

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۶، تابستان ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۰۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۰۸

صفحات: ۲۲ - ۱

بر آورد میزان فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه آبخیز کنگیر در استان ایلام با استفاده از مدل E.P.M

سید اسداله حجازی^{۱*}، مهدی احمدی^۲، هیمن شهابی^۳

چکیده

فرسایش خاک امروزه یکی از خطرات جدی برای منابع طبیعی هر کشور محسوب می‌گردد و در بسیاری از مناطق جهان و نیز ایران فرسایش یکی از مخاطرات طبیعی تلقی می‌گردد. امروزه وجود سامانه‌های دقیق و مدل‌های ریاضی مختلف فرسایشی امکان ذخیره اطلاعات پایه و به‌روز را به پژوهشگران می‌دهند تا بتوانند میزان فرسایش و تولید رسوب را در حوضه‌های آبخیز برآورد کنند. در تحقیق حاضر با استفاده از مدل فرسایش E.P.M ((Erosion Potential Method به بررسی و میزان فرسایش‌پذیری حوضه آبخیز کنگیر در استان ایلام پرداخته شده است. در گام اول با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مرز حوضه مشخص گردید. همچنین از نقشه‌های رقومی آبراهه‌ها، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، بارش، پوشش گیاهی، تصاویر ماهواره ای‌بی‌آر‌اس و ETM+ مربوط به سال ۱۳۹۳ استفاده گردید. منطقه مورد مطالعه در قسمت شمالی استان ایلام و در حوضه استحفاظی شهرستان ایوان قرار دارد. این منطقه از جمله مناطق پر بارش استان ایلام بوده و متوسط سالیانه بارش در این ناحیه بیش از ۷۰۰ میلی‌متر است. وجود سازندهای حساس به فرسایش و کوهستانی بودن منطقه و شیب زیاد سبب شده که منطقه مورد مطالعه از مناطق مستعد جهت فرسایش خاک باشد. میزان فرسایش ویژه در این حوضه در سال معادل ۱۳/۵ تن در هکتار در سال برآورد گردید که معادل ۹۶۱ مترمکعب در کیلومتر مربع در سال می‌باشد. مقدار ضریب رسوب‌دهی حوضه کنگیر ۰/۸۱ محاسبه گردید. به‌طوری کلی نتایج تحقیق نشان‌دهنده فرسایش‌پذیری متوسط حوضه آبخیز است که به ترتیب بیشترین فرسایش متعلق به قسمت‌های غربی و جنوب غربی و کمترین فرسایش مربوط قسمت‌های مرکز و شمال غربی حوضه آبخیز مورد مطالعه است.

واژگان کلیدی: فرسایش خاک، تولید رسوب، E.P.M، حوضه آبخیز کنگیر، استان ایلام.

S.hejazi@tabrizu.ac.ir

Mehdi.ahmadi@gmail.com

h.shahabi@uok.ac.ir

^۱- دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

^۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز

^۳- استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

مقدمه

نقش فرسایش خاک و تولید رسوب در کاهش حاصلخیزی خاک و هدر رفتن آن، از بین رفتن منابع طبیعی و پر شدن مخازن سدها بر کسی پوشیده نیست. این امر ناشی از تخریب محیطی به علت فشار انسان بر کاربری زمین می باشد که در حال حاضر به یک مشکل بزرگ جهانی تبدیل شده است (ویلسون^۱، ۱۹۹۲؛ ارلیچ^۲، ۱۹۹۸) و به دلیل نرخ بالای رشد جمعیت و تخریب سریع منابع طبیعی، اثرات این تخریب در کشورهای رو به رشد بیش از کشورهای پیشرفته احساس می شود (فیولای و همکاران^۳، ۲۰۰۰). معمولاً در شرایط دست نخورده ۳۰۰ سال طول می کشد تا ۲۵ میلی متر خاک سطحی تشکیل شود، در حالی که این مقدار خاک تشکیل شده به مراتب کمتر از خاک فرسایش یافته می باشد (رفاهی، ۱۳۸۲)؛ بنابراین برای جلوگیری و کاهش این اثرات باید به اقدامات حفاظت خاک و آبخیزداری و کنترل رسوب اقدام نمود (حکیم خانی، ۱۳۸۱). فرسایش خاک موسوم به سرطان خاک فرایند پیچیده همراه با اثرات زیست محیطی آشکار و پنهانی می باشد که خطری بالقوه برای حیات بشری بشمار می آید (اونگ^۴، ۲۰۰۳). شناخت نوع فرسایش و علت و مکانیسم به وجود آمدن آن کمک بزرگی به مهار فرسایش و مبارزه با آن می کند (گریوزو و همکاران^۵، ۲۰۰۷)؛ بنابراین مطالعه رفتار و ماهیت رودخانه و حوضه های آبخیز و به تبع آن مطالعه حوضه های آبخیز از جهات متعدد از قبیل کنترل سیلاب، فرسایش و رسوب گذاری قابل توجه است (برایلی و فرایرز^۶، ۲۰۰۶). اخیراً محققان زیادی در سرتاسر جهان با بهره گیری از سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک های سنجش از دور با استفاده از مدل ها اقدام به برآورد فرسایش و رسوب دهی به صورت کمی نموده اند (راستگو و همکاران، ۱۳۸۳؛ هاشمی و خدری، ۱۳۸۶). از مدل های فرسایش می توان برای مطالعه و بررسی روش های فرسایش خاک در رابطه با تغییرات زمین و چگونگی استفاده از آن ها و شناخت منابع رسوبی استفاده کرد (فینگ و همکاران^۷، ۲۰۱۰). همچنین با استفاده از این روش ها و مدل ها می توان نقشه فرسایش خاک را تهیه کرد. از مدل های فرسایش خاک می توان برای مطالعه و بررسی فرایندهای فرسایشی در رابطه با دگرگونی زمین و چگونگی استفاده از زمین در بسیاری از نقاط جهان و همچنین تهیه نقشه های خطر فرسایش خاک برای شناسایی مناطقی با خطر فرسایش بالا که در آنجا برنامه های حفاظت منابع آب و خاک مطرح است استفاده نمود (جین و گول^۸، ۲۰۰۲؛ فاکس و همکاران^۹، ۲۰۰۶؛ کان و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۱). در این میان E.P.M مدل کارایی است که قادر می باشد برای برآوردهای اولیه از میزان رسوب آبراهه ها در طرح های مربوط به سدهای در حال احداث و سایر سازه هایی که به این گونه داده ها نیازمند هستند مورد استفاده قرار گیرد (رنگزن و همکاران، ۱۳۸۴). روش پتانسیل فرسایشی E.P.M باهدف بررسی و شدت فرسایش

-
- 1- Wilson
 - 2- Erlich
 - 3- Feoli
 - 4- Owengh
 - 5- Grauso et al
 - 6- Brierley and Fryirs
 - 7- Feng et al
 - 8- Jain and Goel
 - 9- Fox et al
 - 10- Khan et al

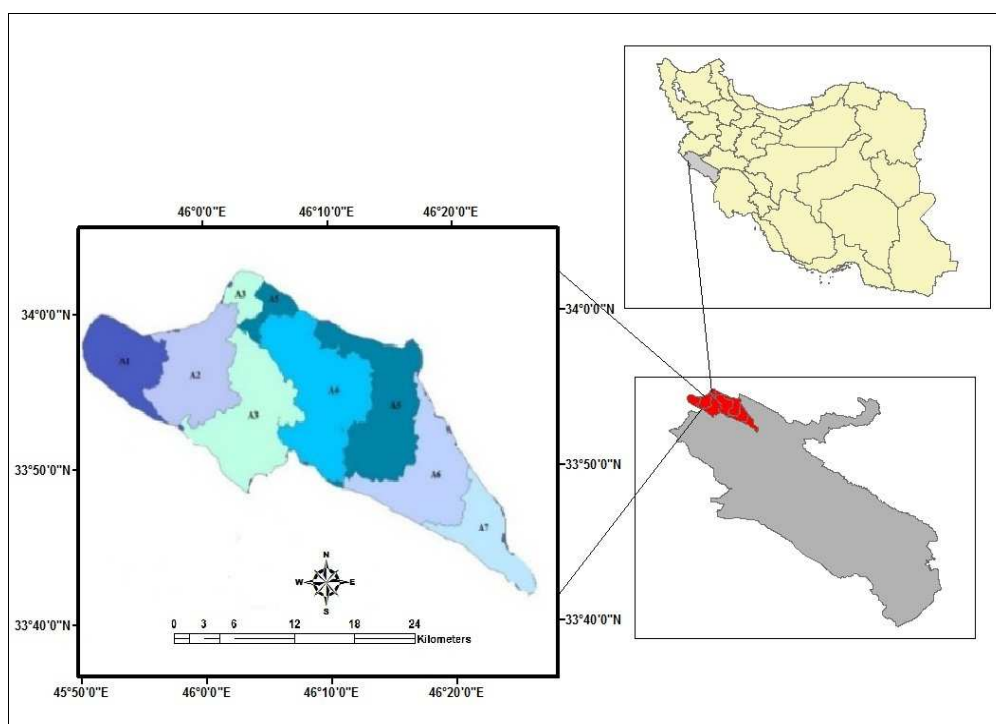
خاک و اندازه‌گیری رسوب پس از ۴۰ سال تحقیقات در کشور یوگسلاوی سابق به کار گرفته شده است و برای اولین بار در اجلاس بین‌المللی رژیم رودخانه در سال ۱۹۹۸ که در کشور چین برگزار شد توسط گواریلیوویچ ارائه گردید. این مدل موجب ابداع یک روش طبقه‌بندی فرسایش بانام (M.Q.C.E) Method for the Quantitative Classification of Erosion گردید که در حقیقت مدل EPM روش پیشرفته طبقه‌بندی با روش (M.Q.C.E) است. در این مدل عوامل مؤثر بر فرسایش شامل، وضعیت توپوگرافی، سنگ‌شناسی و خاک، نحوه استفاده از اراضی و عامل اقلیمی حوضه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (شهابی و همکاران، ۲۰۱۶).

پیشینه تحقیق

در ارتباط با کارهای انجام‌شده، رنگزن و همکاران (۱۳۸۷)، در تحقیقی در حوضه پگاه سرخ گتوند در خوزستان ضمن مقایسه دو مدل MPSIAC و E.P.M، عنوان نمودند که مدل E.P.M مدلی است که قادر است به‌عنوان ابزاری جهت به دست آوردن یک برآورد اولیه از میزان بار رسوب آبراهه‌ها در طی طرح‌های مربوط به سدهای در حال احداث و یا سایر سازه‌های آبی که به نحوی به این‌گونه داده‌ها نیازمند هستند، بکار گرفته شود. همچنین رفاهی (۱۳۸۲)، اظهار داشته است که این مدل هنوز در تحقیقات مرتبط با فرسایش به‌صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. دهزاد و همکاران (۱۳۸۷) از مدل E.P.M برای پهنه‌بندی فرسایش در استان گلستان استفاده نموده‌اند و به این نتیجه رسیدند که در مناطق شمال غربی علی‌رغم حساسیت بالای تشکیلات زمین‌شناسی به فرسایش میزان فرسایش‌پذیری این منطقه کم است که این مسئله اهمیت پارامترهای شیب را نسبت به زمین‌شناسی در ایجاد فرسایش نشان می‌دهد. مرادی و همکاران (۱۳۹۰) از دو مدل MPSIAC و E.P.M برای مطالعه فرسایش در حوزه پور احمدی هرمزگان استفاده نموده‌اند و نتایج تحقیق نشان داد که این دو مدل در برآورد فرسایش و رسوب منطقه باهم انطباق خوبی دارند. نادری (۱۳۸۸)، با استفاده از مدل E.P.M به بررسی میزان فرسایش در حوضه چرداول پرداخت. نتایج تحقیق او نشان‌دهنده این است که مناطق شرقی حوضه دارای آسیب‌پذیری بیشتری به فرسایش هستند. در پژوهشی دیگر قضاوی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از مقایسه مدل‌های EPM، MPSIAC و PSIAC به برآورد فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز قلعه قافه در استان گلستان پرداختند. نتایج حاصل از مقایسه RMSE (Root mean square error) در تعیین صحت روش‌ها در مطالعه مذکور نشان داد که روش PSIAC برای برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب سالیانه در شرایط طبیعی و خاکی حوضه مذکور نسبت به دو روش دیگر مناسب‌تر بود. از دیگر کارهای انجام‌شده در زمینه استفاده از مدل E.P.M جهت برآورد فرسایش و رسوب می‌توان به تنگستانی (۲۰۰۶، ۲۰۰۱)، امیری و همکاران (۲۰۱۰، ۲۰۰۹)، شهابی و همکاران (۲۰۱۶)، حسینخانی (۱۳۹۲)، عابدینی (۱۳۹۱)، برزو (۱۳۸۶)، راستگو (۱۳۸۳) و رنگزن (۱۳۸۴) اشاره نمود که همگی از مدل E.P.M برای شناسایی مناطق مستعد خطر فرسایش و میزان رسوب‌دهی استفاده نموده‌اند.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز کنگیر با مساحت ۷۱/۸۵۳ کیلومترمربع در جنوب شرق ایوان غرب و شمال استان ایلام قرار دارد. این حوضه در طول جغرافیایی "۱۱' ۱۷" ۴۶° تا "۳۵' ۲۷" ۴۶° شرقی و عرض جغرافیایی "۱۴' ۴۱" ۳۳° تا "۵۷' ۵۰" ۳۳° شمالی قرار گرفته است. رودخانه کنگیر تنها رودخانه دائمی حوضه است؛ که از سراب ایوان واقع در ۹ کیلومتری جنوب شرق شهر ایوان سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه از جنوب شرق به شمال غرب جریان می‌یابد و شبکه‌های جریان موقت را از جهات شمال شرق و جنوب غرب دریافت می‌کند. حوضه آبخیز کنگیر یکی از زیر حوضه‌های ایوان می‌باشد که در بین حوضه‌های ایلام، سیروان، چرداول، مهران و گدار خوش واقع شده است، در واقع مهم‌ترین رود در این حوضه رودخانه کنگیر می‌باشد که از اتصال دو رودخانه چوار و کنگیر تشکیل شده است و سد کنگیر نیز در محل رودخانه کنگیر احداث شده است (فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های شهرستان ایلام، ۱۳۸۵) (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز رودخانه کنگیر و زیر حوضه‌های حوضه رودخانه کنگیر در استان ایلام

ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه

فیزیوگرافی یا ژئومتریک، مطالعات خصوصیات فیزیکی و وضعیت مورفولوژی یک حوضه آبخیز است که اثر تعیین‌کننده‌ای بر خصوصیات هیدرولوژی و رژیم آبی حوضه دارد. خصوصیات فیزیکی حوضه‌ها نه تنها بر رژیم هیدرولوژیک از جمله میزان تولید آب سالیانه، حجم سیلاب‌ها، شدت فرسایش خاک و ... اثر می‌گذارد بلکه به طور غیرمستقیم با اثر بر وضعیت اکولوژیکی و پوشش گیاهی و نیز آب‌وهوا اثرات خود را نشان می‌دهد.

تقسیم‌بندی حوضه به واحدهای هیدرولوژیکی

کل حوضه آبخیز مورد مطالعه به ۷ زیر حوضه تقسیم شده است که با علائم (A_1, A_2, \dots, A_7) در جدول (۱) مشخص گردیده است.

جدول ۱: مشخصات فیزیکی زیر حوضه‌های رودخانه کنگیر

نام زیر حوضه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	مساحت km^2	پیرامون km	ارتفاع بلندترین نقطه m	ارتفاع محل خروجی m	اختلاف ارتفاع نقطه به m
A_1	۳۳/۲۹/۴۶ ۳۳/۳۸/۵۴	۴۶/۲۹/۳۹ ۴۶/۳۸/۱۰	۸۹/۷	۵۲	۱۲۷۰	۹۴۳	۳۲۷
A_2	۳۳/۲۶/۲۸ ۳۳/۳۱/۰۸	۴۶/۲۷/۳۹ ۴۶/۳۸/۳۲	۱۱۳/۸	۴۹	۱۱۰۰	۷۷۷	۳۲۳
A_3	۳۳/۲۵/۱۴ ۳۳/۳۰/۲۳	۴۶/۲۳/۵۹ ۴۶/۳۵/۱۶	۱۵۹/۵	۴۸	۱۴۷۰	۸۷۷	۳۴۳
A_4	۳۳/۲۳/۵۵ ۳۳/۲۸/۵۹	۴۶/۲۳/۲۵ ۴۶/۳۱/۲۲	۱۶۲/۹	۳۵	۱۵۶۲	۱۰۱۰	۵۵۲
A_5	۳۳/۲۹/۴۶ ۳۳/۳۶/۵۶	۴۶/۲۴/۵۰ ۴۶/۳۱/۱۱	۱۵۲/۴	۳۸	۱۶۵۰	۱۱۵۰	۵۰۰
A_6	۳۳/۲۹/۰۷ ۳۳/۳۷/۱۰	۴۶/۲۰/۳۳ ۴۶/۲۸/۰۲	۶۹/۷	۴۶	۱۹۰۰	۱۱۶۲	۷۳۸
A_7	۳۳/۲۳/۲۷ ۳۳/۲۹/۵۸	۴۶/۱۶/۳۶ ۴۶/۲۴/۴۹	۱۰۹/۵	۴۷	۲۱۵۰	۱۲۶۰	۸۹۰
کل حوضه	۳۳/۲۳/۲۷ ۳۳/۳۸/۵۴	۴۶/۱۶/۳۶ ۴۶/۳۸/۳۲	۸۵۷/۵	۱۲۷/۹۲۷	۲۴۰۰	۶۴۰	۱۷۶۰

داده‌ها و روش‌ها

روش‌شناسی

در روش EPM چهار مشخصه شامل ضریب فرسایش حوضه آبخیز (ψ) ، ضریب استفاده از زمین (Xa) ، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوضه (I) در واحدهای مختلف اراضی یا در شبکه‌های ایجاد شده در نقشه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در هر یک از اجزای واحد اراضی یا شبکه‌ها بر اساس این چهار عامل مقدار (Z) یا ضریب شدت فرسایش از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = Y \cdot X_a (Y+I)^{0.5} \quad (1)$$

روش E.P.M در دو مرحله انجام می‌گیرد

(۱) تعیین شدت فرسایش.

(۲) محاسبه رسوب حمل شده.

پس از محاسبه Z با استفاده از جدول (۲) نسبت به طبقه‌بندی کیفی فرسایش اقدام می‌شود (رفاهی، ۱۳۸۲).

جدول ۲: طبقه‌بندی کمی و کیفی فرسایش در مدل E.P.M (منبع: رفاهی، ۱۳۸۲)

طبقه‌بندی فرسایش	شدت فرسایش	مقادیر حد Z	مقادیر متوسط Z
I	خیلی شدید	$1 < Z$	۱/۲۵
II	شدید	$0.71 < Z < 1$	۰/۸۵
III	متوسط	$0.41 < Z < 0.7$	۰/۵۵
IV	کم	$0.2 < Z < 0.4$	۰/۳۰
V	خیلی کم	$Z < 0.19$	۰/۱۰

محاسبه فرسایش ویژه

فرسایش ویژه یا مقدار فرسایش در واحد سطح در طول یک سال حوضه آبخیز از رابطه زیر به دست می‌آید (رفاهی، ۱۳۸۲):

$$W_{sp} = T \cdot H \cdot \pi \cdot Z^{1/5} \quad (2)$$

در رابطه بالا:

W_{SP} = مقدار فرسایش برحسب مترمکعب در کیلومترمربع در سال

H = متوسط بارندگی سالیانه حوضه برحسب میلی‌متر

T = ضریب درجه حرارت که از رابطه $T = (t/10 + 0.1)^{0.5}$ به دست می‌آید که در آن t متوسط درجه حرارت سالیانه حوضه برحسب سانتی‌گراد است. Z = شدت فرسایش و π = عدد پی می‌باشد.

در مدل E.P.M برای تخمین میزان رسوب از توابع ریاضی زیر استفاده می‌شود که از این طریق میزان رسوب تولیدشده در حوضه محاسبه می‌گردد.

تعیین ضریب رسوب‌دهی

معمولاً مقدار رسوبی که در محل خروجی رودخانه اندازه‌گیری می‌شود از خاک فرسایش یافته در سطح حوضه آبخیز کمتر است؛ زیرا ممکن است مقدار زیادی از خاک فرسایش یافته در نقطه دیگری از حوضه رسوب نماید و به همین جهت تعیین ضریب رسوب‌دهی حوضه از رابطه زیر به دست می‌آید (رفاهی، ۱۳۸۲):

$$RU = \frac{4(P * D)^{0.5}}{L + 10} \quad (3)$$

در رابطه بالا:

RU = ضریب رسوب‌دهی حوضه آبخیز

P = محیط حوضه آبخیز با مقیاس km

L = طول حوضه آبخیز به km (منظور طول‌ترین طول یا طول آبراهه اصلی است)

D = اختلاف ارتفاع برحسب متر است که مقدار آن از طریق رابطه زیر به دست می‌آید (رفاهی، ۱۳۸۲).

$$D = (D_{av} - D_0) \quad (۴)$$

در رابطه بالا:

$$D_{av} = \text{ارتفاع متوسط حوضه آبخیز}$$

$$D_0 = \text{ارتفاع نقطه خروجی در رودخانه}$$

محاسبه دبی رسوب ویژه و دبی رسوب کل

برای محاسبه دبی رسوب ویژه؛ مقدار فرسایش ویژه را در ضریب رسوبدهی ضرب می‌نماییم که از رابطه زیر به دست می‌آید (رفاهی، ۱۳۸۲):

$$G_{SP} = W_{SP} \cdot RU \quad (۵)$$

در رابطه بالا:

$$G_{SP} = \text{دبی رسوب ویژه برحسب مترمکعب در کیلومترمربع در سال}$$

$$W_{SP} = \text{مقدار فرسایش ویژه برحسب مترمکعب در کیلومترمربع در سال}$$

$$RU = \text{ضریب رسوبدهی حوضه آبخیز (که همان SDR روش PSIAC می‌باشد)}$$

برای محاسبه دبی رسوب کل؛ دبی رسوب ویژه را در مساحت کل حوضه آبخیز ضرب می‌نماییم که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$G_S = G_{SP} \cdot F \quad (۶)$$

در رابطه بالا:

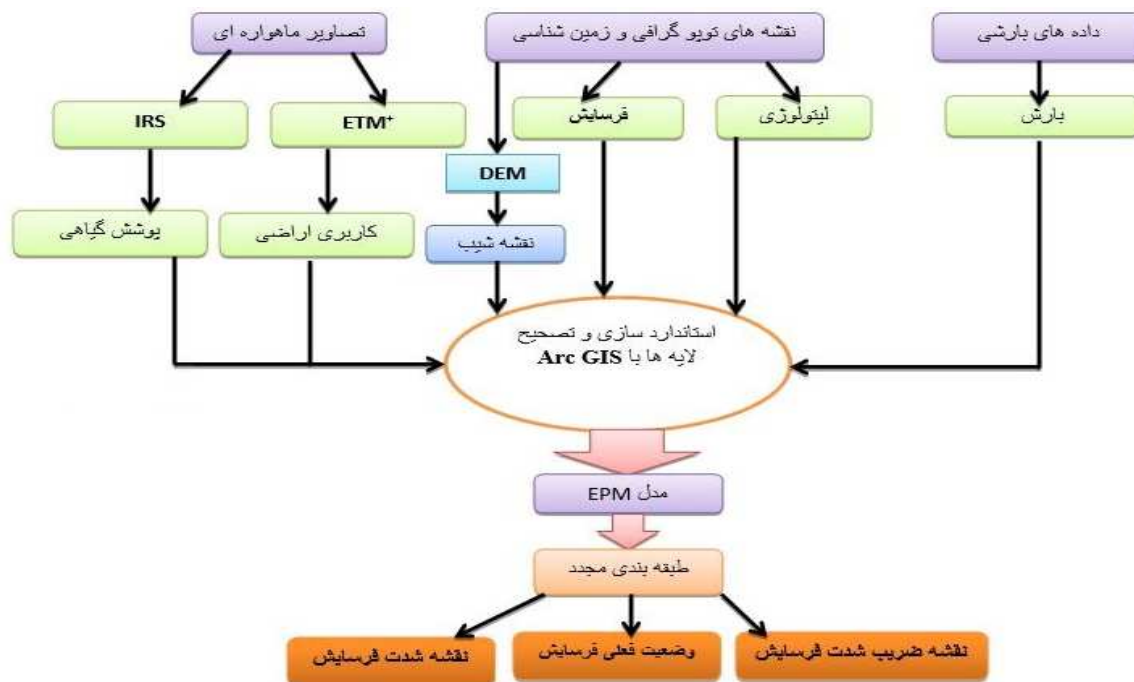
$$G_S = \text{دبی رسوب کل حوضه برحسب مترمکعب در سال}$$

$$G_{SP} = \text{دبی رسوب ویژه برحسب مترمکعب در سال در کیلومترمربع}$$

$$F = \text{مساحت حوضه آبخیز برحسب کیلومترمربع}$$

در ادامه در این تحقیق برای تهیه نقشه پتانسیل سنجی فرسایش از نقشه‌های توپوگرافی شهرستان ایوان غرب با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و همچنین از نقشه‌های زمین‌شناسی ایلام و ایوان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شد. همچنین برای مطالعه و بررسی حساسیت سازندها به فرسایش از نقشه کاربری اراضی و لیتولوژی منطقه استفاده گردید. بسیاری از اطلاعات مربوط به کاربری اراضی و همچنین میزان و وضعیت فعلی فرسایش منطقه از طریق تصاویر ماهواره‌ای + ETM و IRS مربوط به بازه زمانی ۱۳۹۳ و همچنین بازدید و مطالعه میدانی از منطقه مورد مطالعه استخراج گردید. اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی، هیدرومتری و تبخیرسنجی نیز از اداره هواشناسی استان ایلام تهیه گردید. پس از تشکیل پایگاه داده اطلاعاتی به منظور بررسی میزان فرسایش‌پذیری، نقشه‌های فوق در محیط Arc GIS10 تصحیح خطا گردیده و عملیات تصحیحی بر روی نقشه‌ها صورت گرفت. در ادامه نتایج

به دست آمده وارد مدل EPM شده و بر روی آن‌ها طبقه‌بندی مجدد اعمال گردید. در نهایت نقشه شدت فرسایش و ضریب شدت فرسایش استخراج گردید (شکل ۲).



شکل ۲: ساختار برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب در حوضه آبخیز رودخانه کنگیر

اقلیم

فرسایش و رسوبزایی هر منطقه تا حد زیادی وابسته به اقلیم آن منطقه می‌باشد؛ زیرا آب‌وهوا علاوه بر تأثیر بر روی پدیده خاک‌زایی بر روی وضع پوشش گیاهی نیز تأثیر دارد. جهت بررسی شرایط آب و هوایی منطقه از آمارهای هواشناسی سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۹۴ ایستگاه سینوپتیک ایلام و گل‌گل که در نزدیک خود حوضه قرار دارد استفاده گردید.

دمای منطقه و تغییرات ماهانه و سالانه آن

فاکتور دیگری که بعد از بارش در مطالعات اقلیم یک منطقه بیشترین تأثیر را در فرسایش دارد عامل دما و تغییرات آن در یک منطقه است. لذا جهت بررسی دمای منطقه با توجه به اینکه ایستگاه ایلام تنها ایستگاه سینوپتیک منطقه می‌باشد از آمار این ایستگاه استفاده شده است. جدول (۳) مقادیر حداکثر مطلق، متوسط حداکثر ماهانه، متوسط روزانه، متوسط حداقل ماهانه و حداقل مطلق ایستگاه ایلام را نشان می‌دهد. همان‌طوری که در این جدول دیده می‌شود بیشترین درجه حرارت روزانه ثبت شده ۴۰/۶ درجه سانتی‌گراد و کمترین آن (حداقل مطلق روزانه) ۱۴/۶- درجه سانتی‌گراد است. بررسی تغییرات ماهانه نشان می‌دهد که سردترین ماه‌های سال دی و بهمن می‌باشند و تیر و

مرداد جزء ماه‌های گرم سال می‌باشند. میانگین درجه حرارت سالانه منطقه در ایستگاه ایلام ۱۶/۹ درجه سانتی‌گراد است که جزء منطقه معتدل محسوب می‌گردد. به‌منظور روشن شدن وضعیت بارش و نقش آن در فرسایش از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های موجود حوضه نزدیک ایستگاه استفاده شده است. قابل ذکر است در محاسبات اصلی میزان بارش ایستگاه سینوپتیک ایلام مبنا و آمار سایر ایستگاه‌ها برای دقت بیشتر مورد توجه بوده است جدول (۴).

جدول ۳: مشخصات حرارتی ایستگاه سینوپتیک ایلام

سالانه	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	ماه
													پارامترها
۳۱/۲	۳۹/۴	۴۰/۶	۴۰/۶	۳۹	۳۳/۴	۲۷/۸	۲۴/۶	۱۹/۶	۲۳	۲۴	۲۷/۶	۳۴/۲	حداکثر مطلق
۲۱/۳	۳۲/۵	۳۶/۲	۳۵/۱	۳۰/۴	۲۳/۹	۱۷/۵	۱۲/۶	۹	۹/۶	۱۲/۶	۱۸/۸	۲۶/۸	معدل حداکثر مطلق
۱۶/۹	۲۶/۲	۲۹/۹	۲۸/۷	۲۴/۵	۱۸/۵	۱۲/۶	۷/۹	۴/۹	۵/۵	۸/۴	۱۳/۹	۲۱/۲	معدل روزانه
۱۱/۶	۱۹/۹	۲۳/۵	۲۲/۳	۱۸/۷	۱۳/۱	۷/۷	۳/۲	۰/۸	۱/۳	۴/۲	۹/۱	۱۵/۶	معدل حداقل مطلق
-۰/۲	۱۱	۱۴/۴	۱۲	۸/۶	۳/۴	-۴/۸	-۱۰	-۱۴/۶	-۱۲/۶	-۹/۴	-۵/۸	۸	حداقل مطلق

جدول ۴: میانگین و درصد بارندگی فصلی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

سالانه	تابستان	بهار	زمستان	پاییز	فصل	
					نام ایستگاه	
۶۲۱	۰/۵	۱۲۳/۹	۳۱۳/۵	۱۸۳/۱	ایلام	میانگین mm
۱۰۰	۰	۲۰	۵۰/۵	۲۹/۵	ایلام	درصد
۶۸۶	۰	۱۴۶	۳۵۸	۱۸۲	گل گل	میانگین mm
۱۰۰	۰	۲۱/۳	۵۲/۲	۲۶/۵	گل گل	درصد
۶۶۸/۲	۱/۴	۹۴/۶	۲۰۳/۳	۱۶۸/۹	میش خاص	میانگین mm
۱۰۰	۰/۳	۲۰/۳	۴۳/۴	۳۶	میش خاص	درصد
۵۶۷/۶	۰	۱۱۴/۵	۳۰۴/۸	۱۴۸/۳	ماربره	میانگین mm
۱۰۰	۰	۲۰/۲	۵۳/۷	۲۶/۱	ماربره	درصد
۵۷۳	۰	۱۰۱/۴	۲۹۹/۲	۱۷۲/۴	ملکشاهی	میانگین mm
۱۰۰	۰	۱۷/۷	۵۲/۲	۳۰/۱	ملکشاهی	درصد

محاسبه دبی حداکثر و دبی ویژه

با توجه به محاسبات انجام شده دبی پیک برای زیرحوضه‌های (A_1, A_2, \dots, A_7) به ترتیب (۲/۳، ۱/۶، ۱/۹، ۱/۳، ۱/۵، ۱/۸، ۲/۵) و دبی ویژه زیرحوضه‌ها به ترتیب (۰/۲۸، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۲، ۰/۲۳، ۰/۱۸، ۰/۲۱) می‌باشد.

زمان تمرکز

زمان تمرکز فاصله زمانی است که لازم است تا جریان سطحی از دورترین نقطه یک حوضه به دهانه خروجی آن برسد. مهم‌ترین کاربرد آن برآورد حجم سیلاب به شکل هیدروگراف جریان‌های سطحی، زمان تأخیر و زمان پیک با استفاده از روش‌های تجربی و منطقی است که از روش کرپیچ در این تحقیق استفاده شده است (جدول ۵). برای این منظور از رابطه شماره ۷ استفاده شده است (مک کوان^۱، ۱۹۹۸).

روش کرپیچ از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$t_c = 0.0003L^{0.77}S^{-0.385} \quad (7)$$

در رابطه بالا:

TC = زمان تمرکز برحسب ساعت

L = طول‌ترین مسیری که آب طی می‌کند به km

S = شیب متوسط آبراهه اصلی به متر

جدول ۵: محاسبه زمان تمرکز (برحسب ساعت) برای زیر حوضه‌ها و حوضه آبخیز رودخانه کنگیر

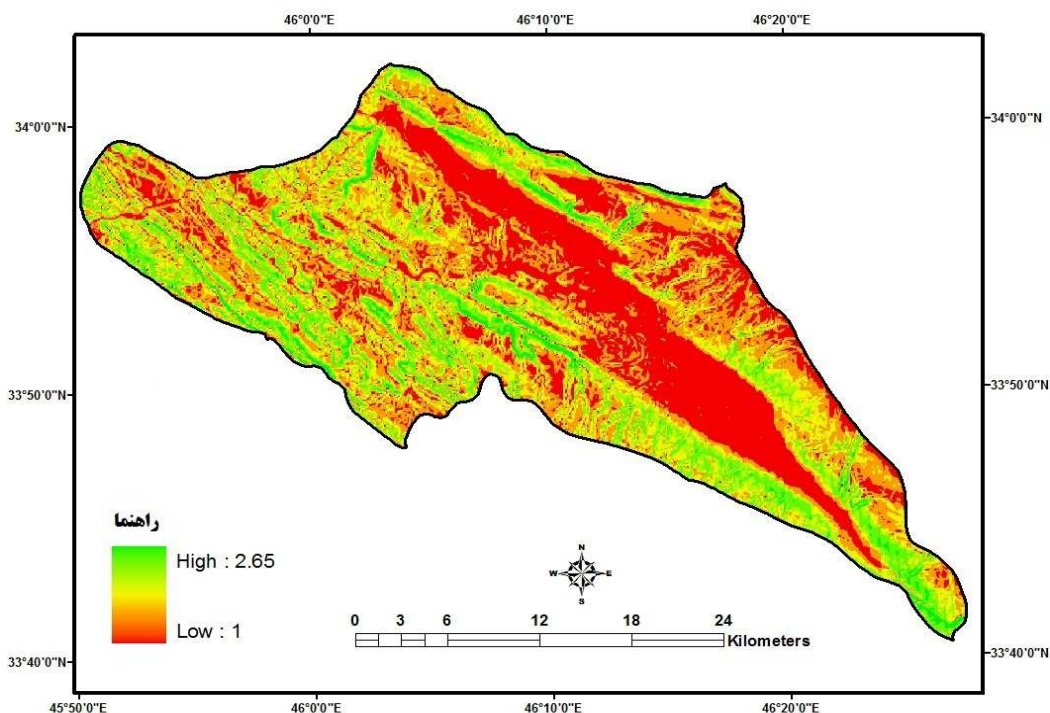
کل حوضه	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	روش کرپیچ
۰/۶۸	۰/۲۳	۱/۴۷	۰/۳۷	۰/۲۹	۰/۵۷	۰/۴۴	۱/۴	

توپوگرافی و شیب

توپوگرافی تنها عاملی است که به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد و عوامل مربوط به آن شیب و جهت شیب نقش مهمی در ایجاد فرسایش و نهایتاً تولید رسوب دارند. شیب عبارت است از زاویه‌ای که سطح زمین با یک صفحه افقی فرضی می‌سازد و یا در واقع نسبت اختلاف ارتفاع بین دو نقطه در طبیعت به فاصله افقی بین آن‌ها را شیب دو نقطه گویند. شیب در حوضه‌های آبخیز اثر بسیار زیادی در واکنش هیدرولوژیک حوضه دارد. به عنوان مثال سرعت جریان‌های سطحی به طور مستقیم به شیب بستگی دارد. افزایش سرعت آب (چه جریان‌های سطحی و چه جریان‌های رودخانه‌ای) نیروی جنبشی آب و در نتیجه قدرت تخریب و حمل آن را افزایش می‌دهد. در نتیجه حجم سیلاب و جریان‌های سطحی مستقیماً به شیب حوضه بستگی دارد. برای تهیه نقشه شیب حوضه از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استفاده گردید. شیب حوضه رابطه نسبتاً مستقیم و پیچیده‌ای بانفوذ آب و جریان‌های سطحی و

^۱- Mc Cuen

نیز رطوبت خاک دارد و در میزان فرسایش و تولید رسوب حوضه مؤثر است؛ زیرا هر چه شیب بیشتر باشد فرایندهای فرسایش نیز تأثیرگذار می‌شوند. امتیاز این عامل از روش یمانی اسکندری (۱۳۸۹) کسب گردیده است. طوری که بیشترین شیب بالای ۴۰ درصد، امتیاز ۷ و کمترین شیب در دامنه ۰-۵ درصد امتیاز ۱ به خود می‌گیرد. شیب متوسط حوضه ۱۷/۸ درصد است. شیب منطقه در ۷ رده طبقه‌بندی شد؛ که شیب‌های بیشتر ۴۰ درصد بیشترین امتیاز و شیب‌های کمتر از ۵ درصد کمترین امتیاز را به خود می‌گیرد. بیشتر حوضه به سبب کوهستانی بودن دارای رنج شیب زیادی می‌باشد. به‌جز قسمت مرکزی حوضه که دربرگیرنده دشت ایوان می‌باشد. بقیه نقاط حوضه را مناطق کوهستانی و پرشیب تشکیل می‌دهد (شکل ۳).

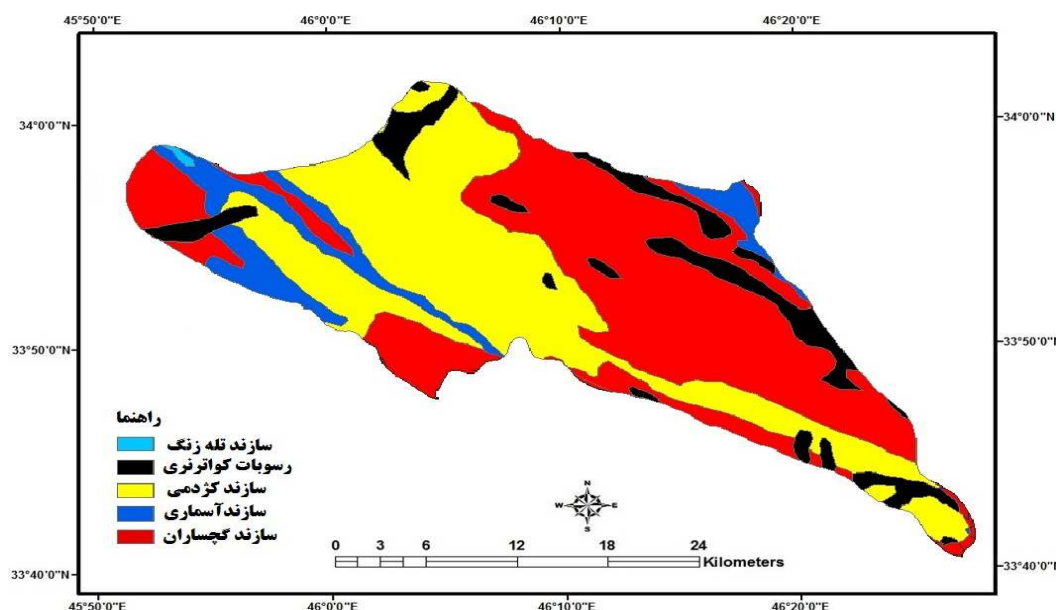


شکل ۳: لایه وزن بندی شده درجات شیب حوضه آبخیز کنگیر

حساسیت خاک و سنگ به فرسایش

عامل زمین‌شناسی به‌عنوان یکی از پارامترها (متغیر مستقل) در ایجاد فرسایش به‌شمار می‌رود؛ زیرا زمین‌شناسی و ساختار متنوع آن اغلب باعث اختلاف در پایداری و مقاومت سنگ‌ها و همچنین تنوع جنس خاک می‌شود. در این پژوهش از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ایلام استفاده گردید. در این نقشه رسوبات کواترنری حدود ۱۱ درصد از محدوده مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند که در مقابل فرسایش حساس می‌باشند. سازند گچساران ۴۱ درصد از مساحت کل حوضه را تشکیل می‌دهد که بر اساس نتایج تحقیقات فیض‌نیا این سازند دارای حساسیت متوسط تا زیاد نسبت به فرسایش‌پذیری می‌باشد (فیض‌نیا، ۱۹۹۶). سازند آسماری ۱۳ درصد از مساحت حوضه را در برمی‌گیرد که

دارای حساسیت متوسط به فرسایش می‌باشد. همچنین سازند کژدمی حدود ۳۳ درصد از کل مساحت حوضه را در برمی‌گیرد که دارای حساسیت متوسط نسبت به فرسایش می‌باشد. سازند تله زنگ نیز کمتر از یک درصد از مساحت حوضه را در برمی‌گیرد. رسوبات سیلابی بر بستر رودخانه کنگیر تنها ۰/۰۷ درصد از کل مساحت حوضه را تشکیل می‌دهد که حساسیت زیادی نسبت به فرسایش دارند (شکل ۴).

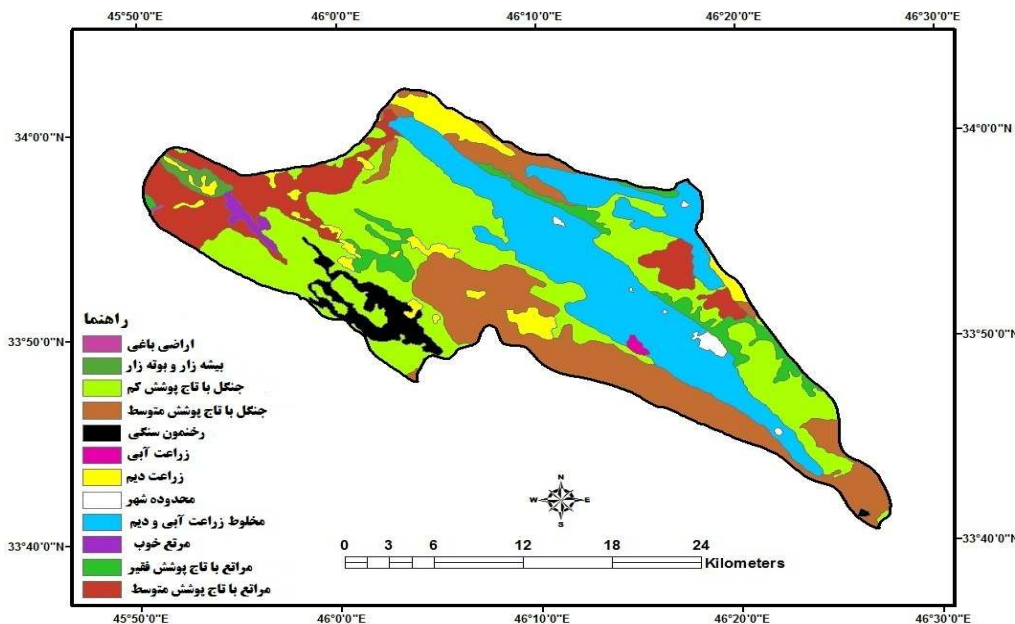


شکل ۴: لایه زمین‌شناسی و حساسیت سنگ حوضه آبخیز کنگیر

نحوه استفاده از زمین

نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه تحت عنوان نحوه استفاده از زمین از تصاویر ماهواره لندست ۸، سنجنده ETM⁺ مربوط به بازه زمانی ۱۳۹۳ از سایت مرکز تحقیقات زمین‌شناسی آمریکا دریافت شد. سپس پیش‌پردازش تصاویر شامل تصحیحات هندسی و رادیومتریک انجام شد. به منظور حصول اطمینان از موقعیت مکانی سطوح پوشش گیاهی، عملیات زمین مرجع سازی مجدداً آنجا شد. به این منظور، ابتدا یک ترکیب رنگی کاذب جهت وضوح بیشتر عوارض ساخته شد. سپس با اعمال روش نزدیک‌ترین همسایه و مدل هندسی چندجمله‌ای درجه یک، به نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه ثبت داده شد. در ادامه جهت طبقه‌بندی تصاویر از روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده استفاده گردید. همچنین به منظور ارزیابی وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) بهره گرفته شد. چون شاخص NDVI همبستگی بالایی را با تاج پوشش گیاهی نشان می‌دهد انتخاب گردید. ارزش عددی NDVI بین -۱ و +۱ است عدد -۱ معرف اراضی لخت و فاقد هرگونه پوشش گیاهی و عدد +۱ برای اراضی جنگلی دارای پوشش گیاهی متراکم هستند (شهابی و همکاران، ۲۰۱۲). بر اساس نقشه استخراج‌شده، پوشش گیاهی منطقه شامل جنگل‌های نیمه انبوه با تاج پوشش متوسط،

۳۳۴۶/۰۹ هکتار معادل ۲۸/۹۶ درصد از منطقه مطالعاتی را در جنوب غربی و جنوب حوضه در برگرفته‌اند. جنگل‌های تنک با تراکم پوشش کم، ۳۶۹۲/۰۳ هکتار معادل ۳۳/۰۸ درصد از کل مساحت حوضه را در دامنه‌های غربی بانکول اشغال کرده‌اند. مراتع با تاج پوشش خوب، مراتع با تاج پوشش متوسط و مراتع کم تراکم با تاج پوششی فقیر، به ترتیب ۲۰۷۸/۷۵، ۱۳/۳۲ و ۳۹۵/۸۸ هکتار از مساحت حوضه را شامل می‌شود که معادل ۰/۱، ۱۱/۹۳ و ۲/۲۷ درصد از کل مساحت حوضه می‌باشند. ۲۳۸۹/۹۹ هکتار معادل ۱۷/۴۷ درصد از کل مساحت حوضه را کاربری زراعت دیم و آبی تشکیل می‌دهد. بقیه محدوده را دیگر کاربری‌ها تشکیل می‌دهد (شکل ۵).

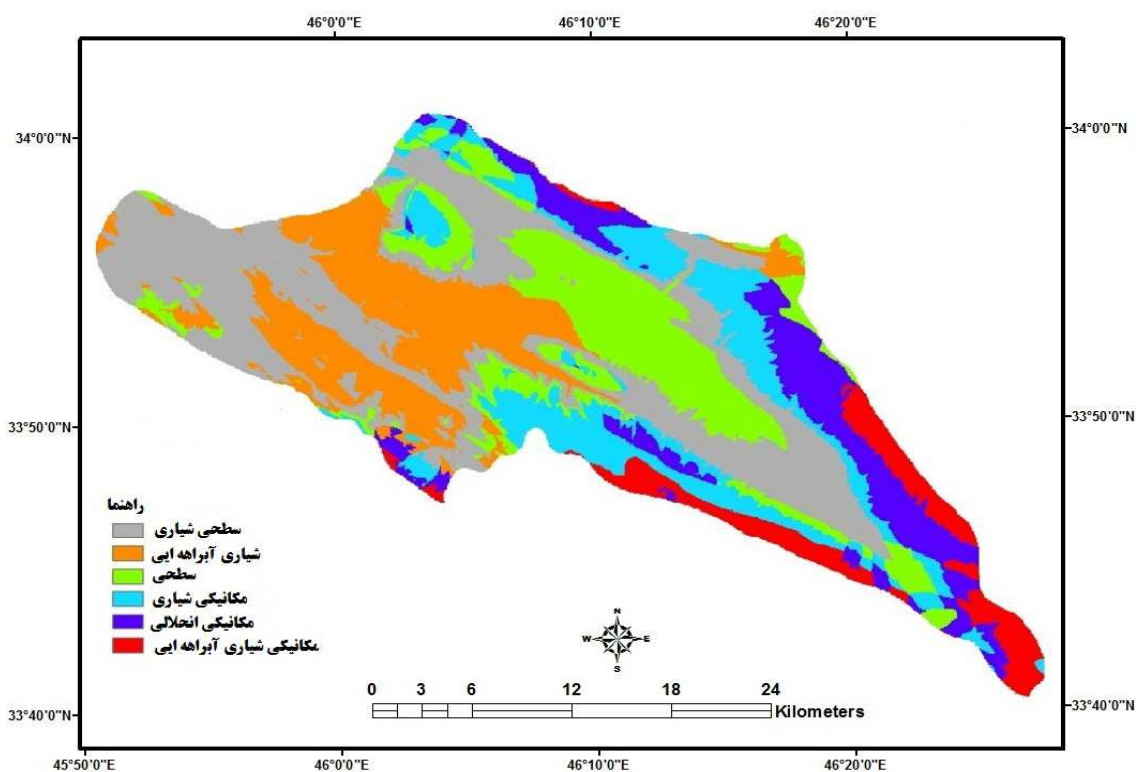


شکل ۵: نحوه استفاده از زمین در محدوده مورد مطالعه

یافته‌های تحقیق

وضعیت فعلی فرسایش منطقه

ارزیابی این عامل به سایر عوامل دیگر نیز بستگی دارد. برای مثال اگر ۸۰ درصد از منطقه از انواع فرسایش شیاری و خندقی مؤثر باشد دارای بیشترین امتیاز مورد نظر می‌باشد و بالعکس اگر منطقه دارای پوشش گیاهی خوب باشد دارای امتیاز کمتری می‌باشد. در اینجا برای مطالعه و بررسی میزان وضعیت فعلی فرسایش منطقه محقق اقدام به برداشت میدانی در خصوص میزان فرسایش شیاری و خندقی و سایر عواملی که می‌توانند در فرسایش‌پذیری منطقه مؤثر باشند اقدام نمود. همچنین از تصاویر ماهواره ایی + ETM سال ۱۳۹۳ برای بررسی چهار فرسایش خندقی، شیاری، سطحی و رودخانه‌ای استفاده گردید (شکل ۶).



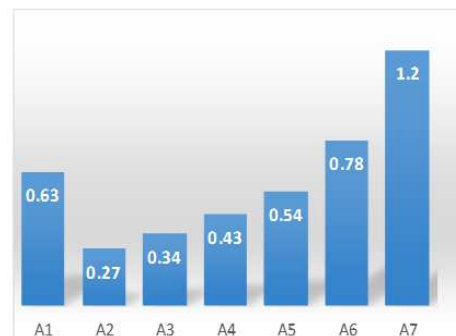
شکل ۶: وضعیت فعلی فرسایش منطقه مورد مطالعه

محاسبه شدت فرسایش

در لایه ضریب استفاده از زمین ضریب ۱ برای مناطق فرسایش پذیر و ضریب ۰/۱ برای مناطقی که جنگلی هستند و محافظت از خاک صورت می‌گیرد در نظر گرفته می‌شود. در این قسمت میانگین چهار ضریب مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. نتایج میانگین چهار ضریب در فرسایش خاک در جدول (۶) مشخص شده است و سپس این چهار لایه در محیط نرم افزار Arc GIS10 با هم پوشانی شدند و نقشه پتانسیل فرسایش پذیری منطقه به دست آمد؛ بنابراین و بر اساس رابطه (۱) و با هم پوشانی لایه‌های اطلاعاتی نقشه فرسایش پذیری حوضه تهیه گردید. لازم به ذکر است ضریب شدت فرسایش (Z) برای هر یک از زیر حوضه‌ها به صورت جداگانه محاسبه گردید (جدول ۶) و میانگین آن برای کل حوضه در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از بررسی نقشه فوق نشان می‌دهد که بیشترین فرسایش در قسمت جنوب غربی و غرب حوضه قرار دارد. چون این منطقه از سازندهای ناپایدار و مستعد فرسایش تشکیل شده است. شیب زیاد منطقه به اضافه بارش فراوان و تغییر کاربری اراضی در این محدوده بسیاری از عرصه‌های آن با بحران فرسایش خاک مواجه کرده است. مقدار Z به دست برای این مناطق بیش از ۱ است که نشان‌دهنده فرسایش پذیری شدید این ناحیه می‌باشد (شکل ۷ و ۸).

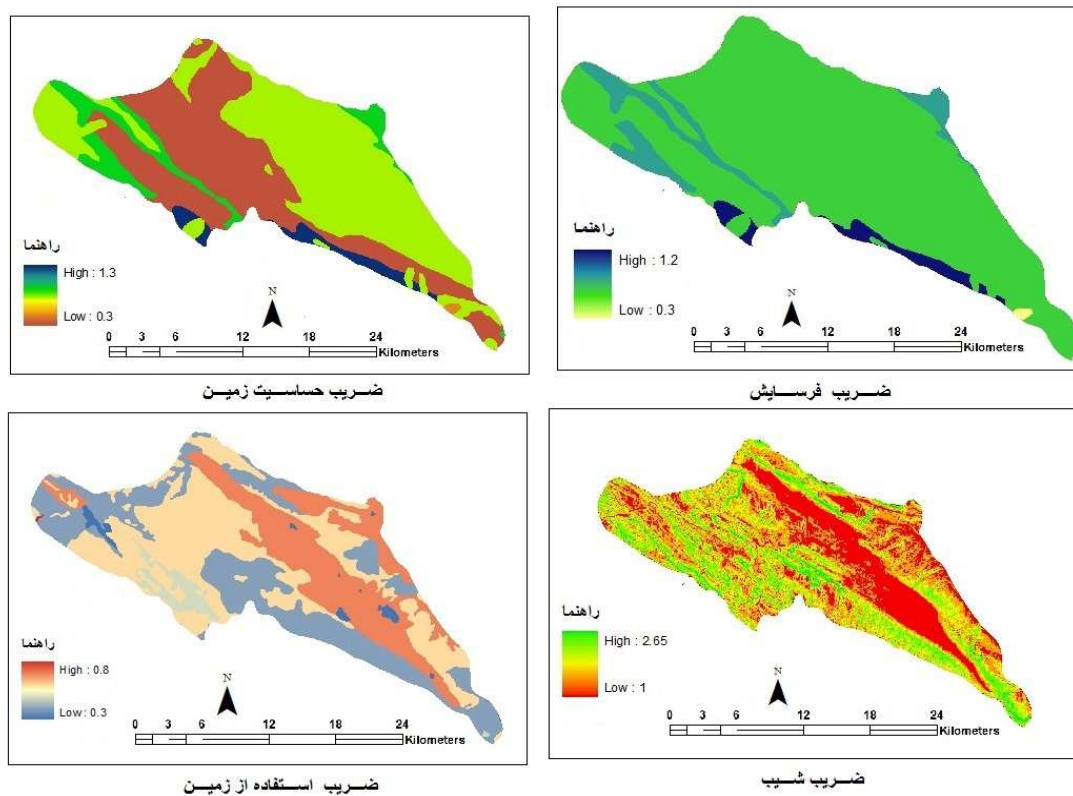
جدول ۶: تعیین ضریب شدت فرسایش Z و کلاس فرسایش در زیر حوضه‌ها و حوضه کنگیر

مساحت km	استفاده از زمین	ضریب فرسایش	ضریب زمین‌شناسی	شیب	Z	کلاس رسوب‌دهی و فرسایش	زیر حوضه
۸۹/۷	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۷۱	۰/۵۳	۰/۶۳	III متوسط	A ₁
۶۹/۸	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۴۶	۰/۲۷	IV کم	A ₂
۱۵۹/۵	۰/۵۴	۰/۶۳	۰/۶۶	۰/۴۹	۰/۳۴	IV کم	A ₃
۱۶۲/۹	۰/۶۳	۰/۷۱	۰/۸۳	۰/۶۳	۰/۴۳	III متوسط	A ₄
۱۵۲/۴	۰/۵	۰/۴۴	۰/۷۶	۰/۶۹	۰/۵۴	III متوسط	A ₅
۱۱۳/۸	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۸۱	۰/۷۱	۰/۷۸	II شدید	A ₆
۱۰۹/۵	۰/۵۱	۰/۷۸	۰/۹۳	۰/۷۷	۱/۲	I خیلی شدید	A ₇
۸۷۵/۵	۰/۵۴	۰/۵۹	۰/۷۴	۰/۶۱	۰/۶	III کل حوضه متوسط	



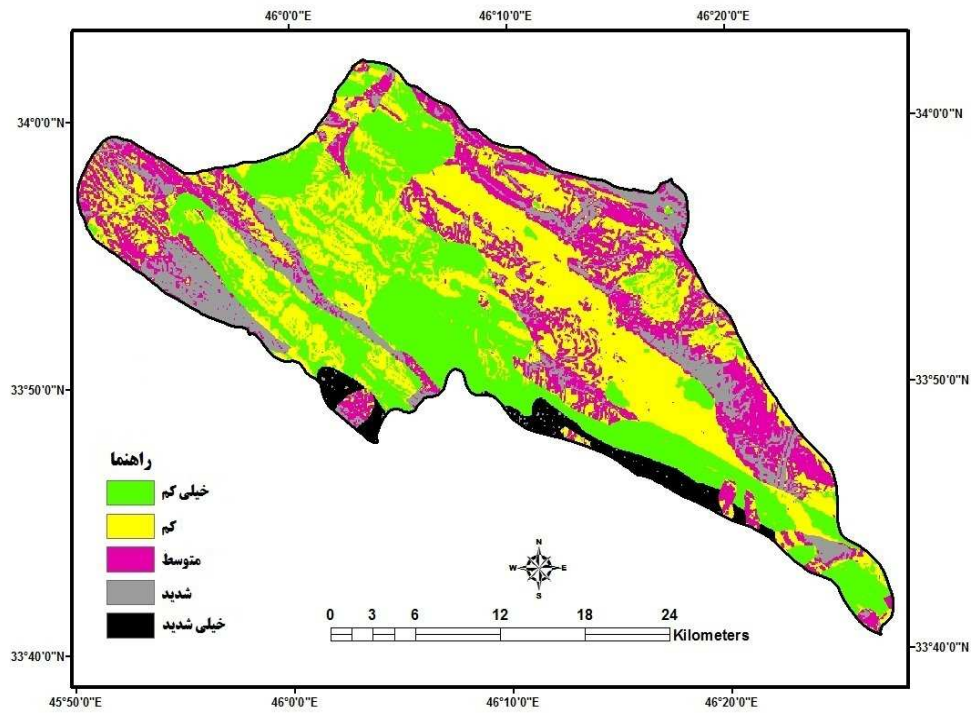
شکل ۷: کلاس بندی فرسایش ویژه حوضه آبخیز رودخانه کنگیر شکل ۸: کلاس بندی شدت فرسایش در حوضه آبخیز کنگیر

نقشه‌های ضرایب شدت فرسایش در حوضه آبخیز رودخانه کنگیر در شکل ۹ نشان داده شده است. همچنین در شکل ۱۰ نقشه شدت فرسایش در حوضه کنگیر نشان داده شده است که بر اساس آن کمترین مقدار فرسایش مربوط به قسمت‌های مرکزی و هموار منطقه است که به وسیله دشت ایوان اشغال شده است و بیشتر زیر کشت آبی و دیم و باغ کاری در مناطق با شیب بسیار کم قرار می‌گیرد که دارای فرسایش پذیری کمتری می‌باشد و بیشترین فرسایش در قسمت جنوب غربی و غرب حوضه قرار دارد (شکل ۱۰).

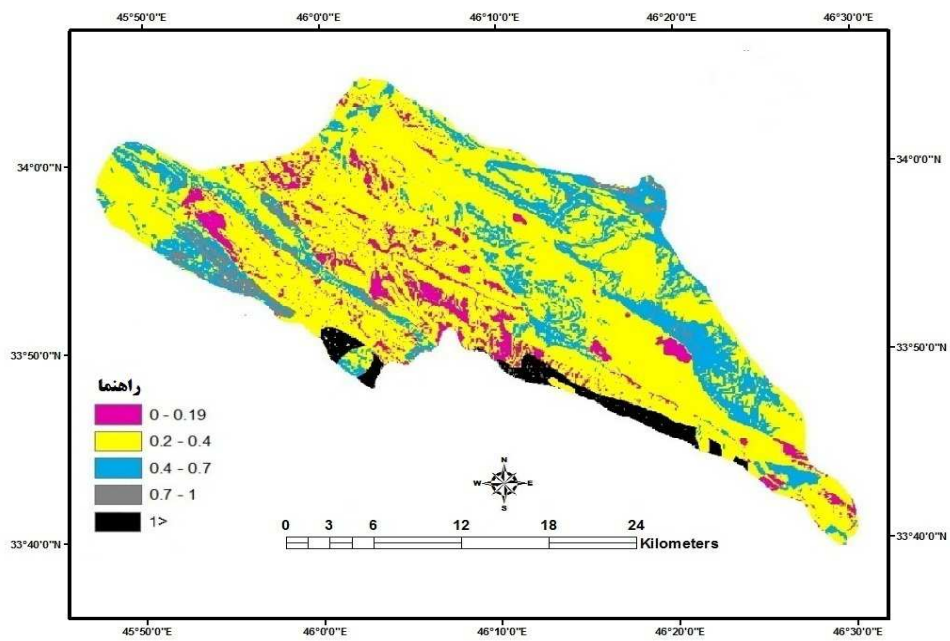


شکل ۹: نقشه ضرایب شدت فرسایش در حوضه آبخیز رودخانه کنگیر

طبق رابطه (۲) لایه‌های دما، بارش و لایه‌های شدت فرسایش با تابع تحلیلی ذکر شده در عدد پی ضرب گردیده و با همپوشانی نقشه سالانه فرسایش ویژه در حوضه به دست آمد. سپس این نقشه در ۵ کلاس طبقه‌بندی شد و با استفاده از این روش فرسایش را می‌توان به صورت کمی و کیفی به دست آورد (شکل ۱۱). مقدار WSP برای حوضه و رخساره‌های فرسایشی برحسب $(\text{Ton}/\text{ha}.\text{yr})$ و $(\text{m}^3/\text{km}^2.\text{yr})$ به دست آمد. سپس با در نظر گرفتن وزن مخصوص ظاهری خاک مقدار فرسایش سالانه برحسب Ton/h محاسبه شد و در نهایت برای حوضه مورد مطالعه مقدار فرسایش ویژه حوضه $9/61 \text{ Ton}/\text{ha}.\text{yr}$ برآورد گردید (شکل ۱۱).



شکل ۱۰: نقشه شدت فرسایش حوضه آبخیز کنگیر



شکل ۱۱: نقشه ضریب شدت فرسایش منطقه مورد مطالعه

بدیهی است که برای محاسبه دبی رسوب کل برحسب تن در سال برای منطقه مورد مطالعه، می‌بایست G_s (رابطه ۶) را در وزن مخصوص ظاهری خاک حوزه ضرب نماییم و از این طریق در نهایت میانگین مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده برای هر زیر حوضه محاسبه گردید (جدول ۷ و ۸).

جدول ۷: میانگین مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در مدل EPM

فرسایش ویژه m ³ /km ² /yr	ضریب رسوب‌دهی	رسوب ویژه m ³ /km ² /yr	رسوب کل m ³ /yr
۱۵۵۶۴	۰/۸	۴۶۱۷/۴	۱۵۰۹۷۰

جدول ۸: میانگین مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده برای هر زیر حوضه در مدل EPM

کلاس رسوب‌دهی و فرسایش	شدت رسوب‌دهی	مساحت (Km ²)	بار رسوبی (Ton.yr)	رسوب ویژه (Ton./Km ² .yr)	رسوب ویژه Ton/ha.yr	بار رسوبی m ³ .yr	رسوب ویژه m ³ /km ² .yr	مساحت hectare	زیر حوضه
III	متوسط	۳۸/۵	۱۹۴۲۳/۳۴	۵۴۲/۰۵	۵/۶	۱۴۷۵۴/۵۹	۳۷۲/۷	۸۹/۷	A1
II	کم	۳/۹	۱۳۶۳/۸۷	۳۴۷/۹	۳/۴	۸۷۹/۲۸	۲۳۵/۴	۱۱۳/۸	A2
II	کم	۲/۷	۹۷۸/۷۸	۲۳۰/۵۵	۳/۴	۶۴۳/۲۷	۲۱۱/۳	۱۵۹/۵	A3
IV	زیاد	۲۷/۱	۲۲۷۵۵/۸	۷۸۳/۴	۸/۸	۱۴۵۷۷/۶۸	۵۲۳/۹	۱۶۲/۹	A4
III	متوسط	۴۷/۵	۲۷۳۴۴/۵	۵۴۵/۵۶	۵/۳	۱۵۹۵۳/۵	۳۶۱/۲	۱۵۲/۴	A5
III	متوسط	۵۲/۹	۳۱۶۴/۸	۵۸۱/۵۳	۵/۷	۲۱۳۲۰/۴	۳۹۰/۹	۶۹/۷	A6
IV	زیاد	۱/۹	۱۵۸۹/۷۶	۸۱۷/۳۴۴	۸/۴۷	۱۲۲۴/۷	۵۷۴/۷	۱۰۹/۵	A7

نتیجه‌گیری

روند رو به رشد فرسایش خاک در استان ایلام، منابع طبیعی این استان را در معرض تهدید جدی قرار داده است. این در حالی است که در صورتی که برنامه‌ریزی مناسبی برای حفظ منابع طبیعی و جلوگیری از فرسایش خاک در این استان انجام نشود در آینده نزدیک زمین‌های حاصلخیز این منطقه با فقر منابع طبیعی و پوشش گیاهی مواجه می‌شود. حوضه آبخیز رودخانه کنگیر در قسمت شمالی استان ایلام قرار گرفته است. این حوضه از نظر شاخص‌های زیست‌محیطی یک منطقه حساس محسوب می‌شود. بیشتر کاربری اراضی حوضه در حال حاضر شامل پوشش جنگلی عمدتاً بلوط ایرانی در مناطق کوهستانی و در سایر مناطق هموار و کم شیب به دلیل حجم بارش زیاد و خاک غنی از نظر مواد عالی بیشتر کشاورزی به صورت دیم و در برخی مناطق به صورت ترکیبی از کشاورزی آبی و دیم کاری است. روند رو به رشد تخریب پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه در طی ده سال اخیر بر اثر فشار بیش از حد دام‌های اطراف بر مراتع واقع در مناطق کوهستانی و پرشیب غربی و خشک شدن درختان بلوط منطقه بر اثر ریزگردهای انتقالی از عراق و خشک‌سالی‌های اخیر تشدید شونده بوده و این منطقه را مستعد فرسایش نموده است. در بسیاری از موارد بسیاری از کاربری‌های جنگل و مرتع یا تخریب شده یا جهت استفاده یا به نفع کشاورزی دیم تغییر کاربری داده

است. رها شدن زمین‌های کشاورزی برای یک‌زمان طولانی که در واقع سطح زمین را در برابر فرایندهای فرسایشی آسیب‌پذیر نموده همراه با سازندهای حساس در برابر فرسایش و میزان بارش زیاد در منطقه که در سال‌های ترسالی این میزان به بیش از ۸۰۰ میلی‌متر می‌رسد زمینه لازم را برای تسریع فرسایش در این نواحی فراهم کرده است. در این تحقیق با استفاده از مدل فرسایش E.P.M و تحلیل‌های میدانی، نقشه پتانسیل فرسایش‌پذیری در منطقه مورد مطالعه مشخص گردید میزان فرسایش ویژه در این حوضه در سال معادل ۱۳/۵ تن در هکتار در سال برآورد گردید و معادل ۹۶۱ مترمکعب در کیلومتر مربع در سال می‌باشد. مقدار ضریب رسوب‌دهی حوضه کنگیر ۰/۸۱ محاسبه شد. این در حالی است که فرسایش خاک در ایلام باعث از بین رفتن سالانه ۴۶ میلیون تن خاک حاصلخیز و به تبع آن مراتع و جنگل‌های موجود در آن می‌شود. که این مقدار معادل تخریب ۱۰ هزار هکتار زمین زراعی است. اگر این مقدار فرسایش را با میزان فرسایش سالانه خاک در کشور که بین ۲ تا ۲/۵ میلیارد تن گزارش شده است مقایسه کنیم می‌بینیم که در کل روند رو به رشدی در فرسایش خاک در استان ایلام شاهد هستیم. به‌طوری کلی نتایج تحقیق نشان‌دهنده فرسایش‌پذیری متوسط منطقه است که در حال تسریع است و در صورت نبود اقدامات مدیریتی شاهد فرسایش‌پذیری بالا خواهیم بود. واحدهای حساس به فرسایش بیشتر در قسمت‌های غربی و جنوب غربی حوضه قرار دارند و میزان رسوب‌دهی در این قسمت از حوضه در سطح بالایی است. در این تحقیق میزان میانگین فرسایش (Z) در کل حوضه عدد ۰/۶ را به دست آورد که نشان‌دهنده فرسایش‌پذیری متوسط منطقه می‌باشد. در این بررسی بیشترین میزان فرسایش در قسمت‌های غربی و جنوب غربی حوضه آبخیز قرار دارد که دارای بارش و شیب زیاد و سازندهای حساس در برابر فرسایش است و کمترین میزان فرسایش در مرکز و شمال غربی حوضه آبخیز قرار دارد. البته تغییرات کاربری و دخالت‌های انسانی در سال‌های اخیر در فرسایش‌پذیری منطقه تأثیرات زیادی داشته است که با انجام اقدامات و مدیریت صحیح حوضه آبخیز می‌توان خسارات ناشی از فرسایش و رسوب را کاهش داد. جهت کاهش فرسایش در حوضه آبخیز مورد مطالعه اجرای برنامه‌های نظیر افزایش پوشش گیاهی با استفاده از کاشت گیاهان و عملیات حفاظتی، احداث بانکت، تراس و کاشت مثلی در باغات دیم؛ استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار بارانی و قطره‌ای و ساختن سدهای اصلاحی در آبراه‌ها جهت حفظ بستر آبراه‌ها پیشنهاد می‌گردد. همچنین استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌روز و دارای قدرت تفکیک بالا علاوه بر کاهش هزینه‌ها نسبت به روش سنتی باعث افزایش دقت در برآورد میزان فرسایش و رسوب در پهنه جغرافیایی بزرگ‌تر و با سرعت و دقت بیشتری می‌گردد.

منابع

- برزو، آرش؛ ممیزی، محمدرضا؛ نیک‌اندیش، عباسعلی، (۱۳۸۶)، مقایسه سه مدل EPM, MPSIAC, PSIAC در برآورد میزان فرسایش و رسوب در حوضه چهل چشمه استان فارس، فصلنامه دانش کشاورزی ایران، شماره ۱، ۲۹-۱۹.
- حسینخانی، حسن، (۱۳۹۲)، ارزیابی خطر فرسایش و پتانسیل رسوب‌دهی حوضه آبخیز سد شهریار میانه با استفاده از تکنیک‌های GIS و مدل EPM، فصل‌نامه زمین‌شناسی ایران شماره، ۲۶، ص: ۹۶-۸۷.

- حکیم خانی، شاهرخ، (۱۳۸۱)، مروری بر مطالعات و پایان نامه انجام شده بر روی مدل تجربی PSIAC در ایران و بررسی ایرادهای وارد شده بر آن‌ها و تهیه دستورالعمل استفاده از آن‌ها، سمینار دوره دکتری، دانشگاه تهران.
- دهزاد، بهروز؛ شکیبا، علیرضا؛ حسینی اصل، امین؛ مشکین، خدیجه، (۱۳۸۷)، پهنه‌بندی فرسایش در استان گلستان با استفاده از مدل EPM در محیط GIS، مطالعات برنامه‌ریزی سکونت‌گاه‌های انسانی، شماره ۷، ص ۶۱-۷۲.
- راستگو، سعید، (۱۳۸۳)، مقایسه دو مدل EPM و MPSIAC در برآورد رسوب حوضه آبخیز تنگ گشت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- رفاهی، حسینقلی، (۱۳۸۲)، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.
- رنگزن، کاظم؛ زراسوندی، علیرضا؛ حیدری، ارسلان، (۱۳۸۷)، مقایسه دو مدل E.P.M, MPSIAC برای برآورد فرسایش و میزان رسوب حوضه پگاه گتوند خوزستان با استفاده از تکنیک GIS و RS، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، ص ۱۳۶-۱۲۳.
- رنگزن، کاظم؛ مراد زاده، محسن، (۱۳۸۴)، برآورد میزان رسوب‌دهی حوضه امامزاده عبدالله شهرستان باغملک با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS در مدل MPSIAC و مقایسه با روش‌های سنتی، همایش ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، (۱۳۸۵)، فرهنگ آبادی‌های استان ایلام (شهرستان ایلام).
- عابدینی، موسی؛ شبرنگ، شنو؛ اسمعیلی، اباذر، (۱۳۹۱)، بررسی میزان فرسایش خاک و رسوب‌دهی در حوضه آبخیز مشکین چای به روش EPM، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۰، ص ۸۷-۱۰۰.
- قضاوی، رضا؛ ولی، عباسعلی؛ مقامی، یاسر؛ عبدی، ژاله؛ شرفی، سیامک، (۱۳۹۱)، مقایسه مدل‌های EPM، MPSIAC و PSIAC در برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از GIS، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۷، ص ۱۲۶-۱۱۷.
- مرادی، مصطفی؛ عنجه پور، دیبا؛ نوحه‌گر، احمد؛ محمودی نژاد، وفا، (۱۳۹۰)، مقایسه مدل‌های EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و تولید رسوب در حوضه آبخیز پور احمدی (استان هرمزگان)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۴، ص ۶۷-۵۳.
- نادری، فتح‌الله؛ کریمی، حاجی؛ ناصری، بهروز، (۱۳۸۸)، پهنه‌بندی پتانسیل فرسایش خاک در حوزه آبخیز آسمان‌آباد ایلام به روش شاخص فرسایش، پژوهش‌های سازندگی، شماره ۴۹، ص ۴۴-۵۱.
- هاشمی، سید علی‌اصغر؛ عرب خذری، محمود، (۱۳۸۶)، ارزیابی مدل E.P.M از طریق رسوب سنجی مخازن سدهای کوچک، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۲، ص ۳۴۵-۳۵۵.
- یمانی، مجتبی؛ اسکندری نژاد، فاطمه، (۱۳۸۹)، تاثیر عوامل ژئومورفولوژیک بر رسوب‌زایی حوضه قزقنچای (زیر حوضه حبله رود در بالادست سد نم رود)، علوم زمین سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۱، ص ۱۷-۱.
- Amini, S. Rafiei, B. Khodabakhsh, S. and Heydari, M. (2010). Estimation of erosion and sediment yield of Ekbatan Damdrainage basin with EPM, using GIS. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 2, 173-180.
- Amiri, F. and Tabatabaie, T. (2009). EPM Approach for erosion modeling using RS and GIS. 7th FIG Regional Conference, Vietnam, 19-22.
- Amiri, K. (2010). Estimate of erosion and sedimentation in semi-arid basin using empirical models of erosion potential within a geographic information system. *Air, Soil and Water Research*, 3.
- Brierley, G. I. Fryirs, K. I. (2006). "Geomorphology and River Management", Blackwell Publication, pp387.
- Erllich, R. R. (1988). The Loss of diversity: causes and consequences. In: Wilson E. O. and Peter F. M. (eds), *Biodiversity*. National Academic Press, Washington D. C. pp. 21-27.
- Feng, X. Wang, Y. Cheng, L. Fu, B. Bai, G. (2010). Modeling soil erosion and response to land – use change in hilly catchments of the Chinese loess plateau, 118.
- Feoli, E. Vuerich, L. G. Zerihun, W. (2000). Evaluation of environmental degradation in northern Ethiopia using GIS to integrate vegetation, geomorphological, erosion and socio-economic factors. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 91, 313-325.
- Feiznia, S. (1996). Rocks Resistance against Erosion in Different Climates of Iran, *Journal of Natural Resources*, 47: 95-116 (In Persian).
- Fox, D. Berolo, W. Carrega, P. Darboux, F. (2006). Mapping erosion risk and selecting sites for simple erosion control measures after a forest fire in Mediterranean France. *Earth Surface Processes and Landforms*, 3.

- Gavrilovic, Z. (1988). The Use of an Empirical Method (Erosion Potential Method) for Calculating Sediment Production and Transportation in Unstudied or Torrential streams International Conference of River Regime, 18-20 May, Wallingford, England 1988 pp. 411-422.
- Grauso, S. Fatloruso, G. Crocetti, C. & Montanaral, A. (2007). "A spatially distributed analysis of erosion susceptibility and sediment yield a river basin by means of geomorphic parameters and regression relationships", *Hydrol. Earth syst. Sci. Discuss.* Vol. 4: 627-654.
- Jain, S.K. Goel, M. K. (2002). Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS. *Hydrological Sciences Journal*, 47.
- Khan, M.A. Gupta, V.P. Moharana, P. C. (2001). Watershed prioritization using remote sensing and geographical information system: a case study from Guhiya, India. *Journal of Arid Environments*, 49.
- Mc Cuen, R.H. (1998). *Hydrologic Analysis and Design*, 2nd ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Owengh, M. (2003). Landuse planning and integrated management of natural hazards in Golestan province. Seminar on floods hazard prevention and mitigation, Gorgan, Iran, Abstract,
- Shahabi, H. Ahmad, B. B. Mokhtari, M. H. Zadeh, M. A. (2012). Detection of urban irregular development and green space destruction using normalized difference vegetation index (NDVI), principal component analysis (PCA) and post classification methods: A case study of Saqqez city. *International Journal of Physical Sciences*, 7(17), 2587-2595.
- Shahabi, H. Salari, M. Ahmad, B. B. Mohammadi, A. (2016). Soil Erosion Hazard Mapping in Central Zab Basin Using EPM Model in GIS Environment. *International Journal of Geography and Geology*, 5(11), 224-235.
- Tangestani, M.H. (2006). Comparison of EPM and PSIAC models in GIS for erosion and sediment yield assessment in a semi- arid envornment: Afzar Catchment, Fars Province, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27, 585-597.
- Tangestani, M. H. (2001). Integrating geographic information systems in erosion and sediment yield applications using the erosion potential method (EPM) *Proceedings*.
- Wilson, E. O. (1992). *The Diversity of life*. Belknap Press, Cambridge, MA, USA.
- Yitayew, M. Pokrzy wka, S. J. Renard, K.G. 1999. - Using GIS for facilitating erosion estimation. *Appl. Eng. Agric.* 15, 295-301.

Estimates of erosion amount and sediment production in the Kangir watershed in Ilam Province using E.P.M model

Asadallah Hejazi*¹, Mehdi Ahmadi², Himan Shahabi³

Received: 28-09-2016

Accepted: 27-02-2018

Abstract

Soil erosion is one of the serious threats for natural resources of each country and in many regions of the world and Iran, erosion is considered as a natural hazard. Nowadays, existing of precise systems and different mathematical models of erosion can ability to researchers for store basic and up-to-date, so that they can estimate the amount of erosion and sediment production in the watersheds. In present research, the model erosion E.P.M (Erosion Potential Method) is used to estimates of the erosion and sediment production in the Kangir watershed in Ilam Province. In the first step, using topographic maps with scale 1: 50,000, the watershed boundary was determined. It also streams digital maps, geology, land-use, rainfall, land cover, satellite images IRS and ETM+ in 2014 were used. The study area is located in the northern part of Ilam province in the Iwan city. This area is one of the high rainfall areas of Ilam province and the average annual rainfall in this area is more than 700 mm. The existence of sensitive formation to erosion and mountainous regions and steep slopes have caused the studied area to be prone area to soil erosion. The specific erosion in the watershed was the equivalent of 13.5 tons per hectare along with per year that equal to 961 cubic meters in square kilometer along with per year. The amount of sediment coefficient of the basin was calculated around 0.81. Generally, the obtained results had indicate average erosion amount of watershed that high erosion area are located in the western and southwestern sides respectively but the low erosion are located in central and northwestern sides of study area.

Keywords: E.P.M model, Soil erosion, Kangir watershed, Ilam Province.

¹*- Associate Professor in Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²- PhD student of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³- Assistant Professor in Geomorphology, University of Kurdistan, Sannadaj, Iran