دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال پانزدهم، شماره‌ی ۴۹
بهار ۱۳۹۴، صفحات ۲۵۷-۲۳۷

اسدالله حجازی[۱]
محمدرضا نیکجو[۲]
محدثه اصفهانی [۳]

برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب حوضه آبریز بکرآباد ورزقان با استفاده از مدل MPSIAC در محیط GIS

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۱/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۱۶

چکیده

هرساله هزاران تن خاک از سطح اراضی جنگلی، مرتعی و کشاورزی به وسیله اشکال مختلف فرسایش از دسترس خارج‌شده و با انباشت در مناطق مستعد رسوب‌گذاری سبب وارد آمدن خسارت‌های قابل‌ملاحظه‌ای می‌شود. برای مدیریت مناطق فرسوده و مهار این پدیده لازم است پهنه‌های تحت فرسایش و یا تولید رسوب شناسایی و مقادیر خاک فرسوده برآورد شود تا از این طریق علاوه بر تعیین مناطق آسیب‌پذیر و بحرانی، اقدامات حفاظتی متناسب جهت کاهش و یا کند کردن روند فرسایش صورت گیرد. لازمه این امر دسترسی به ابزارها و تکنیک‌های مناسب و استفاده از روش یا مدل برآورد فرسایش با دقت بالا و کارایی مورد قبول می‌باشد. برای نیل به این هدف از مدل

۱- استادیار گروه ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز. E-mail: S_hejazi@tabrizu.ac.ir
۲- استادیار گروه ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز. E-mail: Nikjoo1347@tabrizu.ac.ir
۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه‌تبریز. E-mail: mohadese.esfehani@yahoo.com

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

تجربی MPSIAC استفاده شده است. این مدل در ایران در محیط‌های جغرافیایی مختلف مورد استفاده قرارگرفته و به‌علت کمی بودن و استفاده از پارامترهای متعدد نتایج قابل‌قبول و رضایت بخشی را نسبت به سایر مدل‌های تجربی ارایه داده است.

در این روش نه عامل محیطی شامل زمین‌شناسی، خاک، آب‌وهوا، رواناب، شیب، پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش سطحی و رودخانه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس با ارزش‌گذاری کمی هر پارامتر، میزان فرسایش و رسوب محاسبه می‌شود. در این پژوهش جهت برآورد رسوب و فرسایش حوضه آبریز بکرآباد، کلیه داده‌های عوامل نه گانه مدل به روش اسنادی و نیز بررسی‌های میدانی استخراج و لایه‌های مورد نیاز آن در محیط نرم‌افزاری GIS تهیه شدند. پس از تشکیل بانک‌های اطلاعاتی، ارزش‌گذاری کمی و وزن‌دهی به هر کدام از لایه‌ها بر اساس استانداردهای تعریف‌شده درمدل، نقشه نهایی پهنه بندی فرسایش و رسوب حوضه استخراج گردید.

مقایسه مقادیررسوب برآوردی و نقشه پهنه‌های حساس به فرسایش حوضه با مقادیر مشاهداتی و نیز وضعیت میدانی حوضه نشان می‌دهد که خوشبختانه حوضه از نظر مقادیر فرسایشی در وضعیت حادی نبوده و روند توسعه آن در صورت مدیریت درست قابل جلوگیری است. در ضمن در بین عوامل فرسایشی حوضه، عامل وضعیت فرسایش سطحی، شیب و خصوصیات خاک از مهم‌ترین فاکتورهای موثر بر بروز انواع فرسایش می‌باشند.

کلید واژه‌ها: فرسایش خاک، تولیدرسوب، مدلMPSIAC، سامانه اطلاعات جغرافیایی، حوضه آبریز بکرآباد.

مقدمه

خاک به‌عنوان ارزشمندترین منبع طبیعی هر کشوری همواره با تهدیدی جدی بنام فرسایش مواجه بوده است. فرسایش خاک به دلیل تاثیرات شگرفی که بر اقتصاد و محیط‌زیست طبیعی و انسانی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌گذارد به‌عنوان یک مشکل جهانی مطرح شده است به همین دلیل لازم است عوامل تأثیرگذار بر روی آن شناسایی و متناسب با آن عملیات پیشگیرانه و حفاظتی لازم صورت گیرد (Schwab, et.al 1993: 85).

با توجه به این‌که اغلب مکان‌های جغرافیایی به لحاظ تفاوت در ساختار ژئومورفولوژیکی آن، در مقابل عوامل فرسایش به‌طور یکسان آسیب‌پذیر نیستند، بنابراین اولین قدم در مقابله با پدیده فرسایش و مبارزه با آن، شناسایی و پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر و تعیین مقادیر کمی تولید فرسایش و رسوب خواهد بود. برای دست‌یابی به این امر، محققان روش‌های تجربی متعددی ابداع کرده‌اند که هر کدام دارای قابلیت‌ها و محدودیت‌های خاصی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

می‌باشند. یکی از کاربردی‌ترین روش‌های کمی که توانایی آن در بر آورد دقیق‌تر تولید رسوب در حوضه‌های آبریز ایران مورد ارزیابی قرارگرفته، مدل تجربی MPSIAC می‌باشد.

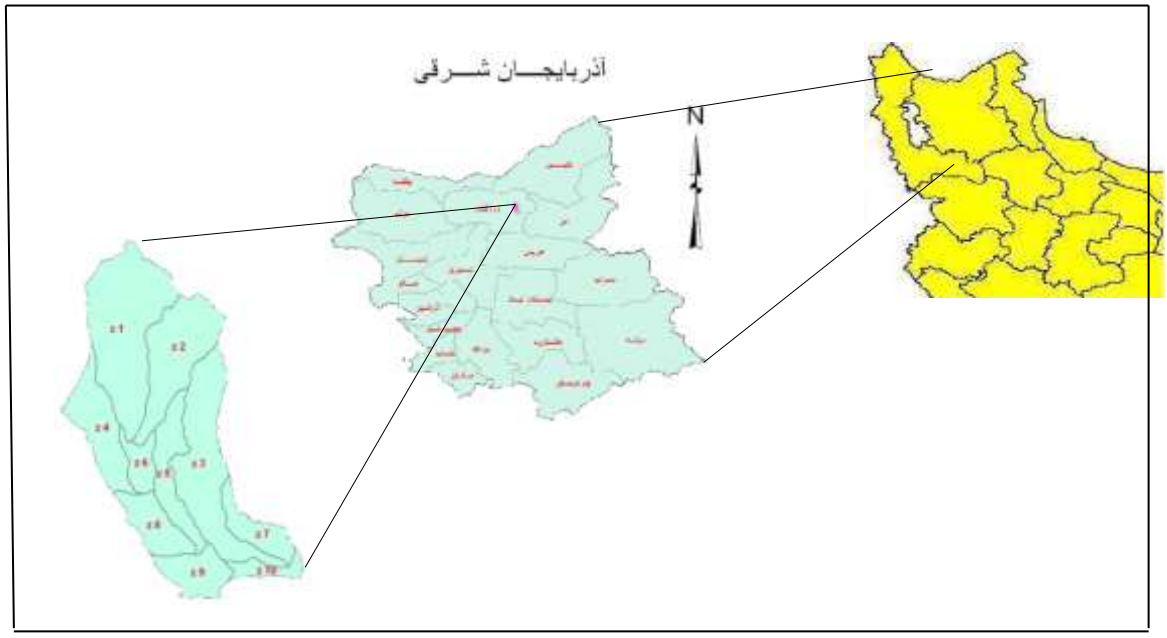
روش پسیاک برای اولین بار در سال ۱۹٦۸میلادی توسط شرکت عمران و منابع آب آمریکا برای بررسی وضعیت فرسایش و برآورد رسوب در حوضه‌های بدون آمار در مناطق نیمه‌خشک ایالات غربی این کشور ارائه شد (رفاهی،۱۳۸۲:۲۸٤). در این مدل ۹ فاکتور زمین‌شناسی سطحی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه‌ای مورد محاسبه قرار می‌گیرند (احمدی، ۱۳۷۸: ۵۸۲). این روش در ایران، برای اولین بار در سال ۱۳۵۲ در حوضه آبخیز سد دز استفاده شد. سپس توسط محققانی چون باقرزاده کریمی (۱۳۷۲)، نیک جو (۱۳۷۳)، پاک‌پرور (۱۳۷٤)، شاه کرمی (۱۳۸۱)، شیخ حسنی (۱۳۷٤)، سرخوش (۱۳۷۵)، بیات (۱۳۷۸)، عسگری و همکاران (۱۳۸۷)، اعظمی (۱۳۸۱)، احمدزاده (۱۳۸٤)، علیزاده‌گرجی (۱۳۸۵) به‌کار گرفته‌شده و نتایج رضایت‌بخشی را در برداشته است.

امروزه با درنظرگرفتن تنوع گسترده عوامل موثر شناسایی‌شده در فرآیند فرسایش از یک سو، نیاز به تجزیه و تحلیل‌های گوناگون و ضرورت دست‌یابی سریع و دقیق به اطلاعات از طرف دیگر و نیز در اختیار داشتن تصاویر ماهواره‌ای و نیز داده‌های زمینی این امکان فراهم شده است که با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تشکیل پایگاه داده‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و تحلیل آن‌ها، کلیه پارامترهای کمی موردنیاز در مدل‌های فرسایشی از جمله مدل MPSIAC استخراج شوند (Ledemza, 2004: 23).

حوضه آبریز بکرآباد در استان آذربایجان‌شرقی به دلیل کوچک بودن سطح توپوگرافیک و نیز نبود ایستگاه‌های هواشناسی، هیدرومتری و رسوب سنجی، فاقد هر گونه آمار و اطلاعات مربوط به فرسایش و رسوب و نیز پیشینه مطالعاتی در این زمینه است فلذا به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شده است.

این پژوهش به دنبال پاسخگویی به این سوالات اساسی است که آیا حوضه مطالعاتی از پهنه‌های فرسایشی متفاوتی برخورداراست؟ توزیع پهنه‌ها در سطح حوضه به چه شکلی است و میزان رسوب‌زایی هر کدام از پهنه‌ها چه مقدار می‌باشد؟ در محدوده مطالعاتی با پژوهش‌های انجام یافته و با تکیه بر قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، لایه‌های تشکیل شده تحلیل و سپس نقشه نهایی فرسایش ترسیم گردیده است. قطعا شناسایی پهنه‌های فرسایشی و برآورد فرسایش و رسوب در آن، برنامه‌ریزان و مدیران زیست‌محیطی را قادرخواهدساخت تا با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده، زمین را به‌صورت بهینه مدیریت کرده و با توجه به پتانسیل تولیدی آن مورد استفاده حداکثری قرار داد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۱: موقعیت حوضه بکرآباد در کشور و استان آذربایجان‌شرقی

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز بکرآباد با مساحتی برابر ٤٤/٥٠ کیلومترمربع در شمال‌شـرق شهرسـتان ورزقـان، در اسـتان آذربایجـان شرقی با مختصات جغرافیـایی ″٤٥ ′٣٨ °٤٦ تـا ″٤٧ ′٤٤ °٤٦ طـول شـرقی و ″٢٨ ′٣٣ °٣٨ تـا ″٤٦ ′٣٩ °٣٨ عـرض شمالی واقع شده است (شکل۱). حداکثر ارتفاع این حوضه ۲۵۸۲ متر در محدوده شمال حوضـه و حـداقل ارتفـاع آن ۱۷۳۷ متر در جنوب حوضه واقع شده است، میانگین وزنی ارتفاع در این حوضه ۲۰۵۲/۸٤ متـر اسـت و شـیب متوسط وزنی حوضه نیز ۲۱/۵۵ درصد می‌باشد و بیش‌ترین مساحت حوضه یعنی ٤٤/٩٤ درصد از آن در محـدوده شیب ۳۰-۱۲ درصد قرارگرفته است.مقدار بارش سالیانه حوضه ٤٢٤ میلی‌متر، حداکثر بـارش در اردیبهشـت‌ماه بـا ٨٦/٦ میلی‌متر و حداقل آن ۱۱ میلی‌متر در مردادماه اتفاق می‌افتد. میانگین درجه حرارت سالانه حوضـه ٦/٦ درجـه سانتی‌گراد، میانگین حداقل سالانه ۱/۸ و حداکثر آن ۱۲/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. از نظر کاربری اراضـی ۱۹/۵۳ درصد از اراضی حوضه به مرتع، ۰/۷۵ درصد به زراعت آبی، ٦٠/٨٣ درصد به زراعت دیم، ۰/٦٣ درصد به اراضـی مسکونی، ۲/۲۳ درصد به اراضی باغی، ١٥/٦ درصد به اراضی مرتعی تبدیل شده به زراعت دیم و ۰/٤٣ درصـد بـه اراضی سنگلاخی و برونزدهای سنگی اختصاص یافته است. آبراهه‌های اصـلی حوضـه بـا جهـت کلـی شـمال بـه جنوب نزولات جوی را جمع‌آوری می‌کنند. شکل حوضه بر اساس معیارهای سنجش شکل، از نوع کشیده و طرح

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شبکه آبراهه‌ای آن از نوع شاخه درختی است. واحدهای ژئومورفولوژیکی حوضه شامل کوهستان، تپه ماهورها و دشت سیلابی می‌باشند که تپه ماهورها بخش عمده‌ای از سطح حوضه را پوشانده است.

مواد و روش‌ها

روش به‌کارگرفته شده در تحقیق حاضر از نوع تحلیلی-توصیفی است که با توجه به اهداف اصلی از منابع متعدد اسنادی، مشاهداتی و میدانی در آن استفاده شده است. هم‌چنین برای دست‌یابی به مستندات تحقیق از تکنولوژی‌های سنجش از دور وGIS استفاده شده است. داده‌های مشاهداتی جمع‌آوری شده در محیط GIS تجمیع و پس از تشکیل بانک اطلاعاتی تخصصی این مطالعه، داده‌ها در فرمت رستری مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفتند. برای مدل‌سازی فرایند فرسایش در حوضه تحت مطالعه از روش تجربی "پسیاک" اصلاح‌شده استفاده گردید.

مواد مورد استفاده

- نقشه‌های توپوگرافی منطقه به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی جهت تهیه نقشه‌های موضوعی و پایه.
- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور جهت تعیین وضعیت سازندهای منطقه و تهیه نقشه سنگ شناسی.
- عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ وتصاویرسنجندهٔ +ETM لندست جهت تهیه نقشه پوشش گیاهی، وضعیت کاربری اراضی و وضعیت فعلی فرسایش.
- داده‌های هواشناسی و هیدرومتری ایستگاه‌های مجاور منطقه مطالعاتی جهت تعیین وضعیت آب و هواشناسی و هیدرومتری آب‌های سطحی.
- پلات گذاری ۱×۱ متر مربعی جهت ترانسکت گذاری و تعیین نوع و تراکم پوشش گیاهی و درصد فاکتورهای زمین مثل درصد خاک لخت و. ..
- استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری GIS چون GIS/ARC و نیز نرم‌افزارهای آماری چون Hyfa، Spss، Excel جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات، تهیه نقشه‌های پایه، تعیین دبی رواناب و رگبارش‌ها با دوره‌های بازگشت مختلف.

جهت اجرای مراحل مختلف تحقیق ابتدا حوضه مورد مطالعه به ده واحد کاری یا زیرحوضه تقسیم شد سپس داده‌های مربوط به عوامل نه‌گانه مدل (جدول شماره۱)، با استفاده از کلیه اطلاعات جمع‌آوری شده از طریق عملیات میدانی، داده‌های جانبی و تصاویر ماهواره‌ای در محیط GIS پیاده شد. عملیات زمین مرجع نمودن[4] و

4- Georefrence

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

رقومی‌سازی لایه‌ها با استفاده از نرم‌افزار GIS در محیط ARC MAP، صورت گرفت و متناسب با شدت و ضعف هر عامل، امتیازی به آن تعلق یافت. در نهایت بر اساس امتیاز نهایی به‌دست آمده میزان فرسایش و رسوب حوضه برآورد و نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش حوضه تهیه گردید.

جدول ۱- عوامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در روش MPSIAC

عوامل موثر در فرسایش	معادله پارامترها	توصیف پارامترهای مدل
زمین‌شناسی سطحی	Y1=X1	یه حساسیت سنگ‌ها در مقابل فرسایش امتیازی بین صفر تا ده در نظر گرفته می‌شود
خاک	X2=16.67 K	K ضریب قابلیت فرسایش پذیری خاک است
آب و هوا	X3=0.2 P2	P2 نشان‌دهنده شدت بارش ٦ ساعته با دوره برگشت دو ساله بر حسب میلی‌متر است
رواناب	X4=0.006R+10QP	R معرف ارتفاع آب جاری سالانه بر حسب میلی‌متر است وQP نشان‌دهنده دبی ویژه پیک برحسب مترمکعب بر ثانیه در هرکیلومتر مربع می‌باشد
توپوگرافی	X5=0.33 S	حرف S معرف شیب متوسط حوضه بر حسب درصد است
پوشش زمین	X6=0.2Pb	Pb نشان‌دهنده درصد اراضی لخت و فاقد پوشش گیاهی می‌باشد
کاربری اراضی	X7=20-0.2Pc	Pc معرف مقدار تاج پوشش برحسب درصد می‌باشد
وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه آبریز	X8=0.25 S.S.F.	S.S.F. نمایانگر امتیاز عامل سطحی خاک می‌باشد که با استفاده از روش اداره مدیریت اراضی BLM ایالات‌متحده آمریکا به دست می‌آید
فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب	X9=1.67 S.S.F.g	S.S.F.g نشان‌دهنده نمرهٔ نهایی فرسایش خندقی در روش BLM می‌باشد

بر مبنای عوامل فرسایشی مدل تجربی MPSIAC، هریک از عوامل نه‌گانه به‌عنوان متغیرهای فرسایشی حوضه، مورد مطالعه قرارگرفته‌اند و به شرح زیر ارزش‌گذاری شده است:

عامل زمین‌شناسی سطحی یکی از عوامل تاثیرگذار در فرسایش خاک و تولید رسوب در روش MPSIAC عامل زمین‌شناسی است. امتیاز این عامل بر اساس نوع سنگ، سختی، شکستگی و هوازدگی تعیین می‌شود. سنگ‌های با جنس سخت و مقاوم دارای پتانسیل تولید رسوب کم بوده، درحالی‌که سنگ‌های سست سهم بیش‌تری در تولید رسوب بر عهده دارند. در روش MPSIAC جهت برآورد امتیاز عامل زمین‌شناسی سطحی در تولید رسوب از رابطه $Y_1 = X_1$ استفاده می‌گردد که در آن: Y_1 معرف امتیاز عامل زمین‌شناسی سطحی در تولید رسوب بوده و X1 شاخص فرسایش زمین‌شناسی سطحی است (رفاهی،۱۳۸۲: ۲۸۹). دامنه امتیاز این عامل بین صفر تا ۱۰ در

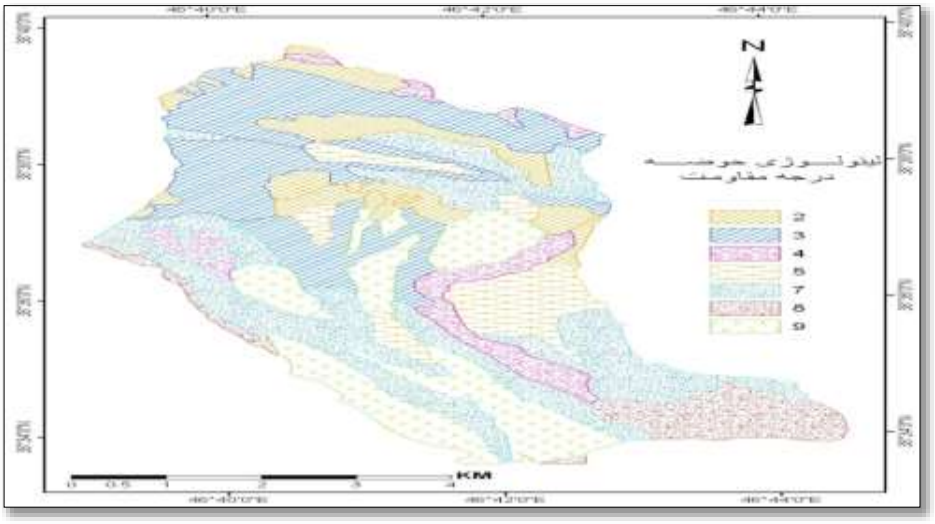
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نظر گرفته می‌شود. بدین معنی که هر چه سنگ از مقاومت بیش‌تری در برابر فرسایش برخوردار باشد امتیاز کم‌تری به آن تعلق می‌گیرد. نحوه برآورد امتیاز عامل زمین‌شناسی سطحی در تولید رسوب براساس محاسبه میانگین وزنی مساحت تحت اشغال هر سنگ و امتیاز مربوطه بر مبنای جدول شماره (۲) استوار است.

جدول ۲- طبقه‌بندی سنگ‌ها بر اساس سختی آن‌ها (فیض نیا، ۱۳۷٤)

ردیف	درجه	نوع سنگ‌ها	ضریب سختی
I	سخت‌ترین سنگ‌ها	سخت‌ترین و متراکم‌ترین کوارتزیت‌ها و بازالت‌ها، سنگ‌های دیگر به‌طور استثنایی سخت	۲۰
II	سنگ‌های بسیار سخت	سنگ‌های گرانیتی خیلی سخت، کوارتز پورفیری،، کوارتزیت‌های با سختی کم‌تر از انواع بالا، شیست‌های سخت، سخت‌ترین ماسه‌سنگ‌ها و سنگ‌های آهکی	۱۵
III	سنگ‌های خیلی سخت	گرانیت متراکم، ماسه‌سنگ‌ها و سنگ‌های آهکی خیلی سخت، رگه‌های حاوی کوارتزیت، کنگلو مرای سخت و کانسارهای آهن خیلی سخت	۱۰
III a	سنگ‌های سخت	سنگ‌های آهکی سخت، گرانیت‌های ضعیف، ماسه‌سنگ‌های سخت، مرمر سخت، دولومیت و پیریت	۸
IV	سنگ‌های به مقدار کافی سخت	ماسه‌سنگ معمولی و سنگ‌های آهن دار	٦
IV a	سنگ‌های نسبتاً سخت	شیل‌های ماسه‌ای و ماسه‌سنگ‌های رسی متورق	٥
V	سنگ‌های با سختی متوسط	شیل‌های رسی سخت، سنگ‌های آهکی، ماسه‌سنگ ضعیف و کنگلومرای نرم	٤

امتیاز عامل زمین‌شناسی مدل اصلاح‌شده پسیاک در حوضه بکرآباد ۵/۵۹ می‌باشد (جدول۳). شکل ۲ نقشه درجه مقاومت سنگ‌ها را نسبت به فرسایش در حوضه آبریز بکرآباد نشان می‌دهد.



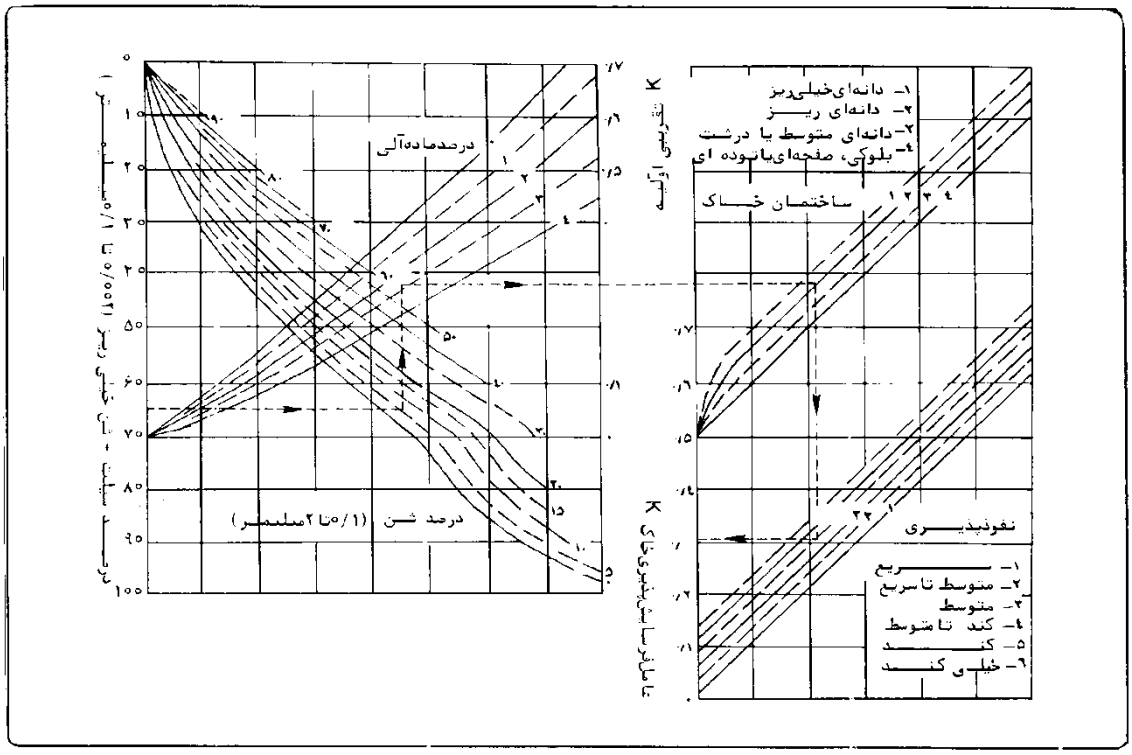
شکل ۲: نقشه مقاومت سنگ‌ها به فرسایش در حوضه آبریز بکرآباد

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

عامل خاک

امتیاز فاکتور خاک برای هر یک از واحدهای کاری مورد مطالعه از طریق رابطه $X_2=16/67K$ محاسبه می‌گردد که در آن X_2 امتیاز عامل رسوب‌دهی خاک و K ضریب فرسایش‌پذیری خاک در فرمول جهانی فرسایش می‌باشد. برای تعیین مقدارK ، با استفاده از مطالعات خاک‌شناسی حوضه و شناسنامه‌های پروفیلی، مقادیر ۵ فاکتور فیزیکی خاک شامل : درصد لای + شن بسیار نرم و ریز، درصد شن، درصد مواد آلی، ساختمان خاک و قابلیت نفوذپذیری استخراج می‌گردد.

مقادیر چهار پارامتر اول عبارتند از مقادیر متوسط هر یک در قشر سطحی خاک تا عمق ۲۰ —۱۵ سانتی‌متری و مقدار پارامتر قابلیت نفوذپذیری، در تمام نیمرخ خاک اندازه‌گیری می‌شود. با در دست داشتن مقادیر بالا و با استفاده از نموگراف شکل (۳)، مقدارK محاسبه می‌شود.



شکل۳ : نموگراف تعیین مقدار *K* یا عامل فرسایش پذیری خاک

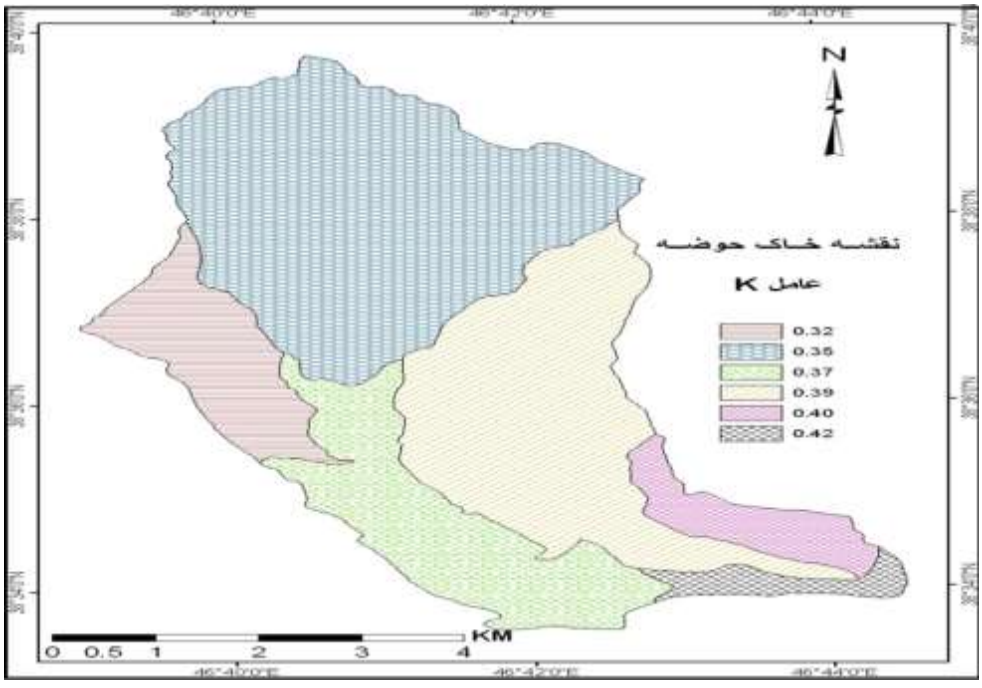
پس از تعیین مقدار K در هر یک از واحدهای خاک حوضه، میانگین وزنی آن در هر یک از واحدهای کاری و برحسب مساحت تحت اشغال هر واحد خاک، محاسبه می‌شود و در نهایت با ضرب مقادیر K به‌دست آمده در عدد ۱۶/۶۷ مقدار عددی عامل خاک برای هر واحد کاری مشخص می‌شود. طبق محاسبات انجام‌گرفته عامل خاک

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

در مدل اصلاح‌شده پسیاک در حوضه بکرآباد ٦/١١ به‌دست آمده است (جدول۳). شکل٤ پراکنش ضریب فرسایش خاک را در سطح حوضه نشان می‌دهد.

جدول ۳- مشخصات هیدرولوژیکی حوضه‌ی مورد مطالعه برحسب زیرحوضه

پارامترها / زیرحوضه	مساحت حوضه (km^2)	دبی پیک ویژه ($m^3/s/km^2$)	دبی پیک سیلاب (m^3/s)	ارتفاع رواناب (mm)	امتیاز عامل رواناب
z 1	١٠/٨١٧	٠/١٤	١/٥١	٢٠١/١	٢/٦
z 2	٦/٤٩	٠/١٢	٠/٧٨	٢٠٧/٥	١/٤٤
z 3	٨/٦٦٥	٠/٠٥١	٠/٤٤	١٤٨/٧	١/٤٠
z 4	٤/٣٨١	٠/٠٠٠٤	٠/٠٠١٧٥	١٤٢/٦	٠/٨٥
z 5	٣/٥١١	٠/٠٠٠٥	٠/٠٠١٧٦	١٣٠/٥	٠/٧٨
z 6	١/٥٥٤	٠/٠٠٠٥	٠/٠٠٠٧٨	١٢٠/٣	٠/٧٢
z 7	٢/٣١٥	٠/٠٠١	٠/٠٠٢٣١	١١١/٥	٠/٦٧
z 8	٢/٨٣٧	٠/٠٠٠٤	٠/٠٠١١٣	١١٠/٢	٠/٦٦
z 9	٢/٧٨٣	٠/٠٠١	٠/٠٠٢٧٨	١١٥/٣	٠/٧٠
z 10	١/١٤٦	٠/٠٠٠٦	٠/٠٠٠٦٨٨	١١٦/٢	٠/٧٠
کل حوضه	٤٤/٥٠	٠/٠٣	١/٣٣٥	١٤٠/٣	١/١٤



شکل ٤: نقشه پراکنش ضریب فرسایش خاک (K) در حوضه آبریز بکرآباد

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

عامل آب‌وهوا

عامل آب‌وهوا در هریک از واحدهای کاری از طریق رابطه‌ی $X_3=0.2P_2$ تعیین شده است که در آن X_3 امتیاز عامل آب‌وهوا و P_2 مقدار بارندگی ٦ساعته با دوره بازگشت ۲ سال برحسب میلی‌متر می‌باشد. طبق محاسبات، بر روی داده‌های هواشناسی ایستگاه اهر میزان بارندگی ٦ساعته با دوره بازگشت دوساله برای حوضه بکرآباد حدود ۲۹/۵ میلی متر می‌باشد که با قرار دادن آن در رابطه‌ی فوق امتیاز عامل آب‌وهوا ۵/۹ تعیین شده است (جدول۳).

عامل رواناب

برای برآورد عامل رواناب، لازم است دو فاکتور ارتفاع رواناب و دبی پیک ویژه سیلاب سالانه هر یک از واحدهای کاری محاسبه گردد. امتیاز عامل رواناب از رابطه زیر به‌دست می‌آید..

$$X_4=0.2(0.03\ R+50QP)=0/006R+10QP$$

که در آن :

X_4 ـ امتیاز عامل رواناب، R - ارتفاع رواناب برحسب میلی متر و Qp - دبی ویژه پیک برحسب مترمکعب بر ثانیه در هر کیلومترمربع می‌باشد.

برای برآورد دبی پیک سیلاب سالانه هر یک از واحدهای کاری از معادله دیکن استفاده می‌شود.

$$Q=C\times A0.75$$

که در آن :

Q : دبی پیک سیلاب سالانه بر حسب مترمکعب بر ثانیه

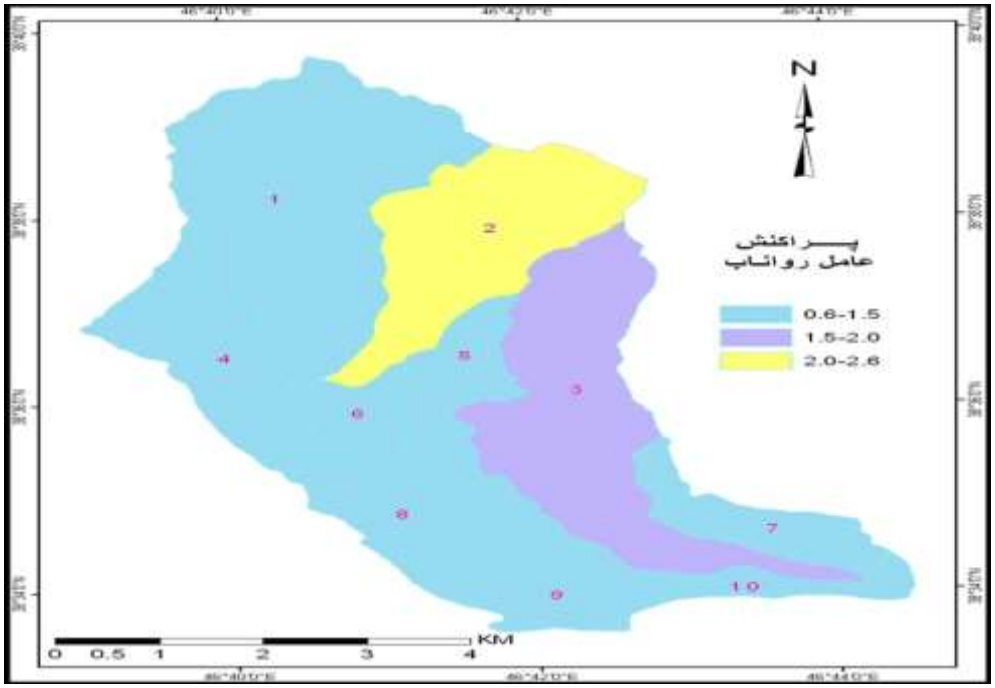
A : مساحت حوضه به کیلومترمربع

C : ضریب معادله است که از روی آمار ایستگاه‌های هیدرومتری و بر اساس آمار دبی پیک لحظه‌ای سیلاب قابل محاسبه است.

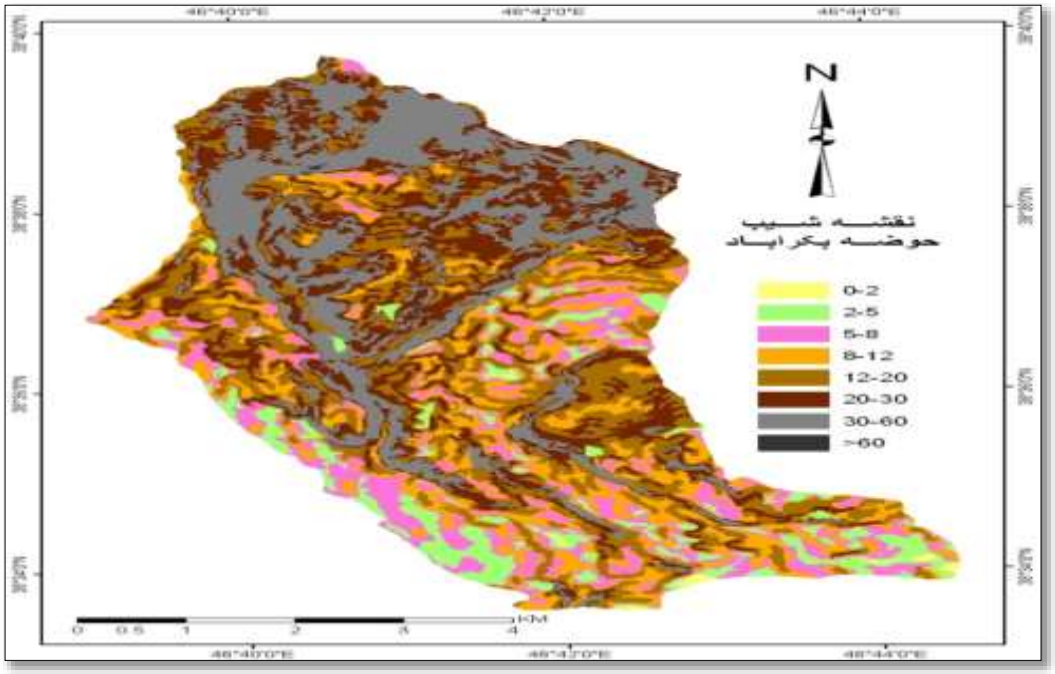
برای به‌دست آوردن دبی پیک ویژه سیلاب برای هر یک از واحدهای کاری، ابتدا با استفاده از مطالعات ویژگی‌های جریانات سطحی حوضه و آمار ایستگاه‌های هیدرومتری، میانگین دبی‌های پیک لحظه‌ای سیلاب حوضه مورد مطالعه محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از معادله دیکن و جایگذاری مقادیر متغیرها در معادله، ضریب معادله محاسبه‌شده و با دخالت دادن مساحت واحدهای کاری، دبی پیک ویژه سالانه به‌دست می‌آید. در نهایت با جای‌گذاری داده‌ها در فرمول امتیاز عامل رواناب مورد محاسبه قرار می‌گیرد. نتایج محاسبات در جدول ۲ و چگونگی توزیع عامل رواناب در سطح حوضه در شکل ۵ نمایش داده شده است. با استفاده از ارقام جدول

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

عامل رواناب حوضه۱/۱٤ به‌دست آمده است که نشان‌دهنده‌ی تأثیرگـذاری انـدک ایـن عامـل در فرسـایش منطقـه می‌باشد.



شکل ۵ : نقشه پراکنش عامل رواناب حوضه‌ی آبریز بکرآباد



شکل ٦: نقشه شیب حوضه آبریز بکرآباد

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

عامل پستی و بلندی

در روش MPSIAC برای تعیین امتیاز عامل توپوگرافی از رابطه زیر استفاده می‌شود: $X_3 = 0.33\,s$ که در آن :

X_3 = امتیاز عامل توپوگرافی و s = شیب متوسط بر حسب درصد می‌باشد (رفاهی، ۱۳۷۵).

جهت برآورد دقیق این عامل از نقشه شیب کلاسه‌بندی شده حوضه مورد مطالعه استفاده شده است (شکل ٦). با دخالت دادن مساحت‌های تحت پوشش کلاس‌های شیب، متوسط وزنی شیب در واحدهای کاری محاسبه و نهایت امتیاز عامل به‌دست می‌آید. نتایج محاسبات در جدول ۳ نشان داده شده است.

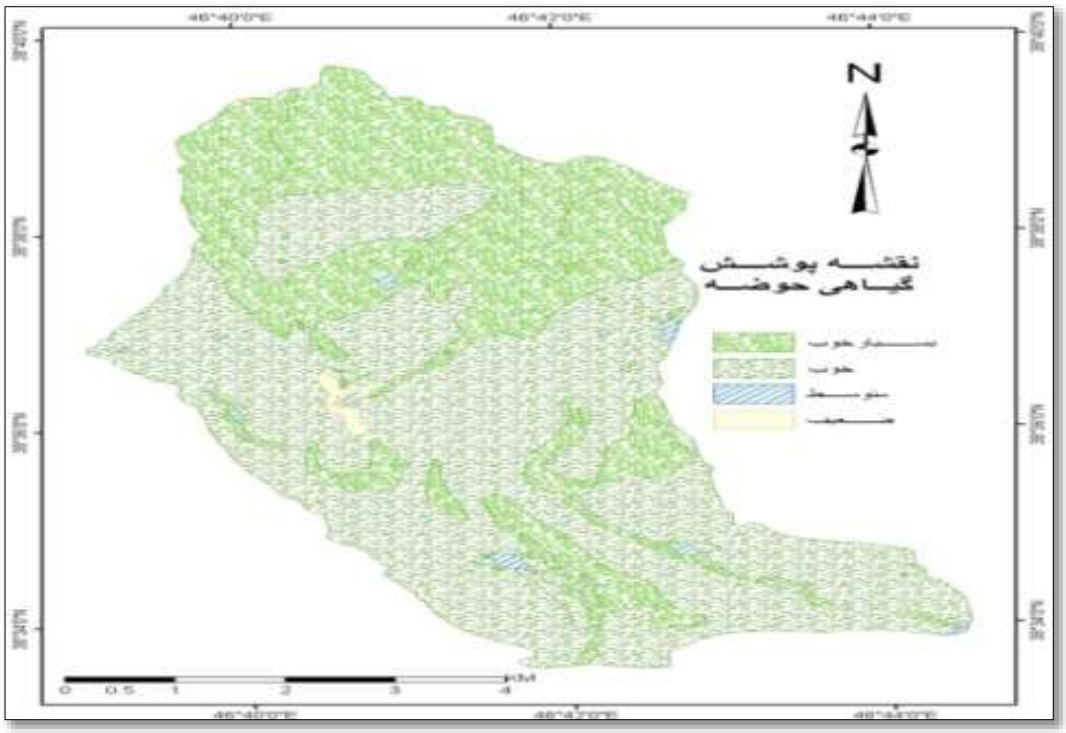
عامل پوشش زمین

برای تعیین امتیاز عامل پوشش زمین در مدل MPSIAC از رابطه زیر استفاده می‌کنند:

$$X_6 = 0.2\,pb$$

که در آن: X_6 = امتیاز عامل پوشش زمین و pb - درصد اراضی لخت و فاقد پوشش می‌باشد (رفاهی، ۲۹۷:۱۳۸۰).

برای تعیین عامل پوشش زمین (پوشش گیاهی، لاشبرگ و پوشش سنگی) ابتدا نقشه پوشش گیاهی حوضه تهیه شد (شکل ۷). سپس با استفاده از این نقشه و نیز داده‌های موجود امتیاز عامل در هر یک از واحدهای کاری محاسبه شد. طبق محاسبات انجام‌شده امتیاز عامل پوشش زمین در کل حوضه ٤/٥٠ می‌باشد (جدول٤).



شکل ۷: نقشه‌ی پوشش گیاهی حوضه آبریز بکرآباد

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

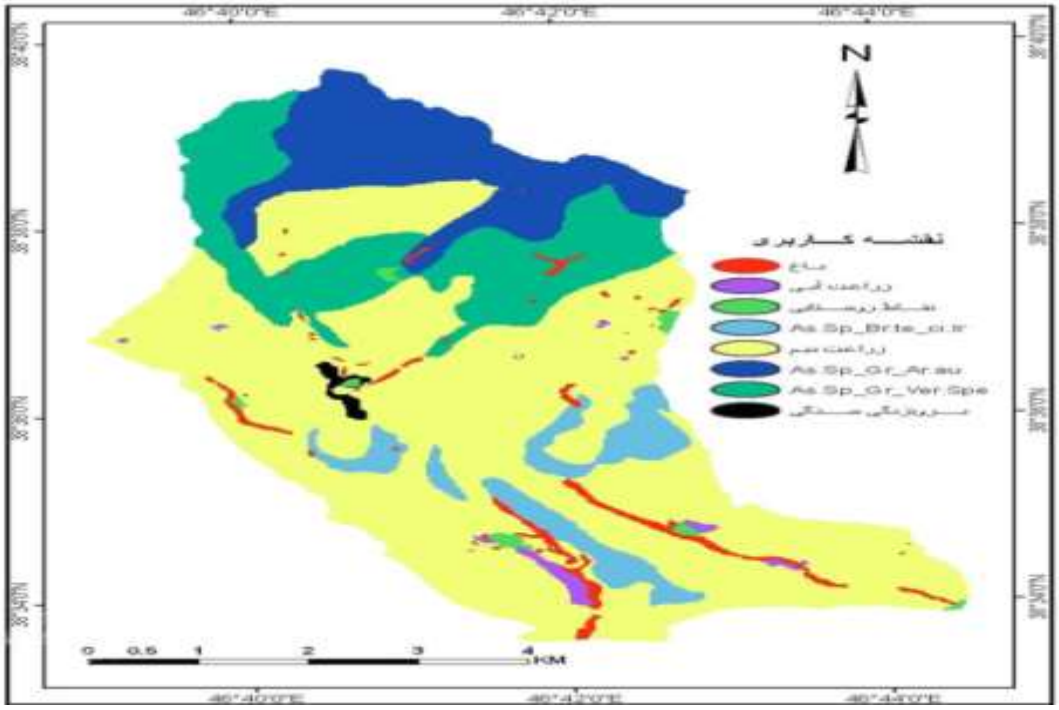
جدول ٤- امتیاز عوامل نه‌گانه در واحدهای هیدرولوژیک حوضه آبریز بکرآباد

عامل / زیرحوضه	زمین‌شناسی سطحی	خاک	آب‌وهوا	رواناب	توپوگرافی	پوشش زمین	کاربری اراضی	فرسایش سطحی	فرسایش رودخانه‌ای	مجموع امتیازات
z 1	۳/۱٤	٥/۸۱	٥/۱٤	۲/٦	۱۰/٥٦	٦/۱۳	۱۰/٤۷	۱٥/۸۳	۹/۰۳	٦۸/۷۱
z 2	۳/٤۳	٥/۸٦	٥/۱٦	۱/٤٤	۱۰/٥٦	٦/۳۰	۱۰/٥۷	۱٥/۲۱	۸/۷۹	٦۷/۳۲
z 3	٦/٦۲	٥/٦٦	٦/٥٦	۱/٤	٥/۲۱	۳/٦۱	۷/٤۰	۱۳/٤	۹/۱٦	٥۹/۰۲
z 4	٦/٤۱	٥/۳	٥/٤	۰/۸٦	٥/۱٦	۳/۰٦	٦/۲٥	۱٤/۰۹	۸/٥۱	٥٥/۰٤
z 5	٦/۸۱	٦/٥٥	٥/٤	۰/۷	٥/۰۲	۳/۷٦	۷/٥۸	۱۲/۸٥	۸/۳۱	٥٦/۹۸
z 6	۷/۲۲	٦/۲۳	٥/۲٦	۰/۹	۸/۷	٤/٥۲	۸/۱٤	۱۳/٦۳	۸/۸٦	٦۳/٤٦
z 7	۷/۷۳	٦/٦۸	٥/۲۲	۰/٦۷	٤/٤۱	۲/۹۸	٥/۹۹	۱۳/٦۱	۹/۸٦	٥۷/۱٥
z 8	۷/٥۳	٦/۲	٥/۳	۱/۲	٤	۲/۸۷	٦/۳۳	۱۲/۲۲	۸/۳٥	٥٤
z 9	۸/۰۹	٦/۱۳	٥/۲٦	۱/٦۱	۳/۷٦	۳/۳۹	۷	۱۱/۹۹	۸/۳٥	٥٥/٥۸
z 10	۸/۷۲	٦/۹۷	٥/٥۸	۱/۹	۲/۲۳	۲/۹۰	٦/۲۱	۱۲/٥	٦/۷۷	٥۳/۷۸
کل‌حوضه	٥/٥۹	٦/۱۱	٥/۹	۱/۱٤	۷/۱۱	٤/٥۰	۸/۳٤	۱٤/۱۱	۸/۸۱	٦۱/٦۱
عامل / زیرحوضه	زمین‌شناسی سطحی	خاک	آب‌وهوا	رواناب	توپوگرافی	پوشش زمین	کاربری اراضی	فرسایش سطحی	فرسایش رودخانه‌ای	مجموع امتیازات
z 1	۳/۱٤	٥/۸۱	٥/۱٤	۲/٦	۱۰/٥٦	٦/۱۳	۱۰/٤۷	۱٥/۸۳	۹/۰۳	٦۸/۷۱
z 2	۳/٤۳	٥/۸٦	٥/۱٦	۱/٤٤	۱۰/٥٦	٦/۳۰	۱۰/٥۷	۱٥/۲۱	۸/۷۹	٦۷/۳۲
z 3	٦/٦۲	٥/٦٦	٦/٥٦	۱/٤	٥/۲۱	۳/٦۱	۷/٤۰	۱۳/٤	۹/۱٦	٥۹/۰۲
z 4	٦/٤۱	٥/۳	٥/٤	۰/۸٦	٥/۱٦	۳/۰٦	٦/۲٥	۱٤/۰۹	۸/٥۱	٥٥/۰٤
z 5	٦/۸۱	٦/٥٥	٥/٤	۰/۷	٥/۰۲	۳/۷٦	۷/٥۸	۱۲/۸٥	۸/۳۱	٥٦/۹۸
z 6	۷/۲۲	٦/۲۳	٥/۲٦	۰/۹	۸/۷	٤/٥۲	۸/۱٤	۱۳/٦۳	۸/۸٦	٦۳/٤٦
z 7	۷/۷۳	٦/٦۸	٥/۲۲	۰/٦۷	٤/٤۱	۲/۹۸	٥/۹۹	۱۳/٦۱	۹/۸٦	٥۷/۱٥
z 8	۷/٥۳	٦/۲	٥/۳	۱/۲	٤	۲/۸۷	٦/۳۳	۱۲/۲۲	۸/۳٥	٥٤
z 9	۸/۰۹	٦/۱۳	٥/۲٦	۱/٦۱	۳/۷٦	۳/۳۹	۷	۱۱/۹۹	۸/۳٥	٥٥/٥۸
z 10	۸/۷۲	٦/۹۷	٥/٥۸	۱/۹	۲/۲۳	۲/۹۰	٦/۲۱	۱۲/٥	٦/۷۷	٥۳/۷۸
کل‌حوضه	٥/٥۹	٦/۱۱	٥/۹	۱/۱٤	۷/۱۱	٤/٥۰	۸/۳٤	۱٤/۱۱	۸/۸۱	٦۱/٦۱

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

عامل کاربری اراضی

برای تعیین امتیاز عامل کاربری اراضی از رابطه $X_7=20-0.2PB$ استفاده می‌شود که در آن X_7 امتیاز درجه رسوب-دهی عامل کاربری اراضی و PB مقدار تاج پوشش گیاهی برحسب درصد می‌باشد. برای تعیین درصد پوشش گیاهی حوضه ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و بازدیدهای میدانی، نقشه کاربری اراضی تهیه شد. سپس با بهره‌گیری از مطالعات پوشش گیاهی و نیز نتایج ترانسکت گذاری در سطح حوضه امتیاز کاربری اراضی در واحدهای کاری حوضه به‌دست آمده است (جدول۳). شکل شماره (۸) پهنه‌بندی کاربری اراضی را در سطح حوضه نشان می‌دهد.



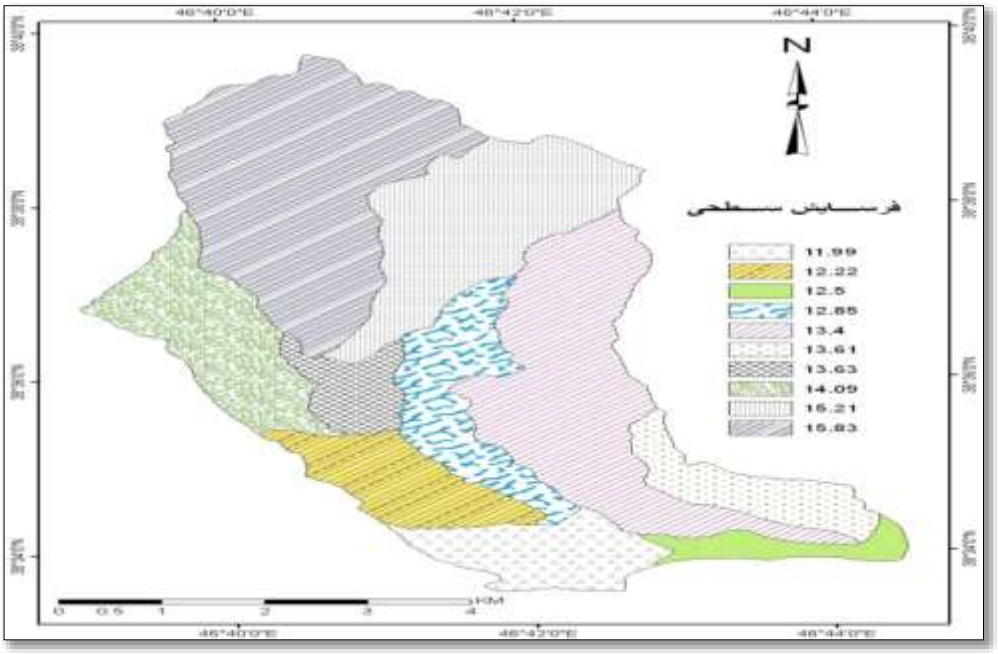
شکل ۸ : نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز بکرآباد

عامل وضعیت فرسایش فعلی در سطح حوضه

برای تعیین امتیاز فرسایش سطحی حوضه در مدل اصلاح‌شده پسیاک از رابطه $X_8=0.25SSF$ استفاده می‌شود که در آن X_8 امتیاز عامل وضعیت فعلی فرسایش وSSF امتیاز عامل سطحی خاک است که با استفاده از روش B.L.M به‌دست می‌آید. در این روش برای تعیین SSF از هفت عامل حرکت توده‌ای، پوشش لاشبرگ، پوشش سنگی سطح زمین، قطعات سنگی تحکیم یافته، شیارهای سطحی، فرم آبراهه‌ها و توسعه فرسایش خندقی استفاده

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

می‌گردد. با مراجعه به هر یک از واحدهای کاری و مقایسه وضع موجود با این شرایط تعریف‌شده در جداول استاندارد پارامترهای هفت گانه، اقدام به ارزش‌گذاری عددی هر فاکتور می‌شود سپس جمع نهایی پارامترهای هفت گانه به عدد ۰/۲۵ ضرب می‌شود. نتیجه به‌دست آمده امتیاز این فاکتورها در جدول ۳ و پراکنش فرسایش سطحی در حوضه در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل۹: نقشه پراکنش فرسایش سطحی حوضه آبریز بکرآباد

عامل فرسایش رودخانه‌ای

آخرین عامل در برآورد فرسایش خاک مدل MPSIAC فرسایش رودخانه‌ای و انتقال رسوب می‌باشد که نتیجه شستشو، زیربری و تخریب دیواره‌ای آبراهه توسط جریان آب می‌باشد برای تعیین امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای از رابطه $X_9=1.67SSF.g$ استفاده می‌شود که در آن X_9 امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای و SSF.g امتیاز نهایی پارامتر فرسایش خندقی در عامل وضعیت فرسایش فعلی در روش BLM می‌باشد. امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای برای کل حوضه ۸/۸۱ محاسبه شده و امتیاز سایر واحدهای کاری در جدول۳ ارایه شده است.

برای این منظور از رابطه بین درجه رسوب‌دهی و میزان تولید رسوب به فرم زیر استفاده شده است :

$$Q_S= 38/77e^{0/0353R}$$

در رابطه فوق Q_S -یزان رسوب‌دهی سالانه بر حسب مترمکعب در کیلومترمربع (مجموع بار معلق و بار بستر) و R- درجه رسوب‌دهی (مجموع امتیازات عوامل نه گانه) می‌باشد.

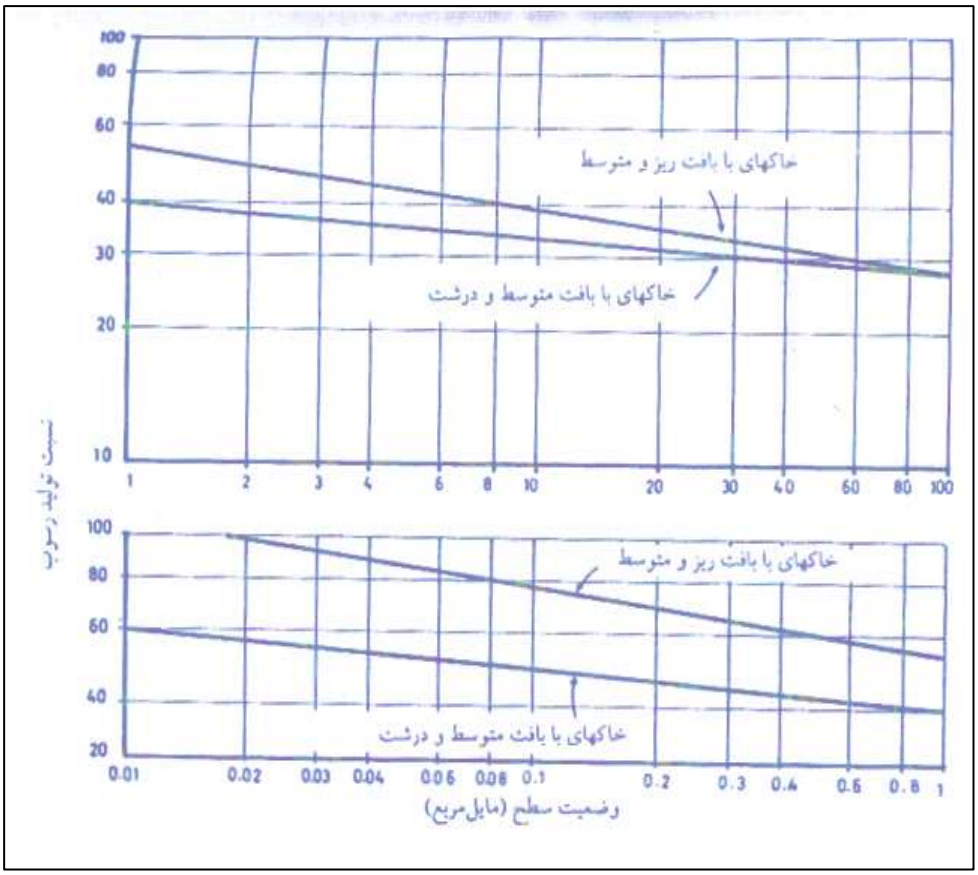
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

در مدل MPSIAC رابطه فوق با درجه همبستگی r =0/9964 از نظر آزمون آماری در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

هم‌چنین جهت برآورد فرسایش ویژه از روی میزان رسوب‌دهی برآورد شده، از نمودار شکل۱۰ که نسبت تحویل رسوب (S.D.R) را بر حسب مساحت حوضه و بافت نشان می‌دهد استفاده شده است.

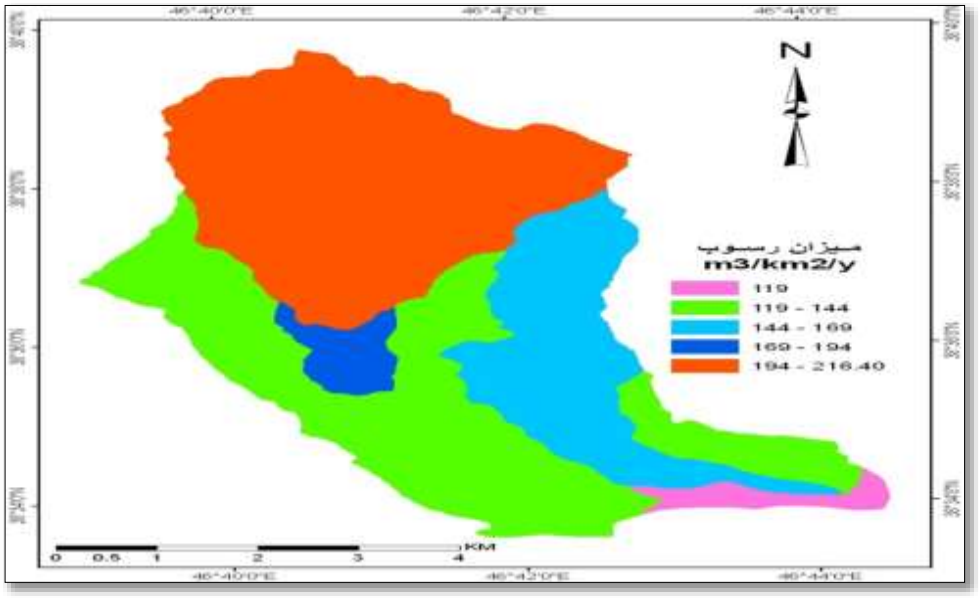
با استفاده از این نمودار نسبت تحویل رسوب (S.D.R) برای هر کدام از زیر حوضه‌ها به‌دست آمده و با در دست داشتن S.D.R، مقدار فرسایش ناخالص هر زیر حوضه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده است.

$$\text{فرسایش ویژه} = \frac{\text{رسوب}}{S.D.R}$$



شکل۱۰: نمودار نسبت تحویل رسوب

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۱۱: نقشه‌ی میزان رسوب در حوضه آبریز بکرآباد

جدول ۵- مقادیر رسوب و فرسایش در واحدهای کاری حوضه آبریز بکرآباد

پارامتر زیرحوضه	مساحت (Km^2)	مقدارسوب ویژه ($m^3/km^2/y$)	مقدار رسوب ویژه (ton/h/y)	مقدار فرسایش ویژه (ton/h/y)
z 1	۱۰/۸۲	۲۱۶/٤۰	۳/۲۵	۵/۲۸
z 2	٦/٤۹	۲۰٦/۰۳	۳/۰۹	٤/٦۸
z 3	۸/٦۷	۱۵۳/۷۱	۲/۳۱	۳/٦۳
z 4	٤/۳۷	۱۳۳/۵٦	۲/۰۰	۲/۸۷
z 5	۳/۵۱	۱٤۳/۰۳	۲/۱۵	۲/۹۷
z 6	۱/۵۵	۱۷٤/۱۷	۲/٦۱	۳/۲۳
z 7	۲/۳۲	۱٤۳/۸۹	۲/۱٦	۲/۸۲
z 8	۲/۸٤	۱۲۳/٤۱	۱/۸۵	۲/٤۹
z 9	۲/۷۸	۱۲۸/٦۱	۱/۹۳	۲/۵۹
z 10	۱/۱۵	۱۱۹/٤٦	۱/۷۹	۲/۱۲
کل حوضه	٤٤/۵۰	۱۵٤/۲۲	۲/۳۱	۳/۲٦

باید در نظر داشت که میزان فرسایش خاک و تولید رسوب محاسبه‌شده در روش MPSIAC مجموع رسوب‌دهی هر واحد کاری مورد نظر می‌باشد، زیرا در این روش مجموع فرسایش خاک و رسوب زایی هر واحد تحت عنوان بار رسوب[1] نامیده می‌شود که عبارت از مجموع بار معلق و بار بستر می‌باشد. با در دست داشتن وزن مخصوص

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

متوسط رسوبات معلق و بار بستر به میزان۱۵۰۰کیلوگرم در هر متر مکعب، وزن رسوبات سالانه هر زیر حوضه برحسب تن در کیلومترمربع و در هکتار برآورد شده است (جدول۵). سرانجام با استفاده از داده‌های جدول مذکور نقشه‌ی پراکنش کلاس‌های تولید رسوب در حوضه ترسیم شده است (شکل۱۱).

یافته‌ها و بحث

در مدل MPSIAC به منظور برآورد فرسایش و رسوب، شرایط محیطی حوضه مدنظر قرار می‌گیرد. بنابراین شرایط محیطی حاکم بر حوضه با تأثیرات متفاوت خود در فرسایش و تولید رسوب حوضه، نقش خود را به صورت ارزش‌های عددی متفاوت در مدل ارائه می‌نمایند. از طرفی نتیجه به‌دست آمده را نمی‌توان به مفهوم رد یا تایید مدل MPSIAC قلمداد نمود، زیرا این مدل در کشوری با شرایط اقلیمی و ویژگی‌های زمین محیطی متفاوت ابداع شده است. مطالعه فرسایش و میزان رسوب حوضه آبریز بکرآباد با اهداف تعیین اشکال عمده فرسایش در منطقه، بررسی علل ایجاد فرسایش و تولید رسوب در حوضه، برآورد میزان فرسایش و رسوب‌دهی در هر زیر حوضه براساس روش تجربی MPSIAC و اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از لحاظ میزان فرسایش و رسوب انجام شده است که عامل وضعیت فرسایش در سطح حوضه (فرسایش سطحی)، خصوصیات خاک و شیب مهم‌ترین فاکتورهای موثر در بروز انواع فرسایش در این حوضه هستند. با توجه به میزان فرسایش در هر زیر حوضه اولویت کنترل فرسایش و تولید رسوب در زیرحوضه Z_1و Z_2 بیش‌تر از سایر زیرحوضه‌ها می‌باشد. بیش‌ترین فرسایش در زیرحوضهZ_1 می‌باشد که عامل اصلی آن عامل فرسایش سطحی و سپس شیب می‌باشد که با عامل اصلی در فرسایش کل حوضه مطابقت دارد و از طرفی در زیرحوضهZ_{10} میزان فرسایش کم‌تر صورت می‌گیرد که عامل تاثیرگذار در فرسایش این زیرحوضه نیز عامل فرسایش سطحی می‌باشد. بنابراین با توجه به جدول شماره ۳ عامل فرسایش سطحی در کل حوضه دارای امتیاز بالایی می‌باشد. عوامل فرسایش رودخانه‌ای، زمین‌شناسی و آب‌وهوا به‌طور عمده تاثیر متوسط و عوامل کاربری اراضی، پوشش زمین و رواناب تاثیر کم در بروز فرسایش در این حوضه دارند.

به‌طور کلی از ارزیابی به عمل آمده در مورد وضعیت فرسایش در سطح حوضه می‌توان نتیجه گرفت که حوضه بکرآباد با مجموع نمرات ٦١/٦١ و رسوب ویژه ١٥٤/٢٢ مترمکعب در کیلومترمربع در سال در کلاس فرسایشی کم قرار دارد.

با توجه به مطالعات انجام‌شده و امتیازات محاسباتی در زیر حوضه‌ها، برای کنترل رسوب در سطح حوضه ابتدا باید برنامه‌ریزی‌های حفاظتی از زیر حوضه‌های Z_1 و Z_2 آغاز گردد. نتایج نهایی مطالعه حاضر موید کارآمدی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

به‌کارگیری توام مدل‌های فرسایشی و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی(GIS) در برآورد فرسایش خاک است. بنابراین از این فناوری‌ها می‌توان برای حوضه‌های مشابه نیز استفاده کرد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

- احمدزاده، حسن (۱۳۸٤)، «مدل‌سازی فرسایش و رسوب حوضه آبریز قلعه‌چای عجب‌شیر با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در محیط GIS»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

- احمدی، حسن (۱۳۷۸)، «***ژئومورفولوژی کاربردی***»، ج ا (فرسایش آبی)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

- اعظمی، ایاد (۱۳۸۱)، «تعیین روش مناسب برآورد بار معلق رسوبی در حوضه سد ایلام»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد تهران.

- 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، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

- بیات، رضا (۱۳۷۸)، «بررسی کارایی مدل‌های EPM , MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز طالقان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

- پاک پرور، مجتبی (۱۳۷٤)، «ارزیابی روش‌های EPM , MPSIAC در برآورد رسوب و تعیین پراکنش فرسایش در حوضه آبخیز سد لتیان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

- رفاهی، حسینقلی(۱۳۸۲)، «***فرسایش آبی و کنترل آن***»، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ص ٦۷۱.

- روستایی، شهرام؛ رسولی، علی‌اکبر؛ احمدزاده، حسن (۱۳۸۹)، «مدل‌سازی فرسایش و رسوب حوضه‌ی آبریز قلعه‌چای عجب‌شیر با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در محیط GIS»، ***مجله جغرافیا و توسعه***، شماره ۱۸، صص ۱۷۸-۱۵۹.

- سرخوش، ا (۱۳۷۵)، «بررسی کارایی مدل USLE در برآورد رسوب و مقایسه آن با مدل PSIAC در حوضه آبریز درکه»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

- شاه کرمی، عزیزا... (۱۳۸۱)، «بررسی روش‌های برآورد رسوب PSIAC, EPM , MPSIAC در حوضه آبخیز نوژیان»، مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت اراضی-فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک، صص ٥٦۲-٥۷ .

- شیخ حسنی، حسین (۱۳۷٤)، «بررسی پتانسیل تولید رسوب در واحدهای فرسایشی حوضه آبخیز سد مخزنی طالقان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

- عسگری، شمس ا...؛ ثروتی، محمدرضا؛ جعفری، محمدرضا (۱۳۸۷)، «برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب حوضه سد ایلام با استفاده از مدلMPSIAC»، ***مجله پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ٦٤، صص ۳۵-۲۹.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- علیزاده گرجی، غلامرضا (۱۳۸۵)، «برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل MPSIAC در محیط GIS»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

- فیض نیا، سادات (۱۳۷٤)، «مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقلیم مختلف ایران»، ***مجله منابع طبیعی***، شماره ٤٧، صص ٤٨- ٤٠.

- کوک، آر.یو؛ دورکمپ، جی. سی (۱۳۷۷) «***ژئومورفولوژی و مدیریت محیط***»، (ترجمه شاپور گودرزی‌نژاد) جلد اول، تهران، انتشارات سمت، ۳۸٤ ص.

- نیک‌جو، محمدرضا (۱۳۷۳)، «ارزیابی کاربرد مدل MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز دریانچای»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

- Ledemza, P., (2004), "Comparison of global and remotely sensed digital elevation models for use in hydrologic and erosion models", ITC, penguin, London.

-Schwab, O., Delmar, D., Fangmeier, W.G., Frevert,R. R., (1993),"***Soil and Water Conservation Engineering***", Fourth Edition, New York, Wiley & Sons, PP507.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]