جغرافیا و توسعه- شماره ۱۸- تابستان ۱۳۸۹
وصول مقاله : ۱۳۸۵/۱۲/۵
تأیید نهایی : ۱۳۸۸/۱۰/۲
صفحات : ۱۷۸- ۱۵۹

مدل‌سازی فرسایش و رسوب حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای عجب‌شیر با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در محیط GIS

دکتر شهرام روستایی
دانشیار جغرافیا طبیعی دانشگاه تبریز

دکتر علی‌اکبر رسولی
استاد جغرافیا طبیعی دانشگاه تبریز

حسن احمدزاده
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد واحد تبریز

چکیده

فرسایش خاک یکی از مسایل زیست‌محیطی جدی در کشور ایران است. با توجه به نرخ بالای فرسایش عمومی در بسیاری از مناطق جغرافیایی کشور، باید تلاش‌های زیادی به سمت کم کردن خطرات آن صورت گیرد. لازمه‌ی این کار وجود داده‌های کمّی است تا بتوان مناطق بحرانی را که نیازمند حفاظت فوری می‌باشند، تشخیص داده مدیریت نمود. بر اساس روش‌های سنتی انجام چنین مطالعاتی، اولاً زمان‌بر و پرهزینه هستند، ثانیاً داده‌های محلی به‌دست می‌دهند. لذا برای انجام یک تحقیق اصولی و فراگیر استفاده از فنّاوری‌های جدید سنجش از دور و GIS ضروری می‌نماید.

حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای یکی از حوضه‌های کوهستان سهند با مساحتی درحدود ۲۴۹/۵ کیلومتر مربع می‌باشد که در شهرستان عجب‌شیر واقع شده است. بر روی شاخه‌ی اصلی آن سدی در حال تأسیس است که برآورد میزان فرسایش خاک حوضه و رسوبگذاری در پشت سد آن ضروری است. لذا جهت انجام این مهم از مدل تجربی MPSIAC و تکنیک‌های نوین سنجش از دور و GIS استفاده شده است. لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز شامل نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، خاک‌شناسی، پوشش زمین، کاربری اراضی و داده‌های رواناب، وضعیت فعلی فرسایش، وضعیت فرسایش رودخانه‌ای با استفاده از نقشه‌های موجود، تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری و عملیات صحرایی تهیه، و وارد محیط GIS گردید و پس از تشکیل بانک‌های اطلاعاتی و وزن‌دهی به هرکدام از لایه‌ها براساس مدل MPSIAC نقشه‌ی فرسایش و رسوب حوضه با توجه به واحدهای هیدرولوژیک استخراج گردید.

نتایج نشان می‌دهد که سالانه درحدود ۱۳۳۰۱۶ تن در سال از خاک حوضه فرسایش می‌یابد. این رقم در واحد سطح تقریباً ۵۳۳ تن در کیلومتر مربع در سال می‌باشد. مدل نهایی نشان‌دهنده‌ی این واقعیات است که دو عامل شیب و پوشش زمین نقش اساسی را در کنترل فرسایش و رسوب ایفا می‌کنند. از نظر مناطق بحرانی، دو زیر حوضه Sb3 و Sb1 با بیشترین تولید رسوب در واحد سطح معین گردید. اما زیر حوضه Sb1 کمترین رسوبدهی در واحد سطح را دارا می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: حوضه‌آبریز قلعه‌چای، سنجش از دورGIS، تصویرماهواره‌ای، مدل‌سازی، مقادیر فرسایش و رسوب.

مقدمه

خاک یکی از منابع طبیعی پایه‌ای سطح زمین به‌شمار می‌رود و فرسایش یکی از مشکلات حاد زیست‌محیطی است که ایران با آن روبروست. فرسایش خاک به ویژه در مناطق کوهستانی یک پدیده‌ی خطرناک به‌حساب می‌آید که علاوه بر از بین بردن خاک سطحی و کاهش اراضی حاصل‌خیز باعث کاهش پوشش گیاهی، افزایش هرزآب، تولید رسوب، افزایش گل‌آلودگی در رودخانه‌ها، و پرشدن مخازن سدها می‌شود.

امروزه کمتر منطقه‌ای را در سطح ایران می‌توان یافت که در معرض فرسایش قرار نگرفته باشد *(احمدی، ۱۳۷۴: ۳۸)*. بنابراین مطالعه و شناخت فرسایش خاک و تولید رسوب حوضه‌های آبخیز، جهت حفظ منابع‌طبیعی، آمایش سرزمین، توسعه‌ی پایدار، مدیریت و بهره‌برداری بهینه از منابع آب‌وخاک امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. گستردگی، تنوع و پویایی منابع طبیعی ازیک‌سو، نیاز به‌انجام تجزیه و تحلیل‌های‌گوناگون‌ودستیابی سریع به‌اطلاعات بهنگام و صحیح ازسوی دیگر سبب گشته که متخصصین منابع طبیعی از به‌کار بستن روش‌های سنتی و دستی در روند جمع‌آوری، نگهداری، تجزیه و تحلیل و ارائه‌ی اطلاعات اجتناب کرده و از روش‌های جدیدی همچون سنجش‌از دور و سیستم‌های اطلاعات‌جغرافیایی به‌طور منطقی‌وعلمی استفاده نمایند.

مشخصات جغرافیایی حوضه‌ی مورد مطالعه

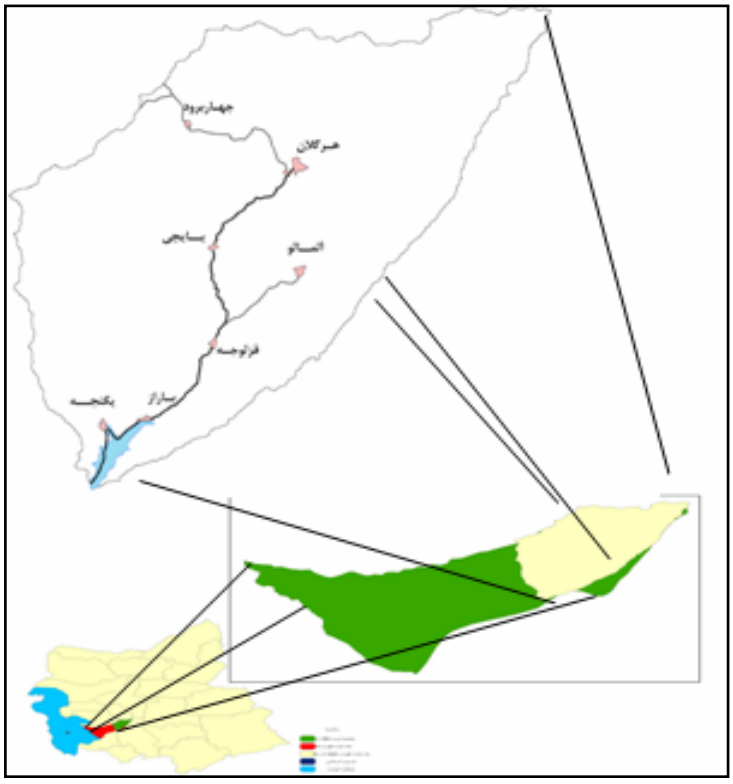
قلعه‌چای یکی از شبکه‌های رودخانه‌ای شعاعی است که از ارتفاعات آذرین سهند سرچشمه می‌گیرد و پس از زهکشی محیط پیرامونی خود، به دریاچه‌ی ارومیه می‌ریزد. شاخه‌ی اصلی رودخانه‌ی قلعه‌چای به طول تقریبی ۶۰ کیلومتر از ارتفاعات ۳۴۱۲ متری (کوه میدان‌داغ) سرچشمه گرفته و به ارتفاع ۱۲۷۰ متر در دشت عجب‌شیر ختم می‌شود *(شکل شماره ۱)*.

جهت ارزیابی میزان فرسایش و برآورد حجم رسوب سالانه وارده به مخزن سد درحال احداث قلعه‌چای، محدوده‌ی تحقیق، بالادست ساختگاه انتخابی سد در ۲/۵ کیلومتری پایین‌دست روستای ینگجه انتخاب شده است که حدود ۲۴۹/۵ کیلومتر مربع از کل مساحت حوضه را دارا می‌باشد. محدوده‌ی مورد مطالعه‌ی حوضه در حد فاصل "۰۶'۳۱ °۳۷ تا "۱۱'۴۲ °۳۷ عرض شمالی و "۲۲ '۰۵ °۴۶ تا "۴۱ '۲۰ °۴۶ طول شرقی در دامنه‌ی غربی سهند قرار گرفته است. ارتفاع متوسط محدوده‌ی مورد مطالعه‌ی ۲۱۱۸ متر و شیب متوسط آن در حدود ۳۸/۸ درصد می‌باشد. دبی متوسط دوره‌ی آماری حوضه برابر۲/۱۷ مترمکعب در ثانیه است که متأثر از اقلیم نیمه‌خشک کوهستانی محدوده‌ی مورد مطالعه است.

مواد و روش تحقیق

در مطالعه‌ی حاضر با توجه به اهداف تحقیق و مدلMPSIAC، داده‌های مندرج در ذیل تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱. تصویر ۲۰۰۱ سنجنده‌ی ETM^{+} ماهواره‌ی Landsat ؛
۲. تصویر ۲۰۰۳ سنجنده‌ی Pan ماهواره‌ی IRS-1D ؛
۳. نقشه‌های توپوگرافی (برگ آشان و هرگلان) با مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ ؛
۴. نقشه‌ی زمین شناسی (برگ اسکو) با مقیاس ۱۰۰۰۰۰ : ۱ ؛
۵. نقشه‌های خاک‌شناسی حوضه در مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ ؛
۶. داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری.



شکل ۱ : نقشه‌ی موقعیت حوضه‌ی مورد مطالعه

هدف اصلی تحقیق حاضر تعیین مناطق حساس به فرسایش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و ارزیابی تولید رسوب در واحدهای هیدرولوژی حوضه‌ی آبریز

قلعه‌چای (بالادست ساختگاه سد) درعجب بود. بدین منظور، ابتدا از تصاویر ماهواره‌ای لایه‌های مربوط به مشخصات پوشش زمین و پوشش گیاهی استفاده گردید. سپس کلیه‌ی مشاهدات جمع‌آوری شده در محیط GIS تجمیع و پس از تشکیل بانک اطلاعاتی تخصصی این مطالعه، داده‌ها در فرمت رستری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند *(DeMers, 2002)*. این فن‌آوری به عنوان مجموعه ابزاری تلقی می‌شود که به منظور جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، استخراج، تبدیل و نمایش داده‌های مکانی استفاده می‌گردد *(رسولی، ۱۳۸۴: ۸)*. پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز و تشکیل بانک اطلاعاتی، جهت تفکیک واحدهای هیدرولوژی حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه، DEM منطقه از روی نقشه توپوگرافی استخراج گردید. سپس با استفاده از تابع Hydrologic Modeling در محیط GIS، واحدهای هیدرولوژیک تعیین گردید. بعد نسبت به محاسبه‌ی پارامترهای تأثیرگذار در فرآیند فرسایش و رسوب‌زایی، تعیین مناطق حساس به فرسایش و برآورد میزان فرسایش پذیری و توان تولید رسوب هر یک از واحدهای هیدرولوژی با استفاده از مدل تجربی MPSIAC اقدام گردید. جدول شماره‌ی ۱ عوامل مؤثر در مدل پسیاک اصلاح شده را نشان می‌دهد.

جدول ۱: عوامل مؤثر در مدل پسیاک اصلاح شده

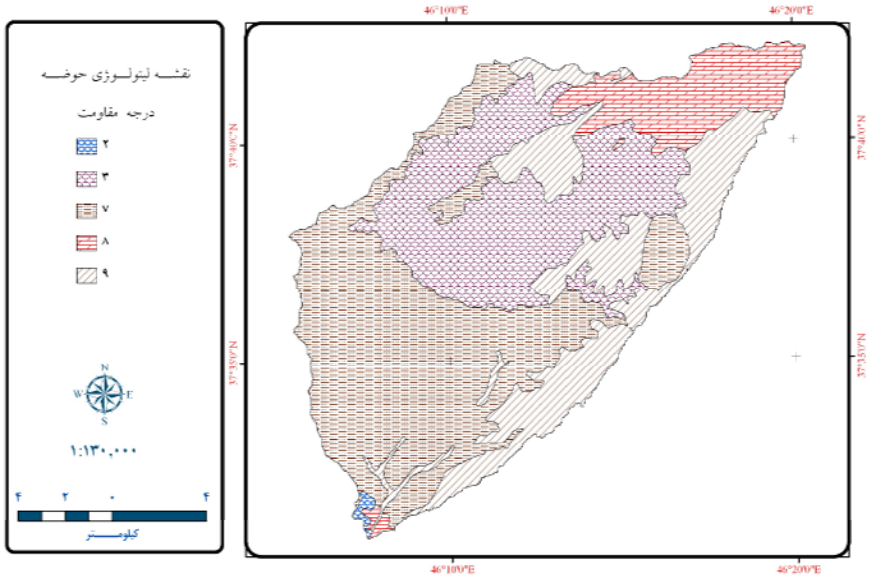
ردیف	عوامل موثر در فرآیند فرسایش	معادله پارامترها	توصیف پارامترهای مدل
۱	زمین‌شناسی سطحی	Y1=X1	حساسیت سنگ‌ها در مقابل فرسایش از صفر تا ده در نظر گرفته می‌شود
۲	خاک	X2=16.67 K	K ضریب قابلیت فرسایش‌پذیری خاک است
۳	آب و هوا	X3=0.2 P2	P2 نشان دهنده‌ی شدت بارش ۶ ساعته با دوره‌ی برگشت دو ساله بر حسب میلی‌متر است
۴	رواناب	X4=0.006R+10QP	R معرف ارتفاع آب جاری سالانه برحسب میلی‌متر است و QP نشان‌دهنده‌ی دبی ویژه پیک برحسب مترمکعب بر ثانیه در هرکیلومتر مربع می‌باشد
۵	توپوگرافی	X5=0.33 S	حرف S معرف شیب متوسط حوضه بر حسب درصد است
۶	پوشش زمین	X6=0.2Pb	Pb نشان‌دهنده‌ی درصداراضی لخت و فاقد پوشش‌گیاهی می‌باشد
۷	کاربری اراضی (استفاده از زمین)	X7=20-0.2Pc	Pc معرف مقدار تاج پوشش برحسب درصد می‌باشد
۸	وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه آبریز	X8=0.25 S.S.F.	S.S.F. نماینگر امتیاز عامل سطحی خاک می‌باشد که با استفاده از روش اداره مدیریت اراضی BLM ایالات متحده آمریکا به دست می‌آید
۹	فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب	X9=1.67 S.S.F.g	S.S.F.g نشان دهنده‌ی نمره‌ی نهایی فرسایش خندقی در روش BLM می‌باشد

با توجه به جدول، پارامترهای مؤثر در فرسایش در مدل پسیاک اصلاح شده برای حوضه‌ی قلعه‌چای، برآورد، و لایه‌های مربوطه در محیط GIS طراحی گردید.

عوامل مؤثر در مدل MPSIAC

- عامل زمین‌شناسی سطحی

امتیاز عامل زمین‌شناسی سطحی بر اساس نوع سنگ، سختی، شکستگی و هوازدگی تعیین می‌شود. برای تهیه‌ی این شاخص ابتدا نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ محدوده‌ی حوضه‌ی موردمطالعه‌ی اسکن و به‌صورت رقومی درآمد. در مرحله‌ی بعدی، در محیط نرم‌افزار ArcView نقشه مربوطه به‌صورت مدل رستری درآمد و برای تحلیل‌های بعدی از طریق وزن‌دهی به واحدهای لیتولوژیکی بر اساس حساسیت هر واحد آماده گردید *(شکل شماره ۲)*.



شکل ۲ : نقشه‌ی حساسیت سازندها به فرسایش در حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای

- عامل خاک

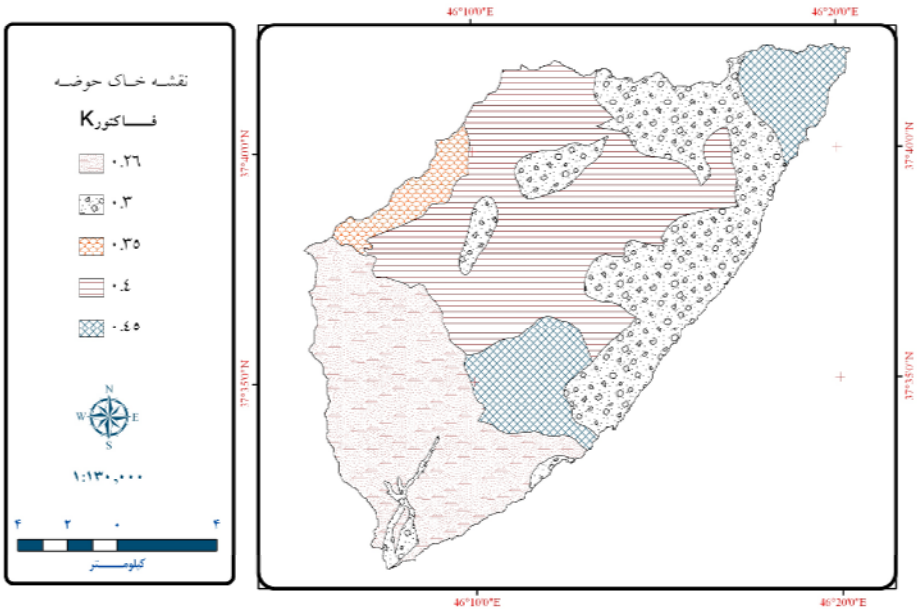
نقش خاک در فرسایش از طریق مقاومت خاک در برابر عمل جداسازی و حمل تعیین، و توسط فاکتور فرسایش‌پذیری خاک (K) تعریف می‌گردد. فرسایش‌پذیری خاک (فاکتور K) متفاوت از ویژگی‌هایی همچون بافت، وزن مخصوص ظاهری، مقاومت برشی، مقدار مواد آلی،

پایداری خاکدانه، ظرفیت نفوذ، خصوصیات شیمیایی و قابلیت حمل ذرات خاک از دست رفته است. پایداری خاکدانه یک خاک معین می‌کند که چگونه ذرات خاک به آسانی می‌تواند از هم جدا شود. قابلیت حمل چگونگی شستشوی این ذرات از دست رفته را بیان می‌دارد *(Bamutaze yazidi, 2003)*.

میزان فرسایش‌پذیری خاک‌ها در برابر یک باران ثابت متفاوت است. شدت و ضعف نقش این عامل در تدارک رسوب با توجه به میزان رس، درصد ماده آلی و بطور کلی با توجه به خصوصیات ذاتی خاک‌ها، متفاوت می‌باشد و اصولاً فرسایش‌پذیری خاک‌ها با توجه به ماهیت آنها تغییر می‌یابد *(رفاهی،۱۳۸۲: ۲۹۲)*. K عامل فرسایش‌پذیری خاک در فرمول جهانی فرسایش می‌باشد که برای محاسبه‌ی آن از مشخصه‌های درصد سیلت به همراه شن خیلی‌ریز، درصد شن، درصد ماده‌ی آلی، ساختمان خاک و قابلیت نفوذ استفاده می‌شود. سپس این مشخصات بر روی نموگرام مربوطه اعمال شده و عددی برای مقدار K به‌دست می‌آید.

- آب و هوا

این عامل تأثیر مستقیم خود را بر فرسایش از طریق عناصری همچون نزولات آسمانی و درجه حرارت، و نقش غیر مستقیم خود را با کنترل میزان پوشش گیاهی و دخالت در پدیده‌ی خاکزایی هر منطقه اعمال می‌نماید. از بین عناصر آب و هوایی مؤثر در فرسایش خاک مقدار و شدت بارندگی نقش بارزی دارند. بین مقدار و شدت بارندگی هر ناحیه با میزان رواناب و در نتیجه میزان فرسایش خاک رابطه وجود دارد. در جدول شماره‌ی۱، شاخص X3 نشان‌دهنده‌ی امتیاز عامل آب و هوا و P2 مقدار بارندگی ۶ ساعته با دوره‌ی بازگشت دو ساله برحسب میلی‌متر می‌باشد. برای تعیین مقدار بارندگی شش‌ساعته با دوره‌ی بازگشت دو ساله از اطلاعات و آمار هواشناسی ایستگاه‌های منطقه استفاده گردید. طبق محاسبات، میزان بارندگی ۶ ساعته با دوره‌ی بازگشت دو ساله برای حوضه قلعه‌چای حدود ۱۵/۷میلی‌متر می‌باشد که با قرار دادن آن در رابطه‌ی X3= 0.2 P2 امتیاز عامل آب و هوا ۳/۱۴ تعیین شد.



شکل ۳: نقشه‌ی فرسایش‌پذیری خاک حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای

- عامل رواناب

برای برآورد امتیاز عامل رواناب، از رابطه‌ی X4=0.006R+10QP استفاده شد که در آن حرف X4 معرف امتیاز عامل رواناب، R ارتفاع رواناب سالانه برحسب میلی‌متر و QP دبی ویژه پیک برحسب مترمکعب بر ثانیه در هرکیلومتر مربع می‌باشد.

با توجه به اینکه ارتفاع رواناب برآورد شده در نقطه‌ی خروجی حوضه، حاصل مشارکت رواناب تمامی آبراهه‌های حوضه است، لذا عدد به‌دست آمده نمی‌تواند نماینده‌ی واقعی رواناب کلیه‌ی قسمت‌های حوضه باشد. برای حل این مسأله، ابتدا ضریب رواناب حوضه با استفاده از معادلات هیدرولوژی، محاسبه و ارتفاع رواناب هر یک از واحدهای هیدرولوژی از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه گردیده است *(علیزاده، ۱۳۷۷: ۲۳۰)*.

$$R = C.P$$

R = ارتفاع رواناب سالانه (بر حسب میلی‌متر)

C = ضریب رواناب

P = ارتفاع بارندگی (بر حسب میلی‌متر) است.

برای محاسبه حداکثر دبی ویژه از رابطه‌ی دیکن استفاده شده است: *(مهدوی،۱۳۸۱: ۱۵۳)*

$$Q=CA^{0/75}$$

$$Q_P=\frac{Q}{A}$$

در این روابط:

Q = دبی اوج (به مترمکعب در ثانیه)

C = ضریب رواناب

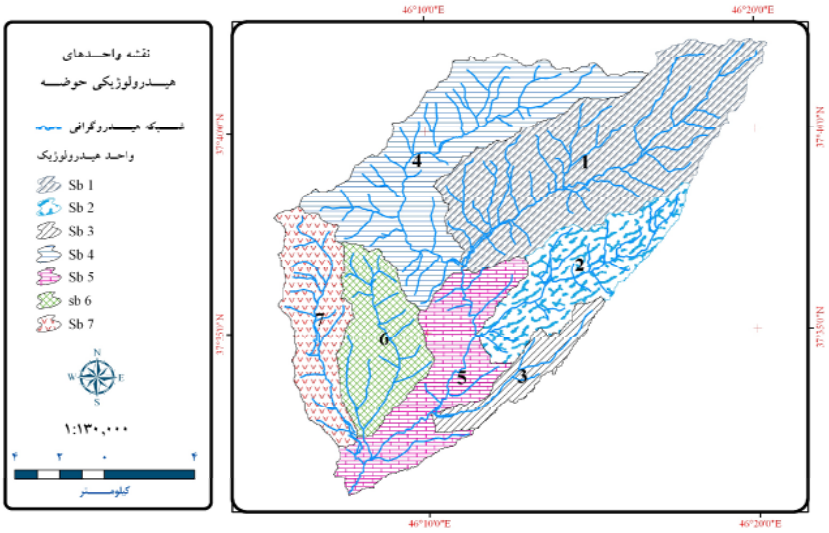
A = مساحت حوضه (به کیلومتر مربع)

Qp = دبی ویژه اوج (به متر مکعب بر ثانیه در کیلومترمربع) می‌باشد.

با محاسبه دبی ویژه اوج و ارتفاع رواناب سالیانه هر یک از واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز قلعه‌چای، امتیاز عامل رواناب هر یک از واحدهای حوضه‌ی مذکور محاسبه شده است. جدول شماره ۲ نتایج این محاسبات را نشان می‌دهد.

جدول ۲ : مشخصات هیدرولوژیکی حوضه‌ی مورد مطالعه برحسب زیرحوضه

زیرحوضه / پارامترهای رواناب	Sb1	Sb2	Sb3	Sb4	Sb5	Sb6	Sb7	کل حوضه
مساحت حوضه(km^2)	۷۳/۳۴	۲۸/۰۸	۱۰/۹۸	۵۷	۲۴/۵	۲۳/۸	۳۱/۸	۲۴۹/۵
ارتفاع متوسط m	۲۵۰۵	۲۳۲۰	۲۲۱۳	۲۳۳۱	۲۱۱۴	۲۱۷۸	۱۹۴۴	۲۲۹۰
بارش سالانه mm	۶۷۶/۹	۶۱۳/۶	۵۷۷	۶۱۷/۴	۵۴۳/۲	۵۶۵	۴۸۵	۶۰۳/۴
ارتفاع رواناب mm	۲۷۴/۳	۲۷۴/۱	۲۷۴/۳	۲۷۴/۳	۲۷۳/۵	۲۷۵/۶	۲۷۳/۴	۲۷۴/۲
حجم رواناب m^3/yr	۲۰۱۱۹۳۳۷	۷۶۹۸۷۲۶	۳۰۱۱۰۵۷	۱۵۶۳۶۹۶۸	۶۷۰۶۴۴۵	۶۵۶۹۵۷۹	۸۶۹۱۰۰۶	۶۸۴۳۳۱۱۸
ضریب جریان	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۵	۰/۴۹	۰/۵۶	۰/۴۵
حداکثر دبی ویژه m^3/sec	۱۰/۲۷	۵/۵	۲/۸۳	۹/۱۳	۵/۵۱	۵/۲۸	۷/۵	۲۸/۲۵
دبی ویژه پیک $m^3/sec/km^2$	۰/۱۴	۰/۱۹۶	۰/۲۵۸	۰/۱۶	۰/۲۲۵	۰/۲۲۲	۰/۲۳۶	۰/۱۱۳
امتیاز عامل رواناب	۳/۰۴	۳/۶	۴/۲۳	۳/۲۵	۳/۸۹	۳/۸۷	۲۱/۶۱	۲/۷۸

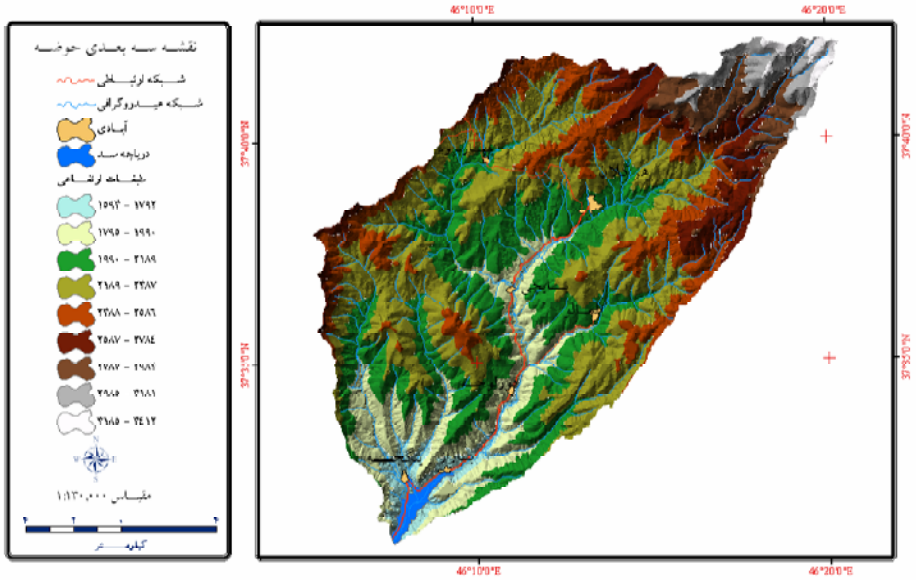


شکل ۴ : نقشه‌ی واحدهای هیدرولوژیک حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای

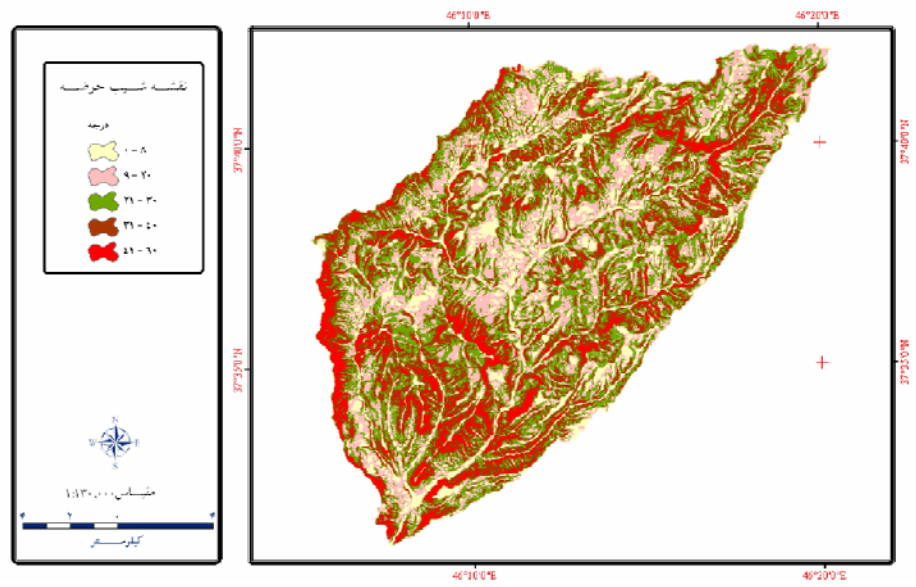
- عامل پستی و بلندی

گرادیان شیب و طول شیب از پارامترهای عمومی هستند که در مدل‌سازی فرسایش به‌کار می‌روند. گرادیان شیب یک رابطه‌ی نمایی با فرسایش دارد. شیب‌های تند در برابر فرسایش بسیار حساس هستند زیرا همه‌ی نیروهای فرساینده همچون پراکنش، شستشو و حمل و انتقال تأثیر بیشتری روی شیب‌های تند دارند. از طرف دیگر شیب‌های طولانی به علت ایجاد رواناب سطحی، حجم و عمق بیشتر در برابر فرسایش آسیب‌پذیر هستند. یکی از عوامل مؤثر در فرسایش و تولید رسوب هر حوضه‌ی آبخیز، عامل پستی و بلندی است که با شاخص شیب سنجیده می‌شود. اصولاً بر میزان فرسایش در شیب‌های تند با توجه به افزایش مقدار و سرعت رواناب و همچنین افزایش نقش قطرات باران در ایجاد فرسایش افزوده می‌گردد.

برای تعیین عامل توپوگرافی از نقشه‌ی شیب تهیه شده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه استفاده شد (شکل شماره ۵). برای تهیه‌ی این مدل از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ حوضه و قابلیت تابع‌الحاقی 3DAnalyst نرم‌افزار ArcView/GIS استفاده کرده و نقشه‌ی شیب استخراج گردید (شکل شماره ۶). سپس در هر واحد هیدرولوژی با قرار دادن متوسط شیب هر واحد در رابطه $X5=0.33\ S$ امتیاز عامل پستی و بلندی هر یک از واحدهای هیدرولوژی محاسبه گردیده است. نتایج محاسبات مربوط به امتیاز توپوگرافی در واحدهای هیدرولوژیکی در جدول شماره‌ی ۴ آمده است.



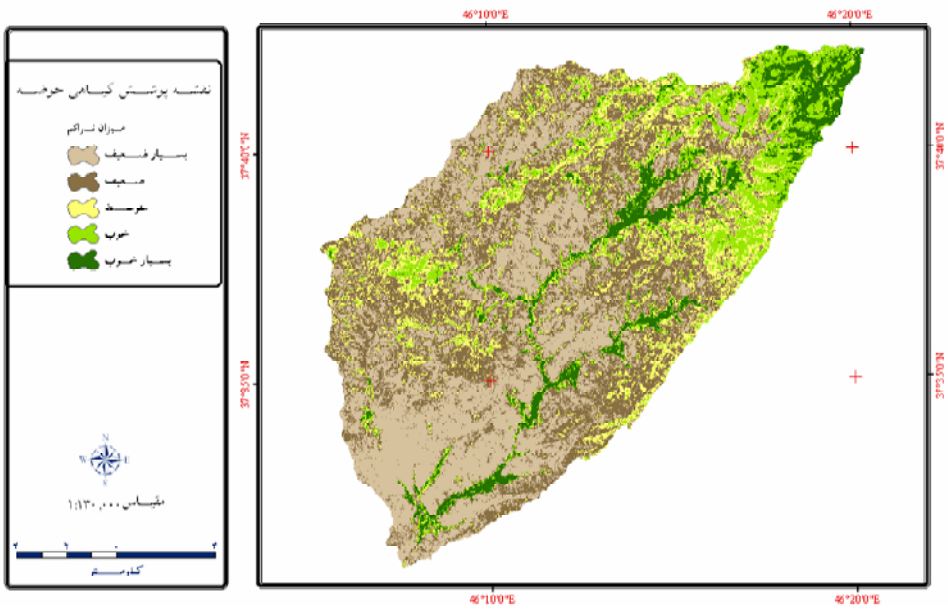
شکل ۵: نقشه‌ی DEM حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای



شکل ۶ : نقشه‌ی شیب حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای

- عامل پوشش زمین

به منظور تعیین عامل پوشش زمین، ابتدا با استفاده از تصویر سنجنده ETM+ ماهواره‌ای لندست ۷ نقشه تراکم پوشش گیاهی تهیه گردید *(شکل شماره ۷)*. سپس با استفاده از نرم‌افزار Arcview نسبت به همپوشانی نقشه پوشش گیاهی با نقشه واحدهای هیدرولوژی اقدام و سپس درصد اراضی لخت و فاقد پوشش هر واحد هیدرولوژی محاسبه شد. در نهایت عدد به دست آمده را در رابطه‌ی ذکر شده در جدول شماره ۱ قرار داده و امتیاز عامل پوشش زمین برآورد شده است *(جدول شماره ۴)*.



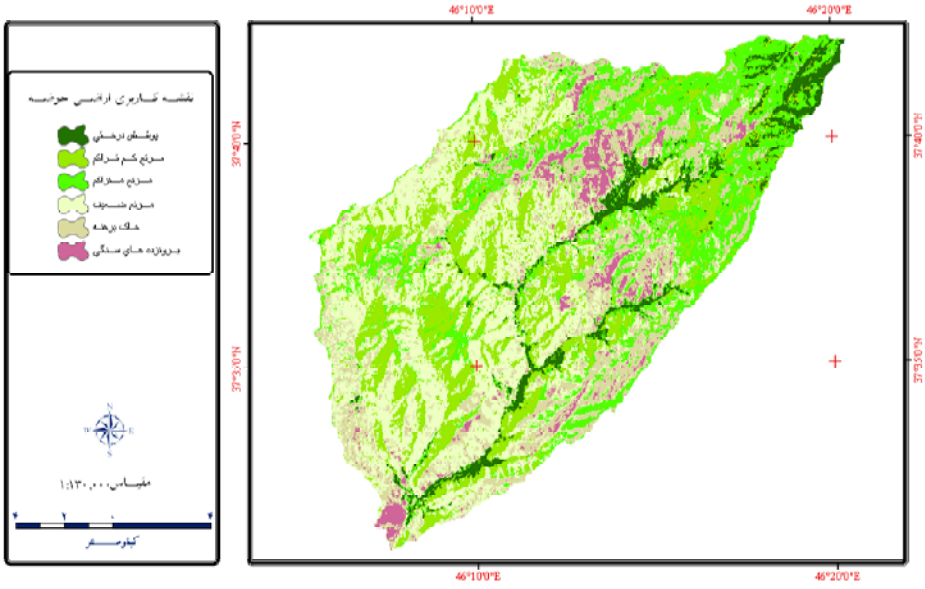
شکل ۷: نقشه‌ی وضعیت پوشش گیاهی حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای

- عامل نحوه‌ی استفاده از اراضی

هرگونه استفاده‌ای که منجر به کاهش درصد پوشش زمین شود به‌شدت برروی تولید رسوب اثر می‌گذارد. از طرف دیگر فعالیت‌های انسان با بهره‌برداری‌های غیر اصولی از طبیعت همواره در جهت تشدید فرسایش بوده و میزان این فرسایش با عدم توجه و رعایت اصول بهره‌وری، بیشتر نیز خواهد شد.

تصاویر ماهواره‌ای اطلاعات بسیار ارزنده‌ای از وضع کاربری‌ها به‌دست می‌دهند لذا در تحقیق حاضر، به منظور تعیین امتیاز عامل نحوه استفاده از زمین، ابتدا، جهت افزایش قدرت

تفکیک مکانی تصویر سنجنده +ETM ماهواره‌ای لندست ۷ و تصویر Pan ماهواره IRS ترکیب شد. سپس نقشه‌ی کاربری اراضی تهیه گردید(*شکل شماره۸*). نتایج حاصل، با نقشه‌ی واحدهای هیدرولوژی همپوشانی گشته و پس از تکمیل مطالعات با عملیات میدانی، درصد تاج پوشش گیاهی هر واحد محاسبه و با جایگذاری در رابطه‌ی مربوطه، امتیاز عامل کاربری اراضی تعیین گردد. نتایج این محاسبات در جدول شماره‌ی ۴ آمده است.



شکل ۸: نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای

- عامل وضعیت فرسایش فعلی در سطح حوضه آبخیز

در رابطه‌ی عامل فرسایش سطحی، حرف X8 نشان‌دهنده‌ی امتیاز عامل فرسایش سطحی (وضعیت فعلی فرسایش) و پارامترهای[1] S.S.F معرف امتیاز عامل سطحی خاک می‌باشد که با استفاده از روش اداره‌ی مدیریت اراضی[2] (BLM) ایالات متحده آمریکا به دست می‌آید. در این روش، برای تعیین امتیاز عامل سطحی خاک (S.S.F) از هفت عامل حرکت توده‌ی خاک، پوشش لاشبرگ، پوشش سنگی سطح زمین، قطعات سنگی تحکیم یافته، شیارهای سطحی، فرم آبراهه‌ها و توسعه‌ی فرسایش خندقی استفاده می شود. هر کدام از این عوامل امتیازی دارند و مجموع حداکثر آنها به ۱۰۰ می‌رسد. با برآورد امتیاز هر یک از عوامل مؤثر در S.S.F.

1- Soil Surface Factor
2- Bureau of Land Management

مقدار آن برای هر یک از زیرحوضه‌ها تعیین و سپس در رابطه‌ی ذکر شده در جدول شماره‌ی ۱ قرار داده شده و امتیاز این عامل برای هریک ازواحدهای هیدرولوژی به‌طور جداگانه محاسبه گردید *(جدول شماره ۳)*.

- عامل فرسایش رودخانه‌ای و انتقال رسوب

فرسایش رودخانه‌ای نتیجه‌ی شستشو، زیربری و تخریب دیواره‌ی آبراهه توسط جریان آب می‌باشد و در مواقع سیلابی با توجه به بالا رفتن میزان مواد درشت‌دانه جریان آب بر شدت آن افزوده می‌گردد. در رابطه‌ی عامل فرسایش رودخانه‌ای X9 نشان‌دهنده‌ی امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای و پارامترهای S.S.F.g معرف نمره‌ی نهایی فرسایش خندقی در روش BLM می‌باشد *(جدول شماره ۳)*.

جدول ۳: تعیین امتیاز عامل سطحی خاک (S.S.F) به روش BLM در واحدهای هیدرولوژی حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای و تعیین امتیاز عامل وضعیت فعلی فرسایش

زیرحوضه / پارامترهای روش BLM	Sb1	Sb2	Sb3	Sb4	Sb5	Sb6	Sb7	کل حوضه
حرکت توده خاک	۹/۷	۷	۷/۵	۸/۷	۸/۲	۷	۸/۳	۸/۱
پوشش لاشبرگ	۸	۶/۵	۶/۳	۹	۷/۵	۶/۵	۷/۵	۷/۳
پوشش سنگی سطح زمین	۸	۱۰/۴	۸/۳	۹	۱۰/۲	۸/۴	۹/۴	۹/۱
قطعات سنگی تحکیم یافته	۵/۷	۴/۹	۵/۳	۶/۶	۷/۸	۴/۹	۶/۹	۶
شیارهای سطحی	۸/۶	۱۰/۳	۵/۱	۹	۷/۵	۱۰/۳	۸/۳	۸/۴
فرم آبراهه	۷/۲	۶/۴	۸/۶	۶/۷	۶/۵	۷/۴	۶/۷	۷/۱
توسعه فرسایش خندقی	۵/۳	۶/۵	۶/۴	۴	۵/۲	۵/۵	۴/۵	۵/۳
مجموع امتیازات	۵۲/۵	۵۲	۴۷/۵	۵۳	۵۲/۹	۵۰	۵۱/۶	۵۱/۳
امتیازوضعیت‌فعلی فرسایش‌سطحی	۱۳/۱	۱۳	۱۱/۸	۱۳/۳	۱۳/۲	۱۲/۵	۱۲/۹	۱۲/۸

جدول ۴: امتیاز عوامل ۹ گانه در هر یک از واحدهای هیدرولوژیک حوضه آبریز قلعه‌چای

زیرحوضه / عامل	Sb1	Sb2	Sb3	Sb4	Sb5	Sb6	Sb7	کل حوضه
زمین‌شناسی سطحی	۵/۸۵	۶/۵۵	۶/۸	۵/۳۲	۵/۰۵	۵/۰۳	۵/۵	۵/۶۵
عامل خاک	۶/۲۳	۵/۶۱	۵/۰۳	۶/۲۳	۴/۳۵	۴/۳۳	۵/۷۷	۵/۶۸
آب و هوا	۳/۱۴	۳/۱۴	۳/۱۴	۳/۱۴	۳/۱۴	۳/۱۴	۳/۱۴	۳/۱۴
رواناب	۳/۰۴	۳/۶	۴/۲۳	۳/۲۵	۳/۸۹	۳/۸۷	۲۱/۶۱	۲/۷۸
توپوگرافی	۱۱/۱	۱۳/۳	۱۲/۷	۱۲/۶۶	۱۴/۲۳	۱۴/۸	۱۴	۱۲/۸
پوشش زمین	۱۰/۲۲	۱۲/۲۳	۱۳/۴۵	۱۳/۳	۱۵/۴۳	۱۵/۰۸	۱۴/۸۸	۱۲/۸۶
کاربری اراضی	۱۰/۶۲	۱۱/۸۳	۱۳/۲۶	۱۱/۲۱	۱۰/۸۹	۱۲/۳۴	۱۱/۸۵	۱۱/۳۵
وضعیت فرسایش فعلی	۱۳/۱	۱۳	۱۱/۸	۱۳/۳	۱۳/۲	۱۲/۵	۱۲/۹	۱۳
فرسایش رودخانه‌ای	۸/۸۵	۱۰/۸۵	۱۰/۶۹	۶/۶۸	۹/۲	۷/۵	۸/۶۸	۸/۵۴
مجموع امتیازات (R)	۷۲/۱۵	۸۰/۱۱	۸۱/۱	۷۵/۰۹	۷۹/۳۸	۷۸/۵۹	۹۸/۳۳	۷۵/۸

** مجموع امتیازات در این جدول بصورت دستی محاسبه شده است.*

تعیین درجه فرسایش‌پذیری و میزان رسوبدهی واحدهای هیدرولوژی

پس از تعیین میزان امتیاز هر یک از عوامل نه‌گانه مؤثر در فرسایش و تولید رسوب در روش MPSIAC، به‌منظور تعیین میزان‌فرسایش و توان تولید رسوب هریک ازواحدهای هیدرولوژیک، شناسایی تأثیرگذارترین عامل در تولید رسوب و نیز تشخیص واحدهای بحرانی از نظر تولید رسوب، محاسبه‌ی درجه‌ی رسوبدهی هر یک از این واحدها ضروری است. بدین منظور مجموع امتیاز عوامل نه‌گانه (R) در هر واحد محاسبه گردید تا درجه‌ی رسوبدهی آن واحد مشخص گردد *(شکل شماره ۹ و ۱۰)*.

در روش MPSIAC به منظور اعمال دقت بیشتر و پرهیز از اشتباه در عمل درون‌یابی و برون‌یابی برای برآورد میزان تولید رسوب از رابطه‌ی زیر استفاده می‌گردد *(رفاهی، ۱۳۸۲: ۲۸۰)*:

$Q_S = 38.77e^{0.0353R}$

Q_s= میزان رسوبدهی سالانه بر حسب متر مکعب در کیلومتر مربع

R = درجه‌ی رسوبدهی یعنی مجموع امتیازات عوامل نه‌گانه مدل MPSIAC

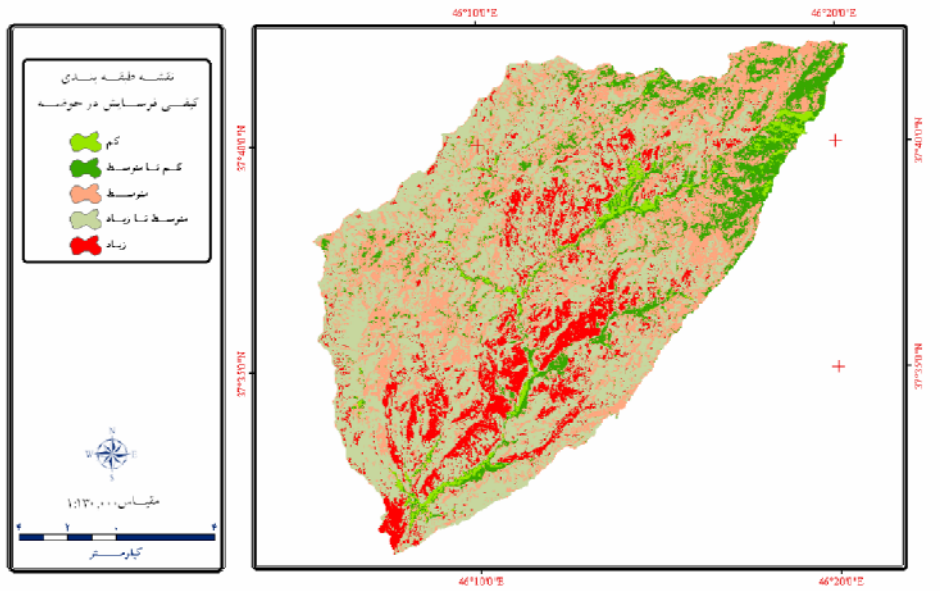
e = عدد نپرین است که معادل ۲/۷۱۸ گرفته شده است.

در جدول شماره‌ی ۵ با استفاده از رابطه‌ی نمایی فوق میزان رسوب‌دهی هر یک از واحدهای هیدرولوژی حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای با استفاده از عملیات همپوشانی در محیط GIS محاسبه شده است. ملاحظه می‌شود که درجات رسوبدهی واحدها در این جدول در مقایسه با جدول شماره‌ی ۴ به لحاظ دقت بیشتر عملیات همپوشانی در محیط GIS پایین است.

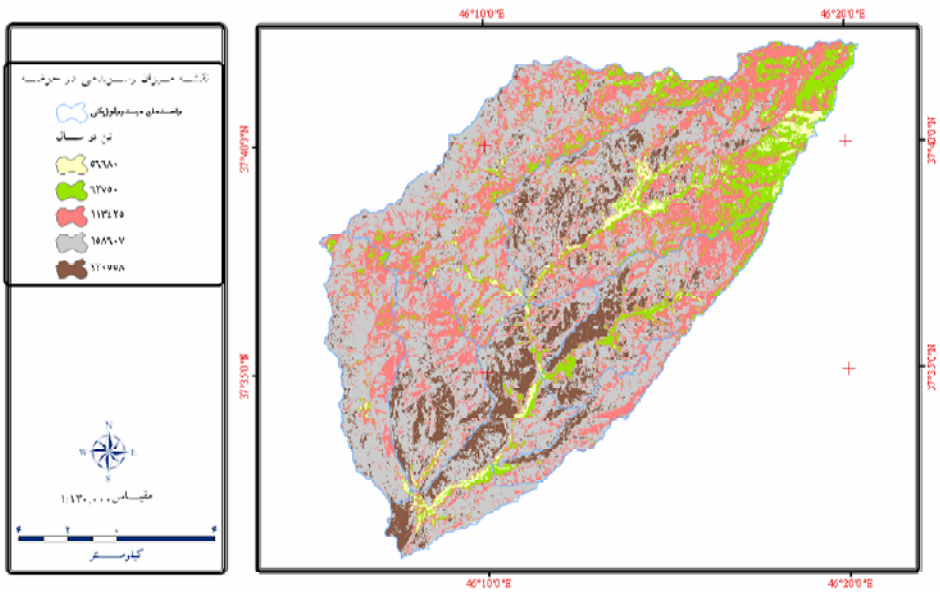
اگر وزن مخصوص رسوبات را ۱/۳ تن در متر مکعب در نظر بگیریم. مجموع کل رسوبی که سالیانه روانه‌ی سد خواهد شد ۱۳۳۰۱۶/۱۳ تن در سال و مقدار رسوب ویژه آن ۵۳۳/۱۳ تن در کیلومتر مربع در سال خواهد بود. بر مبنای این جدول می‌توان گفت میزان رسوب ویژه واحدهای هیدرولوژی Sb7 و Sb5 به عنوان بحرانی‌ترین واحدهای هیدرولوژی حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای به ترتیب دارای ۶۱۱ و ۶۰۲/۶ تن در کیلومتر مربع در سال خواهد بود. لازم به ذکر است که در محاسبه‌ی میزان رسوب از میانگین وزنی درجه‌ی رسوبدهی در هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی استفاده شده است.

جدول ۵ : میزان رسوب واحدهای هیدرولوژی حوضه آبریز قلعه‌چای بر مبنای مدل MPSIAC

زیرحوضه / پارامترهای رسوب	Sb1	Sb2	Sb3	Sb4	Sb5	Sb6	Sb7	کل حوضه
مساحت km^2	۷۳/۳۴	۲۸/۰۸	۱۰/۹۸	۵۷	۲۴/۵	۲۳/۸	۳۱/۸	۲۴۹/۵
دامنه درجه رسوبدهی R	۳۸ -۸۶	۳۸ -۸۶	۳۸ -۸۶	۳۸ -۸۶	۳۸ -۸۶	۳۸ -۸۶	۳۸ -۸۶	۳۸ -۸۶
میانگین وزنی درجه رسوبدهی R	۶۴	۶۸/۶	۶۹/۸	۶۶/۵	۷۰/۹	۶۸/۶۳	۷۱/۳	۶۷/۴
رسوب ویژه (QS) m^3/km^2	۳۶۴/۱	۴۲۷/۷	۴۴۶/۰۳	۳۹۷/۳۸	۴۶۳/۵۴	۴۲۸/۱۴	۴۷۰/۰۷	۴۱۰/۱
حجم رسوب m^3/yr	۲۶۷۰۳/۱	۱۲۰۰۹/۵۳	۴۸۹۷/۴۴	۲۲۶۵۰/۹۴	۱۱۳۵۶/۷	۱۰۱۸۹/۷	۱۴۹۴۸/۳۲	۱۰۲۳۲۰/۱
وزن مخصوص رسوب ton/m^3	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۳
وزن رسوب ton/yr	۳۴۷۱۴/۰۲	۱۵۶۱۲/۳۸	۶۳۶۶/۶۸	۲۹۴۴۶/۲۲	۱۴۷۶۳/۷	۱۳۲۴۶/۶۲	۱۹۴۳۲/۸	۱۳۳۰۱۶/۱
وزن رسوب ویژه $ton/km^2/yr$	۴۷۳/۳۳	۵۵۶	۵۷۹/۸۴	۵۱۶/۶	۶۰۲/۶	۵۵۶/۶	۶۱۱/۱	۵۳۳/۱۳



شکل ۹: نقشه‌ی کیفی فرسایش در حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای



شکل ۱۰: نقشه‌ی میزان رسوبدهی در حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، با اعمال روش پسیاک اصلاح شده در ۷ واحد هیدرولوژیکی حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای، مدل پتانسیل رسوبدهی نهایی منطقه به‌دست آمد که در آن ۵ طبقه رسوبدهی با مقادیر مختلف قابل تشخیص است. نتایج نهایی مبین این واقعیت است که بر اساس مدل MPSIAC، محدوده‌های فرسایش همبستگی بسیار بالایی با وضعیت لیتولوژی، خاک و پوشش گیاهی منطقه دارند چرا که سازندهای با حساسیت بالا منطبق بر مناطق با پتانسیل فرسایشی متوسط و شدید می‌باشد.

مناطق با پوشش ضعیف و خاک‌های برهنه نیز میزان همبستگی بالایی با مدل نهایی فرسایش نشان می‌دهد. به این معنی که طبقات کاربری اراضی نظیر پوشش گیاهی فشرده و مراتع خوب منطبق بر محدوده‌های با فرسایش کم می باشد. برعکس، خاک‌های برهنه و مراتع ضعیف در طبقات فرسایشی شدید واقع شده‌اند.

عامل فرسایش‌پذیری خاک نیز همبستگی بالایی را با محدوده‌های طبقات فرسایشی نشان می‌دهد، بطوری که مناطق با قابلیت فرسایش‌پذیری کم منطبق بر محدوده‌های پتانسیل فرسایش کم می‌باشد. با توجه دقیق به نقشه‌ی پوشش گیاهی و نقشه‌ی فرسایش تهیه شده نهایی مشخص می‌شود که بین این دو مدل همبستگی بالایی وجود دارد چرا که محدوده‌های با قابلیت فرسایش کم و متوسط دارای پوشش گیاهی فشرده‌ای می‌باشند.

مطالعات قبلی اثبات نموده است که می‌توان ارزش مدل‌ها را از روی مقایسه‌ی نتایج حاصل از اندازه‌گیری تلفات خاک و مقدار پیش‌بینی شده تعیین نمود. در این صورت، ضریب همبستگی بین این دو مقدار نشان‌دهنده‌ی کارآیی مدل‌ها خواهد بود و در حوضه‌های فاقد آمار رسوب نیز مقادیر برآورد فرسایش و رسوب می‌تواند نقش مهمی در مدیریت بهینه اراضی داشته باشد. در مطالعه‌ی جاری، بر اساس مدل پسیاک اصلاح شده، مقدار کل فرسایش حاصله حدود ۱۳۳۰۱۶ تن در سال در کل حوضه برآورد گردید. اما به دلیل نبود رسوب واقعی اندازه‌گیری شده امکان دقت‌سنجی نتایج میسر نگردید.

نتایج نهایی مطالعه جاری مؤید کارآمدی روش‌های دورسنجی و GIS در فرآیند برآورد فرسایش خاک است. بنابراین، این فن‌آوری‌ها، را می‌توان برای حوضه‌های مشابه به‌کارگرفت.

در چنین شرایطی، نظر کارشناسان مجرب در چگونگی تعیین عوامل مؤثر و به‌طور حتم در صحت و کارآیی نتایج نهایی بسیار تعیین‌کننده است. به همین دلیل، با تعیین دقیق نقش هر عامل مؤثر در فرآیند مدل‌سازی، ضمن برآورد میزان فرسایش کل حوضه‌های آبریز، باید به روند تغییرات مکانی و زمانی مکانیسم‌های فرسایش و رسوب‌گذاری نیز توجه خاصی مبذول داشت.

از نتایج حاصل از این مطالعه نه تنها می‌توان در برآورد میزان رسوبات رسیده به پشت سد در حال احداث استفاده نمود، بلکه از اطلاعات حاصل می‌توان در روند مدیریت منابع طبیعی با اجرای برنامه‌های آمایش سرزمین در حوضه‌های آبریز با لحاظ نمودن شرایط محلی بهره‌برداری کرد.

منابع

۱- احمدی، حسن (۱۳۷۸). ژئومورفولوژی کاربردی، جلد۱. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.

۲- آرونوف، استن (۱۳۷۵). سیستم اطلاعات جغرافیایی، ترجمه‌ی سازمان نقشه‌برداری کشور. انتشارات سازمان نقشه‌برداری کشور.

۳- رسولی، علی‌اکبر (۱۳۸۴). تحلیلی بر فن‌آوری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، انتشارات دانشگاه تبریز.

۴- رفاهی، حسینقلی (۱۳۸۲). فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.

۵- سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی (۱۳۷۴).گزارش مطالعات آبخیزداری حوضه آبریز قلعه‌چای، جلد اول، هواشناسی و هیدرولوژی.

۶- سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی (۱۳۷۴). گزارش مطالعات آبخیزداری حوضه آبریز قلعه‌چای، جلد دوم. خاکشناسی و تناسب اراضی.

۷- سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی (۱۳۸۳). طرح حفاظت خاک و کنترل رسوب حوضه هرگلان، جلد سوم. گزارش خاک‌شناسی و تناسب اراضی.

۸- سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی (۱۳۸۳). گزارش طراحی و تلفیق مطالعات طرح حفاظت خاک و کنترل رسوب حوضه هرگلان.

۹- علوی‌پناه، سیدکاظم (۱۳۸۲). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۰- علیزاده، امین (۱۳۷۷). اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۱- علیزاده، امین (۱۳۸۲). اصول هیدرولوژی کاربردی، (چاپ شانزدهم با تجدید نظر). انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۲- فیض‌نیا، سادات (۱۳۷۴). مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران. شماره ۴۷.

۱۳- مهندسین مشاور بندآب (۱۳۷۴). طرح قلعه‌چای عجب‌شیر، جلد دوم. زمین‌شناسی و ژئوتکنیک. سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل.

۱۴- مهندسین مشاور بندآب (۱۳۷۴). طرح قلعه‌چای عجب‌شیر، جلد اول. هواشناسی و هیدرولوژی. سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی و اردبیل.

۱۵- نجفی‌دیسفانی، محمد و همکاران (۱۳۷۴). کاربرد و ارزیابی مدل جدید پسیاک برای تهیه نقشه فرسایش در حوزه‌های آبخیز، مجموعه مقالات کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع آب. اصفهان.

16- Yazidhi, Bamutaze. (2003). "A comparative study of soil erosion modeling in Lom Kao-Phetchabun, Thailand", ITC.
17- Tajbakhsh . S. M &, Hadi Memarian (2003). "The Sedement yield potential estimation of fariabad and kordian watershed using MPSIAC model in the GIS framework" ,Map Asia conference 2003 ,GIS development.net.
18- Memarian .H & Hamid Esmaeilzadeh (2003). "The Sedement yield potential estimation of Kashmar urban Watershed using MPSIAC model in the GIS framework" , Map Asia conference 2003 ,GIS development.net.
19- Shrestha, Manish Kokh (2002). Soil Erosion Modeling Using Remote Sensing & GIS: A Case Study of Jhikhu Khola Watershed, Nepal" Andhra University. Available at : www. GIS development . net/ applications/ forestry and soil/ garg 1011. pdf
20- De Mers, M.N.(2002)"GIS Modeling in Raster", NewYork:John Wiley&Sons.
21- Hazarika, Manzul kumar and Honda, kyshi.(1999) "Estimation of Soil Erosion Using Remote Sensing and GIS, Its Valuation and Economic Implications on Agricultural Production". Available at:www.GIS development. net/ applications/ forestry and soil.