



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

پژوهش‌های آب‌نخرداری

شاپا: ۲۰۳۸-۲۹۸۱



مؤسسه تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

تأثیر اقدام‌های آبخیزداری بر متغیرهای آب‌شناختی با استفاده از مدل SWAT در آبخیز کن

محمدحسین قویمی پناه^۱، لیلا غلامی^{۲*}، عطااله کاویان^۳، سیدحمیدرضا صادقی^۴

- ۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ۲- دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ۳- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ۴- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکیده‌ی مبسوط

مقدمه و هدف

در کشور اجرای اقدام‌های آبخیزداری، ارزیابی و بررسی تأثیرات فعالیت‌های انجام‌شده‌ی این طرح‌ها بر فرآیندهای حاکم بر آبخیز، ضروری است. حال آن که اساساً ارزیابی عملکرد اقدام‌های آبخیزداری به اندازه‌ی کافی در کشور انجام نشده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان تهران در آبخیز کن با هدف شبیه‌سازی تأثیر اقدام‌های آبخیزداری بر متغیرهای آب‌شناختی، با استفاده از مدل SWAT انجام شد. از این رو، ابتدا اجرای اولیه مدل انجام شد و سپس واسنجی و اعتبارسنجی شد. در این پژوهش برای بهره‌گیری از دستورالعمل‌ها و توابع گوناگون هدف و نیز برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل از نرم‌افزار SWAT-CUP استفاده شد. به‌منظور تعیین و مقایسه‌ی شرایط شبیه‌سازی با شرایط حاکم بر آبخیز از معیارهای ارزیابی مانند ضریب تبیین و ضریب کارآیی استفاده شد.

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: l.gholami@sanru.ac.ir

استاد: قویمی پناه، م.ح.، غلامی، ل.، کاویان، ع.، صادقی، س.ح.ر. ۱۴۰۳. تأثیر اقدام‌های آبخیزداری بر متغیرهای آب‌شناختی با استفاده از مدل SWAT در آبخیز کن. پژوهش‌های آبخیزداری، ۳۷ (۲): ۹۳-۱۰۹.

شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/wmrj.2023.362356.1542

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۲۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰، تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۱

پژوهش‌های آبخیزداری، سال ۱۴۰۳، دوره‌ی ۳۷، شماره ۲، شماره‌ی پیاپی ۱۴۳، تابستان ۱۴۰۳، صفحه‌های ۹۳ تا ۱۰۹.

©نویسندگان

ناشر: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس



نتایج و بحث

نتایج پژوهش نشان داد که کارایی مدل SWAT برای شبیه‌سازی آب‌شناختی آبخیز مطالعه‌شده قابل قبول بود. بنابراین مقدار ضریب تبیین در مرحله‌ی واسنجی و اعتبارسنجی به ترتیب ۰/۶۹ و ۰/۸۶ بود. همچنین، مقدار شاخص نش-ساتکلیف در مرحله‌ی واسنجی و اعتبارسنجی به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۹۳ به دست آمد. سپس اقدام‌های آبخیزداری در سطح آبخیز مطالعه‌شده شبیه‌سازی شد. نتایج این شبیه‌سازی نشان داد که رواناب سطحی در عملیات آبخیزداری به شکل بند توری سنگی، سنگی ملاتی، بانکت‌بندی و خشکه‌چین به ترتیب ۰/۲۵، ۰/۲۳ و ۰/۲۱ و ۱۱٪ کاهش یافت. همچنین، اندازه‌ی آب در دسترس در عملیات آبخیزداری به شکل بند توری سنگی، سنگی ملاتی، بانکت‌بندی و خشکه‌چین به ترتیب در مقایسه با شرایط اجرا نشدن این عملیات‌ها در سطح آبخیز ۱۹، ۲۱/۳، ۲۰/۵ و ۱۰/۷۵٪ بیشتر بود. بیش‌ترین اندازه‌ی تغییر جریان جانبی نیز در شرایط اجرای عملیات سنگی ملاتی بود. همچنین اندازه‌ی تبخیر و تفرق با اجرای عملیات آبخیزداری بند توری سنگی، سنگی ملاتی، بانکت‌بندی و خشکه‌چین به ترتیب ۲۰/۱۹، ۲۰/۸۶، ۱۹ و ۱۰/۸۷٪ افزایش یافت.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

بر پایه‌ی نتایج این پژوهش در آبخیز کن می‌توان با اجرای اقدام‌های آبخیزداری مزبور، برنامه‌های مدیریتی و زیستی احتمال رخداد سیل و خسارت‌های ناشی از آن را تا حد زیادی کاهش داد.

واژگان کلیدی: اقدام‌های آبخیزداری، شبیه‌سازی آب‌شناختی، فرسایش خاک، مدل مفهومی ارزیابی آب و خاک، مدل آب-شناختی

مقدمه

آب یک امر پیچیده، زمان‌بر و پرهزینه است. از این رو، استفاده از مدل‌ها برای شبیه‌سازی و ارزیابی اثربخشی اقدام‌های آبخیزداری یکی از راه‌کارهای کم‌هزینه و سریع است. مدل مفهومی ارزیابی آب و خاک (SWAT)^۱ یکی از انواع این مدل‌ها است که یک مدل آب‌شناختی نیمه توزیعی برای شبیه‌سازی پیوسته‌ی فرآیندهای گوناگون آب‌شناختی است (آرنولد و همکاران ۱۹۹۸). در این راستا، می‌توان به پژوهش‌های گوناگون فورابا ۲۰۱۵؛ ژانگ و همکاران ۲۰۲۰؛ متیبا و آسانو ۲۰۲۲؛ ابوهی و همکاران ۲۰۲۳؛ آنتنه و همکاران ۲۰۲۳، اشاره کرد. این پژوهشگران کارایی مدل SWAT در برآورد رواناب تحت شرایط تغییرات آبخیز بررسی کردند و تأیید کردند که کارایی این مدل زیاد بود. در هفت زیرآبخیز کشور سوئد بکاریس و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از مدل SWAT نشان دادند که شبیه‌سازی رواناب سطحی با استفاده از گام‌های زمانی ماهانه در مقایسه با گام‌های زمانی روزانه دقت بیش‌تری داشت. وانگ و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی تأثیر تغییر کاربری زمین بر رواناب سطحی با استفاده از مدل SWAT نشان دادند که تغییر کاربری زمین از مرتع به جنگل سبب افزایش رواناب سطحی شد. در آبخیزی در شمال شرق سوئیس عباسپور و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که برای شبیه‌سازی و تحلیل سناریوهای

در مطالعات محیطی، آب به عنوان مهم‌ترین عامل در برنامه‌ریزی مدیریت صحیح بهره‌وری از زمین‌ها مطرح است. در این باره، کمیت آب، اندازه‌های حد، رژیم جریان و اندازه‌ی آب در دوره بازگشت‌های گوناگون مطالعه شده‌اند (سانچز و همکاران ۲۰۱۵؛ ژینگ و همکاران ۲۰۱۷). امروزه عقیده بر این است که فرسایش خاک ناشی از رواناب‌های سطحی یکی از عامل‌های اصلی و مهم تغییر سیمای زمین، نابودی منابع محیط‌زیستی و محدودکننده‌ی مواد غذایی و آب در جهان است (اولدماریان و همکاران ۲۰۱۸). این عامل‌ها و خسارت‌های محسوس و نامحسوس ناشی از نابودی منابع طبیعی بر اثر فرسایش سبب شده، به اقدام‌های آبخیزداری به عنوان یکی از راهکارهای مؤثر مدیریت کمی و کیفی منابع آب و خاک در آبخیز توجه بیش‌تری شود (نیوکلاس و همکاران ۲۰۱۹). این اقدام‌ها که به روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم‌بندی می‌شوند، با توجه به نوع و محل اجرا منجر به کاهش مشکلات ناشی از رواناب سطحی و سیلاب‌ها می‌شوند. با توجه به پیشینه‌ی طولانی اجرای اقدام‌های حفاظت خاک و آب در کشور، ارزیابی و بررسی تأثیرات فعالیت‌های انجام‌شده‌ی این طرح‌ها بر فرآیندهای حاکم بر آبخیز، ضروری است. این در حالی است که ارزیابی اثربخشی اقدام‌های حفاظت خاک و

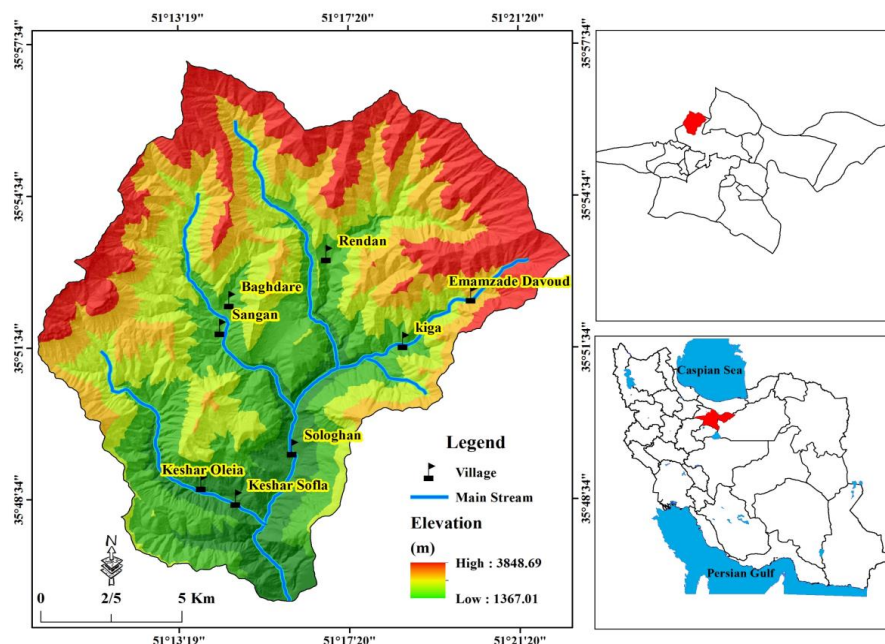
تعیین کردند. نتایج این پژوهش نشان داد از کل جریان سطحی ایجادشده ۵۴٪ رواناب سطحی، ۳۰٪ نفوذ عمیق و بقیه‌ی آن سبب تغییرات و ذخیره‌ی رطوبت در خاک شد. در استان مازندران زارعی قورخودی و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر آب‌بندان‌ها بر دو متغیر رواناب و رسوب با استفاده از مدل SWAT در آبخیز رود تجن را ارزیابی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که سازه‌های اجرا شده اندازه‌های رواناب و رسوب را به ترتیب ۱۷ و ۲۷٪ کاهش دادند. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت تاکنون پژوهشی در زمینه‌ی ارزیابی تأثیر اقدام‌های آبخیزداری بر فرآیند آب‌شناختی کن انجام‌نشده است. هم‌چنین با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، استفاده از مدل SWAT برای شبیه‌سازی اقدام‌های آبخیزداری در آبخیزها می‌تواند روش مؤثر و کم هزینه‌ای برای ارزیابی تأثیر اقدام‌های آبخیزداری بر فرآیند آب‌شناختی آبخیزها باشد. بر این اساس در این پژوهش تأثیر اقدام‌های آبخیزداری در آبخیز کن شبیه‌سازی شد و با استفاده از مدل SWAT تأثیر این اقدام‌ها بر متغیرهای آب‌شناختی آبخیز مزبور ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه‌ی مطالعه‌شده

آبخیز کن با مساحت ۲۰۵۷۱ هکتار است که از جنوب به شهر تهران، از شرق به آبخیز درکه، از شمال به آبخیز جاجرود و از غرب به آبخیز رود کرج ارتباط دارد. موقعیت این آبخیز نسبت به کشور و استان تهران در شکل ۱ نشان‌داده شده است.

مدیریتی مدل SWAT کارایی زیادی داشت. در آبخیز فیروزآباد استان فارس دولت‌آبادی و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از SWAT شدت جریان رود را شبیه‌سازی کردند. بر پایه‌ی نتایج این پژوهشگران یکی از دلایل‌های ضعف مدل استفاده از رابطه‌ی SCS برای برآورد جریان بود و این موضوع سبب شد مدل در برآورد رواناب ناشی از ذوب برف کارایی زیادی نداشته باشد. در پژوهشی احمدآبادی و همکاران (۲۰۱۷) از مدل SWAT برای شبیه‌سازی عملیات آبخیزداری ارس استفاده کردند. بر پایه‌ی یافته‌های این پژوهشگران اجرای عملیات آبخیزداری رسوب ویژه‌ی آبخیز را به اندازه‌ی ۱۹ تن در هکتار کاهش داد. در ایرلند در فرآیند آب‌شناختی آبخیز رود دودر در جنوب دوبلین، باسو و همکاران (۲۰۲۲) اهمیت تغییر پوشش زمین را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که در شبیه‌سازی فرآیند آب‌شناختی در منطقه‌ی بررسی شده مدل دقت زیاد بود. در هند سینگ و همکاران (۲۰۲۳) اثرات کاربری زمین و تغییرات پستی‌بلندی بر رواناب سطحی در آبخیز جامونیا در جارکند را شبیه‌سازی کردند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده‌ی افزایش قابل توجهی در رواناب سطحی در دوره‌ی شبیه‌سازی بود. گلزاری و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی اقدام‌های آبخیزداری و کارایی مدل SWAT در شبیه‌سازی رواناب دریافتند که اجرای عملیات بندهای اصلاحی، خطوط تراز و مالچ‌پاشی در کل آبخیز، رواناب سطحی را به اندازه‌ی ۶/۰۳٪ کاهش داد. در پژوهشی مه‌ری و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از مدل SWAT رواناب در بالادست سد قشلاق را شبیه‌سازی و مؤلفه‌ها را



شکل ۱- موقعیت آبخیز کن در ایران و استان تهران.

Figure 1- General view of Kan Watershed, Tehran Province, Iran.

داده‌های پژوهش

در این پژوهش به منظور بررسی بلندی منطقه خطوط منحنی تراز در نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ رقومی وارد سامانه‌ی GIS شد. سپس مدل رقومی ارتفاع محدوده با پیکسل‌های ۱۰×۱۰ متر تهیه شد. هم‌چنین نقشه‌ی کاربری زمین‌های آبخیز با استفاده از نقشه‌های سازمان نقشه‌برداری کشور با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ به شکل اولیه تهیه شد. سپس با استفاده از تصویرهای ماهواره‌ای گوگل ارث (Maxar) و مشاهده‌های میدانی از آبخیز، نقشه‌ی نهایی کاربری زمین‌ها با دقت زیاد تدقیق و تهیه شد. در این پژوهش برای اجرای مدل SWAT و تهیه‌ی گروه

آب‌شناختی خاک بر اساس ضریب آلبیدو (با استفاده از نقشه‌های خاک فائو و درصد مواد آلی موجود در خاک، درصد سیلت، درصد رس، درصد شن، بافت خاک، درصد تخلخل، ضریب هدایت آبی) از گزارش تفصیلی اجرایی آبخیز کن استفاده شد (محمدی و همکاران ۲۰۱۷). در این پژوهش برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی آبخیز از داده‌های روزانه‌ی بارش و دمای کمینه و بیشینه‌ی سال (۲۰۱۸-۱۹۹۸) در ایستگاه همدید چیتگر و شمال غرب تهران استفاده شد. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی استفاده‌شده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- اطلاعات ایستگاه هواشناسی منطقه‌ی مطالعه‌شده.

Table 1- Meteorological station information of the study area.

Station Type	Elevation	Y	X	Station	Num
Synoptic	1350	35.44	51.10	Chitgar	1
Rain Gauge	1322	35.75	51.27	Shomal gharb Tehran	2

ضریب کارآیی استفاده شد.

اجرا، واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWAT

نخست اطلاعات مدل آماده‌سازی شد و سپس برای اجرای مدل، سه سال نخستین بازه‌ی آماری (۲۰۰۰-۱۹۹۸) برای گرم کردن^۲ شرایط محیطی مدل استفاده شد. پس از این بازه، در محل ایستگاه سولقان شبیه‌سازی رواناب و دیگر متغیرهای آب شناختی به‌وسیله‌ی مدل برای سپتامبر سال ۱۹۹۸ میلادی تا دسامبر سال ۲۰۱۸ میلادی انجام شد. در این پژوهش برای بهره‌گیری از دستورالعمل‌ها و توابع گوناگون هدف در واسنجی و اعتبارسنجی از نرم‌افزار SWAT-CUP استفاده شد. پس از اتمام مدل‌سازی با استفاده از SWAT، خروجی‌های مدل در مقیاس میانگین ماهانه در مدل ذخیره شد. برای انجام مراحل تحلیل حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی مدل، به داده‌های مشاهده‌ای آب‌دهی نیاز بود. در این پژوهش از اطلاعات موجود در ایستگاه سولقان استفاده شد. پس از دریافت آمار و اطلاعات ایستگاه‌های آب‌سنجی و آماده‌سازی داده‌های مشاهده‌ای، نتایج به‌دست آمده وارد نرم‌افزار SWAT-CUP شد. بر پایه‌ی نتایج پژوهش‌های پیشین در زمینه‌ی واسنجی مدل، تعدادی از متغیرهایی که در راستای هدف این پژوهش بودند از میان متغیرهای مدل انتخاب شدند (کاویان و همکاران ۲۰۱۸). سپس با استفاده از دستورالعمل 2-SUFI که نخستین بار به‌وسیله‌ی عباس‌پور و همکاران (۱۹۹۷) ارائه شده بود اما در سال ۲۰۰۷ به آن اشاره کرده‌اند، عملیات تحلیل حساسیت انجام شد. در این پژوهش به‌منظور تعیین و مقایسه‌ی شرایط شبیه‌سازی با شرایط حاکم بر آبخیز از معیارهای ارزیابی ضریب تبیین و

معیارهای ارزیابی مدل ضریب تبیین (R²)

ضریب تبیین، تعیین می‌کند که محاسبات انجام‌شده به‌وسیله‌ی مدل تا چه اندازه‌ی می‌تواند داده‌های مشاهده‌ای را پوشش دهد. زمانی این ضریب مناسب است که اختلاف میان خروجی واقعی و خروجی برآوردشده حداقل باشد. روش محاسبه‌ی ضریب تبیین به‌شکل رابطه‌ی ۱ است.

$$R^2 = \frac{n \sum \text{obs sim} - (\sum \text{obs}) (\sum \text{sim})}{\sqrt{[n \sum \text{obs}^2 - (\sum \text{obs})^2][n \sum \text{sim}^2 - (\sum \text{sim})^2]}}$$

obs: اندازه‌ی مشاهده‌ای، sim: اندازه‌ی برآوردشده‌ی مدل و R²: ضریب تبیین است.

ضریب تبیین معیاری بدون بعد است. بهترین اندازه‌ی آن یک است (صداقت‌کردار و فتاحی ۲۰۰۸). هر چه اندازه‌ی این ضریب بیشتر باشد به این معنا است که اختلاف کمتری میان خروجی برآوردشده و خروجی واقعی وجود دارد.

شاخص نش - ساتکلیف (NSE)

در این پژوهش کارآیی یا عملکرد مدل با استفاده از ضریب نش-ساتکلیف ارزیابی شد. ضریب نش-ساتکلیف با استفاده از رابطه‌ی ۲ محاسبه شد.

$$NSE = 1 - \frac{\sum (\text{obs-sim})^2}{\sum (\text{obs-obz})^2}$$

شبه‌سازی شده را در مقایسه با پراکندگی داده‌های مشاهده‌ای نشان می‌دهد (گودرزی و همکاران ۲۰۱۷).

سناریوهای اقدام‌های حفاظت آب و خاک

در این پژوهش پس از واسنجی مدل و اطمینان از صحت و دقت مناسب نتایج مدل، به منظور ارزیابی اثرات اقدام‌های آبخیزداری در آبخیز کن، سناریوهای گوناگونی متناسب با شرایط فیزیکی آبخیز شبه‌سازی شد. مشخصات و موقعیت اقدام‌های آبخیزداری منطقه‌ی مطالعه شده به ترتیب در جدول ۲ و شکل ۲ آورده شده است.

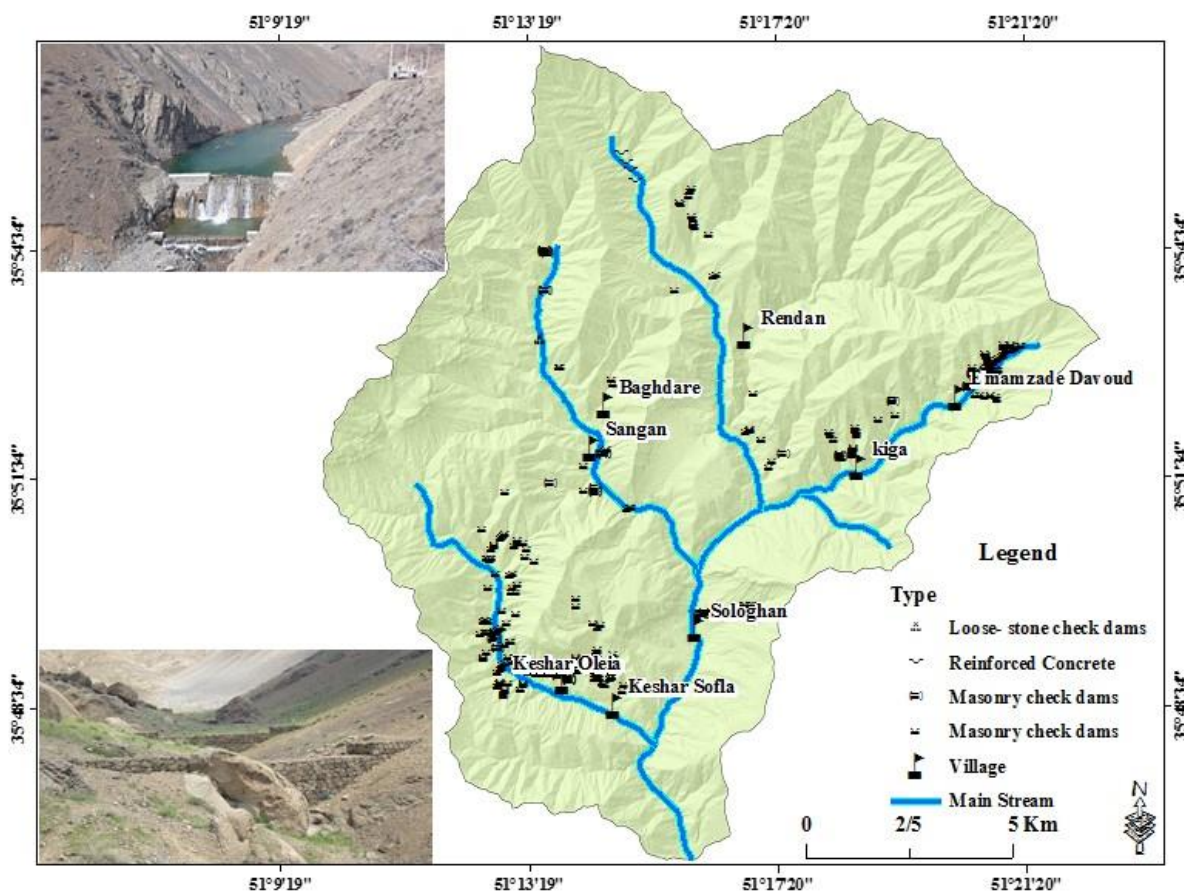
obs: اندازه‌ی مشاهده‌ای، obz: میانگین مشاهده‌ای، sim: اندازه‌ی برآوردشده‌ی مدل و NSE: کارآیی مدل است. اندازه‌ی این ضریب می‌تواند از منفی بی‌نهایت تا یک متغیر باشد.

در شرایطی که اندازه‌ی NSE آن صفر یا کمتر از آن باشد، بیان‌گر این است که میانگین آب‌دهی مشاهده‌ای بهتر از اندازه‌های آب‌دهی شبه‌سازی شده به وسیله‌ی مدل است. اگر $NSE=1$ یعنی تطابق میان اندازه‌های آب‌دهی مشاهده‌ای و آب‌دهی شبه‌سازی شده کامل است (محمدی‌وند و همکاران ۲۰۱۹). در حقیقت رابطه‌ی نش - ساتکلیف اهمیت نسبی پراکندگی اندازه‌های

جدول ۲- ویژگی‌های اقدام‌های آبخیزداری اجرا شده در آبخیز کن.

Table 2- Characteristics of watershed measures implemented in Kan Watershed.

Number	Type	Item No.	Number	Type	Item No.
339	Gabion check dams	5	200	loose- stone check dams	1
6	Gabion and Masonry check dams	6	4	Reinforced Concrete	2
11	Gabion with mortar coating	7	10	loose- stone	3
		8	56	Masonry check dams	4



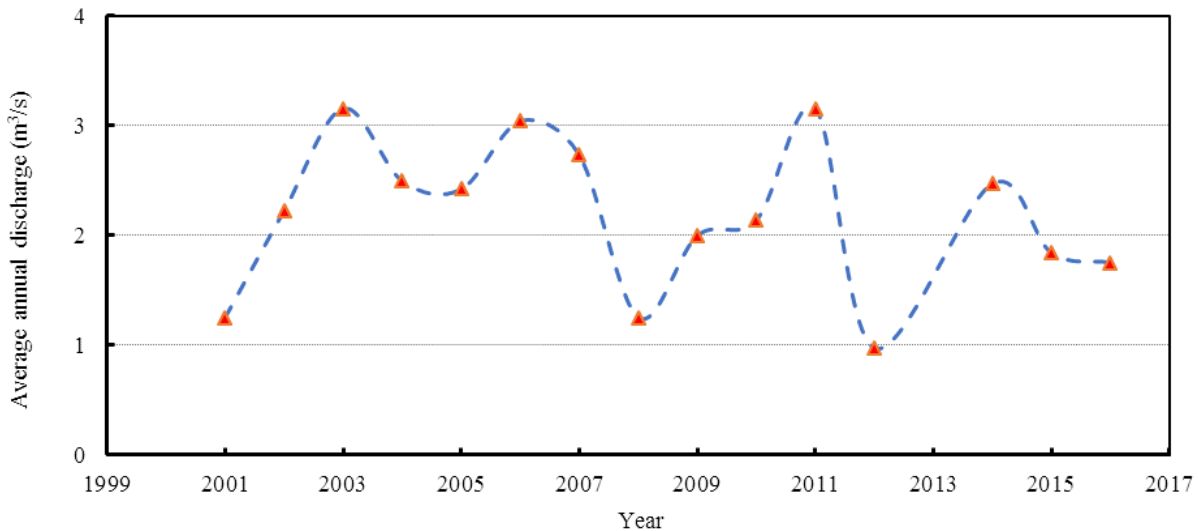
شکل ۲- نقشه‌ی موقعیت عملیات آبخیزداری اجرا شده در آبخیز کن.

Figure 2- Location map of watershed measures implemented in the Kan Watershed.

نتایج و بحث

اصلی است. میانگین سالانه‌ی آبدهی ایستگاه آب‌سنجی سولقان در دوره‌ی آماری (۲۰۰۱-۲۰۱۷) در شکل ۳ نشان داده شده است.

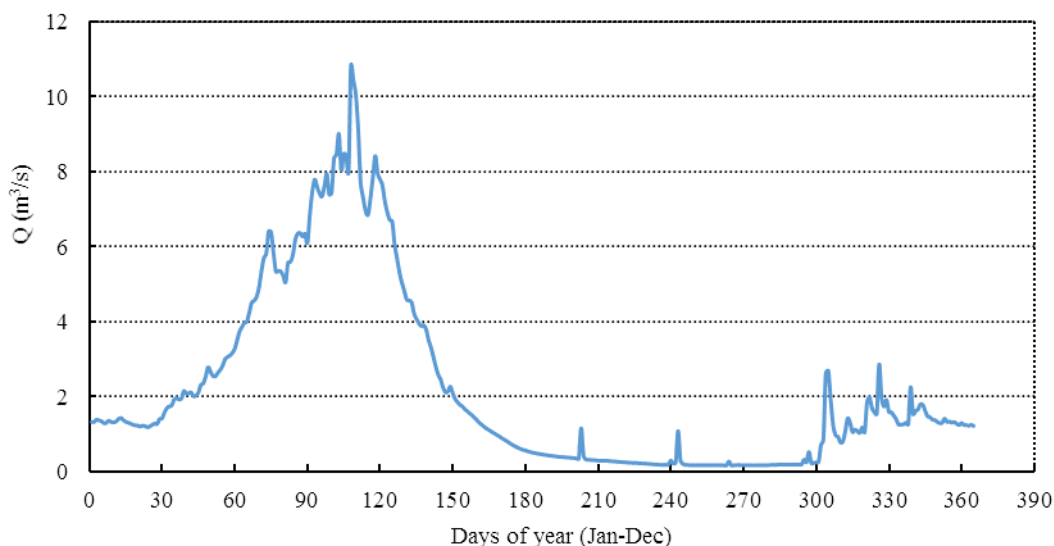
در این پژوهش، برای تهیه و بررسی عامل‌های لازم از ایستگاه سولقان به دلیل داشتن آمار کافی استفاده شد. این ایستگاه در بخش انتهایی آبخیز کن و روی شاخه‌ی



شکل ۳- میانگین سالانه‌ی آبدهی ایستگاه آب‌سنجی سولقان.
Figure 3- Average annual discharge of Soleghan hydrometric station.

بر ثانیه به ثبت رسیده است. میانگین کل دوره‌ی آب‌نگار آبخیز کن (شکل ۰۴) بیانگر آن است که اندازه‌های اوج در ماه‌های مارس و آوریل (فروردین و اردیبهشت) است.

بیش‌ترین اندازه‌ی میانگین سالانه‌ی آبدهی در منطقه‌ی مطالعه‌شده که در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۱ رخ داده است، ۳/۲ مترمکعب بر ثانیه بود (شکل ۳). هم‌چنین کمترین اندازه در سال ۲۰۱۲ با آبدهی یک مترمکعب



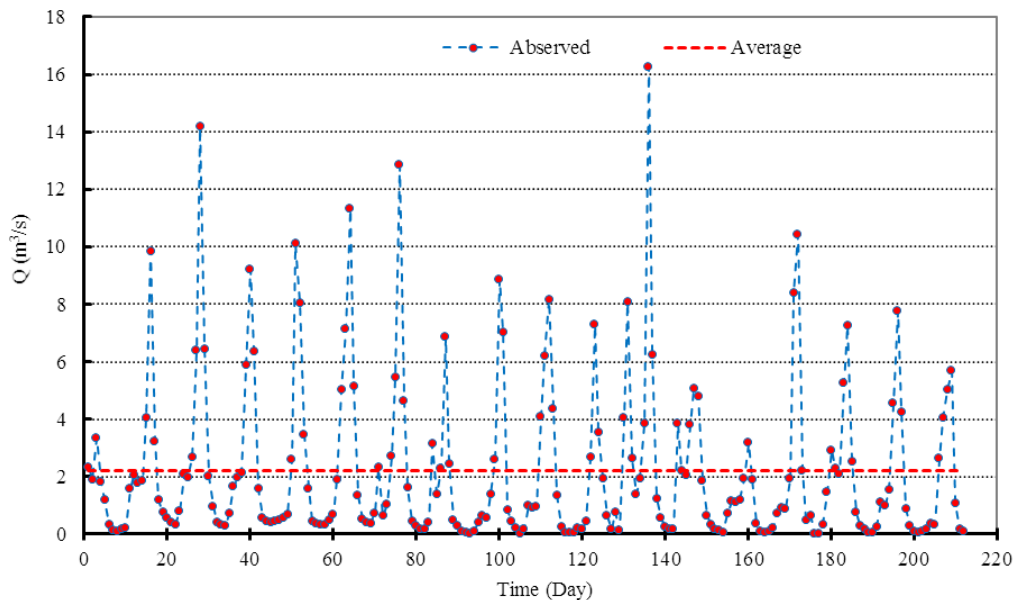
شکل ۴- آب‌نگار ایستگاه سولقان در کل دوره‌ی بررسی‌شده.
Figure 4- Monthly hydrograph of Soleghan Station in the study years 2001-2016.

آبدهی در دوره‌زمانی اسفند تا خردادماه بود. از اواسط اسفندماه شکل نزولات از برف به باران تغییر پیدا کرد.

بر پایه‌ی نتایج به‌دست آمده از آب‌نگار آبدهی شاخه‌ی اصلی رود کن در ایستگاه سولقان، بیش‌ترین اندازه‌ی

رواناب نشان داد که اطلاعات همگن بودند و روند تغییرات از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود (شکل ۵).

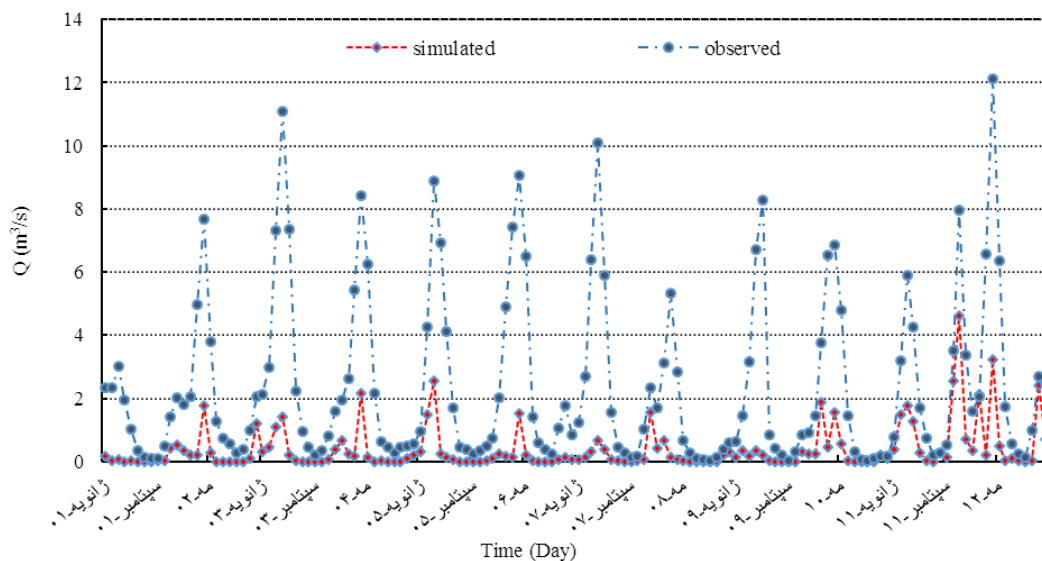
همچنین، رخداد باران‌های شدید به شکل مستقیم روی آب‌دهی رود تأثیرگذار بود. تحلیل روند آب‌شناختی با استفاده از آزمون آماری پتیت روی اطلاعات آب‌دهی



شکل ۵- نمودار آزمون پتیت روی اطلاعات آب‌دهی رواناب.
Figure 5- Chart of Petit's test on runoff discharge data.

مشاهده‌ای آب‌دهی ماهانه و اجرای اولیه‌ی مدل نشان داد که آب‌دهی‌های اوج تا حدود زیادی هم‌زمان با ماه‌های پرباران رخ داده است. نتایج مقایسه‌ی اندازه‌ی مشاهده‌ای و نتیجه‌ی اجرای اولیه برای آب‌دهی جریان در شکل ۶ نشان داده شده است.

روند آب‌دهی جریان بهنجار بود و میانگین آب‌دهی در دوره‌ی آماری بررسی‌شده ۲/۲۰ مترمکعب بر ثانیه بود (شکل ۵). پس از انجام تحلیل روند آب‌شناختی با استفاده از آزمون‌های آماری، آب‌دهی جریان به‌طور مقدماتی شبیه‌سازی شد. مقایسه‌ی میان اندازه‌های



شکل ۶- مقایسه‌ی اندازه‌ی مشاهده‌ای و نتیجه‌ی اجرای اولیه برای آب‌دهی جریان.
Figure 6- Comparison of the observed and simulated.

فراسنجه‌های لازم برای اجرای مدل انتخاب شد. سپس عملیات تحلیل حساسیت انجام شد. هدف اصلی از تحلیل حساسیت، تعیین ورودی‌هایی است که تأثیر بیش‌تری در تغییر خروجی‌ها دارند و اینکه کدام متغیر همبستگی بیش‌تری با خروجی دارد و به این ترتیب می‌توان فراسنجه‌های مهم و حساس را شناخت و با تمرکز روی آن‌ها واسنجی مدل را سریع‌تر انجام داد. در این پژوهش مجموعه فراسنجه‌های انتخابی همراه با اندازه‌ی t -stat و p value در مرحله‌ی تحلیل حساسیت مدل در جدول ۳ ارائه شده است.

ارزیابی عملکرد مدل، بیانگر اختلاف زیاد میان اندازه‌ی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده بود (شکل ۶). در این پژوهش ضریب تبیین و شاخص نش-ساتکلیف به دست آمده از این شبیه‌سازی به ترتیب ۰/۳۹ و ۰/۲۶ بودند. در حالی که اندازه‌های R^2 می‌تواند میان صفر و یک باشد و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد قابل قبول‌تر است. به عبارت دیگر، شاخص نش-ساتکلیف بیشتر از ۰/۷۵ باشد نشان‌دهنده‌ی این است که مدل مناسب است، و اگر میان ۰/۳۶ تا ۰/۷۵ باشد مدل رضایت‌بخش است و اگر کمتر از ۰/۳۶ باشد مدل غیرقابل قبول است. از این رو، برای واسنجی رواناب، فراسنجه‌های پرشماری از میان

جدول ۳- فراسنجه‌های انتخاب شده در مرحله‌ی تحلیل حساسیت مدل.

Table 3- Variables selected in the model sensitivity analysis stage.

Variable	Method	t-Stat	P-Value	Variable	Method	t-Stat	P-Value
SLSUBBSN.hru	R	3.69	0.00	GW_REVAP.gw	V	0.30	0.76
OV_N.hru	V	3.25	0.00	ESCO.hru	V	0.14	0.89
SHALLST.gw	V	2.49	0.02	SOL_AWC(..).sol	R	-0.07	0.94
CANMX.hru	V	2.47	0.02	TMPINC(..).sub	V	-0.15	0.88
HRU_SLP.hru	V	2.05	0.04	ALPHA_BF.gw	R	-0.28	0.78
CN2.mgt	R	1.58	0.12	RFINC(..).sub	V	-0.42	0.68
SOL_AWC(..).sol	R	0.88	0.38	CN2.mgt	R	-0.44	0.66
LAT_TTIME.hru	V	0.82	0.42	BIOMIX.mgt	V	-0.59	0.56
HRU_SLP.hru	R	0.77	0.44	GW_DELAY.gw	A	-0.79	0.43
SOL_K(..).sol	R	0.82	0.41	USLE_P.mgt	V	-0.93	0.36
CH_K2.rte	A	0.77	0.45	CH_N2.rte	V	-1.02	0.31
EPCO.hru	A	0.73	0.47	SLSOIL.hru	V	-1.04	0.30
RFINC(..).sub	V	0.64	0.53	USLE_K(..).sol	V	-1.37	0.18
TMPINC(..).sub	V	0.49	0.63	ELEV_BFR(..).sub	V	-1.41	0.16
SURLAG.hru	V	0.38	0.70	SOL_ALB(..).sol	R	-1.59	0.12
SNOEB(..).sub	V	0.37	0.71	REVAPMN.gw	V	-1.61	0.11
SNO_SUB.sub	V	0.36	0.72	SOL_Z(..).sol	R	-1.70	0.09
SOL_CRK.sol	R	0.32	0.75	GWSOLP.gw	V	-2.00	0.05

انتخاب شدند که در واسنجی مدل از آن‌ها استفاده شد. هم-چنین، این فراسنجه‌ها در پژوهش‌های دووان و همکاران (۲۰۰۹)، ویلیامس و همکاران (۲۰۱۵) و ریاک و همکاران (۲۰۱۶) نیز به عنوان فراسنجه‌های حساس شناخته شده است. نتایج مقایسه‌ی اندازه‌ی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی در مرحله‌ی واسنجی و اعتبارسنجی در شکل ۷ نشان داده شده است.

از میان فراسنجه‌های بررسی شده، فراسنجه‌های با بیش‌ترین آماره‌ی t و کمترین سطح معنی‌داری به عنوان حساس‌ترین فراسنجه‌ها برای واسنجی شناسایی شدند. از این رو، فراسنجه‌های میانگین طول شیب^۳، ضریب مانینگ برای جریان سطحی^۴، حداکثر ذخیره‌سازی پوشش^۵، متوسط شیب^۶، وضعیت پوشش زمین^۷، ظرفیت آب قابل درسترس خاک^۸ و زمان حرکت جریان آبراهه فرعی^۹ حساس‌ترین فراسنجه‌ها در این پژوهش

3 - SLSUBBSN.hru

4 - OV_N.hru

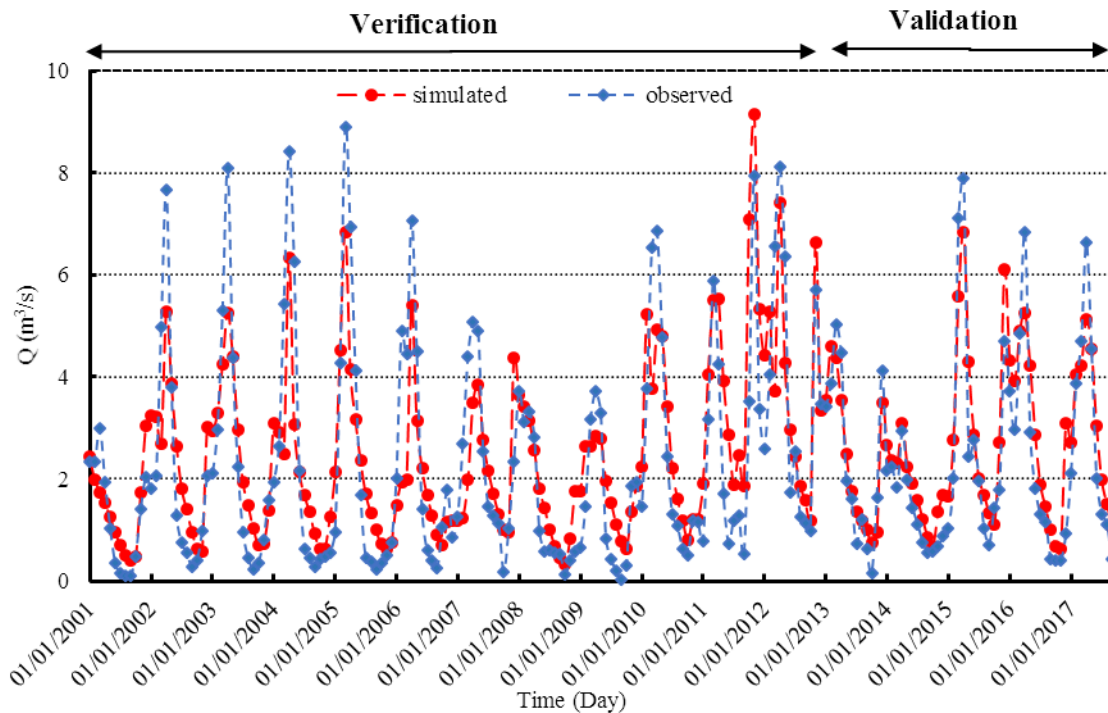
5 - CANMX.hru

6 - HRU_SLP.hru

7 - IGRO.mgt

8 - SOL_AWC(..).sol

9 - LAT_TTIME.hru



شکل ۷- مقایسه‌ی اندازه‌ی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی در مرحله‌ی واسنجی و اعتبارسنجی مدل.

Figure 7- Comparison of observational value and simulation in the verification and validation stage of the model.

یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های تشاگر و همکاران (۲۰۱۶)، محضری و همکاران (۲۰۱۶) و ریاک و همکاران (۲۰۱۶) مبنی بر اندازه‌های آماره‌های مزبور هم‌راستا است. بر اساس دقت زیاد مدل در شبیه‌سازی آب‌شناختی رواناب آبخیز بررسی شده در گام بعدی اقدام به اعمال عملیات آبخیزداری در مدل شد که شیوه‌ی اعمال این عملیات در مدل SWAT در جدول ۴ ارائه شده است.

نتایج واسنجی و اعتبارسنجی نشان داد که برای شبیه‌سازی آب‌شناختی آبخیز کن کارایی مدل SWAT قابل قبول بود (شکل ۷). در این پژوهش، بر پایه‌ی نتایج به‌دست آمده، اندازه‌ی ضریب تبیین در مرحله‌ی واسنجی و اعتبارسنجی به‌ترتیب ۰/۶۹ و ۰/۸۶ بود. هم‌چنین اندازه‌ی شاخص نش-ساتکلیف برای مرحله‌ی واسنجی و اعتبارسنجی به‌ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۹۳ بود. این

جدول ۴- شیوه‌ی اعمال تغییرات بخش عملیات آبخیزداری در مدل SWAT.

Table 4- How to apply changes in the watershed operation section in the SWAT Model.

Method	Variable				watershed operation
Terracing	USLE-P 0.18	Slope-SUB 10	Slope-HRU -20%	CN -6	Counter trench
Terracing	Ch-S2 -75%	Sol-K +10.8%	USLE-P 0.6	CN -6	Gabion check dams
Terracing	Esco +0.6	Filter-w +0.5		CN -2	loose- stone check dams

USLE-P = عامل مدیریت زمین در معادله‌ی جهانی فرسایش خاک، Slope-SUB = میانگین شیب زیر آبخیز، Slope-HRU = میانگین شیب واحدهای آب‌شناختی، CN = شماره‌ی منحنی، Sol-K = هدایت آبی در منطقه‌ی اشباع، Esco = ضریب جبران تبخیر خاک، Ch-S2 = شیب آبراهه.

مهم بر این پیشنهاد بود. سرانجام با اعمال سناریوهای گوناگون عملیات آبخیزداری، سهم جریان جانبی^{۱۰} و تبخیر و تعرق از سطح آبخیز شاهد افزایش یافت. هم‌چنین، اندازه‌ی آب در دسترس^{۱۱} و رواناب سطحی

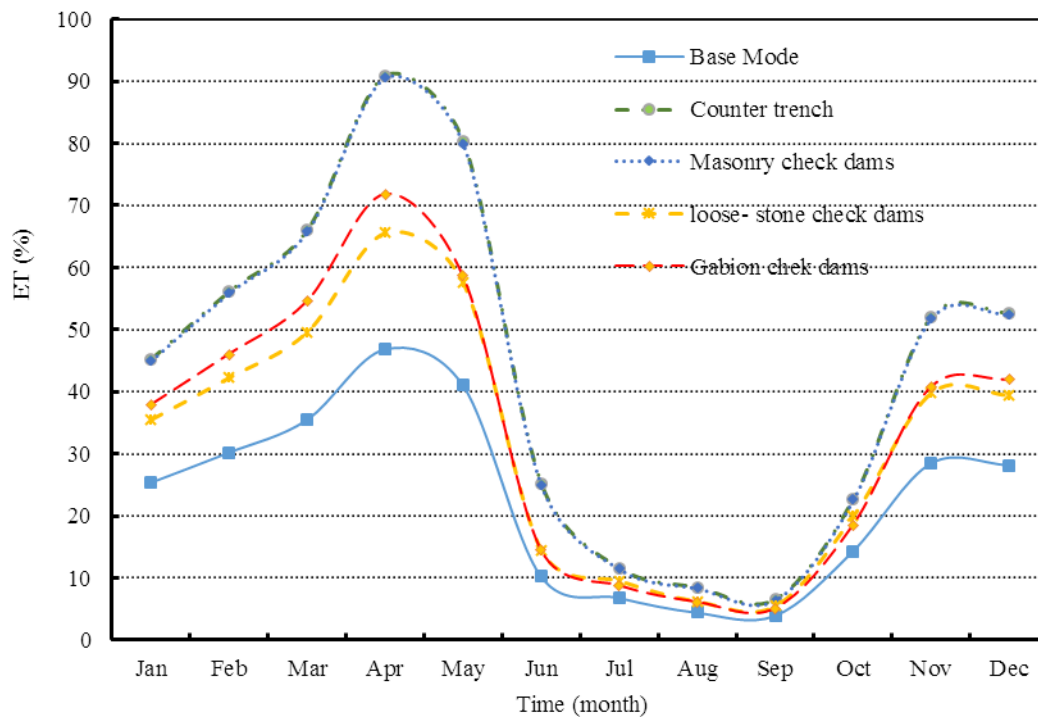
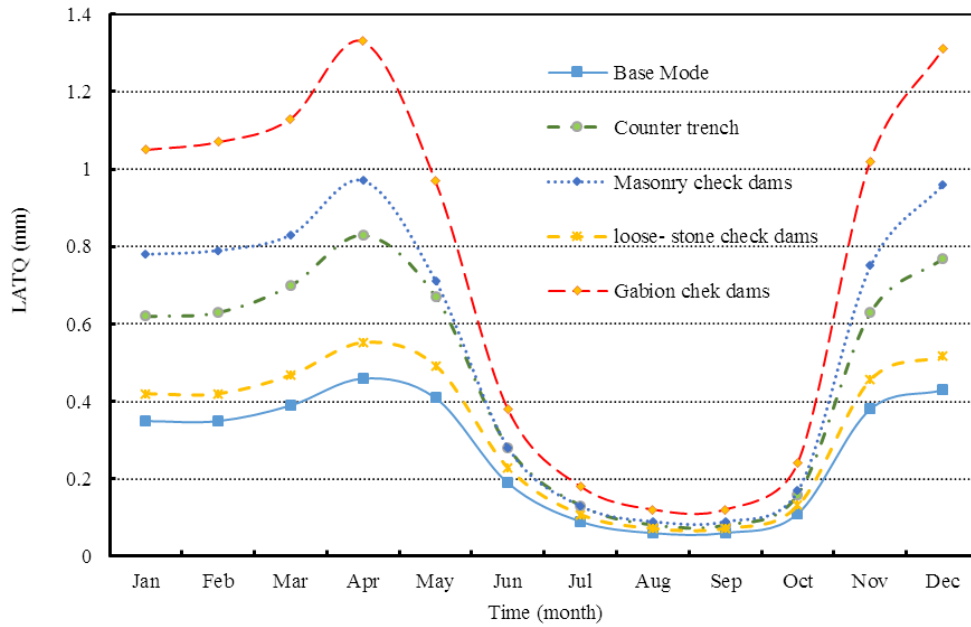
از آنجایی که مهار رسوب و سیل، کاهش آب‌دهی اوج و ذخیره نزولات هدف پیشنهاد سازه‌های توری‌سنگی، سنگی ملاتی و خشکه‌چین بود، اندازه‌ی ذخیره‌ی نزولات و حجم رسوبات قابل تجمع در بالادست سازه‌ها، یک دلیل

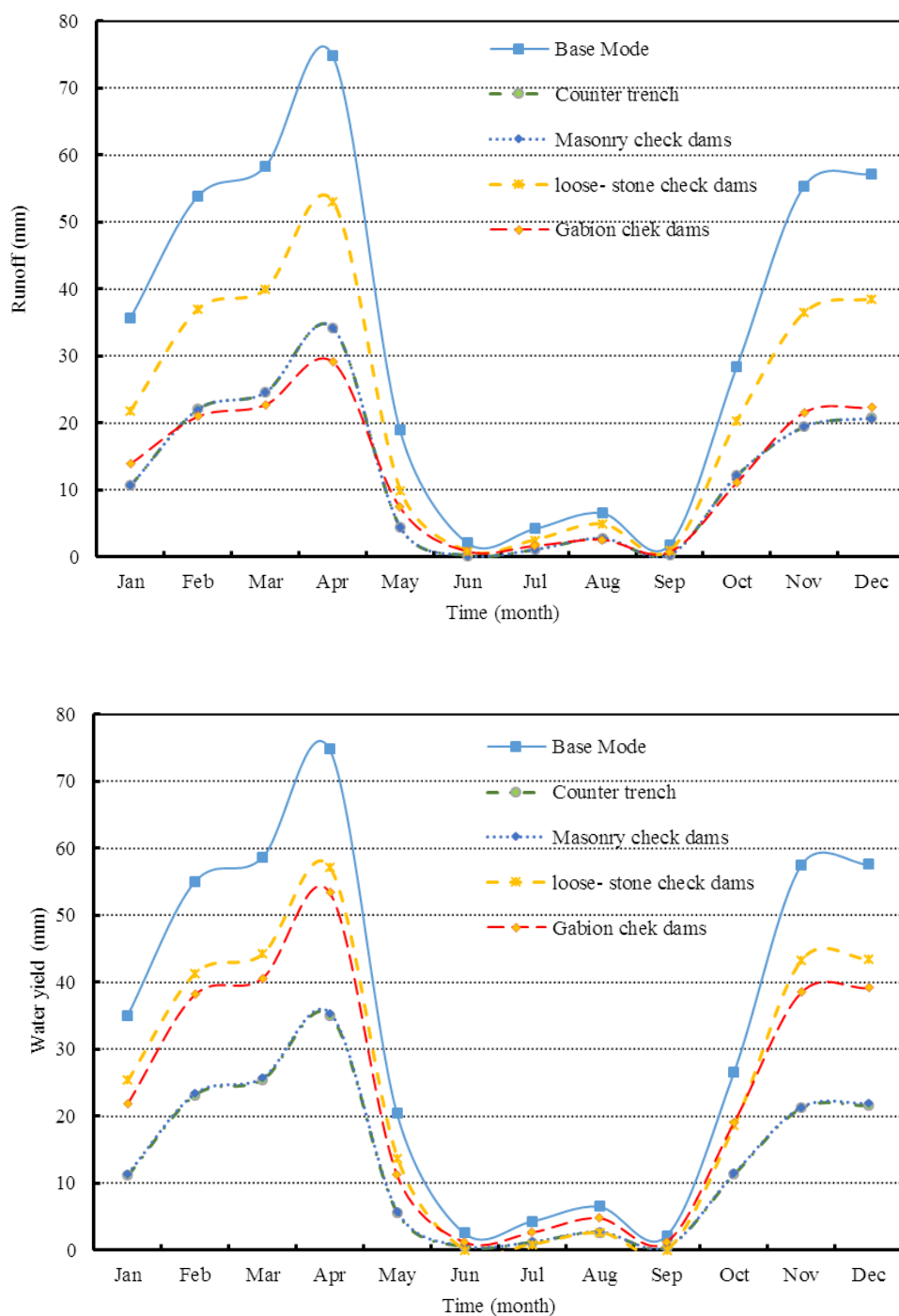
10 -LATQ (Lateral flow contribution to streamflow during timestep)

11- Water yield. The net amount of water that leaves the subbasin and contributes to streamflow in the reach during the time step.

گونگون بر متغیرهای آب‌شناختی آبخیز بررسی شده در شکل ۸ نشان داده شده است.

نیز کاهش یافت. نتایج این پژوهش با یافته‌های جنگ و همکاران (۲۰۱۷) و پیو و همکاران (۲۰۱۷) هم‌راستا است. نتایج به‌دست آمده از شبیه‌سازی سناریوهای





شکل ۸- نتایج شبیه‌سازی سناریوها بر متغیرهای آب‌شناختی آبخیز مطالعه‌شده.

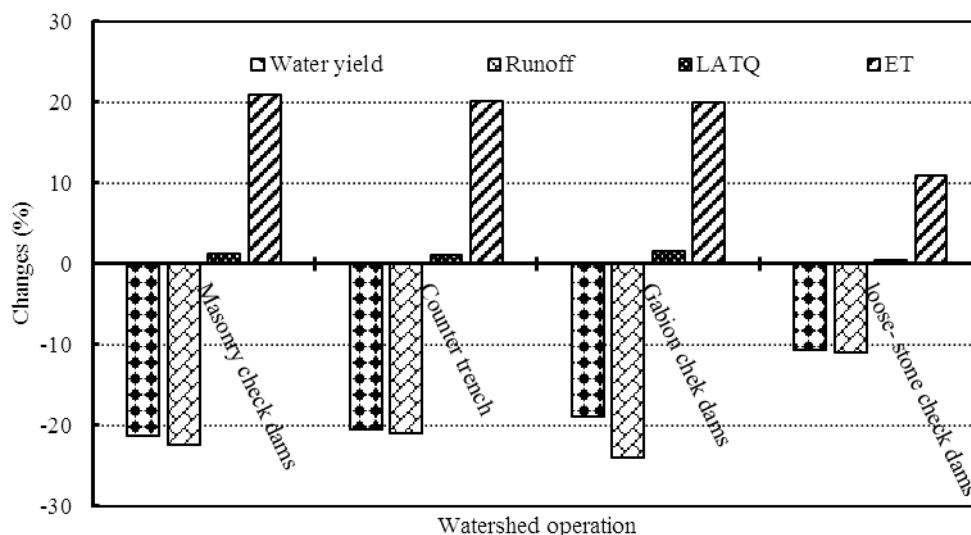
Figure 8- The results of the simulation of scenarios on the hydrological variables of the study area.

شبیه‌سازی، آب در دسترس، کاهش یافت. همچنین با توجه به اینکه در تمامی اقدام‌های حفاظتی در مقایسه با شرایط بدون عملیات آبخیزداری آب در دسترس کاهش یافت، نتایج نشان داد که در سازه‌های سنگی ملاتی و بانکت‌بندی، آب در دسترس، کمترین مقدار را داشت. در ادامه باید بیان نمود که جریان جانبی در اقدام‌های

نتایج این پژوهش بیانگر آن است که عملیات آبخیزداری سبب نفوذ آب به درون خاک شده و با انجام فرآیند نفوذ موجب ورود جریان به آب‌های زیرزمینی می‌شود و یا اینکه رواناب سطحی از راه تبخیر و تعرق به چرخه‌ی آب باز می‌گردد. از این رو، بر پایه‌ی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، در تمام اقدام‌های حفاظتی انجام‌شده در فرآیند

بر اساس تمام سناریوهای عملیات آبخیزداری، جریان سطحی در مقایسه با دوره‌ی پایه کاهش یافت. در آبخیز کن بیش‌ترین اندازه‌ی رواناب (اردیبهشت‌ماه) ۷۵ میلی‌متر بود. در شرایط اجرای عملیات بندهای توری‌سنگی اندازه‌ی رواناب در همان ماه به ۳۰ میلی‌متر کاهش یافت. بیش‌ترین کاهش جریان سطحی در عملیات آبخیزداری بندهای توری‌سنگی و بانکت‌بندی و بندهای سنگی ملات بود. عملیات خشکه‌چین نیز در مقایسه با دیگر عملیات‌های آبخیزداری کمترین تأثیر را بر کاهش رواناب‌های سطحی داشت. درصد تغییرات متغیرهای بررسی‌شده در شرایط اعمال هر کدام از سناریوهای اقدام‌های آبخیزداری در شکل ۹ نشان‌داده شده است.

حفاظتی افزایش یافت. همچنین، عملیات آبخیزداری به‌ویژه عملیات‌های سازه‌ای با تعدیل شیب آبراهه و کاهش سرعت آب یا ذخیره‌ی آب در آبگیر بندهای اصلاحی، سبب افزایش زمان تمرکز آبخیز شدند. این موضوع موجب افزایش مقدار تبخیر و تعرق در سطح آبخیز نیز شد. در این پژوهش بر اساس نتایج شبیه‌سازی سناریوهای گوناگون عملیات آبخیزداری، مشخص شد که در این عملیات‌ها، میزان تبخیر و تعرق از سطح آبخیز کن افزایش یافت. بیش‌ترین مقدار تبخیر و تعرق در اجرای عملیات بند سنگی ملاتی و بانکت‌بندی رخ داد و کمترین مقدار تبخیر و تعرق نیز در شرایط بدون عملیات آبخیزداری بود. این نتایج با یافته‌های پژوهش زارعی‌قورخودی و همکاران (۲۰۲۲) هم‌راستا است.



شکل ۹- درصد تغییرات متغیرهای بررسی‌شده در شرایط اجرای عملیات آبخیزداری در آبخیز کن.
Figure 9- The percentage of changes of the studied variables in the case of implementing watershed operations in the Kan watershed.

اجرای عملیات بندهای سنگی ملاتی بیش‌ترین افزایش تبخیر تعرق ۲۰/۸۶٪ و کمترین تغییر در شرایط احداث خشکه‌چین ۱۰/۸۷٪ در مقایسه با شرایط شاهد بود. در آبخیز کن تبخیر و تعرق در شرایط عملیات بانکت‌بندی و بند توری‌سنگی به ترتیب ۲۰/۱۹ و ۱۹٪ در مقایسه با شرایط شاهد افزایش یافت. نتایج این پژوهش با یافته‌های گلزاری و همکاران (۲۰۲۰) و مهری و همکاران (۲۰۲۳) هم‌راستا است.

نتیجه‌گیری

در آبخیزها نقش اقدام‌های آبخیزداری به‌شکل احداث سازه‌ها در کاهش اندازه‌ی رواناب سطحی و اثرگذاری آن بر متغیرهای آب‌شناختی، شیب، زمان تمرکز و

بر اساس نتایج این پژوهش در آبخیز بررسی‌شده در شرایط اجرای عملیات آبخیزداری به‌شکل بند توری‌سنگی، سنگی ملاتی، بانکت‌بندی و خشکه‌چین در مقایسه با اجرا نشدن عملیات‌های مزبور (شرایط شاهد)، رواناب سطحی به ترتیب ۲۵، ۲۳، ۲۱ و ۱۱٪ کاهش یافت. همچنین، بر اساس نتایج شبیه‌سازی سناریوها، در شرایط اجرای عملیات آبخیزداری به‌شکل بند توری سنگی، سنگی ملاتی، بانکت‌بندی و خشکه‌چین در مقایسه با شرایط شاهد، آب در دسترس به ترتیب ۱۹، ۲۱/۳، ۲۰/۵ و ۱۰/۷۵٪ کاهش یافت. در شرایط اجرای عملیات سنگی ملاتی جریان جانبی بیش‌ترین اندازه‌ی تغییر را داشت. در حالی‌که اثر نوع عملیات‌ها روی تغییر جریان جانبی معنی‌داری نبود. همچنین، در شرایط

سیلاب در ایستگاه سولقان، بیانگر رخداد سیلاب با دوره‌ی بازگشت ۲۵ ساله در شاخه‌ی اصلی رود کن بود. بر اساس نتایج بررسی نقش اقدام‌های آبخیزداری می‌توان گفت با اجرای این نوع طرح‌ها و همچنین برنامه‌های مدیریتی و زیستی احتمال رخداد سیل و خسارت‌های آن تا حد زیادی کاهش خواهد یافت. بر پایه‌ی قابلیت‌های مدل SWAT پیشنهاد می‌شود تأثیر دیگر عامل‌ها مانند پوشش گیاهی، کاربری زمین، تغییر اقلیم و تغییرات ناشی از تأثیر نیروی انسانی بر آبخیز و فرآیندهای آب‌شناختی بررسی شود. همچنین مدیران و سازمان‌های اجرایی می‌توانند بر اساس امکان کمی‌سازی زمانی-مکانی اثرات گوناگون اقدام‌های مدیریتی آبخیزداری در مدل SWAT، از آن برای تصمیم‌گیری استفاده کنند.

شماره‌ی منحنی آبخیز موضوعی غیرقابل انکار است. از این رو، بررسی اندازه‌ی تأثیر این اقدام‌ها نیز بر فرآیندهای آب‌شناختی آبخیز اجتناب‌ناپذیر است. یکی از آبخیزهای مهم استان تهران آبخیز کن است به دلیل موقعیت خاص، رواناب آن به شکل مستقیم به شهر تهران وارد می‌شود. بر این اساس، در این پژوهش با استفاده مدل SWAT اقدام‌های آبخیزداری در آبخیز کن شبیه‌سازی شد و تأثیر این اقدام‌ها بر رواناب سطحی و متغیرهای آب‌شناختی بررسی و ارزیابی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که تأثیر این اقدام‌ها در سطح آبخیز مزبور قابل قبول بود. بر پایه‌ی این نتایج، به دلیل اجرای عملیات آبخیزداری به شکل بند توری‌سنگی، سنگی ملاتی، بانکت‌بندی و خشکه‌چین در مقایسه با شرایط پایه (اجرا نشدن عملیات آبخیزداری) رواناب سطحی کاهش یافت. داده‌های برآورده‌ی اندازه‌های

- Abbaspour K, Yang CJ, Maximov I, Siber R, Bogner K, Mieleitner J, Zobrišt J, Srinivasan R. 2007. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. *Journal of Hydrology*, 333 (2-4):413-430.
- Abuhay W, Gashaw T, Tsegaye L. 2023. Assessing impacts of land use/land cover changes on the hydrology of Upper Gilgel Abbay watershed using the SWAT model. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12:100-535.
- Ahmadabadi E, Ghafarpour P. 2017. Evaluation of the effects of watershed management on the hydrogeomorphological characteristics of the Anbar basin by using the semi-distributed SWAT. *Space Planning and Design*, 21(2):35-55.
- Anteneh Y, Alamirew T, Zeleke G, Kassawmar T. 2023. Modeling runoff-sediment influx responses to alternative BMP interventions in the Gojeb watershed, Ethiopia, using the SWAT hydrological model. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(9):22816-22834.
- Arnold JG, Srinivasan R, Muttiah RS, Williams JR. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment, part I: model development. *Journal of the American Water Resources Associate*, 34(1):73-89.
- Basu AS, Gill LW, Pilla F, Basu B. 2022. Assessment of variations in runoff due to land-cover changes using the SWAT model in an Urban River in Dublin, Ireland. *Sustainability*, 14(1):534.
- Bekiaris IG, Panagopoulos IN, Mimikou NA. 2005. Application of the SWAT model in the Ronnea catchment of Sweden. *Global Journal*, 3: 252-257.
- Briak H, Moussadek R, Aboumaria K, Mrabet R. 2016. Assessing sediment yield in Kalaya gauged watershed (Northern Morocco) using GIS and SWAT model. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(3):177-185.
- Dolatabadi S, Mohamadian ME. 2013. Hydrological simulation of Firoozabad basin using SWAT model. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 14(29):48-38.
- Duan Z, Song X, Liu J. 2009. Application of SWAT for sediment yield estimation in a mountainous agricultural basin. In *Geoinformatics, 2009 17th International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- Ghoraba SM. 2015. Hydrological modeling of the Simly Dam watershed (Pakistan) using GIS and SWAT model. *Alexandria Engineering Journal*, 54(3):583-594.
- Golzari S, zareabyaneh H, delavar M, Mobar-gaei Dinan N. 2020. Performance of SWAT Model in Quantitative and Qualitative Simulation of Runoff and Watershed Protective Measures in Zarrinehrood Basin. *Journal of Watershed Management Research*, 11(22):111-120. (In Persian).
- Goodarzi M, Motamed Vaziri B, Mir hoseini M. 2017. Assessment of IHACRES model in surface run-off simulation in climate change status: A case study Kan Basin. *Iranian Journal of Watershed Management Science*, 11(38):83-94. (In Persian).
- Jang SS, Ahn SR, Kim SJ. 2017. Evaluation of executable best management practices in Haean highland agricultural catchment of South Korea using SWAT. *Agricultural Water Management*, 180: 224-234.
- Kavian A, Mohammadi M, Gholami L, Rodrigo-comino J. 2018. Assessment of the spatiotemporal effects of land use changes on runoff and nitrate loads in the Talar River. *Water*, 10(445):1-19.
- Mahzari S, Kiani F, Azimi M, Khormali F. 2016. Using SWAT Model to Determine Runoff, Sediment Yield and Nitrate Loss in Gorganrood Watershed, Iran. *ECOPERSIA*, 4(2):1359-1377.

- Mehri S, Moradi HR, Mostafazadeh R. 2023. Simulation and determination of hydrological balance components in the upstream of Gheshlagh dam using SWAT model. *Environment and Water Engineering*, 9(4):485-495. (In Persian).
- Mohammadivand MR, Araghinejad S, Ebrahimi K, Modaresi F. 2019. Performance evaluation of AWBM, Sacramento and SimHyd models in runoff simulation of the Amameh Watershed using automatic calibration optimization method of genetic algorithm. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, -50(7):1759-1769. (In Persian).
- Mtibaa S, Asano S. 2022. Hydrological evaluation of radar and satellite gauge-merged precipitation datasets using the SWAT model: Case of the Terauchi catchment in Japan. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 42:101-134.
- Nikolic G, Spalević V, Curovic M, Khaledi Darvishan A, Skataric G, Pajic M, Kavian A, Tanaskovik V. 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.
- Pyo J, Baek SS, Kim M, Park S, Lee H, Ra JS, Cho KH. 2017. Optimizing agricultural best management practices in a Lake Erie Watershed. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 53(6):1281-1292.
- Sanchez GM, Nejadhashemi AP, Zhang Z, Marquart-Pyatt S, Habron G, Shortridge A. 2015. Linking watershed-scale stream health and socioeconomic indicators with spatial clustering and structural equation modeling. *Environmental Modelling and Software*, 70:113-127.
- Sedaghat Kerdar A, Fatahi E. 2008. Drought early warning methods over Iran. *Geography and Development*, 6(11): 59-76. (In Persian).
- Singh V, Karan SK, Singh C, Samadder SR. 2023. Assessment of the capability of SWAT model to predict surface runoff in open cast coal mining areas. *Environmental Science and Pollution Research*, pp. 1-11.
- Teshager AD, Gassman PW, Secchi S, Schoof JT, Misgna G. 2016. Modeling agricultural watersheds with the soil and water assessment tool (SWAT): Calibration and validation with a novel procedure for spatially explicit hrus. *Environmental management*, 57(4):894-911.
- Vilaysane B, Takara K, Luo P, Akkharath I, Duan W. 2015. Hydrological stream flow modelling for calibration and uncertainty analysis using SWAT model in the Xedone river basin, Lao PDR. *Procedia Environmental Sciences*, 28:380-390.
- Wang X, Melesse AM. 2005. Evaluation of the SWAT model's snowmelt hydrology in a northwestern Minnesota watershed. *Transactions of the ASAE*, 48(4):1-18.
- Woldemariam G, Iguuala A, Tekalign S, Reddy R. 2018. Spatial modeling of soil erosion risk and its implication for conservation planning: The case of the Gobeles Watershed, East Hararghe Zone, Ethiopia. *Land*. 7(1):25.
- Xing Z, Wang Y, Ji Y, Fu Q, Li H, Qu R. 2018. Health assessment and spatial variability analysis of the Naolihe Basin using a water-based system. *Ecological Indicators*, 92:181-188.
- Zarei ghorkhodi A, Shahnazari A, Mohammadi F. 2022. Evaluation of the effect of dams on runoff and sediment parameters using SWAT model (Case study: Tajan River Watershed, Mazandaran). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 16(2):294-307. (In Persian).
- Zhang H, Wang B, Li Liu D, Zhang M, Leslie LM, Yu Q. 2020. Using an improved SWAT model to simulate hydrological responses to land use change: A case study of a catchment in tropical Australia. *Journal of Hydrology*, 585:124822.



Effect of Watershed Practices on Hydrological Variables using SWAT Model in Kan Watershed

Mohammad Hossein Ghavimipناه¹, Leila Gholami^{*2}, Ataollah Kavian³, Seyed Hamid Reza Sadeghi⁴

- 1- Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
- 3- Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
- 4- Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Extended Abstract

Introduction and Goal

The implementation of watershed management practices in the country and the evaluation the conducted activities and effects investigation of these projects are essential on the governing processes at watershed. However, such an important approach has to be adequately considered.

Materials and Methods

Accordingly, the present study was planned with the simulation aim of the impact of watershed management practices on hydrological parameters using the SWAT model in the Kan Watershed in Tehran Province, Iran. Therefore, the first of the initial implementation of the model was carried out, and then it was calibrated and validated. In this research, SWAT-CUP software was used to usage of various instructions and objective functions and also to test and the model calibration and validation. In order to determination and comparison of the simulation conditions with the governing conditions on watershed applied the evaluation criteria such as the coefficient of explanation and the coefficient of efficiency.

Article Type: Research Article

*Corresponding Author E-mail: l.gholami@sanru.ac.ir

Citation: Ghavimipناه, M.H., Gholami, L., Kavian, A., Sadeghi, S.H.R. 2024. Effect of Watershed Practices on Hydrological Variables using SWAT Model in Kan Watershed. *Watershed Management Research*. 37(2): 93-109.

DOI: 10.22092/wmrj.2023.362356.1542

Received: 11 June 2023, **Received in revised form:** 03 July 2023, **Accepted:** 21 September 2023

Published online: 21 June 2024

Watershed Management Research, VOL. 37, No.2, Ser. No: 143, Summer 2024, pp. 93-109.

Publisher: Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center © Author(s)



Results and Discussion

The research results showed that the model efficiency was acceptable for the hydrological simulation of the studied watershed. So, the explanation coefficient for calibration and validation was with rates of 0.69 and 0.86 respectively. Also, the Nash-Sutcliffe index for the calibration and validation obtained with rates of 0.85 and 0.93, respectively. Then, watershed management practices simulated at the level of studied watershed. The simulated results showed that the surface runoff decreased with the practices of watershed management in the form of gabion, masonry check dam, counter trench and loose- stone check dam with the values of 25, 23, 21, and 11 percent, respectively. Also, the available water was more after the practices of watershed management in the form of gabion, masonry check dam, counter trench and loose- stone check dam with rates of 19.0, 21.3, 20.5 and 10.75 percent, respectively, compared to the absence conditions of these practices at the watershed level. Also, the maximum amount of flow changes observed in the practices conditions of masonry check dams. In addition, the evapotranspiration increased with implementation of gabion. masonry check dams, counter trench and loose- stone check dams with rates of 20.19, 20.86, 19.0 and 10.87 percent, respectively.

Conclusion and Suggestions

Based on the results of this research in the Kan watershed, the flood possibility and the flood damages can be reduced by practices of the watershed management, management and biological programs.

Keywords: Watershed Practices, Hydrologic Simulation, Soil Erosion, Soil and Water Assessment Tool, Hydrological Model