نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹
صفحات ۱ – ۱۶

بررسی کارایی مدل‌های EPM و MPSIAC در تعیین وضعیت فرسایش حوزه آبخیز شهریاری

رضا بیات[۱]؛ استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
محمود عرب‌خدری؛ دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
نجمه بهنام؛ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی
زهرا گرامی؛ دانشجوی دکتری مدیریت منابع خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

دریافت مقاله : ۱۳۹۸/۰۷/۰۲ پذیرش نهایی:۱۳۹۹/۰۲/۱۵

چکیده

اطلاعات محدودی از دقت نقشه‌ی فرسایش آبی به‌عنوان یکی از عوامل مهم تهدیدکننده منابع خاک وجود دارد. به این منظور، ارزیابی صحت و نحوه پراکنش طبقات فرسایش حاصل از مدل‌های EPM و MPSIAC در مقایسه با مدل BLM به‌عنوان مقادیر واقعیت زمینی در حوزه آبخیز شهریاری در این پژوهش انجام شد. ابتدا آمار و اطلاعات موردنیاز مدل‌های MPSIAC، EPM و BLM برای دست‌یابی به وضعیت فرسایش حوضه جمع‌آوری و به کمک نرم‌افزار ARC/GIS۹،۳ نقشه‌های طبقات فرسایش تهیه و با نقشه واقعیت زمینی تلاقی داده شدند. همچنین یک نقشه نقطه‌ای حاوی ۱۴۰۰ نقطه تصادفی برای نمونه‌برداری از نقشه‌های حاصل از مدل‌ها تهیه و بر اساس این نقشه، میزان هر یک از شاخص‌های آماری RMSE، RRMSE، MAE، MBE، NSE، CD، CRM و MSE محاسبه شد. برای بررسی دقت و صحت مکانی نقشه‌های طبقات فرسایش حاصل از مدل‌ها ماتریس خطا و ضریب توافق کاپا، صحت کلی، صحت تولیدکننده و صحت کاربر تهیه شد. نتایج فرسایش حاصل از مدل‌ها نشان داد که میانگین شدت فرسایش در مدل MPSIAC، ۵۸۹ و در مدل EPM، ۲۸۷ مترمکعب بر کیلومترمربع در سال برآورد شد که وضعیت فرسایش حوضه با کمک مدل MPSIAC، زیاد و مدل EPM، شرایط متوسطی را برآورد شده است. بررسی شاخص‌های آماری فوق‌الذکر نشان می‌دهد که میزان تطابق طبقات فرسایش مدل MPSIAC با خروجی BLM (به‌عنوان نقشه واقعیت زمینی) بیشتر از مدل EPM است. همچنین نتایج ارزیابی صحت مدل‌های MPSIAC و EPM نیز نشان داد که مقدار ضریب کاپا در مدل MPSIAC بیشتر از مدل EPM است.

واژه های کلیدی: ضریب کاپا، دقت طبقات فرسایش، BLM، شهریاری، دقت مکانی، MPSIAC.

[۱] . نویسنده مسئول: Email: bayat۵۲@gmail.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

مقدمه

فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین مسائل زیست محیطی در جهان و به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است و تأثیر زیادی بر کیفیت، کمیت و بهره‌وری خاک و درنهایت فرآیندهای بیابان‌زایی دارد (Kairis et al., ۲۰۱۳) که عمدتاً ناشی از تغییر کاربری، چرای بی‌رویه، فعالیت‌های نامناسب کشاورزی و عمق کم خاک است (Poesen, ۲۰۱۸). همچنین فرسایش خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مخاطرات زیست‌محیطی کشورهای درحال‌توسعه ازجمله ایران است. از این رو، برای هر نوع فعالیت به‌ویژه برنامه‌ریزی آمایش‌سرزمین، ابتدا باید ویژگی‌ها، میزان و پراکندگی فرسایش‌خاک به‌عنوان مخاطره‌ی‌محیطی شناسایی شود و با شناخت کامل فرسایش، به برنامه‌ریزی برای مدیریت آن پرداخته شود. باوجود سابقه‌ی طولانی مطالعات فرسایش و رسوب در کشور اطلاعات دقیق از میزان فرسایش آبی بسیار کم است و بین اندازه‌گیری‌ها و برآوردهای انجام‌شده نیز اختلافاتی مشاهده می‌شود که عواملی از قبیل نبود اندازه‌گیری‌های طولانی‌مدت فرسایش، نوپا بودن تحقیقات در این زمینه (عرب‌خدری، ۱۳۸۴) هزینه‌بر و وقت‌گیر بودن فرآیندهای اندازه‌گیری و درنهایت فقدان تعداد مناسب ایستگاه‌های اندازه‌گیری، مانع دستیابی به اعداد قابل‌اعتماد شده است و اغلب مطالعات فرسایش و رسوب کشور با استفاده از روش‌های تجربی که ابزاری در راستای شناخت اولویت‌های فرسایشی حوزه‌های آبخیز بدون آمار هستند، انجام می‌گیرد (قضاوی و همکاران، ۱۳۹۱). مدل‌های MPSIAC[۱]، EPM[۲] و FSM[۳]، ازجمله مدل‌های تجربی متداولی هستند که به‌منظور برآورد شدت فرسایش خاک و تولید رسوب مورداستفاده قرار می‌گیرد (حسینخانی، ۱۳۹۲). در بین مدل‌های مذکور، مدل‌های EPM و MPSIAC بیش‌ترین کاربرد را در مطالعات و تحقیقات آبخیزداری در جهان (Ahmed et al., ۲۰۱۹؛ Poggetti et al., ۲۰۱۹؛ Lense et al., ۲۰۱۹؛ Dragičević et al., ۲۰۱۹ و Elhag et al., ۲۰۱۹) و ایران (شهاب‌آرخازلو و همکاران، ۱۳۹۸؛ شجاعی و همکاران، ۱۳۹۷؛ بهاروند و سوری، ۱۳۹۷؛ رمضانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ قرمزچشمه و بیات، ۱۳۸۶ و بیات و همکاران، ۱۳۸۵) دارند. بررسی مقادیر فرسایش خروجی از این مدل‌ها با مقادیر واقعی و ارزیابی موقعیت مکانی طبقات فرسایش حاصل از مدل‌ها برای ارزیابی کارایی آن‌ها و برنامه‌ریزی‌های اقدامات حفاظتی ضروری است.

در این راستا شهاب آرخازلو و همکاران (۱۳۹۸) به مقایسه‌ی دو مدل MPSIAC و MMF[۴] در تهیه‌ی نقشه‌ی توزیع فرسایش خاک در حوزه آبخیز آق‌گونی اردبیل پرداختند. به این منظور آنها ۱۰۰ نقطه به فواصل ۳۰۰ متری و به‌صورت شبکه منظم از سطح حوضه نمونه برداری خاک و اندازه‌گیری‌های صحرایی انجام دادند و در این ۱۰۰ نقطه، تخمین فرسایش انجام و نقشه‌ی فرسایش خاک تهیه شد. نتایج آنها نشان داد که میانگین فرسایش خاک حوضه به کمک مدل‌های MPSIAC و MMF به ترتیب، حدود ۵ و ۴ تن در هکتار در سال برآورد شد که علت بالاتر بودن مقدار برآورد فرسایش با مدل MPSIAC، انطباق نقشه‌ی فرسایش این مدل با نقشه‌ی توزیع فرسایش خندقی و در واقع در نظر گرفتن این نوع فرسایش نسبت به مدل MMF بوده است.

پوگتی و همکاران (Poggetti et al., ۲۰۱۹) برای برآورد هدررفت خاک و رسوب در حوزه آبخیزی در کشور آرژانتین، به علت کمبود ایستگاه‌های هیدرومتری، از مدل EPM استفاده کردند تا به کمک مدل، زیرحوضه‌های تولیدکننده‌ی

۱ - Modified Pacific South-West Inter Agency Committee
۲ - Erosion Potential Method
۳ - Factorial Scoring Model
٤ - Morgan Morgan Finney

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

اصلی رسوب را شناسایی کنند و اقدامات لازم حفاظتی را انجام دهند. الهگ و همکاران (Elhag et al., ۲۰۱۹) نیز برای برآورد فرسایش خاک حوزه آبخیز رودخانه برگنالنیکا در کشور مقدونیه از مدل EPM استفاده کردند. آنها مدل EPM را در دو منطقه با وضعیت ژئومورفولوژیکی متفاوت استفاده کردند تا توانایی مدل را در برآورد فرسایش در این دو موقعیت با دیگر مدل‌ها، ارزیابی کنند. نتایج تحقیق بیان می‌کند که مدل EPM برای برآورد فرسایش مدل مناسبی است.

همچنین توسیک و همکاران (Tosic et al., ۲۰۱۹) به بررسی اثر کاهش جمعیت در منطقه‌ی جنگ‌زده‌ای در بوسنی و هرزگوین بر فرسایش خاک به کمک مدل EPM پرداختند که نتایج رابطه‌ی معنی‌دار و مستقیم بین کاهش فرسایش و جمعیت داشته است به‌طوری‌که با کاهش جمعیت در فواصل سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۳ میزان فرسایش از ۲۹۸/۲ به ۲۳۹/۹ مترمکعب بر کیلومترمربع در سال کاهش‌یافته است و ضریب رگرسیون خطی در مناطق مختلف بین ۰/۷۲ تا ۰/۹۵ بوده است. نتایج این تحقیق، پایه‌ی خوبی برای پروژه‌های مدیریت یکپارچه آب، حفاظت از خاک، اکوسیستم‌های جنگلی، حفاظت از محیط‌زیست، برنامه‌ریزی مکانی، کشاورزی و سایر فعالیت‌های انسانی است. جعفری و همکاران (۱۳۹۷) نیز با کمک مدل EPM، فرسایش خاک در حوضه‌ی بدرانلو ارزیابی کردند. نتایج نشان داد میانگین فرسایش سالانه حدود ۲۴ تن در هکتار بوده است که علاوه بر شرایط سنگ‌شناختی و تغییر کاربری اراضی، شیب و جهت شیب، با توجه به همبستگی زیاد (R^2 = ۰،۸۷) بیشترین تأثیر را در شدت فرسایش خاک حوضه داشته‌اند.

دانش‌فراز و همکاران (Daneshfaraz et al., ۲۰۱۷) در حوضه‌ی آی‌دوغموش در استان آذربایجان شرقی با استفاده از مدل MPSIAC و فناوری های GIS[۱] و RS[۲]، فرسایش خاک را برآورد و نقشه‌ی رسوب حوضه را تهیه کردند که نتایج نشان داد سالانه ۴۷۵ تن بر کیلومترمربع خاک فرسوده شده و از حوضه خارج‌شده است و شیب و پوشش زمین مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده‌ی رسوب هستند. زارعی و امیری (Zarei and Amiri, ۲۰۱۷) نیز با استفاده از مدل MPSIAC، هدررفت خاک و تولید رسوب را در حوضه‌ی کچویه برآورد کردند. بر اساس نتایج حاصل از مدل MPSIAC، ۹۴/۲ درصد (۴۷۶/۱ کیلومترمربع) از مساحت موردمطالعه در کلاس فرسایش جزئی و ۲۹/۲ درصد (۱۴۷/۵ کیلومتر) در کلاس فرسایش متوسط طبقه‌بندی‌شده‌اند. تولید رسوب کل حوضه ۱۲۳۶/۵ مترمربع و کل فرسایش ۵۰۹۱/۶ مترمکعب بر کیلومترمربع در سال محاسبه شد. تجزیه‌وتحلیل حساسیت پارامترهای مدل MPSIAC نشان داد که حساس‌ترین پارامترهای مدل با توجه به اهمیت آن‌ها، فرسایش کانالی، پوشش زمین و زمین‌شناسی با همبستگی پیرسون از ۰/۷۵ تا ۰/۳۶ بوده است و عامل استفاده از زمین اثر کمتری بر خروجی حوضه داشته است.

در مطالعه‌ای دیگر نوری و همکاران (Noori et al., ۲۰۱۶) تولید رسوب را به کمک RS و GIS در دو زیرحوضه از حوزه‌ی آبخیز دز با استفاده از دو مدل MPSIAC و EPM، در دو بازه‌ی کوتاه و بلندمدت ارزیابی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیشتر از نصف فرسایش به علت نوع پوشش زمین و سازندهای زمین‌شناسی بوده و در بررسی طولانی‌مدت، تولید رسوب ۳۸۷ و ۶۱۵ کیلوتن بر سال به ترتیب در مدل‌های MPSIAC و EPM برآورد شدند که مقایسه‌ی این مقادیر با تولید رسوب مشاهده‌ای (۶۱۲ کیلوتن بر سال) نشان از برتری مدل EPM در برآورد تولید رسوب زیرحوضه‌ها بوده است. همچنین نتایج آن‌ها ناکارآمد بودن مدل‌ها در موقعیت‌های سیلابی را نشان داد. بااین‌وجود همبستگی (R) تولید رسوب

۱- Geographical Information Systems

۲- Remote Sensing

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

تخمین زده‌شده در کوتاه‌مدت با تولید رسوب مشاهده‌ای در دو مدل EPM و MPSIAC به ترتیب به میزان ۰/۹۳ و ۰/۸۵ بوده است.

ارزیابی خطر فرسایش خاک و پتانسیل رسوب در حوزه‌ی آبریز گابریک استان هرمزگان با استفاده از مدل EPM نشان داد که رسوب ویژه و کل در این حوزه آبریز به ترتیب ۴۰/۶ مترمکعب در کیلومترمربع در سال و ۲۲۷۷۲۵/۸ مترمکعب در سال و شدت فرسایش در حوضه شدید است (انصاری لاری و انصاری، ۱۳۹۶). عفیفی (۱۳۹۶) نیز با کمک مدل تجربی MPSIAC و GIS به ارزیابی فرسایش خاک و رسوب‌دهی حوزه‌ی آبریز نمدان پرداخت. ایشان برای محاسبه عامل فرسایش سطحی مناطق بالادست از روش سازمان مدیریت اراضی امریکا (BLM[1]) استفاده کردند. نتایج حاصل از پهنه-بندی فرسایش که از تقسیم رسوب‌دهی بر نسبت تحویل رسوب حوضه به‌دست‌آمده و حوضه را در ۳ کلاس فرسایش بالا، متوسط و کم قرار داده و کلاس رسوب‌دهی با فرسایش‌پذیری زیاد بیشترین سطح حوضه را پوشانده است.

عابدینی و طولابی (۱۳۹۶) نیز برای مدل‌سازی فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه آبخیز سولاچای اردبیل از سه مدل WEPP، EPM و Fournier در محیط GIS استفاده کردند. مقدار رسوب ویژه به‌دست‌آمده از سه مدل WEPP، EPM و Fournier به ترتیب ۰/۱۷۸، ۰/۰۳۳ و ۱/۰۲ تن در هکتار در سال برآورد شده است. مقایسه رسوب مشاهده‌ای به‌دست‌آمده آمده از منحنی سنجه با مقدار ۰/۲۴۱ تن در هکتار در سال، با مدل‌های مذکور نشان داد که مدل فرآیندی WEPP از کارایی بهتری در برآورد فرسایش و رسوب حوضه موردمطالعه برخوردار است. افتیمیو و لیکودی (Efthimiou and Lykoudi, ۲۰۱۶) با مدل EPM، فرسایش خاک را در حوضه‌ای در شمال غربی یونان به‌طور سالانه و شش‌ماهه برآورد کردند. مقایسه‌ی نتایج مدل نشان از کم برآورد کردن فرسایش در حالت سالانه در مقایسه با مقادیر رسوب مشاهده‌ای داشته است؛ اما در حالت شش‌ماهه، نتایج مدل نزدیک به مقادیر مشاهده‌ای رسوب بوده است.

همچنین قلی‌پوری و همکاران (۱۳۹۲) در حوزه‌ی آبخیز ورده کرج از مدل‌های MPSIAC و EPM برای برآورد فرسایش و رسوب و تهیه نقشه کلاس‌های شدت فرسایش استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مقادیر حاصل از مدل EPM بیشتر و در مدل MPSIAC کمتر از مقدار رسوب مشاهده‌ای در ایستگاه‌های هیدرومتری خروجی حوضه بوده است. به‌این‌علت که مدل EPM پتانسیل فرسایش و رسوب را نشان می‌دهد. درصورتی‌که مدل MPSIAC عوامل بیشتری را بر پایه شرایط موجود در منطقه بررسی می‌کند. همچنین میزان طبقه‌ی فرسایش در دو مدل برای حوضه‌ی موردمطالعه زیاد برآورد شده است. برآورد تولید رسوب به کمک مدل EPM توسط بزرگ‌زاده و کمانی (Bozorgzadeh and Kamani, ۲۰۱۲) در حوزه آبخیز بختیاری در استان لرستان انجام شد. آن‌ها در این مطالعه به اصلاح دو عامل فرسایش مشاهده‌ای و ضریب استفاده از زمین پرداختند و مدل تغییریافته‌ای از مدل EPM (MEPM[2]) معرفی کردند که در این مدل تغییریافته، ضریب فرسایش مشاهده‌ای بر اساس شاخص اقلیم، درصد پوشش، تراکم زهکشی و عوامل زمین‌شناسی سطحی و با استفاده از درصد پوشش و شیب، ضریب استفاده از زمین محاسبه‌شده است. مقایسه‌ی نتایج داده‌های مشاهده‌ای در ایستگاه‌های هیدرومتری نشان داد که دقت مدل تغییریافته‌ی مدل MEPM بیشتر از مدل EPM است و همبستگی بالایی بین مدل‌های MEPM و EPM وجود دارد.

۱- Bureau of Land Management
۲- Modified Erosion Potential Method

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

بررسی صحت موقعیت مکانی طبقات فرسایش حاصل از مدل‌ها با موقعیت واقعی آن‌ها و بررسی کارایی مدل‌ها از آماره‌های مختلفی استفاده می‌شود که کوهپیما و همکاران (Kouhpeima et al., ۲۰۱۱) برای ارزیابی نتایج مدل EPM در پنج حوزه آبخیز کوچک در استان سمنان از ضریب کارایی ناش و ساتکلیف و جذر میانگین مربعات خطا استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد، اگرچه میزان کفایت مدل در محدوده قابل‌قبول است (۰/۰۵۶)، اما مدل کفایت بالایی ندارد. همچنین آماره جذر میانگین مربعات خطا، کفایت کم مدل در برآورد فرسایش حوزه‌های آبخیز موردمطالعه را نشان داد.

در پژوهشی دیگر نقشه خطر فرسایش خاک مدل RUSLE را به روش فازی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در حوزه آبخیز قرناوه گلستان تهیه شد که برای اعتبار سنجی مدل نیز از روش فازی استفاده کردند. نتایج صحت کل ۵۸ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۶ (برای طبقه فرسایش خیلی زیاد)، بیانگر تطابق بالا بین نقشه خطر مدل فازی و نقشه خطر مدل RUSLE در این طبقه است (عرفانیان و همکاران، ۱۳۹۲). پرویزی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از مدل ناش و ساتکلیف، کارایی مدل فرآیندی WEPP در برآورد تلفات خاک در حوزه آبخیز قره‌سو کرمانشاه را در شیب‌های مختلف بررسی کردند. درمجموع کارایی مدل در برآورد رواناب در هر سه شیب نسبتاً بالا است به‌گونه‌ای که در این سه شیب ضریب کارایی ناش و ساتکلیف بین ۰/۶۹ تا ۰/۷۳ محاسبه گردیده که نشانگر کارایی بالای مدل در این زمینه است. در مطالعه‌ای دیگر نیز به‌منظور مقایسه و ارزیابی دقت نقشه‌های کاربری اراضی تولیدشده از داده‌های دو سنجنده ماهواره‌ای مختلف و همچنین قابلیت روش‌های زمین‌آمار و سنجش‌ازدور در تهیه نقشه شوری و سدیمی خاک از ضرایب کاپا، ضریب کاربر و ضریب تولیدکننده استفاده نمودند (کاظمی و همکاران، ۱۳۸۹).

در دهه های اخیر مخاطرات‌محیطی اعم از طبیعی و انسانی مانند فرسایش خاک از جمله مسائلی است که در سطح جهان و ایران با آن رو به رو هستند و سالانه هزینه‌های کلانی هم متحمل می‌شوند. از این رو، ابتدا مخاطرات محیطی از قبیل فرسایش خاک و تولید رسوب باید شناسایی شوند تا مدیران مربوطه با اطلاعات کامل و دقیقی برای مدیریت و کنترل آن، برنامه‌ریزی متناسبی انجام دهند. ازآنجایی‌که مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب به‌عنوان ابزاری در راستای شناخت اولویت‌های فرسایشی حوزه آبخیز هستند و مدل‌های EPM و MPSIAC بیش‌ترین کاربرد را در مطالعات و تحقیقات آبخیزداری دارند، لذا ارزیابی صحت، دقت و نحوه پراکنش طبقات فرسایش حاصل از آن‌ها در سطح حوضه می‌تواند کمک مؤثری در نتیجه‌گیری بهتر از مدل‌ها و به‌کارگیری نتایج آن‌ها در پیشگیری از وقوع مخاطرات زیست‌محیطی، اولویت‌بندی مناطق برای اقدامات اجرایی و برنامه‌ریزی‌های حفاظتی داشته باشد که در این زمینه مطالعه-ای انجام نگرفته است. به همین منظور در این مطالعه به بررسی دقت توزیع طبقات فرسایش حاصل از مدل‌های EPM و MPSIAC در مقایسه با طبقات فرسایش مدل BLM به‌عنوان مقادیر مشاهده‌ای در حوزه آبخیز شهریاری اقدام شد.

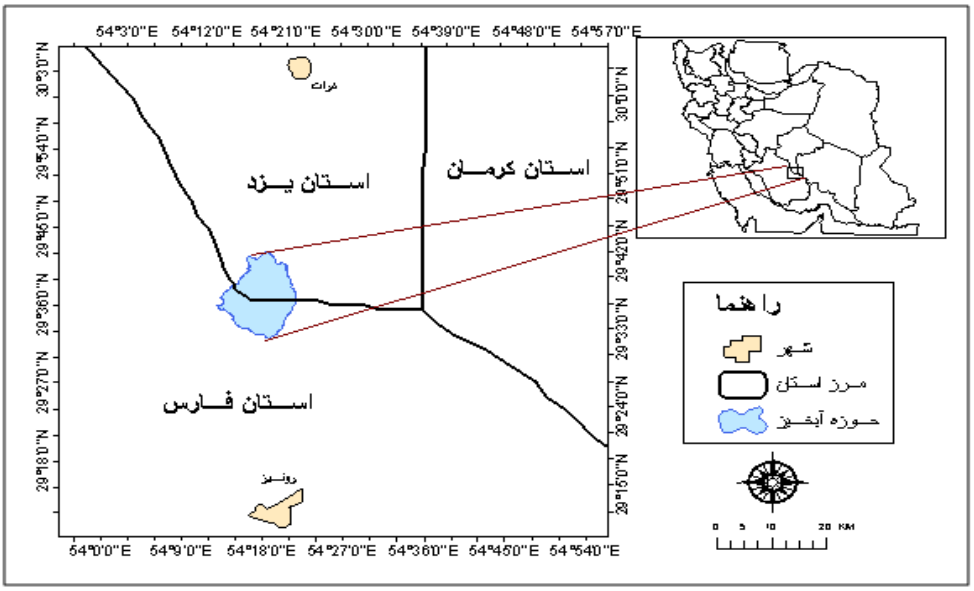
داده‌ها و روش کار

الف) قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

این پژوهش در حوضه آبخیز شهریاری با مساحت ۱۵۷۱۴/۵ هکتار در ۳۸ کیلومتری جنوب شهرستان هرات (استان یزد) و ۳۲ کیلومتری شمال شهرستان رونیز در استان فارس در مختصات ´۱۳ و°۵۴ (دقیقه و درجه) تا ´۲۲ و°۵۴ طول جغرافیایی و ´۳۲ و°۲۹ تا´۴۲ و°۲۹ عرض جغرافیایی انجام شد که در شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز شهریاری در کشور مشاهده می‌شود. حداقل و حداکثر ارتفاع حوضه به ترتیب حدود ۱۸۰۰ و ۲۵۰۰ متر و ارتفاع متوسط وزنی حوضه نیز ۲۲۵۳ متر از سطح دریا است. عمده کاربری‌های منطقه شامل مرتع و کشاورزی دیم بوده و کشت آبی بخش کوچکی را

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

در برمی‌گیرد. از دیدگاه ژئومورفولوژیکی، حوزه آبخیز شهریاری از سه واحد کوهستان، تپه‌ماهور و دشت و دو تیپ دامنه‌های منظم و نامنظم و ۱۳ رخساره تشکیل‌شده است. سنگ‌شناسی آن‌ها متأثر از وضعیت زمین‌ساخت منطقه از سنگ‌های رسوبی و دگرگونی ترکیب یافته است. واحدهای سنگی این حوضه نیز عمدتاً شامل فلیش‌های ترشیری است که به‌صورت توربیدیت حاوی قطعات بزرگ و کوچک الیستولیت از واحدهای سنگی و سازندهای قدیمی‌تر است. همچنین در حوضه شهریاری، مناطق بسیار حساس و حساس به فرسایش با توجه به سازندهای زمین‌شناسی، بالغ بر ۶۰ درصد از مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند.



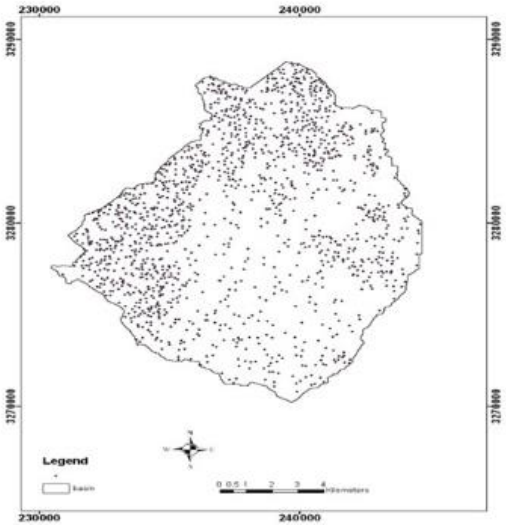
شکل۱: موقعیت حوزه آبخیز شهریاری در کشور و استان یزد

ب) روش کار

برای انجام این پژوهش، آمار و اطلاعات موردنیاز مدل‌های MPSIAC، EPM و BLM برای دست‌یابی به وضعیت فرسایش و رسوب حوضه از قبیل نقشه‌های فیزیوگرافی، واحدهای هیدرولوژیکی، شبکه آبراهه‌ها، طبقات شیب، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، حساسیت به فرسایش واحدهای سنگی، اجزاء واحد اراضی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، تیپ پوشش گیاهی، نقشه کاربری در یک بانک اطلاعاتی ذخیره شد. سپس به کمک نرم‌افزار ARC/GIS۹،۳ و بر اساس فرمول هر مدل (رفاهی، ۱۳۸۸، ۳۰۵)، نقشه فرسایش برای حوزه آبخیز و نقشه‌های طبقات فرسایش بر اساس جدول تعیین میزان تولید رسوب سالانه و طبقات فرسایش خاک به روش رفاهی (۱۳۸۸، ۳۰۵) تهیه شد. ازآنجایی‌که در مدل BLM تمامی عوامل به‌وسیله‌ی کارشناس و از طریق بازدید صحرایی امتیازدهی می‌شوند، لذا در این بررسی به‌عنوان نقشه واقعیت زمینی طبقات فرسایش بکار گرفته شد و نقشه طبقه‌بندی‌شده دو مدل MPSIAC و EPM با مدل BLM به منظور بررسی دقت دو مدل، برای کل حوضه تلاقی داده شدند. همچنین یک نقشه نقطه‌ای حاوی ۱۴۰۰ نقطه تصادفی با استفاده از نرم‌افزار ARC/GIS۹،۳ در حوضه‌ی مورد مطالعه تهیه شد که این نقشه، دارای تراکم حدود ۱ نقطه برای هر ۱۰ هکتار است. از این نقشه ۱۴۰۰ نقطه‌ای، برای نمونه‌برداری از نقشه‌های حاصل از مدل‌ها، جهت بررسی دقت و صحت نقطه‌ای نقشه‌های حاصل از دو مدل MPSIAC و EPM استفاده شد. به این ترتیب که در ۱۴۰۰ نقطه‌ی تصادفی،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

کلاس فرسایش دو مدل MPSIAC و EPM با مدل BLM مقایسه و میزان تطابق مدل‌ها با واقعیت زمینی (مدل BLM) بررسی شد که در شکل ۲ نقشه نقاط تصادفی مشاهده می‌شود.



شکل ۲: نقشه نقاط تصادفی

بر اساس نقشه نقاط تصادفی نمونه‌برداری، میزان هر یک از آماره‌های RMSE[۱] (جذر میانگین مربعات خطا)، MBE[۲] (میانگین خطا)، MAE[۳] (میانگین خطای مطلق)، NSE[۴] (ضریب کارایی ناش و ساتکلیف)،CD[۵] (ضریب تبیین)، CRM[۶] (ضریب جرم باقیمانده)، MSE[۷](میانگین مربعات خطا) و RRMSE[۸] (میانگین نسبی مربعات خطا) برای بررسی دقت و صحت مکانی نقشه‌های فرسایش حاصل از مدل‌های EPM و MPSIAC در نقاط نمونه‌برداری شده به کمک نرم‌افزار Excel، محاسبه شد. همچنین بررسی دقت و صحت مکانی نقشه‌های طبقات فرسایش حاصل از مدل‌ها برای کل منطقه‌ی موردمطالعه نیز به‌وسیله ماتریس خطا یا جدول درهمی انجام شد که این ماتریس روابط بین داده‌های زمینی (خروجی مدل BLM) و داده‌های مدل‌های MPSAIC و EPM را تعیین می‌کند (Landis and Koch, ۱۹۷۷) و محاسبه ضریب توافق کاپا[۹] برای هر طبقه فرسایش و مقدار درصد صحت کلی[۱۰]، صحت تولیدکننده[۱۱] و صحت کاربر[۱۲] انجام گرفت. معادلات مربوط به این آماره‌ها در جدول ۱ آورده شده است (جلالی و همایی، ۱۳۹۰؛ دائم پناه و همکاران، ۱۳۹۰ و هاشمی و عرب‌خدری، ۱۳۸۶). بر اساس نتیجه ارزیابی شاخص‌های مذکور، کارایی مدل‌ها تعیین و تحلیل شدند.

دول ۱: فرمول آماره‌های موردبررسی

نام آماره	فرمول	نام آماره	فرمول
جذر میانگین مربعات خطا	$\mathrm{RMSE} = \frac{\sqrt{(\mathrm{Oi} - \mathrm{Pi})^{۲}}}{\mathrm{N}}$	ضریب تبیین	$\mathrm{CD} = \frac{\sum_{\mathrm{i}=۱}^{\mathrm{n}}(\mathrm{Oi} - \mathrm{O}^{-})^{۲}}{\sum_{\mathrm{i}=۱}^{\mathrm{n}}(\mathrm{pi} - \mathrm{O}^{-})^{۲}}$

۱- Root Mean Square Error
۲- Minimum Bias Error
۳- Minimum Absolute Error
٤- Nash-Sutcliffe Model Efficiency Coefficient
٥- Coefficient of Determination
٦- Coefficient of Residual Mass
۷- Mean Square Error
۸- Relative Root Mean Square Error
۹- Kappa Coefficient
۱۰- Overall Accuracy
۱۱- Producer Accuracy
۱۲- User Accuracy

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

میانگین خطا	$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Oi - Pi)}{N}$	ضریب جرم باقیمانده	$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n} Oi - \sum_{i=1}^{n} Pi}{\sum_{i=1}^{n} Oi}$
میانگین خطای مطلق	$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}\lvert(Oi - Pi)\rvert}{N}$	میانگین مربعات خطا	$MSE = \sqrt{RMSE}$
ضریب کارایی ناش و ساتکلیف	$NSE = ۱ - \frac{\sum_{i=۱}^{n}(Oi - Pi)^{۲}}{\sum_{i=۱}^{n}(Oi - O^{-})^{۲}}$	میانگین نسبی مربعات خطا	$RRMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=.}^{n}(Oi - Pi)^{۲}}{N}}}{\frac{\sum_{i=.}^{n} Oi}{N}}$
توافق کاپا	KC=NΣ Xii- Σ Xi+ X+i/N۲ - Σ Xi+ X+i	صحت کلی	$OA = ۱۰۰ * \frac{SCP}{SP}$
صحت تولیدکننده	$PA = ۱۰۰ * \frac{NCP}{SGP}$	صحت کاربر	$UA = ۱۰۰ * \frac{NCP}{SGP}$

Qi: مقادیر اندازه‌گیری شده یا مشاهده‌ای، O^{-} میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده یا مشاهده‌ای، Pi: مقادیر برآورد شده و n تعداد نمونه‌های مورد ارزیابی، X+i مجموع ستون‌های حاشیه‌ای i، Xi+ مجموع ردیف‌های حاشیه‌ای i، N مجموع مشاهدات، Xii مشاهده ردیف i و ستون i، SCP مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده، SP مجموع پیکسل‌های مورد طبقه‌بندی، NCP تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده در طبقه موردنظر، SGP کل پیکسل‌های طبقه‌بندی در واقعیت زمینی، NCP تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده در طبقه موردنظر، SGP تعداد پیکسل‌های طبقه موردنظر در طبقه‌بندی

شرح و تفسیر نتایج

مقادیر عوامل مدل‌های EPM و MPSIAC در سطح حوضه شهریاری در جدول ۲ مشاهده می‌شود. از عوامل نه‌گانه‌ی مدل MPSIAC که از عوامل مؤثر بر تولید رسوب هستند، عوامل استفاده از زمین، پوشش زمین و فرسایش سطحی به ترتیب با مقادیر ۱۷/۴، ۹/۶ و ۸/۴ بالاترین مقدار از عوامل موردبررسی را به خود اختصاص داده‌اند که علت بالا بودن مقدار عامل استفاده از زمین، کاربری مرتع و کشت دیم به عنوان کاربری اراضی غالب منطقه است که این اراضی نسبت به دیگر کاربری‌ها حساسیت بیشتری نسبت به فرسایش خاک دارند و موجب بالارفتن فرسایش خاک در این حوضه شده اند.

نتایج عوامل مدل EPM نیز نشان می‌دهد که ضریب مقاومت سنگ و خاک به فرسایش ۱/۲۱ محاسبه‌شده است. علت آن است که در این حوضه بالغ بر ۶۰ درصد از مساحت حوضه را سازندهای بسیار حساس و حساس به فرسایش به خود اختصاص می‌دهند که این عوامل موجب بالا بودن عامل مقاومت سنگ و خاک به فرسایش شده است. کاربری اراضی به‌عنوان ضریب استفاده از زمین در مدل EPM، یکی از عوامل اصلی و مؤثر در فرسایش خاک است که با توجه به نقشه‌ی کاربری اراضی حوضه، کاربری مرتع و کشت دیم بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است و امتیاز مربوط به این عامل ۰/۴۷ تعیین شد. عامل شیب حوضه نیز رابطه مستقیم با جریان سطحی و نفوذ آب در خاک دارد که در میزان فرسایش و تولید رسوب حوضه نیز مؤثر است؛ زیرا هر چه شیب بیشتر باشد فرآیندهای فرسایش نیز تأثیرگذارتر خواهند بود که در این حوضه مقدار ۰/۲۹ را به خود اختصاص داده است. همچنین نتایج دو مدل نشان داد که میانگین شدت فرسایش در مدل MPSIAC، ۵۸۹ و در مدل EPM، ۲۸۷ مترمکعب بر کیلومترمربع در سال برآورد شد که وضعیت فرسایش حوضه با کمک مدل MPSIAC، زیاد و مدل EPM، شرایط متوسطی را برای حوضه برآورد کرده است. علت تفاوت میانگین شدت فرسایش در دو مدل مورد بررسی آن است که در مدل MPSIAC، عوامل بیشتری مانند فرسایش رودخانه‌ای و پوشش زمین و فرسایش خندقی در مقایسه با مدل EPM در نظر گرفته شده است و این عوامل باعث اختلاف برآورد شدت فرسایش به کمک مدل MPSIAC می‌شود.

جدول۲: مقادیر میانگین عوامل مدل EPM و MPSIAC در سطح حوضه

مدل	عوامل مدل	مقدار	مدل	عوامل مدل	مقدار

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

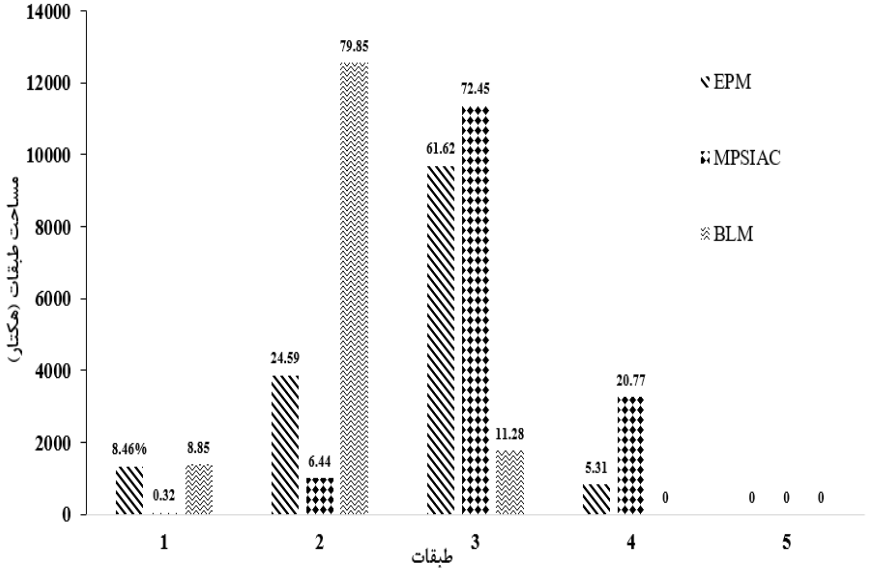
EPM	ضریب فرسایش مشاهده‌ای	۰/۵۹	MPSIAC	زمین‌شناسی سطحی	۶/۵
	ضریب استفاده از زمین	۰/۴۷		خاک	۵/۷
	ضریب مقاومت سنگ و خاک	۱/۲۱		آب‌وهوا	۰/۷۴
	ضریب شیب	۰/۲۹		رواناب	۱/۸
	ضریب فرسایش	۰/۵۱		توپوگرافی	۴/۳
	درجه حرارت سالیانه (درجه سانتی گراد)	۱۳/۷		پوشش زمین	۹/۶
	بارندگی سالیانه (میلی‌متر)	۱۹۶/۶		استفاده از زمین	۱۷/۴
	فرسایش ویژه (مترمکعب بر کیلومترمربع در سال)	۲۸۷		فرسایش سطحی	۸/۴
	شدت رسوب‌دهی (مترمکعب بر کیلومترمربع در سال)	۱۳۶		فرسایش رودخانه‌ای	۴/۴
				درجه رسوب‌دهی	۵۴/۴
				شدت رسوب‌دهی (مترمکعب بر کیلومترمربع در سال)	۱۷۰
				فرسایش ویژه (مترمکعب بر کیلومترمربع در سال)	۵۸۹

نتایج مساحت طبقات فرسایش مدل‌های BLM، MPSIAC و EPM (شکل ۳) نشان می‌دهد که در مدل EPM، طبقه ۳ و ۲ به ترتیب با ۶۱/۶۲ و ۲۴/۵۹ درصد از مساحت کل حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. در مدل MPSIAC، طبقه‌ی ۳ و ۴، بالاترین درصد مساحت در حوضه را دارد و در مدل BLM، طبقات ۲ و ۳، با ۷۹/۸۵ و ۱۱/۲۸ درصد بیشترین مساحت را در حوزه‌ی آبخیز شهریاری به خود اختصاص داده‌اند که علت می‌تواند مربوط به تأثیر لایه‌های متفاوت مورداستفاده دو مدل MPSIAC و EPM و تنوع شرایط در این مناطق باشد. همچنین در سه مدل موردبررسی، درصد مساحت طبقه ۵، صفر است که در مدل BLM، علاوه بر طبقه‌ی پنج، طبقه‌ی چهار نیز درصدی از مساحت حوضه را شامل نشده است.

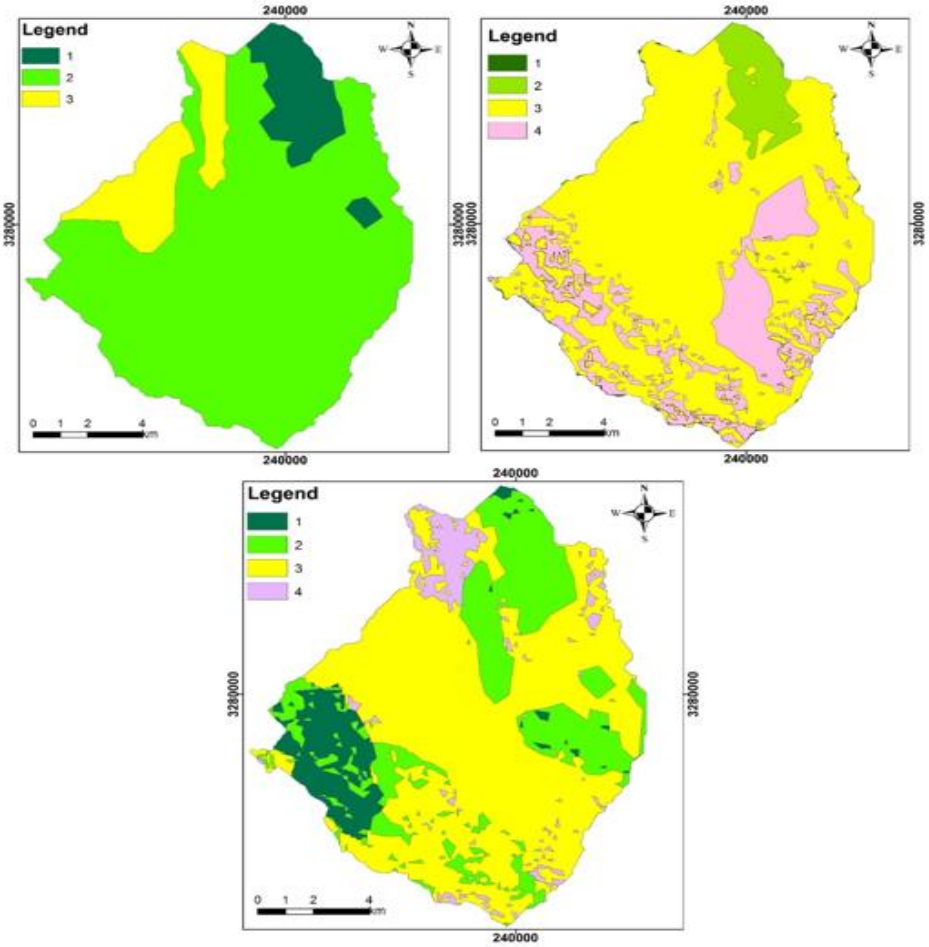
همچنین در شکل ۴ نقشه‌ی طبقات فرسایش مدل BLM، MPSIAC و EPM مشاهده می‌شود که هر دو مدل به‌طور مشترک منطقه کشاورزی که در شمال حوضه قرار دارد را در کلاس فرسایش کم پهنه‌بندی کرده‌اند که باهم همخوانی دارند. در مناطق جنوب غربی، شرق، شمال غرب و جنوب حوضه بیشترین عدم همخوانی وجود دارد که علت آن می‌تواند تأثیر تلفیقی تغییرات شیب و ارتفاع (بارندگی و دما به‌عنوان عامل تأثیرپذیر از ارتفاع) باشد که میزان تأثیرگذاری آن‌ها در مدل‌ها نیز متفاوت بوده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]



شکل ۳ : مساحت طبقات فرسایش مدل‌های EPM، MPSIAC و BLM



شکل ۴: نقشه‌ی طبقات فرسایش مدل BLM (بالا راست)، مدل MPSIAC (بالا چپ) و مدل EPM (پایین)

نتایج بررسی صحت مکانی نقشه‌های فرسایش حاصل از مدل‌های تجربی EPM و MPSIAC، به کمک شاخص‌های آماری RMSE، RRMSE MAE، MBE، NSE، CD، CRM و MSE بر اساس نقشه نقاط تصادفی (۱۴۰۰ نقطه) در

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

جدول ۳ آورده شده است. مقایسه مدل‌های MPSIAC و EPM ازنظر مقادیر آماره‌های RSME، MAE، MBE و MSE نشان می‌دهد که آماره‌ها در مدل MPSIAC دارای مقادیر پایین‌تری هستند. درنتیجه مدل MPSIAC دارای خطای کمتری نسبت به مدل EPM است. همچنین بررسی مقدار ضریب کارایی ناش و ساتکلیف در دو مدل نشان داد که مقدار این ضریب در مدل MPSIAC بیش‌تر است که نشان از کارایی بهتر این مدل در برآورد فرسایش دارد.

مقدار آماره RMSE در مدل EPM بیان‌کننده‌ی آن است که مدل EPM نسبت به مدل MPSIAC دارای برآوردی بیش‌ازحد و یا کمتر از حد در مقایسه با مقادیر مشاهده‌ای (مدل BLM) است و میزان این بیش و یا کم برآوردی به چه میزان است. مقدار آماره NSE در هر دو مدل منفی شده و نشانگر آن است که هر دو مدل از صحت کمی در مقایسه با مدل BLM برخوردار هستند. با این‌وجود مدل MPSIAC نسبت به مدل EPM، مقدار NSE بالاتری دارد که نشان‌دهنده کارایی بهتر این مدل در برآورد فرسایش است.

بررسی آماره CRM نیز نشان می‌دهد که CRM مدل EPM منفی بوده است و برآورد فرسایش توسط این مدل دارای بیش برآوردی است، به همین علت مدل MPSIAC بر مدل EPM برتری دارد. آماره CD که نسبت بین پراکنش مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد، در مدل MPSIAC از یک بیش‌تر است که تمایل مدل به بیش‌تر برآورد نمودن مقادیر تخمینی را نشان می‌دهد.

جدول۳ :مقادیر شاخص‌های آماری بررسی صحت مکانی نقشه مدل‌های EPM و MPSIAC

مدل	شاخص							
	MSE	CD	CRM	NSE	MBE	MAE	RMSE	RRMSE
MPSIAC	۰/۷۹۸۱	٦/۰۱	۰/۰۱۷۹	-۰/۰٤٤	۰/۰۳٦٦	۰/٤۲۳۷	۰/٦۳۷	۰/۱۰۳٥
EPM	۰/۷۹۸۷	۰/٤۳	-۰/۱۷٦	-۱/۱۱۳	۰/۳٦۱۷	۰/۷۱۱	۰/٦۳۸	۰/۱۰۳۰

درستی طبقه‌بندی طبقات فرسایش دو مدل MPSIAC و EPM با خروجی مدل BLM برای ارزیابی صحت و هم‌پوشانی نقشه طبقات فرسایش مدل‌ها در ماتریس خطا یا جدول درهمی (جدول ۴) آورده شده است که ماتریس خطا برای محاسبه ضریب کاپا و درصد دقت کل و دقت تولیدکننده و کاربر موردنیاز است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، صحت تولیدکننده برای مدل MPSIAC در طبقه‌ی سه برابر ۹۷/۹۷ درصد است که نشان می‌دهد در ۹۷/۹۷ درصد از برآورد طبقه سه، واقعیت زمینی (BLM) با مدل MPSIAC وجود دارد و همچنین مدل، هم‌پوشانی خوبی با BLM (مرجع) دارد. صحت تولیدکننده طبقه‌ی سه مدل EPM (جدول ۴) نیز نشان می‌دهد که ۷۹/۶۱ درصد از برآورد مدل EPM دارای واقعیت و همخوانی زمینی است. درصورتی‌که دقت کاربر برای حالات فوق مقادیر پایینی تعیین‌شده است.

بررسی مقدار ضریب کاپا نشان می‌دهد که این ضریب برای مدل MPSIAC بیشتر از مدل EPM است. به همین علت میزان هم‌پوشانی طبقات فرسایش حاصل از مدل MPSIAC با طبقات فرسایش حاصل از مدل BLM (واقعیت زمینی) بیشتر از مدل EPM است. ولی مقدار دقت کلی برای مدل EPM بیشتر از مدل MPSIAC است که در این مورد اظهارنظر کارشناسی معنا ندارد و بهتر است به نتایج ضریب کاپا توجه شود، چراکه صحت کلی درواقع میانگینی از کار انجام‌شده است و در محاسبه آن تمامی طبقات در نظر گرفته نمی‌شود ولی در محاسبه ضریب کاپا تمامی طبقات در نظر گرفته می‌شود، بنابراین نتایج حاصل از ضریب کاپا معتبرتر از میانگین کلی است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

درمجموع نتایج نشان داد که میزان صحت و دقت طبقات فرسایش حاصل از مدل MPSIAC با طبقات فرسایش حاصل از مدل BLM (واقعیت زمینی) بیشتر از مدل EPM است. همچنین نقشه‌های طبقات فرسایش مدل MPSIAC هم‌پوشانی بیشتری با مدل BLM و در واقع با شرایط واقعی منطقه دارد. نتایج خیام و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان داد که مدل EPM ۷۴ درصد رسوب مشاهده‌ای حوزه آبخیز سقزچی چای اردبیل را برآورد کرده است. درحالی‌که مدل MPSIAC توانسته است با دقت ۹۸ درصد رسوب مشاهده‌ای را به‌دست‌آمده بیاورد. همچنین عبدالله و همکاران (Abdullah et al., ۲۰۱۷) در مطالعه‌ای برای تخمین فرسایش خاک در مناطق خشک کویت نشان دادند که مدل‌های MPSIAC و EPM در توزیع مکانی فرسایش مشابه بودند، هرچند MPSIAC توزیع مکانی واقعی‌تر و سطوح دقیق‌تری از فرسایش ارائه داده است و مدل مناسب‌تری برای منطقه موردمطالعه معرفی‌شده است که یافته‌های این پژوهش با نتایج منابع ذکرشده همخوانی دارد.

جدول ۴: درستی طبقه‌بندی طبقات فرسایش مدل MPSIAC و EPM با خروجی مدل BLM

	مدل BLM						
	شماره طبقات	۱	۲	۳	۴	کل	دقت کاربر
مدل MPSIAC	۱	۲/۷۱	۳۹/۹۲	۵/۹۸	۰	۴۸/۶۱	۵/۵۷
	۲	۱۰۰/۶۲	۱۲/۶۰	۰	۰	۱۰۱۴/۲۲	۱/۲۴
	۳	۳۸۶/۴۸	۹۲۵۸/۷۹	۱۷۳/۴۸	۰	۱۱۳۸/۷۶	۱۵/۲۶
	۴	۰/۰۵	۳۲۳۲/۳۴	۲۹/۸۸	۰	۳۲۶/۲۸	۰
	کل	۱۳۹/۸۷	۱۲۵۴/۶۶	۱۷۷/۳۵	۰	۱۵۷۰/۸۸	
	دقت تولیدکننده	۰/۱۹	۰/۱۰	۹۷/۹۷	۰		
	۱۱/۱۵ = دقت کلی				۰/۰۲۵ = ضریب کاپا		
	مدل BLM						
	شماره طبقات	۱	۲	۳	۴	کل	دقت کاربر
مدل EPM	۱	۴۱/۶	۱۲۷۹/۶	۸/۸	۰	۱۳۳۰/۱	۵/۵۷
	۲	۱۳۲۸/۱	۲۴۸۵/۳	۴۲/۸	۰	۳۸۵۶/۲	۱/۲۴
	۳	۲۰/۸	۸۲۵۴/۳	۱۴۱۱/۸	۰	۹۶۸۶/۹	۱۵/۲۶
	۴	۰/۴	۵۲۴/۴	۳۰۹/۹	۰	۸۳۴/۸	۰
	کل	۱۳۹/۰۹	۱۲۵۴۳/۷	۱۷۷۳/۴	۰	۱۵۷۰۷/۹	
	دقت تولیدکننده	۲/۹۸	۱۹/۸۱	۷۹/۶۱	۰		
	۲۵/۰۷ = دقت کلی				۰/۰۳- = ضریب کاپا		

نتیجه‌گیری

این پژوهش باهدف بررسی دقت توزیع طبقات فرسایش حاصل از مدل‌های EPM و MPSIAC در مقایسه با طبقات فرسایش مدل BLM به‌عنوان مقادیر مشاهده‌ای در حوزه آبخیز شهریاری انجام شد. مقادیر عوامل مدل‌های MPSIAC و EPM در سطح حوضه نشان داد که عوامل استفاده از زمین در مدل MPSIAC و ضریب مقاومت سنگ و خاک به فرسایش در مدل EPM، بالاترین مقدار از عوامل موردبررسی در مدل‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. علت بالا بودن مقدار عامل استفاده از زمین، کاربری مرتع و کشت دیم به عنوان کاربری اراضی غالب منطقه است که موجب بالارفتن فرسایش خاک در این حوضه شده است. همچنین بالا بودن عامل مقاومت سنگ و خاک به فرسایش نیز به این علت است که بالغ بر ۶۰ درصد از مساحت حوضه را سازندهای بسیار حساس و حساس به فرسایش به خود اختصاص می‌دهند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

نتایج فرسایش حاصل از مدل‌ها نشان داد که میانگین شدت فرسایش در مدل MPSIAC، ۵۸۹ و در مدل EPM، ۲۸۷ مترمکعب بر کیلومترمربع در سال برآورد شد که وضعیت فرسایش حوضه با کمک مدل MPSIAC، زیاد و مدل EPM، شرایط متوسطی را برای حوضه برآورد کرده است. همچنین نقشه‌های تهیه‌شده برای دو مدل MPSIAC و EPM، تفاوت‌ها و شباهت‌هایی را نشان دادند. در مدل MPSIAC، توزیع طبقات فرسایش بیشتر در کلاس‌های ۳ و ۴ است ولی در مدل EPM بیشتر در کلاس‌های ۳ و ۲ است که می‌تواند مربوط به تأثیر لایه‌های متفاوت مورداستفاده دو مدل و تنوع شرایط در این مناطق باشد. همچنین در دو مدل موردبررسی، درصد مساحت طبقه ۵، صفر است. هر دو مدل به‌طور مشترک منطقه کشاورزی که در شمال حوضه قرار دارد را در کلاس فرسایش کم پهنه‌بندی کرده‌اند که باهم همخوانی دارند. در مناطق جنوب غربی، شرق، شمال غرب و جنوب حوضه بیشترین عدم همخوانی وجود دارد که علت آن می‌تواند تأثیر تلفیقی تغییرات شیب و ارتفاع (بارندگی و دما به‌عنوان عامل تأثیرپذیر از ارتفاع) باشد که میزان تأثیرگذاری آن‌ها در مدل‌ها نیز متفاوت بوده است.

بررسی تمام آماره‌های مورداستفاده (به‌جز آماره CD که در مدل MPSIAC از یک بیش‌تر بوده و تمایل مدل را به بیش‌تر برآورد نمودن مقادیر تخمینی نشان می‌دهد و همین‌طور آماره RRMSE که در این مدل بیشتر بوده که نشان‌دهنده خطای برآورد بیشتر است)، نشان می‌دهد که میزان تطابق طبقات فرسایش مدل MPSIAC با خروجی BLM (به‌عنوان نقشه واقعیت زمینی) بیشتر از مدل EPM است؛ بنابراین مدل MPSIAC نسبت به مدل EPM، توزیع مکانی بهتری دارد. همچنین نتایج ارزیابی صحت مدل‌های MPSIAC و EPM نیز نشان داد که مقدار ضریب کاپا در مدل MPSIAC بیشتر از مدل EPM است، لذا میزان صحت و دقت طبقات فرسایش حاصل از مدل MPSIAC با طبقات فرسایش حاصل از مدل BLM (واقعیت زمینی) بیشتر از مدل EPM است.

درمجموع نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که نقشه‌های طبقات فرسایش مدل MPSIAC هم‌پوشانی بیشتری، با مدل BLM و درواقع با شرایط واقعی منطقه دارد. از آنجایی که فرسایش خاک امروزه به عنوان یکی از مهمترین مخاطرات زیست محیطی به شمار می‌رود، اطلاعات دقیق از میزان فرسایش به کمک مدل‌هایی که به واقعیت نزدیک‌تر باشند و دقت بالایی داشته باشند، می‌تواند به ارائه روش‌های مناسب برای مدیریت فرسایش خاک به عنوان مخاطره محیطی و حفاظت خاک کمک کند. همچنین این نتایج حاصل از داده‌های این منطقه بوده و در مناطق مشابه آن نیز کاربرد دارد و در انتها پیشنهاد می‌شود تحقیقات بعدی، در مناطق متفاوت ازنظر مشخصات اقلیمی، مورفولوژی و کاربری انجام شود.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح تحقیقاتی مصوب پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به شماره ۸۹۰۵-۲۹-۲۹-۲ استخراج‌شده است که از همکاران و مدیران پژوهشکده به خاطر تأمین منابع مالی، امکانات عملیات صحرایی و مشاوره‌های علمی قدردانی می‌شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

منابع

انصاری‌لاری، احمد؛ و مریم انصاری. ۱۳۹۶. ارزیابی خطر فرسایش خاک و پتانسیل رسوب‌دهی حوضه‌ی آبریز گابریک استان هرمزگان با استفاده از مدل EPM. *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، **۶(۱۱)**: ۱-۱۴.

بیات، رضا. ۱۳۸۵. بررسی اهمیت عوامل مدل‌های تجربی MPSIAC و EPM در برآورد رسوب. بیابان، **۱۱(۱)**: ۶۵-۷۴.

بهاروند، سیامک؛ و سلمان سوری. ۱۳۹۷. بررسی عوامل مؤثر بر فرسایش‌پذیری حوضه وارک و پهنه‌بندی خطر ان با استفاده از روش EPM. *فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی محیط زیست*، **۱۲(۴۵)**:۶۷-۷۷.

پرویزی، یحیی؛ شاهرخ حکیمخانی، همایون حصادی، محمد احمدی و محمد قیطوری. ۱۳۹۱. *بررسی کارایی نسخه دامنه مدل فرایندی WEPP در برآورد تلفات خاک در حوزه آبخیز قره‌سو کرمانشاه، گزارش نهایی*. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران.

جعفری، تیمور؛ مهناز ناعمی‌تبار و سید احمد ذاکریان. ۱۳۹۷. ارزیابی کمی فرسایش آبی خاک با مدل EPM (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز بدرانلو). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، **۲۹(۲)**: ۱۴۱-۱۵۸.

جلالی، وحیدرضا؛ و مهدی همایی. ۱۳۹۰. ارائه مدلی غیرپارامتریک برای برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع K- خاک با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه. *نشریه آب‌وخاک، دانشگاه فردوسی مشهد*، **۲۵(۲)**: ۳۴۷-۳۵۵.

حسینخانی، حسین. ۱۳۹۲. ارزیابی خطر فرسایش و پتانسیل رسوب‌دهی حوضه آبریز سد میانه با استفاده از تکنیک‌های GIS و مدل EPM. *فصلنامه زمین‌شناسی ایران*، **۷(۲۶)**: ۹۶-۸۷.

خیام، مقصود؛ مصطفی غنمی‌جابر و رسول صمد زاده. ۱۳۹۲. مقایسه کارایی مدل‌های MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب‌زایی حوضه آبخیز سقزچی چای نمین. *دوفصلنامه‌ی ژئومورفولوژی کاربردی ایران*، **۱**: ۱-۱۵.

دائم پناه، راضیه؛ غلامحسین حق نیا، امین علیزاده و علیرضا کریمی کارویه.۱۳۹۰. تهیه نقشه شوری و سدیمی خاک سطحی با روش‌های دورسنجی و زمین آماری در جنوب شهرستان مه ولات. *نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، **۲۵(۳)**: ۵۰۸-۴۹۸.

رفاهی، حسینقلی. ۱۳۸۸. *فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ ششم*. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

عابدینی، موسی؛ و سوسن طولابی. ۱۳۹۶. مدل‌سازی فرسایش خاک و تولید رسوب با سه مدل WEPP، EPM و Fournier در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سولاچای-اردبیل). *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، **۳۲(۲)**: ۹۳-۱۰۵.

رمضانی، بهمن؛ هدی ابراهیمی و لیلا حق‌پرست‌مژدهی. ۱۳۹۶. نقش پارامترهای محیط طبیعی در میزان فرسایش و تولید رسوب به دو روش MPSIAC و EPM (مطالعه موردی:حوزه آبخیز سد برنجستانک). *مهندسی جغرافیایی سرزمین*، **۱(۲)**:۴۹-۵۹.

شجاعی، شهروز؛ محمدرضا نورا و شهرام حبیبی‌مود. ۱۳۹۷. تخمین میزان رسوب‌دهی و فرسایش با استفاده از مدل‌های تجربی MPSIAC و FSM و روش اندازه‌گیری مستقیم (مطالعه موردی: حوضه‌ی آبخیز گابریک، جنوب شرق ایران). *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، **۸(۴)**: ۸۲-۱۰۰.

شهاب‌آرخازلو، حسین؛ سمیرا زاهد و شکراله اصغری. ۱۳۹۸. مقایسه‌ی دو مدل MPSIAC و MMF در تهیه‌ی نقشه‌ی توزیع فرسایش خاک حوزه آبخیز آق گونی اردبیل. *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، **۸(۲)**: ۷۲-۸۸.

عرب‌خدری، محمود. ۱۳۸۴. بررسی رسوب‌دهی معلق حوزه‌های آبخیز ایران. *تحقیقات منابع آب ایران*، **۱(۲)**: ۵۱-۶۰.

عرفانیان، مهدی؛ پریسا قهرمانی و حسین سعادت. ۱۳۹۲. تهیه نقشه خطر پتانسیل خاک با استفاده از منطق فازی در حوزه آبخیز قرناوه گلستان. *نشریه علمی پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، **۷(۲۳)**: ۴۳-۵۲.

عفیفی، محمد ابراهیم. ۱۳۹۶. ارزیابی فرسایش خاک و درجه رسوب‌دهی در حوضه‌ی آبریز نمدان با استفاده از مدل MPSIAC و GIS. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، **۱۴(۵۵)**: ۳۷-۵۷.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

قرمزچشمه، باقر؛ رضا بیات. ۱۳۸۶ بررسی اثر توزیعی عوامل موثر در خطای نقشه‌های تولید رسوب مدل‌هایEPM و MPSIAC. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب.

قضاوی، رضا؛ عباسعلی ولی، یاسر مقامی، ژاله عبدی و سیامک شرفی. ۱۳۹۱. مقایسه مدل‌های MPSIAC , EPM و PSIAC در برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از GIS. *جغرافیا و توسعه*، **۱۰(۲۷)**: ۱۱۷-۱۲۶.

قلی‌پوری، شیما؛ پرویز غضنفری، محمود الماسیان و نادر جلالی. ۱۳۹۲. روش‌های کمی و کیفی برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل‌های MPSIAC و EPM در حوضه آبخیز ورده (شمال باختری کرج). *علوم زمین*، **۲۲(۸۸)**: ۱۴۵-۱۵۴.

کاظمی، روح‌اله؛ حسن یگانه، سیدجمال‌الدین خواجه الدین. ۱۳۸۹. مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی تولیدی با داده‌های دو سنجنده MODIS و IRS-WiFS در منطقه سمیرم- بروجن. *فصلنامه کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در علوم منابع طبیعی*، **۱(۱)**: ۱-۱۱.

هاشمی، سید علی‌اصغر؛ محمود عرب‌خدری. ۱۳۸۶. ارزیابی مدل EPM از طریق رسوب سنجی مخازن سدهای کوچک. *علوم آب‌وخاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)*، **۱۱(۴۲)**:۳۴۵-۳۵۵.

Abdullah, M.; R. Feagin, and L. Musawi. ۲۰۱۷. The use of spatial empirical models to estimate soil erosion in arid ecosystems. *Environ Monit Assess*, **۱۸۹(۷۸)**: ۱-۱۷.

Ahmed, A.; D. Adil, B. Hasna, A. Elbachir, and R. Lazaar. ۲۰۱۹. Using EPM Mmodel and GIS for eEstimation of soil erosion in Souss basin, Morocco. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, **۷(۸):** ۱۲۲۸-۱۲۳۲.

Bozorgzadeh, E.; and N. Kamani. ۲۰۱۲. Ageographic information system (GIS)-based modified erosion potential (EPM) model for evaluation of sediment production. *Journal of Geology and Mining Research*, **٤(٦)**: ۱۳۰-۱٤۱.

Daneshfaraz, R.; M. Rahmati, and P. Akbari Moghanjiq. ۲۰۱۷. Soil erosion and sediment mapping in Aidoghmoush watershed using MPSIAC model and GIS and RS technologies. *Environmental Resources Research*, **٥(۱)**: ۳٥-٤۹.

Dragičević, N.; B. Karleuša, and N. Ožanić. ۲۰۱۹. Different approaches to estimation of drainage density and their effect on the erosion potential method. *Water*, **۱۱(٥۹۳):**۱-۱٤.

Efthimiou, N.; and E. Lykoudi. ۲۰۱٦. Soil erosion estimation using the EPM model. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, **٥۰**: ۳۰٥-۳۱٤.

Elhag, M.; T. Kojchevska, and S. Boteva. ۲۰۱۹. EPM for soil loss estimation in different geomorphologic conditions and data conversion by using GIS. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, ۲۲۱.

Kairis, O.; C. Karavitis, A. Kounalaki, L. Salvati, and C. Kosmas. ۲۰۱۳. The effect of land management practices on soil erosion and land desertification in an olive grove. *Soil Use and Management*, **۲۹(٤)**: ٥۹۷-٦۰٦.

Kouhpeima, A.; S.A.A. Hashemi, and S. Feiznia. ۲۰۱۱. A study on the efficiency of Erosion Potential Model (EPM) using reservoir sediment. *Elixir Pollution*, **۳۸**:٤۱۳٥-٤۱۳۹.

Landis J.R.; and G.G. Koch. ۱۹۷۷. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, **۳۳**:۱٥۹-۱۷٤.

Lense, G.H.E.; T.C. Parreiras, R.S. Moreira, J.C. Avanzi, and R.L. Mincato. ۲۰۱۹. Estimates of soil losses by the erosion potential method in tropical latosols. *Ciência e Agrotecnologia*, **٤۳:**٤-۱۰.

Noori, H.; S.M. Siadatmousavi, and B. Mojaradi. ۲۰۱٦. Assessment of sediment yield using RS and GIS at two sub-basins of Dez Watershed Iran. *International Soil and Water Conservation Research*, **٤**: ۱۹۹–۲۰٦.

Poesen, J. ۲۰۱۸. Soil erosion in the anthropocene: research needs. *Earth Surface Processes and Landforms*, **٤۳**:٦٤-۸٤.

Poggetti, E.; C. Cencetti, P. DeRosa, A. Fredduzzi, and F.R. Rivelli. ۲۰۱۹. Sediment supply and hydrogeological hazard in the Quebrada de Humahuaca (province of Jujuy, northwestern Argentina)—Rio Huasamayo and Tilcara area. *Geosciences*, **۹(٤۸۳):**۱-۲٥.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]

Tosic, R.; N. Lovric, and S. Dragicevic. ۲۰۱۹. Assessment of the impact of depopulation on soil erosion: case study-Republika Srpska (Bosnia and Herzegovina). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, **۱٤(۲)**: ۵۰۵-۵۱۸.

Zarei, A.R.; and M.J. Amiri. ۲۰۱۷. Evaluation of soil losses and sediment yield using modified PSIAC model. *Iran Agricultural Research*, **۳٦(۱)**: ۱۱۱-۱۱٦.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.3.1]