برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز تنگ‌کنشت با مدل‌های تجربی MPSIAC و EPM به کمک GIS

سعید راستگو، بیژن قهرمان، حسین ثنایی‌نژاد، کامران داوری و سعیدرضا خداشناس[۱]

چکیده

حوضه مورد بررسی در شمال شهر کرمانشاه قرار گرفته است. مساحت حوضه ۱۴۳۴۸ هکتار، حداکثر ارتفاع آن ۳۳۰۰ و حداقل آن ۱۴۰۰ متر می‌باشد. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی به روش آمبرژه و دمارتن، اقلیم حوضه از نوع مرطوب و پوشش زنده گیاه در آن از ۲۵ تا ۵۵ درصد متغیر است. بر اساس مطالعات قابلیت اراضی و خاک‌شناسی، چهار تیپ اصلی اراضی کوهستانی، تپه‌ای، آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگ‌ریزه‌دار و دشت‌های دامنه‌ای در حوضه مشخص شده‌اند. در این پژوهش لایه‌های مربوط به مدل‌های MPSIAC (Modified Pasific Southwest Inter Agency) و EPM (Erosion Potential Method) ابتدا در محیط نرم‌افزار Autocad اصلاح شدند و سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc-Info برای لایه‌های اطلاعاتی توپولوژی ساخته شد. بعد از انجام این مراحل عملیات مدیریتی و انطباق لایه‌ها به وسیله نرم‌افزار Arc-Veiw انجام شد. بر اساس روش MPSIAC، میزان فرسایش سالانه حوضه ۱۰۰۲/۷ m^3/km^2 و بر اساس روش EPM این مقدار ۱۷۳۹/۲ m^3/km^2به دست آمد. هم‌چنین میزان رسوب سالانه در روش MPSIAC و EPM به ترتیب برابر با ۳۰۷/۸ m^3/km^2 و ۵۲۱/۷ m^3/km^2 محاسبه شد. کلاس فرسایشی مدل MPSIAC متوسط و کلاس فرسایشی مدل EPM در گروه شدید قرار گرفت که با مشاهدات صحرایی چندان منطبق نبود. با توجه به تحقیقات صورت گرفته مدل MPSIAC، نتایج بهتری را نسبت به مدل EPM ارائه می‌کند.

واژه‌های کلیدی: فرسایش، رسوب، MPSIAC، EPM، GIS

مقدمه

امروزه شورشدن تدریجی اراضی، از بین رفتن پوشش گیاهی، کاهش حاصل‌خیزی خاک، افزایش فرسایش و رسوب‌گذاری و آلودگی شیمیایی خاک‌ها باعث بروز مشکلاتی برای کشاورزان و مدیران شده است. غلظت زیاد رسوب باعث کدورت آب و جلوگیری از تنفس و تغذیه موجودات آبزی و آلودگی آب شرب روزمره شده است (۱۷). به این ترتیب فرسایش به برنامه توسعه کشاورزی لطمه وارد می‌سازد. نمونه‌های فراوانی از مشکلات فرسایش و رسوب می‌توان یافت. علی‌رغم مقدار پیش‌بینی شده دو میلیون مترمکعبی رسوب سالانه ورودی به

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]

سد سفیدرود، حجم سالانه رسوب آن درحدود ۳۸ میلیون مترمکعب می‌باشد (۱۲). برنامه توسعه سازمان ملل (۲۰) فرسایش خاک در ایران را در حال حاضر نزدیک به ۲۰ تن در هکتار تخمین زده است که نسبت به ۱۰ سال گذشته ۱۰ تن در هکتار افزایش یافته است. دشت‌های قابل کشت نسبت به کل خشکی‌های زمین ۱ به ۳ می‌باشند، بنابراین هر کیلومترمربع زمین قابل کشت باید جواب‌گوی احتیاجات غذایی ۹۰ نفر باشد. ولی سرانه زمین برای کشاورزی در نقاط مختلف جهان یکسان نیست و سرانه آن در آسیا ۰/۲۱ هکتار و در آمریکا ۱/۲۵ هکتار یعنی بیش از شش برابر آسیا می‌باشد (۸).

اکثر حوضه‌های کشور فاقد ایستگاه اندازه‌گیری بوده و به این منظور دست‌یابی به مدل‌های مبتنی بر شرایط ویژه حوضه‌های کشور ضروری است (۱۰). این روش‌ها از مدل‌های ساده که شامل یک رابطه آماری تا معادلات ترکیبی که مرتبط با فیزیک اجزا و یا مکانیزم روند فرسایش می‌باشند، متغیرند (۱۸).

چند سالی است که کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در جهان رونق یافته و در دنیای صنعت، مبالغ گزافی برای تهیه آن هزینه می‌گردد و پیش بینی می‌شود که در دهه آینده میلیاردها دلار در این زمینه هزینه شود (۱۳ و ۱۵). ایران نیز به عنوان یک کشور در حال توسعه در استفاده از این سیستم‌ها مستثنی نیست و وزارت کشاورزی در به کارگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پیش قدم بوده است (۱۴).

جریان‌های سطحی حوضه آبخیز تنگ‌کنشت وارد شهر کرمانشاه می‌شود. وجود فرسایش در این حوضه باعث بروز مشکلاتی برای اهالی با توجه به گل‌آلود بودن آب شده است. بنابراین از اهداف این پژوهش می‌توان به بررسی میزان فرسایش پذیری و رسوب‌دهی حوضه تنگ‌کنشت با استفاده از دو مدل تجربی MPSIAC و EPM با توجه به اثبات کارایی آنها در حوضه‌های آبخیز کشور (۱)، به کمک سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و کارایی این سیستم‌ها در مطالعات فرسایش و رسوب حوضه‌های آبخیز و در نهایت ارائه راه حل‌های مناسب برای جلوگیری از فرسایش پذیری و کاهش حجم رسوبات در سطح حوضه مورد بررسی اشاره کرد.

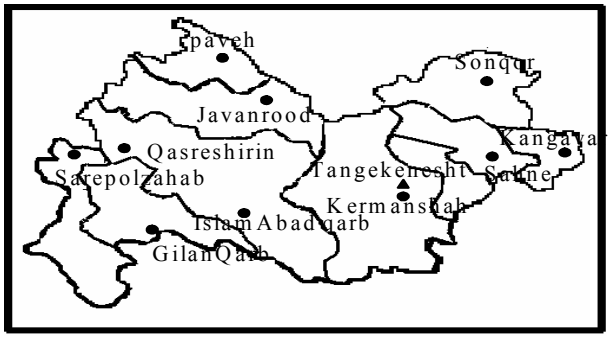
مواد و روش‌ها

۱. موقعیت طبیعی منطقه مورد مطالعه

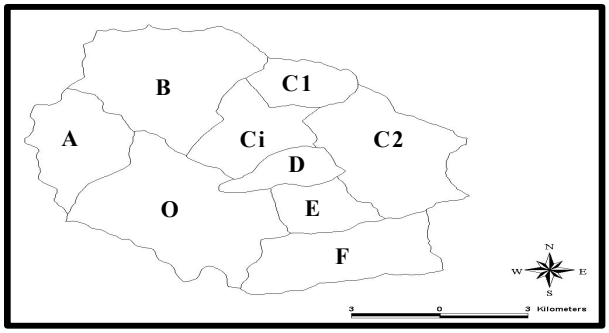
حوضه آبخیز تنگ کنشت در شمال شهر کرمانشاه و در بین طول‌های جغرافیایی ″۱۷ ′۱۵ °۴۷ تا ″۵۰ ′۵ °۴۷ و عرض های جغرافیا یی ″۲ ′۲۳ °۳۴ تا ″۲۹ ′۳۰ °۳۴ قرار گرفته است. این حوضه از شمال به کوه رویین‌تن و کوه گل‌زرد و از جنوب به کوه واسه و شهر کرمانشاه متصل می‌شود. مساحت حوضه ۱۴۳۴۸ هکتار و حداکثر ارتفاع آن ۳۳۰۰ و حداقل ارتفاع آن ۱۴۰۰ متر است. ارتفاع متوسط وزنی حوضه نیز ۱۸۳۷ متر برآورد شده است. حوضه آبخیز تنگ‌کنشت بر اساس وضعیت شیب و پستی و بلندی آن به ۹ واحد هیدرولوژی تقسیم‌بندی شده است. موقعیت حوضه تنگ‌کنشت و زیرحوضه‌های حوضه آبخیز تنگ‌کنشت در شکل‌های ۱ و ۲ مشخص شده‌اند. منشأ اصلی بارندگی‌های حوضه مورد مطالعه و نواحی اطراف آن، سیستم‌های کم‌فشار مدیترانه‌ای است که از سمت غرب وارد کشور می‌شوند. البته بارندگی‌های کوهستانی ناشی از ناپایداری‌های محلی نیز بخشی از این بارندگی‌ها را تشکیل می‌دهد که رطوبت این بارندگی‌ها نیز ناشی از عبور همان کم‌فشارهای مدیترانه‌ای است. میانگین ۲۷ ساله بارندگی (مختوم به سال آبی ۸۰-۸۱) حوضه ۷۹۸ میلی‌متر و اقلیم آن بر اساس طبقه بندی اقلیمی به روش آمبرژه و دمارتن (۹)، از نوع مرطوب می باشد. منطقه مورد مطالعه بخشی از قسمت دگرگون نشده زون سنندج - سیرجان محسوب می‌شود و خود به دو بخش تقسیم می‌شود که شامل سنگ‌های آهکی بیستون و رادیولاریت های کرمانشاه می باشد (۱۱). تا پیش از شروع جنگ تحمیلی بخش‌هایی از حوضه تنگ کنشت محل سکونت روستاییان و پوشش گیاهی این حوضه مورد تعلیف دام‌های آنان بود که در نتیجه مراتع رو به ضعف گذاشته بودند. ولی بعد از شروع جنگ تحمیلی و تناسب منطقه از نظر استراتژیکی، ساکنان منطقه آنجا را ترک کردند و در نتیجه پوشش گیاهی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]



شکل ۱. موقعیت حوضه تنگ کنشت در استان کرمانشاه



شکل ۲. نقشه زیر حوشه‌های موجود در تنگ کنشت

منطقه تا مرحله کلیماکس پیش رفت. حوضه تنگ گنشت از نظر پوشش گیاهی به ۱۰ تیپ تقسیم می شود و پوشش زنده گیاه در آنها از ۲۵ تا ۵۵ درصد متغیر می باشد (۳). درصد اراضی لخت در این تیپ‌ها نیز بین ۶ تا ۵۴ درصد برآورد شده است. براساس مطالعات قابلیت اراضی و خاک‌شناسی، چهار تیپ اصلی اراضی کوهستانی، تپه‌ای، آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگ‌ریزه‌دار و دشت‌های دامنه‌ای در حوضه مشخص شده‌اند (۴). چهار تیپ اراضی نام برده شامل ۲۶ جزء واحد اراضی می‌باشد. این واحدها از نظر همگنی و مدیریت دارای اختلاف‌هایی مانند ارتفاع، شیب و عمق خاک هستند (۵).

۲. مدل MPSIAC

نسخه اولیه این مدل در سال ۱۹۶۸ توسط Pasific Southwest Inter Agency Committee در آمریکا برای برآورد فرسایش خاک در حوضه‌های فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری رسوب ارائه گردید. این مدل مبتنی بر ارزیابی ۹ عامل زمین‌شناسی، خاک، اقلیم، روان‌آب، پستی و بلندی، پوشش‌گیاهی، کاربری اراضی، فرسایش فعلی حوضه و فرسایش خندقی می‌باشد و به هر عامل امتیازی تعلق می‌گیرد. جانسون و گمبهارت (۱۶) اصلاحاتی را در این مدل به وجود آوردند و آن را فرمول اصلاح شده پسیاک (MPSIAC) نامیدند و مدل را از حالت کیفی به صورت کمّی تبدیل کردند. جدول ۱ عوامل پیشنهاد شده در این روش و نحوه امتیازدهی به آن را مشخص می‌کند. پس از تعیین امتیاز هر یک از عوامل نه‌گانه در مدل، حاصل‌جمع امتیاز آنها درجه رسوب‌دهی (R) خوانده می‌شود. با استفاده از درجه رسوب‌دهی این امکان ایجاد می‌شود که میزان تولید رسوب در واحدهای مطالعاتی محاسبه شود. رابطه ۱ برای این منظور پیشنهاد شده است (۶).

$$Q_S = ۳۸/۷۷ \, e^{۰/۰۳۵۳ R} \qquad [۱]$$

که در آن Q_S میزان رسوب دهی سالانه (مترمکعب در کیلومترمربع) و R درجه رسوب دهی یعنی مجموع امتیازات عوامل مختلف در نظر گرفته شده در مدل PSIAC و e عدد نپر (۲/۷۱۸) می‌باشد. نکته‌ای را که نباید از نظر دور داشت این است که در روش اولیه PSIAC عوامل پوشش گیاهی و کاربری اراضی امتیازی بین ۱۰- تا ۱۰ را به خود اختصاص می‌دهند ولی در روش اصلاح شده امتیاز این عوامل بین ۰ تا ۲۰ متغیر است ولی رابطه نهایی محاسبه فرسایش و رسوب برای هر دو روش اولیه و جدید یکسان می‌باشد و این در حالی است که با توجه به نمایی بودن رابطه نهایی با تغییر درجه رسوب‌دهی (R) به میزان ۱۰ واحد تغییرات زیادی در میزان رسوب محاسبه شده به وجود می‌آید (۵). بعد از تعیین درجه رسوب‌دهی برای هرکدام از واحدهای همگن کلاس رسوب‌دهی مطابق جدول ۲ به دست می‌آید.

همان طور که در جدول ۱ دیده شد پارامترهای ۸ و ۹ از روش BLM به‌دست می‌آیند. مدل BLM بر اساس ارزیابی ۷ عامل حرکت خاک، وجود لاشبرگ در سطح زمین، وضعیت سنگ‌ها، قطعات سنگی تحکیم‌یافته، وجود فرسایش شیاری، فرم آبراهه‌ها و وجود فرسایش خندقی و با دادن امتیاز بین صفر تا پانزده، بر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]

جدول ۱. عوامل مؤثر در مدل MPSIAC و نحوه امتیازدهی به آن

ردیف	عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب	نحوه محاسبه امتیاز در روش MPSIAC	شرح پارامترها
۱	زمین‌شناسی	$Y_1 = X_1$	X_1: امتیاز حساسیت سنگ به فرسایش آبی
۲	خاک[1]	$Y_2 = 26/67K$	K: عامل فرسایش‌پذیری در معادله جهانی
۳	آب و هوا	$Y_3 = 0/2X_3$	X_3: بارندگی ۶ ساعته با دور بازگشت ۲ سال
۴	روان‌آب	$Y_4 = 0/006R + 10Qp$	R: ارتفاع روان‌آب سالانه(mm) و Qp دبی ویژه سالانه (CMS/km^2)
۵	پستی و بلندی	$Y_5 = 0/33S$	S: شیب متوسط حوضه (٪)
۶	پوشش گیاهی	$Y_6 = 0/2X_6$	X_6: درصد اراضی لخت
۷	کاربری اراضی	$Y_7 = 20 - 0/2X_7$	X_7: درصد تاج پوشش
۸	وضعیت فعلی فرسایش	$Y_8 = 0/25X_8$	X_8: مجموع امتیازات مدل BLM*
۹	فرسایش رودخانه‌ای و حمل‌رسوب	$Y_8 = 1/67X_9$	X_9: امتیاز فرسایش خندقی در مدل BLM*

۱. با کمک جدول تکمیلی استون و هیلبورن (۱۹)

* : در ادامه از مدل BLM (Bureau of Land Management) بیشتر صحبت خواهد شد.

جدول ۲. تعیین میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش خاک در روش PSIAC

کلاس رسوب‌دهی	شدت رسوب دهی	تولید رسوب سالانه		نمرات نشان دهنده رسوب‌دهی
		(m^3/km^2)	(ton/km^2)	
V	خیلی زیاد	>۱۴۲۹	۲۱۴۳/۵	>۱۰۰
IV	زیاد	۴۷۶–۱۴۲۹	۷۱۴–۲۱۴۳/۵	۷۵–۱۰۰
III	متوسط	۲۳۸–۴۷۶	۳۵۷–۷۱۴	۵۰–۷۵
II	کم	۹۵–۲۳۸	۱۴۲/۵–۳۵۷	۲۵–۵۰
I	خیلی کم	<۹۵	۱۴۲/۵	۰–۲۵

حسب میزان تأثیر آنها در فرسایش استوار است و مجموع امتیازات عوامل مختلف در این بخش به ۱۰۰ می‌رسد (۹).

۳. مدل EPM (Erosion Potential Method)

روش EPM پس از ۴۰ سال تحقیقات در کشور یوگسلاوی سابق به دست آمد و در سال ۱۹۸۸ در کنفرانس بین المللی رژیم رودخانه توسط گاوریلویچ (Gavrilovic) ارائه شد (۹). محاسبه میزان فرسایش بر این اساس به صورت رابطه ۲ ارائه شده است (۹):

$$WSP = T . H . \pi . Z^{1/5} \quad [2]$$

که در آن H بارندگی سالانه (mm)، π عدد ۳/۱۴، WSP نیز میزان فرسایش ($m^3/km^2/yr$) و Z ضریب شدت فرسایش که از رابطه ۳ به دست می‌آید:

$$Z = Y.Xa\ (f + I^{0.5}) \quad [3]$$

که در آن Y ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، Xa ضریب استفاده از زمین، f ضریب فرسایش منطقه و I

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]

میانگین شیب حوضه می‌باشد. T نیز ضریب درجه حرارت است که از رابطه ۴ به دست می‌آید و در آن t میانگین دمای سالانه حسب سانتی‌گراد می‌باشد:

$$T=(t/10+0/1)^{0/5} \quad [۴]$$

۴. روابط فرسایش و رسوب

کلیه مواد فرسایش یافته به صورت بار رسوبی از حوضه خارج نمی‌شوند. ضرایب ثابتی این دو عامل را به هم مرتبط می‌کنند.

در مدل MPSIAC برای محاسبه فرسایش ویژه از ضریب SDR (Sediment Delivery Ratio) (نسبت رسوب به فرسایش) مطابق رابطه ۵ استفاده می‌شود که در آن A مساحت زیرحوضه (مایل‌مربع) می‌باشد (۶):

$$Log(SDR)=1/8768-0/14191\ Log(10A) \quad [۵]$$

در روش EPM نیز این ضریب به صورت نسبت مقدار مواد فرسایش یافته در هر مقطع از رودخانه به مقدار کل فرسایش در سطح حوضه و مطابق رابطه ۶ محاسبه می‌شود.

$$Ru=(P.D)^{0/5}/L+10 \quad [۶]$$

که در آن P محیط و L طول حوضه (km) و D نیز اختلاف ارتفاع حوضه (km) می‌باشد. بعد از تعیین Ru، مقدار رسوب ویژه از روابط ۷ و ۸ حاصل می‌شود (۹).

$$GSP=WSP.\ Ru \quad [۷]$$

$$GS=GSP.F \quad [۸]$$

که در آنها GSP دبی رسوب ویژه و WSP مقدار فرسایش ویژه ($m^3/km^2/yr$)، Ru ضریب رسوب‌دهی، GS دبی رسوب کل (m^3/yr) و F مساحت حوضه (km^2) می‌باشند.

۵. اجرای مدل فرسایش خاک با استفاده از GIS

اطلاعات مورد نیاز این پژوهش نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰ : ۱ شامل شیت‌های کندوله با شماره ۵۴۵۹ III، بیستون با شماره ۵۴۵۸ I و کرمانشاه با شماره ۵۴۵۸ IV سازمان جغرافیایی ارتش، نقشه‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی می‌باشند. با توجه به این‌که در مدل MPSIAC و EPM لایه‌های زیادی وجود دارند و از این لایه‌ها باید نقشه شدت فرسایش و میزان رسوب‌دهی تهیه شود، لازم است که این لایه‌ها با هم همپوشانی داده شوند. بنابراین عملیات زیر به روی لایه‌ها صورت گرفته است: تبدیل مختصات جغرافیایی چهار گوشه نقشه‌های اسکن شده به سیستم UTM، ژئورفرنس (نقاط کنترل) نمودن لایه‌های اطلاعاتی برای دقت در انطباق لایه‌ها با نقشه‌های اولیه، انطباق مرز حوضه و زیر حوضه‌ها با لایه‌های مختلف، پلی‌گونی نمودن واحدهای مورد نظر و دادن ضرایب مناسب به هر پلی‌گون، تبدیل لایه‌های پلی‌گونی به رستر (Raster)، برهم‌نهی لایه‌های رستری زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش‌گیاهی، کاربری اراضی، شیب، آب و هوا، روان‌آب، فرسایش خندقی و به دست آوردن نقشه شدت فرسایش بر اساس وزن هر کدام از واحدهای همگن. لازم به ذکر است که در کلیه مراحل فوق ابتدا در محیط Autocad 2000 ویرایش‌های لازم انجام و سپس در محیط Arc-Info برای عوارض توپولوژی ساخته شد و در نهایت در محیط ArcVeiw مدیریت بانک‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه‌های هم امتیاز و نقشه‌های نهایی فرسایش و رسوب‌خیزی انجام شد (۵).

نتایج و بحث

بعد از تهیه نقشه‌های لازم در مدل EPM و MPSIAC، وزن‌دهی به پارامترهای مؤثر در فرسایش و رسوب در محیط GIS صورت پذیرفت.

۱. مدل MPSIAC

بر اساس روش نام برده در موارد مورد نیاز ابتدا مرز حوضه و زیرحوضه‌ها با نقشه‌های مورد مطالعه (زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش‌گیاهی، شیب، کاربری اراضی و فرسایش فعلی) در محیط GIS تطبیق و سپس میانگین ضرایب در هر کدام از زیرحوضه‌ها محاسبه شد. هم‌چنین شدت بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال در سطح حوضه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]

جدول ۳. امتیازات عوامل نه‌گانه مؤثر در روش MPSIAC برای زیرحوضه‌های تنگ‌کنشت

	زیرحوضه‌های حوضه آبخیز تنگ‌نشت									
عامل*	A	B	C_1	C_2	C_{in}	D	E	F	O	کل[1]
زمین‌شناسی	۷/۲۸	۷/۳	۶/۴۴	۵/۵۵	۷/۲	۶/۱۵	۶/۱۷	۵/۶۸	۷	۶/۶۱
خاک	۴/۳۹	۴/۳	۳/۹۷	۵/۵۶	۴/۴۶	۴/۴۶	۴/۶۶	۴/۴۵	۴/۰۳	۴/۴۸
روان‌آب	۴/۰۷	۸/۷۶	۵/۶۷	۳/۳۲	۵/۴۶	۱/۷۶	۲/۶	۴/۶۶	۶/۴۱	۴/۷۴
توپوگرافی	۸/۰۵	۱۰/۱	۱۴/۳۲	۱۵/۷۴	۵/۷۴	۹/۲۴	۱۸/۱۵	۱۶/۲۷	۹/۲۱	۱۱/۵۵
پوشش گیاهی	۴/۴۱	۴/۲۴	۳/۷۳	۲/۷۶	۴/۵۸	۳/۳۲	۲/۹۳	۳/۱۷	۴/۵۳	۳/۸۶
کاربری اراضی	۱۲/۵۹	۱۲/۵۱	۱۲/۳	۱۲/۲۸	۱۲/۵۷	۱۲/۲۵	۱۲/۶	۱۲/۳۲	۱۲/۴۵	۱۲/۴۱
فرسایش فعلی	۸/۷۵	۸	۵/۷۵	۵/۲۵	۶	۵/۵	۶	۶/۲۵	۹/۵	۷/۲۸

* : امتیاز دو عامل آب و هوا و فرسایش خندقی برای کل حوضه ثابت و به ترتیب برابر ۶/۱ و ۱/۶۷ می‌باشد.

۱. حوضه آبخیز یکپارچه دیده شده است.

۵/۰۹ میلی‌متر در ساعت محاسبه و برای کل حوضه ثابت در نظر گرفته شد. با توجه به این‌که آخرین رتبه آبراهه در کل حوضه ۶ می‌باشد، تراکم زه‌کشی حوضه زیاد و در نتیجه دبی اوج حوضه افزایش می‌یابد. از سوی دیگر نسبت انشعاب در کل حوضه برابر ۳/۶ برآورده شده است که خود بیانگر بالا بودن اوج هیدروگراف سیلاب می‌باشد. برای به دست آوردن لایه شیب حوضه نقشه توپوگرافی در محیط Autocad رقومی شد و سپس در محیط ArcVeiw نقشه سه‌بعدی آن و از طریق آن نقشه شیب حوضه به دست آمد. وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه و فرسایش خندقی در حوضه نیز بر اساس روش BLM محاسبه شد. با توجه به این که فرسایش خندقی در حوضه مشاهده نشد امتیاز کل این عامل در حوضه برابر۱/۶۷ در نظر گرفته شده است. جدول ۳ امتیازات عوامل نه‌گانه مؤثر در روش MPSIAC برای زیرحوضه‌های تنگ‌کنشت را نشان می‌دهد. هم‌چنین شکل‌های ۳ الی ۷ نقشه امتیاز حساسیت هرکدام از عوامل مذکور می‌باشد که در محیط GIS تهیه شده‌اند (۵).

بعد از وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی می‌توان تمام لایه‌ها را به طور عمقی با هم جمع نمود. حاصل این تلفیق به دست آوردن شکل ۸ می‌باشد. بعد از تهیه نقشه درجه رسوب‌دهی (R) مجدداً با استفاده از معادله ۱ نقشه جدیدی تحت عنوان نقشه رسوب خیزی با توجه به جدول ۲ به دست آمد که در شکل ۹ مشاهده می‌شود. هم‌چنین این تقسیمات به تفکیک برای هر کدام از زیرحوضه‌های تنگ‌کنشت محاسبه شد. ولی در این قسمت تنها به ارائه مقدار کل فرسایش و رسوب و کلاس هر کدام از زیرحوضه‌ها اشاره می‌شود که در جدول ۴ آمده است.

۲. مدل EPM

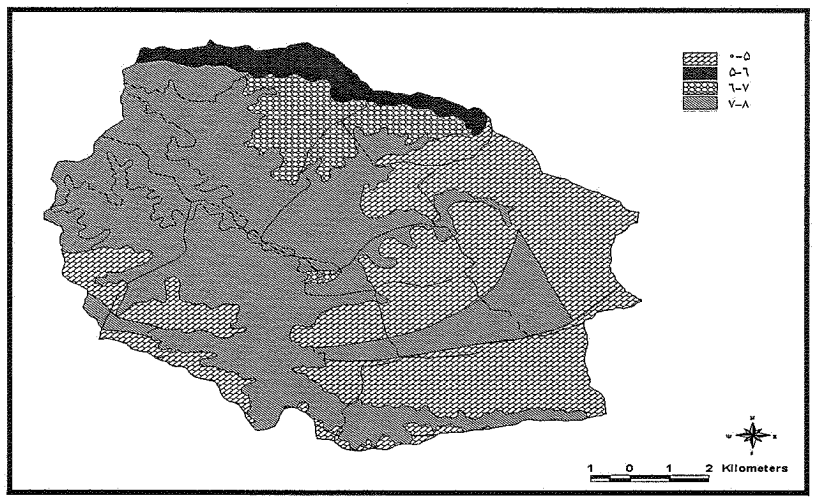
با توجه به مدل EPM ضریب سازندها برابر با ۱/۲ در نظر گرفته شد و رسوبات آبرفتی و مخروط افکنه‌ای نیز ضریب ۲ را به خود اختصاص دادند (۹). مقادیر ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش در حوضه تنگ‌کنشت در جدول ۵ و شکل ۱۰ که در محیط ArcVeiw تولید شده‌اند، مشخص شده است.

ضریب فرسایش منطقه‌ای (f) که در اصل وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه را در بر می‌گیرد، بعد از انطباق مرز حوضه و زیرحوضه‌ها با نقشه فرسایش برای هر کدام زیرحوضه‌ها و حوضه تنگ‌کنشت محاسبه شد که در جدول ۵ آمده است. شکل ۱۱ نقشه حساسیت حوضه مورد مطالعه به

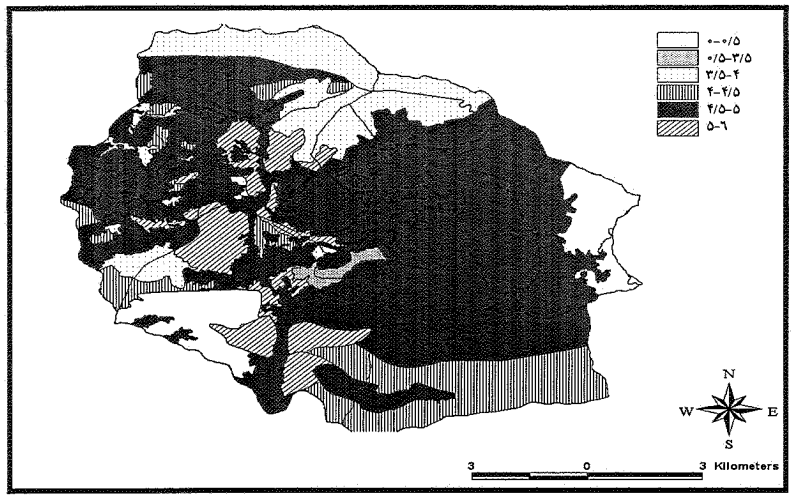
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]

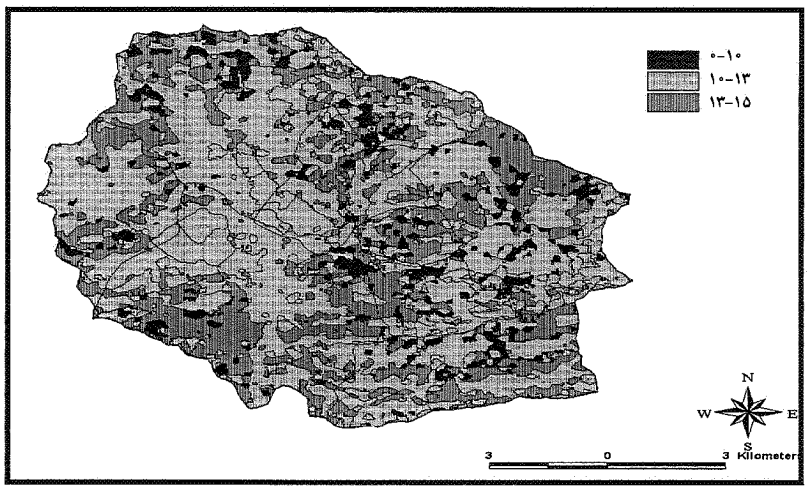
[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]



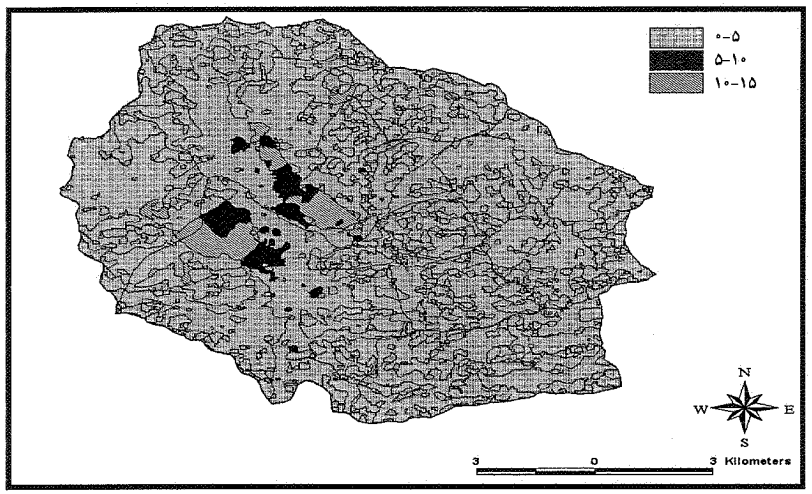
شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی حوضه تنگ کنشت بر اساس امتیاز
حساسیت به فرسایش در روش MPSIAC



شکل ۴. نقشه خاک‌شناسی حوضه تنگ کنشت بر اساس امتیاز
حساسیت به فرسایش در روش MPSIAC

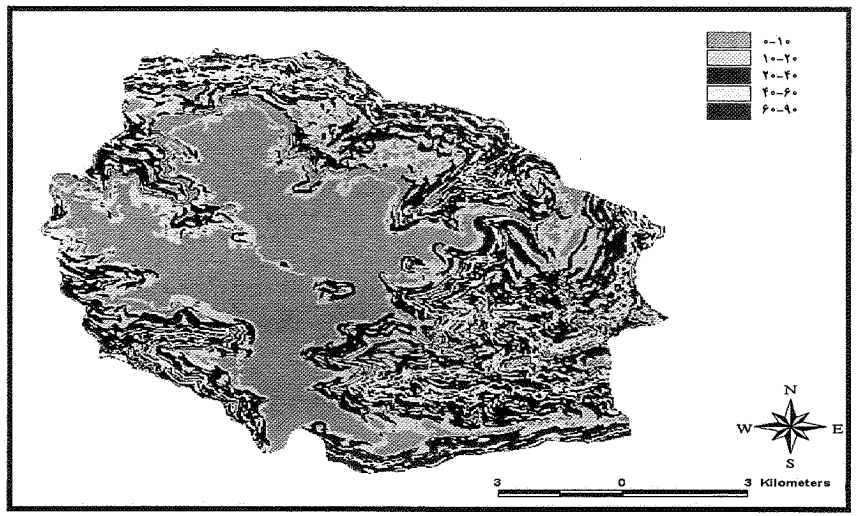


شکل ۵. نقشه کاربری حوضه تنگ کنشت بر اساس امتیاز
حساسیت به فرسایش در روش MPSIAC

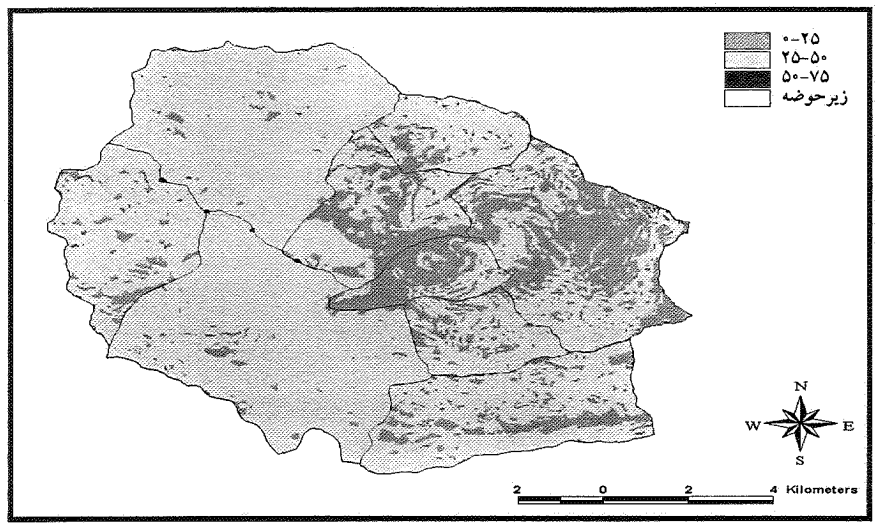


شکل ٦. نقشه پوشش گیاهی حوضه تنگ کنشت بر اساس امتیاز
حساسیت به فرسایش در روش MPSIAC

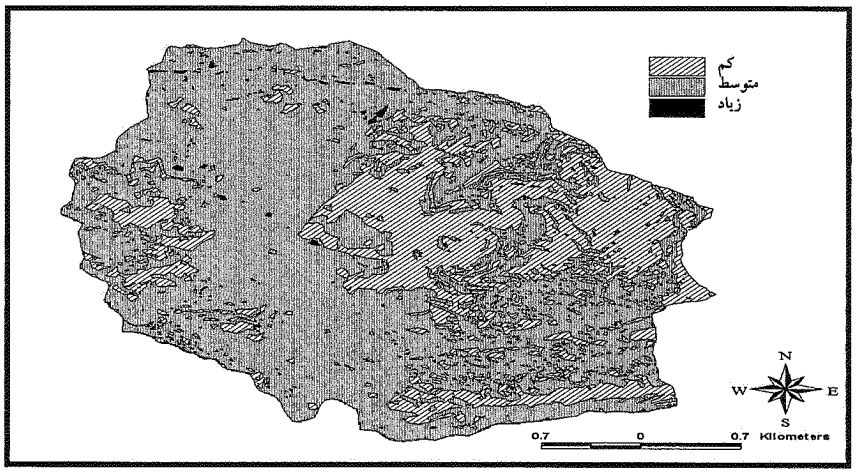
[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]



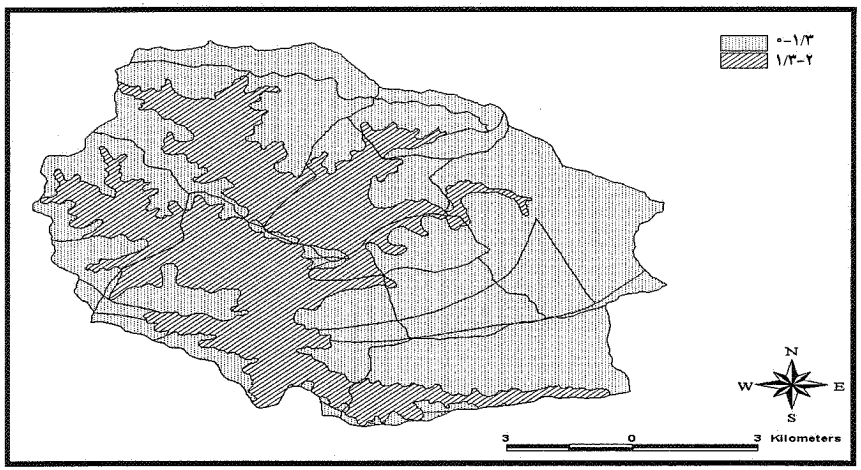
شکل ۷. نقشه شیب اراضی حوضه تنگ کنشت بر اساس
امتیاز حساسیت به فرسایش در روش MPSIAC



شکل ۸ . نقشه درجه رسوب‌دهی (R) حوضه
آبخیز تنگ‌کنشت به روش MPSIAC



شکل ۹. نقشه مقدار رسوب‌دهی حوضه آبخیز تنگ‌کنشت به
روش MPSIAC



شکل ۱۰. نقشه امتیاز زمین‌و خاک حوضه تنگ کنشت بر اساس امتیاز
حساسیت به فرسایش در روش EPM

جدول ۴. مقدار فرسایش و رسوب محاسبه شده برای زیرحوضه‌های تنگ‌کنشت در مدل MPSIAC

زیر حوضه	A	B	C_1	C_2	C_{in}	D	E	F	O
رسوب سالانه (m^3/yr)	۳۶۶۰/۱	۸۴۰۱/۰۶	۱۸۹۹/۹	۵۱۱۱/۳	۲۸۴۹/۵	۱۲۰۲/۳	۱۸۹۷/۶	۴۵۷۱/۵	۹۰۶۹/۱
فرسایش سالانه (m^3/yr)	۷۹۰۷/۸	۲۱۱۲۳/۳	۳۷۵۹	۱۱۶۲۵	۵۹۰۲/۴	۲۲۸۸	۳۶۹۷/۸	۱۰۲۳۷/۴۸	۲۳۴۲۶/۵
کلاس رسوب‌دهی	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	کم	متوسط	متوسط	متوسط

جدول ۵. ضرایب سه‌گانه محاسبه شده در روش EPM

زیرحوضه	A	B	C_1	C_2	C_{in}	D	E	F	O	کل
Y	۱/۶۸	۱/۳۸	۱/۲۱	۱/۵	۱/۷۱	۱/۲۳	۱/۳۳	۱/۴۹	۱/۵۳	۱/۴۷
F	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۶۲	۰/۶	۰/۵۷	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۶
Xa	۰/۶۲	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۳۴	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۵۳	۰/۴۹
Z	۰/۸	۰/۷۸	۰/۶۹	۰/۵۱	۰/۷۱	۰/۶۶	۰/۴۹	۰/۷	۰/۸۵	۰/۷۱

جدول ۶. محاسبه ضرایب t براساس میانگین درجه حرارت سالانه برای زیرحوضه‌های حوضه تنگ‌کنشت

زیرحوضه	A	B	C_1	C_2	C_{in}	D	E	F	O	کل
T	۵/۲	۴/۸	۶/۸	۶/۸	۶/۸	۷/۱	۷/۶	۷/۸	۸/۱	۶/۶
T	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۹	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۸۷

فرسایش را نشان می‌دهد.

عامل کاربری اراضی (Xa) نیز با توجه به مشاهدات صحرایی محاسبه شد که در جدول ۵ آمده است. به دلیل نظامی بودن منطقه و عدم استفاده از بعضی تیپ‌های گیاهی و نیاز دام‌های منطقه، تعادل در تیپ‌های دیگر به هم خورده و موجب تخریب اراضی در بعضی نقاط شده است و عدم دسترسی به مراتع مرتفع کوهستانی باعث تشدید این امر شده‌است. شکل ۱۲ ضریب کاربری اراضی را در حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

برای تهیه نقشه فرسایش، نقشه Z منطقه براساس جدول ۵ کلاس‌بندی شد که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود. براساس این نقشه می‌توان نقاط حساس به فرسایش را در حوضه مشخص نمود. هم‌چنین بعد از تعین نقشه Z و برای تعیین نقشه فرسایش حوضه، ضریب T در هر زیرحوضه با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد که در جدول ۶ آمده است. سپس مطابق رابطه ۲ میزان فرسایش (WSP) حوضه به‌دست آمد (جدول ۷). شکل ۱۴ بیانگر نقشه فرسایش منطقه می‌باشد.

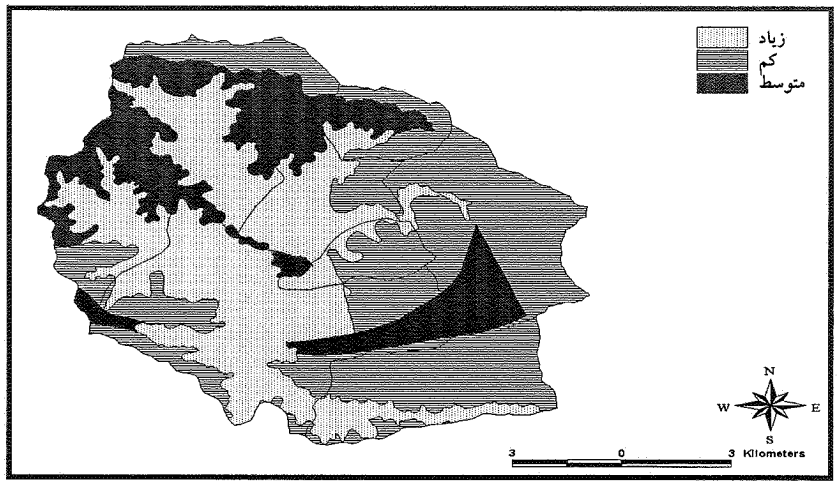
۳. بررسی کارایی مدل‌ها در برآورد فرسایش و رسوب حوضه تنگ‌کنشت

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، نقش اعمال سلیقه‌های شخصی در تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تعیین واحدهای کاری را تقریباً به صفر می‌رساند و مناطق مختلف فرسایشی را از نظر کیفی و کمّی طبقه‌بندی می‌کند. هم‌چنین این امکان را فراهم می‌کند که

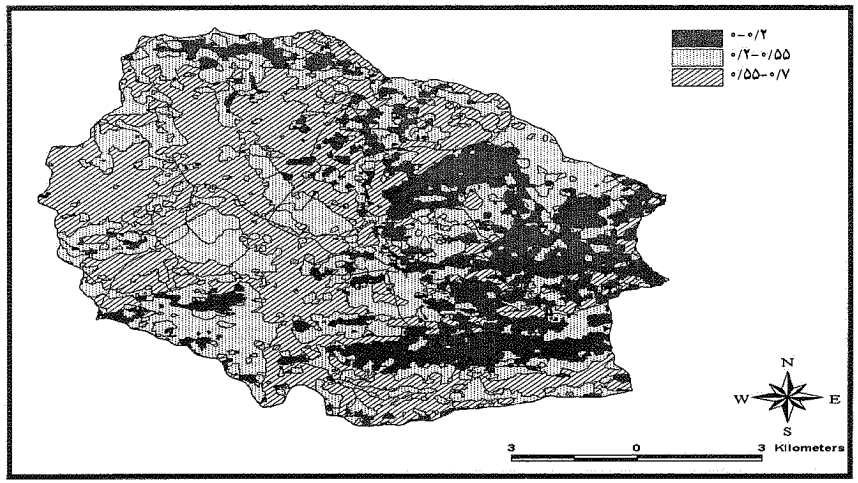
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]

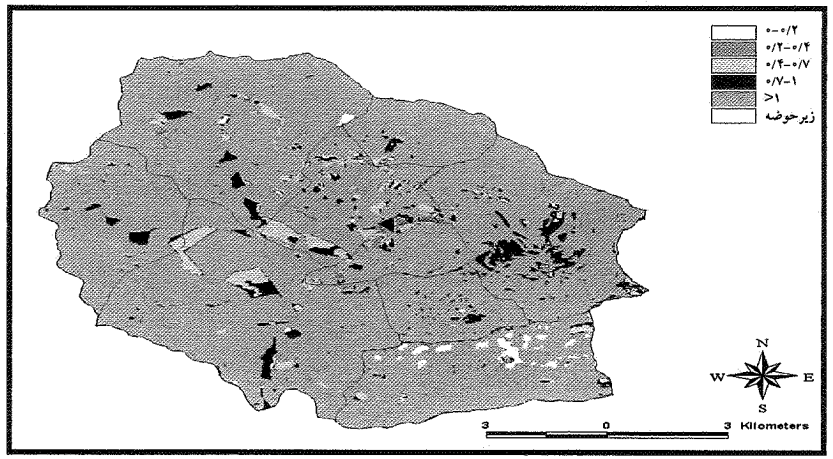
[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]



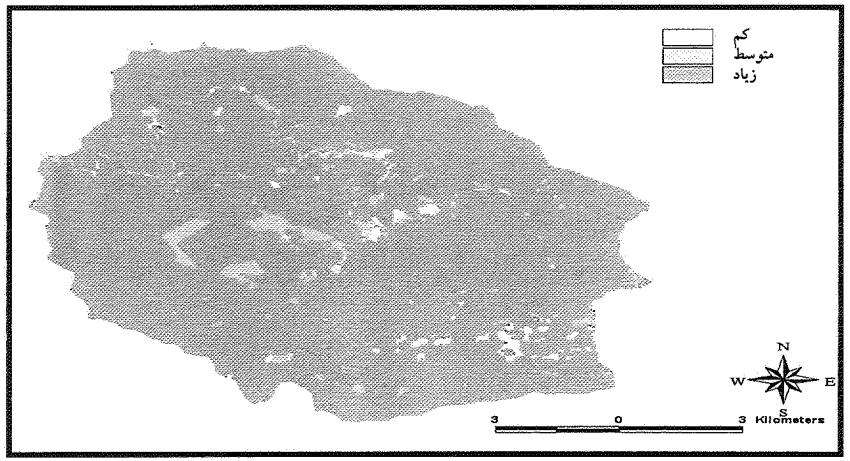
شکل ۱۱. نقشه حساسیت سازندهای حوضه تنگ‌کنشت به فرسایش



شکل ۱۲. نقشه کاربری حوضه تنگ‌کنشت بر اساس امتیاز
حساسیت به فرسایش در روش EPM



شکل ۱۳. نقشه درجه رسوب‌دهی حوضه تنگ‌کنشت
در روش EPM (نقشه Z)



شکل ۱۴. نقشه شدت فرسایش حوضه تنگ‌کنشت
در روش EPM (نقشه WSP)

جدول۷. مقدار فرسایش و رسوب محاسبه شده برای زیرحوضه‌های تنگ‌کنشت در مدل EPM

زیر حوضه	A	B	C_1	C_2	C_{in}	D	E	F	O
رسوب سالانه (m^3/yr)	۲۰۵۹/۵	۱۰۷۲۸/۳	۲۶۴۳/۶	۹۰۷۷/۵	۱۴۲۶/۴	۱۳۲۳/۳	۲۳۹۸/۱	۹۸۷۶/۲	۱۲۹۹۱/۲
فرسایش سالانه (m^3/yr)	۹۳۶۱	۳۲۵۱۰/۵	۱۰۱۶۸	۲۲۶۹۳/۸	۱۱۸۸۰/۷	۵۴۸۰	۷۴۷۹/۵	۲۷۴۲۸/۶	۴۰۵۹۹
کلاس رسوب‌دهی	شدید	شدید	شدید	شدید	شدید	شدید	شدید	شدید	شدید

بتوان مناطق حساس به فرسایش را اولویت‌بندی نمود.

همان‌طور که در شکل ۱۵ ملاحظه می‌شود در روش EPM میزان فرسایش بسیار بیشتر از روش MPSIAC برآورد شده است که این تفاوت با نتایج پژوهش انجام شده (۲، ۵، ۶، ۷ و ۸) مطابقت دارد. شاید بتوان از جمله دلایل عدم توفیق مدل EPM را مطابق نبودن جداول راهنمای آن برای شرایط ایران، اعمال نظر کارشناسی و بالاخره استفاده نکردن از سایر عوامل مهم در تولید رسوب مانند روان‌آب و پوشش گیاهی دانست. همان‌طور که از نام آن استنباط می‌شود (Erosion Potential Method) پتانسیل فرسایش در حوضه را برآورد می‌کند. البته اعمال نظر دقیق در این رابطه منوط به وجود داده‌های هیدرومتری می‌باشد که این آمار در حوضه تنگ‌کنشت موجود نبود. در مجموع با استفاده از نتایج این تحقیق و پژوهش‌های مشابه (۲، ۵، ۶ و ۷) به نظر می‌رسد که مدل EPM بتواند در مطالعات اجمالی فرسایش خاک موفقیت آمیز باشد و از مدل MPSIAC با توجه به این‌که پارامترهای بیشتری را تحت پوشش دارد برای مطالعات تفصیلی استفاده شود.

۳-۱ اولویت عوامل مؤثر بر فرسایش حوضه آبخیز تنگ‌کنشت در روش MPSIAC

با توجه به امتیازات عوامل مشخص شد که عامل کاربری اراضی با ۲۱/۱۴ درصد از دارای بیشترین تأثیر در میزان رسوب‌خیزی حوضه می‌باشد (۵). جدول ۸ این اولویت‌ها را در روش MPSIAC برای هر زیرحوضه نشان می‌دهد.

۳-۲ اولویت عوامل مؤثر بر فرسایش در حوضه تنگ‌کنشت به روش EPM

درصد تأثیر هر کدام از عوامل مدل EPM را نمی‌توان همانند مدل MPSIAC تعیین‌کرد، ولی با توجه به نحوه محاسبه هر کدام از ضرایب و مقایسه آنها با جداول موجود می‌توان دریافت که ضرایب کاربری اراضی، فرسایش فعلی حوضه و هم‌چنین حساسیت سنگ و خاک به فرسایش عددی بیش از حد متوسط موجود در جداول را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین می‌توان گفت که این عوامل تأثیر زیادی در فرسایش حوضه دارند. با توجه به مقدار شیب محاسبه شده برای هر کدام از زیرحوضه‌ها و شیب متوسط حوضه که حدود ۳۵ درصد می‌باشد، می‌توان دریافت که عامل شیب در این مدل نیز دارای تأثیر زیادی در فرسایش خواهد بود (۵).

نتیجه‌گیری

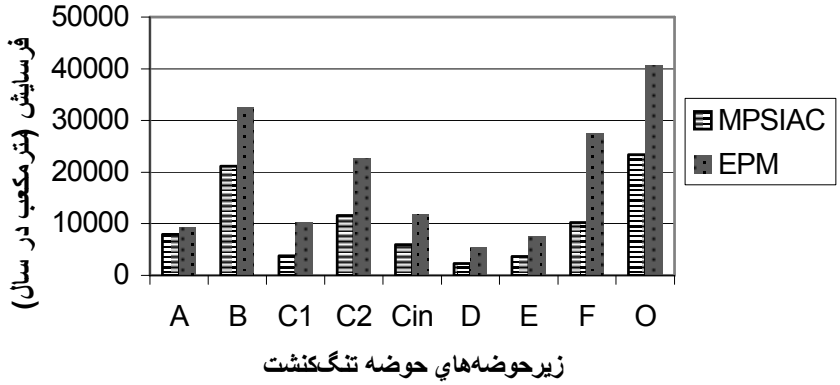
اولویت و تأثیر هر کدام از عوامل در میزان فرسایش‌پذیری حوضه در قسمت‌های قبل مشخص شد.

فرسایش سطحی حوضه با اختصاص ۱۲/۴ درصد از کل امتیازات رتبه چهارم را به خود اختصاص داده است. با این وجود این فرسایش تقریباً در کلیه سطوح حوضه فرسایش سطحی دیده شد.

فرسایش شیاری در بعضی از سطوح حوضه که شخم در جهت شیب و خاکریزهای دستی وجود دارند دیده شد. در سطح حوضه فرسایش کناره‌ای و خندقی رویت نشد و وجود گیاهان سبز در بستر رودخانه بیانگر رژیم آرام سیلاب در این

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]



شکل ۱۵. مقادیر فرسایش سالانه برآورد شده توسط دو مدل MPSIAC و EPM

جدول ۸. اولویت ۹ عامل مؤثر در فرسایش حوضه و زیر حوضه‌های تنگ کنشت به روش MPSIAC

اولویت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
A	کاربری (٪۲۲)	فرسایش فعلی (٪۱۵/۳)	شیب (٪۱۴)	زمین (٪۱۲/۷)	اقلیم (٪۱۰/۶)	خاک (٪۷/۷)	پوشش زمین (٪۷/۷)	روان‌آب (٪۷/۲)	فرسایش رودخانه‌ای(٪۲/۹)
B	کاربری (٪۱۹/۹)	شیب (٪۱۶)	روان‌آب (٪۱۳/۹)	فرسایش فعلی (٪۱۲/۷)	زمین (٪۱۱/۶)	اقلیم (٪۱۰/۷)	خاک (٪۶/۸)	پوشش زمین (٪۶/۷)	فرسایش رودخانه‌ای(٪۲/۲)
C_1	شیب (٪۲۳/۹)	کاربری (٪۲۰/۵)	زمین (٪۱۰/۷	اقلیم (٪۱۰/۲)	فرسایش فعلی (٪۹/۶)	روان‌آب (٪۹/۵)	خاک (٪۶/۶)	پوشش زمین (٪۶/۲)	فرسایش رودخانه‌ای(٪۲/۸)
C_2	شیب (٪۲۷)	کاربری (٪۲۱/۱)	اقلیم (٪۱۰/۵	خاک (٪۹/۵)	زمین (٪۹/۵)	فرسایش فعلی (٪۹/۲)	روان‌آب (٪۵/۷)	پوشش زمین (٪۴/۷)	فرسایش رودخانه‌ای(٪۲/۹)
C_{in}	کاربری (٪۲۳/۴)	زمین (٪۱۳/۴)	اقلیم (٪۱۱/۳)	فرسایش فعلی (٪۱۱/۲)	شیب (٪۱۰/۷)	روان‌آب (٪۱۰/۱)	پوشش زمین (٪۸/۵)	خاک (٪۸/۳)	فرسایش رودخانه‌ای(٪۳/۲)
D	کاربری (٪۲۴/۳)	شیب (٪۱۸/۳)	زمین (٪۱۲/۲)	اقلیم (٪۱۲/۱)	فرسایش فعلی (٪۱۰/۹)	خاک (٪۸/۸)	پوشش زمین (٪۶/۱)	روان‌آب (٪۴)	فرسایش رودخانه‌ای(٪۳/۳)
E	شیب (٪۳۰/۱)	کاربری (٪۲۰)	زمین (٪۱۰/۲)	اقلیم (٪۱۰/۱)	فرسایش فعلی (٪۱۰)	خاک (٪۷/۷)	پوشش زمین (٪۴/۸)	روان‌آب (٪۴/۳)	فرسایش رودخانه‌ای(٪۳/۸)
F	شیب (٪۲۶/۹)	کاربری (٪۲۰/۳)	فرسایش فعلی (٪۱۰/۳)	اقلیم (٪۱۰/۱)	زمین (٪۹/۴)	روان‌آب (٪۷/۷)	خاک (٪۷/۴)	پوشش زمین (٪۵/۳)	فرسایش رودخانه‌ای(٪۲/۷)
O	کاربری (٪۲۰/۴)	فرسایش فعلی (٪۱۵/۶)	شیب (٪۱۵/۱)	زمین (٪۱۱/۵)	روان‌آب (٪۱۰/۵)	اقلیم (٪۱۲/۱)	پوشش زمین (٪۷/۵)	خاک (٪۶/۶)	فرسایش رودخانه‌ای(٪۲/۷)
کل	کاربری (٪۲۱/۱)	شیب (٪۱۹/۷)	روان‌آب (٪۱۳/۲)	فرسایش فعلی (٪۱۲/۴)	زمین (٪۱۱/۳)	اقلیم (٪۱۰/۴)	خاک (٪۷/۶)	پوشش زمین (٪۶/۶)	فرسایش رودخانه‌ای(٪۲/۸)

مناطق می‌باشد. با این وجود در صورت عدم کنترل فرسایش شیاری و ادامه تخریب مراتع و ادامه ساخت وساز در بستر رودخانه باعث این نوع از فرسایش نیز خواهد شد.

خاک منطقه عمدتاً از گروه‌های هیدرولوژیکی C و D می‌باشند. به دلیل نفوذپذیری کم تا بسیار کم، پتانسیل توانایی تولید روان‌آب و در نتیجه فرسایش‌پذیری در آنها بالاست.

عامل شیب با اختصاص ۱۹/۶۷ درصد امتیازات حدود یک پنجم رسوب‌دهی را به خود اختصاص داده است. در این بین زیرحوضه‌های C_1، C_2، E و F رتبه اول و زیرحوضه‌های B و D رتبه دوم را دارا می‌باشند. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۳۸۵ متر در ارتفاعات شرقی و حداقل آن ۱۳۰۰ متر در خروجی حوضه می‌باشد. با توجه به خصوصیات منطقه، شیب و توپوگرافی از عوامل مؤثر در ظهور سیلاب هستند. از سوی دیگر زمان تمرکز کم (حدود ۱/۵ ساعت) و رتبه آبراهه که برابر ۶ می‌باشد تراکم بالای زه‌کشی حوضه را نشان می‌دهد که خود باعث افزایش دبی اوج سیلاب خواهد شد. نسبت انشعاب نیز در کل حوضه برابر ۳/۶ می‌باشد که نشانه تیز بودن نقطه اوج سیلاب و در نتیجه افزایش فرسایش‌پذیری حوضه است (۵).

کاربری اراضی و پوشش گیاهی، بیشترین سهم را در فرسایش حوضه تنگ‌کنشت دارد به طوری که ۲۱/۱۴ درصد از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]

کل امتیازات را بـه خـود اختـصاص داده اسـت. ایـن عامـل در زیرحوضه‌های A، B، C_{in}، D و O رتبه اول و در زیرحوضه‌های C_1، C_2، E و F رتبه دوم را به خود اختصاص داده است. از کـل مراتع حوضه ۵۵۳۵/۷ هکتار آن وضعیت متوسط به پایین دارنـد و ۳۸ درصد حوضه را در بر می‌گیرند. هـم‌چنـین ۷۹۳۱ هکتـار وضعیت خوب و عالی دارند که در برگیرنده ۵۵/۳ درصـد کـل حوضه می‌باشند و عمدتاً در زیرحوضه‌هـای E و F قـرار دارنـد ولی به دلیل نظامی بودن منطقه از دسـترس خـارج هـستند. بـه طور کلی مراتع خوب بیشتر در بخـش‌هـای غربـی کـه عمـدتاً نظامی هـستند، واقـع شـده‌انـد. ناحیـه داخلـی حوضـه نیـز در برگیرنده اراضی کشاورزی و زیرحوضه O می‌باشد که بـه دلیـل کشت وکار و شخم در جهت شیب در خطر فرسایش زیاد قـرار گرفته است. این اراضی ۷۰۲ هکتار را به خود اختصاص داده‌اند (۵).

روش‌های کنترل فرسایش از سال‌ها پیش به خـوبی شـناخته شده‌اند. آموزش کشاورزان، قرق اراضی صخره‌ای، کاشت بوتـه و بذرها در نواحی پرشیب و اعمال برنامه‌هـای مـدیریتی ماننـد بذرپاشی، بوته‌کاری در نواحی پرشیب به میزان زیادی می‌توانـد از فرسایش سطحی بکاهد. با توجه به موقعیت حوزه آبریز تنگ کنشت، ما استفاده از گونه‌های بروموس، فستوک، علف‌گندمی و اسپرس و هم‌چنین استفاده از بوته‌هایی چون آتـریپلکس، بـادام وحشی و زرشک را توصیه می‌کنیم. شخم صحیح، کاهش تعداد دام در مراتع و جلوگیری از سوزانیدن بقایای گیاهی روش‌هـای مناسبی برای جلـوگیری از فرسـایش شـیاری مـی‌باشـد. ایجـاد تـراس‌بنـدی در نـواحی شـیب‌دار نقـش عمـده‌ای در کـاهش فرسایش ایفا می‌کند.

منابع مورد استفاده

۱. اسکوئی، س.، ا. بروشکه، ج. قدومی و م. عرب خدری. ۱۳۸۰. ارزیابی کارایی مدل پسیاک اصـلاح‌شـده در بـرآورد رسـوب پـنج حوزه آبخیز استان آذربایجان غربی. پژوهش و سازندگی ۳۵ :۳۷-۵۲.

۲. بیات، ر.، ح. ق. رفاهی، ع. درویش صفت و ف. سرمدیان. ۱۳۸۰. بررسی کارایی مدل‌های EPM و MPSIAC در بـرآورد رسـوب حوزه آبخیز طالقان به کمک GIS. علوم کشاورزی ایران ۳۲(۱):۲۰۳-۲۱۷.

۳. بی‌نام. ۱۳۸۲. الف. *گزارش مطالعات پوشش گیاهی حوضه آبخیز تنگ‌کنشت*. انتشارات جهاد دانشگاهی کرمانشاه، ۴۰ صفحه.

۴. بی‌نام. ۱۳۸۲. ب. *گزارش مطالعات خاک‌شناسی حوضه آبخیز تنگ‌کنشت*. انتشارات جهاد دانشگاهی کرمانشاه، ۴۰ صفحه.

۵. راستگو، س. ۱۳۸۲. برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز تنگ‌کنشت به وسیله مـدل‌هـای MPSIAC و EPM بـه کمـک GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۷۶ صفحه.

۶. رفاهی، ح. ۱۳۷۹. *فرسایش آبی و کنترل آن*. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۰ صفحه.

۷. رفاهی، ح. و م. نعمتی. ۱۳۷۲. به کارگیری روش EPM در مطالعه فرسایش‌پذیری و تولید رسوب حوضه آبخیز الموت رود. علوم کشاورزی ایران ۲۶(۲):۳۲- ۴۵.

۸. شاکری، ش. و ف. بلالی پور. ۱۳۷۴. مقایسه موردی دو روش EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در حوضه آبخیـز دوآب. مجموعه مقالات کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان، صفحه ۲۷۳-۲۸۱.

۹. ضیایی، ح. ۱۳۸۰. *اصول مهندسی آبخیزداری*. انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد.

۱۰. عرب خدری، م. و ا. زرگر. ۱۳۷۴. برآورد تولید رسوب در بخش شمالی البرز با استفاده از مدل رگرسیونی. پـژوهش و سـازندگی ۲۲:۲۹-۲۹.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]

۱۱. غفوری، م. و ن. حافظی‌مقدس. ۱۳۸۲. *گزارش مطالعات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی حوضه آبخیز تنگ‌کنشت*. انتشارات جهاد دانشگاهی کرمانشاه، ۳۰ صفحه.

۱۲. غلامی، ش. ۱۳۷۹. *مدل شبیه‌سازی رسوب روزانه با استفاده از مدل توزیعی SWAT در حوضه‌های کوهستانی*. دومین همایش ملی فرسایش و رسوب. دانشگاه فردوسی مشهد، صفحه ۱۸۵-۲۰۴.

۱۳. نوایی تورانی، آ. و م. عادلی نیا. ۱۳۸۱. *مقدمه‌ای بر GIS و آموزش نرم‌افزار Arcview*. انتشارات مؤسسه فرهنگی و هنری دیباگران، تهران.

۱۴. نیک قوام، ج. ۱۳۷۹. چگونگی ساختار سیستم اطلاعات جغرافیایی کشاورزی گیلان (GIS). مجله مزرعه ۳۵: ۳۰-۳۲.

15. Burrough, P. A. 1989. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford Science Pub., UK.
16. Jhonson, C. W. and A. C. Gembhart. 1982. Predicting sediment yield from Sagerbrush range lands. USDA-SEA-ARM Western Series, 26: 145-156.
17. Lu, H., J. Geollant Prosser, L. Moran and G. Priestly. 2001. Prediction of sheet and rill erosion over the Australian continent: Incorporating monthly soil loss distribution. National Land & Water Resource. Technical Report No. 31, Australia.
18. Rompaey, A. and G. Govers. 2002. Data quality and model complexity for regional scale soil erosion prediction. Geograph. Inform. Sci. 16(7):663-680.
19. Stone, R. P. and D. Hilborn. 2003. Universal Soil Loss Equation (USLE).Queens Printer for Ontario, Ministry of Agriculture and Food pub., Canada.
20. UNDP.1999. Human Development Report of the Islamic Republic of IRAN. Chapter 8, PP: 109-121.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1385.10.1.7.7]