

بر آورد فرسایش و رسوب به کمک داده های ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از مدل MPSIAC (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زیارت)

• تکتم تاجگردان

دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

• شمس... ایوبی

استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

• شعبان شتایی جویباری

دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۸۵ تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۳۸۶

Email: tajgardan_toktam@yahoo.com

چکیده

آثار سوء پدیده فرسایش در کوتاه مدت ممکن است چندان چشمگیر و محسوس نباشد، ولی در بلند مدت محسوس خواهد بود. فرسایش و هدررفت خاک یکی از عوامل اصلی در کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش محصول، رسوب مواد در آبراهه‌ها، کانال‌های آبیاری و رودخانه‌ها، کاهش ظرفیت مخازن سدها و کاهش عمر آنها، وقوع سیل و آلودگی محیط زیست و مسدود شدن راه‌ها می‌شود. تخمین مقدار رسوبدهی حوزه‌های آبخیز، مقابله با خطرات ناشی از تجمع رسوب در سازه‌های آبی و مخازن سدها از اهداف اساسی در مدیریت منابع آب می‌باشد. این تحقیق با هدف برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز زیارت واقع در استان گلستان با مساحتی بالغ بر ۹۸/۷۳ کیلومتر مربع با استفاده از تکنیک‌های GIS، RS و مدل MPSIAC انجام گرفته است. مدل MPSIAC وضعیت فرسایش و تولید رسوب را در هر واحد کاری بر حسب شدت و ضعف نقش ۹ عامل محیطی مشتمل بر زمین شناسی، خاک‌شناسی، اقلیم، رواناب، توپوگرافی، پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه‌ای بررسی می‌کند. در این تحقیق، لایه‌های مربوط به عوامل مدل در محیط GIS تهیه شد و نهایتاً با استفاده از تحلیل‌های مکانی و هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی مقدار رسوب ۲۲۰۴۳/۷۹ تن در سال برآورد گردید. برای محاسبه فرسایش ویژه از ضریب SDR (نسبت تحویل رسوب) استفاده شد و میزان فرسایش برای حوزه مورد نظر ۶۹۸/۵۸ تن در سال بدست آمد. طبقه بندی کیفی حوزه بر اساس راهنمای مدل MPSIAC نشان می‌دهد که بخش اعظم حوزه در کلاس فرسایشی متوسط قرار می‌گیرد. مقدار رسوب ایستگاه هیدرومتری ۱۸۵۸۲/۲۳ تن در سال بوده است. تقارب نتایج حاصل از مدل مورد بررسی با نتایج ضبط شده در ایستگاه هیدرومتری (۸۴/۳ درصد) نشان می‌دهد که با استفاده از برخی مشاهدات صحرایی و تصاویر ماهواره‌ای (به خصوص در صورت صعب العبور بودن منطقه) می‌توان مقدار رسوب را در حوزه مورد مطالعه با دقت بالایی برآورد نمود تا در راستای برنامه‌های مدیریتی و آبخیزداری مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: فرسایش، رسوب، GIS، MPSIAC، ETM+

Pajouhesh & Sazandegi No 79 pp: 37-45

Soil erosion and sediment yield assessment using MPSIAC model, remote sensing and geographic information systems (Case study: Ziarrat watershed)

By: T. Tajgardan, MSc Student of Soil Science, College of Agriculture, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, S. Ayoubi, Assistant Prof. of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University Technology Sh. Shataee, Associate Prof. of Forest Management, College of Forest Management, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources.

Undesirable effect of erosion may not be significant in short time, but it will be clear on long time. Erosion and soil losse. are the main concerns decrease soil fertility and yield production, deposition materials in waterways, irrigation channels and rivers, declining dam capacity, flooding and environmental pollution and closing roads. This research was performed using satellite data and GIS technique in Ziarrat watershed in Golestan province covered 98.7 km² areas in order to estimate soil erosion and sediment yield. MPSIAC model evaluates erosion and sediment yield in hydrologic units by means of nine environmental factors derived geology, soil, run off, climate topography, surface cover, land use, surface and river erosion. For this purpose, the information layers dependent on model were made by GIS and finally sediment yield was determined 22043.79 ton/year using of spatial assessments and information layers overlapping. Soil erosion rate calculated by SDR (sediment delivery ratio) value, and erosion value was obtained 698.58 ton/year. Qualitative soil loss classification indicated that a large of watershed area was classified in to moderate erosion class based on MPSIAC model. Watershed sediment load was reported 18582.23 ton/year by hydrometric station. correlation of recorded results in hydrometric station with obtained results of model (Especially in inaccessible area) suggested that the findings of this model can be used in the study watershed for mangement especially in inaccessible contents.

Keywords: Erosion, Sediment, ETM⁺, MPSIAC, GIS

مقدمه

اراضی جنگلی به کاربری های مسکونی و کشاورزی و شرایط بهره برداری نادرست از زمین های کشاورزی مانند ساختمان سازی، تاسیسات و جاده ها، وقوع سیلاب های شدید در چند سال اخیر، بررسی وضعیت فرسایش و رسوبدهی را در آن، امری اجتناب ناپذیر ساخته است. از طرفی شیب دامنه ها در منطقه زیاد بوده و تا حدودی امکان انجام عملیات صحرایی را با مشکل روبرو می کند. مدیریت اصولی این مناطق به اطلاعات کمی، به هنگام و دقیق نیاز دارد. یکی از روش های دسترسی به این اطلاعات و مکان یابی مناطق پر خطر فرسایشی، استفاده از داده های ماهواره ای است (۱۱، ۱۵).

Shrestha و همکاران با انجام یک مطالعه موردی در منطقه یوتا در تایلند میزان نرخ فرسایش خاک را با استفاده از مدل^۱ USLE و با استفاده از سیستم های GIS و RS مورد بررسی قرار دادند که میزان نرخ فرسایش را از ۰ تا ۲۷۹/۳۲ برآورد نمودند (۱۷). در تحقیقی که توسط گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه انکارا در سال ۱۹۹۶ بر روی مقدار کمی فرسایش با استفاده از RS و GIS در حوزه کوپوک انکارا انجام شد، مقدار خاک هدر رفته، ۱۲/۰۸ تن در هکتار در سال برآورد گردید (۱۹).

Daniels و همکاران اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی خطر فرسایش در ایالت پسیفیک واشنگتن نمودند و از محیط GIS (نرم افزار ERDAS) در

فرسایش و رسوبزایی یکی از مشکلات مهم در مدیریت حوزه های آبخیز کشور می باشد. فرسایش و پیامد های ناشی از آن، با تشدید بهره برداری انسان از طبیعت از اوائل قرن بیستم، اثرات منفی خود را بر اکوسیستم حیاتی وارد ساخته است (۱۴). عامل اصلی آن افزایش جمعیت و استفاده بیش از حد از زمین است (۱). به منظور اجرای برنامه های حفاظت و کنترل فرسایش خاک و کاهش رسوبدهی ضرورت دارد که حجم کل بار رسوبی و شدت فرسایش پذیری در یک حوزه آبخیز ارزیابی و برآورد گردد و عوامل مؤثر در فرسایش حوزه شناسایی گردند. بطوریکه شناسایی این عوامل ما را در انتخاب راهکارهای مناسب جهت کنترل فرسایش و حفظ منابع طبیعی یاری نماید (۹). لذا تحلیل و برآورد میزان فرسایش و رسوب، تهیه نقشه شدت فرسایش، بررسی عوامل خطر فرسایش و ارائه راهکارهای مدیریتی با توجه به روند فزاینده فرسایش خاک و مساحت وسیع اراضی و گاهی صعب العبور بودن مناطق، با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی امری ضروری به نظر می رسد (۳، ۱۸). در این راستا حوزه آبخیز زیارت نیز با سطح معادل ۹۸/۷۳ کیلومتر مربع واقع در استان گلستان به دلیل اهمیت ویژه آن در تامین آب شهری، دارا بودن ویژگی های توریستی و گردشگری، از سوی دیگر به دلیل تبدیل کاربری

منطقه ۵۷۵ میلیمتر و متوسط دما ۷/۵ درجه سانتیگراد است. پایین ترین نقطه آن ۵۵۰ متر و بالاترین نقطه آن ۲۹۵۰ متر ارتفاع دارد. براساس مطالعات فیزیوگرافی حوزه آبخیز زیارت به ۶ زیرحوزه فرعی سوته رود، آبشار، سفیدآب، نانکه، خالدره و میدان تقسیم شده است. شیب متوسط حوزه ۴۸/۱۸ است که میزان بالای آن در رسوبدهی و ایجاد انواع فرسایش و حرکات توده ای نقش زیادی دارد. سازندهای سنگی حوزه زیارت شامل سازند خوش ییلاق، سازند لار، دونین- کربونفر، سازندمارک، سازند شمشک و شیست گرگان می باشد. محدوده مورد نظر تماماً از بخش کوهستانی و ارتفاعات تشکیل شده است. گونه های مرعی چون بروموس - آچیلا و جانی پروس سابقین گونه های جنگلی مانند توسکا، ممرز، بلوط، راش، انجیلی و نمدار رویشگاه حوزه را تشکیل داده است و سطح حوزه آبخیز از کاربری های جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی، باغات و دیمزارهای رها شده و مناطق مسکونی پوشیده شده است (۱۰).

روش تحقیق

در این تحقیق از نقشه های توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه های زمین شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، قابلیت اراضی و تصاویر ماهواره ای سنجنده ETM+ مربوط به سال ۲۰۰۲ استفاده گردید. تصاویر ماهواره ای به روش ارتو^۲ تصحیح هندسی شدند. در این تحقیق از باندهای اصلی بجز باند ترمال استفاده گردید. برای ارزیابی فرسایش و رسوب در این حوزه آبخیز از مدل MPSIAC استفاده گردید. مدل MPSIAC وضعیت فرسایش و تولید رسوب را در هر واحد کاری بر حسب شدت و ضعف نقش ۹ عامل محیطی مشتمل بر زمین شناسی، خاکشناسی، اقلیم، رواناب، توپوگرافی، پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه ای بررسی می کند. در این تحقیق، لایه های مربوط به عوامل نه گانه فرسایش در حوزه آبخیز مورد نظر در محیط GIS تهیه و ارزش گذاری آن ها به شرح زیر صورت گرفت:

الف: عامل زمین شناسی

در مدل MPSIAC برای این عامل ضریبی اعمال نمی شود. یعنی $Y=1 \times X$. بر مبنای نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ که توسط سازمان زمین شناسی و معادن کشور منتشر شده، تشکیلات و سازند های

تهیه نقشه تفکیکی مناطقی با خطر فرسایش و از داده های رقومی تصاویر سنجنده TM استفاده کردند (۱۲). Syed و Sadiq در منطقه پنینسولا در کشور قطر با استفاده از داده های تصاویر ماهواره ای سه باند مربوط به لندست TM سال ۱۹۸۵ و سه باند رادار مربوط به سال ۲۰۰۰ اقدام به تهیه نقشه کاربری و پوشش زمین با استفاده از نرم افزار ERDAS نمودند و در نهایت نقشه کاربری با ترکیب باندی ۴، ۳ و ۲ ارائه دادند (۱۶).

SKokh- Sherstha با استفاده از تصاویر ماهواره ای اقدام به پهنه بندی فرسایش و کاربری اراضی در حوزه خولا کشور نپال نمود و در نهایت مقدار فرسایش خاک را به میزان ۰/۱ تا ۰/۴ تن در هکتار در سال در اراضی با کاربری کشاورزی و آبی و در نهایت میزان فرسایش خاک را ۱۲/۶ تن در هکتار برآورد کرد (۱۳).

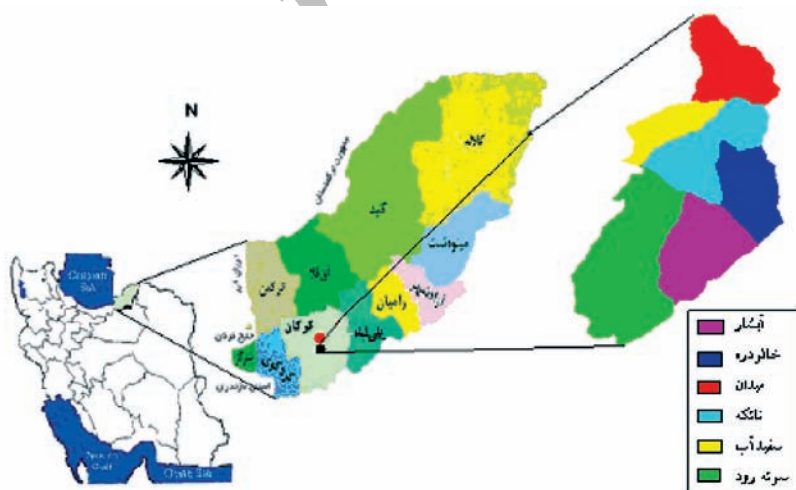
حمیدی فر و همکاران ضمن تهیه نقشه کاربری و فرسایش در دو مقطع زمانی سالهای ۸۱-۶۷ با استفاده از تصاویر رقومی TM⁺ و ETM⁺ و مقایسه آن با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رودخانه در ایستگاه های مختلف، امکان بررسی وضعیت حوزه آبخیز کرخه را مهیا کردند (۲). رحمانی و همکاران از داده های ماهواره ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی در برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل MPSIAC^۲ در حوزه آبخیز شرفخانه- شبستر استفاده کردند و وجود همبستگی بالای این مدل با رسوب اندازه گیری شده در ایستگاه هیدرومتری (تقریباً ۸۹٪) را نشان دادند (۵). راستگو و همکاران مقدار فرسایش و رسوب حوزه آبخیز تنگ کنشت با مدل های MPSIAC^۲ و EPM^۳ را به کمک GIS برآورد کردند و نتیجه گرفتند که مدل MPSIAC نتایج بهتری را نسبت به مدل EPM برای حوزه مورد نظر ارائه داده است (۴).

هدف از این تحقیق برآورد فرسایش و رسوب با داده های ماهواره ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از مدل MPSIAC در حوزه آبخیز مورد نظر و بررسی میزان همخوانی رسوب برآورد شده از طریق مدل تجربی MPSIAC با رسوب اندازه گیری شده در ایستگاه رسوب سنجی نهارخوران، شناسایی و اولویت بندی عوامل خطر به ترتیب اهمیت آن ها بوده است.

مواد و روش ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز زیارت با مساحت ۹۸۷۳ هکتار، یکی از زیر حوزه های رودخانه قره سو می باشد که در جنوب شهر گرگان واقع شده است (شکل ۱). این حوزه در محدوده جغرافیایی "۵۵° ۳۳' ۵۴" تا "۱۰° ۳۱' ۵۴" طول شرقی و "۵۸° ۳۶' ۳۶" تا "۱۱° ۴۶' ۳۶" عرض شمالی قرار گرفته است. متوسط نزولات



شکل ۱- موقعیت حوزه زیارت در استان گلستان

حوزه آبخیز استخراج و در محیط GIS واحدها رقومی شد. سپس براساس حساسیت سازندها به فرسایش امتیاز بین ۱ تا ۱۰ داده شد و به صورت رستری جهت تحلیل های بعدی آماده گردید.
(معادله ۱)

$$X1=Y1$$

ب: عامل خاک

برای ارزیابی این عامل از نقشه قابلیت اراضی به منظور تعیین فاکتور فرسایش پذیری خاک (K) استفاده گردید. بعد از محاسبه فاکتور فرسایش پذیری خاک در هر یک از اجزای واحد اراضی، مساحت تحت اشغال در آن ها مشخص و متوسط K از طریق میانگین وزنی محاسبه شد. با استفاده از معادله ذیل درجه نهایی این عامل تعیین گردید و سپس بر اساس میزان محاسبه شده امتیاز خاک، طبق معادله ۲ به ساختار رستری تبدیل شد (شکل ۲، نقشه خاک).
(معادله ۲)

$$X2=16/67K$$

که K فاکتور فرسایش پذیری متوسط خاک است.

ج: عامل اقلیم

برای ارزش دهی عامل از بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله (P۲)، که بیشترین همبستگی را با فرسایش پذیری خاک دارد، استفاده شد. برای هر زیر حوزه با تعیین عامل P۲، ارزش این عامل محاسبه شد.
(معادله ۳)

$$X3=0,2P2$$

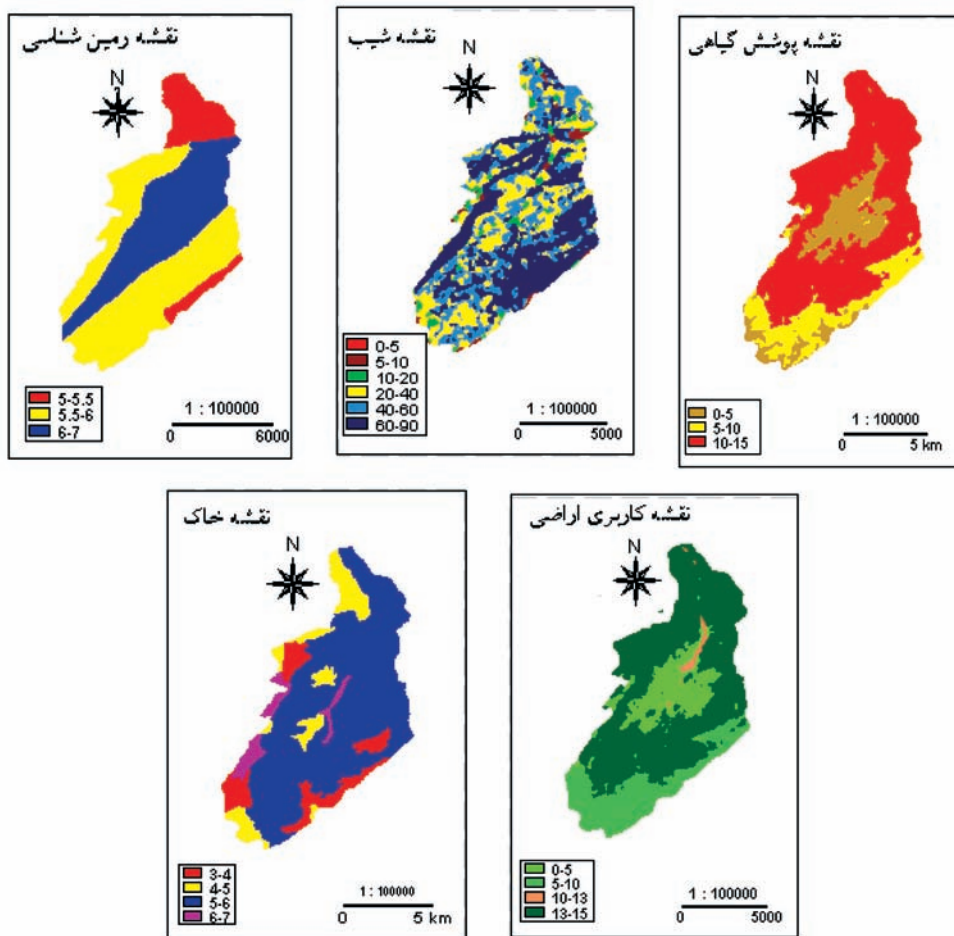
که در آن P۲ مقدار بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت دو ساله است.

د: عامل رواناب

در روش MPSIAC برای برآورد امتیاز عامل رواناب از رابطه زیر استفاده می شود:

$$X4=0,06R+10Qp \quad \text{(معادله ۴)}$$

که در آن X۴ امتیاز عامل رواناب، R ارتفاع سالانه رواناب بر حسب میلیمتر و Qp دبی ویژه پیک سیلاب بر حسب مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع می باشد که از تقسیم دبی پیک سیلاب به مساحت بدست



شکل ۲- انواع نقشه های پایه تهیه شده جهت ارزیابی خطر فرسایش به کمک مدل MPSIAC در منطقه مورد مطالعه

که در آن P_c مقدار تاج پوشش بر حسب درصد است.
س: عامل فرسایش سطحی

نقشه مربوط به این عامل با استفاده از نقشه های زمین شناسی و پوشش زمین تهیه گردید. امتیاز این عامل با استفاده از روش اداره مدیریت اراضی (BLM) ایالات متحده آمریکا بدست می آید. BLM برای تعیین امتیاز عامل سطح خاک (S.S.F) از هفت عامل حرکت توده خاک، پوشش لاشبرگ، پوشش سنگی سطح زمین، قطعات سنگی تحکیم یافته، شیارهای سطحی، فرم آبراهه ها و توسعه فرسایش خندقی استفاده می شود (۶). با داشتن امتیاز هر یک از عوامل مؤثر در S.S.F مقدار آن برای زیرحوزه ها و با توجه به معادله زیر، امتیاز فاکتور فرسایش سطحی برای آن زیرحوزه ها تعیین و بر اساس متوسط وزنی برای کل حوزه محاسبه شد.

$$X_8 = 0.25 \text{ S.S.F} \quad (\text{معادله ۹})$$

ن: عامل فرسایش رودخانه ای

برای تعیین این عامل از ارزش فرسایش خندقی در روش BLM و طبق معادله مربوط به این فاکتور، استفاده گردید. با توجه به معادله شماره ۱۰، مقدار S.S.Fg تعیین شد، امتیاز این عامل در مدل تعیین گردید. بعد از تعیین عوامل مؤثر در مدل مورد نظر و نحوه امتیاز دهی به آنها مطابق با جدول ۱ کلاس رسوب دهی مشخص می گردد.

$$X_9 = 1/675 \text{ S.S.Fg} \quad (\text{معادله ۱۰})$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از کمی نمودن عوامل خطر فرسایش

به منظور بررسی و کمی نمودن عوامل خطر فرسایش، نقشه های زمین شناسی، کاربری اراضی، پوشش زمین، شیب و خاک تهیه و امتیاز دهی شد که نتایج آن در شکل ۲ ارائه شده است.

پس از وزن دهی لایه های اطلاعاتی، می توان تمام لایه ها را به طور عمقی با هم جمع نمود. حاصل این تلفیق، نقشه درجه رسوب دهی شکل ۳ می باشد. بعد از تهیه نقشه درجه رسوب دهی (R) با استفاده از معادله شماره ۱۱ مقدار رسوب ویژه در هر زیر حوزه تعیین گردید و سپس به کمک راهنمای ارائه شده در جدول (۱) نقشه رسوب دهی حوزه تهیه گردید که نتیجه آن در شکل ۴ مشاهده می شود. نقشه جدیدی تحت عنوان نقشه مقدار رسوب دهی با توجه به جدول (۱) بدست آمد که در شکل ۴ مشاهده می شود.

این تقسیمات به تفکیک برای هر کدام از زیر حوزه های زیارت محاسبه شد.

$$Q_s = 0.253e^{-0.26R} \quad (\text{معادله ۱۱})$$

جهت تبدیل رسوب ویژه به فرسایش ویژه از نسبت تحویل رسوب^۷ (SDR) مطابق معادله ۱۲ استفاده شده است.

$$(\text{معادله ۱۲}) \quad \text{Log}(10A) = 1/14191 \text{Log}(SDR) - 0.18768$$

کل حوزه و زیرحوزه ها براساس مایل مربع است. A در معادله مزبور

می آید (۶). امتیاز این عامل برای هر زیر حوزه بر اساس ارتفاع رواناب و دبی سیلاب آن زیرحوزه محاسبه شد.

ذ: عامل توپوگرافی

برای محاسبه امتیاز عامل توپوگرافی از نقشه شیب تهیه شده از مدل رقومی ارتفاع^۵ (DEM) حوزه آبخیز استفاده شد. مدل رقومی ارتفاع (DEM) از نقشه های رقومی شده ۱:۲۵۰۰۰ توپوگرافی منطقه به کمک نرم افزار ILWIS استخراج گردید. سپس با استفاده از آن نقشه شیب تهیه شد. طبق نقشه شیب (شکل ۲)، متوسط شیب هر زیر حوزه بر اساس کلاس های شیب متعلق به آن زیرحوزه و مساحت تحت اشغالی هر کلاس محاسبه شد و در نهایت با محاسبه شیب هر زیر حوزه، متوسط آن برای کل حوزه بر اساس متوسط وزنی محاسبه شد.

(معادله ۵)

$$X_5 = 0.33S$$

که S شیب متوسط حوزه (%) است.

ر: عامل پوشش زمین

برای تهیه این عامل علاوه بر باندهای اصلی از شاخص پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از دو باند ۴ و ۳ استفاده گردید.

$$\text{NDVI} = (\text{band}4 - \text{band}3) / (\text{band}4 + \text{band}3) \quad (\text{معادله ۶})$$

این شاخص دارای مقادیر نرمال در دامنه بین +۱ و -۱ است که بررسی و نمایش مقادیر را به راحتی امکان پذیر می سازد. مقادیر مختلف NDVI نمایانگر پوشش های مختلف می باشند. مثلاً مقادیر بین ۰/۱ تا ۰/۵ برای مناطق گیاهی معمولی و از ۰/۵ به بالا برای مناطق گیاهی بسیار متراکم و غنی می باشد. خاکها دارای مقادیر کمتر از ۰/۰۵ و آب دارای مقادیر منفی می باشند (۷). بعد از تهیه نقشه NDVI، با استفاده از مقادیر این شاخص در محدوده بالاتر از صفر به عنوان مناطق دارای پوشش گیاهی و مناطق کمتر از آن به عنوان اراضی بایر و بدون پوشش گیاهی، توزیع و پراکنش اراضی بایر معین گردید و سپس با استفاده از معادله ۷ فاکتور پوشش زمین معین گردید.

$$X_6 = 0.2P_b \quad (\text{معادله ۷})$$

P_b : درصد اراضی لخت و فاقد پوشش است.

ز: عامل کاربری اراضی

برای تهیه این لایه اطلاعاتی با استفاده از باندهای ۲، ۳ و ۴ تصویر ماهواره ای لندست ۷ ترکیب رنگی با ترکیب باندی ۳، ۲ و ۴ (RGB) ساخته شد و با استفاده از تفسیر هیبرید بر روی صفحه نمایشگر مرز هر واحد کاربری بصورت پلی گون رقومی شد. متوسط درصد تاج پوشش هر یک از کلاسهای جنگل و مرتع با توجه به مساحت و با استفاده از آمار طرح جنگلداری منطقه برآورد گردید. سپس در معادله ۸ که برای تعیین عامل کاربری اراضی در مدل MPSIAC استفاده می شود، قرار گرفت.

$$X_7 = 20 - \quad (\text{معادله ۸})$$

$0.2P_c$

جدول ۱- تعیین میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش خاک در روش PSIAC

نمرات نشان دهنده شدت رسوب دهی	تولید رسوب سالانه		شدت رسوب دهی	کلاس رسوب دهی و فرسایش
	ایکرفیت در مایل مربع	مترمکعب در کیلومترمربع		
>100	>3	>1429	خیلی زیاد	V
75 - 100	1 - 3	476 - 1429	زیاد	IV
50 - 75	0.5 - 1	238 - 476	متوسط	III
25 - 50	0.2 - 0.5	95 - 238	کم	II
0 - 25	<0.2	95 <	خیلی کم	I

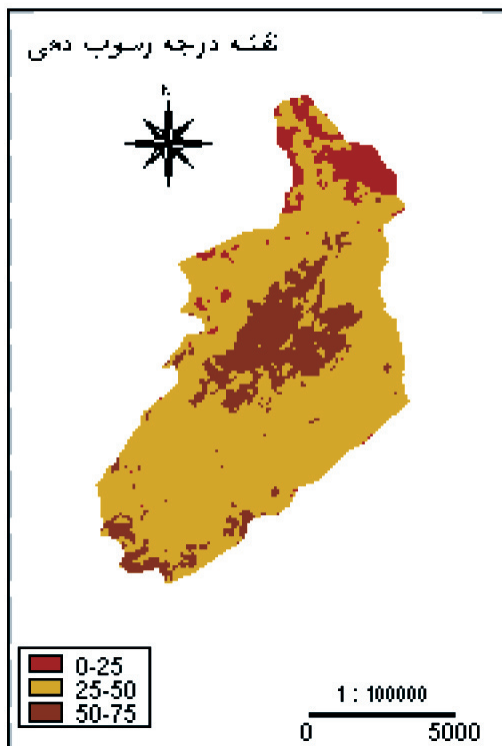
ورقه‌ای تقریباً در تمامی سطوح حوزه دیده شده است. فرسایش شیاری و رودخانه ای در بعضی از سطوح به خصوص در زیر حوزه های میدان، ناتکه وسوته رود دیده شده است. در زیر حوزه های سفید آب، آبشار، خالوده فرسایش خندقی دیده نشد. بنابراین امتیاز این عامل در این زیرحوزه‌ها ۱/۶۷ در نظر گرفته شد. در صورت عدم کنترل فرسایش شیاری و تخریب مراتع این نوع فرسایش نیز دیده خواهد شد. خاک منطقه عمدتاً از گروه‌های هیدرولوژیکی B و C می‌باشند. به دلیل نفوذپذیری کم تا بسیار کم، پتانسیل تولید رواناب و در نتیجه فرسایش پذیری در آن‌ها بالاست. اولویت ۹ عامل موثر در فرسایش

همانطوری که توزیع فراوانی کلاس‌های مختلف رسوب‌دهی حوزه در شکل ۵ نشان می‌دهد، بخش اعظم حوزه (۷۶/۸۳ درصد) از نظر رسوب دهی طبق مدل MPSIAC در کلاس متوسط قرار می‌گیرد و بخش های ناچیزی در کلاس رسوب دهی کم (۶/۷۱) و زیاد (۱۶/۴۶) قرار گرفته‌اند. با استفاده از معادله نهایی (معادله شماره ۱۱) این مدل و با در نظر گرفتن وزن مخصوص رسوبات معادل ۱۶۵۰ گرم در سانتیمترمکعب میزان رسوب ویژه سالانه حوزه آبخیز بر حسب تن در سال برای هر یک از زیرحوزه‌ها و کل حوزه تعیین گردید (جدول ۳).

- مقایسه رسوب برآورد شده مدل تجربی با رسوب ایستگاه رسوب سنجی و بررسی کارایی مدل

طبق محاسبات انجام شده از طریق آمار ایستگاه رسوب سنجی نهارخوران، متوسط رسوب سالیانه بار معلق ۱۴۷۰۹/۹۷ تن در سال و رسوب متوسط سالیانه بار بستر در دوره آماری برابر با ۳۸۷۲/۲۶ تن در سال محاسبه گردید که در مجموع متوسط سالیانه بار کل رسوبی حوزه برابر با ۱۸۵۸۲/۲۳ تن در سال برآورد شده است. از سوی دیگر رسوب برآورد شده در سطح حوزه از طریق مدل تجربی MPSIAC برابر با ۲۲۰۴۳/۷۹ تن در سال می‌باشد. نسبت مقدار واقعی به رسوب برآورد شده توسط مدل (۸۴/۳ درصد) نشان دهنده این است که مدل MPSIAC می‌تواند با دقت مناسبی مقدار رسوب و فرسایش را در حد زیرحوزه‌ها و حوزه آبخیز برآورد نماید. وجود همبستگی نسبتاً بالای این تحقیق با نتایج رحمانی و همکاران مطابقت دارد (۵).

بررسی عوامل مؤثر مدل در هر یک از زیرحوزه‌ها و ترتیب اولویت آنها بدین منظور با توجه به امتیازات، مشخص گردید که عامل شیب با ۱۵/۹ درصد بیشترین تاثیر در میزان رسوب خیزی حوزه را داشته است. در این بین، تمام زیرحوزه های حوزه زیارت از نظر شیب رتبه اول را دارند. شیب از عوامل موثر در ایجاد جریانهای سیلابی می‌باشد. حداکثر ارتفاع منطقه ۲۹۵۰ متر و حداقل ارتفاع منطقه ۵۵۰ متر می‌باشد. کاربری اراضی و فرسایش فعلی بیشترین سهم را به ترتیب با ۱۱/۴۲ و ۹/۵ درصد در فرسایش حوزه داشته‌اند. عامل کاربری در تمام زیرحوزه‌ها بجز زیرحوزه ناتکه در رتبه دوم قرار دارد، که به دلیل چرای بی رویه در اکثر اراضی و تخریب جنگل با دخالت انسان روند فرسایشی را تشدید کرده است. بطوریکه در زیر حوزه های میدان و ناتکه با جنگل تراشی بی رویه و تبدیل به اراضی زراعی پتانسیل به زمین لغزش را افزایش داده‌اند. فرسایش



شکل ۳- نقشه درجه رسوب دهی (R) حوزه

جدول ۲- نتایج امتیازات عوامل نه گانه مدل MPSIAC برای زیر حوزه های مختلف حوزه زیارت

عامل	میدان	سفید آب	خالودره	آبشار	ناتکه	سوته رود	کل
زمین شناسی	۵/۳۸	۶/۱۴	۶/۲۷	۵/۹۵	۶/۹۲	۶/۳۶	۶/۲۲
خاک	۵/۳	۴/۷۸	۵/۳۳	۴/۷۳	۵/۵	۵/۲	۵/۱۸
آب وهوا	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۳۹
رواناب	۱/۶	۱/۸۳	۱/۸۱	۱/۶۱	۲/۸۷	۲/۳۲	۲/۰۹
توپوگرافی	۱۳/۵۶	۱۶/۶۹	۱۷/۹۱	۱۹/۲۹	۱۴/۸۴	۱۴/۷	۱۵/۹
پوشش گیاهی	۰	۰	۰/۰۵	۰/۸۵	۰/۴۰۲	۲/۵۴	۱/۰۳۴
کاربری اراضی	۱۰/۸۲	۱۰/۶۹	۱۱/۷۴	۱۰/۵۱	۱۴/۱۲	۱۰/۸۷	۱۱/۴۲
وضعیت فعلی فرسایش	۵/۷	۲/۲۸	۹/۳۷	۹/۲۱	۱۴/۴۴	۱۰/۳۹	۹/۵
فرسایش رود خانه ای	۵/۰۱	۱/۶۷	۱/۶۷	۱/۶۷	۵/۰۱	۵/۰۱	۳/۷۶

جدول ۳- مقدار فرسایش و رسوب محاسبه شده برای زیرحوزه های زیارت

عامل	میدان	سفید آب	خالو دره	آبشار	ناتکه	سوته رود	کل حوزه
رسوب سالانه (ton/ha)	۱۶۷۳۰	۱۴۸۷۳/۲	۲۱۲۸۱/۶۶	۲۱۰۹۱/۰۲	۳۰۳۹۷/۶	۲۳۵۹۰/۱	۲۲۰۴۳/۷۹
فرسایش سالانه (ton/ha)	۳۹۰/۸۹	۳۲۰/۶۱	۴۸۷/۳۳	۵۰۷	۷۲۵/۴۸	۶۲۰/۱۴	۶۸۰/۳۶

جدول ۴- اولویت ۹ عامل موثر در فرسایش حوزه و زیرحوزه های زیارت

اولویت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
میدان	شیب	کاربری	فرسایش فعلی	زمین شناسی	خاک	فرسایش رودخانه ای	رواناب	آب وهوا	پوشش زمین
سفید آب	شیب	کاربری	زمین شناسی	خاک	فرسایش فعلی	رواناب	فرسایش رودخانه ای	آب وهوا	پوشش زمین
خالو دره	شیب	کاربری	فرسایش فعلی	زمین شناسی	خاک	رواناب	فرسایش رودخانه ای	آب وهوا	پوشش زمین
آبشار	شیب	کاربری	فرسایش فعلی	زمین شناسی	خاک	فرسایش رودخانه ای	رواناب	پوشش زمین	آب وهوا
ناتکه	شیب	فرسایش فعلی	کاربری	زمین شناسی	خاک	فرسایش رودخانه ای	رواناب	پوشش زمین	آب وهوا
سوته رود	شیب	کاربری	فرسایش فعلی	زمین شناسی	خاک	فرسایش رودخانه ای	پوشش زمین	رواناب	آب وهوا
کل	شیب	کاربری	فرسایش فعلی	زمین شناسی	خاک	فرسایش رودخانه ای	رواناب	پوشش زمین	آب وهوا

می باشد.

درصد تاج پوشش باعث کاهش تولید رسوب و درصد اراضی لخت موجب افزایش تولید رسوب می شود. به عبارتی دیگر درصد تاج پوشش با میزان رسوب تولیدی مدل MPSIAC همبستگی منفی نشان می دهد. در بررسی نقشه پوشش گیاهی مشخص می شود که قسمت میانی حوزه فاقد پوشش جنگلی می باشد. از طرفی دیگر پراکنش ضعیف اراضی زراعی و مرتعی در جنگل، باعث ایجاد رواناب و جریانهای سیلابی به هنگام بارندگیهای شدید می شود. از نظر زمین شناسی، فرسایش پذیری حوزه را رسوبات کواترنر و سازندهای شمشک و دونین کربونیفر که حساس ترین سازندها به فرسایش به دلیل اینکه دارای لیتولوژی آهک، مارن و رس هستند، توجیه می کنند.

نتایج این تحقیق با پژوهش های انجام شده توسط راستگو و همکاران (۴) و رحمانی و همکاران (۵) مطابقت می کند. عملیات عمرانی لازم برای کنترل فرسایش اراضی حوزه، احیای جنگل، کنترل چرا و رعایت اصول مرتعداری و شخم صحیح، جلوگیری از سوزاندن بقایای گیاهی، عملیات حفاظت خاک شامل ترانس بندی در نواحی شیبدار نقش عمده ای را ایفا می کنند.

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از داده های ماهواره ای در کنار برداشت های صحرایی، به خصوص در اراضی صعب العبور باعث تخمین های مناسبی از میزان رسوب و فرسایش توسط مدل MPSIAC در منطقه مورد مطالعه می گردد تا این مقدار رسوب و فرسایش بدست آمده با دقت قابل قبولی در راستای برنامه ریزی و عملیات آبخیز داری مورد استفاده واقع گردد.

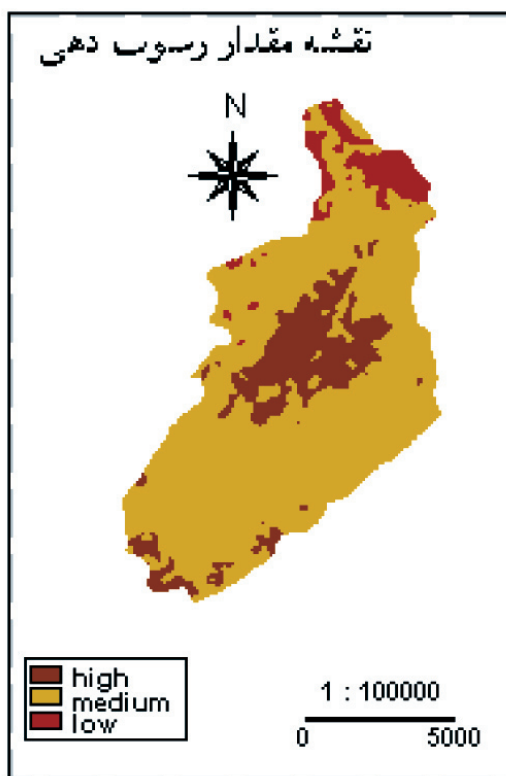
سیاسگذاری

بدین وسیله از مسئولین مرکز تحقیقات و اداره منابع طبیعی (واحد آبخیزداری) گران که در انجام این پروژه همکاری لازم را مبذول داشته اند تشکر و قدردانی می شود.

پاورقی ها

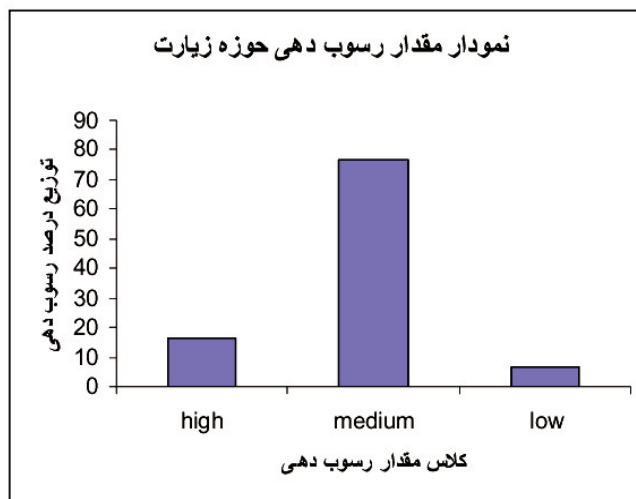
- 1-Universal Soil Loss Equation
- 2-Modified Pasific Southwest Inter Agency Committee
- 3-Erosion Potential Method
- 4- Ortho rectification
- 5- Digital Elevation Model
- 6- Bureau of Land Management
- 7- Sediment Delivery Ratio

شکل ۵- توزیع کلاسه های رسوب دهی حوزه بر اساس عوامل مدل MPSIAC



شکل ۴- نقشه مقدار رسوب دهی حوزه

حوزه و زیرحوزه ها در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین بررسی وضعیت فرسایش و زیرحوزه ها نشان داد که زیر حوزه های ناتکه و سوته رود به ترتیب دارای بیشترین فرسایش ویژه سالانه و زیر حوزه سفیدآب دارای کمترین فرسایش ویژه سالانه می باشند. همانطوری که که نتایج جدول ۲ تایید می نماید زیر حوزه ناتکه نسبت به سایر زیر حوزه ها عمدتاً بواسطه تاثیر کاربری نامناسب (تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به اراضی زراعی) و دارا بودن شواهد فرسایشی نظیر فرسایش شیباری و خندقی دارای بالاترین نرخ رسوبزایی نسبت به سایر زیرحوزه ها



modeling. Ms.c thesis, ITC pp: 1-112.

12- Daniels, R. C., R. H. Huxford and D. McCandless, 1998; Coastline mapping and identification of erosion hazard areas in Pacific County, Washington, Department of Ecology, Coastal Monitoring and analysis program, pp:113-142.

13- Kokh-Sherstha, M., 2001; Soil erosion modeling using Remote Sensing and GIS: A case study of Jhikhu Khola watershed, Nepal, M. Tech. Thesis, Andhra University, 78p.

14- 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, Australia.

15- Rahnama Mobarakeh, F.A. 1994; Erosion assessment using erosion models, remote sensing and geographic information system. MSC thesis ITC.pp:1-68.

16- Sadiq, A. M., and M. A. Syed, 2001; Digital image processing extract information case study state of Qatar, Remote sensing unit, Scientific and Applied Research Center (SARC) University of Qatar.

17- Shrestha, R. P. A. Eiumonoh and S. Baimoung, 1996; Soil erosion assessment and its policy implications: A case study of RS and GIS applications in Uthai Thani, Thailand, Meteorological.

18- Sheresta, M.K. 2001; Soil erosion modeling using remote sensing and GIS, Case study of Jhikhu Khola watershed, Nepal.

19- Soil Science Department, Agricultural Faculty, Ankara University, 1996; Quantitative determination of erosion by using remote sensing and geographic information in the vicinity of Ankara Cubuk dam lake, Soil and Fertilizer Research Institute, 45p.

منابع مورد استفاده

۱- احمدی، ح.، ۱۳۷۸؛ ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- حمیدی فر، م.، م. ستارزاده، م. حاجی قلیزاده، م. ح. منتظریون، ح. ر. زکی زاده، ۱۳۸۴؛ بررسی تغییرات کاربری و فرسایش حوزه آبخیز کرخه با استفاده از تصاویر ماهواره ای TM1988 و ETM2002 و ارزیابی نقش آن در کیفیت فیزیکی و شیمیایی رودخانه کرخه، مجموعه مقالات فرسایش و رسوب، صفحه ۷۸۲-۷۷۶.

۳- جهان سیر، ر.، ۱۳۸۰؛ بررسی تاثیر عوامل خطر فرسایش خاک (عوامل مدل FAO) در میزان فرسایش با استفاده از GIS در حوزه آبخیز زیارت، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۴- راستگو، س.، ب. قهرمان، ح. ثنایی نژاد، ک. داوری، س. خدانشناس، ۱۳۸۵؛ برآورد فرسایش و رسوب حوزه تنگ کنشت با مدل های تجربی MPSIAC و EPM به کمک GIS، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹۱-۱۰۴.

۵- رحمانی، م.، ع. هادیان امری، س. ملاآقاجانزاده، ۱۳۸۴؛ بکارگیری داده های ماهواره ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی در برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل MPSIAC (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شرفخانه - شبستر)، مجموعه مقالات فرسایش و رسوب ۸۴.

۶- رفاهی، ح.، ۱۳۸۲؛ فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.

۷- کبیری کیوان، ۱۳۸۰؛ بررسی اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی ایران در دهه ۹۰ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره NOAA، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

۸- علوی پناه، س. ک.، ۱۳۸۲؛ کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران.

۹- علیزاده، ا.، ۱۳۶۸؛ فرسایش و حفاظت خاک، انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۰- مهندسین مشاور گلستان، ۱۳۷۵؛ مطالعات توجیهی، اجرایی و آبخیزداری حوزه زیارت.

11- Dadrasi Sabzevar, A. 1997; Erosion assessment in the bad land catchment of western Zanjan valley, using remote sensing and geographic information system, new field evidence and

