

ارزیابی دقت و کارایی روش شاخص فورنیه و تجزیه عاملی در تهیه نقشه شدت فرسایش و مقایسه آن با روش EPM در حوضه های آبخیز نیمه خشک

آزاده علی محمد پور^{۱*}، روح اله افسری^۲

چکیده

در ایران یکی از مدل های با کاربرد گسترده جهت برآورد مقادیر کمی فرسایش و رسوب در ایران مدل EPM بر اساس نتایج تحقیقات بعمل آمده می باشد (قدوسی، ۱۳۸۶). بدین منظور در تحقیق حاضر اقدام به تعیین مقادیر شدت فرسایش و تهیه نقشه شدت فرسایش بر اساس دو روش فورنیه و امتیاز عاملی جهت مقایسه با روش EPM در حوضه آبخیز مزلقان با اقلیم نیمه خشک گردیده است. نتایج حاصل از انجام تحقیق نشان دهنده اینست که روش امتیاز عاملی به دلیل داشتن اختلاف نسبی کمتر در مقایسه با مدل EPM با مقدار ۲۵ درصد در حوضه آبخیز مورد مطالعه نسبت به روش فورنیه روش مناسبتری می باشد، تفاوت بین مقادیر اختلاف نسبی روش های مورد آزمون می تواند در ساختار مدل های مذکور باشد، لذا پیشنهاد می گردد تا از این روش در تهیه نقشه شدت خطر فرسایش و اولویت بندی مناطق بحرانی حوضه های آبخیز نیمه خشک کشور که فاقد فرسایش خندقی می باشند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی

مدل EPM، روش فورنیه، روش امتیاز عاملی، حوضه آبخیز مزلقان

۱- کارشناس ارشد آبخیزداری پست الکترونیکی: Email:Azade.mohamadpor@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی. Email:ali_afsary@yahoo.com

Investigating the Accuracy and Efficiency of Fornier Index and Factorial Scoring Method in Soil Erosion Intensity Mapping and Comparing with EPM Method in Semiarid Watershed (A Case Study: In The Markazi Province Watershed (Mazlaqan Wtershed))

Ali mohamad por A.^{1*}, Afsary R².

Abstract

In Iran, one of the extensively used methods for determine the values of erosion and sediment is Model EPM. But according to the reports, So, in this study attempted to determine the values of erosion intensity and erosion intensity mapping two methods based on Fornier and factorial scoring method to compare the EPM in Mazlaqan watershed semiarid have been done. The results of the investigation indicate that factorial scoring method due to the relative difference to compare with EPM model with 25 percent of watershed management in the filed of study towards Fornier study method are appropriate, differences between relative amounts of the test methods can be in the structure therefore recommended to the method of mapping and prioritizing watershed areas critical of the country's semi-arid gully erosion are lacking about are used.

Keywords

Erosion Potential Model (EPM), Fornier Method, Factorial Scoring Method, Mazlaqan Watershed

1. M.Sc, Islamic Azad University, [Email: Azade.mohamadpor@yahoo.com](mailto:Azade.mohamadpor@yahoo.com).
2. M.Sc, Islamic Azad University; [Email: ali_afsary@yahoo.com](mailto:ali_afsary@yahoo.com).

مقدمه

تدوین طرح ها و برنامه های حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش در قالب طرح های آبخیزداری به عنوان یکی از اساسی ترین اقدامات در راستای حفاظت، احیاء و توسعه حوضه های آبخیز جهت ایجاد تعادل هیدروبیولوژیک می باشد، اما مد نظر قراردادن مقدار فرسایش و یا تولید رسوب به صورت کمی که موجب صرف وقت زیاد جهت تهیه داده های مورد نیاز روش های مورد استفاده حسب شرایط اقلیمی و مکانی حوضه های آبخیز می شود از جمله جنبه های اختلاف نظر در استفاده از آنها در تدوین استراتژی و اجرای برنامه های لازم اعم از پیشگیری و یا مهار فرسایش خاک در قالب اصول حفاظت خاک در بین متخصصین و کارشناسان می باشد (مورگان، ۱۹۹۶؛ مهرگان، ۱۳۸۵؛ هادسون^{۴۸}، ۱۹۸۲). خلاء موجود در این زمینه، شناخت و استفاده از روشها و یا مدل های با قابلیت تعیین مکانی شدت فرسایش با استفاده از حداقل داده های قابل دسترس در قالب نقشه پهنه بندی شدت فرسایش است که در ایران کمتر مورد توجه بوده است. به طوری که در اکثر طرحهای اجرایی و تحقیقاتی به موضوع شناسایی و انتخاب مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب توجه شده و این بخش از موضوع که نقش اساسی را در اولویت بندی برنامه های مورد نیاز برای پیشگیری از فرسایش و مهار آن دارد، کمتر مد نظر بوده است. در حالی که به اظهار مورگان^{۴۹} (۱۹۹۶)، زاخار^{۵۰} (۱۹۸۲)، قدوسی، (۱۳۸۶)، مهرگان و همکاران، (۱۳۸۵) در صورت تهیه نقشه مکانی شدت فرسایش، یکی از اساسی ترین معضلات در برنامه ریزی مکانی حفاظت خاک در ابعاد مختلف آن امکان پذیر می شود. به این ترتیب در تحقیق حاضر فرآیند مورد نظر افزون بر ارزیابی دو روش متداول تهیه نقشه شدت فرسایش در مقیاس حوضه آبخیز، آزمون اجرای دو روش مذکور در محیط سامانه های اطلاعات جغرافیایی می باشد که زمینه لازم را برای اجرای روش امتیاز عاملی فراهم می کند. بررسی سوابق پژوهشی مبین این است که دالی و تیلور^{۵۱} (۲۰۰۱)، با استفاده از روش **Grid** در محیط **GIS** (سیستم اطلاعات جغرافیایی) اقدام به محاسبه مقادیر میانگین بارندگی و شدت بارش ۳۰ دقیقه ای **EI_p** نموده و به این نتیجه رسیده اند که استفاده از روش مذکور موجب افزایش دقت در تهیه نقشه شدت و خطر فرسایش می شود. نوسین^{۵۲} (۱۹۶۴)، با پژوهش در زمینه تهیه نقشه خطر و شدت فرسایش به این نتیجه رسیده است که شاخص **P/P** و بافت شبکه آبراهه ها را می توان به دلیل مشابهت بین بافت شبکه آبراهه های رتبه یک با شبکه خندق ها که جزء آبراهه های رتبه یک هستند، به عنوان شاخص های مناسب برای تعیین خطر فرسایش خندقی در نظر گرفت.

رز^{۵۳} (۱۹۷۵)، با ارزیابی و محاسبه کمی شاخص فرساینده گی باران رابطه زیر را برای تعیین میانگین سالانه شاخص فرساینده گی باران جهت تهیه نقشه شدت فرسایش ارائه نموده است:

$$R=0.5 H$$

که در آن: **R**=شاخص فرساینده گی باران ، **H**=متوسط بارندگی سالانه بر حسب mm.

براساس مطالعات انجام شده در بریتانیا در زمینه تهیه نقشه شدت فرسایش مشخص شده است که شاخص $KE > 10$ در مقایسه با سایر شاخص ها با لحاظ میزان بارندگی ۲ روزه با دوره بازگشت ۵ ساله و مقدار بارندگی ۱۰ دقیقه با دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰، مناسبتر می باشد. لازم به توضیح است در این مطالعه مقادیر انرژی جنبشی محاسبه شده در فراوانی وقوع سالانه بارندگی ها ضرب شده و سپس با محاسبه مجموع ارقام حاصل در طول سال اقدام به محاسبه $KE > 10$ شده است.

علاوه بر این، با توجه به تغییرات مقادیر شاخص فرساینده گی و در نتیجه شدت فرسایش، نتیجه گیری شده است که با توجه به تغییرات مکانی شاخص فرساینده گی امکان پهنه بندی آن وجود دارد به نحوی که خروجی این مطالعه حاکی از بالا بودن خطر فرسایش در اراضی کشاورزی بوده است (قدوسی و همکاران، ۱۳۸۶). مهرگان (۱۳۸۵)، با تحقیق در زمینه ارزیابی روش های تهیه نقشه خطر فرسایش با استفاده از سنجش از دور (**RS**) و سیستم های اطلاعات جغرافیایی (**GIS**) در آبخیز لتیان به این نتیجه رسیده

^۱ Hadson 1982

^۲ Morgan 1996

^۳ Zachar 1982

^{۵۱} -Daly و Taylor 2001

^{۵۲} -Nossin 1964

^{۵۳} -Ross 1975

است که دو روش قدرت تخریبی باران و امتیاز عاملی دارای قابلیت لازم با دقت قابل قبول جهت تهیه نقشه شدت و خطر فرسایش می باشند. نیرمی (۱۳۸۷)، با ارزیابی روشهای شاخص فرساینده باران برای تهیه نقشه خطر فرسایش و مقایسه آن با روش EPM در حوزه آبخیز طالقان به این نتیجه رسیده است که شاخص اصلاح شده ی آرنولدز با اختلاف نسبی معادل ۱۲/۶ درصد دارای کمترین اختلاف نسبی در قیاس با سایر روش ها بوده و مناسبترین روش برای تهیه نقشه خطر فرسایش می باشد. با شرح بیان شده منظور اصلی این تحقیق شناسایی و معرفی مناسبترین روش جهت تهیه نقشه شدت فرسایش می باشد که متغیرهای مربوط عبارتند از: مقدار و شدت بارندگی به عنوان عامل فرساینده خاک و خصوصیات خاک به عنوان عامل مقاومت در مقابل فرسایش و پوشش روی زمین و کاربری اراضی به عنوان عوامل مقاومت و بالا خره شیب دامنه ای به عنوان عامل تشدید کننده طبیعی هستند، در این تحقیق روش های EPM و امتیاز عاملی و شاخص فورنیه مورد بررسی قرار گرفته است.

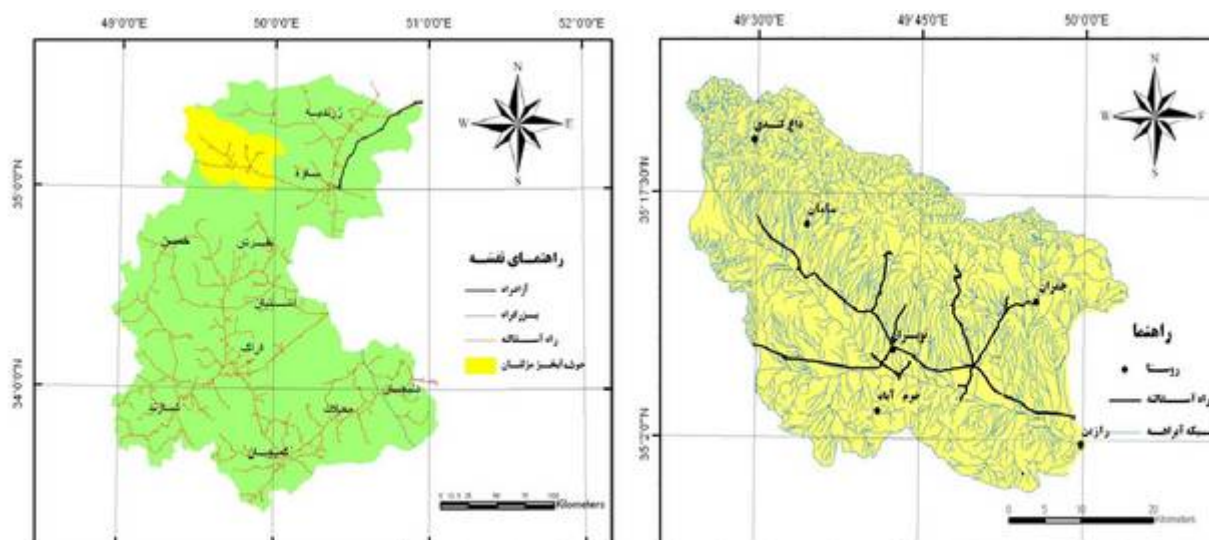
داده ها و روش ها

داده ها و مواد و متغیرهای مورد مطالعه

در انجام این تحقیق بخشی از اطلاعات مورد نیاز از منبع مختلف شامل کتب و مقالات علمی - پژوهشی، گزارش مطالعات انجام شده و نیز تحقیقات و طرح ها و مطالعات انجام گرفته در زمینه های مرتبط با موضوع تحقیق گردآوری شده و بخشی نیز از طریق عملیات میدانی شامل تدقیق داده ها، شامل زمین شناسی، خاک، ویژگی های فیزیوگرافی در سازگاری و تطبیق با روش های تهیه نقشه شدت فرسایش گردآوری می شود.

موقعیت حوزه مورد مطالعه

این تحقیق در حوزه آبخیز مزلقان با اقلیم نیمه خشک در محدوده جغرافیائی ۵۷° و ۳۴° تا ۲۵° و ۳۵° عرض شمالی با مساحت ۱۴۲۹ کیلومتر مربع در شمال شرق استان مرکزی انجام شده است (شکل ۱). در این تحقیق کل منطقه مورد بررسی قرار می گیرد و از نظر آماری روش تمام شماری محسوب می شود و با توجه به نوع و موضوع تحقیق از داده های بارندگی، خصوصیات فیزیکی خاک، خصوصیات فیزیوگرافی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی به عنوان مواد مورد نیاز و از نرم افزار GIS جهت پردازش داده ها و مقایسه دو روش EPM و امتیاز عاملی در حوزه آبخیز مزلقان استفاده می شود (قدوسی، ۱۳۸۶).



شکل ۱- موقعیت مکانی حوزه آبخیز مزلقان

روش ها

در این تحقیق ابتدا اقدام به جمع آوری آمار و اطلاعات پایه شامل آمار بارندگی، نقشه توپوگرافی، نقشه زمین شناسی، عکس های هوایی، تصاویر ماهواره ای، خاکشناسی، کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی از مطالعات پیشین و سازمان های ذیربط گردیده است. سپس با تکمیل و تدقیق آنها از طریق انتخاب نقاط کنترلی در منطقه تحقیق و بررسی های میدانی با استفاده از دستگاه GPS و تهیه نقشه های نظارت شده در محیط GIS جهت فراهم نمودن داده های مورد نیاز، در سازگاری با روشهای مورد آزمون شامل قدرت تخریبی باران، امتیازدهی عاملی و اجرای به هنگام مدل EPM جهت محاسبه شدت فرسایش (Z) گردیده است. تجزیه و تحلیل داده های رسوب اندازه گیری شده در منطقه تحقیق (در ایستگاه رسوب سنجی) از طریق محاسبه میانگین رسوبدهی مبتنی بر روش میانگین دسته ها به عنوان روش استاندارد جهت تعیین مبنای مقایسه صحت و دقت روش های مورد آزمون شدت فرسایش و میزان دقت مقادیر رسوب اندازه گیری شده با رسوب بر آوردی با استفاده از مدل EPM صورت پذیرفته است. پردازش و تجزیه و تحلیل آمار بارندگی در تطبیق با روش شاخص فورنیه شامل مقادیر حداکثر بارندگی ماهانه و سالانه در طول دوره آماری بر اساس روشهای معرفی شده توسط مهدوی (۱۳۷۸) به شرح رابطه ذیل شده است

$$R = \frac{R\bar{R}}{\bar{R}}$$

که در آن:

R= شاخص فرسایندهی باران،

P_m= متوسط ارتفاع حداکثر بارندگی ماهیانه در هر باران ترین ماه سال (میلیمتر)

P= متوسط حداکثر ارتفاع بارندگی سالیانه (میلیمتر).

تهیه لایه های اطلاعاتی شامل نقشه های شیب، تراکم شبکه آبراهه ها، فرسایش پذیری خاک (K)، حفاظ روی خاک و کاربری اراضی در محیط سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تعیین مقادیر عوامل روش امتیازدهی شامل فرسایندهی، فرسایش پذیری، میزان شیب، پوشش سطح زمین و تراکم انسان در واحد سطح به ترتیب و بر اساس مقادیر هر یک از عوامل و سهم مشارکت آنها در رخداد فرسایش (امتیازات ۵) صورت پذیرفته است و با محاسبه مقادیر فرسایندهی باران بر اساس نقشه های هم باران و هم فرسایش (قدوسی، ۱۳۸۶) اقدام به تهیه نقشه شدت فرسایش حوضه آبخیز مورد مطالعه (مزلقان) گردیده و با مقایسه تطبیقی نتایج به دست آمده از روش های مورد مطالعه برای مشخص کردن مناسبترین روش در تهیه نقشه مکانی شدت فرسایش از طریق محاسبه اختلاف نسبی توزیع مکانی و شدت فرسایش در محیط GIS شده است.

روش تجزیه و تحلیل

تجزیه و تحلیل داده ها بر اساس روش های استاندارد تجزیه و تحلیل داده های بارندگی، تهیه نقشه همباران (مهدوی، ۱۳۷۸)، تهیه نقشه همفرسا (قدوسی ۱۳۸۶)، تعیین امتیازهای عاملی روش مورگان (۱۹۹۶)، مهرگان و همکاران، (۱۳۸۵) و قدوسی (۱۳۸۶) پردازش داده ها بر اساس تکنیک های سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در زمینه خصوصیات حوضه آبخیز مورد تحقیق شامل زمین شناسی، ژئومورفولوژی، خاک، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، توپوگرافی و فیزیوگرافی انجام گرفته است. نتیجه گیری از تجزیه و تحلیل ها نیز بر اساس روش تطبیقی بر اساس رابطه زیر به عمل آمده است:

$$RD = \frac{E_1 - D_1}{E_1} \times 100$$

که در آن:

RD= اختلاف نسبی، E₁= شدت فرسایش برآورد شده، D₁= شدت فرسایش مشاهده شده است.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده های اندازه گیری شده دبی آب و رسوب ایستگاه رسوب سنجی حوضه آبخیز مزلقان بر اساس روش میانگین دسته ها معادل $513122/26$ تن در سال است که برابر $359/08$ تن در کیلو متر مربع در سال می باشد (معاونت آبخیزداری سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور) (جدول ۱).

جدول ۱- مقادیر اندازه گیری شده دبی آب و رسوب و حجم کل آب و تولید رسوب در حوضه آبخیز مزلقان

مساحت Km ²	رسوب ویژه (TonKm ⁻² yr ⁻¹)	رسوب کل Q _{st} (Ton)	حجم آب سالانه Q (m ³)	دبی رسوب Q _s (g/lit ⁻¹)	دبی آب Q _w (litsec ⁻¹)	پارامتر حوضه آبخیز
۱۷۳۸	۳۵۹/۰۸	۵۱۳۱۲۲/۲۶	۱۶۷۱۴۰/۸	۳۰۷۲/۳۵	۵/۳۱	مزلقان

با توجه به اجرای مدل EPM، نتایج حاصل از برآورد مقادیر رسوب ویژه و کل در حوضه های آبخیز مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است، تبع آن فرسایش و رسوب ویژه در آن به ترتیب معادل $734/9$ و $404/2$ تن در کیلومتر مربع در سال و رسوب کل نیز معادل $702499/6$ تن در سال می باشد. با توجه به متوسط رسوبدهی حوضه آبخیز مزلقان بر اساس داده های رسوب ثبت شده معادل 624081 متر مکعب در سال است، بر این اساس اختلاف نسبی مقدار رسوب برآورد شده و به تبع آن مقدار فرسایش و شدت آن با مقادیر مشاهده معادل $12/56$ درصد است.

جدول ۲- مقادیر رسوب برآورد شده با استفاده از مدل EPM

رسوب کل (تن در سال)	رسوب ویژه (تن در کیلومتر مربع در سال)	فرسایش ویژه (تن در کیلومتر مربع در سال)	ضریب رسوب دهی	اختلاف ارتفاع (کیلو متر)	حداقل ارتفاع	حوضه (کیلو متر)	ارتفاع متوسط حوضه آبخیز (کیلو متر)	محیط آبخیز (کیلو متر)	ضریب درجه حرارت (T)	متوسط دمای سالانه	متوسط بارندگی سالانه (میلی متر)	ضریب شدت فرسایش (t)	حوضه آبخیز
۷۰۲۴۹۹/۶	۴۰۴/۲	۷۳۴/۹	۰/۵۵	۰/۶۵۱	۱/۳	۱/۹۵۱	۱۸۷/۵	۱/۳۷	۱۷/۷	۳۳۵	۰/۵۱	مزلقان	

نتایج شدت فرسایش حاصل از اجرای روش EPM در محیط GIS در جدول ۳ ارائه گردیده و در شکل ۲ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج شدت فرسایش حاصل از اجرای روش EPM

شدت فرسایش	کم	متوسط	شدید	خیلی شدید	مساحت
هکتار	۲۵۴/۹	۸۶۹/۶	۳۷۹/۵	۲۳۴	
درصد	۱۴/۵	۵۰	۲۲	۱۳/۵	



شکل ۲- نقشه وضعیت شدت فرسایش در روش EPM

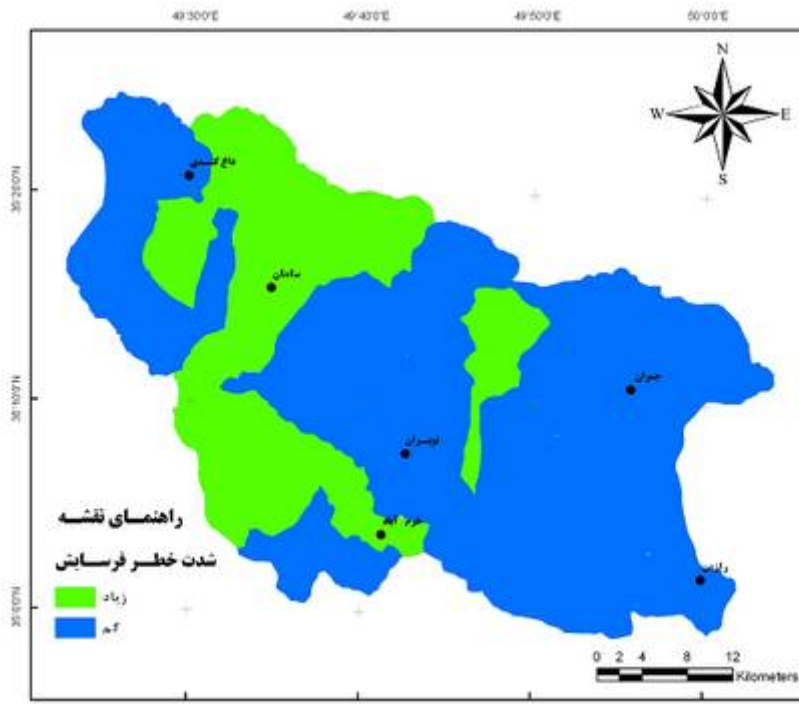
مقادیر فرسایندگی باران با استفاده از روش فورنیه در ۲ کلاس (کم و زیاد) طبقه بندی شده است و در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین نتایج شدت فرسایش حاصل از اجرای روش فورنیه در محیط GIS در جدول ۵ ارائه گردیده و در شکل ۳ آورده شده است.

جدول ۴- نتیجه محاسبه خطر فرسایش مبتنی بر شاخص فرسایندگی باران بر اساس روش فورنیه

شماره زیرواحدها	ارتفاع متوسط آبخیز	حداکثر میانگین ماهانه	میانگین سالانه	فورنیه	شدت خطر فرسایش
۱	۱۸۱۸	۴۸/۲۶	۳۱۹	۷/۲۲	کم
۲	۱۷۸۰	۴۷/۵۷	۳۱۲	۷/۳۸	کم
۳	۱۸۰۸	۴۸/۰۸	۳۱۷	۷/۲۶	کم
۴	۲۱۹۱	۵۴/۹۷	۳۹۰	۷/۷۵	زیاد
۵	۱۹۴۲	۵۰/۴۹	۳۴۳	۷/۲۸	کم
۶	۲۰۷۵	۵۲/۸۸	۳۶۸	۷/۶۳	زیاد
۷	۲۰۰۶	۵۱/۶۴	۳۵۵	۷/۶۱	زیاد
۸	۲۴۰۰	۵۸/۷۳	۴۳۰	۸/۰۹	زیاد
۹	۲۴۵۷	۵۹/۷۶	۴۴۱	۸/۱۶	زیاد
۱۰	۲۰۷۸	۵۲/۹۴	۳۶۹	۷/۶۱	زیاد
۱۱	۱۹۶۲	۵۰/۸۵	۳۴۷	۷/۴۹	کم
۱۲	۱۹۲۴	۵۰/۱۶	۳۴۰	۷/۳۵	کم
۱۳	۱۸۸۳	۴۹/۴۳	۳۳۲	۷/۲۳	کم
۱۴	۲۳۱۵	۵۷/۲۰	۴۱۴	۷/۸۴	زیاد
۱۵	۱۸۹۳	۴۹/۶۱	۳۳۴	۷/۴۸	کم
۱۶	۱۷۵۶	۴۷/۱۴	۳۰۷	۷/۱۹	کم
۱۷	۲۰۸۱	۵۲/۹۹	۳۶۹	۷/۶۱	زیاد
۱۸	۱۷۷۱	۴۷/۴۱	۳۱۰	۷/۱۲	کم
۱۹	۱۹۳۲	۵۰/۳۱	۳۴۱	۷/۳۳	کم
۲۰	۱۸۱۱	۴۸/۱۳	۳۱۸	۷/۲۴	کم
۲۱	۱۹۹۲	۵۱/۳۹	۳۵۲	۷/۳۸	کم
۲۲	۱۵۷۱	۴۳/۸۱	۲۷۲	۷/۱۱	کم
۲۳	۱۷۷۰	۴۷/۳۹	۳۱۰	۷/۱۲	کم
۲۴	۱۴۵۸	۴۱/۷۸	۲۵۱	۷/۰۲	کم

جدول ۵- نتایج شدت فرسایش حاصل از اجرای روش فورنیه

زیاد	کم	مساحت
۵۱۸/۴	۱۲۱۹/۶	هکتار
۳۰	۷۰	درصد



شکل ۳- نقشه وضعیت شدت فرسایش در روش فورنیه

نتایج شدت فرسایش حاصل از اجرای روش امتیاز عاملی در جداول ۶ و ۷ آورده شده و در شکل ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۶- نتیجه تعیین امتیاز عوامل ۵ گانه در روش امتیاز عاملی وضعیت خطر فرسایش

شماره زیر واحد آبخیز	عامل فرسایش	عامل پذیری	عامل شیب	عامل حفاظ روی خاک	عامل اراضی	کاربری جمع	جمع امتیازات	جمع بر مبنای ۱۰۰	شدت خطر فرسایش
۱	۵	۴	۵	۳	۴	۲۱	۸۴	زیاد	
۲	۵	۱	۵	۲	۳	۱۶	۶۴	متوسط	
۳	۵	۲	۴	۲	۳	۱۶	۶۴	متوسط	
۴	۳	۲	۵	۲	۳	۱۵	۶۰	متوسط	
۵	۴	۲	۴	۳	۴	۱۷	۶۸	متوسط	
۶	۳	۴	۴	۲	۳	۱۶	۶۴	متوسط	
۷	۴	۲	۳	۲	۳	۱۴	۵۶	متوسط	
۸	۴	۳	۳	۲	۳	۱۵	۶۰	متوسط	
۹	۳	۱	۳	۲	۳	۱۲	۴۸	کم	
۱۰	۱	۱	۲	۴	۵	۱۳	۵۲	متوسط	
۱۱	۳	۳	۳	۵	۵	۱۹	۷۶	زیاد	
۱۲	۱	۱	۲	۳	۴	۱۱	۴۴	کم	
۱۳	۱	۲	۲	۵	۵	۱۵	۶۰	متوسط	
۱۴	۴	۳	۴	۴	۵	۲۰	۸۰	زیاد	
۱۵	۳	۳	۳	۴	۵	۱۸	۷۲	متوسط	

متوسط	۵۲	۱۳	۴	۳	۲	۲	۲	۱۶
کم	۴۰	۱۰	۳	۲	۲	۲	۱	۱۷
متوسط	۶۴	۱۶	۴	۳	۲	۵	۲	۱۸
کم	۴۴	۱۱	۴	۳	۱	۲	۱	۱۹
کم	۴۴	۱۱	۴	۳	۱	۲	۱	۲۰
زیاد	۸۸	۲۲	۵	۴	۴	۵	۴	۲۱
زیاد	۸۰	۲۰	۵	۴	۳	۴	۴	۲۲
زیاد	۷۶	۱۹	۵	۴	۳	۴	۳	۲۳
زیاد	۸۴	۲۱	۵	۴	۴	۴	۴	۲۴

جدول ۷- نتایج شدت فرسایش حاصل از اجرای روش امتیاز عاملی

مساحت	شدت فرسایش		
	شدید	متوسط	کم
هکتار	۵۲۳	۸۱۷/۴	۳۹۷/۶
درصد	۳۰	۴۷	۲۳



شکل ۴- نقشه وضعیت شدت فرسایش در روش امتیاز عاملی

نتایج درصد همپوشانی و محاسبه مقادیر اختلاف نسبی بین مقادیر شدت فرسایش با بکارگیری روش شاخص فورنیه و امتیاز دهی عاملی در مقایسه با مدل EPM در حوزه آبخیز مورد مطالعه (مزلقان)، در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸- نتایج مقایسه اختلاف نسبی حاصل از درصد هم پوشانی شدت فرسایش به روش EPM با روشهای فورنیه و امتیاز عاملی (درصد)

مدل	امتیاز عاملی	فورنیه
حوزه آبخیز مزلقان	۲۵	۶۳

بحث و نتیجه گیری

بر این اساس بررسی دو روش فورنیه و امتیاز عاملی و مقایسه نتایج بدست آمده به شرح ارائه شده در این تحقیق می توان نتیجه گیری نمود که روش امتیاز عاملی به دلیل داشتن اختلاف نسبی کمتر در مقایسه با روش فورنیه به ترتیب با اختلاف های نسبی معادل

۲۵ و ۶۳ درصد نسبت به سطح مینا مبتنی بر نقشه پهنه بندی شدت فرسایش بر اساس مدل **EPM** روش مناسبتری است. بررسی دو روش مورد آزمون نشانگر این است که علت اختلاف معادل یا در صد بین آنها در تعیین خطر فرسایش در منطقه تحقیق به عوامل مورد استفاده و لحاظ شده در ساختار دو روش می تواند مربوط باشد زیرا در روش فورنیه تنها از مقادیر بارندگی متوسط سالانه و متوسط حداکثر بارندگی ماهانه آن هم جهت محاسبه شاخص فرساینده باران جهت تعیین خطر فرسایش استفاده می شود. به طوری که ایراد اساسی این روش در عدم توجه به عامل فرساینده و خصوصیات خاک از نظر فرسایش پذیری با حساسیت به فرسایش و عوامل مؤثر در افزایش و کاهش مقاومت خاک در مقابل عملکرد عامل فرساینده است. علاوه بر این، استفاده از دو پارامتر بارندگی شامل متوسط حداکثر بارندگی ماهانه و متوسط بارندگی سالانه بدون توجه به نوع بارش که اغلب در مناطق نیمه خشک به خصوص حوضه های آبخیز کوهستانی مانند آبخیزهای ایران به صورت برف است و فاقد انرژی جنبشی جهت ایجاد فرساینده ناشی از قطرات بارش است و تولید رواناب سطحی تدریجی به دلیل ذوب تدریجی برف نیز می تواند از دیگر منابع خطای روش فورنیه باشد. این در حالی است که عملاً به دلیل اندازه گیری و ثبت داده های نزولات آسمانی عملاً امکان دسترسی به داده های مورد نیاز در این روش در اکثر حوضه های آبخیز از جمله آبخیزهای ایران میسر بوده و قابل محاسبه است.

این در حالی است که در روش امتیاز عاملی عملاً ۵ عامل یا پارامتر شامل: فرساینده باران، فرسایش پذیری خاک، شیب زمین، حفاظ روی خاک و استفاده از اراضی (کاربری اراضی) که از پارامترهای مؤثر در احتمال شکل گیری و رخداد فرسایش و اثرگذار در شدت وقوع آن می باشند، مورد استفاده قرار می گیرد. به عبارت دیگر در این روش به جای استفاده از شاخص فرساینده باران، به سه گروه از عوامل مؤثر در این رخداد فرسایش که تعیین کننده میزان خطر وقوع آن می باشد شامل عوامل فرساینده، فرسایش پذیری و مقاومت کننده در مقابل فرسایش، استفاده شده است.

مقایسه نتایج بدست آمده از پهنه بندی خطر فرسایش مبین این است که بر اساس روش فورنیه منطقه مورد مطالعه به دو بخش از مناطق با خطر زیاد و کم به فرسایش تقسیم بندی شده اند (جدول ۵ و شکل ۳)، در حالی که بر اساس روش امتیاز عاملی (جدول ۷ و شکل ۱۴)، خطر فرسایش در منطقه در سه گروه کم، متوسط و زیاد تعیین و مشخص گردیده است. این موضوع حاکی از امکان و قابلیت روش امتیاز عاملی در تقسیم بندی دقیق تر و با گستره بیشتر خطر فرسایش در حوضه های آبخیز می باشد. علت چنین مزیتی نیز مربوط به استفاده از سه گروه عوامل مؤثر در افزایش یا کاهش خطر فرسایش به شرح بیان شده در روش امتیاز عاملی است بدیهی است برای اجرای روش امتیاز عاملی نیاز بیشتری به اطلاعات و آمار می باشد که دستیابی به آنها ممکن است در کلیه آبخیزهای کشور به سهولت امکان پذیر نباشد.

نتایج بدست آمده به شرح فوق در تطبیق با نظرات **Morgan** (۱۹۹۶)، مهرگان (۱۳۸۵)، قدوسی (۱۳۸۶)، نیرمی (۱۳۸۷) می باشد.

لازم به توضیح است که بر اساس نتایج پژوهشی گزارش شده توسط **Morgan** (۱۹۹۶)، و قدوسی (۱۳۸۶)، استفاده از روش فورنیه جهت تهیه نقشه خطر فرسایش خندقی کاربرد دارد و قابل توصیه برای انجام این کار می باشد، در حالی که با استفاده از روش امتیاز عاملی، امکان پهنه بندی خطر فرسایش خندقی وجود ندارد. لذا با توجه به اینکه فرسایش غالب حوضه آبخیز مورد مطالعه به صورت سطحی می باشد نتایج به دست آمده در تطبیق با یافته های مذکور می باشد.

منابع

- ۱- احمدی، حسن، (۱۳۷۸): ژئومورفولوژی کاربردی. جلد ۱، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- فوسری، روح اله، (۱۳۸۹): واسنجی و ارزیابی روش های ضریب رسوب دهی در اقالیم مختلف (مطالعه موردی حوزه های آبخیز استان مرکزی)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
- ۳- رفاهی، حسینقلی، (۱۳۷۵): فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران.

۴- شریفیان، (۱۳۷۵): بررسی و ارزیابی تهیه نقشه خطر فرسایش، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.

۵- ضیائی، حجت اله، (۱۳۸۰): اصول مهندسی آبخیزداری. چاپ اول، دانشگاه امام رضا.

۶- علیزاده، امین، (۱۳۸۶): فرسایش و حفاظت خاک. انتشارات آستان قدس رضوی.

۷- فیض نیا، سادات، (۱۳۷۴): مقاومت سنگ ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران. مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷.

۸- قدوسی، جمال، (۱۳۸۶): مدل های فرسایش و رسوب، جزوه درسی دوره کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۹- مرکز تحقیقات منابع آب تماب، (۱۳۸۸): بانک اطلاعات منابع آب سطحی.

۱۰- مهرگان، (۱۳۸۵): بررسی روش های تعیین شدت فرسایش و پهنه بندی خطر آن، سومین کنفرانس سالیانه سراسری آبخیزداری، کرمان.

۱۱- مهدوی، محمد، (۱۳۷۸): هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، دانشگاه تهران.

۱۲- مطالعات پایه حوزه آبخیز مزلقان، (۱۳۸۸): معاونت آبخیزداری سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

13-Bennet.(1939);Soil Conservation.Mc-Grow-Hill Book Company.

14-Taylor وDaly,(2001):Soil erosion hazard mapping soil conservation journal Austrulia.

15-Hadson.(1982);Soil conservation. Bastford.

16-Foneir,(1960):Soil erosion soil conservation by Morgan.

17-Morgan(1986);Soil erosion and conservation.Logman scientific and technical.

18-Morgan.(1996):Soil conservation.UK.

19-Nossin.(1964):advanc research soil conservation.UNDP.

20-Ross.(1975):Soil erodibility index. Soil conservation journal Austrulia.

21-Zachar.(1982):Soil Erosion.Elsevier