت‌نیا (۱۳۷۶) با عنوان ارزیابی قابلیت فرسایش خاک با استفاده از سنجش از دور و

سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی زیرحوزه‌های غرب و جنوب غرب قره‌سو، فرج‌زاده و همکاران (۱۳۷۷) تحت عنوان پهنه‌بندی

قابلیت فرسایش خاک براساس MPSIAC در حوزه آبریز آق لاقان چای با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور و سیستم اطلاعات

جغرافیایی و جعفری (۱۳۸۱) با عنوان برآورد کیفی و کمی فرسایش خاک و تولید رسوب حوزه چیخواب با استفاده از سامانه‌های اطلاعات

جغرافیایی اشاره نمود. در تمامی مطالعات بیان شده، صرفنظر از نتایج به دست آمده در رابطه با مقادیر فرسایش و تولید رسوب به این نکته

تأکید شده است که استفاده از فناوریهای نوین شامل سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مقایسه با روشهای سنتی موجب

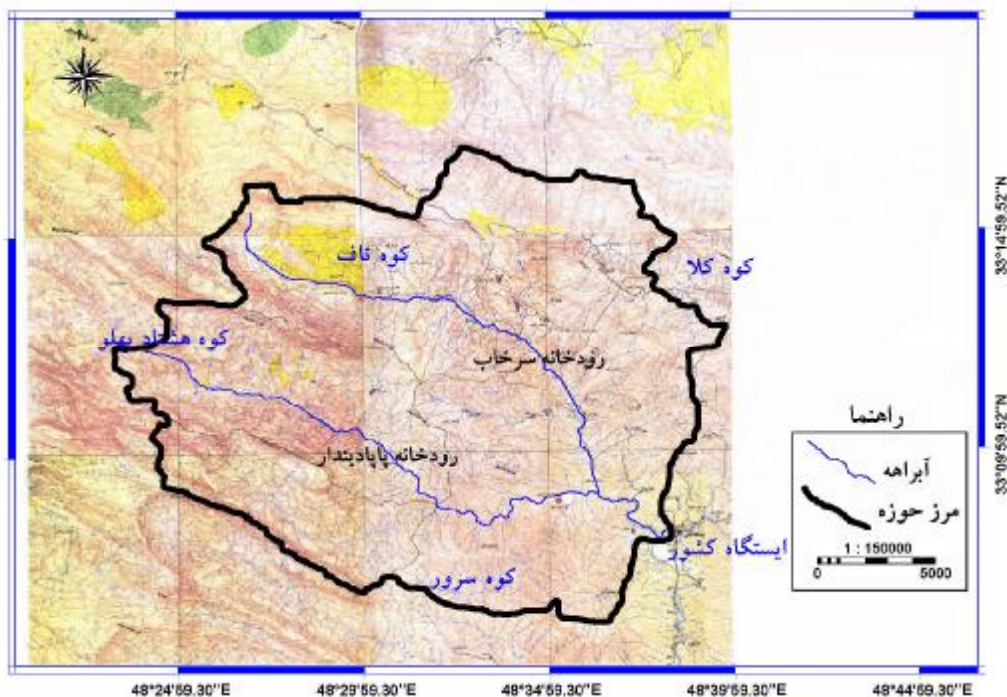
دستیابی به نتایج دقیق‌تر و صرفه‌جویی قابل ملاحظه در زمان می‌گردد...

## ۲- موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای عمومی منطقه تحقیق

حوزه آبخیز رودخانه سرخاب (حوزه آبخیز نوژیان) یکی از زیرحوزه‌های رودخانه دز می‌باشد که خروجی آن در ایستگاه راه آهن کشور

در ۷۳ کیلومتری شهرستان خرم آباد به رودخانه سزار منتهی می‌شود. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی در حد فاصل "۰۶'۰۸" ۳۳ تا

۳۳°۱۷'۰۰" عرض شمالی و ۴۸°۲۳'۱۴" تا ۴۸°۳۹'۴۸" طول شرقی واقع شده است. این حوزه آبخیز از شمال به کوه سفید و کوه کلا، از شمال شرق به کوه تاف، از شرق و جنوب شرق به رودخانه دز و کوه چلن، از جنوب به کوه سرور و از غرب به کوه هشتاد پهلوی محدود شده و مساحت آن حدود ۳۴۰/۰۷ کیلومتر مربع می باشد. ارتفاع بلندترین نقطه حوزه آبخیز ۲۹۹۱ متر و ارتفاع محل خروجی آن در محل ایستگاه راه آهن کشور ۷۷۰ متر از سطح دریا است. شکل (۱) موقعیت حوزه آبخیز نوژیان را نشان می دهد.



شکل ۱ موقعیت مکانی حوزه آبخیز نوژیان

### ۳- مواد و روشها

مدل PSIAC در سال ۱۹۶۸ برای برآورد رسوب مناطق جنوب غرب آمریکا که دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک می باشد ارائه شده است [۱۳، ۱۴]. این مدل با لحاظ کردن نه عامل مؤثر در فرسایش و تولید رسوب شامل زمین شناسی سطحی، خاک، اقلیم، رواناب، شیب، پوشش زمین، کاربری اراضی، وضعیت فعلی فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب بیش از سایر مدلها در ایران مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مهمترین ایرادها در بکارگیری مدل PSIAC نحوه نمره‌دهی به عوامل مدل است که کاملاً کیفی بوده و به قضاوت و تجربه کارشناس بستگی دارد. جانسون و گبهارت (۱۹۸۲) با اصلاح مدل اولیه، تاحدودی این عیب را بر طرف کرده و روابطی را برای محاسبه نمره هر یک از عوامل ارائه نمودند (جدول ۱). مدل اصلاح شده به مدل MPSIAC معروف شده و در حال حاضر در ایران بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد [۱۲]. برای بکارگیری مدل MPSIAC، لازم است حوزه آبخیز مورد مطالعه با توجه به هدف مورد نظر به واحدهای

هیدرولوژیکی (زیرحوزه آبخیزها) یا اجزای واحد اراضی و یا واحدهای کاری همگن ژئومرفولوژی تقسیم شود. پس از تقسیم حوزه آبخیز به هر یک از واحدهای مذکور، نمرات عوامل نه گانه در هر یک از واحدهای کاری محاسبه می گردد.

جدول ۱ روابط تعیین نمره عوامل نه گانه مدل MPSIAC (۳)

ردیف	عامل	مهمترین خصوصیات موردنظر
۱	زمین شناسی سطحی Surface geology	$x_1, y_1=x_1$ شاخصی از فرسایش زمین شناسی که بر اساس خصوصیات سختی، هوازدگی، شکستگی و نوع سنگ از گزارش های زمین شناسی بدست می آید.
۲	خاک Soil	$x_2, y_2=16.67x_2$ ضریب فرسایش پذیری خاک (K) در معادله جهانی برآورد تلفات خاک (USLE) است.
۳	اقلیم Climate	$x_3, y_3=0.2x_3$ مقدار بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت دو ساله به میلیمتر که از آمار هواشناسی به دست می آید.
۴	رواناب Runoff	$x_4, y_4=0.2x_4$ برابر با مجموع ارتفاع رواناب سالانه به میلیمتر ضربدر $0.3$ و دبی جریان اوج سالانه به متر مکعب در ثانیه در کیلومتر مربع ضربدر $50$ می باشد.
۵	پستی و بلندی Topography	$x_5, y_5=0.33x_5$ تندی شیب به درصد است.
۶	پوشش زمین Ground cover	$x_6, y_6=0.2x_6$ برابر با درصد خاک لخت می باشد.
۷	کاربری اراضی Land use	$x_7, y_7=20-0.2x_7$ برابر با درصد تاج پوشش گیاهی است.
۸	وضعیت فعلی فرسایش Upland erosion	$x_8, y_8=0.25x_8$ برابر با مجموع نمرات عامل سطحی خاک (SSF) است که از روش دفتر مدیریت اراضی آمریکا (BLM) بدست می آید.
۹	فرسایش رودخانه ای و حمل رسوب Channel erosion and sediment transport	$x_9, y_9=1/67x_9$ برابر با نمره فرسایش خندقی عامل سطحی خاک (SSF) است.

مجموع این نمرات مشخص کننده نمره مربوط به درجه رسوبدهی و شدت فرسایش در هر یک از واحدها خواهد بود. بعد

از تعیین درجه رسوبدهی و شدت فرسایش، در مدل MPSIAC برای تعیین میزان رسوب از رابطه زیر استفاده می شود [۱۵، ۱۶].

$$Q_s = 0.186e^{0.0353R} \quad (1)$$

در این رابطه  $Q_s$  میزان تولید رسوب ( $t/ha$ ) و  $R$  درجه رسوبدهی یا مجموع نمرات عوامل نه گانه می باشد. بعد از تعیین درجه رسوبدهی ( $R$ ) و میزان تولید رسوب، با استفاده از جدول ۲ می توان کلاسهای فرسایش و رسوبدهی را تعیین نمود.

جدول ۲ کلاسهای فرسایش و شدت رسوبدهی در مدل MPSIAC

امتیاز ( $R$ )	رسوبدهی ( $m^3/km^2$ )	کلاس فرسایش و رسوبدهی
$>100$	$>1429$	خیلی زیاد
۷۵-۱۰۰	۴۷۶-۱۴۲۹	زیاد
۵۰-۷۵	۲۳۸-۴۷۶	متوسط
۲۵-۵۰	۹۵-۲۳۸	کم
۰-۲۵	$<95$	جزئی

بنابراین برای انجام این تحقیق از مواد زیر استفاده شده است:

- ۱- آمار و اطلاعات حاصل از پژوهشهای قبلی حوزه آبخیز نوژیان در قالب اطلاعات، جداول، نقشه ها و شکلها،
- ۲- نقشه های پایه شامل نقشه های توپوگرافی با مقیاس های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و سازمان نقشه برداری کشور، عکسهای هوایی ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۵ و ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۴۶ منطقه مورد مطالعه، نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور، نقشه ارزیابی منابع و قابلیت استفاده از اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ مؤسسه تحقیقات خاک و آب وزارت جهاد کشاورزی، آمار و اطلاعات هواشناسی تهیه شده از سازمان هواشناسی کشور و آمار هیدرومتری تهیه شده از شرکت توسعه منابع آب (تماب) وابسته به وزارت نیرو،

۳- بسته های نرم افزاری GIS (ILWIS3/1) و R2V.

<sup>1</sup> Integrated Land and Water Information System.

با توجه به اهداف تحقیق حاضر در قالب بررسی نتیجه حاصل از بکارگیری مدل MPSIAC در برآورد فرسایش و تولید

رسوب و مقایسه آن با آمار رسوب‌سنجی به منظور تعیین دقت بکارگیری آن، این تحقیق عملاً به شرح ذیل اجرا شده است:

الف- تولید لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز بر اساس عوامل لحاظ شده در مدل با استفاده از نقشه‌های پایه و با بهره‌گیری از فن GIS،

ب- تفکیک واحدهای همگن در هر یک از این لایه‌های اطلاعاتی و تعیین امتیاز هر واحد بر اساس جداول و فرمولهای پیش‌بینی شده در مدل (جدول ۱)،

ج- تعیین واحدهای کاری از طریق تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تعیین میزان رسوبدهی در هر یک از این واحدها بر اساس فرمول پیش‌بینی شده در مدل (رابطه ۱)،

د- برآورد مقدار تولید رسوب برای شش زیر حوزه شناسایی شده با قرار دادن لایه مرز زیر حوزه‌ها بر روی لایه رسوبدهی تولید شده،

ه- ارزیابی نتایج حاصل از بکارگیری مدل از طریق مقایسه مقادیر رسوب برآورد شده توسط مدل با مقادیر رسوب اندازه‌گیری شده و تجزیه و تحلیل نتایج برای دستیابی به هدف پیش‌بینی شده.

#### ۴- اجرای مدل MPSIAC در محیط GIS

هدف این پروژه اجرا کردن مدل MPSIAC با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و محاسبه فرسایش خاک و تولید رسوب می‌باشد. این قسمت شامل وارد کردن داده‌ها به محیط GIS، مدیریت داده‌ها، تولید لایه‌های اطلاعاتی و تعیین واحدهای همگن در هر یک از لایه‌ها، وزن‌دهی به واحدهای همگن با استفاده از فرمولهای مدل MPSIAC، رستری نمودن لایه‌های وزنی و در نهایت همپوشانی لایه‌های وزنی و استخراج نقشه میزان رسوبدهی و شدت فرسایش حوزه آبخیز می‌باشد. بنابراین اجرا کردن این مدل در محیط GIS شامل مراحل به شرح زیر می‌باشد:

۴-۱- تهیه لایه‌های اطلاعاتی: بکارگیری این مدل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مستلزم این است که برای هر عامل مؤثر در

فرسایش خاک و تولید رسوب، لایه اطلاعاتی مربوطه تهیه شود. لذا با استفاده از نقشه‌های پایه و با بهره‌گیری از نرم‌افزار ILWIS3/1،

لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز شامل زمین‌شناسی، خاکشناسی، آب و هوا، رواناب، توپوگرافی، پوشش زمین، کاربری اراضی، وضعیت

فعالی فرسایش و فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب تهیه گردید، که در اشکال (۴) الی (۱۱) ارائه شده است.



۴-۲- وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی: واحدهای همگن در هریک از لایه‌های اطلاعاتی از هم تفکیک و امتیاز هر واحد بر اساس

A <sub>۶</sub>	A <sub>۵</sub>	A <sub>۴</sub>	A <sub>۳</sub>	A <sub>۲</sub>	A <sub>۱</sub>	زیر حوزه امتیاز عامل
۷/۷۰۷۴	۷/۴۶۳۷	۸/۷۴۰۵	۷/۹۰۰۶	۶/۳۰۰۶	۷/۳۵۶۴	زمین‌شناسی
۲/۹۵۵۸	۲/۹۱۳۹	۳/۰۴۷۹	۲/۷۶۰۵	۳/۰۹۵۸	۳/۲۳۸۳	خاک
۷/۵۲۰	۷/۶۹۴	۷/۹۵۸	۷/۲۷۳	۷/۴۴۵	۷/۶۸۸	رواناب
۱۲/۱۳	۱۲/۰۱	۱۲/۲۵	۱۵/۶۷	۱۳/۹۲	۱۴/۰۳	شیب
۷	۱۳	۱۸	۱۶	۲/۶	۴/۵	پوشش زمین
۱۵/۶۳	۱۶/۱۸	۱۷/۸۸	۱۷/۲۱	۱۴/۰۶	۱۶/۰۸	استفاده از اراضی
۱۹/۲۵	۲۱/۵	۲۲/۵	۲۲	۱۷/۲۵	۱۹/۷۵	وضعیت فعلی فرسایش
۲۱/۳	۲۱/۳	۲۵	۲۳/۳	۲۱/۷	۲۵/۰۵	فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب

فرمول پیش‌بینی شده در روش MPSIAC به سیستم وارد گردید. در جدول ۳ امتیاز مربوط به عوامل نه‌گانه مدل MPSIAC ارائه شده است.

جدول ۳ امتیاز عوامل نه‌گانه مدل MPSIAC در زیر حوزه‌های آبخیز نوژیان

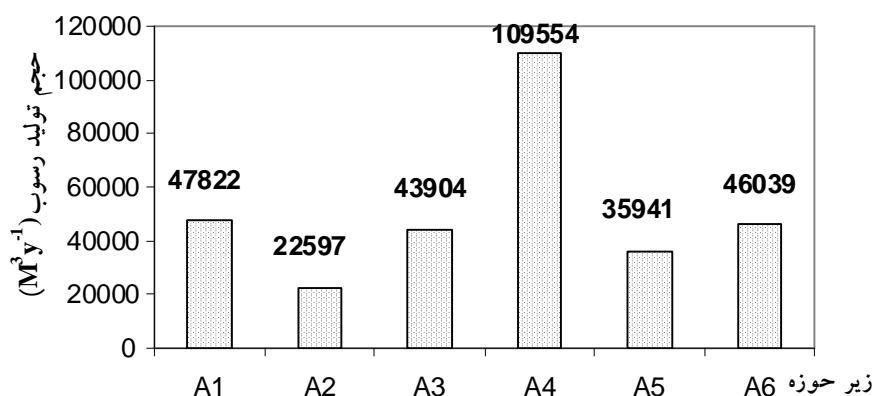
۴-۳- تلفیق لایه‌های وزنی و تولید لایه رسوبدهی: پس از وزن‌دهی و نهایی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، از تلفیق آنها نقشه واحد کاری با ۵۲۷ واحد بدست آمد. با توجه به اینکه در هر واحد کاری، فاکتورهای لحاظ شده در مدل MPSIAC مشابه بوده و وزن هر کدام از آنها مشخص است، می‌توان بسادگی آنها را با هم جمع نموده و مقدار درجه رسوبدهی (R) را در هر واحد کاری محاسبه کرد. یا به عبارتی وزنهای سلولی (Pixels) هم مختصات را با هم ترکیب و تلفیق نمود، تا لایه

جدیدی به نام لایه درجه رسوبدهی حاصل گردد. بدین ترتیب با جمع نمرات بدست آمده درجه رسوبدهی برای واحدهای کاری محاسبه گردید. سپس رسوب سالانه هر واحد برحسب متر مکعب در کیلومتر مربع در سال محاسبه و نقشه مربوطه (شکل ۱۲) تهیه گردید. با احتساب وزن مخصوص رسوبات (در منطقه مورد مطالعه حدود  $2.65 \text{ g/cm}^3$ ) رسوب ویژه بر حسب تن در هکتار در سال بدست آمد.

۴-۴- تعیین کلاسهای فرسایش خاک و تولید رسوب: پس از تهیه نقشه میزان رسوبدهی حوزه، با انداختن لایه مرز زیرحوزه‌ها بر روی این نقشه درجه رسوبدهی و رسوب ویژه هر یک از واحدها محاسبه گردید. نتایج مربوط به محاسبات ضریب رسوبدهی، مقادیر تولید رسوب و شدت فرسایش در جدول ۴، شکل ۲ و ۱۲ ارائه شده است.

جدول ۴ محاسبه ضریب رسوبدهی و تولید رسوب با استفاده از مدل MPSIAC در زیر حوزه‌های منطقه مورد مطالعه

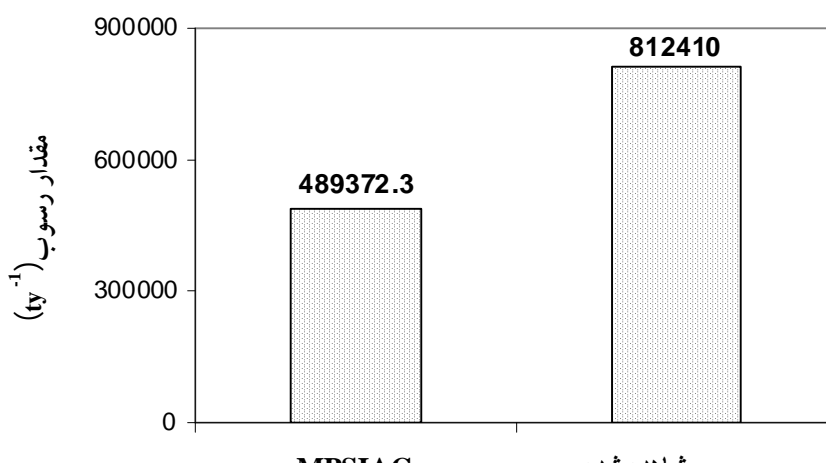
زیر حوزه	R	کلاس فرسایش	مساحت (ha)	مساحت (km <sup>2</sup> )	Q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	Q <sub>s</sub> (t/ha)
A1	99/80	زیاد	7066/92	7066/92	675/10	10/82
A2	88/20	زیاد	5078/05	5078/05	445/27	7/12
A3	112/78	خیلی زیاد	4002/33	4002/33	1078/43	17/25
A4	122/85	خیلی زیاد	7227/82	7227/82	1549/90	79/24
A5	108/40	خیلی زیاد	3815/64	3815/64	920/62	14/72
A6	99/82	زیاد	6816/69	6816/69	676/12	10/82
کل حوزه	105/40	خیلی زیاد	34007/45	34007/45	899/52	14/39



شکل ۲ مقادیر برآورد رسوب تولید شده در هر یک از زیرحوزه‌های آبخیز نوژیان با استفاده از مدل MPSIAC

#### ۵- مقایسه رسوب برآورد شده به روش MPSIAC با آمار رسوب مشاهده‌ای

بر اساس تجزیه و تحلیل آمارهای کسب شده از وزارت نیرو، مقدار بار رسوب معلق خارج شده از حوزه، طی یک دوره سی ساله بالغ بر ۲۰۳۱۰۲۵۵ تن گزارش شده است [۱۷]. اگر بطور متوسط میزان ۲۰٪ بار کف در نظر گرفته شود، مقدار ۴۰۶۲۰۵۱ تن بار کف می‌بایست به میزان رسوب معلق اضافه نمود که حاصل ۲۴۳۷۲۳۰۶ تن طی یک دوره سی ساله مجموع بار معلق و بار کف انتقال یافته از حوزه می‌باشد. به این ترتیب با احتساب دوره آماری سی ساله، میانگین رسوب سالیانه حوزه آبخیز بالغ بر ۸۱۲۴۱۰ تن است که معادل ۲۳۸۹ تن در کیلومتر مربع می‌باشد. از اینرو مقدار ذکر شده به عنوان مقدار مبنا برای مقایسه نتایج برآورد فرسایش و رسوب مدل انتخابی قلمداد شده است. با توجه به اینکه رسوب تخمینی در مدل MPSIAC معادل ۴۸۹۳۷۲/۳۶ تن در سال است (جدول ۴ و شکل ۳) می‌توان نتیجه گرفت که رسوب برآورد شده توسط مدل ۰/۶۰۲ برابر رسوب اندازه‌گیری شده در ایستگاه رسوب‌سنجی می‌باشد. به عبارت دیگر، مقدار رسوب سالیانه که توسط مدل MPSIAC برآورد شده حدود ۳۲۳۰۳۸ تن از مقدار رسوب اندازه‌گیری شده کمتر است.



## ۶- بحث و نتیجه‌گیری

نتیجه به دست آمده را نمی‌توان به مفهوم رد یا تأیید مدل MPSIAC قلمداد نمود. زیرا این مدل در کشوری با شرایط اقلیمی و ویژگیهای زمین محیطی متفاوت ابداع شده است. از این رو به احتمال زیاد ضرایب و عوامل لحاظ شده در این مدل با شرایط ایران مطابقت کامل ندارد. لذا آنچه می‌تواند قابل ذکر باشد این است که بخش اعظم اشتباه در برآورد رسوب توسط مدل MPSIAC مربوط به عدم کالیبره شدن آن در شرایط مختلف ایران از جمله حوزه آبخیز نوژیان می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل‌های انجام شده، می‌توان گفت اگر چه استفاده از مدل MPSIAC با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی نتوانسته مقدار واقعی فرسایش و رسوب حوزه آبخیز مورد مطالعه را برآورد کند اما این نتیجه توانمندیهای این سیستم‌ها را در تجزیه و تحلیل اطلاعات رد نمی‌کند. تواناییهای سیستم اطلاعات جغرافیایی در تهیه و ذخیره نمودن لایه‌های اطلاعاتی و امکان روی هم گذاری و قطع دادن این لایه‌ها، از جمله محاسن استفاده از تکنیک GIS در دستیابی سریع به خروجیهای مورد نیاز می‌باشد. استفاده از روشهای دستی (روی هم گذاری و قطع دادن لایه‌ها با استفاده از میز نور و دستیابی به خروجیهای مورد نیاز) - علاوه بر نیاز به هزینه و زمان زیاد- دقت این مطالعات را ندارد؛ چرا که در این مطالعات، دقت در حد پیکسل یا واحد سلولی بوده که در روشهای دستی، این بعد سلولی نمی‌تواند بدین نحو مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

در اجرای مدل MPSIAC لازم است که حوزه آبخیز به واحدهای کاری یا واحدهای ژئومورفولوژی همگن تفکیک شود. در روشهای دستی و سنتی، تعیین واحدهای کاری به صورت سلیقه‌ای و با روی هم گذاری تعدادی از لایه‌های پایه

همچون شیب، اجزای واحد اراضی، زمین شناسی و ... صورت می گیرد. سپس با متوسط گیری وزنی هر یک از عوامل لحاظ شده در مدل، وزن هر واحد تعیین می گردد که این عمل منشأ بروز خطاهایی در نتیجه می شود. از سوی دیگر عدم امکان کار بر روی واحدهای کوچک و حذف تأثیر این واحدها در نتایج برآوردی مورد نظر نیز ایجاد خطا خواهد کرد. در صورتی که استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقش اعمال سلیقه های شخصی را در تلفیق لایه های اطلاعاتی و تعیین واحدهای کاری به مقدار قابل توجهی کاهش و نقش واحدهای کوچک را اعمال خواهد کرد. به این ترتیب صرف نظر از دقت مدل به کار رفته، چنانچه داده های ورودی مربوط به هر یک از عوامل لحاظ شده در مدل برآورد فرسایش و رسوب به درستی وارد محیط GIS شوند خروجیهای حاصله در مشخص کردن مقدار فرسایش و رسوب دارای دقت بالایی می باشند. همچنین با توجه به اینکه در نقشه میزان رسوبدهی و شدت فرسایش، هر پیکسل دارای مقدار می باشد. لذا در هر نقطه، می توان شدت فرسایش و میزان رسوبدهی را برآورد کرده و نقاط بحرانی را به طور دقیق تعیین و اقدامات حفاظتی و کنترلی لازم را اعمال نمود.

علاوه بر این، با تشکیل بانک اطلاعات جغرافیایی از منطقه مورد مطالعه هر زمان امکان بهره گیری، تصحیح، بازسازی، بازیابی و نمایش اطلاعات فضایی و خصیصه ای در مقیاس مورد نظر وجود داشته و در صورت هر گونه تغییر در سیمای طبیعی حوزه، با دخالت آنها می توان نتایج جدیدتر را اخذ کرد. با این کار، اعمال روشهای مبارزه و جلوگیری از هدر رفت خاک با بینش و شناخت کامل انجام می پذیرید و حصول نتایج واقعی امکان پذیرتر می گردد. با شرح مطالب فوق، پیشنهاد می شود که سایر مدل های برآورد فرسایش و رسوب نیز در محیط GIS اجرا شده و با مقایسه نتایج حاصله، محدودیتها و محاسن استفاده از تکنیک GIS با دقت و فراگیری بیشتری برای کاربران مشخص شود.

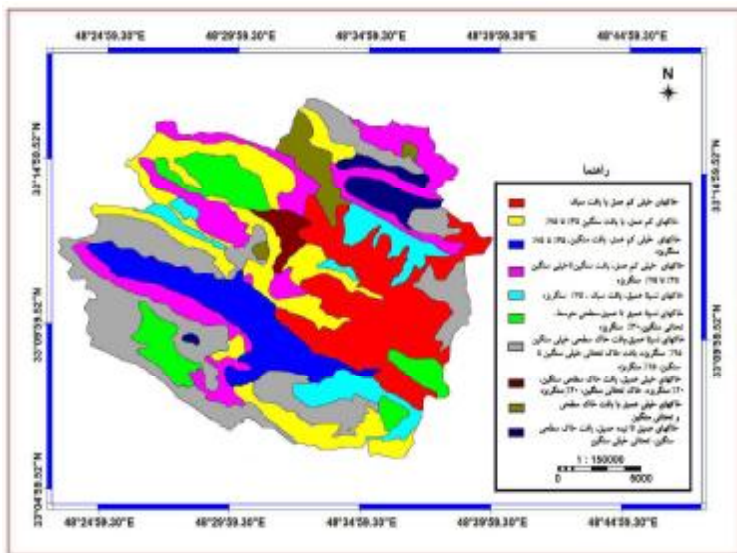
#### ۷- منابع مورد استفاده

[1] Morgan, R. P. C. (1995). Soil Erosion and Conservation. Crainfield University, British.

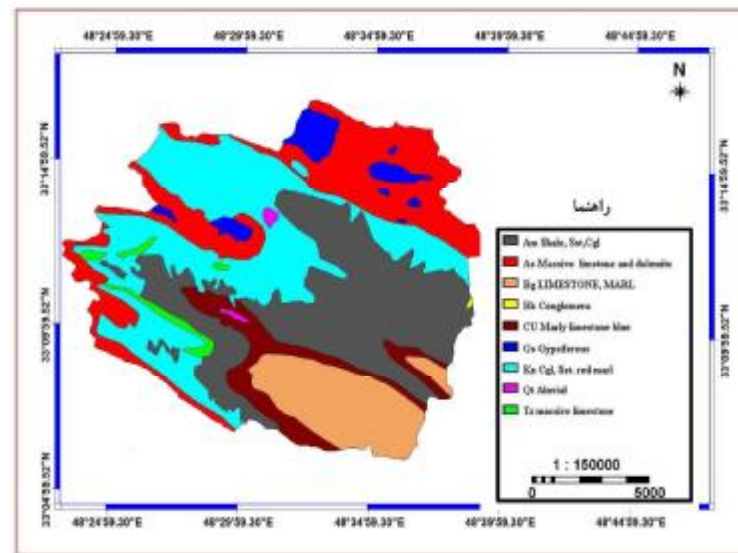
[۲] حکیم خانی، شاهرخ (۱۳۸۱). مروری بر مطالعات و پایان نامه های انجام شده بر روی مدل تجربی PSIAC در ایران و بررسی ایرادهای وارده بر آنها و تهیه دستورالعمل استفاده از آن، (سمینار دوره دکتری آبخیزداری)، دانشگاه تهران.

- [۳] رفاهی، حسینقلی (۱۳۷۵). فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۴] آرنوف، استان (۱۳۷۵). سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، ترجمه سازمان نقشه برداری کشور.
- [5] **Burrough, P.A. (1993).** Principle of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment, Oxford, Clarendon.
- [۶] رحمتی، عنایت‌الله (۱۳۷۶). بررسی پتانسیل رسوبدهی در حوزه‌های فرعی رودخانه سرخاب کشور (حوزه نوژیان) آبخیز دز با استفاده از مدل هیدروفیزیکی، (پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری)، دانشگاه تهران.
- [۷] باقرزاده کریمی، مسعود (۱۳۷۲). بررسی کارایی مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب و تکنیکهای سنجش از دور و GIS در مطالعات فرسایش خاک، (پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری)، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۸] شیخ‌حسینی، حسین (۱۳۷۴). بررسی پتانسیل تولید رسوب در واحدهای فرسایشی حوزه آبخیز سد مخزنی طالقان، (پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی)، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۹] کاهکش، مسعود (۱۳۷۵). ارزیابی قابلیت فرسایش خاک با استفاده از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور مطالعه موردی حوزه‌آبریز دریاچه سد دز، (پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی)، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۱۰] رحمت‌نیا، علیرضا (۱۳۷۶). ارزیابی قابلیت فرسایش خاک با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی زیرحوزه‌های غرب و جنوب غرب قره‌سو، (پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی)، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۱۱] فرج‌زاده، منوچهر؛ سبحانی، بهروز (۱۳۷۷). پهنه‌بندی قابلیت فرسایش خاک بر اساس مدل پسیاک اصلاح شده در حوزه آبریز آق لاقان چای با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، نشریه علمی - پژوهشی مدرس علوم انسانی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، پاییز ۱۳۷۷، ش ۸.
- [۱۲] جعفری، محمد رضا (۱۳۸۱). برآورد کمی و کیفی فرسایش و رسوب حوزه آبخیز رودخانه چیخواب با استفاده از GIS. (پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سیستمهای اطلاعات جغرافیایی)، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- [13] **Clark, K. B. (1999).** An estimate of sediment yield for two small watershed in a Geographic Information System. M. Sc. Thesis, Geography, University of New Mexico.
- [14] **Hadley, R. F (1984).** Measuring and predicting soil erosion. In, R. F. Hadley and D. E. Walling, (Eds), Erosion and sediment yields some methods of measurement and modeling. GeoBooks, Norwich. UK, P. 1-14.
- [۱۵] احمدی، حسن (۱۳۷۴). ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران.
- [16] **Johnson, C.W and Gebhardt, K. A (1982).** Predicting sediment yields from rangelands. In proceedings of workshop on estimating erosion and sediment yield on rangelands, Tucson, Arizona, March 1981 US Department of Agriculture, Agriculture Reviews and Manuals, Western Series , No. 26, P. 145-146.
- [۱۷] سازمان تحقیقات منابع آب (تماب) (۱۳۷۴). گزارش رسوب رودخانه سرخاب کشور، بولتن منابع آب.

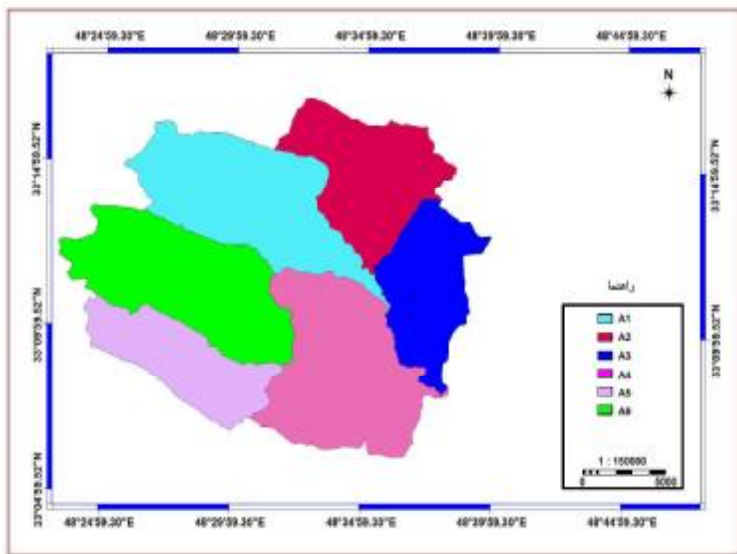




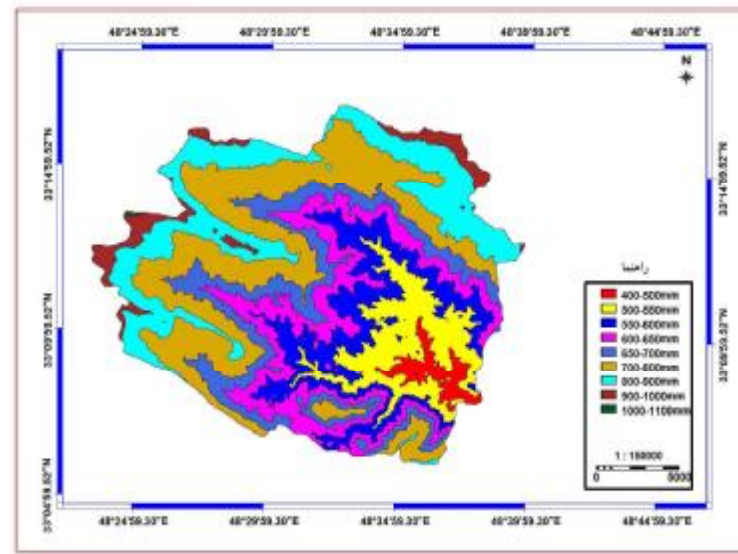
شکل ۵ نقشه خاک‌شناسی حوزه آبخیز نوژیان



شکل ۴ نقشه زمین‌شناسی حوزه آبخیز نوژیان

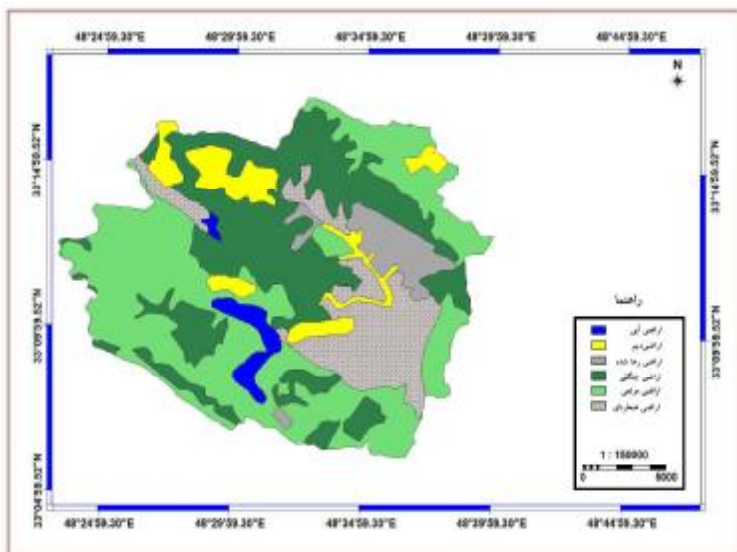


شکل ۷ نقشه واحدهای هیدرولوژیک حوزه آبخیز نوژیان

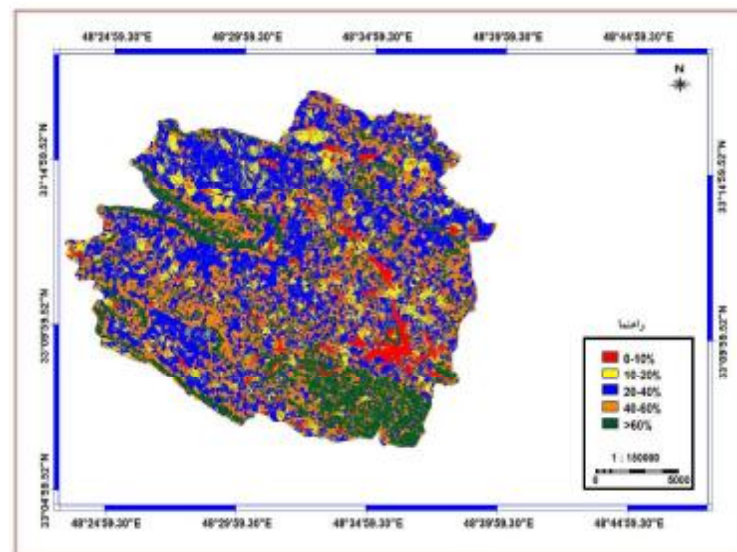


شکل ۶ نقشه خطوط هم‌باران حوزه آبخیز نوژیان

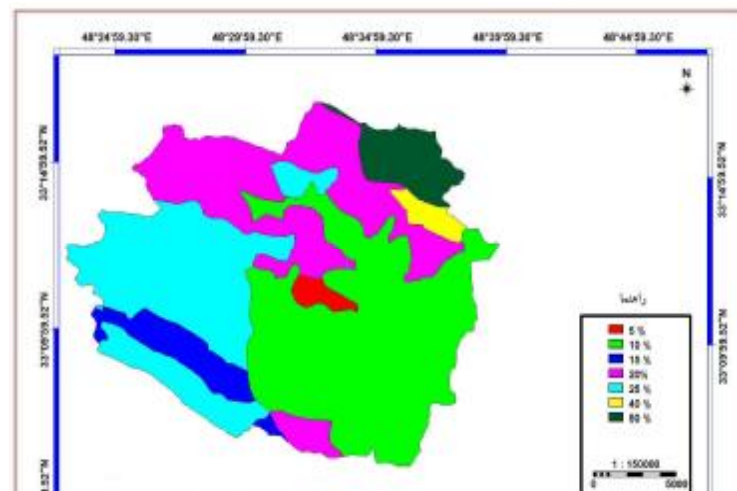
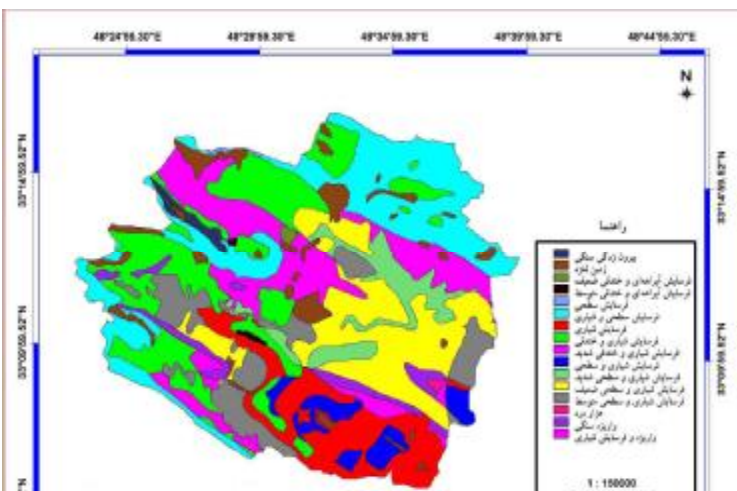


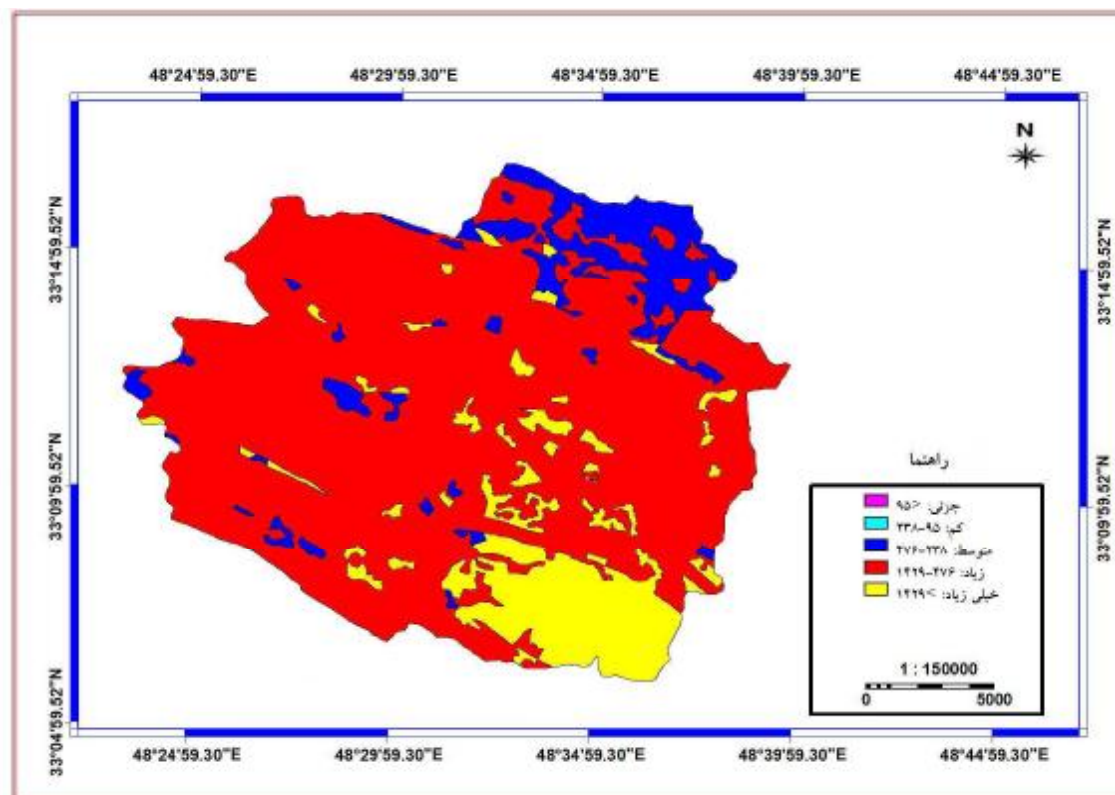


شکل ۹ نقشه استفاده از اراضی حوزه آبخیز نوژیان



شکل ۸ نقشه شیب حوزه آبخیز نوژیان





شکل ۱۲ نقشه شدت فرسایش و رسوبدهی حوزه آبخیز

نوژیان با استفاده از مدل MPSIAC



## Using of Geographic Information System in estimating of soil erosion and sediment production on Nojian watershed (Southeast of Khorramabad city)

### Abstract

Soil erosion is one of the most important factors causing decline of soil fertility, siltation of different kinds of waterways, reduction of reservoir capacity, increase in destructive risk of flooding and other environmental degradations. In order to mitigate the negative effects of soil erosion and sediment production in watersheds, determining amount and source of sediment is imperative. Since most of Iran's watersheds are ungauged, use of erosion and sediment estimation models are needed. But for selection of applicable model the models first have to be tested and/or evaluated. In order to achieve to this goal, a research study was carried out to evaluate MPSIAC model in GIS environment based on the observed data of sediment of the Nojian sub-watershed located in southeast of Khorram Abad city in the Lorestan province-Iran. In so doing, to run the selected model after introducing the information layers into the GIS program and combining the layers in MPSIAC model, the given catchments were divided into 527 homogenous units. Then, erosion rate and sediment yield were estimated in these homogenous units. The amount of estimated sediment yield by using MPSIAC model was 489372.2 T/y. For comparison of the model results, the amount of measured sediment in hydrometric station was considered as the control level, which was 812410 T/y. The outcome of the research showed that estimating sediment by using MPSIAC model in comparison to measured sediment was 0.602. The results of the assessment on observed differences show that calibration of the empirical models is needed first to resolve the limitation of the models in correspondence to the existing condition of the watersheds. It can be concluded that in order to accept or reject the result of the sediment yield estimation using the MPSIAC model with high confidence, the model first should be calibrated based on the existing condition of the Iran's watershed.

**Keywords:** Soil Erosion, Sediment Yield, Watershed Basin, Homogeneous Unit, MPSIAC, GIS.