برآورد مؤلفه‌های فرسایش و رسوب با استفاده از مدل IntErO (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کهورستان)

محمد کاظمی* : *استادیار پژوهشکدهٔ هرمز دانشگاه هرمزگان*

مصطفی ذبیحی‌سیلابی: *دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز دانشگاه تربیت مدرس*

عاطفه جعفرپور: *دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، حفاظت خاک و آب دانشگاه تربیت مدرس*

سودابه قره‌محمودلی: *دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان*

فریبرز محمدی: *استادیار گروه مهندسی آب مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان*

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۲)

چکیده

فرسایش خاک یکی از بزرگ‌ترین مشکلات محیط زیست جهان است و تهدیدی برای امنیت غذایی، محیط زیست، منابع طبیعی و مشکلات اقتصادی اجتماعی محسوب می‌شود. در این راستا، اهمیت برآورد مقدار فرسایش به منظور اتخاذ روش‌های مناسب مدیریتی در مناطق مختلف مشخص می‌شود؛ از این‌رو، مطالعهٔ حاضر با هدف برآورد شدت فرسایش خاک و جریان خروجی در حوضه آبخیز کهورستان انجام و در آن از مدل جامع، سریع و مؤثر IntEro استفاده شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات پایه، ۲۶ متغیر ورودی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی و داده‌های اقلیمی استخراج و محاسبه شد. نتایج نشان داد که ضریب فرسایش آبخیز کهورستان ۰/۹۱۸ و مقدار فرسایش خاک واقعی و فرسایش خاک واقعی ویژه در حوضه آبخیز مطالعاتی به‌ترتیب ۶۳۱۱۵۲/۵۳ مترمکعب در سال و ۱۵۰/۱۴ مترمکعب بر کیلومترمربع در سال است. ضریب ته‌نشست مجدد رسوبات حاصل از فرسایش به مقدار ۰/۱۸۳ و مقدار رسوب تولیدی ناشی از فرسایش در سطح آبخیز مطالعاتی ۳۴۵۶۶۳/۷۲ مترمکعب در سال محاسبه شد. نتایج به دست آمده بیانگر غالب بودن فرسایش شیاری در منطقه و انتقال رسوبات به خروجی حوضه است. با توجه به نتایج، این مدل در برآورد مقدار فرسایش در حوضهٔ مطالعاتی دقت کافی نداشت، اما در برآورد مقدار حداکثر جریان خروجی از حوضه بر اساس آمار موجود نتایج خوبی داشت؛ به عبارتی، توصیه می‌شود از این مدل در برآورد مقدار جریان خروجی و سایر ویژگی‌ها استفاده شود، ولی برای برآورد مقدار فرسایش در مناطق با شرایط حوضه آبخیز کهورستان ـ که در آن رگبارهایی با شدت زیاد و مدت کم وجود دارد ـ پیشنهاد نمی‌شود؛ زیرا نمی‌تواند نتایج مناسبی را ارائه دهد.

واژگان کلیدی: تخریب زمین، فرسایش خاک، مدل فرسایش خاک، هدررفت خاک.

* نویسنده مسئول: m.kazemi@hormozgan.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

۱ـ مقدمه

خاک، یکی از ضروری‌ترین منابع انسانی است که در معرض خطر فرسایش قرار دارد (Alewell et al, 2019) و به ترکیبی از عوامل مانند آب و هوا، کاربری اراضی، پوشش زمین، شیب و بلایای طبیعی بستگی دارد (Parveen and Kumar, 2012). فرسایش، عامل اصلی تخریب خاک است که بهره‌وری از آن و کیفیت آب را کاهش می‌دهد و به یک مشکل محیط زیستی جهانی تبدیل شده‌است (Hole and Kumar, 2021). فرسایش خاک اغلب توسط رواناب سطحی بیش از حد ایجاد می‌شود و یکی از دلایل اصلی این تخریب، حذف خاک سطحی همراه با مواد آلی و سایر مواد مغذی موجود در آن است. این فرسایش می‌تواند به خسارت‌های اقتصادی مستقیم، کاهش عملکرد محصول و افزایش هزینه‌های تولید آن منجر شود (Pandey et al, 2021 & Du et al, 2021). رواناب و رسوب دو عنصر مهم در چرخهٔ هیدرولوژی است که تغییرات آنها به‌طور مستقیم بر سامانه‌های رودخانه‌ای و محیط‌های رسوبی تأثیر می‌گذارد و تغییرات مکانی و زمانی آنها نیز ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌ها را تغییر می‌دهد (Amos et al, 2004 & Zhang et al, 2008). هدررفت خاک ناشی از فرسایش، پایداری کشاورزی و امنیت غذایی نسل کنونی و آینده را به خطر می‌اندازد (Tavares et al, 2021). درک عوامل اصلی فرسایش و تخریب خاک برای اجرای مداخلات مدیریتی هدفمند ضروری است (Elnashar et al, 2021). پیش‌بینی فرسایش خاک نیز همواره یکی از متداول‌ترین روش‌ها در مدیریت منابع طبیعی به منظور کنترل بهره‌وری خاک در داخل حوضه و تخمین میزان رسوب و کیفیت آب در خارج از حوضه است (Morgan and Nearing, 2011). توسعه مؤثر برنامهٔ کنترل فرسایش، نیازمند شناسایی نواحی آسیب‌پذیر در برابر فرسایش خاک و مقادیر کمی فرسایش خاک در نواحی مختلف است (Lim et al, 2005). پیچیدگی فرایندهای مختلف فرسایش، پراکنش مکانی و زمانی آن و فقدان یا کمبود آمار و اطلاعات در اغلب حوضه‌های آبخیز، استفاده از مدل‌های تجربی مبتنی بر متغیرهای سهل الوصول را در تخمین فرسایش و رسوب ضروری می‌سازد (Sadeghi et al, 2008) که با انتخاب مدل‌های مناسب، می‌توان به برآورد مناسبی از میزان فرسایش و رسوب دست یافت.

در بین مدل‌های موجود فرسایش و رسوب خاک، مدل‌هایی که بتوانند فرسایش خاک و عملکرد رسوب را پیش‌بینی کنند، می‌توانند مفید و پرکاربرد باشند (Khaledi Darvishan et al, 2019). همچنین می‌توان از مدل‌های فرسایش خاک برای دوره‌های طولانی و کوتاه مدت استفاده کرد (Sadeghi et al, 2013). مدل IntErO یک روش کامپیوتری گرافیکی براساس روش پتانسیل فرسایش EPM است که در الگوریتم آن تعبیه می‌باشد. با استفاده از این مدل ــ که اغلب ورودی‌های مورد نیاز آن در اکثر حوضه‌های‌آبخیز کشور قابل استخراج می‌باشد و نرم‌افزاری برای سهولت استفاده از مدل تهیه شده و در دسترس است ــ می‌توان میزان فرسایش خاک و خروجی‌های متعدد را محاسبه کرد (Khaledi Darvishan and Zabihi Silabi, 2021). در همین راستا، از مدل IntErO به منظور پیش‌بینی شدت فرسایش خاک، رسوب و حداکثر جریان خروجی از حوضه آبخیز با استفاده از ویژگی‌های خاک‌شناسی، هواشناسی، زمین‌شناسی و فیزیکی استفاد شد (Spalevic, 2011 & Khaledi Darvishan et al, 2019 & Hazbavi et al, 2020).

پژوهش‌های مختلفی در زمینهٔ برآورد فرسایش و رسوب در ایران و جهان با استفاده از مدل‌های تجربی و مقایسهٔ نتایج حاصل از آنها در بر آورد فرسایش و رسوب صورت گرفته‌است. در این خصوص، Zabihi Silabi و همکاران (2021) با استفاده از مدل IntErO، تأثیر اقدامات مدیریت اراضی بر فرسایش خاک و تولید رسوب را در حوضه

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

آبخیز گلازچای بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که تخصیص قابلیت اراضی در منطقهٔ مطالعاتی، فرسایش و رسوب و حداکثر جریان خروجی را به ترتیب ۷/۱ و ۱/۳۳ درصد کاهش خواهد داد. در مطالعه‌ای دیگر، Ouallali و همکاران (2016) به بررسی کاربرد مدل IntErO برای ارزیابی شدت فرسایش و رواناب در حوضه آبخیز رودخانهٔ ArbaaAyacha در Morocco پرداختند. در این مطالعه ضریب شدت فرسایش ۰/۶۹۴، دبی حداکثر حوضه آبخیز با دوره بازگشت صد ساله ۱۱۳/۷۲ متر مکعب بر ثانیه و تلفات خاک ۲۲۸/۹۴ متر مکعب بر کیلومتر مربع برآورد شد. Khaledi Darvishan و همکاران (2018) نیز با استفاده از مدل IntErO، به بررسی تخمین شدت فرسایش خاک و برآورد رسوب در حوضه آبخیز خامسان استان کردستان پرداختند. نتایج آنها نشان داد که حداکثر جریان خروجی حوضه‌آبخیز مورد مطالعه، ۲۷/۵۰ مترمکعب برثانیه برای یک دوره بازگشت صد ساله و میزان هدررفت خالص خاک از حوضهٔ رودخانه برابر با ۱۲۲۶۳/۴۴ مترمکعب در سال است. روند شدت فرسایش در حوضهٔ خامسان، در حد متوسط و فرسایش غالب حوضه آبخیز مطالعاتی از نوع فرسایش سطحی است. El Mouatassime و همکاران (2019) با استفاده از مدل IntErO، به برآورد فرایندهای فرسایش خاک و رواناب در حوضه آبخیز OUED EL ABID در مراکش پرداختند و به این نتیجه رسیدند که میزان هدررفت واقعی خاک به ازای هر کیلومتر مربع، حدود ۴۰۲ متر مکعب در سال است. همچنین Chalise و همکاران (2019) به مقایسهٔ دو مدل RUSLE و IntEro در نپال پرداختند. نتایج نشان داد که مدل RUSLE، فقط مقدار فرسایش واقعی خاک را محاسبه می‌کند و مدل IntEro علاوه بر آن، تولید رسوب و امکان محاسبهٔ نسبت تحویل رسوب را نیز فراهم می‌سازد؛ از این‌رو، در مدل IntErO علاوه بر مقدار هدررفت خاک، حداکثر جریان خروجی نیز قابل محاسبه است. در پژوهشی Tavares و همکاران (2021) با استفاده از مدل IntErO، به تجزیه و تحلیل پتانسیل فرسایش و بازدهٔ رسوب در یک حوضهٔ کارستی در برزیل پرداختند. بر اساس محاسبات مدل IntErO، شانزده درصد از مواد فرسایش‌یافته به خروجی حوضهٔ هیدروگرافی می‌رسد و ۸۴ درصد از این رسوبات در داخل حوضه، داخل غارها و کارست‌های سطحی و زیرزمینی نهشته می‌شود. Mohammadi و همکاران (2021) در مطالعه‌ای با هدف بررسی چگونگی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک، از شدت فرسایش و جریان خروجی (IntErO) به عنوان یک مدل فرسایش خاک فرایندگرا در حوضه آبخیز تالار در شمال ایران استفاده کردند. نتایج حاکی از آن است که در بازهٔ زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۳، مساحت جنگل به میزان ۱۲۴۷۸/۰۴ هکتار (شش درصد) کاهش یافت؛ در حالی که سایر کاربری‌ها شامل کشاورزی دیم، مرتع، کشاورزی آبی و مساحت مسکونی به‌ترتیب به میزان ۷۲۴۸/۲۵، ۴۴۸۱/۰۵، ۴۷۶/۰۰ و ۲۷۳/۹۵ هکتار افزایش داشت. علاوه بر این، میزان تولید مواد فرسایشی (فرسایش ناخالص) در حوضه از ۱۹۱۸۱۸۶ به ۲۱۸۳۵۵۸ متر مکعب در سال افزایش یافت و تلفات واقعی خاک در سال (بازده رسوب) حوضه از ۴۴۰۴۸۲/۴ به ۵۰۱۴۲۱/۳ متر مکعب افزایش یافت. Rodrigues Neto و همکاران (2022) با استفاده از مدل IntErO ـ روش پتانسیل فرسایش[1]، به برآورد هدررفت خاک در حوضه آبخیز رودخانهٔ ماچادو برزیل پرداختند. نتایج، میانگین هدررفت خاک را ۱۸/۲ میلی‌گرم در هکتار در سال و در مجموع حدود دو میلیون تن در سال نشان داد. در حدود ۸۵ درصد از حوضه، هدررفت خاک بیش از حد قابل تحمل بود که بیشترین میانگین هدررفت خاک در کاربری کشاورزی و مرتعی رخ می‌داد. بدین ترتیب به منظور دست‌یابی به حداکثر جریان خروجی برای مباحث طراحی سدها،

[1] Erosion Potential Method (EPM)

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

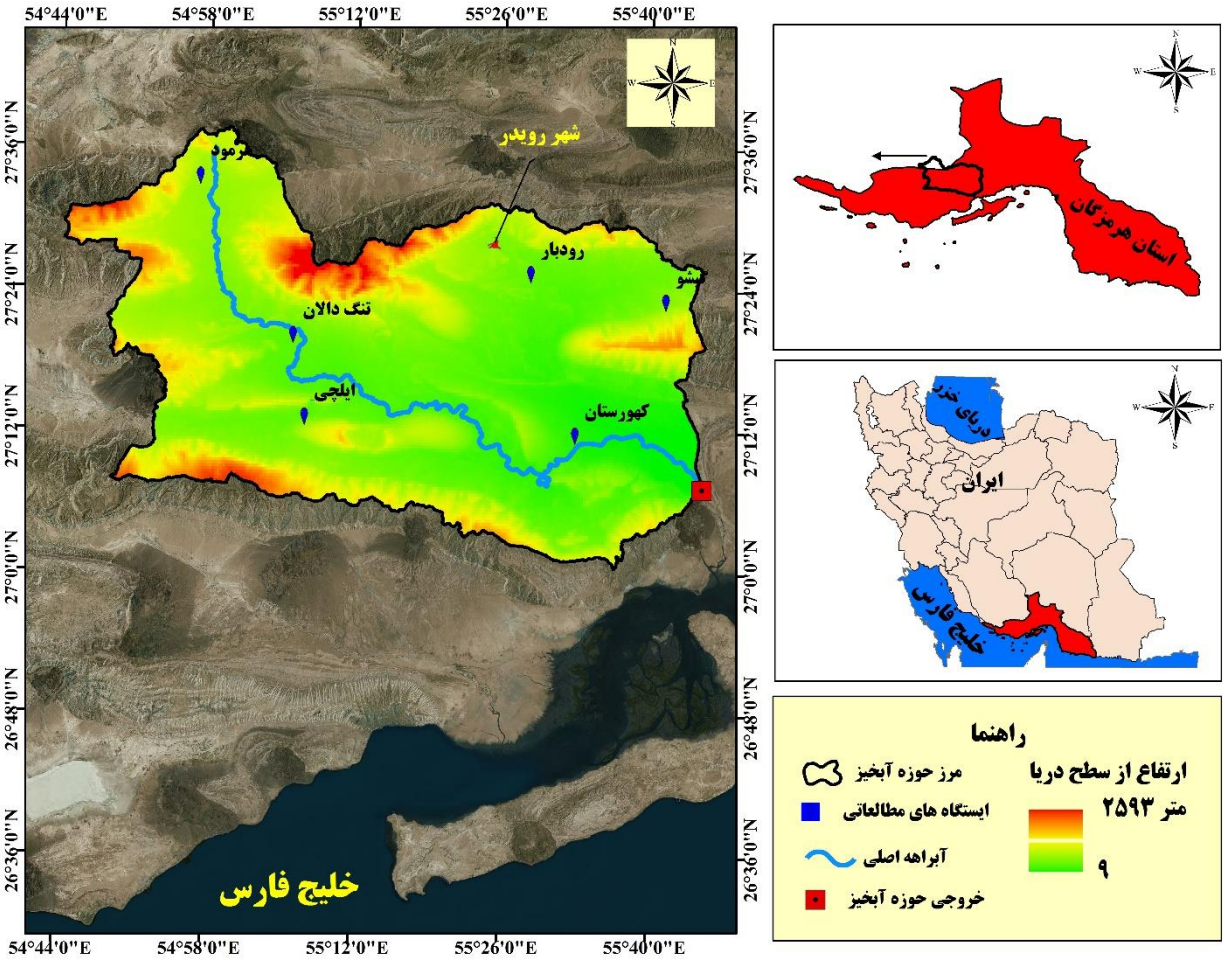
می‌توان از مدل‌ها و روابط گوناگونی در شرح خدمات آبخیزداری استفاده کرد (Khaledi and Zabihi Silabi, 2021 Darvishan). مدل IntErO فرایندهای فرسایش خاک و رسوب را سریع، مؤثر و مقرون به صرفه ارائه می‌دهد (Nikolic et al, 2019). از مزایای دیگر این مدل، در دسترس بودن تمام مقادیر ورودی در اکثر حوضه‌های آبخیز کشور است. بر همین اساس، به‌منظور مدیریت مناسب و اعمال اقدامات حفاظتی در حوضهٔ مورد مطالعه، با توجه به کارایی مناسب مدل در پژوهش حاضر از مدل IntErO به‌عنوان مدلی در دسترس و لحاظ هدررفت خاک و حداکثر جریان خروجی، هم‌چنین دخیل کردن اغلب پارامترهای تأثیرگذار در فرسایش و رسوب و میزان دبی در حوضه آبخیز کهورستان برنامه‌ریزی شد. در همین راستا، از آنجایی که مطالعات انجام شده دربارهٔ مدل مذکور در مناطق مرطوب و با پراکنش مناسب زمانی بارندگی انجام شده‌است، استفاده از آن در مناطق گرمسیری و وجود رگبارهای رخداده در فصل بارشی از نوآوری پژوهش حاضر است. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند به مدیران متخصص در مدیریت مناطق جنوب کشور کمک کند.

۳ـ مواد و روش

۳ـ۱ـ منطقهٔ مورد مطالعه

حوضه آبخیز کهورستان در استان هرمزگان و در ۷۷ کیلومتری غرب شهر بندرعباس قرار دارد. این حوضه آبخیز از نظر تقسیمات کشوری، بخشی از دهستان کهورستان از بخش مرکزی شهرستان خمیر است و مساحت آن برابر با ۴۲۰۳ کیلومتر مربع است. حوضه آبخیز کهورستان بخشی از زیرحوضهٔ اصلی رود کل است که به خلیج فارس و دریای عمان منتهی می‌شود (Nafarzadegan et al, 2021). ارتفاع این منطقه نیز از ۹ تا ۲۵۹۳ متر متغیر است و بارش متوسط سالانه و دمای میانگین سالانهٔ این حوضه آبخیز به‌ترتیب برابر با ۱۸۰ میلی‌متر و ۲۶/۳ درجهٔ سانتی‌گراد است. در شکل ۱، موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز کهورستان در کشور و استان هرمزگان ارائه شده‌است.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز کهورستان و ایستگاه‌های مطالعاتی در کشور و استان هرمزگان

۳-۲- مدل IntErO

در پژوهش حاضر، از مدل IntErO برای محاسبهٔ رسوب تولیدی و مؤلفه‌های مرتبط با فرسایش خاک استفاده شد. این مدل بر پایهٔ مدل EPM است که اولین بار از آن در مونته‌نگرو و شمال‌شرقی مدیترانه استفاده شد (Spalevic, 2011). مدل مذکور به ۲۶ دادهٔ ورودی نیاز دارد که شامل ویژگی‌های فیزیوگرافی، توپوگرافی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی، هیدرولوژی و هواشناسی به‌شرح مندرج در جدول ۱ است.

پارامترهایی که توسط مدل IntErO برای محاسبهٔ تلفات سالانهٔ خاک قابل توجه قرار می‌گیرد، در معادلات زیر خلاصه می‌شود (Ouallali et al, 2020):

$$W\ year = T \times Hyear \times \pi \times \sqrt{Z3} \times F$$ رابطهٔ ۱

که در آن، W year کل فرسایش سالانه (مترمکعب بر سال)، T ضریب دما، H year میانگین بارش سالانه (میلی‌متر)، F مساحت حوضه‌آبخیز (کیلومترمربع) و Z ضریب فرسایش است که از رابطهٔ ۲ محاسبه می‌شود:

$$Z = Y \times X \times (Ø\sqrt{I}$$ رابطهٔ ۲

که در آن، Y ضریب فرسایش‌پذیری خاک، X ضریب حفاظت خاک و Ø ضریب توسعهٔ فرسایش است.

آورد رسوب واقعی نیز از رابطهٔ ۳ محاسبه می‌شود:

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

رابطهٔ ۳

$$Gyear = W\ year \times Ru$$

که در آن، G year آورد رسوب واقعی (مترمکعب در سال)، W year کل فرسایش سالانه (متر مکعب بر سال) و Ru نسبت تحویل رسوب است که از رابطهٔ ۴ محاسبه می‌شود:

رابطهٔ ۴

$$RU=\frac{\sqrt{O.D}}{.2(L+10)}$$

که در آن، O محیط حوضه (کیلومتر)، D میانگین اختلاف ارتفاع حوضه (کیلومتر) و L طول حوضه (کیلومتر) است.

جدول ۱: ورودی‌های مدل IntEro برای حوضه آبخیز کهورستان، استان هرمزگان

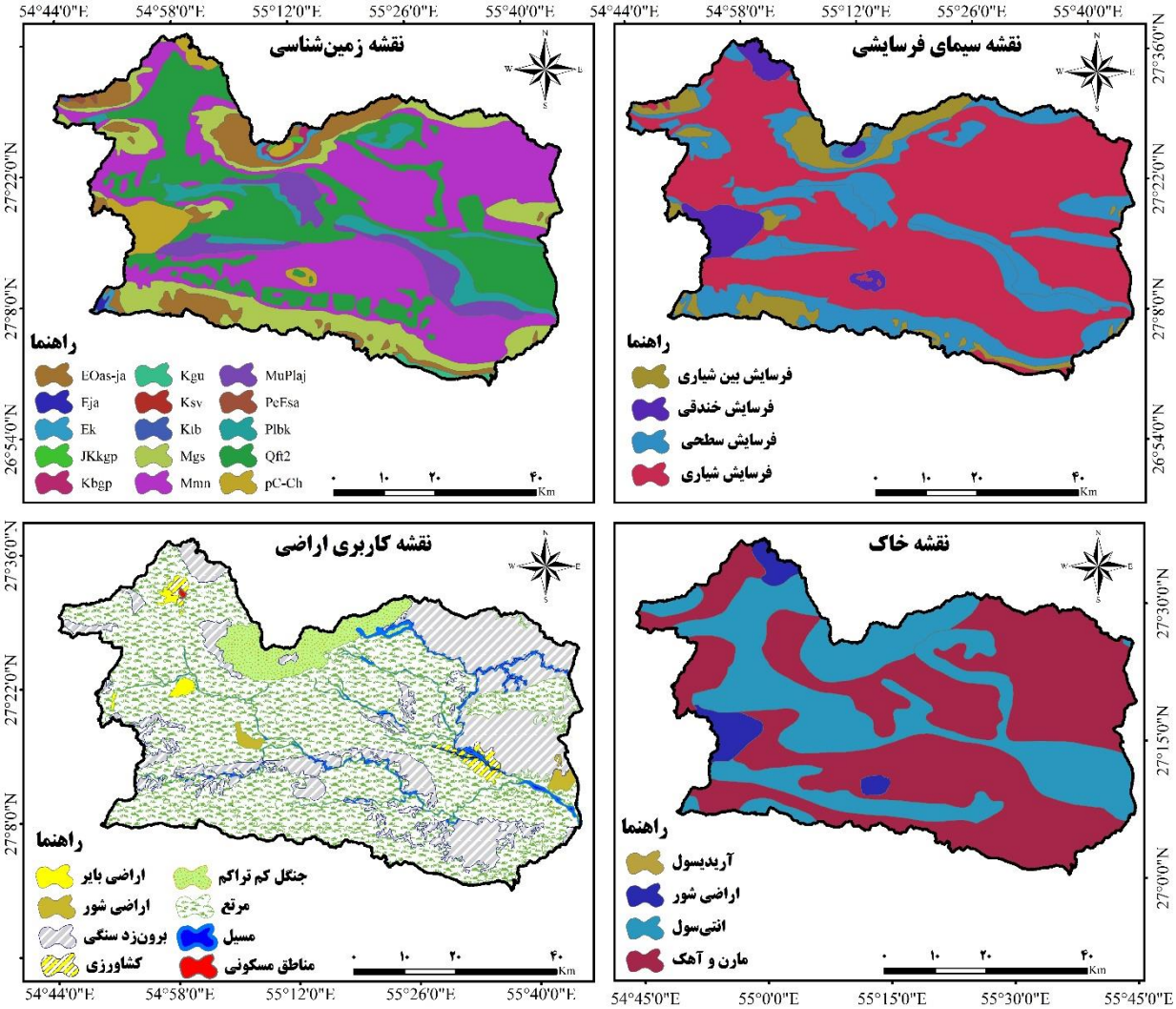
معیار	واحد	مقدار
ویژگی‌های فیزیوگرافی و توپوگرافی		
مساحت حوضه آبخیز	کیلومتر مربع	۴۲۰۳
محیط حوضه آبخیز	کیلومتر	۴۰۰/۶۳
طول حوضهٔ رودخانه	کیلومتر	۱۰۸/۰۳
مساحت بخش بزرگ‌تر حوضهٔ رودخانه	کیلومتر مربع	۲۲۰۶/۴۲
مساحت بخش کوچک‌تر حوضهٔ رودخانه	کیلومتر مربع	۱۹۹۷/۲۴
مقدار کم‌ترین خط تراز	متر	۱۰۰
مسافت مساوی	متر	۱۰۰
پایین‌ترین نقطهٔ ارتفاعی حوضهٔ رودخانه	متر	۹
بالاترین نقطهٔ ارتفاعی حوضهٔ رودخانه	متر	۲۵۹۲
ویژگی‌های خاک‌شناسی و کابری اراضی		
مساحتی از حوضه شامل سنگ با نفوذپذیری بالا	درصد	۵۲/۴۵
مساحتی از حوضه شامل سنگ با نفوذپذیری متوسط	درصد	۴/۷۲
مساحتی از حوضه شامل سنگ با نفوذپذیری کم	درصد	۴۲/۸۳
مساحتی از حوضه شامل جنگل	درصد	۹
مساحتی از حوضه شامل گراس، علفزار، چراگاه و باغ	درصد	۶۴
مساحتی از حوضه شامل زمین‌های بایر، شخم خورده و فاقد پوشش علفی	درصد	۲۷
ویژگی‌های هیدرولوژی و هواشناسی		
ارتفاع بارندگی سیل‌آسا	میلی‌متر	۲۵۲
متوسط بارش سالانه	میلی متر	۱۸۰
متوسط درجه حرارت سالانه	درجه سانتی‌گراد	۲۶/۳۵
کوتاه‌ترین فاصله بین سرشاخه‌ها و خروجی	کیلومتر	۷/۲
طول آبراههٔ اصلی	کیلومتر	۱۴۹/۲۶
مجموع طول آبراهه‌های با رتبهٔ ۲ و ۱	کیلومتر	۵۶۵۴/۸
ویژگی‌های شدت فرسایش خاک		
ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش	بدون واحد	۱/۱
ضریب استفاده از زمین	بدون واحد	۰/۷۱
ضریب فرسایش منطقه‌ای	بدون واحد	۰/۸۱

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

۳-۳- برآورد ورودی‌های مدل IntErO

برای برآورد ورودی‌های مدل IntErO، در ابتدا ویژگی‌های فیزیوگرافی و توپوگرافی حوضه آبخیز کهورستان با استفاده از نقشهٔ رقومی ۱:۲۵۰۰۰ و مرز محدودهٔ مطالعاتی استخراج شد. بر همین اساس با استفاده از مرز آبخیز مطالعاتی، مساحت و محیط حوضه آبخیز کهورستان برآورد شد. در ادامه پس از استخراج نقشهٔ ارتفاع از سطح دریا، پایین‌ترین و بالاترین نقطهٔ ارتفاعی، مقدار کم‌ترین خط تراز و مسافت مساوی بین خطوط تراز مشخص شد. سپس با استفاده از روش استرالر، رتبه‌بندی آبراهه‌های این حوضه آبخیز انجام شد (Strahler, 1964)؛ از همین رو، آبراههٔ اصلی حوضه آبخیز استخراج و با استفاده از آن، حوضه آبخیز به دو بخش بزرگ‌تر و کوچک‌تر تقسیم و مساحت هر بخش محاسبه شد.

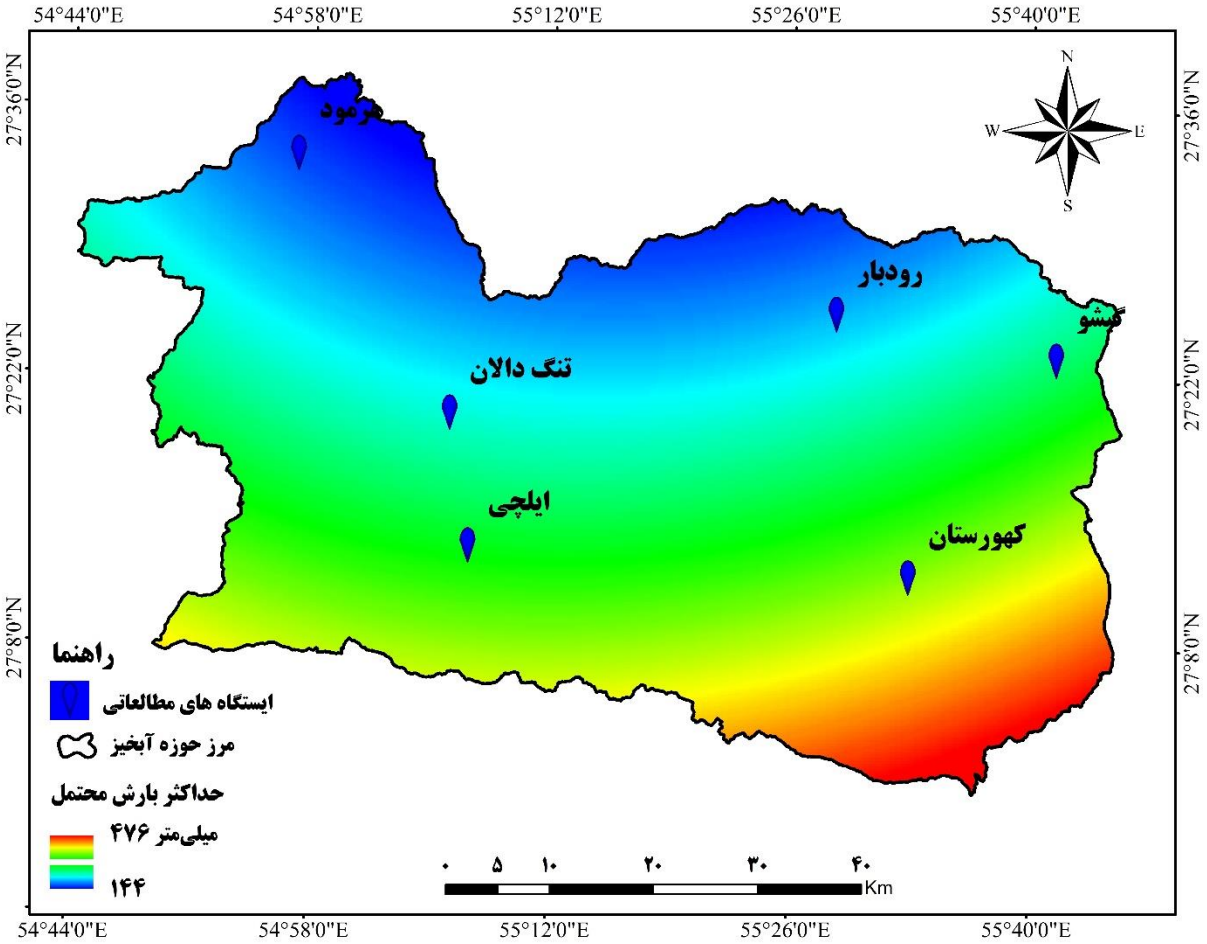
برای برآورد ویژگی‌های خاک‌شناسی و کاربری اراضی نیز از نقشه‌های زمین‌شناسی و کاربری اراضی منطقه استفاده شد (شکل ۲). بر همین اساس با استفاده از نقشهٔ زمین‌شناسی، واحدهای سنگی منطقه مشخص شد و با مرور منابع مختلف (Behzad et al, 2009)، نفوذپذیری این واحدهای سنگی به سه سطح کم، متوسط و بالا تقسیم و مساحت هر بخش استخراج شد. از سوی دیگر، درصد مساحت کاربری‌های مختلف منطقه با استفاده از نقشهٔ کاربری اراضی استخراج شد.



شکل ۲: نقشه‌های زمین‌شناسی، سیمای فرسایشی، خاک و کاربری اراضی حوضه آبخیز کهورستان، استان هرمزگان

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

پس از برآورد ویژگی‌های مربوط به فیزیوگرافی و توپوگرافی، محاسبهٔ ویژگی‌های هیدرولوژی و هواشناسی حوضه آبخیز کهورستان قابل توجه قرار گرفت. بر همین اساس، از آمار مربوط به ایستگاه‌های داخل آبخیز مطالعاتی برای برآورد میانگین بارندگی سالانه و ارتفاع بارش سیل‌آسا استفاده شد. در همین ارتباط برای دست‌یابی به ارتفاع بارش سیل‌آسا، از روش حداکثر بارش محتمل (PMP)[1] استفاده شد؛ از همین رو، آمار بارندگی مربوط به پنج ایستگاه هواشناسی داخل حوضه استخراج و با استفاده از روش آماری هرشلفید، حداکثر بارش محتمل برای این ایستگاه‌های مطالعاتی استخراج شد (Hershfield, 1965). در ادامه به منظورتعمیم حداکثر بارش محتمل به سطح، از روش‌های زمین‌آماری استفاده شد (شکل ۳)؛ از این رو، از روش تابع پایه شعاعی (RBF)[2] برای برآورد پارامتر مذکور در آبخیز مطالعاتی استفاده شد (Losser et al, 2014).



شکل ۳: نقشهٔ حداکثر بارش محتمل در حوضه آبخیز کهورستان، استان هرمزگان

برای برآورد کوتاه‌ترین فاصله بین سرشاخه‌ها و خروجی نیز نزدیک‌ترین آبراهه به خروجی مشخص و فاصله سرشاخهٔ آبراهه تا خروجی محاسبه شد. همچنین طول آبراههٔ اصلی و مجموع طول آبراهه‌های با رتبهٔ ۱ و ۲ برآورد شد.

[1] Probable Maximum Precipitation
[2] Radial Basis Functions

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

در ادامهٔ پژوهش، برآورد ویژگی‌های شدت خاک شامل ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، ضریب استفاده از زمین و ضریب فرسایش منطقه‌ای قابل توجه قرار گرفت؛ از همین رو، با استفاده از نقشهٔ خاک و زمین‌شناسی (شکل ۲) ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش محاسبه شد (Spalevic and Vujacic, 2016 & Ouallali et al, 2020). از سوی دیگر، ضریب استفاده از زمین بر اساس مساحت کاربری‌های مختلف اراضی برآورد شد (Spalevic et al, 2015). همچنین برای برآورد ضریب فرسایشی، از نقشهٔ سیمای فرسایشی و کاربری اراضی منطقه استفاده شد (Khaledi Darvishan et al, 2019). در نهایت، پس از تهیهٔ تمامی ورودی‌های مدل IntErO (جدول ۱) داده‌های محاسباتی برای حوضه آبخیز کهورستان در محیط گرافیکی نرم‌افزار مدل وارد شد، سپس مؤلفه‌های مرتبط با فرسایش و رسوب و حداکثر جریان خروجی از این حوضه آبخیز نیز با استفاده از مدل مذکور برآورد شد.

۴ـ یافته‌ها (نتایج)

پژوهش حاضر با هدف برآورد مؤلفه‌های فرسایش و رسوب حوضه آبخیز کهورستان با استفاده از مدل IntEro انجام شد. در همین راستا، نتایج حاصل از محاسبهٔ متغیرهای خروجی حاصل از مدل در جدول ۲ ارائه شد.

جدول ۲: خروجی‌های مدل IntEro برای حوضه آبخیز کهورستان، استان هرمزگان

متغیر بررسی	مقدار	متغیر بررسی	مقدار
ضریب شکل آبخیز	۰/۵۲	ضریب نفوذپذیری آبخیز	۰/۶۷
ضریب توسعهٔ آبخیز	۰/۶۵	ضریب پوشش گیاهی آبخیز	۰/۸۴
میانگین پهنای آبخیز	۳۸/۹۱	ضریب ماندگار آب به‌عنوان درصدی از جریان ورودی آبخیز (m)	۰/۹۱
قرینه‌سازی آبخیز	۰/۱	پتانسیل جریان یافتن آب در طول جریان‌های سیل‌آسا ($mkms^{-1}$)	۶۵۹۷/۰۴
تراکم شبکه زه‌کشی آبخیز	۱/۳۵	حداکثر جریان خروجی آبخیز (m^3s^{-1})	۱۷۷۸/۵۴
ضریب پیچان‌رودی جریان در آبخیز	۲۰/۷۳	ضریب درجه حرارت آبخیز	۱/۶۵
ارتفاع متوسط آبخیز (m)	۵۳۷	ضریب فرسایش آبخیز	۰/۹۱
میانگین اختلاف ارتفاع آبخیز (m)	۵۲۷	کل فرسایش سطح آبخیز (m^3god^{-1})	۳۴۵۶۶۳۶/۷۲
شیب متوسط آبخیز (٪)	۱۳/۴۵	ضریب ته‌نشست مجدد رسوبات حاصل از فرسایش	۰/۱۸۳
ارتفاع مبنای فرسایش محلی در آبخیز (m)	۲۵۸۳	تلفات واقعی آبخیز (m^3god^{-1})	۶۳۱۱۵۲/۵۳
ضریب انرژی فرسایش	۱۰۲/۱۲	تلفات خاک واقعی ویژه آبخیز (m^3god^{-1}/km^2)	۱۵۰/۱۴

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ضریب نفوذپذیری آبخیز مطالعاتی ۰/۶۷ است که با توجه به مقدار ضریب پوشش گیاهی ــ که به میزان ۰/۸۴ به دست آمد ــ می‌توان گفت پوشش مناسب موجود در منطقه به نفوذپذیری منجر شده‌است؛ با این حال، تراکم زهکشی در منطقهٔ مطالعاتی ۱/۳۵ است که مقاومت خاک منطقه در برابر فرسایش را نشان می‌دهد. تراکم زهکشی عامل مهمی است که بر هیدروگراف سیل و فرایند فرسایش تأثیر می‌گذارد. این شاخص، به مقدار جریان از طریق کانال و نوع خاک بستگی دارد (Mohammadi et al, 2021). از طرفی، ضریب فرسایش آبخیز

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

مطالعاتی به میزان ۰/۹۱۸ به دست آمد که غالب بودن فرسایش شیاری در منطقه و انتقال رسوبات به خروجی حوضه را نشان می‌دهد. از سوی دیگر، کل فرسایش خاک در سطح آبخیز مطالعاتی ۳۴۵۶۶۳/۷۲ مترمکعب در سال است که با فرض وزن مخصوص ظاهری ۱.۴ تن در کیلومتر مربع، مقدار فرسایش برآوردی توسط مدل IntEro در حدود ۱۱/۵ تن در هکتار در سال خواهد بود. بررسی اطلاعات به‌دست آمده از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان هرمزگان (۱۳۹۹)، میانگین فرسایش خاک در حوضه آبخیز مطالعاتی در حدود ۱۷ تن در هکتار در سال است و نشان می‌دهد مدل IntEro در حدود ۵/۵ تن در هکتار در سال، میزان فرسایش خاک را کم برآورد کرده‌است که بیانگر عملکرد ضعیف مدل مذکور در برآورد فرسایش در حوضه آبخیز مطالعاتی است.

از سوی دیگر با لحاظ ضریب ته‌نشست مجدد رسوبات حاصل از فرسایش به مقدار ۰/۱۸۳، تلفات واقعی خاک و تلفات خاک واقعی ویژه در حوضه آبخیز کهورستان به ترتیب ۶۳۱۱۵۲/۵۳ مترمکعب در سال و ۱۵۰/۱۴ مترمکعب بر کیلومترمربع در سال محاسبه شد. نتایج بیانگر این مطلب است که مقداری از رسوبات در سطح آبخیز برجای می‌ماند و به عنوان منابع رسوبی در بارندگی‌ها و مراحل فرسایش بعدی عمل می‌کند و از طرفی، غالب بودن فرسایش شیاری در منطقهٔ مطالعاتی به حمل رسوب به صورت غیرانتخابی می‌انجامد و به این ترتیب، سبب می‌شود ضریب فرسایش به یک نزدیک شود. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که شکل بارش‌های تولیدی در مناطق جنوبی کشور و از جمله حوضهٔ مطالعاتی به صورت رگباری و تشکیل جریان به صورت جریان متمرکز، خود عامل غالب بودن فرسایش به صورت شیاری و حمل رسوبات به خروجی آبخیز مطالعاتی است. این مطالعه یافته‌های Tazioli (2009)، Spalevic (2011)، Kostadinov و همکاران (2014)، Chalise و همکاران (2019)، Nikolic و همکاران (2019)، Hazbavi و همکاران (2020)، Mohammadi و همکاران (2021) و Rodrigues Neto و همکاران (2022) را تأیید می‌کند که مدل IntErO برای محققان ابزاری مفید است که از آن در محاسبهٔ فرایندهای فرسایش خاک، رواناب و بازده رسوب در سطح حوضه‌های آبخیز استفاده می‌شود؛ با این حال، این مدل به سبب دخالت بارندگی سالانه به عنوان شاخص ورودی اصلی، در برآورد فرسایش خاک سالانه در حوضه آبخیز کهورستان عملکرد پایینی دارد. بر همین اساس می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه مقدار بارندگی سالانه در آبخیز مطالعاتی پایین است، وقوع چند رگبار با شدت بالا و مدت کم به واکنش هیدرولوژیکی سریع در حوضه آبخیز و افزایش تنش برشی جریان در آبخیز مطالعاتی منجر می‌شود؛ از این رو برآیند عوامل مذکور، به تشکیل جریان متمرکز با تنش برشی بالا منجر خواهد شد که نتیجهٔ آن، افزایش مقدار فرسایش خاک و طبعاً حمل مقدار بالای رسوب توسط جریان به ازای میزان کم بارندگی سالانه است.

مطالعات مختلفی در کشور صورت گرفته‌است؛ از جمله Spalevic و همکاران (2016) در حوضه آبخیز شیرین درّه در شمال شرق ایران، Khaledi Darvishan و همکاران (2018) در حوضه آبخیز خامسان در استان کردستان، Hazbavi و همکاران (2020) در حوضه آبخیز کوزه‌تپراقی استان اردبیل و Mohammadi و همکاران (2021) در حوضه آبخیز تالار در شمال کشور که به نتایج مناسب مدل IntEro برای مناطق با مقدار بارندگی زیاد و شدت کم اشاره کرده‌است. با نتایج به دست آمده از این مطالعه، پیشنهاد نمی‌شود از این مدل برای مناطق با مقدار بارندگی سالانهٔ کم و رگبارهای با شدت زیاد و دوام کم استفاده شود. از سوی دیگر، بررسی نتایج نشان می‌دهد که حداکثر جریان خروجی برآوردی توسط مدل مذکور برای حوضه آبخیز مطالعاتی در حدود ۱۷۷۸ مترمکعب بر ثانیه است. بررسی

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

حداکثر جریان خروجی با آمار ۲۱ سالهٔ ایستگاه هیدرومتری کهورستان نشان می‌دهد که حداکثر جریان خروجی از آبخیز مطالعاتی در حدود ۱۶۳۵ مترمکعب بر ثانیه است که از عملکرد مناسب مدل مذکور در برآورد حداکثر جریان خروجی از آبخیز مطالعاتی حکایت دارد. بر همین اساس، توصیه می‌شود از این مدل در برآورد مقدار جریان خروجی و سایر ویژگی‌ها در آبخیز مطالعاتی استفاده شود.

استان هرمزگان در جنوب ایران قرار دارد و بارندگی در آن به صورت رگبارهای با شدت زیاد و دوام کم است؛ بنابراین با شروع بارندگی و تشکیل جریان متمرکز، در مناطق مستعد فرسایش رسوب زیادی حمل می‌شود. در همین راستا توصیه می‌شود از مدل‌های مختلف برای برآورد مقدار فرسایش تولیدی استفاده شود. هر چند قبلاً عملکرد مدل IntEro در مناطق با غالبیت فرسایش سطحی تأیید شده‌است؛ با این حال، پیشنهاد نمی‌شود در پژوهش حاضر از مدل مذکور استفاده شود که علت این امر به حساسیت مدل به بارندگی سالانه و دقت ناکافی در برآورد فرسایش و رسوب خروجی در مناطق مشابه با شرایط حوزهٔ مطالعاتی بازمی‌گردد. با این حال، عملکرد مدل در خصوص برآورد حداکثر جریان خروجی مناسب بوده‌است. در این خصوص در صورت وجود داده‌های مورد نیاز در زیرحوضه‌های آبخیز، استفاده از مدل مذکور در زیرحوضه‌های مختلف می‌تواند مناطق حساس به فرسایش و زیرحوضه‌هایی را که در تولید فرسایش و رسوب نقش اساسی دارند، مشخص کند و به اقدامات مناسب مدیریتی در آبخیزهای مطالعاتی منجر شود. با توجه به فقدان اطلاعات در زیرحوضه‌های مطالعاتی پژوهش حاضر، نتایج برآورد مدل IntEro در خروجی قابل توجه قرار گرفت؛ از این رو، پیشنهاد می‌شود سایر مدل‌های ارزیابی فرسایش و رسوب برای حوضه آبخیز کهورستان و سایر حوضه‌های آبخیز، با شرایط مشابه این حوضه مطالعه و با مدل IntEro مقایسه شود.

۶ ـ سپاس‌گزاری

مقالهٔ حاضر با عنوان برآورد مؤلفه‌های فرسایش و رسوب با استفاده از مدل IntErO، از طرحی در مرکز مطالعات و تحقیقات پژوهشکدهٔ هرمزگان دانشگاه هرمزگان استخراج شده‌است.

منابع

1. Alewell, C.; Borrelli, P.; Meusburger, K.; & P. Panagos, 2019. Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling, *International Soil and Water Conservation Research*, 7(3), 203e225. https://doi.org/10.1016/ j.iswcr.2019.05.004

2. Amos, K. J.; Alexander, J.; Horn, A.; Pocock, G. D.; & C. R. Fielding, 2004. Supply limited sediment transport in a high discharge event of the tropical Burdekin River, North Queensland, Australia, *Sedimentology*, 51(1), 145-162.

3. Behzad, A., & F. Hamze., (2009). Investigation of the effect of geological formations on water quality, West Dehdasht aquifer. *Journal of Geography*. 3(11), 94-112. (In Perrsion)

4. Chalise, D.; Kumar, L.; Spalevic V.; & G. Skataric, 2019. Estimation of sediment yield and maximum outflow using the IntErO model in the Sarada River Basin of Nepal, *Water*, 11(15), 25-39.

5. Du, X.; Jian, J.; Du, C.; & R. D. Stewart, 2021. Conservation management decreases surface runoff and soil erosion. International Soil and Water Conservation Research.

6. El Mouatassime, S.; Boukdir, A.; Karaoui, I.; Skataric, G.; Nacka, M.; Khaledi Darvishan, A.; & V. Spalevic, 2019. Modelling of soil erosion processes and runoff for sustainable watershed

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

management: Case study Oued el Abid Watershed, *Morocco. Poljoprivreda i Sumarstvo*, 65(4), 241-250.
7. Elnashar, A.; Zeng, H.; Wu, B.; Fenta, A. A.; Nabil, M.; & R. Duerler, 2021. Soil erosion assessment in the Blue Nile Basin driven by a novel RUSLE-GEE framework, *Science of The Total Environment*, 148466.
8. Hazbavi, Z.; Azizi, E.; Sharifi, Z.; Alaei, N.; Mostafazadeh, R.; Behzadfar, M.; & V. Spalevic, 2020. Comprehensive estimation of erosion and sediment components using IntErO model in the KoozehTopraghi Watershed, Ardabil Province, *Environmental Erosion Research Journal*, 10(1), 92-110.
9. Hershfield, D. M., 1965. Method for estimating probable maximum rainfall, *Journal-American Water Works Association*, 57(8), 965-972.
10. Khaledi Darvishan, A.; Derikvandi, M.; Aliramaee, R.; Khorsand, M.; Spalevic, V.; Gholami, L.; & D. Vujacic, 2018. Efficiency of IntErO Model to Predict Soil Erosion Intensity and Sediment Yield in Khamsan Representative Watershed (West of Iran), *Agrofor*, 3(2), 22-31.
11. Khaledi Darvishan, A.; Mohammadi, M.; Skataric, G.; Popović, S. G.; Behzadfar, M.; Sakuno, N. R. R.; & V. Spalevic, 2019. Yield and maximum outflow, using IntErO model (Case study: S8-intA Shirindarreh Watershed, Iran), *Agriculture & Forestry*, 65 (4), 203-210.
12. Kostadinov, S.; Zlatic, M.; Dragicevic, S.; Novkovic, I.; Kosanin, O.; Borisavljevic, A.; Lakicevic, M.; & D. Mladjan, 2014. Anthropogenic influence on erosion intensity changes in the Rasina river watershed - Central Serbia, *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(1a), 254-263.
13. Kumar, S., & R. M. Hole., (2021). Geospatial modelling of soil erosion and risk assessment in Indian Himalayan region—A study of Uttarakhand state. *Environmental Advances*. 4, 100039.
14. Lim, K. J.; Sagong, M.; Engel, B. A.; Tang, Z.; Choi, J.; & K. S. Kim, 2005. GIS-based sediment assessment tool, *Catena*, 64(1), 61-80.
15. Losser, T.; Li, L.; & R. Piltner, 2014. A Spatiotemporal Interpolation Method Using Radial Basis Functions for Geospatiotemporal Big Data, Fifth International Conference on Computing for Geospatial Research and Application, 17-24.
16. Mohammadi, M.; Khaledi Darvishan, A.; Spalevic, V.; Dudic, B.; & P. Billi, 2021. Analysis of the impact of land use changes on soil erosion intensity and sediment yield using the intero model in the talar watershed of Iran, *Water*, 13(6), 881.
17. Morgan, R. P. C., & M. A. Nearing., (2011). The future role of information technology in erosion modeling. Hand Book of Erosion Modeling, http:// onlinelibrary.willey.com /doi/10. 1002/ 9781 4443284 55.ch1/summary.
18. Nafarzadegan, A. R.; Mohammadifar, A. A.; Mohammadi, F.; & M. Kazemi, 2021. Simulating Groundwater Potential in Kahurestan Watershed by Utilizing a Combined Approach of Data -Mining Models, *Journal of Watershed Management Research*, 12(23), 130-143. (In Perrsion)
19. Nikolic, G.; Spalevic, V.; Curovic, M.; Khaledi Darvishan, A.; Skataric, G.; Pajic, M.; & V. Tanaskovik, 2019. Variability of soil erosion intensity due to vegetation cover changes: Case study of Orahovacka Rijeka, Montenegro, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(1), 237-248.
20. Ouallali, A.; Aassoumi, H.; Moukhchane, M.; Moumou, A.; Houssni, M.; Spalevic, V.; & S. Keesstra, 2020. Sediment mobilization study on Cretaceous, Tertiary and Quaternary lithological formations of an external Rif catchment, Morocco, *Hydrological Sciences Journal*, 1-15.
21. Ouallali, A.; Spalevic, V.; Aassoumi, H.; Moukhchane, M.; & F. Berradm, 2016. The assessment of the soil erosion intensity and runoff in the river basin of ArbaaAyacha, Western Rif. Morocco, *International Journal of Scientific and Research Publicat*.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

22. Pandey, S.; Kumar, P.; Zlatic, M.; Nautiyal, R.; & V. P. Panwar, 2021. Recent advances in assessment of soil erosion vulnerability in a watershed, *International Soil and Water Conservation Research*, 305-318. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.03.001
23. Parveen, R., & U. Kumar., (2012). Integrated approach of universal soil loss equation (USLE) and geographical information system (GIS) for soil loss risk assessment in Upper South Koel Basin, Jharkhand.
24. Rodrigues Neto, M. R.; Musselli, D. G.; Lense, G. H. E.; Servidoni, L. E.; Stefanidis, S.; Spalevic, V.; & R. L. Mincato, 2022. Soil loss modelling by the IntErO model-erosion potential method in the Machado River Basin, Minas Gerais, Brezil., *Agriculture & Forestry/ Poljoprivredai Sumarstvo*, 68(2).
25. Sadeghi, S. H. R.; Pourghasemi, H. R.; Mohammadi, M.; & H. Agharazi, 2008. Applicability of Rainfall and Runoff Variables in Estimation of Storm-Wise Sediment Yield from Experimental Plots with Different Land Uses, *Water and Soil*, 22(1), 113-122. (In Perrsion).
26. Sadeghi, S. H. R.; Gholami, L.; & A. Khaledi Darvishan, 2013. Suitability of MUSLT for storm sediment yield prediction in Chehelgazi watershed, Iran, *Hydrological Sciences Journal*, 58(4), 892-897.
27. Spalevic, V., 2011. Impact of land use on runoff and soil erosion in Polimlje. Doctoral thesis, Faculty of Agriculture of the University of Belgrade, Serbia, 1-260.
28. Spalevic, V.; Curovic, M.; Barovic, G.; Florijancic, T.; Boskovic, I.; & I. Kisic, 2015. October). Assessment of Sediment Yield in the Tronosa River Basin of Montenegro. In The 9th International Symposium on Plant-Soil Interactions at Low pH. 2 P.
29. Strahler, A. N., 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow, V.T. (Ed.), Handbook of Applied Hydrology. McGraw Hill Book Company, New York. Section, 4-11.
30. Tavares, A. S.; Uagoda, R. E. S.; Spalevic, V.; & R. L. Mincato, 2021. Analysis of the erosion potential and sediment yield using the IntErO model in an experimental watershed dominated by karst in Brazil, *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 67(2), 153-162.
31. Tazioli, A., 2009. Evaluation of erosion in equipped basins: preliminary results of a comparison between the Gavrilovic model and direct measurements of sediment transport, *Environmental Geology*, 56(5), 825-831.
32. Vujacic, D., & V. Spalevic., (2016). Assessment of runoff and soil erosion in the Radulicka Rijeka Watershed, Polimlje, Montenegro. *Poljoprivreda i Sumarstvo*. 62(2), 283.
33. Zabihi Silabi, M., & A. Khaledi Darvishan., (2021). Qualitative Evaluation of IntErO, EPM, MPSIAC and RUSLE Models in Order to Select the Optimal Models for Different Conditions for Description of DetailedExecutive Watershed Management Services. *Extension and Development of Watershed Management*. 9(32), 51-66. (In Perrsion)
34. Zabihi Silabi, M.; Sadeghi, S. H. R.; & R. Mostafazadeh, 2021. Effects of the Implementing Land use-based Scenarios in the Prioritized SubWatersheds on Soil Erosion and Sediment Yield of the Glazchai Watershed,Oshnavieh, Iran, *Degradation and Rehabilitation of Natural Land*, 2(3), 88-98. (In Perrsion)
35. Zhang, S.; Lu, X. X.; Higgitt, D. L.; Chen, C. T. A.; Han, J.; & H. Sun, 2008. Recent changes of water discharge and sediment load in the Zhujiang (Pearl River) Basin, China, *Global and Planetary Change*, 60(3-4), 365-380.

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

Estimation of Erosion and Sediment Components using the IntErO Model (Case Study: Kahouristan Watershed)

Mohamad Kazemi*: *Assistant Professor, Department of Hormoz Studies and Research Center, University of Hormozgan, BandarAbbas*
Mostafa Zabihi Silabi : *Ph. D Student, Department of Natural Recourses, Tarbiat Modares University, Tehran*
Atefeh Jafarpoor: *Ph. D, Department of Natural Recourses Tarbiat Modares University, Tehran*
Sudabeh Gharemahmudli: *Ph. D, Department of Agriculture and Natural Recourses Gorgan University, Gorgan*
Fariborz Mohammadi: *Assistant Professor, Department of Minab High Education College, University of Hormozgan, BandarAbbas*

Article History (Received: 2022/05/18 Accepted: 2023/01/2)

Extended abstract

1- Introduction

Soil erosion is one of the most significant environmental problems in the world; it is a threat to food security, the environment, natural resources and causes socio-economic problems. In this regard, the importance of estimating the amount of erosion to adopt appropriate management methods in different areas has been established. Among the existing models of soil erosion and sedimentation, models that can predict soil erosion and sediment performance can be useful and widely used. In this regard, the IntErO model, which is a graphical computer method based on the EPM erosion potential method embedded in its algorithm, can be applied.

2- Methodology

This study aimed to estimate the severity of soil erosion and runoff using the comprehensive, rapid, and effective IntEro model in the Kahouristan watershed. After collecting basic information, 26 input variables were extracted and calculated using topographic maps, geology, geology, land use, and climate data. In this regard, to estimate the inputs of the IntErO model, at first, the physiographic and topographic features of the Kahouristan watershed were extracted using a 1: 25000 digital map and the boundary of the information range. Also, the lowest and highest elevation points, the lowest value of the alignment line, and the equal distance between the alignment lines were determined. Geological and land use characteristics of the region Geological and land use maps were used. The maximum probable precipitation (PMP) method was used to achieve the height of torrential rainfall. Finally, after preparing all the inputs of the IntErO model, the computational data for the Kahouristan watershed were entered into the graphical environment of the software, and the components related to erosion and sediment as well as the maximum outflow from the Kahouristan watershed were estimated using the model.

3- Results

The results showed that the drainage density was 1.35 in the Kahouristan watershed using the IntEro model, and the infiltration coefficient of the watershed and the vegetation cover coefficient were 0.67 and 0.84, respectively. Also, the coefficient of water retention in the studied area was found to be 0.91 and the potential of water flow during flash floods was found to be 6597.04. On the other hand, the erosion energy coefficient in the study area was found to be 102.12 using the Intro model, and the total erosion in the mentioned area was equal to 3456636.72, and the erosion coefficient of the Kahouristan watershed was 0.918. The amount of real soil erosion and special real soil erosion in the studied watershed is 631152.53 m3/year and 150.14 m3/Km^2.year, respectively. The re-sedimentation coefficient of sediments due to erosion was 0.183 .

* Corresponding Author: m.kazemi@hormozgan.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]

4- Discussion & Conclusions

The results of the current research showed that the permeability coefficient of the study watershed was 0.67, which according to the value of the vegetation coefficient which was 0.84, it can be said that the appropriate cover in the area has caused the permeability. However, the drainage density in the study area was 1.35, which indicates the resistance of the soil in the area against erosion.

Also, examining the results shows that the maximum output flow estimated by the mentioned model for the study watershed is about 1778 m^3/s. Examining the maximum outflow with the 21-year statistics of the Kahouristan hydrometric station shows that the maximum outflow from the study watershed is about 1635 m^3/s, which indicates the appropriate performance of the model in estimating the maximum outflow from the study watershed. Based on this, it is recommended to use this model in estimating the output flow and other characteristics in the study watershed. Another hand, the results showed the predominance of rill erosion in the area and the transfer of sediments to the outlet of the basin. According to the model results, estimating the amount of erosion in the study area was not accurate enough. However, estimating the maximum output current from the basin based on the available statistics indicated good results; in other words, the use of this model is recommended in estimating the output current and other characteristics, but in areas having similarities with Kahouristan watershed conditions, heavy and short rainfalls for estimating the amount of erosion is not recommended due to its inability to provide appropriate results. Finally, it is suggested that other models of erosion and sediment assessment for the Kahouristan watershed and other watersheds with similar conditions in this respect be studied and compared with the IntEro model as well.

Key Words: Land degradation; Soil erosion; Soil erosion model; Soil loss

[DOR: 20.1001.1.22517812.1402.13.2.10.4]