دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

شبیه‌سازی جریان رودخانه بر پایه مدل فیزیکی SWAT در حوزه آبخیز باراندوزچای دریاچه ارومیه

سیدامین خسروی[۱] و میرحسن میریعقوب‌زاده[۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه
۲- استادیار و عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه
(نویسنده مسوول: m.miryaghoubzadeh@urmia.ac.ir)
تاریخ ارسال: ۹۸/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۰۱
صفحه: ۳۱ تا ۴۲

چکیده

مدل SWAT یک مدل هیدرولوژیکی زمان پیوسته و پایه فیزیکی است که کوچک‌ترین واحد کاری در آن واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی می‌باشد و تمامی فرآیندهای هیدرولوژیکی در هر یک از این واحدها شبیه‌سازی می‌شود. این مدل با در نظرگرفتن لایه‌های اطلاعاتی مختلفی چون خاک، کاربری اراضی و مدل رقومی ارتفاعی حوزه، قادر است رواناب، رسوب، فرسایش و انتقال مواد شیمیایی را در حوزه‌های پیچیده شبیه‌سازی کند در پژوهش حاضر شبیه‌سازی جریان ماهانه در حوزه باراندوزچای توسط مدل SWAT انجام و پارامترهای دخیل در فرآیندهای هیدرولوژی واسنجی شد. به‌منظور واسنجی از الگوریتم SUFI-2 استفاده گردید. دوره آماری ۲۰۱۱-۲۰۰۰ و دوره ۲۰۱۶-۲۰۱۲ به‌ترتیب جهت واسنجی و اعتبارسنجی مدل انتخاب گردید که نتایج حاصله در مرحله واسنجی دبی ماهانه با ضرایب P-factor، R-factor و NS در ایستگاه قاسملو به‌ترتیب ۰/۷۱، ۰/۳۲ و ۰/۶۶ و در مرحله اعتبارسنجی به‌ترتیب ۰/۶۳، ۰/۳۶ و ۰/۵۱ به‌دست آمد، که نشان از توانایی بالای مدل در شبیه‌سازی جریان ماهانه دارد. با توجه به ضعف مدل‌های تجربی در برآورد فرآیندهای حوزه آبخیز توصیه می‌گردد از مدل‌هایی که مبنای فیزیکی دارند استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: باراندوزچای، شبیه‌سازی جریان، عدم قطعیت، مدل‌سازی هیدرولوژیکی، SWAT

مقدمه

به‌دنبال رشد جهانی جمعیت، جهان با افزایش تقاضا برای آب و غذا مواجه است. بنابراین اهمیت تامین آب و غذای کافی و با کیفیت نمود بیشتری پیدا کرد. لازمه دسترسی به آب و غذای سالم و کافی، توجه به پایداری پتانسیل تولیدی و عوامل تاثیرگذار بر آن دو موهبت خدادادی یعنی آب و خاک است. چرا که از دیدگاه کشاورزی، منابع طبیعی و ز یست‌محیطی خاک بستر تولید و آب عامل تولید است. از بدو خلقت انسان با بهره‌جستن از خاک و آب توانسته به زندگی خود دوام و حیات دهد. از سوی دیگر، تغییرات کاربری اراضی تغییراتی در چرخه هیدرولوژیکی حوزه‌آبخیز ایجاد می‌کند و تعادل بین بارش، تبخیر و نفوذپذیری و ایجاد رواناب را برهم می‌زند (۱۶). مدل‌های هیدرولوژیکی ابزاری مهم در مطالعه اقلیم و فرآیندهای هیدرولوژی حوزه‌های آبخیز هستند این مدل‌ها باید قادر به شبیه‌سازی دقیق فرایندهای هیدرولوژیکی سطح زمین، به‌منظور بهبود مدیریت منابع آب باشند (۱۰،۱۵). استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی برای پیش‌بینی‌ها، زمانی جلوه می‌کند که داده‌های هیدرولوژیکی ناکافی باشند (۲۰). مدل نماینده ساده‌ای از کل سیستم حوزه و به‌عبارتی نمایان‌گر بخشی از واقعیت‌های موجود در یک سیستم است (۱۵). همچنین مدل‌ها ابزاری عملی هستند که می‌توان به کمک آن‌ها به درکی از واقعیت- البته نه کل واقعیت بلکه بخش مفید و قابل فهم آن دست یافت (۲۴). مدل‌های هیدرولوژیک با دو هدف اساسی طراحی می‌شوند. هدف اول درک بهتر از رفتارهای هیدرولوژیکی و نحوه تغییر رفتارها و اثرات آن و هدف دوم سنتز داده‌های هیدرولوژیکی به‌منظور طراحی منابع آب، کنترل سیل، تعدیل جریان آب و در کل، برنامه‌ریزی و پیش‌بینی جریان می‌باشد (۹، ۱۴).

در این میان، مدل فیزیک پایهSWAT[۱] به‌دلیل همگام‌بودن مدل با سامانه اطلاعات مکانی[۲] به‌عنوان ابزاری قدرتمند در ارزیابی شرایط کنونی حوزه، پیش‌بینی شرایط آتی و نیز شبیه‌سازی اثرات تصمیمات مدیریتی بر اکوسیستم می‌باشد. در این مدل آبخیز به زیر حوزه‌هایی تقسیم می‌شود و سپس بر اساس نوع خاک، توپوگرافی و کاربری اراضی به واحدهایی همگن به نام واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی[۳] تقسیم می‌شود (۶).

مدل SWAT از پارامترهای ورودی قابل دسترس استفاده می‌کند و از نظر محاسباتی بسیار کارآمد است. شبیه‌سازی حوزه‌های بزرگ و پیچیده و با راهکارهای مختلف مدیریتی بدون صرف زمان زیادی قابل اجراست. این مدل کاربر را قادر به مطالعه تأثیرات بلندمدت می‌سازد (۴). آبابایی و سهرابی (۱) طی پژوهشی که با عنوان ارزیابی عملکرد مدل SWAT در حوزه‌آبخیز زاینده‌رود صورت پذیرفت نتیجه گرفت که این مدل می‌تواند تا حدودی ابزار مناسبی در رابطه با شبیه‌سازی شدت جریان رودخانه باشد. استفاده از این مدل یا مدل‌های دیگر به‌دلیل کاهش هزینه عملیات صحرایی (به‌منظور اندازه‌گیری پارامترهای مرتبط با کیفیت آب) و به‌ویژه به‌دلیل کاهش زمان مورد نیاز برای تحلیل مسائل، می‌تواند جزء راهکارهای ممکن به‌منظور ارتقاء سطح مدیریت منابع آب و حفظ محیط زیست قلمداد گردد. آذری و همکاران (۷) در پژوهشی جهت ارزیابی آثار هیدرولوژیکی تغییر اقلیم در حوزه‌آبخیز گرگان‌رود با استفاده از مدل SWAT برای

1- Soil and Water Assessment Tool (SWAT) 2- Geographic Information System (GIS) 3- Hydrologic Response Units (HRU)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]

شبیه‌سازی رژیم هیدرولوژیکی حوزه و از الگوریتم SUFI-2 به‌منظور بهینه‌سازی شاخص‌های مدل استفاده نمودند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که مدل کارایی لازم را برای شبیه‌سازی رژیم هیدرولوژیکی حوزه دارد. حسینی و همکاران (۱۲) طی پژوهشی جهت ارزیابی مؤلفه‌های جریان با استفاده از مدل SWAT در حوزه‌آبخیز طالقان گزارش نمودند که بهره‌گیری از نقشه‌های خاک، پوشش گیاهی، DEM و تلفیق آن‌ها با اطلاعات هیدروکلیماتولوژی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌عنوان یکی از شاخصه‌های مدل در برآورد رواناب نسبت به سایر مدل‌ها محسوب می‌گردد و همچنین بیان گردید که مدل مذکور در دوره‌های زمانی سالانه و ماهانه نتایج مطلوبی در برآورد مؤلفه‌های جریان حوزه طالقان نشان می‌دهد. نتایج سالانه رواناب طی سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۸۷ حاکی از افزایش تصاعدی جریان سطحی به‌میزان ۷/۳٪ و کاهش جریانات زیرقشری به‌میزان ۱۱/۳٪ و جریانات زیرزمینی به‌میزان ۱۱٪ نسبت به سال پایه است. میریعقوب‌زاده (۱۷) در حوزه‌آبخیز تمر با استفاده از مدل SWAT میزان دبی را در دو مقیاس ماهانه و روزانه شبیه‌سازی نموده است. آماره‌های مدل‌سازی حاکی از نتایج خوب و قابل قبول بودن آن در دوره‌های مذکور دارد. ضریب نش- ساتکلیف برای دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۵ در مقیاس ماهانه ۰/۵۲ و برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۵ در مقیاس ماهانه ۰/۵۷ و برای دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۵ در مقیاس روزانه ۰/۵۱ و برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۵ در مقیاس روزانه ۰/۶۲ برای حوزه مذکور به‌دست آمده است. اخوان و جودی (۵) طی پژوهشی با عنوان شبیه‌سازی جریان ورودی به دریاچه ارومیه با استفاده از مدل SWAT گزارش نمودند که نتایج واسنجی در ۱۰ درصد ایستگاه‌های هیدرومتری در حد خیلی‌خوب و ۸۵ درصد از ایستگاه‌ها مناسب ارزیابی شده است. همچنین نتایج اعتبارسنجی نشان داد که به‌ترتیب در ۲۵ و ۴۵ درصد ایستگاه‌ها نتایج در حد خیلی خوب و مناسب بوده است. این شرایط نشان‌دهنده توانایی بالای مدل در شبیه‌سازی جریان حوزه می‌باشد. همچنین برخی عوامل تأثیرگذار بر رواناب ورودی به دریاچـه در سال‌های اخیر مورد ارزیابی قرار گرفت. زارع گاریزی و طالبی (۲۸) در پژوهشی با عنوان شبیه‌سازی بیلان آب حوزه قره‌سو استان گلستان با استفاده از مدل SWAT، نتیجه گرفتند که مدل SWAT برای شبیه‌سازی هیدرولوژی حوزه قره‌سو از کارایی مناسبی برخوردار است. دقت شبیه‌سازی دبی ماهانه در ایستگاه سیاه‌آب (خروجی حوزه) با استفاده از شاخص نش- ساتکلیف در دوره واسنجی ۰/۶ و با شاخص R^2 ۰/۶۵ و در دوره اعتبارسنجی به‌ترتیب ۰/۳۶ و ۰/۶۲ به‌دست آمد. برای شاخص‌های ارزیابی عدم قطعیت نیز مقادیر قابل قبولی بدست آمد. P- فاکتور و R- فاکتور، برای دوره واسنجی به‌ترتیب ۰/۷۷ و ۱/۲۳ و برای دوره اعتبارسنجی به‌ترتیب ۰/۹۷ و ۱/۷۳ به‌دست آمد. بر اساس نتایج شبیه‌سازی مدل، به‌طور متوسط حدود ۶۷٪ بارش از طریق تبخیر و تعرق وارد اتمسفر می‌شود، ۱۷٪ آن به‌صورت رواناب سطحی و جریان جانبی به آبراهه‌ها وارد می‌شود و ۱۶٪ نفوذیافته و وارد سفره زیرزمینی می‌شود.

عباسپور و همکاران (۲) طی تحقیقی در حوزه Thur سوئیس با استفاده از مدل SWAT تمام فرآیندهای مؤثر بر کیفیت آب، رسوب و چرخه غذایی شبیه‌سازی نمودند و این چنین گزارش نمودند که مدل SWAT در شبیه‌سازی رواناب، نیترات و شبیه‌سازی دو هفته یکبار رسوب و فسفر کل عملکرد خوبی داشته است. اندومبا و بیرهانو (۲۳) طی پژوهشی مدل SWAT را برای زیرحوزه‌های رودخانه نیل به‌کار بردند. در این تحقیق ضریب نش- ساتکلیف از ۰/۱۳۷ تا ۰/۸۷ و ضریب تعیین R^2 بین ۰/۲۶ تا ۰/۷۲ به‌دست آمد. این ارزیابی مشخص نمود که مدلSWAT به‌طور رضایت بخشی جریان رودخانه را در شرایط محدودیت دسترسی به داده‌ها شبیه‌سازی کرده است. زاهدی و همکاران (۲۷) اقدام به شبیه‌سازی جریان زیرسطحی برای تعیین مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی با استفاده از مدل SWAT در حوزه‌آبخیز رودخانه درونگر درگز نمودند. نتایج نشان داد که در مرحله واسنجی مقادیر ضریب همبستگی، ضریب همبستگی وزنی و شاخص NS به‌ترتیب برابر با ۰/۷۷، ۰/۷۵ و ۰/۶۵ و در مرحله اعتبارسنجی برابر ۰/۷۱، ۰/۶۷ و ۰/۶۱ حاصل گردید که این ضرایب نشان می‌دهد مدل SWAT با توجه به نتایج حاصل از شبیه‌سازی، در حوزه درونگر کارایی قابل‌قبولی دارد. این مفاهیم برای تفسیر فرآیندهای هیدرولوژیکی شبیه‌سازی شده اهمیت دارد. هدف از این پژوهش مدل‌سازی فیزیکی حوزه آبخیز باراندوزچای به‌منظور درک صحیح از عملکرد سیستم می‌باشد که مدل‌سازی فیزیکی در حوزه باراندوزچای برای اولین بار صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه‌آبخیز باراندوزچای واقع در حوزه‌آبخیز دریاچه ارومیه با مساحت حوزه ۱۳۱۸ کیلومتر مربع، در موقعیت طول شرقی ´۴۵ °۴۴ تا ´۱۶ °۴۵ و عرض شمالی ´۶ °۳۷ تا شمالی ´۲۸ °۳۷ واقع گردیده است که طول رودخانه ۷۱ کیلومتر و حجم رواناب سالانه ۲۶۸ میلیون متر مکعب می‌باشد. میانگین بارش سالانه حوزه ۴۵۷ میلی‌متر بوده و ارتفاع حداقل و حداکثر حوزه به‌ترتیب ۱۲۸۶ متر و ۳۲۹۰ متر می‌باشد. حوزه باراندوزچای در ۴۵ کیلومتری جنوب و جنوب غربی ارومیه قرار گرفته است و سرچشمه آن در کوهای دالامپر و بزسینا در مرز ایران و عراق و ترکیه واقع شده است. موقعیت جغرافیایی حوزه مورد مطالعه در شکل (۲) نشان داده شده است.

مدل SWAT

در این پژوهش، جهت شبیه‌سازی فرآیندهای حوزه‌آبخیز از مدل SWAT_2012.10_421 استفاده شد. مدل SWAT می‌تواند اثرات بلندمدت پارامترها را در حوزه و تحت سناریوهای مختلف شبیه‌سازی نماید (۶). اولین مرحله مدل‌سازی در SWAT، ورود اطلاعات فیزیوگرافی به‌وسیله مدل رقومی ارتفاع و سپس پیکربندی حوزه می‌باشد. در این پژوهش جهت تولید شبکه آبراهه‌ها و زیرحوزه‌ها از لایه رقومی ارتفاع (DEM) حاصل از تصاویر ماهواره‌ای

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]

ALOS-PALSAR با ابعاد ۱۲/۵ متر استفاده گردید. زیرحوزه‌های تولیدشده در مدل حاضر شامل خصوصیاتی هستند که براساس توپوگرافی و خطوط شبکه جریان مشخص می‌شوند. در مرحله بعد هر زیرحوزه با توجه به نقشه کاربری اراضی، خاک و شیب به واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRU) تقسیم‌بندی می‌شود. HRUها واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی می‌باشند که دارای خاک، پوشش گیاهی و خصوصیات شیب تقریبا یکسانی می‌باشند. تعداد این واحدها در هر زیرحوزه باتوجه به تنوع نقشه‌های خاک‌شناسی و تنوع پوشش گیاهی متغیر است. حوزه‌آبخیز باراندوزچای به ۲۵ زیر حوزه و ۶۶۳ HRU تقسیم‌بندی گردید. چرخه‌ی هیدرولوژیکی که به‌وسیله مدل SWAT شبیه‌سازی می‌شود، بر پایه‌ی رابطه‌ی بیلان آبی ذیل می‌باشد (۲۶).

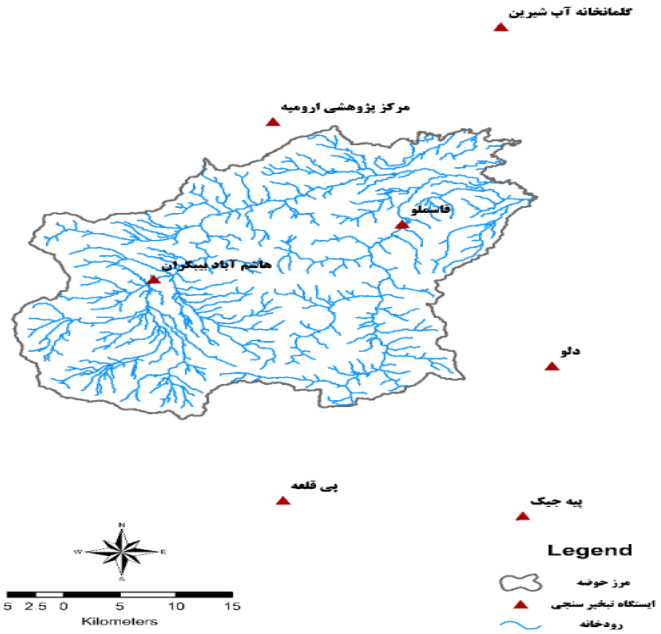
$$SW_t = SW_0 + \sum_{i}^{t} =1(R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \qquad (۱)$$

که در آن، SW_t مقدار نهایی آب در خاک بر حسب میلی‌متر، SW_0 مقدار اولیه‌ی آب در خاک بر حسب میلی‌متر، R_{day} مقدار بارندگی در روز iام بر حسب میلی‌متر، Q_{surf} مقدار رواناب سطحی در روز iام بر حسب میلی‌متر، Ea مقدار تبخیر و تعرق در روز iام بر حسب میلی‌متر، W_{seep} مقدار آبی که از پروفیل خاک به ناحیه غیراشباع در روز iام وارد می‌شود بر حسب میلی متر و Q_{gw} مقدار جریان آب زیرزمینی برگشتی در روز iام بر حسب میلی‌متر می‌باشد. چرخه‌ی هیدرولوژیکی در مدل SWAT در شکل (۳) نشان داده شده است.

از جمله مزیت‌های بکارگیری مدل SWAT در شبیه‌سازی اثرات تغییر کاربری حوزه، صحت بالا، هزینه کم و امکان شبیه‌سازی طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های حفاظتی در مقیاس حوزه‌آبخیز می‌باشد (۱۸). به‌دلیل زیادبودن پارامترهای مدل SWAT و همچنین شبیه‌سازی همزمان بسیاری از متغیرهای هیدرولوژیکی و کشاورزی در این مدل، مدل جدیدی به نام SWAT-CUP جهت آنالیز حساسیت و واسنجی آن توسعه داده شده است (۲).

ورود اطلاعات اقلیمی به مدل

برای این منظور، در ابتدا داده‌های دمای حداکثر، دمای حداقل، رطوبت نسبی، سرعت باد، تابش آفتابی و بارش به مدل معرفی شدند. پس از تکمیل اطلاعات ورودی، مدل برای دوره‌ی واسنجی و صحت‌سنجی، با در نظرگرفتن ۳ سال به‌عنوان دوره‌ی Warm Up اجرا شد. طول دوره آماری مورد مطالعه برای شبیه‌سازی رواناب از سال آبی ۲۰۱۱-۲۰۰۰ برای دوره کالیبراسیون (واسنجی) مدل و سال ۲۰۱۶-۲۰۱۲ برای دوره اعتبارسنجی انتخاب شد. داده‌های بارش از ۱۳ ایستگاه باران سنجی و ۲ ایستگاه سینوپتیک، داده‌های دما از ۷ ایستگاه تبخیرسنجی و ۲ ایستگاه سینوپتیک و داده‌های دبی ۴ ایستگاه هیدرومتری مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های تبخیرسنجی حوزه باراندوزچای
Figure 1. Geographic location of the climatology stations of the Barandouz Chay Basin

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]

کالیبراسیون و تحلیل عدم قطعیت توسط الگوریتم SUFI-2

به‌منظور واسنجی مدل پس از انجام شبیه‌سازی در دوره مورد مطالعه، از الگوریتم SUFI-2 استفاده گردید. یکی از اهداف بهینه‌سازی در فرآیند واسنجی، کاهش عدم قطعیت می‌باشد به‌گونه‌ای که بیشتر داده‌های مشاهده‌ای در سطح ۹۵ppu[1] قرار گیرند. الگوریتم SUFI-2 علاوه بر این که زمینه مناسبی برای واسنجی و بهینه‌سازی پارامترهای ورودی فراهم می‌کند، تحلیل عدم قطعیت در پیش‌بینی متغیرهای خروجی از مدل را نیز امکان‌پذیر می‌سازد (۲). با استفاده از این الگوریتم، تمام عدم قطعیت‌های موجود در خروجی از قبیل عدم قطعیت ورودی‌ها، مدل مفهومی، پارامترها و داده‌های اندازه‌گیری‌شده با ارائه بازه‌ای از پارامترهای ورودی تعریف می‌شوند.

واسنجی و تعیین میزان عدم قطعیت، توسط معیارهایی به نام P-factor و R-factor بررسی می‌شود (۳).

P-Factor شاخصی است که بیانگر درصد داده‌های مشاهداتی که درون بازه عدم قطعیت (پیش‌بینی‌شده) قرار می‌گیرند، است. از آن‌جایی که اثر تمام عوامل عدم قطعیت در متغیر اندازه‌گیری‌شده منعکس می‌شود، P-factor معیار مناسبی برای سنجش قدرت تحلیل عدم قطعیت انجام‌شده نیز می‌باشد. مقدار این معیار بین ۰ـ۱۰۰ درصد متغیر است. هرچه که مقدار این شاخص بیشتر باشد، شبیه‌سازی بهتر صورت گرفته است. در شرایط ایده‌آل سعی بر این است که این مقدار به ۱۰۰ نزدیک گردد. R-factor شاخصی است که از تقسیم میانگین ضخامت بازه عدم قطعیت پیش‌بینی‌شده بر انحراف معیار داده‌های مشاهداتی حاصل می‌شود مقدار R-factor با رابطه زیر بیان می‌گردد.

$$R - Factor = \frac{\bar{d}_x}{\sigma_x} \qquad (۲)$$

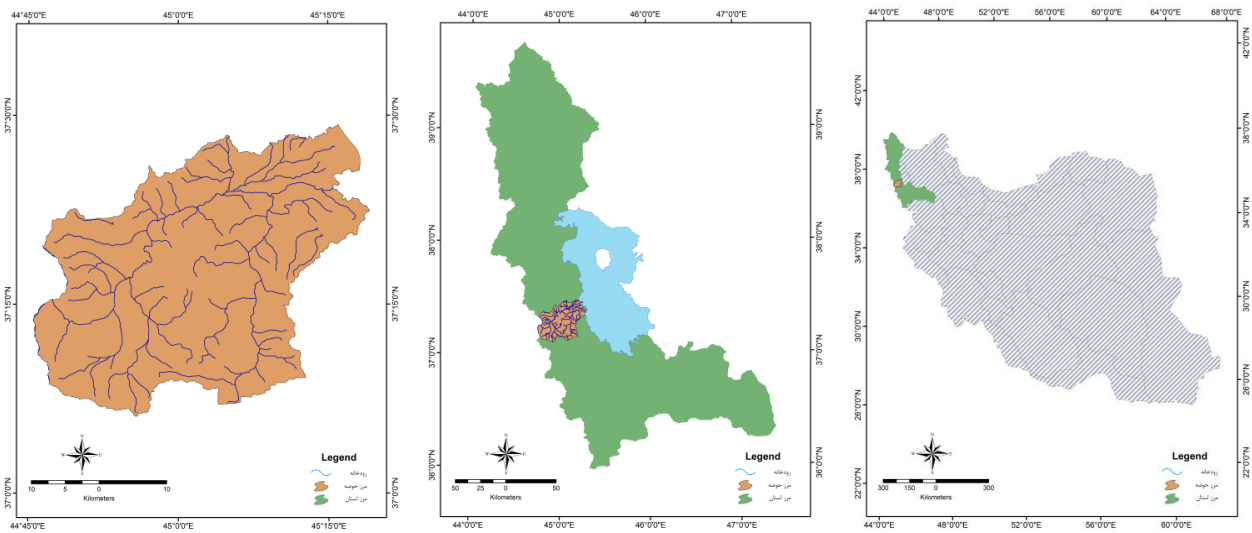
که در آن σ_x انحراف معیار استاندارد متغیر X و $\bar{d}_x$ میانگین فاصله بین کران بالا و پایین می‌باشد. مقدار کمتر از یک مقدار مطلوب R-factor می‌باشد. مقدار R-factor بین صفر و بی‌نهایت تغییر می‌کند و مقدار بهینه آن صفر است.

نکویی برازش توسط اندازه‌گیری‌های عدم قطعیت محاسبه‌شده توسط درصد اندازه‌گیری‌شده که در محدوده ۹۵ppu قرار می‌گیرند و میانگین فاصله $\bar{d}$ مابین کران بالا و پایین ۹۵ppu طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\bar{d}_x = \frac{1}{k}\sum_{1}^{k} = 1(X_U _ X_L)l \qquad (۳)$$

که در آن، k تعداد نقاط مشاهده شده می‌باشد. بهترین خروجی، خروجی است که ۱۰۰٪ اندازه‌گیری‌ها در بین کران بالا و پایین ۹۵ ppu قرار بگیرند و نزدیک به صفر باشد. به‌دلیل خطاهای اندازه‌گیری و عدم قطعیت مدل مقادیر ایده‌آل عموماً به‌دست نمی‌آیند. مقادیر معنی‌دار $\bar{d}$ براساس تمرین و تکرار توسط R-factor مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

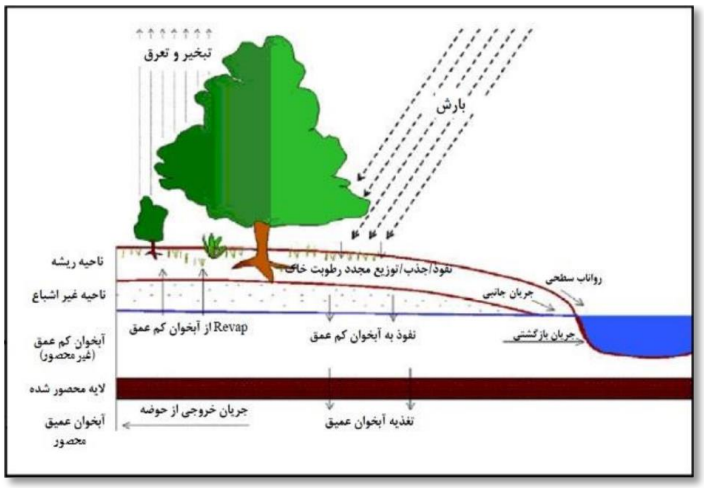
بنابراین در SUFI-2 هدف، کاهش هرچه بیشتر R-factor و در شرایط ایده‌آل رساندن آن به صفر می‌باشد. با افزایش P-factor مقدار R-factor نیز افزایش می‌یابد. لذا محاسبات تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که تعادلی بین این دو فاکتور برقرار شود و این زمانی اتفاق می‌افتد که اکثر داده‌های مشاهداتی در باند تخمین عدم قطعیت ۹۵ درصد واقع شوند (P-factor) و ضخامت باند تخمین عدم قطعیت ۹۵ درصد تا حد ممکن کوچک شود. فاصله از این اعداد می‌تواند درجه قوت کالیبراسیون را تعیین کند. هنگامی‌که مقادیر قابل قبول فاکتور R و فاکتور P به‌دست آمد، عدم قطعیت پارامترها در بازه مطلوبی قرار می‌گیرد. همچنین صحت برازش می‌تواند به‌وسیله R^2 و یا ضریب NS بین مشاهدات و شبیه‌سازی بهینه نهایی تعیین شود (۱۳).



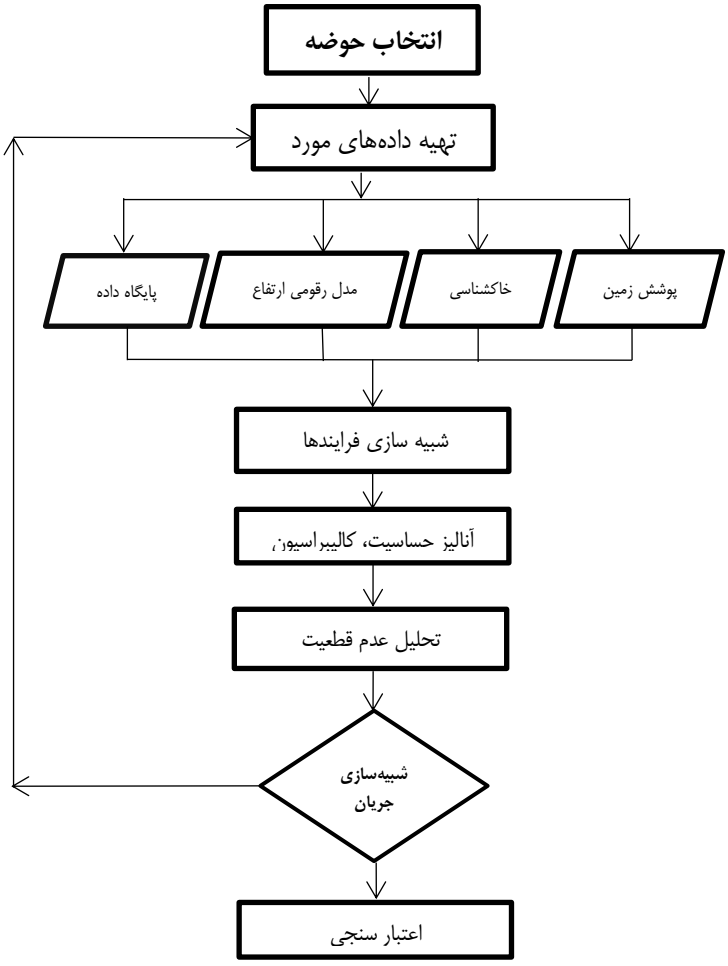
شکل ۲- موقعیت جغرافیایی حوزه باراندوزچای در استان و کشور
Figure 2. Geographical location of the Barandouz Chay Basin in the province and country

1- 95 Percent Prediction Uncertainty

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]



شکل ۳- چرخه هیدرولوژیکی مدل اقتباس از (۲۵)
Figure 3. Hydrological cycle model adapted from (25)



شکل۴- مراحل تحقیق
Figure 4. Research Flowchart

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]

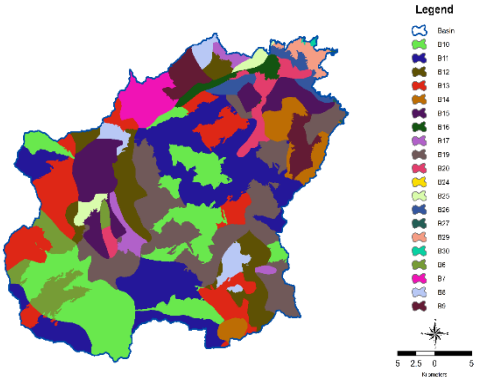
با توجه به تحلیل آمار موجود در ایستگاه‌های باران‌سنجی، تبخیرسنجی و سینوپتیک حوزه باراندوزچای، طول دوره آماری به شکل زیر انتخاب گردید:

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های تبخیر سنجی حوزه باراندوزچای
Table 1. Geographical characteristics of the climatology stations of the Barandouz Chay Basin

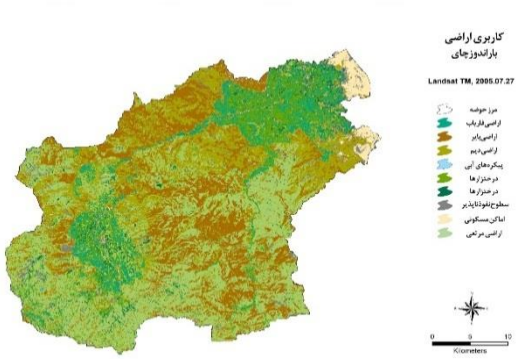
	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	رودخانه	مشخصات جغرافیایی		
				طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (m)
S۱	پی قلعه	تبخیرسنجی	گدارچای	۴۵/۰۳	۳۷/۰۰	۱۵۰۰
S۲	پیه جیک	تبخیرسنجی	نهرخان	۴۵/۲۶	۳۶/۹۸	۱۳۷۵
S۳	قاسملو	تبخیرسنجی	بالانج چای	۴۵/۱۵	۳۷/۳۵	۱۳۸۰
S۴	هاشم‌آباد بیبکران	تبخیرسنجی	باراندوزچای	۴۴/۹	۳۷/۲۸	۱۵۷۰
S۵	گلمانخانه‌آبشیرین	تبخیرسنجی	آب شیرین	۴۵/۲۵	۳۷/۶۰	۱۲۵۲
S۶	مرکز پژوهشی	تبخیرسنجی	شهرچای	۴۵/۰۱	۳۷/۴۸	۱۳۸۵
S۷	دلو	تبخیرسنجی	گدارچای	۴۵/۳۰	۳۷/۱۶	۱۶۳۰

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک حوزه باراندوزچای
Table 2. Geographic characteristics of the synoptic stations of the Barandoz Chay Basin

	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	مشخصات جغرافیایی		
			طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (m)
S۱	ارومیه	سینوپتیک	۴۵/۰۶	۳۷/۶۰	۱۳۲۸
S۲	اشنویه	سینوپتیک	۴۵/۱۳	۳۷/۰۵	۱۴۱۴



شکل ۵- نقشه خاک حوزه باراندوزچای
Figure 5. Soil map of the Barandouz Chay basin



شکل۶- نقشه کاربری اراضی حوزه باراندوزچای
Figure 6. Land use map of the Barandouzhay Chay basin

جدول ۳- طول دوره آماری شبیه‌سازی جریان در حوزه باراندوزچای
Table 3. Statistical duration of flow simulation in Barandouz Chay Basin

کل دوره	دوره واسنجی	دوره اعتبارسنجی
۲۰۰۰-۲۰۱۶	۲۰۰۳-۲۰۱۱	۲۰۱۲-۲۰۱۶

توابع ارزیابی کارآیی مدل SWAT

برای ارزیابی بهترین برازش بین هیدروگراف‌های شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌ای، معیارهای ارزیابی کارایی مدل به‌کار گرفته می‌شوند.

معیار نش- ساتکلیف

معیار نش- ساتکلیف برای مطابقت نتایج شبیه‌سازی با مقادیر مشاهداتی توسط مدل SWAT استفاده می‌شود. که دبی‌های جریان تا چه اندازه درست شبیه‌سازی شده اند. معیار نش-ساتکلیف، یک آماره نرمال شده است که بزرگی نسبی واریانس باقیمانده را در مقایسه با واریانس داده‌های مشاهداتی تعیین می‌کند معادله آن به شرح زیر است.

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(Qsi-Qoi)^2}{\sum_{i=1}^{N}(Qoi-\overline{Qo})^2} \qquad (۴)$$

که در آن: Osi مقدار داده مشاهداتی، Qoi مقدار شبیه‌سازی‌شده مدل، $\overline{Qo}$ میانگین مقادیر مشاهداتی و n تعداد داده‌های مشاهداتی است. دامنه تغییرات NS از ∞_ تا ۱ است که مقدار ۱ بهترین مقدار ممکن محسوب می‌شود (Nash، ۱۹۷۰ ؛ SWAT-Cup Ver. 5.1.6.2 user manual).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]

مجذور میانگین مربعات خطا

از دیگر پارامترهای آماری که کاربرد زیادی دارد، مجذور میانگین مربعات خطا است که برای بیان تفاوت مابین مقادیر پیش‌بینی‌شده و شبیه‌سازی‌شده در مدل به‌کار می‌رود و معیار مناسبی برای درک کارایی مدل است. رابطه آن به‌صورت زیر می‌باشد (SWAT-Cup Ver. 5.1.6.2 user manual).

$$RMSE=\sqrt{\sum\frac{(Q_{sim}-Q_{obs})^2}{N}} \quad (۵)$$

برای بهترین پردازش، RMSE = 0. بنابراین، محدوده شاخص RMSE از صفر تا بی‌نهایت است، صفر مربوط به ایده‌آل است. مقادیر کمتر RMSE حاکی از دقت بالای مدل است.

میانگین خطای مطلق

این پارامتر طبق توصیه راهنمای مدل SWAT، یکی از بهترین پارامترهای آماری برای ارائه در گزارشات می‌باشد. در واقع این پارامتر مقدار متوسط خطاها را در مجموعه پیش‌بینی‌ها، بدون در نظرگرفتن جهت آن‌ها اندازه‌گیری می‌کند (SWAT-Cup Ver. 5.1.6.2 user manual).

$$MAE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|(Qs_i-Qo_i)\right| \quad (۶)$$

در این رابطه‌ها، Qsi وQsim و Ysim: دبی شبیه‌سازی شده، Qoi و Qobs و Yobs: دبی مشاهداتی در گام زمانی i (مترمکعب بر ثانیه)، $\overline{Qo}$: میانگین دبی‌های مشاهداتی در طول دوره آماری و N تعداد گام‌های زمانی است.

نتایج و بحث

کالیبراسیون و صحت سنجی

دوره‌ی کالیبراسیون، سال‌های ۲۰۰۰–۲۰۱۱ و دوره صحت‌سنجی، سال‌های ۲۰۱۶–۲۰۱۲ را شامل می‌گردد.

معیار نش– ساتکلیف (NS) به‌عنوان معیار کالیبراسیون در بخش تابع هدف[1] به مدل معرفی شد و مدل با ۲۰۰۰۰ دور[2] شبیه‌سازی گردید، مدل تا زمانی اجرا می‌گردد که نتایج قابل‌قبول حاصل گشته و عدم قطعیت‌های موجود به کمترین میزان خود میل کند. ارزیابی کارایی مدل با استفاده از ضرایب NS، RMSE و MAE بین داده‌های شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی مورد محاسبه قرار گرفت.

جدول ۴– مقادیر بهینه پارامترهای منتخب در مدل SWAT

Table 4. Optimal Values of Selected Parameters in the SWAT Model

ردیف	نام پارامتر	توضیحات	حداقل	حداکثر
۱	CN2	شماره منحنی در شرایط رطوبتی متوسط	−۰/۴۳	۱۶/۶۴۲
۲	SFTMP	متوسط دمای هوا برای بارش برف (درجه سانتیگراد)	۰/۱۲۹	۴/۳۹
۳	SMTMP	دمای پایه ذوب توده برف (درجه سانتیگراد)	۱/۶۲	۱۰
۴	SMFMX	نرخ ذوب برف در ۲۱ژوئن (میلی‌متر در روز)	۱۶/۱۴	۳۲/۰۵
۵	SMFMN	نرخ ذوب برف در ۲۱دسامبر (میلی‌متر در روز)	−۴/۳۹	۸/۵۳
۶	TIMP	فاکتور تاخیر دمای فشرده سازی برف	−۳	۰/۲۷
۷	GW-DELAY	زمان تاخیر برای تغذیه آبخوان (روز)	۴۸۸/۷	۶۶۶/۳
۸	ALPHA-BF	پارامتر آلفای آب زیزمینی	۱۴/۴	۲۳/۳
۹	REVAPMN	تبخیر از عمق (mmH_2O)	−۳۲/۱	−۱۶/۳
۱۰	GW-REVAP	ضریب صعود مویینگی از سفره کم عمق	۱/۲	۱/۷۸
۱۱	RCHRG-DP	درصد نفوذ به سفره عمیق	−۴۰	−۲۱/۴
۱۲	GWQMN	حداقل عمق مورد نیاز سطح ایستابی در سفره‌های کم عمق برای وقوع جریان (mm)	۱۰/۹	۳۶/۹
۱۳	SOL-AWC	آب قابل دسترس خاک	−۲۰	−۱۰
۱۴	SOL-K	هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (mm/hr)	۱۵	۲۵
۱۵	SOL-BD	جرم مخصوص ظاهری خاک	۵	۱۰
۱۶	SOL-ALB	ضریب بازتاب لایه خاک	۰/۰۹۲	۰/۲۵
۱۷	EPCO	فاکتور جبران جذب آب توسط گیاه	۰/۳۹	۱/۱۹
۱۸	ESCO	فاکتور جبران کننده تبخیر از خاک	۲۱/۳	۲۴/۱۸
۱۹	SLSUBBSN	طول شیب زمین در HRU	۱۱۹/۴	۲۰۰
۲۰	OV-N	ضریب زبری مانینگ برای جریان سطحی	−۰/۴۴	۰/۵۱
۲۱	CH-N2	ضریب مانینگ رودخانه اصلی	۰/۰۲۵	۰/۰۹۷
۲۲	CH-K2	هدایت هیدرولیکی موثر بستر رودخانه اصلی (mm/hr)	۲۰	۷۹/۱۲
۲۳	ALPHA-BNK	ضریب آلفای جریان پایه برای ذخیره	−۱۵	−۶/۵۵
۲۴	SURLAG	ضریب تاخیر رواناب سطحی	۰/۱۸۶	۰/۵۶
۲۵	HRU_SLP	میانگین تندی شیب متوسط	۹/۷	۱۰/۲
۲۶	PLAPS	گرادیان بارش	۸۴۰/۵	۱۷۱۴/۱
۲۷	TLAPS	گرادیان دما	−۲/۶	۶/۶

1- Objective Function

2- Iteration

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

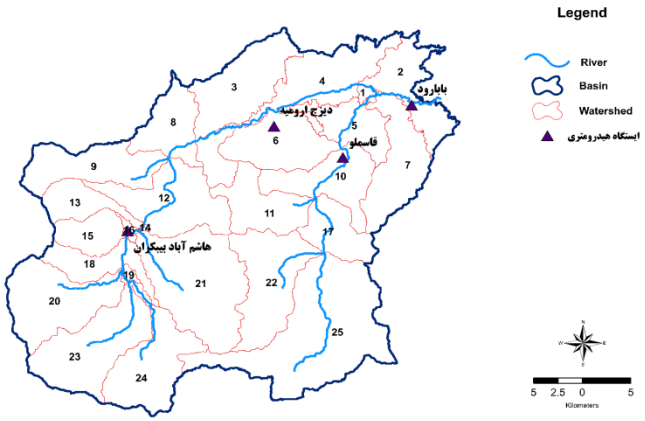
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]

[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]

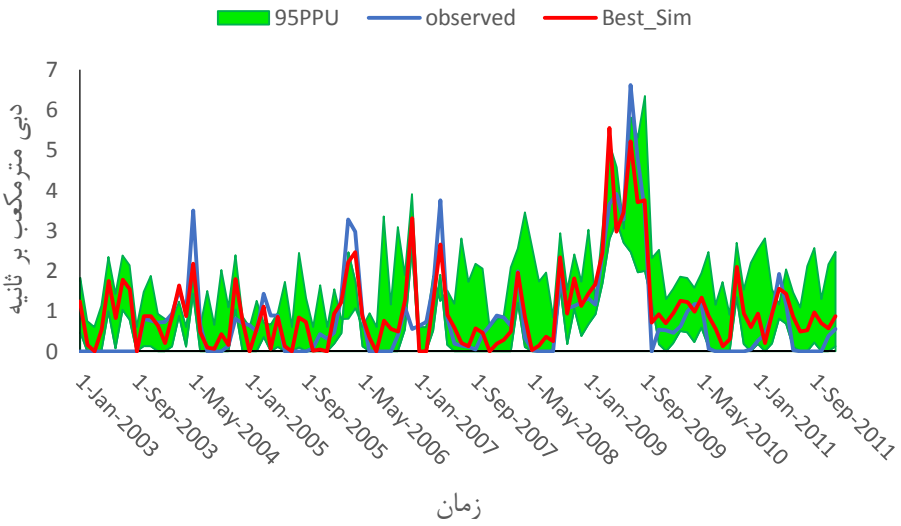
شکل (۷) حوزه‌آبخیز باراندوزچای، ساخته‌شده توسط مدل SWAT را نشان می‌دهد. در این شکل، محدوده حوزه، زیرحوزه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری مشخص شده‌اند.

در مطالعات صورت گرفته ایستگاه‌های بابارود و هاشم‌آباد بیبکران به‌دلیل نقص ایستگاه‌ها در میزان دبی برآوردی (دبی‌های بالایی که در داده‌های مشاهداتی ثبت شده بود) از فرآیند کالیبراسیون حذف گردیدند. همچنین ایستگاه دیزج به‌دلیل کمبود داده در طول دوره آماری مورد بررسی حذف گردید. در این مطالعه، واسنجی مدل به‌منظور شبیه‌سازی رواناب در ایستگاه قاسملو برای سال‌های ۲۰۰۰–۲۰۱۱ انجام شد.

شکل (۸) نتایج حاصل از اجرای مدل در مرحله واسنجی و جدول (۵) ضرایب حاصله در مرحله واسنجی مدل با گام زمانی ماهانه در ایستگاه هیدرومتری قاسملو را نشان می‌دهد.



شکل ۷– حوزه باراندوزچای در مدل SWAT
Figure 6. Barandouz Chay Basin in the SWAT model



شکل ۸– نتایج حاصل از اجرای مدل SWAT در مرحله واسنجی در ایستگاه قاسملو (۲۰۱۱–۲۰۰۰)
Figure 7. Results from the implementation of the SWAT model at calibration period at Ghasemlou station (2000-2011)

جدول ۵– ضرایب حاصله در مرحله واسنجی مدل در پایه زمانی ماهانه در ایستگاه قاسملو (۲۰۱۱–۲۰۰۰)
Table 5. The obtained coefficients in the calibration period of the model at the monthly time scale at Ghasemlou station (2000-2011)

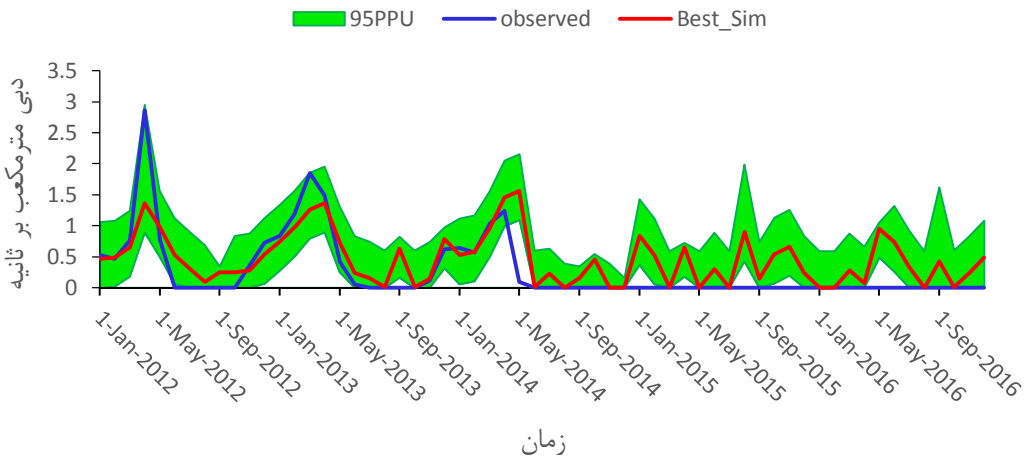
	شاخص‌های آماری				
ایستگاه قاسملو	RMSE	MAE	P-factor	R-factor	NS
	۰/۶۶۹	۰/۴۸	۰/۷۱	۰/۳۲	۰/۶۶

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]

اعتبار سنجی مدل

به‌منظور آزمایش توانایی لازم مدل در پیش‌بینی جریان حوزه‌آبخیز باراندوزچای در این مرحله پس از واسنجی پارامترهای منتخب اقدام به اعتبارسنجی جریان در دوره مشاهداتی ۲۰۱۲–۲۰۱۶ گردید.

نتایج حاصل از اعتبار سنجی مدل در ایستگاه قاسملو در شکل (۹۸) و ضرایب حاصله در مرحله اعتبار سنجی مدل در گام زمانی ماهانه در ایستگاه قاسملو در جدول (۶) ارائه شده است.



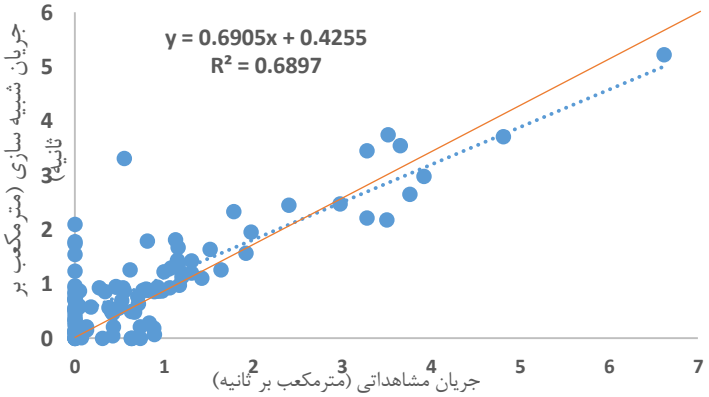
شکل ۹– نتایج حاصل از اجرای مدل SWAT در مرحله اعتبار سنجی در ایستگاه قاسملو (۲۰۱۶–۲۰۱۲)
Figure 8: Results from the implementation of the SWAT model at the validation period at Ghasemlou Station (2012-2016)

جدول ۶– ضرایب حاصله در مرحله اعتبار سنجی مدل در پایه زمانی ماهانه در ایستگاه قاسملو (۲۰۱۶–۲۰۱۲)
Table 6. The obtained coefficients in the model validation period at the monthly time scale at Ghasemlou station (2012-2016)

ایستگاه قاسملو	شاخص‌های آماری				
	RMSE	MAE	P-factor	R-factor	NS
	۰/۴۵۶	۰/۲۷	۰/۶۳	۰/۳۶	۰/۵۱

همبستگی جریان

میزان همبستگی جریان مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در ایستگاه هیدرومتری قاسملو مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۰– همبستگی جریان مشاهداتی و شبیه‌سازی (واسنجی) در ایستگاه قاسملو
Figure 9. Correlation of observation and simulation (calibration) flow at Ghasemlou Station

مدل SWAT یک مدل فیزیک پایه است که برای حوزه‌های بزرگ مقیاس استفاده می‌شود که نسبت به سایر مدل‌های موجود توانایی بالا در شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیک دارد. این مدل با استفاده از دبی جریان متوسط ماهانه در ایستگاه هیدرومتری قاسملو واسنجی و اعتبارسنجی گردید که نتایج این ایستگاه با توجه به وسعت حوزه و تعداد ایستگاه‌های دیگری که داده های مناسب کمی دارند رضایت بخش بود. علاوه بر این، استفاده از این ابزار برای پژوهشگران

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]

و مدیران اجرایی امکان ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریتی را (که امکان اجرای آن در کوتاه مدت و بدون صرف هزینه سنگین وجود ندارد) به‌وجود آورده، می‌توان با تحلیل نتایج بهترین تصمیم را اتخاذ نمود. در این تحقیق از مدل SWAT و نیز از روش تحلیل عدم قطعیت SUFI-2 برای شبیه‌سازی رواناب حوزه آبخیز باراندوزچای استفاده گردید. حوزه آبخیز باراندوزچای به ۲۵ زیرحوزه و ۶۶۳ HRU تقسیم‌بندی گردید. نتایج ارزیابی مدل SWAT در طی دوره واسنجی، اعتبارسنجی و پیش‌بینی با شاخص‌های ارزیابی آماری RMSE، MAE، R^2 و نش- ساتکلیف (NS) صورت گرفت. بررسی ضریب نش- ساتکلیف شبیه‌سازی دوره کالیبراسیون و اعتبارسنجی در مقیاس ماهانه نشان از کارآیی نسبی مدل در شبیه‌سازی جریان در مقیاس ماهانه دارد. بر اساس پیشنهاد بنامن و همکاران (۸) شبیه‌سازی مدل موقعی می‌تواند رضایت بخش باشد که مقدار ضریب همبستگی موجود بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده بیشتر از ۰/۶۰ و ضریب نش- ساتکلیف بیشتر از ۰/۵۰ باشد. همچنین مطابق گزارش موریسی (۱۹) اگر ضریب نش- ساتکلیف بیشتر از ۰/۶۵ باشد نتایج واسنجی و اعتبارسنجی خیلی‌خوب، اگر بین ۰/۵ تا ۰/۶۵ باشد نتایج مناسب و اگر کمتر از ۰/۵ باشد نتایج واسنجی و اعتبارسنجی رضایت‌بخش است. که نتایج ضریب نش- ساتکلیف و R^2 حاصل از ایستگاه قاسملو در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی با مقادیر فوق مطابقت دارد. در مرحله واسنجی ایستگاه قاسملو همبستگی خوب (Ns =۰/۶۶ و R^2 =۰/۶۸) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی به‌دست آمد. در مرحه اعتبارسنجی مقادیر Ns و R^2 به‌ترتیب ۰/۵۱ و ۰/۶۸ به‌دست آمد که بیانگر رابطه خطی مناسبی بین دو مقدار مشاهده‌ای و شبیه‌سازی است. این مطالعه مشخص کرد که مدل SWAT می‌تواند یک ابزار موثر برای شبیه‌سازی هیدرولوژی حوزه آبخیز باراندوزچای باشد. بنابراین با توجه به شکل‌ها و معیارهای مورد ارزیابی نتایج حاصل از واسنجی مدل در اکثر زمان‌ها با مقادیر رواناب مشاهداتی همبستگی بسیار نزدیکی دارد. نتایج تحقیق با نتایج پژوهش‌های اخوان و جودی (۵)، ناصرآبادی و همکاران (۲۱)، گودرزی و همکاران (۱۱)، زارع گاریزی و طالبی (۲۸) و آبابایی و سهرابی (۱) همخوانی دارد. خاطر نشان می‌سازد که مدل به داده‌های با دقت کافی جهت شبیه‌سازی مناسب جریان نیازمند است. همچنین نتایج دوره اعتبارسنجی از دقت بالاتری از لحاظ شبیه‌سازی دینامیک جریان و عدم قطعیت پایین برخوردار بودند.

آنالیز حساسیت مدل مشخص نمود که بیشترین حساسیت را به‌ترتیب پارامترهایSFTMP (متوسط دمای هوا برای بارش برف)، TLAPS (گرادیان دما)، SOL-K (هدایت هیدرولیکی اشباع خاک)، CDN (ضریب دنیتریفیکاسیون)، ALPHA-BNK (ضریب آلفای جریان پایه)، SLSUBBSN (طول شیب زمین در HRU)، SMTMP (دمای پایه ذوب توده برف)، PLAPS (گرادیان بارش)، SMFMX (نرخ ذوب برف در ۲۱ ژوئن) دارا می‌باشند. با مراجعه به شکل ۷ مشخص می‌شود روند شبیه‌سازی مدل با مقادیر مشاهده‌ای همخوانی دارد. نتایج در اکثر نقاط انطباق خوبی با مقادیر اندازه‌گیری‌شده دارد ولی در بین ماه ژانویه در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۹ کمتر از مقدار واقعی شبیه‌سازی شده است. مدل نقاط ماکزیمم را به‌خوبی شبیه‌سازی نکرده است. این خطاها را می‌توان ناشی از خطا در اندازه‌گیری دبی در ایستگاه هیدرومتری و یا در نظرنگرفتن برداشت آب برای مصارف کشاورزی و صنعتی دانست. به‌علت عدم دسترسی به اطلاعات کافی در مورد مقدار آب برداشتی از رودخانه‌ها شبیه‌سازی جریان پایه ضعیف می‌باشد که نتایج حاصل با مطالعه اخوان و جودی (۵) و ناصرآبادی و همکاران (۲۲) مطابقت دارد. در مجموع نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در مدل SWAT نقش خاک در شبیه‌سازی جریان رودخانه مهم‌تر از سایر بخش‌ها بوده و برای یک شبیه‌سازی موفق لازم است اطلاعات کامل خاک‌شناسی منطقه مورد مطالعه تهیه شده باشد.

دقت یک شبیه‌سازی در کنار روش‌های محاسباتی استفاده‌شده در مدل، به‌دقت داده‌های ورودی آن بستگی دارد. بنابراین در استفاده از نتایج شبیه‌سازی‌ها باید بر اساس دقت داده‌های ورودی به نتایج اعتماد کرد و متناسب با آن یک حدود اطمینان کافی در محاسبات اقدامات مدیریتی پیشنهادی در نظر گرفت.

با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود از مدل SWAT واسنجی‌شده برای بررسی اثر اقدامات مدیریتی در حوزه باراندوزچای استفاده گردد و می‌تواند در حوزه‌های آبخیز مشابه نیز مورد استفاده واقع گردد.

منابع

1. Ababei, B. and T. Sohrabi. 2009. Assessing the performance of SWAT model in Zayandeh Rud Watershed. Journal of Water and Soil Conservation, 16(3): 41-58 (In Persian).
2. Abbaspour, K., J. Yang, I. Maximov, R. Siber, K. Bogner, J. Mieleitner and R. Srinivasan. 2007. Modelling hydrology and water quality in the prealpine/alpine Thur watershed using SWAT. Journal of Hydrology, 333: 413-430.
3. Abbaspour, K.C. 2011. Swat-Cup2: SWAT Calibration and Uncertainty Programs Manual Version 2, Department of Systems Analysis, Integrated Assessment and Modelling (SIAM), Eawag. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Duebendorf, Switzerland. 106 pp.
4. Akbari Mejdar, H., A. Bahremand and A. Najafinejad. 2014. Sensitivity Analysis of SWAT Mode in Chehelchai Watershed Golestan Province, Journal of Water and Soil Science, (18): 279-287 (In Persian).
5. Akhavan, S. and A. Jodi Hameze Abad. 2015. Simulation of Inflow to Urmia Lake Using SWAT Model. Journal of Water and Soil Science, (19): 23-34 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]

6. Arnold, J., R. Srinivasan, R. Muttiah and J. Williams. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development1.Journal of the American Water Resources Association, 34(1): 73-89.
7. Azari, M., H.R. Moradi, B. Saghafian and M. Faramarzi. 2013. Assessment of Hydrological Effects of Climate Change in Gourganroud River, Journal of Water and Soil, (27): 537-547 (In Persian).
8. Benaman, J., C.A. Shoemaker and D.A. Haith. 2005. Calibration and validation of Soil and Water Assessment Tool on an agricultural watershed in upstate New York. Journal of Hydrology. Eng, 10(5): 374-363.
9. Boustine, F. and E. Gohargani. 2014. Simulation of the water quality of the Bashar River in the city of Yasouj using a similar to QUAL2K. Journal of Water Resources Engineering, 23(7): 85-98 (In Persian).
10. Dovonec, E. 2000. A physically based distributed hydrologic model, M.Sc. Thesis Pennsylvania state university, USA, 167.
11. Goodarzi, M.R., B. Zahabiyoun and A. Massah Bavani. 2016. Simulation of Rainfall-Runoff for Gharesou Watershed Using SWAT Model, Journal of Environmental Science and Technology, 18(2): 11-20 (In Persian).
12. hoseini, M., M. Ghafouri, M. Tabatabaee, M. Godarzi and S.A. Hejazi. 2013. Evaluation of Runoff Components by SWAT Model in Taleghan Catchment. Journal of Geography and planning, (17): 27-41 (In Persian).
13. Kavian, A., M. Namdar, M. Golshan and M. Bahri. 2017. Hydrological modeling of Climate Changes Impact on flow discharge in Haraz River Basin. Journal of Natural Environmental Hazards, 12(6): 89-104 (In Persian).
14. Khalighi, Sh., T. Zinati, A. Salajeghe, A. Kohandel and Gh. Mortezaee. 2009. The semi distributed of rainfall – runoff modeling in low data sub basin (Case study: latian basin), 5th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of IRAN, Gorgan, Watershed Management Society of Iran (In Persian).
15. Loukas, A., L. Vasiliades and J. Tzabiras. 2008. Climate change effects on drought severity, Advances in Geosciences, 17: 23-29.
16. Marcos, H.C., B. Aurelie and A.C. Jeffrey. 2003. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Rocantins River, Southeastern Amazonia. Journal of Hydrology, 283: 206-217.
17. Miryaghoubzadeh, M.H. 2014. Investigation of SWAT Semi Distributed Model Development in Evapotranspiration Parameter Using Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). Ph.D. Thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. 172 pp (In Persian).
18. Mohammadi, M., A. Kavian and L. Gholami. 2015. WAT Model Applications: a Overview with Emphasis on Evaluation the Impacts of Land use Changes and the best Management Practices in Watershed Scale. Extension and Development of Watershed Management, 3(8): 39-46 (In Persian).
19. Moriasi, D.N., J.G. Arnold, M.W. Van Liew, R.L. Bingner, R.D. Harmel and T.L. Veith. 2007. Model Evaluation Guidelines for Systematic Qantification of Accuracy in Watershed Simulations. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 50(3): 885-900.
20. Najafi, M.R. 2002. Hydrological Systems: Rainfall - Runoff Modeling.Volume (1), University of Tehran Press, 587 (In Persian).
21. Naserabadi, F., A. Esmali Ouri, H. Akbari and R. Rostamian. 2014. A sensitivity analysis of SWAT model in Ghareh Su watershed. Watershed Engineering and Management, 4(5): 255-265 (In Persian).
22. Naserabadi, F., A. Esmali Ouri, H. Akbari and R. Rostamian. 2016. River flow Simulation using SWAT Model (Case study: Ghareh Su River in Ardabil Province-Iran). Journal of Watershed Management Research, 13(7): 50-59 (In Persian).
23. Ndomba, P.M. and B.Z. Birhanu. 2008. Problems and Prospects of SWAT Model Applications in NILOTIC Catchments. Nile Basin Water Engineering Scientific Magazine, 1: 41-52.
24. Refahi, H. 2003. Water Erosion and Conservation, University of Tehran press, 671 (In Persian).
25. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Ver. 2012.10.18 user manual:
26. http://swat.tamu.edu/media/114878/arcswat_version201210_218_releasenotes.pdf
27. Winchell, M., R. Srinivasan, M.D. Luzio and J.G. Arnold. 2012. Arc–SWAT interfaces for SWAT2009-User's guide. USDA Agricultural Research Service and Texas A&M Blackland Research Center, Temple, Texas.
28. Zahedi, E., A. Talebi, S.A. Tabatabaei, A. Raeisi and M. Asiayi. 2016. Subsurface flow simulations to determine potential areas of groundwater dam using SWAT model (Case Study: Doroongar Watershed, Dargaz). Journal of Watershed Management Research, 7: 206-215 (In Persian).
29. Zare Garizi, A. and A. Talebi. 2016. Water balance simulation for the Ghare-Sou Watershed, Golestan, using the SWAT model. Journal of Water Resources Engineering, 30(9): 37-50 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]

River Flow Simulation using SWAT Physically Based Model in Barandouzchay of Urmia Lake River Basin

Seyed Amin Khosravi[1] and Mir Hasan Miryaghoubzadeh[2]

1- M.Sc. in Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
2- Assistant Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran, (Corresponding Author: m.miryaghoubzadeh@urmia.ac.ir)
Received: 20 April, 2019 Accepted: 22 July, 2019

Abstract

Nowadays, there are too many models in the world for simulation of hydrological processes, such as the SWAT physically based model. The SWAT model is a continuous and physically based hydrologic model that is the smallest unit in this model is Hydrologic Response Unit, and all hydrological processes are simulated in each of these units. This model can simulate runoff, sedimentation, erosion and chemical transfer in complex basins, taking into account different information layers such as soil, land use and digital elevation model of the basin. The first step in using these models is to prove their ability to simulate the water cycle of the basin. The SWAT model in Barandozchay basin simulated the monthly time step flow and the parameters involved in the hydrological processes calibrated. The SUFI-2 algorithm used in order to the calibration of the model. The time period of 2000-2011 and 2012-2016 were used for calibration and validation, respectively. The results of the calibration of monthly discharge with P-factor, R-factor, and NS criteria were 0.71, 0.32, and 0.66 and in validation process were 0.63, 0.36, and 0.51 respectively in Ghasemlou station. The results revealed that the high ability of the model in river flow simulation. Due to the weakness of empirical models in estimating watershed processes, it is recommended to use the physically based models in simulation of these processes.

Keywords: Barandouzchay basin, Hydrologic modelling, River flow simulation, SWAT model, Uncertainty

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.22.17.3]

[DOI: 10.52547/jwmr.11.22.31]