فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال هفتم، شماره ۲۳، تابستان ۱۳۹۲

بررسی رسوب زایی و فرسایش خاک با استفاده از مدل‌های تجربی و مقایسه آن‌ها با استفاده از روش‌های زمین آماری در زیرحوضه های کن و درکه

نسترن کیهانی[۱]، خلیل رضایی[۲]، سید حمید وزیری[۳]، علی نعیمی نظام آباد[٤]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال n.keihany@yahoo,com

۲- استادیار دانشگاه خوارزمی (تربیت معلم) تهران

۳- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

٤- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساوه

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۹/۱۸ تاریخ تصویب: ۹۲/۲/۲۸

چکیده

یکی از معضلات اساسی در جهت مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز، مسأله فرسایش و رسوب‌زائی است. کنترل این معضل نیازمند مطالعات اصولی، وجود داده‌های کمی و تعیین مناطق بحرانی و مستعد فرسایش در جهت مقابله با آن می‌باشد. از این‌رو تحلیل میزان فرسایش و رسوب، با استفاده از تکنیک‌هایی نظیر GIS و روش‌های تجربی از جمله EPM و MPSIAC ضروری به‌نظر می‌رسد. در این تحقیق سعی شده تا با استفاده از این دو مدل علاوه بر تعیین میزان فرسایش و رسوب، مناطق مستعد در دو زیرحوزه آبخیز مشرف بر شهر تهران یعنی کن و درکه شناسایی شوند. در انتها نیز با استفاده از روش زمین آمار دو مدل تجربی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان فرسایش در قسمت‌های توفی و شیلی زیرحوضه‌ها و منطبق بر سازند حساس به فرسایش یعنی سازند کرج می‌باشند. همچنین براساس نقشه پتانسیل فرسایش، بیش از ۵۰ درصد زیرحوضه‌ها دارای پتانسیل فرسایشی بالایی هستند. زیرحوضه کن از نظر کلاس فرسایشی متوسط و زیرحوضه درکه زیاد می‌باشند و براساس مدل MPSIAC میزان رسوب سالانه زیرحوضه کن ۳۷۳/۷۸ و در زیرحوضه درکه ٤۸۳ و براساس مدل EPM میزان فرسایش سالانه زیرحوضه کن ٦۸۳/۲ و در زیرحوضه درکه ۷۹۲/۵ مترمکعب در کیلومترمربع برآورد گردید. در مقایسه مدل MPSIAC نتایج قابل قبول‌تری را ارائه داده است.

واژگان کلیدی: کن، درکه، فرسایش، رسوب، MPSIAC، EPM، زمین آمار

مقدمه

پدیده فرسایش خاک که زمان شروع آن مقارن است با افزایش جمعیت و استفاده نامناسب و بی‌رویه انسان از زمین‌های کشاورزی، به‌تدریج و با گذشت زمان چهره خطرناک و پیامدهای ناهنجار اقتصادی- اجتماعی خود را بیشتر بروز داده است. این امر باعث شد، تا متخصصین فرسایش و رسوب خاک به‌صورت مداوم و پی‌گیر به دنبال راه حل‌هایی برای مبارزه با این عامل مخرب باشند به طور کلی عوامل گوناگون بر فرسایش و رسوبدهی مؤثر هستند که از جمله آن زمین شناسی، اقلیم، شیب، پوشش گیاهی، هوازدگی و تکتونیک می‌توان اشاره کرد [۲].

در بررسی عوامل مؤثر در فرسایش خاک در یک منطقه، اساساً نمی‌توان عامل مشخص و معینی را معرفی کرد، بلکه فرسایش حاکم موجود در یک منطقه را باید معلول تأثیرات متقابل مجموعه‌ای از عوامل، همچون زمین‌شناسی، اقلیم‌شناسی، فرسایش‌پذیری واحدهای خاک و ... دانست [۵].

با توجه به آن که سالانه مقادیر هنگفتی از بودجه کشور صرف اقدامات کنترل فرسایش در حوضه‌های آبخیز می‌شود، شناسایی عوامل مهم در وقوع فرسایش از یک سو و تعیین میزان واقعی رسوب زیرحوضه‌ها گام مهمی در بهره‌گیری بهینه از اعتبارات سالیانه و هزینه‌کرد منطقی آنها خواهد بود. محدوده مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی ″۱,′۱۰,°۵۱ تا ″۱۶,′۲۴,°۵۱ طول شرقی و ″۴۸,′۵۱,°۳۵ تا ″۴۷,′۵۲,°۳۵ عرض شمالی، شمال غرب تهران واقع شده است.

زیرحوضه کن در قسمت غربی با حوضه واریش – وردیج و در قسمت شرقی با حوزه‌های حصارک شمیران، فرحزاد و درکه هم‌مرز می‌باشد. حوضه درکه در قسمت غربی با حوضه فرحزاد، کن و در قسمت شرقی با حوضه‌های ولنجک، دربند و در شمال شرقی با آهار هم مرز می‌باشد.

روش تحقیق

دراین تحقیق پس از بررسی نقشه‌های پایه منطقه شامل نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی برای بررسی میزان رسوب‌زایی و فرسایش واحدهای لیتولوژیکی دارای رخنمون در زیرحوضه‌های مورد مطالعه در طی عملیات صحرایی از رخنمون‌های مختلف سنگی و رسوبات رودخانه و آبراهه‌ای نمونه‌برداری صورت گرفت و آزمایشات مختلفی مرتبط با تحقیق بر روی آن‌ها انجام گردید.

سپس مدل‌های تجربی MPSIAC و EPM نیز برای بررسی میزان رسوب‌زایی و فرسایش استفاده گردید، بنابراین لازم است تا در هر دو زیرحوضه، کلیه فاکتورها و پارامترهای لازم برای این دو مدل تجربی را مورد بررسی قرار داد.

لازم به ذکر است که این تحقیق شامل تهیه نقشه‌های مختلف از پارامترهای دخیل در دو مدل مذکور در محیط GIS، نیز می‌باشد.

در انتها هم دو مدل با یکدیگر مقایسه می‌گردند. این نوشتار نتایج مطالعات رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی را در بر نمی‌گیرد.

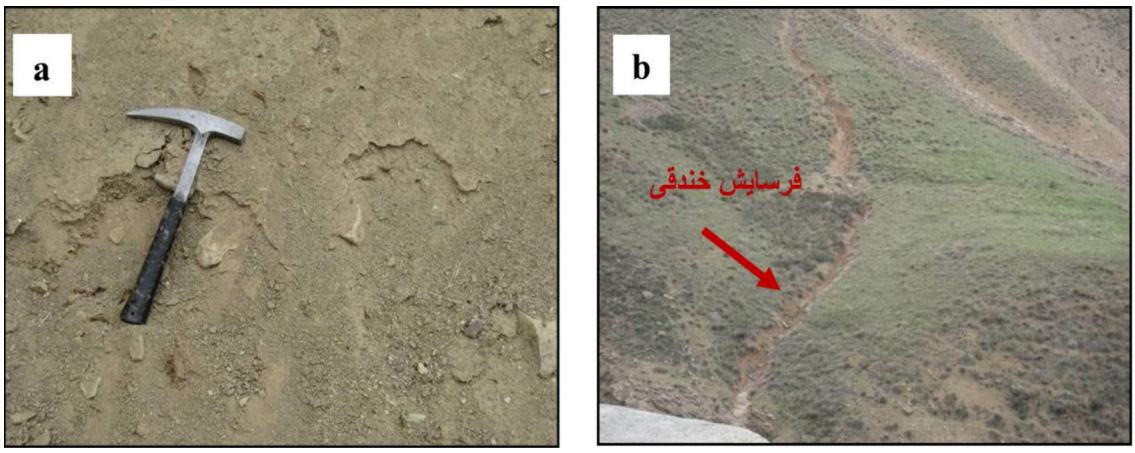
فرسایش: به‌طور کلی پتانسیل فرسایش یک منطقه ترکیب دو بخش فرسایش‌دهندگی (شامل اقلیم یا رواناب) و فرسایش‌پذیری (شامل خصوصیات خاک، توپوگرافی، سنگ و کاربری اراضی) است [۱۱].

براساس نوع سازند و خاک و شدت بارندگی و شیب زمین اشکال مختلفی از انواع فرسایش به‌وجود می‌آیند [۳].

شکل (۱) دو نمونه از انواع فرسایش در مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

شرح عوامل نه‌گانه مؤثر در برآورد فرسایش و رسوب به‌روش MPSIAC برای زیرحوضه‌های کن و درکه

روش MPSIAC یکی از مدل‌های تجربی برآورد فرسایش خاک می‌باشد که تجربه نشان داده است برای اقلیم‌های نظیر کشور ایران پاسخ مناسبی داده است[۵].



شکل ۱- a) فرسایش ورقه ای در زیرحوضه درکه (زاویه جهت دید به سمت شمال شرق)

b) فرسایش خندقی در زیرحوضه کن (زاویه جهت دید به سمت شرق)

عامل زمین‌شناسی سطحی

میزان فرسایش در سطح سنگ‌ها و تولید رسوب را می‌توان تحت تأثیر دو عامل اساسی در نظر گرفت:

- عوامل دینامیکی و پویای محیطی مانند آب و هوا، شرایط جغرافیایی و توپوگرافی ناحیه و زمین ساخت منطقه

- عوامل استاتیکی که بیشتر به لیتولوژی و ساختار لیتولوژیکی واحدهای زمین‌شناسی منطقه وابسته هستند [٦].

در این روش بسته به این‌که مقاومت سنگ در مقابل فرسایش با توجه به شرایط محیطی به چه اندازه باشد از درجاتی استفاده می‌شود.

امتیاز عامل زمین‌شناسی سطحی در روش MPSIAC از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$y_1 = x_1 \qquad (1)$$

Y_1 = عامل زمین‌شناسی

X_1 = شاخص فرسایش زمین‌شناسی سطحی است که براساس نوع سنگ، سختی، شکستگی و هوازدگی تعیین می شود.

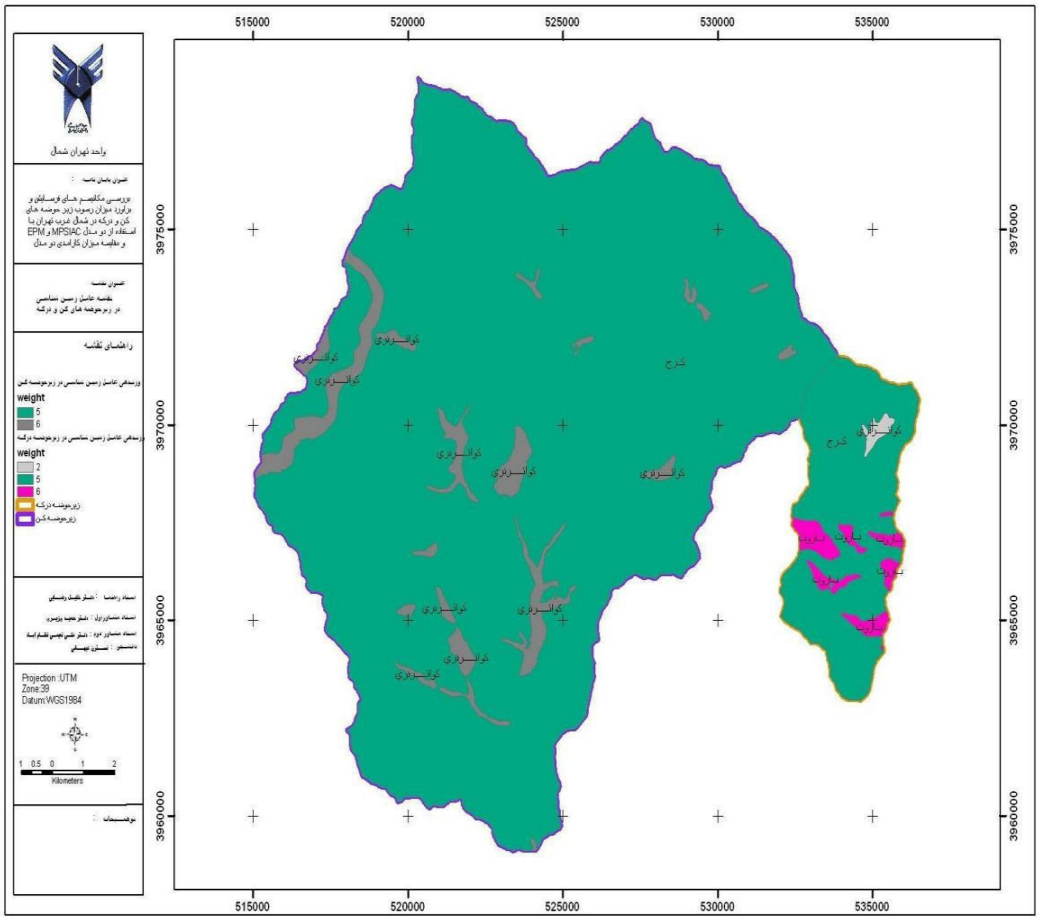
بر همین اساس ابتدا واحدهای زمین‌شناسی زیرحوضه‌های کن و درکه در محیط نرم‌افزاری ArcGIS به‌صورت رقومی تهیه شد.

سپس ضرایب وزنی مربوط به هر کدام از واحدهای زمین‌شناسی در جدول اطلاعات توصیفی لایه وارد گردید (جدول۱).

متعاقب این موضوع نقشهٔ واحدهای زمین‌شناسی سطحی براساس وزن‌های عامل MPSIAC آماده گردید (شکل ۲).

جدول ۱- وزن‌دهی عامل زمین‌شناسی سطحی در زیرحوضه‌های مورد مطالعه

نام زیر حوضه	نام سازند	نمره
کن	کرج	۵
	کواترنر	۲
درکه	کرج	۵
	کواترنر	۲
	باروت	٦



شکل ۲- نقشه عامل زمین‌شناسی سطحی زیرحوضه‌های کن و درکه

عامل خاک

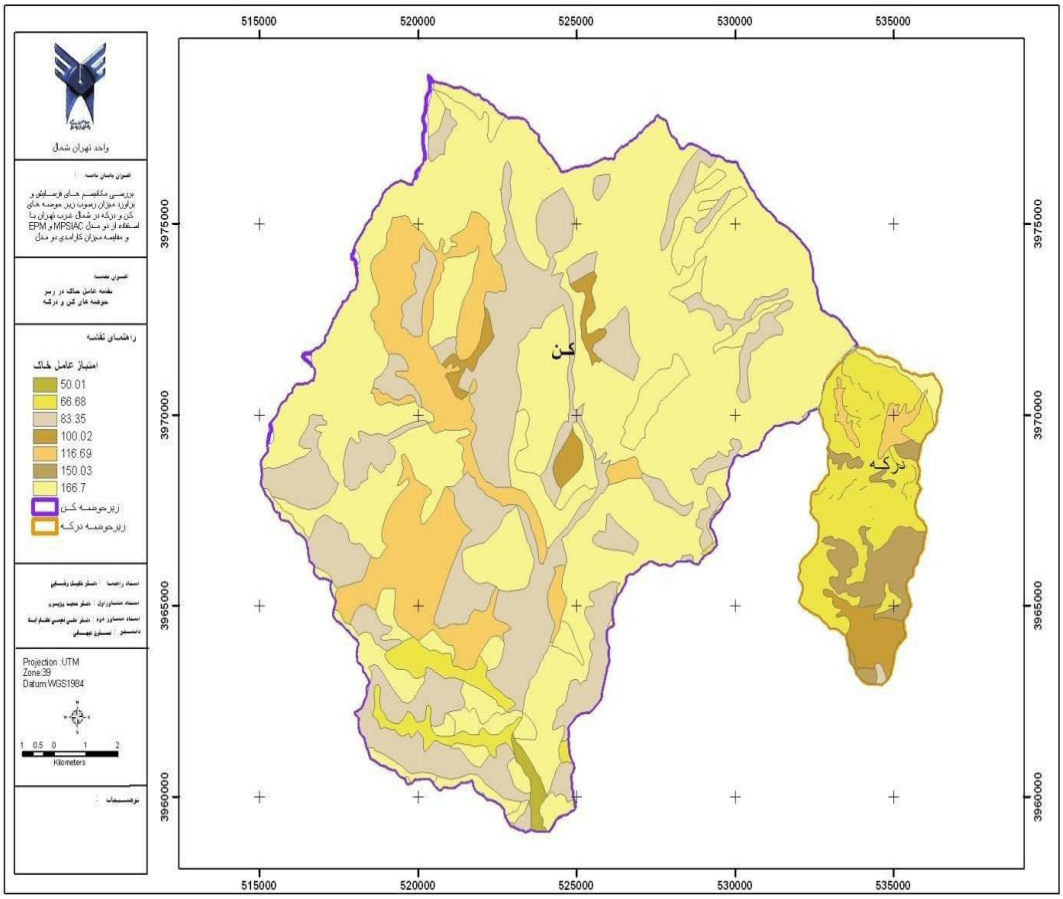
در اثر یک باران ثابت برخی از خاک‌ها با سهولت بیشتری فرسوده می‌شوند که ناشی از ماهیت متفاوت آن‌ها است و به فرسایش‌پذیری خاک معروف است و این موضوع به خصوصیات ذاتی خاک بستگی دارد.هر چند خاک حساس‌تر به فرسایش باشد امتیاز آن به طرف حداکثر نمره سوق پیدا می‌نماید [۷]. در روش MPSIAC برای تعیین عامل خاک از رابطه زیر استفاده می‌شود (۲)

$$Y_2 = ۱۶/۶۷ X_2$$

Y_2 = امتیاز رسوب‌دهی خاک

X_2 (یا K) = عامل فرسایش‌پذیری خاک در فرمول جهانی فرسایش

در شکل (۳) نقشه عامل فرسایش‌پذیری خاک برای دو زیرحوضه کن و درکه براساس اعمال ضریب وزنی MPSIAC در عامل خاک (ضریب ۱۶/۶۷) تهیه گردیده است.



شکل ۳- نقشه امتیاز عامل خاک در زیرحوضه‌های کن و درکه

آب و هوا

از عناصر تشکیل‌دهنده آب و هوایی که بر روی فرسایش تأثیر دارند نزولات آسمانی و درجه حرارت می‌باشد. مقدار و شدت بارندگی در میزان رواناب و وضعیت فرسایش آبی منجر شود حائز اهمیت است [٦].

اکثر بارندگی‌های منطقه از اواسط پائیز تا اواسط اردیبهشت اتفاق می‌افتد. جریان‌های جنوب‌غرب به شمال‌شرق با توجه به جهت ارتفاعات شمالی تهران در آنجائی که ارتفاعات عمود بر جریانات می‌باشد بارندگی‌های شدیدی را ایجاد می‌کند [۹].

در روش MPSIAC برای تعیین امتیاز عامل آب و هوا از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Y_۳ = ۰/۲X_۳ \qquad (۳)$$

$Y_۳$ = امتیاز عامل آب و هوا

$X_۳$ (یا $P_۲$) = مقدار بارندگی ٦ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال بر حسب میلی‌متر می‌باشد که با استفاده از اطلاعات آمار هواشناسی محاسبه می‌گردد.

به‌دلیل در اختیار نداشتن ایستگاه‌های هواشناسی پراکنده در محدوده مورد بررسی برای حوضه های آبریز کن و درکه، متناسب با امتیاز عامل آب و هوا در مدل MPSIAC از وضعیت بارش ٦ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله در سطح حوزه‌های مورد بررسی استفاده گردید (جدول ۲).

جدول ۲- امتیاز عامل آب و هوا در حوضه‌های آبخیز مطالعاتی

نام حوضه	بارش حداکثر ٦ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله(mm)	امتیاز
کن	۳۲/۲۵	٦/٤٥
درکه	۳۸/۹۵	۷/۷۹

در نتیجه در میزان فرسایش موثر است. بنابراین بررسی و تجزیه و تحلیل باران در روش مورد استفاده و هر روش دیگری که به تعیین

عامل هرزآب یا رواناب

در مطالعه اثر رواناب بر روی فرسایش خاک می‌توان خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه مانند دبی ویژه سیلاب‌ها، دبی ویژه با دوره‌های بازگشت مختلف، شدت طغیان، تداوم و تکرار طغیان‌ها، گروه هیدرولوژیکی خاک‌ها و یا هر خصوصیتی که بتواند باعث شناخت هر چه بیشتر این عامل و تأثیر آن بر روی فرسایش و تولید رسوب گردد را بررسی نمود. بین این عوامل دبی ویژه یا آبدهی در واحد زمان و سطح، معیار مناسبی برای ارزیابی عامل رواناب می‌باشد [٦].

در روش MPSIAC برای برآورد امتیاز عامل رواناب رابطه زیر ارائه شده است:

$$Y_٤ = ۰/۲(۰/۰۳R + ۵۰Q_p) \qquad (٤)$$

$Y_٤$ = امتیاز عامل رواناب

R= ارتفاع رواناب سالانه بر حسب میلی‌متر

Q_P= دبی ویژه پیک بر حسب مترمکعب بر ثانیه در کیلومترمربع

برهمین اساس مقادیر رواناب سالانه و دبی ویژه پیک سیلاب حوضه‌ها طبق فرمول بالا جهت تعیین امتیاز عامل رواناب سطحی به‌کار گرفته شد. در نتیجه امتیاز عامل رواناب برای زیرحوضه کن ۳/۰۸ و برای زیرحوضه درکه ۵/۵۹ می‌باشد.

عامل پستی و بلندی

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در هر حوزه آبخیز پستی و بلندی است که معمولاً با شاخص شیب سنجیده می‌شود. فرسایش معمولاً در شیب‌های تند که دارای طول زیادی نیز می‌باشند افزایش می‌یابد. دلیل این امر اضافه شدن مقدار و سرعت رواناب و همچنین افزایش نقش قطرات باران در ایجاد فرسایش می‌باشد [٦].

در روش MPSIAC برای تعیین امتیاز توپوگرافی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Y_٥ = ٠/٣٣X_٥ \qquad (٥)$$

$Y_٥$ = امتیاز درجه رسوبدهی عامل توپوگرافی

$X_٥$ (یا S) = شیب متوسط برحسب درصد

بر این اساس با استفاده از داده‌ها و اطلاعات نقشه عامل پستی و بلندی زیرحوضه‌های مورد مطالعه تهیه گردید (شکل ٤).

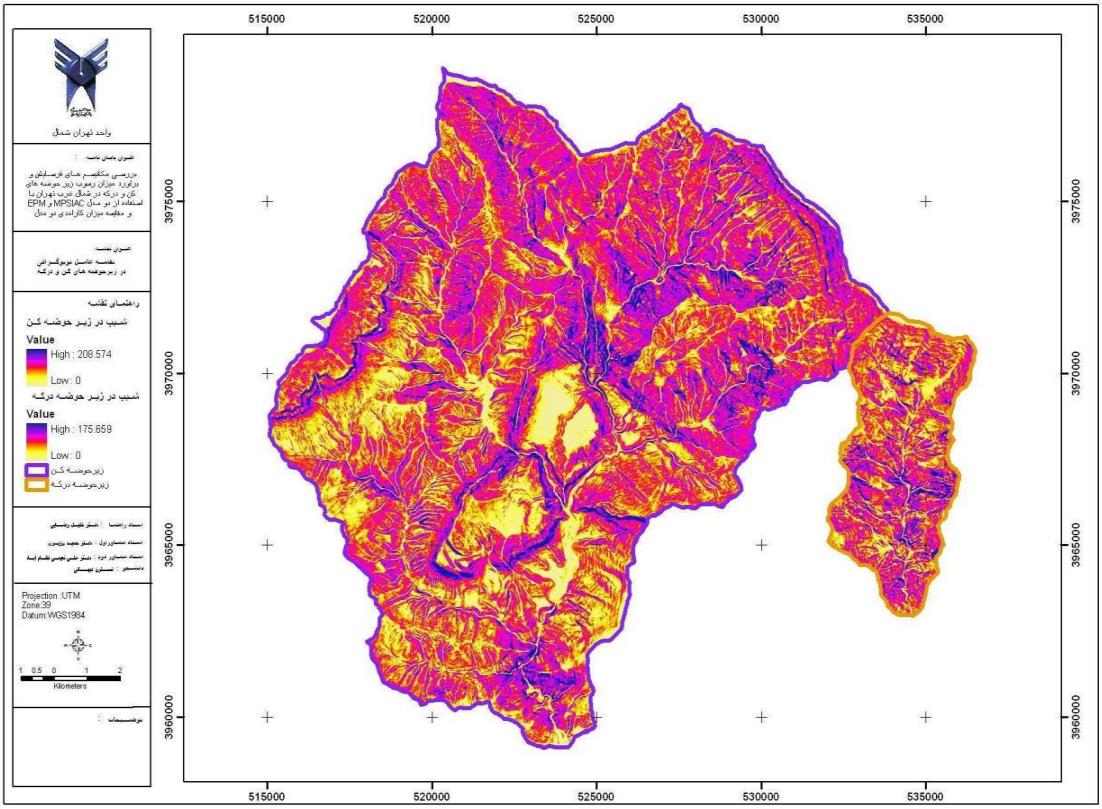
عامل پوشش زمین

منظور از پوشش زمین عبارت از هرگونه پوششی است که خاک را در مقابل عوامل فرساینده مانند ضربه قطرات باران، رواناب و باد حفاظت نماید. انواع پوشش زمین عبارت است از پوشش گیاهی، لاشبرگ و پوشش سنگی [٦].

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

$$Y_٦ = ٠/٢X_٦ \qquad (٦)$$

$Y_٦$ = امتیاز عامل پوشش زمین



شکل ٤- عامل توپوگرافی در زیرحوضه‌های کن و درکه

$X_۶$ (یا pb) = درصد اراضی لخت و فاقد پوشش در سطح حوضه در مناطق مورد مطالعه با استفاده از مطالعات پوشش گیاهی و فیزیوگرافی و رابطه فوق، عامل پوشش زمین برای زیرحوضه کن ۳/۳۷ و برای زیرحوضه درکه ۶/۷۷ تعیین گردید.

عامل کاربری اراضی

فعالیت‌های انسانی از زمانی که شروع به بهره‌برداری از زمین نمود، در جهت تشدید فرسایش بوده و میزان این فرسایش با بهره‌برداری بیشتر افزایش خواهد داشت. به‌طور کلی هر استفاده‌ای که موجب کاهش درصد پوشش زمین بر روی یک شیب شود به‌شدت بر روی تولید رسوب اثر می‌گذارد [۷].

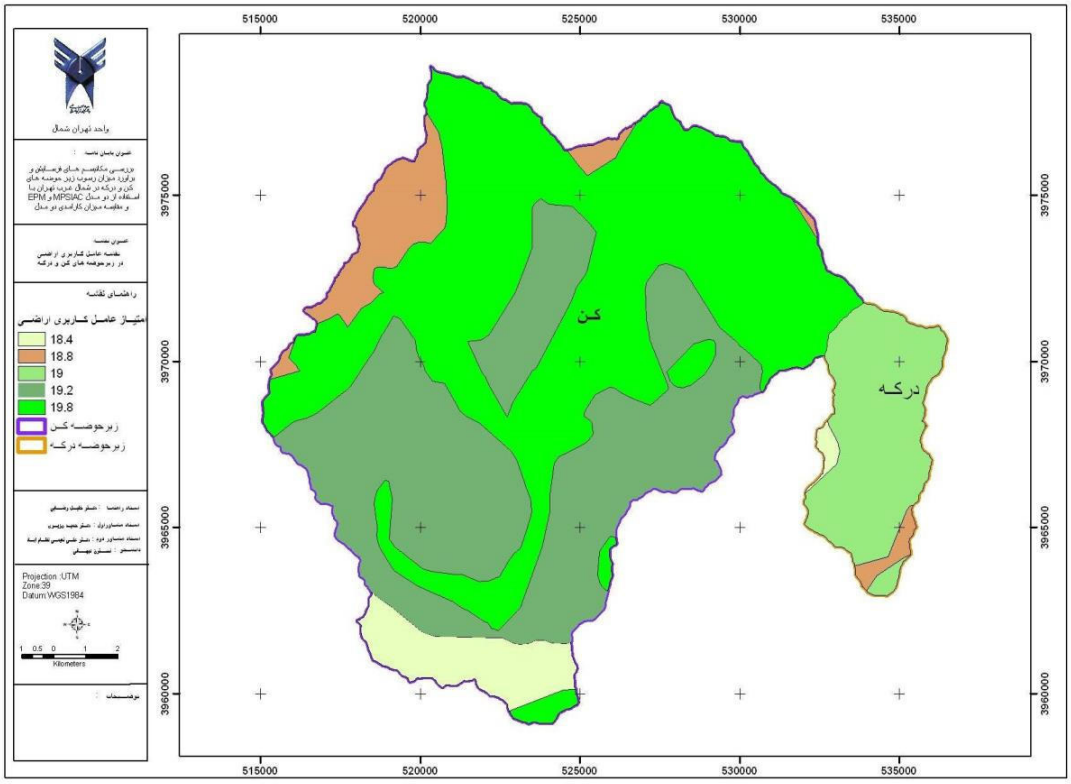
برای تعیین عامل استفاده از اراضی در مدل MPSIAC از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Y_۷ = ۲۰ - ۰/۲X_۷ \qquad (۷)$$

$Y_۷$ = امتیاز درجه رسوب‌دهی عامل کاربری اراضی

$X_۷$ (یا pc) = مقدار تاج پوشش برحسب درصد.

براساس بازدیدهای میدانی و با استفاده از داده ها و محاسبات انجام شده نقشه امتیاز عامل کاربری اراضی در مناطق مورد مطالعه نیز تهیه گردید (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه امتیاز عامل کاربری اراضی در زیرحوضه‌های کن و درکه

عامل وضعیت فرسایش در سطح حوزه آبخیز

برای بررسی نقش عامل فوق در تولید رسوب، فرسایش سطحی موجود در حوزه آبخیز مانند فرسایش بارانی، فرسایش ورقه‌ای، فرسایش شیاری و فرسایش خندقی در سطح حوزه با بازدید زمینی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (به‌جز فرسایش موجود در آبراهه‌ها) [٦].

در روش MPSIAC برای تعیین امتیاز عامل وضعیت فعلی فرسایش از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Y_8 = ۰/۲۵X_8 \qquad (8)$$

Y_8 = امتیاز عامل وضعیت فعلی فرسایش

X_8 (یا S.S.F) = امتیاز عامل سطحی خاک که از روش BLM به‌دست می‌آید.

براین اساس امتیاز نهایی شده عامل هشتم، یعنی فرسایش سطح حوضه برای زیرحوضه کن ١٤/٥ و برای زیرحوضه درکه ١٣/٥ تعیین گردید.

عامل فرسایش آبراهه‌ای (رودخانه‌ای)

آخرین عامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در روش MPSIAC فرسایش رودخانه‌ای و انتقال رسوب می‌باشد. در این عامل دو پدیده فرسایش کناره‌ای و حمل رسوب توسط سیلاب مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. این فرسایش نتیجه تخریب و شسته شدن دیواره آبراهه‌هاست که بیشتر در مواقع سیلابی و فصول پرآب صورت می‌پذیرد. در مواقع سیلابی علاوه بر بالا بودن قدرت تخریبی، قدرت حمل رسوب نیز افزایش می‌یابد. از جمله عوامل مؤثر در فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب می‌توان شیب متوسط بستر رودخانه‌ها، نوع سنگ‌ها در مسیر رودخانه و انرژی پتانسیل جریان سیلاب‌ها را نام برد[٦]. برای تعیین امتیاز این عامل در روش MPSIAC از رابطه زیر استفاده می شود :

$$Y_9 = ۱/٦۷X_9 \qquad (9)$$

Y_9 = امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای

X_9 (یا SSF.g) = نمره نهایی فرسایش خندقی عامل سطحی خاک در روش BLM می‌باشد.

امتیاز عامل فرسایش آبراهه‌ای (رودخانه‌ای) برای زیرحوضه کن ١٦/٧ و برای زیرحوضه درکه ١٣/٣٦ تعیین گردید.

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و برآورد تولید رسوب

پس از ارزیابی عوامل موثر در تولید فرسایش رسوب زیرحوضه‌های کن و درکه، عملیات همپوشانی برای لایه‌ها انجام گرفت.

به‌عبارت دیگر در این حالت سلول‌های هم مختصات با هم ترکیب و تلفیق می‌شوند که برای این حالت، داده‌ها باید دارای ساختار رستر باشند تا امکان تلفیق آن‌ها وجود داشته باشد. حاصل جمع ۹ عامل مدل MPSIAC را درجه رسوب‌دهی یا R می‌نامند. در روش محاسبه امتیاز عوامل نه‌گانه در مدل PSIAC نواقصی از جمله در نظر گرفتن رابطی خطی بین میزان شیب و امتیاز آن در تولید رسوب دیده می‌شود[14]. علاوه بر این در اغلب شرایط میزان رسوب را بیش از میزان مشاهده شده برآورد می‌کند. در نتیجه جانسون و گبهارت (١٩٨٢) معادله زیر را برای روش PSIAC تغییر یافته (MPSIAC) ارائه نمودند [13].

(١٠):

$$Q_s = ۰/۲۵۳e^{۰/۰۳٦R}$$

Q_S = میزان تولید رسوب برحسب تن در هکتار

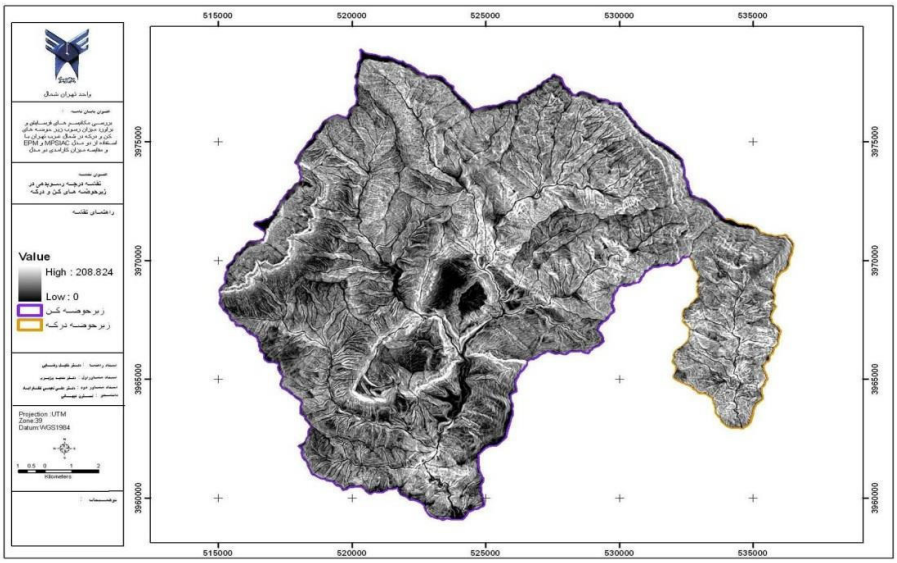
R = درجه رسوب‌دهی یا مجموع نمرات عوامل نه‌گانه با روش MPSIAC

e = عدد نپرین معادل ۲/۷۱۸

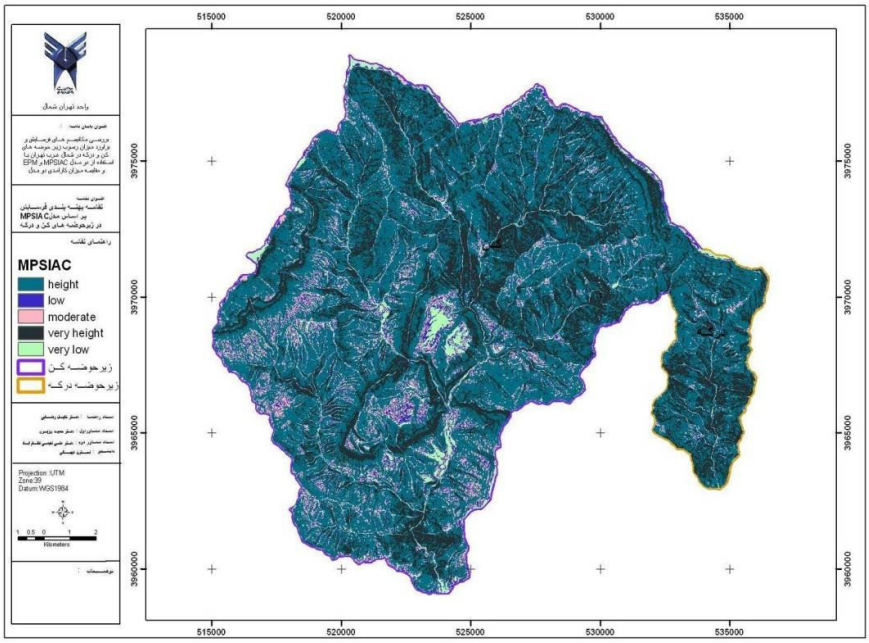
براساس فرمول فوق جهت محاسبه میزان تولید رسوب بر حسب تن در هکتار (Q_S) و با توجه به تهیه نقشه درجه رسوب‌دهی (شکل ٦) با مجموع نمرات نه‌گانه روش MPSIAC کلیه‌ی فرایند جهت رسیدن به‌میزان تولید رسوب در نرم‌افزار ArcGIS انجام گرفت.

براین اساس نقشه‌ی میزان تولید رسوب برحسب تن در هکتار در زیرحوضه های کن و درکه تهیه گردید (شکل ۷).

بر طبق نتایج به‌دست آمده زیرحوضه‌های کن و درکه از نظر کلاس رسوب‌دهی و فرسایش به‌ترتیب در وضعیت متوسط و زیاد قرار می‌گیرد (جدول ۳).



شکل ٦- درجه رسوب‌دهی در زیرحوضه‌های کن و درکه



شکل ۷- پهنه‌بندی فرسایش براساس مدل **MPSIAC** در زیرحوضه‌های کن و درکه

جدول ۳- میزان رسوب‌دهی زیرحوضه‌های مطالعاتی با استفاده از روش MPSIAC

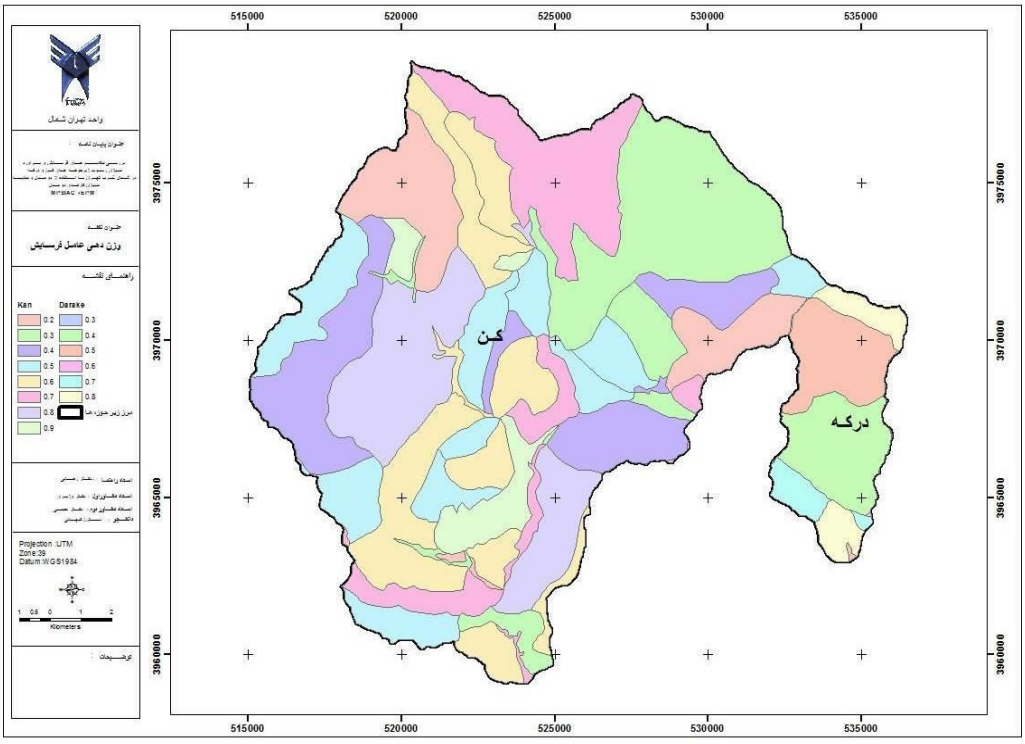
ردیف	نام زیرحوضه	میانگین رسوب سالانه متر مکعب در کیلومتر مربع	شدت رسوب-دهی
۱	کن	۳۷۳/۷۸	متوسط
۲	درکه	٤٨٣	زیاد

مدل EPM

مدل EPM، با استفاده از اطلاعات قطعه زمین‌های فرسایشی و اندازه‌گیری رسوب جهت برآورد فرسایش پس از ٤٠ سال تحقیقات در کشور یوگسلاوی به‌دست آمد و برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ در کنفرانس بین‌المللی رژیم رودخانه توسط گاوریولیچ ارائه گردید [12]. در این روش چهار مشخصه شامل ضریب فرسایش حوضه آبریز (ϕ)، ضریب استفاده از زمین ، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوضه (I) در واحدهای مختلف اراضی مورد بررسی قرار می‌گیرد [٦]. در ادامه به بررسی کلی عوامل چهارگانه موثر در تهیه‌ی نقشه‌ی فرسایش به روش EPM پرداخته می‌شود.

ضریب فرسایش (ϕ): این ضریب برای بررسی شرایط فرسایش در تولید رسوب، فرسایش سطحی موجود در حوضه‌ی آبریز از جمله فرسایش بارانی، ورقه‌ای، خندقی و شیاری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد [٦].

با استفاده از عکس‌های هوایی و بررسی‌های صحرایی نوع فرسایش مشخص گردیده سپس ضریب آن تعیین می‌شود [۱۱]. شکل(۸) نقشه این عامل را در زیرحوضه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۸- وزن‌دهی عامل فرسایش

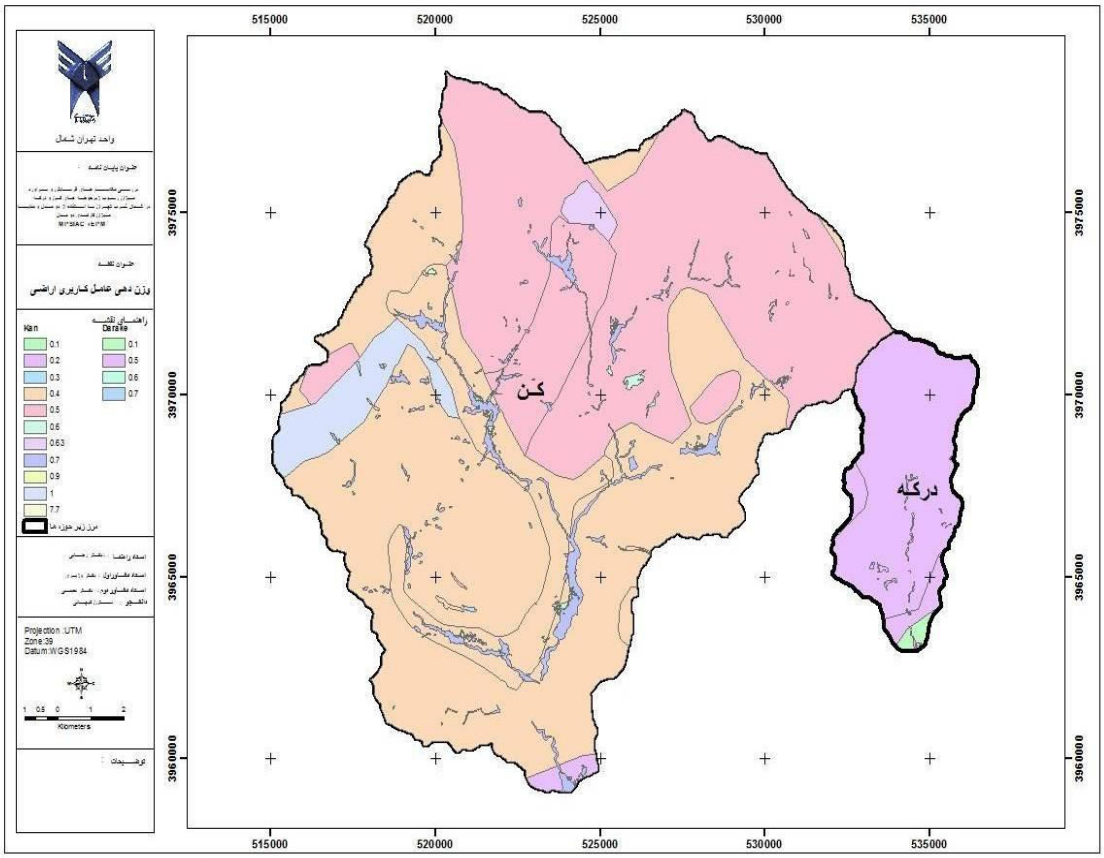
ضریب استفاده از زمین (Xa)

میزان این عامل با بهره‌برداری بیش‌تر از زمین افـزایش می‌یابد.

به‌طور کلی هر گونه کاربری که باعـث کـاهش درصـد پوشش گیاهی بر روی شیب گردد، به شـدت بـر روی تولید رسوب اثر می گذارد [٤]. شـکل (٩)نقشـه ایـن عامـل را در زیرحوضـه‌هـای مـورد مطالعـه نشـان می‌دهد. کاربری اراضی زیر حوضـه مـورد مطالعـه بـا توجه به جدول (٤) به شرح زیر می باشد:

جدول ٤- نوع کاربری اراضی در زیرحوضه‌های مورد مطالعه

نام زیرحوضه	نوع کاربری اراضی	نمره
کن	۰/۱	بلوک ساختمانی
	۰/۲	نقاط شهری
	۰/۳	درختکاری
	۰/٤	چمن
	۰/۵	مرتع
	۰/٦	صخره
	۰/٦۳	زراعت ابی
	۰/۷	باغ
	۰/۹	قبرستان
	۱	رخنمون
	۷/۷	باغ
درکه	۰/۱	بلوک ساختمانی
	۰/۵	مرتع
	۰/٦	درختکاری
	۰/۷	صخره



شکل ۹- وزن‌دهی عامل کاربری اراضی

ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y)

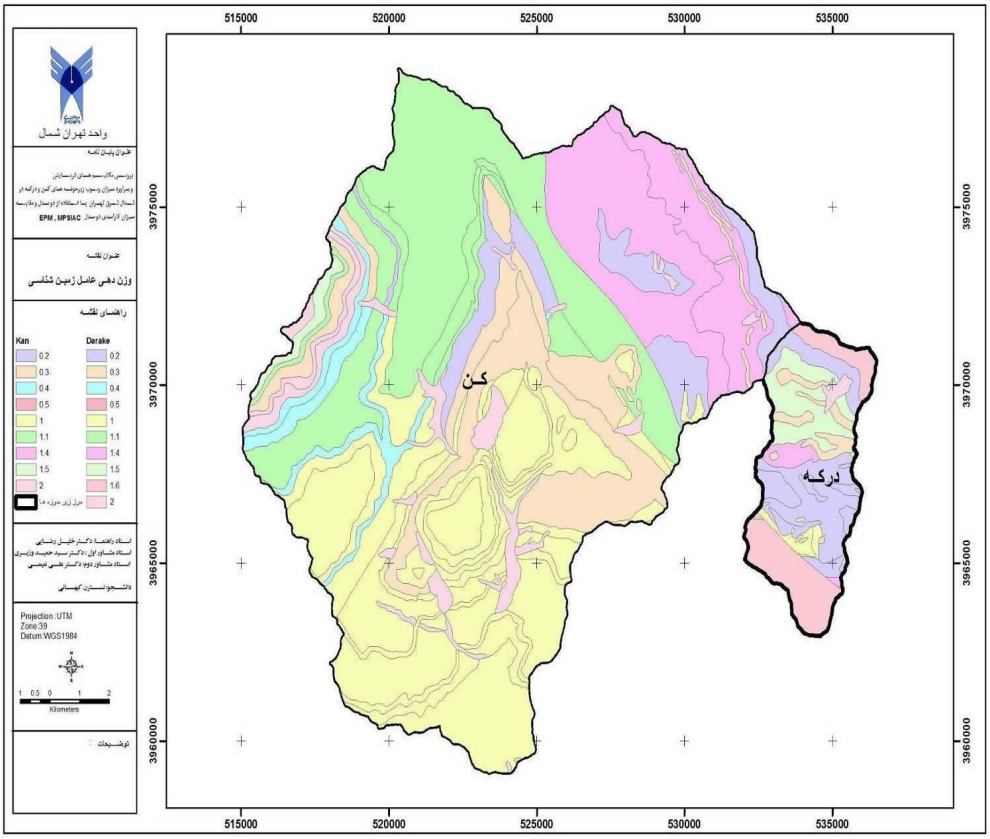
در مطالعات فرسایش، ویژگی‌های سنگ‌شناسی حوضه آبریز از اهمیت قابل توجهی برخوردار هستند و مقاومت سنگ‌های مختلف در برابر فرسایش متفاوت است. رفتار سنگ‌ها در مقابل هوازدگی و فرسایش بستگی به عوامل متعددی دارد که بعضی از آن‌ها مربوط به سرشت خود سنگ و بعضی در ارتباط با محیط خارجی می‌باشند [۱۰].

مقادیر ضریب حساسیت سنگ و خاک برای هر سازند به کمک جدول مربوطه و همچنین مشاهدات صحرایی زیرحوضه‌ها تعیین شد (شکل ۱۰).

همان‌طوری که مشخص است سازند کرج به‌علت داشتن واحدهای مختلف، برحسب مقاومتشان نسبت به فرسایش وزن‌های متفاوتی گرفته‌اند (جدول ۵).

جدول ۵- وزن دهی به واحدهای مختلف زیرحوضه های مورد مطالعه

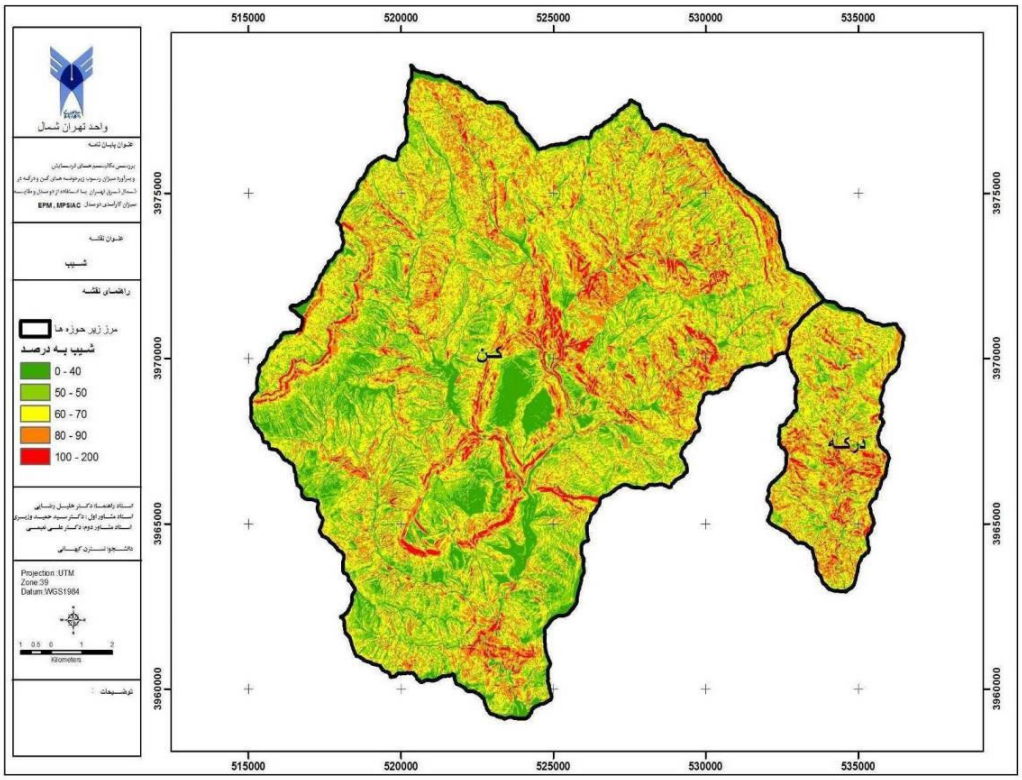
نام زیر حوضه	نام سازند	نمره
کن	کرج	۰/۲-۱/۵
	کواترنر	۲
درکه	کرج	۰/۲-۱/۶
	کواترنر	۲
	باروت	۰/۲



شکل ۱۰- نقشه ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش

شیب متوسط حوضه

یکی از پارامترهای مهم و موثر در فرسایش، شیب حوضه است (شکل ۱۱). با استفاده از نقشه توپوگرافی حوضه، نقشه شیب تهیه و با محاسبه وزنی، شیب متوسط حوضه آبخیز به دست می‌آید [۱].



شکل ۱۱- نقشه شیب حوضه‌های کن ودرکه

شدت فرسایش (Z)

براساس چهار فاکتور ارزیابی شده، مقدار ضریب شدت فرسایش (Z) از رابطه زیر محاسبه می‌شود [٦].

$$Z=Y.Xa(\phi+I^{0/5}) \qquad (11)$$

Z = شدت فرسایش

Y = ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش

Xa = ضریب استفاده از زمین

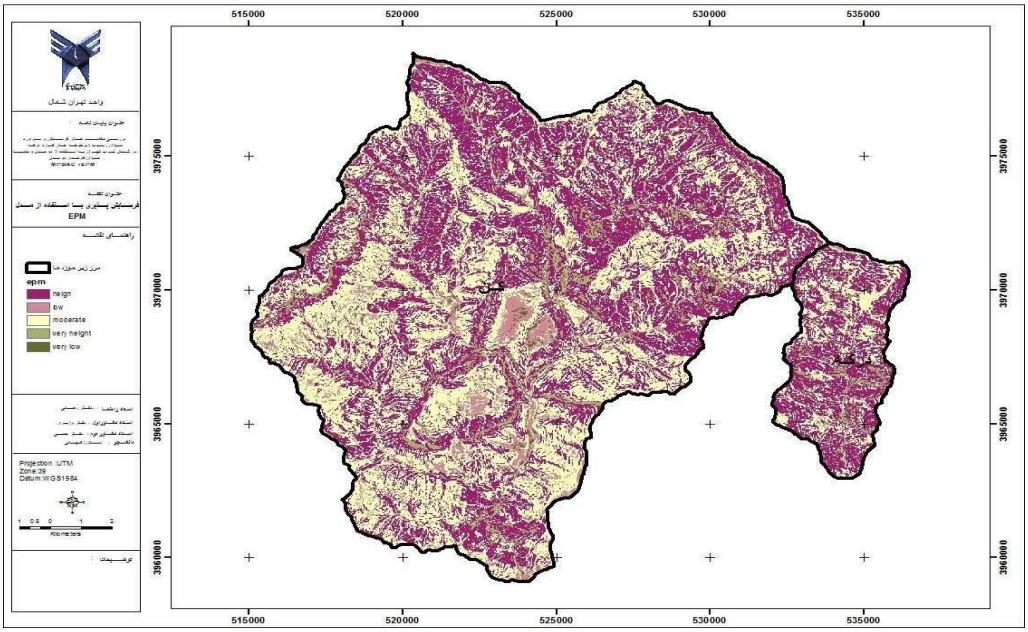
ϕ = ضریب فرسایشی

$I^{0/5}$ = شیب

جدول (٦) نمایانگر میزان رسوبدهی زیرحوضه‌های مطالعاتی با استفاده از روش EPM است و شکل (۱۲) نیز شدت فرسایش در زیرحوضه ها را نشان می‌دهد.

جدول ٦- میزان رسوب‌دهی زیرحوضه‌های مطالعاتی با استفاده از روش EPM

ردیف	نام زیرحوضه	میانگین رسوب سالانه متر مکعب در کیلومتر مربع
۱	کن	٦۸۳/۲
۲	درکه	۷۹۲/۵



شکل ۱۲- فرسایش پذیری با استفاده از مدل EPM

مقایسه دو روش MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب

در پایان کار به‌منظور ارزیابی و بررسی کارایی دو مدل MPSIAC و EPM نسبت به هم، با توجه به این‌که مناطق مورد مطالعه فاقد ایستگاه رسوب‌سنجی بوده و از طرفی نیز داده‌ها و اطلاعات تهیه شده از این مجموعه، به‌دلیل وجود خطاهای بسیار زیاد به‌خصوص در فصل بهار، نمی‌توانستند مبنا و شاخصی برای مقایسه دو مدل باشند، به مقایسه این دو مدل براساس روش‌های آماری و زمین‌آماری پرداختیم. بدین منظور وضعیت فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی و خاک‌شناسی را به‌عنوان شاخصی برای مقایسه انتخاب کردیم که متعاقباً بررسی نمودارها مشخص نمود که میزان ارتباط بین نتیجه حاصله از مدل پسیاک اصلاح شده (MPSIAC)، با شرایط واقعی زمین معقول‌تر و منطقی‌تر از مدل EPM است و انطباق بالای مساحت سازندهای فرسایش‌پذیر با مساحت پهنه‌های با درجه فرسایشی متوسط در زیرحوضه کن و بالا در زیرحوضه درکه، در مدل پسیاک اصلاح شده، معقول‌تر می‌باشد. همچنین به‌منظور رسیدن به نتیجه معقول‌تر و منطقی‌تر، با استفاده از ساختار QQPLOT در سیستم ژئواستاتیستیکی، که بر مبنای محاسبه اعداد و داده‌های فضایی استوار است، نیز این دو مدل با هم مقایسه شده و باز هم انطباق بسیار بالای مدل MPSIAC با وضعیت واقعی فرسایش در سطح زیرحوضه‌ها، مشخص گردید.

نتیجه‌گیری

- عوامل موثر بر فرسایش در مناطق مورد مطالعه زمین شناسی، خاک و شیب است.در دو زیرحوضه کن و درکه بیشترین مقدار فرسایش مربوط به قسمت‌های شیلی و توفی منطبق بر سازند حساس به فرسایش یعنی سازند کرج می‌باشد.

- براساس مدل MPSIAC میزان رسوب سالانه زیرحوضه کن ۳۷۳/۷۸ و در زیرحوضه درکه ٤٨٣ و براساس مدل EPM میزان فرسایش سالانه زیرحوضه کن ٦٨٣/٢ و در زیرحوضه درکه ۷۹۲/۵ مترمکعب در کیلومتر مربع برآورد گردید.زیرحوضه‌های کن و درکه از لحاظ فرسایش‌پذیری به‌ترتیب در رده فرسایشی متوسط و زیاد قرار می‌گیرند.

- با مقایسه صورت گرفته بر روی دو مدل MPSIAC و EPM، مشخص شد که در زمینه برآورد واقعی‌تر فرسایش و رسوب مدل MPSIAC به دلیل برخورداری از پارامترهای بیشتر و واقعی‌تر بودن ضرایب رابطه حاکم در آن، از کارایی بسیار بالاتری نسبت به مدل EPM در این حوضه‌های آبریز برخوردار است.

منابع

۱- احمدی، ح.، (۱۳۸۸)، ژئومورفولوژی کاربردی، فرسایش آبی، دانشگاه تهران، جلد اول، ٦٨٨ ص.

۲- بلوطی، ش.، غضنفری، پ. و امینی، ا.، (۱۳۹۰)، برآورد حجم رسوب ویژه و تعیین حساسیت واحدهای سنگی به فرسایش در حوضه آبخیز سرهه (رودخانه کردان) با روش MPSIAC، فصلنامه زمین‌شناسی محیط زیست، ش ١٦، ٧٧ – ٨٩.ص.

۳- جوکار سرهنگی، ع.، (۱۳۸۲)، بررسی کمی و کیفی اشکال فرسایش و فرآیندهای دامنه‌ای (مطالعه موردی: حوضه سیاهرود)، مجله تحقیقات جغرافیایی، ش٦٩٧، ٩٩-١١٥ص.

٤- ثابت قدم، م.، (۱۳۸۳)، مطالعه رسوب‌شناسی بخشی از حوزه آبخیز رودخانه کرج (کسیل- نسا، ملک فالیز، آزادبر) با نگرشی ویژه بر فرسایش‌پذیری سازندها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۱۵۰ ص.

۵-رضایی، خ.، همتی، ر. و کنگازیان، ع.، (۱۳۸۹)، بررسی فرسایش خاک در حوضه مرغاب مسجد سلیمان با مدل MPSIAC، اولین کنگره زمین‌شناسی کاربردی علوم زمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۱۰۲ص.

٦-رفاهی، ح.، (۱۳۸۵)، فرسایش آبی و کنترل آن، دانشگاه تهران، ٦٧١ ص.

۷-رفاهی، ح.، (۱۳۸۷)، فرسایش آبی و کنترل آن، دانشگاه تهران، چاپ چهارم، ٦٧١ ص.

۸- شرکت مهندسین مشاور جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری، (۱۳۸۷)، گزارش فرسایش و رسوب طرح جامع حفاظت و احیاء منابع طبیعی شمال تهران و شمیرانات (البرز جنوبی)، ۹۲ ص.

۹- شرکت مهندسین مشاور جهاد تحقیقات آب و انرژی، (۱۳۸۷)، گزارش هوا و اقلیم شناسی طرح جامع حفاظت و احیاء منابع طبیعی شمال تهران و شمیرانات (البرز جنوبی)، ٢٢٦ ص.

۱۰- فیض‌نیا، س.، (۱۳۷٤)، مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، ش ٤٧، ١٠٧- ١٣١ص.

۱۱- فیض‌نیا، س.، (۱۳۸۷)، رسوب‌شناسی کاربردی با تأکید بر فرسایش خاک و تولید رسوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۳۵٦ ص.

12-Gavrilovic, S., (1988), The use of empirical method (Erosion Potential Method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams, Intern. Conf. on River Regime, 411-423 pp.

13-Johnson, C.W. and Gebhardt, K.A., (1982), Predicting sediment yield from Sagebrush Rangelands, U.S. Dept. of Agriculture, SEA, Agricultural Research Service, Agricultural Reviews and Manuals, AEW-Western Series. 145-156 pp.

14-PSIAC (Pacific Southwest Inter-Agency Committee), (1968), Factors affecting sediment yield and measures for the reduction of erosion and sediment yield, Report of the water management subcommittee, 13 p.