مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

ص ۳۰۱-۲۸۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۱
تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۵/۰۴

برآورد میزان تولید رواناب و رسوب با استفاده از مدل IntErO در دو حوزه آبخیز استان کهگیلویه و بویراحمد

❖ **محسن آرمین*؛** استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج

❖ **سید علی صالح ولایتی نژاد؛** دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی- آبخیزداری

❖ **وجیهه قربان نیا خیبری؛** استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

❖ **فاطمه طاعت‌پور؛** دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه یزد، کارشناس سازمان آب و منطقه‌ای استان کهگیلویه و بویراحمد

❖ **مرتضی بهزاد فر؛** سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خراسان شمالی- آمایش سرزمین، بجنورد

چکیده

پیچیدگی فرایند فرسایش خاک و انتقال رسوب و کمبود آمار مناسب و فقدان ایستگاه‌های اندازه‌گیری منجر به استفاده از مدل‌های تجربی برآورد فرسایش خاک شده است. این تحقیق برای تعیین شدت فرسایش و جریان خروجی در دو حوزه آبخیز دشت‌روم در شهرستان بویراحمد و کره در شهرستان دنا با استفاده از بسته نرم‌افزاری مدل تحلیلی IntErO انجام شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات پایه در حوضه‌های انتخابی، ۲۶ متغیر ورودی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی و داده‌های اقلیمی در محیط سامانه اطلاعات استخراج و محاسبه شدند. پس از ورود آنها به بسته نرم‌افزاری مدل IntErO، ۲۱ خروجی آن حاصل شد. نتایج نشان داد که حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز کره و دشت‌روم در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به ترتیب ۲۳۵ و ۱۷۹ متر مکعب بر ثانیه است. به عبارتی دیگر، میزان تولید رواناب در حوضه کره تقریباً ۱/۳ برابر جریان خروجی از حوضه دشت‌روم است و مقدار فرسایش حوزه آبخیز دشت‌روم و کره به ترتیب ۱۰۵۱۶۶/۲۲ و ۷۱۴۰۲/۵۸ مترمکعب خاک در سال است. با توجه به نسب تحویل رسوب ۰/۱۹۵ در حوضه دشت‌روم و ۰/۴۸۷ در حوضه کره، مقدار خاک فرسایش یافته انتقالی به خروجی حوضه‌ها (تولید رسوب) به ترتیب ۲۰۵۲۱/۳۲ و ۳۴۸۰۰/۴۶ متر مکعب در سال برآورد شد. ضریب شدت فرسایش در حوضه دشت‌روم ۰/۳۳۸ و در نتیجه بر اساس درجات شدت فرسایش مدل، شدت فرایند فرسایش در این حوضه کم و فرسایش غالب منطقه هم از نوع عمیق است و در حوضه کره نیز ۰/۴۰۳ و در نتیجه شدت فرایند فرسایش در این حوضه متوسط و فرسایش غالب منطقه هم از نوع سطحی است. میزان تولید رسوب در واحد سطح در حوضه دشت‌روم ۱۳۳/۵۳ و در حوضه کره ۳۴۷ مترمعکب در سال است. حوضه دشت‌روم با وجود مساحت بیشتر و فرسایش خاک بیشتر، به دلیل نسبت تحویل رسوب کمتر، میزان تولید رسوب آن در مقایسه با حوضه کره بسیار کمتر بوده است.

واژگان کلیدی: فرسایش خاک، جریان خروجی، نرم‌افزار، نسبت تحویل رسوب، دشت‌روم، کره.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۹۱۷۷۴۲۴۱۴۴
Email: mohsenarmin@ut.ac.ir

۱. مقدمه

تخریب اراضی ناشی از فرسایش خاک، پدیده‌ای فراگیر است که منجر به تلفات عناصر غذایی خاک سطحی، افزایش رواناب و کاهش آب قابل دسترس برای گیاهان خواهد شد. کل اراضی در معرض خطر تخریب ناشی از فعالیت‌های انسان در دنیا حدود ۲ میلیارد هکتار برآورد شده است. مساحت اراضی تحت تأثیر تخریب ناشی از فرسایش آبی حدود ۱۱۰۰ میلیون هکتار و فرسایش بادی ۵۵۰ میلیون هکتار برآورد شده است [۶]. در دنیا هر سال ۷۵ میلیارد تن خاک در نتیجه فرسایش از بین می‌رود که اغلب آن از سطح اراضی کشاورزی صورت می‌گیرد، این میزان خاک فرسایش یافته معادل از بین رفتن ۲۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی در هر سال است [۶]. در ابعاد ملی فرسایش خاک در ایران اثر مهمی روی تولید بخش کشاورزی، تخریب و کاهش حاصلخیزی خاک و رسوب‌گذاری در مخازن سدها دارد و بنابراین یک مشکل جدی زیست محیطی با پیامدهای اقتصادی خطرناک برای کشور است. ابزار اصلی آبخیزداری، عمدتاً طرح‌های جامع آبخیزداری هستند که در آنها ضمن مطالعه و شناسایی کامل همه منابع اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی حوزه آبخیز، بهترین راه‌حل‌های علمی و عملی ممکن برای دست‌یابی به اهداف برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران منطقه‌ای و ملی، ضمن لحاظ نمودن بهره‌برداری بهینه و مستمر از این منابع و حفاظت آب و خاک، در شرایط مطلوب و مولد، خود به عنوان بستر و زیربنای حیات در حوزه آبخیز ارائه می‌شود. طرح‌های آبخیزداری در برگیرنده مطالعات مختلف هستند که یکی از این مطالعات، مطالعات فرسایش و رسوب است که با هدف برآورد مقدار فرسایش خاک و تهیه نقشه سیما و خطر فرسایش در حوزه‌های آبخیز انجام می‌شود. در مطالعات فرسایش و رسوب یک ارزیابی کمی برای نتیجه‌گیری در خصوص وسعت و حجم مشکلات فرسایش خاک نیاز است تا بتوان استراتژی‌های مدیریتی منطقی با کمک اندازه‌گیری‌های صحرایی در یک مقیاس منطقه‌ای توسعه داد. اطلاعات کمّی راجع به فرسایش خاک برای ارزیابی خطر فرسایش [۷] و تأمین اثر بخشی شیوه‌های بهبود مدیریت زمین مورد نیاز است [۸] مدل‌سازی مؤثر فرسایش خاک می‌تواند اطلاعاتی در مورد فرسایش فعلی و روند آن فراهم کند و اجازه تجزیه و تحلیل سناریوها را بدهد. یکی از مهمترین مشکلات مطالعه فرسایش و رسوب کمبود آمار و اطلاعات مورد نیاز می‌باشد، این مسئله در کشورهای در حال توسعه حادتر بوده و کشور ایران نیز از جمله کشورهایی است که با این معضل روبرو است. به دلیل پیچیدگی فرایند فرسایش و انتقال رسوب، کمبود آمار مناسب و فقدان ایستگاه اندازه‌گیری، به منظور سهولت کار اغلب مطالعات فرسایش و رسوب کشور با استفاده از روش‌های تجربی سایر کشورها انجام می‌گیرد. تلاش‌های قابل توجهی در مورد توسعه مدل‌های فرسایش خاک صورت گرفته است [۴] و چندین مدل فرسایش خاک با درجات متفاوتی از پیچیدگی وجود دارد. یکی از این مدل‌ها بسته برنامه IntErO[1] است [۷]. IntErO نسخه جامع و نسل دوم برنامه اندازه‌گیری فاصله و سطح[2] [۱۰] و برنامه حوزه‌های آبریز[3] [۱۱] است. مشخصه اصلی این مدل سادگی کاربرد آن در محاسبه تعداد زیادی از داده‌های ورودی است. در الگوریتم این روش گرافیکی – کامپیوتری، مدل تحلیلی EPM [۲] الحاق شده است. استفاده از روش‌های گرافیکی- کامپیوتری، اجازه کمّی کردن اثرات محیطی روی رواناب و فرسایش خاک در سطح حوزه آبخیز را فراهم می‌کند. در مطالعه‌ای با استفاده از مدل IntErO فرسایش خاک در زیرحوضه S1-1 آبریز رودخانه شیرین-دره در استان گلستان با قابلیت دسترسی به داده‌های واقعی رسوب برآورد شد. برای انجام این کار، از مدل تحلیلی و گرافیکی-کامپیوتری IntErO استفاده کردند. نتایج نشان داد که دبی خروجی حداکثر حوضه رودخانه ۴۱ مترمکعب بر ثانیه در دوره بازگشت ۱۰۰ سال و

[1] Intensity of Erosion and Outflow
[2] Surface and Distance Measuring Program
[3] River Basin Program

هدررفت خاک ۲۲۴ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال است. آنها اثبات کردند که این مدل در حوضه مورد مطالعه کارایی مناسبی در برآورد فرسایش خاک دارد. با این وجود، تحقیقات بیشتری برای محدود کردن محدودیت‌های مدل و کاهش عدم قطعیت نتایج مدل ضروری است [۱]. تولید رسوب زیرحوضه S2-1 از آبریز رودخانه شیرین دره در استان گلستان در مطالعه‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد که دبی خروجی حداکثر حوزه آبخیز ۱۰۱ مترمکعب بر ثانیه در دوره بازگشت ۱۰۰ سال و هدررفت خاک ۲۶۷ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال است. بر اساس مطالعات قبل و ویژگی‌های توپوگرافی، میزان شدت فرسایش در این زیرحوضه ضعیف و خیلی ضعیف توصیف شده است [۳]. کاربرد مدل IntErO برای ارزیابی شدت فرسایش خاک و رواناب در حوزه آبریز رودخانه Dragovo Vrelo در Montenegro شد. در این مطالعه میزان ضریب شدت فرسایش حوزه آبخیز ۰/۳۹۳، دبی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۱۷۴ مترمکعب بر ثانیه و تلفات خاک ۳۳۵ مترمکعب بر کیلومتر مربع بر سال برآورد شده است [۹]. ارزیابی شدت فرسایش و رواناب در حوزه آبریز رودخانه ArbaaAyacha در Morocco با استفاده از مدل IntErO بررسی شد. نتایج نشان داد که ضریب شدت فرسایش ۰/۶۹۴ و درجه شدت تخریب حوزه آبخیز متوسط و با انواع مختلفی از اشکال فرسایش است. دبی حداکثر حوزه آبخیز با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۱۱۳/۷۲ مترمکعب بر ثانیه و تلفات خاک ۲۲۸/۹۴ مترمکب بر کیلومتر مربع است [۵]. اطلاع از مقدار فرسایش خاک و تولید رسوب یک منطقه به منظور برآورد حجم و هزینه عملیات آبخیزداری موضوع بسیار مهمی در طراحی‌ها است. بنابراین نیاز است با استفاده از امکانات و تکنولوژی‌های جدید و به روز، اطلاعات در این زمینه جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. این امر موجب خواهد شد تا برآورد فرسایش و رسوب نیز با دقت بیشتری انجام و نهایتاً خسارات ناشی از پدیده فرسایش به طور قابل توجهی کاهش یابد. با توجه به ضرورت اجرای عملیات آبخیزداری در استان کهگیلویه و بویراحمد بویژه به لحاظ حفاظت آب و خاک در حوضه بالادست سدهای موجود در استان، انجام مطالعات برآورد فرسایش خاک در استان ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. در این زمینه با توجه به پیشرفت دانش حفاظت آب و خاک و استفاده از تکنولوژی‌های جدید در ارائه مدل‌های فرسایش و رسوب کارآمدتر در دنیا، در این تحقیق برای پیش‌بینی جریان حداکثر خروجی و شدت فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز دشت‌روم و کره در استان کهگیلویه و بویراحمد از بسته نرم‌افزاری مدل IntErO که به روز شده مدل EPM[1] با قابلیت‌های بیشتر به لحاظ متغیرهای ورودی و خروجی بیشتر و دقیق‌تر است، استفاده گردید.

۲. روش‌شناسی

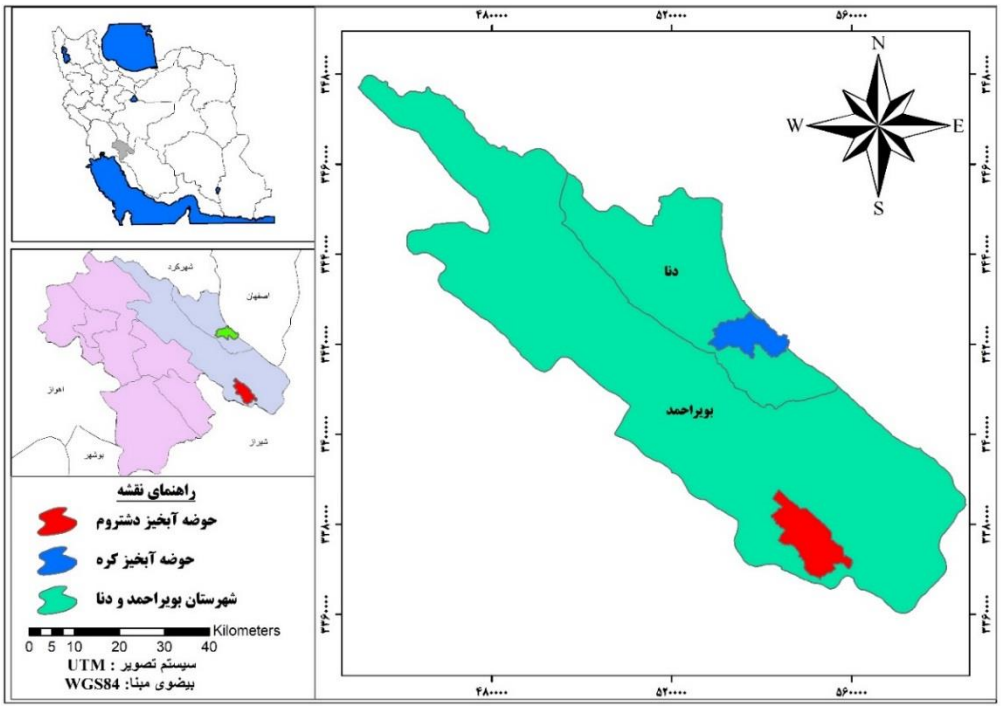
۱.۲. حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه

پس از مطالعه و بررسی حوزه‌های آبخیز موجود در استان کهگیلویه و بویراحمد به لحاظ وجود اطلاعات پایه مورد نیاز و همچنین تنوع عوامل مؤثر بر فرسایش خاک، حوزه آبخیز دشت‌روم در شهرستان بویراحمد و حوزه آبخیز کره در شهرستان دنا انتخاب شده است. اطلاعات پایه اولیه از مطالعات انجام شده توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کهگیلویه و بویراحمد در حوزه‌های آبخیز انتخابی جمع‌آوری شده است. اطلاعات و داده‌های تکمیلی مورد نیاز نیز در مراحل مختلف تحقیق با تجزیه و تحلیل اطلاعات اولیه و بعضاً بررسی‌های صحرایی به دست آمده است.

حوضه آبخیز دشت‌روم با وسعت ۱۵۳/۶۸کیلومتر مربع، منطقه‌ای سردسیری در جنوب شهر یاسوج در فاصله حدود ۱۷ کیلومتری در مسیر جاده یاسوج - بابامیدان واقع شده است. این حوضه در طول جغرافیایی "۱۷ '۲۶ °۵۱ تا "۳۹ '۳۷ °۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی "۲۸ '۲۶ °۳۰ تا "۱۷ '۳۷ °۳۰ شمالی قرار دارد. بلندترین نقطه ارتفاعی

[1] Erosion Potential Model

حوضه ۲۷۸۳ متر و پایین‌ترین نقطه ارتفاعی ۲۰۷۹ متـر از سطح دریا است کـه در خروجـی حوضـه واقـع مـی‌باشـد. حوضـه آبخیـز کـره بـا وسـعت ۱۰۰/۲۹ کیلـومتر مربـع منطقه‌ای سردسیری در شمال غرب شهر سـی‌سـخت و در مسیر جاده یاسوج - اصفهان واقع شده است. این حوضه در طول جغرافیایی "۳۴ '۱۷ °۵۱ تـا "۰۱ ' ۲۹ °۵۱ شـرقی و عرض جغرافیایی "۰۱ '۵۳ °۳۰ تـا "۴۷ ' ۵۸ °۳۰ شـمالی قـرار دارد. بلنـدترین نقطـه ارتفـاعی حوضـه ۴۳۶۱ متـر و پایین‌ترین نقطه ارتفاعی ۱۵۱۶ متر از سطح دریا است کـه در خروجی حوضـه واقـع مـی‌باشـد. در شـکل ۱ موقعیـت حوزه‌های آبخیز انتخابی در استان کهگیلویه و بویراحمـد و شهرستان‌های بویراحمد و دنا نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت حوزه‌های آبخیز انتخابی در استان کهگیلویه و بویراحمد و شهرستان‌های بویراحمد و دنا

در جدول ۱ برخـی از خصوصـیات حـوزه‌هـای آبخیـز مورد مطالعه نشان داده شده است.

جدول ۱. برخی از خصوصیات حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه

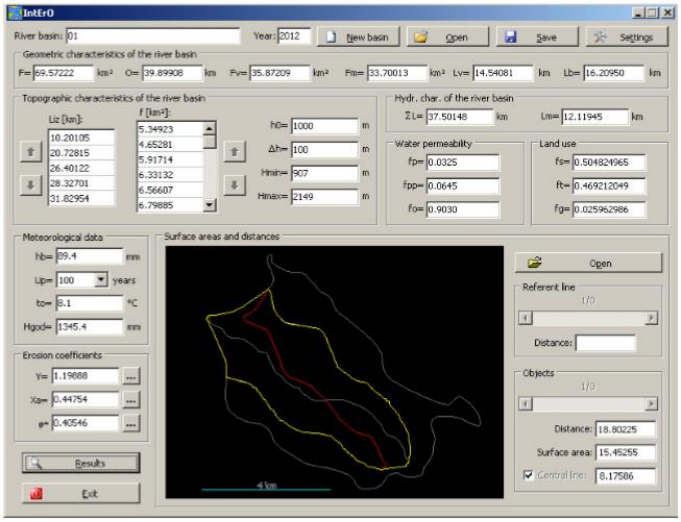
متغیر	واحد	حوزه‌های آبخیز	
		دشت روم	کره
بارش متوسط سالانه	میلی‌متر	۹۷۰	۷۴۳/۴
دمای متوسط سالانه	درجه‌سانی‌گراد	۱۲/۱	۱۳/۲
شیب متوسط	درصد	۲۹/۸۶	۴۸/۷۷
تراکم زهکشی	کیلومتر بر کیلومتر مربع	۲/۳۲	۴/۴۵
جنس سنگ غالب		آسماری	بختیاری
کاربری اراضی غالب		مرتع	جنگل

۲.۲. روش تحقیق

در این تحقیق تعیین شدت فرسایش خاک و برآورد دبی خروجی در حوزه‌های آبخیز منتخب با استفاده از مدل IntErO در سه مرحله شامل جمع‌آوری اطلاعات پایه مورد نیاز از سازمان‌ها و نهادهای ذیربط بویژه اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کهگیلویه و بویراحمد (نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک-شناسی، کاربری اراضی، داده‌های اقلیمی و غیره)، تعیین پارامترهای ورودی مدل و ورود پارامترها به مدل و برآورد شدت فرسایش خاک و دبی خروجی از حوزه آبخیز انجام شد.

۱.۲.۲. معرفی مدل IntErO

بسته نرم‌افزاری مدل تحلیلی IntErO برای تعیین شدت فرسایش و دبی برای حوضه رودخانه‌های طبیعی است. شکل ۲ ظاهر شکل اصلی برنامه IntErO را نشان می‌دهد.



شکل ۲. ظاهر فرم اصلی برنامه IntErO

در جدول (۲) پارامترهای خروجی مدل IntErO نشان داده شده است.

در جدول ۲، F مساحت حوزه آبخیز به کیلومترمربع، O محیط حوزه آبخیز به کیلومتر، Lv طول طبیعی آبراهه اصلی به کیلومتر، Lb طویل‌ترین طول حوضه همراستا با آبراهه اصلی به کیلومتر، Fv مساحت بخش بزرگ‌تر حوزه آبخیر به کیلومتر مربع، Fm مساحت بخش کوچک‌تر حوزه آبخیز به کیلومتر مربع، ΣL مجموع طول آبراهه اصلی و آبراهه‌های فرعی رتبه ۱ و ۲ به کیلومتر، h0 ارتفاع اولین منحنی میزان به متر، Δh اختلاف ارتفاع بین منحنی‌های میزان به متر، Liz طول منحنی میزان به کیلومتر، f مساحت بین دو منحنی میزان مجاور به کیلومتر، Hmin پایین‌ترین نقطه ارتفاعی در حوزه آبخیز به متر، Hmax بالاترین نقطه ارتفاعی در حوزه آبخیز به متر، Lm کوتاه‌ترین فاصله بین شروع و انتهای حوزه آبخیز به کیلومتر، hb ارتفاع باران سیل‌آسا به میلی‌متر، t متوسط در جه حرارت سالانه به درجه سانتی‌گراد، Hgod متوسط بارندگی سالانه به میلی‌متر، Y ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (بی‌بعد)، Xa ضریب استفاده از زمین (بی‌بعد) و φ ضریب وضعیت فعلی فرسایش خاک فعال و قابل رؤیت (بی‌بعد) است.

جدول ۲. پارامترهای خروجی مدل IntErO

پارامتر	علامت اختصاری	رابطه
ضریب شکل حوزه آبخیز	A	$A = 0.195 \times \frac{O}{L_v}$
ضریب تکامل حوزه آبخیز	m	$m = \frac{0}{2\sqrt{\pi F}}$
عرض میانگین حوزه آبخیز	B	$B = \frac{F}{L_b}$
تقارن حوزه آبخیز	a	$a = \frac{F_v - F_m}{0.5 \times (F_v - F_m)}$
تراکم شبکه زهکشی حوزه آبخیز	G	$G = \frac{\sum L}{F}$
ضریب سینوسی بودن جریان	K	$K = \frac{L_v}{L_m}$
ارتفاع متوسط حوزه آبخیز	Hsr	$H_{sr} = \frac{\sum(h \times f)}{F}$
متوسط اختلاف ارتفاع حوزه آبخیز	D	$D = h_{sr} - h_{min}$
شیب متوسط حوزه آبخیز	Isr	$I_{sr} = \frac{\sum(L_{sr} \times \Delta h)}{F}$
شیب متوسط آبراهه اصلی	s	-
ارتفاع سطح اساس محلی حوزه آبخیز	Hleb	$Hleb = Hmax - Hmin$
ضریب انرژی پستی و بلندی حوزه آبخیز	Er	$Er = \frac{Hleb}{\pi \times \sqrt[4]{F}}$
ضریب نفوذپذیری	S1	$S_1 = 0.4f_p + 0.7f_{pp} + 1f_0$
ضریب پوشش گیاهی	S2	$S_1 = 0.6f_s + 0.8f_t + 1f_g$
ضریب عددی نگه داشت جریان آب ورودی	w	$W = h_b(15 - 22 \times h_b - 0.3\sqrt{L})$
انرژی پتانسیل جریان آب در طی باران سیل آسا	$2Gdf^{0.5}$	-
حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز	Qmax	$Q_{max} = A \times S_1 \times S_2 \times W \times \sqrt{2 \times g \times D \times F}$
ضریب درجه حرارات	T	$T = \sqrt{\frac{t0}{10}} + 0.1$
ضریب فرسایش خاک حوزه آبخیز	Z	$Z = Y \times X \times a \times (\varphi + \sqrt{I_{sr}})$
فرسایش در داخل حوزه آبخیز	Wgod	$W_{god} = T \times H_{god} \times \pi \times \sqrt{Z^3} \times F$
نسبت تحویل رسوب	Ru	$R_u = \frac{(O \times D)^{0.5}}{0.25 \times (L + 10)}$
تولید رسوب	Ggod	$G_{god} = T \times H_{god} \times \pi \times \sqrt{Z^3} \times F \times R_u$
تولید رسوب ویژه	$Ggod/Km^2$	

۲.۲.۲. منابع استخراج پارامترهای مدل IntErO

برای تعیین پارامترهای ورودی مدل IntErO از چهار نوع نقشه و داده به شرح زیر استفاده شد:

۱.۲.۲.۲. نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، برای اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای

مساحت حوزه آبخیز (F)، محیط حوزه آبخیز (O)، مساحت بخش بزرگ‌تر حوزه آبخیز (Fv)، مساحت بخش کوچک‌تر حوزه آبخیز (Fm)، طول طبیعی آبراهه اصلی حوضه (Lv)، طول خطوط تراز (منحنی‌های میزان) (liz)، مساحت بین دو منحنی میزان مجاور (fiz).

۲.۲.۲.۲. نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ برای طبقه‌بندی حوزه آبخیز بر اساس نفوذپذیری آب

مساحت بخشی از حوزه آبخیز که دارای سنگ‌های با نفوذپذیری خیلی زیاد است (آهک، ماسه و گراول) (fp)، مساحت بخشی از حوزه آبخیز که دارای سنگ‌های با نفوذپذیری متوسط است (اسلیت‌ها، مارن‌ها و ماسه‌سنگ‌ها) (fpp)، مساحت بخشی از حوزه آبخیز که دارای سنگ‌های با نفوذپذیری ضعیف است (رس‌های سنگین، خاکسترهای آتشفشانی فشرده) (fo).

۳.۲.۲.۲. نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی

مساحت بخشی از حوزه آبخیز کـه پوشـیده از جنگـل است (fs) شامل جنگل‌های تخریـب شـده و جنگـل‌هـای سالم به درصد، مساحت بخشی از حوزه آبخیز که پوشیده از گراس، چمنزار، چـراه‌گـاه و بـاغ (تاکسـتان) اسـت (ft) شـامل بـاغ و تاکسـتان، مراتـع کوهسـتانی و چمنـزار بـه درصد. مسـاحت بخشـی از حـوزه آبخیـز کـه پوشـیده از اراضی لخت، اراضی شـخم خـورده و خـاک¬هـای بـدون پوشش گراس است (fg) شامل خاک‌های لخـت و خـاک-های شخم خورده به درصد.

۴.۲.۲.۲. داده‌های هواشناسی

ارتفاع باران سیل‌آسا به متر (hb)، به منظـور محاسـبه بارش سیل آسـا، از داده‌هـای بـارش ۲۴ سـاعته ایسـتگاه هواشناسـی دشـت‌روم در حوضـه دشـت‌روم و ایسـتگاه هواشناسی سی‌سخت به فاصله ۵ کیلومتری از حوضه کره استفاده شد. به این منظور ابتدا بیشـترین میـزان رخـداد بارش در طول یک روز (بارش ۲۴ سـاعته) در هـر یـک از ماه‌های سال در طول دوره آماری را محاسبه کرده سـپس بیشترین مقدار برای هر کـدام از ۱۲ مـاه سـال را بـا هـم جمع زده و بر ۱۲ تقسیم کرده، مقدار بدست آمـده عـدد بارش سیل‌آسا خواهد بود. متوسط درجه حـرارت سـالانه به درجه سانتی‌گراد (t0) و متوسـط بارنـدگی سـالانه بـه میلی‌متر (H god).

پس از ورود داده‌ها بر اساس منابع استحراج داده‌ها که در بند ۲. ۲. ۲ تشریح شده و انجام پـردازش ورودی‌هـای فیزیکی - جغرافیایی و هیـدرولوژیکی، نتـایج بلافاصـله از برنامه دریافت شد. در جدول (۳) طبقات قدرت تخریـب و مقادیر ضریب Z در مدل IntErO نشان داده شده است.

جدول ۳. طبقات قدرت تخریب و مقادیر ضریب Z

قدرت تخریب	شدت فرایند فرسایش	نوع فرسایش غالب	Z	متوسط مقدار Z
		عمیق	۱/۵۱	
I	شدید	مخلوط	۱/۵-۱/۲۱	۱/۲۵
		سطحی	۱/۲ – ۱/۰۱	
		عمیق	۱ - ۰/۹۱	
II	قوی	مخلوط	۰/۹ -۰/۸۱	۰/۸۵
		سطحی	۰/۸ – ۰/۷۱	
		عمیق	۰/۷ – ۰/۶۱	
III	متوسط	مخلوط	۰/۶ – ۰/۵۱	۰/۵۵
		سطحی	۰/۵ – ۰/۴۱	
		عمیق	۰/۴ – ۰/۳۱	
IV	کم	مخلوط	۰/۳ – ۰/۲۵	۰/۳
		سطحی	۰/۲۴-۰/۲	
V	خیلی کم	علائم فرسایش	۰/۱۹ – ۰/۰۱	۰/۱

۳. نتایج

در ایـن تحقیـق از مـدل IntErO بـه منظـور بـرآورد فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیـز دشـت‌روم و کـره بـه ترتیـب در شهرسـتان‌هـای بویراحمـد و دنـا در اسـتان کهگیلویه و بویراحمد استفاده شده است کـه ابتـدا نحـوه تعیین تعدادی از پارامترهای ورودی مهم‌تر و در ادامه هم نتایج برآورد مدل در هر دو حوضه ارائه می‌شود.

۱.۱.۳. حوزه آبخیز دشت‌روم

میـزان اخـتلاف ارتفـاع در حـوزه آبخیـز دشـت‌روم از ۲۰۷۹ (پایین‌تـرین نقطـه ارتفـاعی) تـا ۲۷۸۳ (بـالاترین نقطه ارتفاعی) متـر از سـطح دریـا اسـت. در جـدول (۴) مساحت و درصد سازندهای زمین‌شناسی موجود در حوزه آبخیز دشت‌روم و کلاس نفوذپذیری آنها بـر اسـاس مـدل IntErO نشان داده شده است.

در جدول (۵) مساحت و درصـد طبقـات نفوذپـذیری خاک‌ها در حوزه آبخیز دشت‌روم نشان داده شده است.

جدول ۴. مساحت و درصد سازندهای زمین‌شناسی موجود در حوزه آبخیز دشت‌روم و کلاس نفوذپذیری آنها بر اساس مدل IntErO

ردیف	نوع سازند	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	کلاس نفوذپذیری
۱	آسماری	۹۰/۵۷	۵۸/۹۳	خیلی زیاد
۲	رازک	۲/۱۰	۱/۳۷	ضعیف
۳	سروک	۷/۶۱	۴/۹۵	متوسط
۴	نیریز	۰/۷۶	۰/۴۹	متوسط
۵	پابده	۱۳/۵۷	۸/۸۳	ضعیف
۶	گورپی	۳/۸۸	۲/۵۲	ضعیف
۷	گچساران	۰/۲۰	۰/۱۳	ضعیف
۸	پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های آبرفتی جدید	۲۶/۱۷	۱۷/۰۳	خیلی زیاد
۹	پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های آبرفتی قدیمی	۸/۸۲	۵/۷۴	خیلی زیاد
	مجموع	۱۵۳/۶۸	۱۰۰	

جدول ۵. مساحت و درصد طبقات نفوذیری خاک‌ها در حوزه آبخیز دشت‌روم

ردیف	طبقات نفوذپذیری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
۱	fo	۱۹/۶۹	۱۲/۸۱
۲	fp	۳۴/۹۸	۲۲/۷۶
۳	fpp	۹۹/۰۱	۶۴/۴۳
	کل	۱۵۳/۶۸	۱۰۰

با توجه به جدول (۵) مشخص می‌شود کـه بـه لحـاظ سنگ‌شناسی حـدود ۶۵ درصـد حـوزه آبخیـز دشـت‌روم دارای شـدت متوسـط نفوذپـذیری اسـت. در جـدول (۶) مساحت و درصـد کـاربری‌هـای موجـود در حـوزه آبخیـز دشت‌روم و و نحـوه تقسـیم‌بنـدی آنهـا بـر اسـاس مـدل IntErO نشان داده شده است.

۲.۱.۳. حوزه آبخیز کره

میزان اختلاف ارتفـاع در حـوزه آبخیـز کـره از ۱۵۱۶ (پـایین‌تـرین نقطـه ارتفـاعی) تـا ۴۳۶۱ (بـالاترین نقطـه ارتفاعی) متر از سطح دریا است. در جدول (۷) مساحت و درصد سازندهای زمین‌شناسی موجود در حوزه آبخیز کره و کلاس نفوذپذیری آنها بـر اسـاس مـدل IntErO نشـان داده شده است.

جدول ۶. مساحت و درصد کاربری‌های موجود در حوزه آبخیز دشت‌روم و نحوه تقسیم‌بندی آنها بر اساس مدل IntErO

ردیف	نوع کاربری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	نحوه تقسیم‌بندی
۱	باغ	۹/۸۲	۶/۳۹	Ft
۲	جنگل	۳۹/۶۸	۲۵/۸۲	Fs
۳	زراعت	۳۳/۸۴	۲۲/۰۲	Fg
۴	صخره	۰/۷۴	۰/۴۸	Fg
۵	مرتع	۵۲/۴۴	۳۴/۱۲	Ft
۶	مرتع مشجر	۱۷/۱۶	۱۱/۱۷	Fs
	مجموع	۱۵۳/۶۸	۱۰۰	

جدول ۷. مساحت و درصد سازندهای زمین‌شناسی موجود در حوزه آبخیز کره و کلاس نفوذپذیری آنها بر اساس مدل IntErO

ردیف	نوع سازند	مساحت (کیاومتر مربع)	درصد مساحت	کلاس نفوذپذیری
۱	آسماری	۰/۶۹	۰/۶۹	خیلی زیاد
۲	آسماری – جهرم	۶/۱۱	۶/۰۹	متوسط
۳	بختیاری	۲۴/۲۵	۲۴/۱۸	متوسط
۴	داریان	۰/۷۰	۰/۷۰	متوسط
۵	فهلیان – سورمه	۲۳/۵۳	۲۳/۴۶	خیلی زیاد
۶	گورپی	۱/۷۵	۱/۷۴	ضعیف
۷	گدوان	۳/۷۴	۳/۷۳	متوسط
۸	خانه‌کت	۲/۳۷	۲/۳۶	خیلی زیاد
۹	لالون	۳/۵۰	۳/۴۹	ضعیف
۱۰	میلا	۴/۲۱	۴/۲۰	متوسط
۱۱	نهشته‌های پالئوزوئیک	۰/۴۳	۰/۴۳	متوسط
۱۲	طبقات کنگلومرا، مارن، سیلت و ماسه چین خورده	۱/۵۸	۱/۵۸	ضعیف
۱۳	واریزه دامنه ارتفاعات	۳/۸۲	۳/۸۱	خیلی زیاد
۱۴	پادگانه‌ها و مخوط افکنه‌های آبرفتی قدیمی	۴/۸۱	۴/۸۰	خیلی زیاد
۱۵	رازک	۱۶/۹۹	۱۶/۹۴	ضعیف
۱۶	سروک	۱/۸۱	۱/۸۰	متوسط
	مجموع	۱۰۰/۲۹	۱۰۰	

در جدول (۸) مساحت و درصد طبقات نفوذپذیری خاک‌ها در حوزه آبخیز کره نشان داده شده است.

در جدول (۹) مساحت و درصد کاربری‌های موجود در حوزه آبخیز کره و و نحوه تقسیم‌بندی آنها بر اساس مدل IntErO نشان داده شده است.

جدول ۸. مساحت و درصد طبقات نفوذیری خاک‌ها در حوزه آبخیز کره

ردیف	طبقات نفوذپذیری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
۱	fo	۲۳/۸۴	۲۳/۷۷
۲	fp	۳۱/۵۳	۳۱/۴۴
۳	fpp	۴۴/۹۲	۴۴/۷۹
	کل	۱۰۰/۲۹	۱۰۰

جدول ۹. مساحت و درصد کاربری‌های موجود در حوزه آبخیز کره و و نحوه تقسیم‌بندی آنها بر اساس مدل IntErO

ردیف	نوع کاربری	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	نحوه تقسیم‌بندی
۱	اراضی زراعی	۶/۲۰	۶/۱۸	Fg
۲	باغ	۰/۸۲	۰/۸۲	Ft
۳	جنگل	۶۱/۰۳	۶۰/۸۵	Fs
۴	صخره	۴/۵۸	۴/۵۷	Fg
۵	مخلوط مرتع و بیشه زار	۱۵/۹۷	۱۵/۹۲	Fs
۶	مخلوط مرتع و جنگل	۴/۹۰	۴/۸۹	Fs
۷	مرتع	۶/۵۳	۶/۵۱	Ft
۸	مسکونی	۰/۲۶	۰/۲۶	Fg
	مجموع	۱۰۰/۲۹	۱۰۰	

۳.۱.۳. متغیرهای ورودی (Inputs) و نتایج خروجی (Outputs) مدل IntErO در حوزه‌های آبخیز دشت-روم و کره

بعد از تهیه نقشه‌های اولیه و محاسبات لازم در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، پارامترهای ورودی به مدل IntErO در حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه تهیه شد که در جدول (۱۰) نشان داده شده‌اند.

جدول ۱۰. پارامترهای ورودی در مدل IntErO در حوزه‌های آبخیز دشت‌روم و کره

پارامتر	واحد	علامت اختصاری	مقدار	
			دشت‌روم	کره
مساحت حوزه آبخیز	کیلومتر مربع	F	۱۵۳/۶۸	۱۰۰/۲۹
محیط حوزه آبخیز	کیلومتر	O	۷۰/۳۸	۵۷/۴۰
طول طبیعی آبراهه اصلی	کیلومتر	Lv	۲۸/۶۰	۲۱/۷۲
طویل‌ترین طول حوضه همراستا با آبراهه اصلی	کیلومتر	Lb	۲۶/۲۴	۲۰/۲۷
مساحت بخش بزرگ‌تر حوزه آبخیز	کیلومتر مربع	Fv	۷۷/۲۷	۷۵/۶۶
مساحت بخش کوچک‌تر حوزه آبخیز	کیلومتر مربع	Fm	۷۶/۴۱	۲۴/۶۳
مجموع طول آبراهه اصلی و آبراهه‌های فرعی رتبه ۱ و ۲	کیلومتر	Σ L	۳۵۶/۶۳	۴۴۶/۱۷
ارتفاع اولین منحنی میزان	متر	h0	۲۱۰۰	۱۶۰۰

ادامه جدول ۱۰

پارامتر	واحد	علامت اختصاری	مقدار	
			دشت‌روم	کره
اختلاف ارتفاع بین منحنی‌های میزان	متر	Δh	۱۰۰	۱۰۰
طول منحنی میزان	کیلومتر	Liz	۴۵۸/۸۳	۴۸۹/۰۹
پایین‌ترین نقطه ارتفاعی در حوزه آبخیز	متر	Hmin	۲۰۷۹	۱۵۱۶
بالاترین نقطه ارتفاعی در حوزه آبخیز	متر	Hmax	۲۷۸۳	۴۳۶۱
مساحت بخشی از حوزه آبخیز که دارای سنگ‌های با نفوذپذیری خیلی زیاد است	کیلومتر مربع	fp	۳۴/۹۸	۳۱/۵۲
مساحت بخشی از حوزه آبخیز که دارای سنگ‌های با نفوذپذیری متوسط است	کیلومتر مربع	fpp	۹۹/۰۱	۴۴/۹۴
مساحت بخشی از حوزه آبخیز که دارای سنگ‌های با نفوذپذیری ضعیف است	کیلومتر مربع	fo	۱۹/۶۹	۲۳/۸۳
مساحت بخشی از حوزه آبخیز که پوشیده از جنگل است	کیلومتر مربع	fs	۵۶/۸۴	۸۱/۸۹
مساحت بخشی از حوزه آبخیز که پوشیده از گراس، چمنزار، چراه‌گاه و باغ (تاکستان) است	کیلومتر مربع	ft	۶۲/۲۷	۷/۳۵
مساحت بخشی از حوزه آبخیز که پوشیده از اراضی لخت، اراضی شخم خورده و خاک‌های بدون پوشش است	کیلومتر مربع	Fg	۳۴/۵۸	۱۱/۰۵
کوتاه‌ترین فاصله بین شروع و انتهای حوزه آبخیز	کیلومتر	Lm	۲۰/۲۲	۱۶/۹۳
ارتفاع باران سیل‌آسا	میلی‌متر	hb	۷۹/۷۹	۵۷/۸۳
متوسط درجه حرارت سالانه	درجه سانتی‌گراد	t	۱۲/۱	۱۳/۲
متوسط بارندگی سالانه	میلی‌متر	Hgod	۹۷۰	۷۴۳/۴
ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش	بی‌بعد	Y	۰/۹۴	۱/۵
ضریب استفاده از زمین	بی‌بعد	Xa	۰/۵۳	۰/۳۰
ضریب وضعیت فعلی فرسایش خاک	بی‌بعد	φ	۰/۱۳	۰/۱۹

بعد از ورود پارامترها به مدل، مدل اجرا شد که در جدول (۱۱) نتایج خروجی مدل IntErO در حوزه‌های آبخیز دشت‌روم و کره نشان داده شده است.

جدول ۱۱. نتایج خروجی مدل IntErO در حوزه‌های آبخیز دشت‌روم و کره

پارامتر	واحد	علامت	مقدار	
			دشت‌روم	کره
ضریب شکل حوزه آبخیز	-	A	۰/۴۸	۰/۵۲
ضریب تکامل حوزه آبخیز	-	m	۰/۶۵	۰/۶۱
عرض میانگین حوزه آبخیز	کیلومتر	B	۵/۸۶	۴/۹۵
تقارن حوزه آبخیز	-	a	۰/۰۱	۱/۰۲
تراکم شبکه زهکشی حوزه آبخیز	کیلومتر بر کیلومتر مربع	G	۲/۳۲	۴/۴۵
ضریب سینوسی جریان	-	K	۱/۴۱	۱/۲۸
ارتفاع متوسط حوزه آبخیز	متر	Hsr	۲۲۸۰/۵۲	۲۵۵۶/۹۷
متوسط اختلاف ارتفاع حوزه آبخیز	متر	D	۲۰۱/۵۲	۱۰۴۰/۹۷
شیب متوسط حوزه آبخیز	درصد	Isr	۲۹/۸۶	۴۸/۷۷
ارتفاع سطح اساس محلی فرسایش حوزه آبخیز	متر	Hleb	۷۰۴	۲۸۴۵
ضریب انرژی فرسایش پستی و بلندی حوزه آبخیر	-	Er	۶۳/۶۵	۲۸۶/۱۷

ادامه جدول ۱۱

پارامتر	واحد	علامت	مقدار	
			دشت‌روم	کره
ضریب نفوذپذیری	-	S1	۰/۶۷	۰/۶۸
ضریب پوشش گیاهی	-	S2	۰/۷۷	۰/۶۶
ضریب عددی نگه داشت جریان آب وروردی	متر	w	۰/۹۳	۰/۷۱
انرژی پتانیسیل جریان آب در طی باران سیل آسا	متر کیلومتر ثانیه	$(2Gdf)^{0.5}$	۷۷۹/۵۱	۱۴۳۱/۱۹
حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز	متر مکعب بر ثانیه	Qmax	۱۷۹/۲۰	۲۳۵/۰۲
ضریب درجه حرارت	-	T	۱/۱۴	۱/۱۹
ضریب فرسایش خاک حوزه آبخیز	-	Z	۰/۳۳۸	۰/۴۰۳
مقدار فرسایش در داخل حوزه آبخیز	متر مکعب بر سال	Wgod	۱۰۵۱۶۶/۲۲	۷۱۴۰۲/۵۸
نسبت تحویل رسوب	-	Ru	۰/۱۹۵	۰/۴۸۷
تولید رسوب	متر مکعب بر سال	Ggod	۲۰۵۲۱/۳۲	۳۴۸۰۰/۴۶
تولید رسوب ویژه	متر مکعب بر کیلومتر مربع بر سال	Ggod/Km2	۱۳۳/۵۳	۳۴۷

در جدول (۱۲) قدرت تخریب و شدت فرایند فرسایش بر اساس نتایج مدل IntEro در حوزه آبخیز دشت‌روم و کره نشان داده شده است.

جدول ۱۲. قدرت تخریب و شدت فرایند فرسایش در حوزه آبخیز دشت‌روم و کره

ردیف	پارامتر	حوزه آبخیز دشت روم	حوزه آبخیز کره
۱	ضریب فرسایش خاک (Z)	۰/۳۳۸	۰/۴۰۳
۲	تولید رسوب (متر مکعب بر کیلومتر مربع بر سال)	۱۳۳/۵۳	۳۴۷
۳	قدرت تخریب	IV	III
۴	شدت فرایند فرسایش	کم	متوسط
۵	نوع فرسایش غالب	عمیق	سطحی

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش از مدل IntErO به منظور برآورد فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز دشت‌روم و کره به ترتیب در شهرستان‌های بویراحمد و دنا استفاده شده است. در این فصل بحث نتایج حاصله و نتیجه‌گیری کلی در هر یک از حوضه‌های مورد بررسی ارائه خواهد شد.

حوزه آبخیز دشت‌روم با مساحت ۱۵۳/۶۸ کیلومتر مربع در جنوب شهر یاسوج و در مسیر جاده یاسوج به بابامیدان واقع شده است. کمترین و بیشترین نقطه ارتفاعی در حوزه آبخیز دشت‌روم ۷۰۴ اختلاف دارند. متوسط بارندگی و درجه حرارت سالانه در این حوزه به ترتیب ۹۷۰ میلی‌متر و ۱۲/۱ درجه سانتی‌گراد است. به طور کلی به لحاظ سنگ‌شناسی حوزه آبخیز دشت روم تنوع زیادی ندارد به طوری که حدود ۶۰ درصد از حوضه از سازند آهک آسماری و حدود ۲۵ درصد از پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های آبرفتی تشکیل شده است. حدود ۳۰ درصد از حوزه آبخیز دشت‌روم به کاربری زراعت و باغ اختصاص دارد.

حوزه آبخیز کره با مساحت ۱۰۰/۲۹ کیلومتر مربع شمال غرب شهر سی‌سخت و در مسیر جاده یاسوج - اصفهان واقع شده است. کمترین و بیشترین نقطه ارتفاعی در حوزه آبخیز دشت‌روم ۲۸۴۵ اختلاف دارند. متوسط بارندگی و درجه حرارت سالانه در این حوضه به ترتیب ۷۴۳/۴ میلی‌متر و ۱۳/۴ درجه سانتی‌گراد است. حوزه آبخیز کره نسبت به حوزه آبخیز دشت‌روم به لحاظ سنگ‌شناسی متنوع‌تر است. به جز سازندهای بختیاری و فهلیان که هر کدام حدوداً ۲۴ درصد از مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند، بقیه سازندها به لحاظ درصد تشکیل دهنده تقریباً مشابه هستند. حدود ۶۰ درصد از حوزه آبخیز کره به کاربری جنگل اختصاص دارد.

در حوزه‌های آبخیز دشت‌روم و کره ضریب شکل حوزه آبخیز به ترتیب ۰/۴۸ و ۰/۵۲ است. ضریب شکل بزرگ‌تر نشان دهنده یک حوزه آبخیز بادبزنی شکل است، در حالی که ضریب شکل کوچک‌تر نشان دهنده یک حوزه کشیده‌تر است. در حوزه‌های کشیده‌تر به دلیل طول جریان بلندتر ذخیره کانالی و اتلاف جریان سیل بیشتری اتفاق می‌افتد و جریان خروجی از حوضه و در نتیجه میزان تولید رسوب کمتر است. بنابراین با مشابه در نظر گرفتن سایر پارامترها در دو حوزه آبخیز مورد بررسی، بر اساس این پارامتر میزان جریان خروجی و در نتیجه تولید رسوب در حوزه آبخیز دشت‌روم کمتر است. در حوزه‌های آبخیز دشت‌روم و کره ضریب تکامل حوزه آبخیز به ترتیب ۰/۶۵ و ۰/۶۱ است که ضریب تکامل بیشتر، به معنی نسبت محیط به مساحت بیشتر حوزه آبخیز و در نتیجه کشیدگی بیشتر حوزه آبخیز است که مشابه با ضریب شکل حوضه، بر اساس این پارامتر نیز و البته با مشابه در نظر گرفتن سایر پارامترها، در حوزه آبخیز دشت‌روم جریان خروجی از حوضه و در نتیجه تولید رسوب کمتر است. یکی از پارامترهایی که می‌تواند به عنوان شاخصی از فرسایش خاک مطرح باشد، تراکم زهکشی است که طول کلی آبراهه‌ها در واحد سطح حوزه آبخیز می‌باشد و به عواملی از قبیل جنس سنگ، نفوذپذیری، پوشش گیاهی و طول شاخه‌ها در آبراهه بستگی دارد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مقدار تراکم زهکشی در حوزه‌های آبخیز دشت‌روم و کره به ترتیب ۲/۲۳ و ۴/۴۵ کیلومتر بر کیلومتر مربع است و لذا با توجه به این شاخص مقدار فرسایش در حوزه آبخیز کره باید بیشتر از حوزه آبخیز دشت‌روم باشد، چرا که در حوضه‌هایی که تراکم زهکشی بیشتر است عکس‌العمل حوضه در برابر بارندگی نیز سریع‌تر بوده و جریان‌های سطحی با سرعت بیشتری تشکیل می‌شوند و لذا سیلاب بیشتری را به دنبال خواهند داشت که متعاقب آن فرسایش خاک بیشتری حاصل خواهد شد. شیب حوزه‌های آبخیز اثر بسیار زیادی بسیاز زیادی بر واکنش هیدرولوژیک حوضه-ها دارد. به عنوان مثال سرعت جریان‌های سطحی به طور مستقیم به شیب بستگی دارد. افزایش سرعت آب، نیروی جنبشی آب و در نتیجه قدرت تخریب و حمل رسوب را افزایش می‌هد. همچنین میزان نفوذ آب در خاک با تغییرات شیب کاهش یا افزایش می‌یابد، در نتیجه حجم سیلاب و جریان‌های سطحی مستقیماً به شیب حوضه بستگی دارد. شیب متوسط حوزه آبخیز در حوزه‌های دشت‌روم و کره به ترتیب ۳۰ و ۴۹ درصد است و از این لحاظ به نظر میاد که حوضه کره باید میزان جریان خروجی و در نتیجه فرسایش و تولید رسوب بیشتری داشته باشد. نتایج تحقیق نشان داد که ضریب انرژی فرسایش پستی و بلندی و انرژی پتانسیل جریان آب در طی باران سیل‌آسا در حوضه کره ۴/۵ و ۱/۸ برابر حوضه دشت‌روم است که این موضوع ناشی از اختلاف ارتفاع بیشتر پستی و بلندی‌ها در حوزه آبخیز کره است. حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز کره و دشت‌روم به ترتیب ۲۳۵ و ۱۷۹ متر مکعب بر ثانیه است. به عبارتی دیگر، میزان تولید رواناب در حوضه کره تقریباً ۱/۳ برابر جریان خروجی از حوضه دشت‌روم است. از سطح حوزه آبخیز دشت‌روم و کره در هر سال به ترتیب ۱۰۵۱۶۶/۲۲ و ۷۱۴۰۲/۵۸ مترمکعب خاک فرسایش پیدا می‌کند اما توجه به نسب تحویل رسوب ۰/۱۹۵ در حوضه دشت‌روم

و ۰/۴۸۷ در حوضه کره، میزان خاک فرسایش یافته انتقالی به خروجی حوضه‌ها (تولید رسوب) به ترتیب ۲۰۵۲۱/۳۲ و ۳۴۸۰۰/۴۶ متر مکعب است، به عبارتی دیگر در حوضه دشت روم حدود یک پنجم و در حوضه کره حدود یک دوم یا نصف خاک‌های فرسایش یافته در سطح حوضه به خروجی حوضه منتقل می‌شود. فاکتورهای مؤثر بر نسبت تحویل رسوب شامل کاربری اراضی، پوشش گیاهی، دبی رواناب، اندازه رسوبات، تراکم شبکه زهکشی، پستی و بلندی، مساحت حوزه آبخیز و غیره است. هنگام کمی کردن تأثیر اقدامات حفاظتی نیازاست که نسبت تحویل رسوب یا مقدار خاک‌های فرسایش یافته از اراضی که به خروجی حوضه منتقل می‌شوند، بررسی شود. تحویل رسوب بستگی به عوامل زیادی دارد اما اغلب با استفاده از عامل مساحت و توابع ساده، تحویل رسوب برآورد می‌شود. این فرمول‌ها این موضوع را منعکس می‌کنند که در تعداد زیادی از حوزه‌های آبخیز، اما نه همه آنها، با افزایش مساحت حوزه آبخیز، کاهش شیب و افزایش فرصت تله‌اندازی رسوب، تولید رسوب کاهش پیدا می‌کند. نتایج تحقیق نشان داد که ضریب شدت فرسایش در حوضه دشت‌روم ۰/۳۳۸ و در نتیجه بر اساس درجات شدت فرسایش مدل IntErO، شدت فرایند فرسایش در این حوضه کم و فرسایش غالب منطقه هم از نوع عمیق است. ضریب شدت فرسایش در حوضه کره نیز ۰/۴۰۳ و در نتیجه بر اساس درجات شدت فرسایش مدل IntErO، شدت فرایند فرسایش در این حوضه متوسط و فرسایش غالب منطقه هم از نوع سطحی است. میزان تولید رسوب در واحد سطح در حوضه دشت-روم ۱۳۳/۵۳ و در حوضه کره ۳۴۷ مترمعکب در سال است. فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز حاصل اثر متقابل پارامترهای فیزیوگرافی، سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی و اقلیم است. به عبارتی دیگر برای اظهار نظر در مورد میزان فرسایش خاک و تولید رسوب یک حوزه آبخیز صرفاً نباید به تحلیل و بررسی جداگانه رابطه هر کدام از این پارامترها و فرسایش خاک و تولید رسوب پرداخت بلکه باید اثر متقابل همه این پارامترها را نظر گرفت. نسبت تحویل رسوب تقریباً ۲۰ درصدی باعث شد که فقط یک پنجم خاک‌های فرسایش یافته در سطح حوزه آبخیز دشت‌روم به خروجی آن منتقل شوند اما نسبت تحویل رسوب ۵۰ درصدی در حوزه آبخیز کره باعث شد که نصف خاک‌های فرسایش یافته به خروجی آن متقل شود، به عبارتی دیگر، حوضه دشت‌روم با وجود مساحت بیشتر و فرسایش خاک بیشتر، به دلیل نسبت تحویل رسوب کمتر، میزان تولید رسوب آن در مقایسه با حوضه کره بسیار کمتر بوده است.

References

[1] Behzadfar, M., Tazioli, A., Vukelic-Shutoska, M., Simunic, I., and Spalevic, V., 2014. Calculation of sediment yield in the S1-1 Watershed, Shirindareh Watershed, Iran. *Agriculture and Forestry* 60 (4), 207-216.

[2] Gavrilovic, S., 1972. Inzenjering o bujicnim tokovima i eroziji. Izgradnja. Beograd.

[3] Khaledi Darvishan, A., Behzadfar, M., Spalevic, V., and Kalonde, P., 2017. Calculation of sediment yield in the S2-1 watershed of the Shirindareh river basin, Iran. *Agriculture and Forestry* 63 (3), 23-32.

[4] Nearing, M.A., Jetten, V., Baffaut, C., Cerdan, O., Couturier, A., Hernandez, M., Le Bissonnais, Y. Nichols, M.H. Nunes, J.P. Renschler, C.S. Souche're, V. and van Oost, K., 2005. Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover. *Catena* 61, 131-154.

[5] Ouallali, A., Spalevic, V., Aassoumi, H., Moukhchane, M., and Berradm, F., 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.*

[6] Saha, S.K., 2003. Water and Wind Induced Soil Erosion Assessment and Monitoring Using Remote Sensing and GIS. *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*, 315-330.

[7] Spalevic, V., 2011. Impact of land use on runoff and soil erosion in Polimlje. Doctoral thesis,

[8] Spalevic, V., Curovic, M., Borota, D., and Fuštić, B., 2008. Soil erosion in the River Basin Željeznica, area of Bar, Montenegro. *Agriculture and Forestry* 54 (1-4), 5-24.

[9] Spalevic, V., Curovic, M., Tanaskovic, V., and Djurovic, N., 2014. Application of the Intero Model for the Assesment of the Soil Erosion Intensity and Runoff of the River Basin Dragovo Vrelo, Montenegro. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special* 1.

[10] Spalevic, V., Dlabac, A., Jovovic, Z., Rakocevic J., Radunovic, M., Spalevic, B., and Fuštic, B., 1999. The Area and distance Measuring Program. *Acta Agriculture Serbica* 4(8), 63-71.

[11] Spalevic, V., Dlabac, A., Spalevic, B., Fuštic, B., and Popovic, V., 2000. Application of Computer-Graphic Methods in Studying the Discharge and Soil Erosion Intensity - I Programme "Drainage Basins". *Agriculture and Forestry* 46(1-2), 19-36.