دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

# بررسی کارایی مدل SWAT در شبیه‌سازی رواناب و رطوبت موجود در خاک در حوضه دویرج استان ایلام

فاطمه بالویی[۱]، سعید سلطانی کوپائی[۲] و محسن توکلی[۳]

۱- دانش آموخته دانشگاه صنعتی اصفهان، رشته مهندسی منابع طبیعی، آبخیزداری، (نویسنده مسوول: fateme.baloi1@gmail.com)
۲- استاد گروه مرتع و آبخیز، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استاد گروه مرتع و آبخیز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۶
صفحه: ۱۸۰ تا ۱۹۰

## چکیده

**مدل‌های مختلفی جهت شرح و پیش‌بینی هیدرولوژی آبخیز ارائه شده که از نظر اهداف و مقیاس زمانی و مکانی متفاوت‌اند. در این مطالعه از مدل SWAT جهت شبیه‌سازی پاسخ هیدرولوژیکی حوضه دویرج استفاده شد. ورودی‌های اصلی مدل شامل اطلاعات هواشناسی، نقشه مدل رقومی ارتفاعی حوضه، نقشه خاک‌شناسی و نقشه کاربری اراضی است. با استفاده از مدل SWAT_CUP با وارد کردن داده‌های مشاهداتی دبی خروجی از حوضه و انجام مراحل واسنجی طی دوره ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸ کارایی مدل افزایش یافت و سپس مرحله اعتبارسنجی از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ توانایی مدل را برای شبیه‌سازی بارش- رواناب و استفاده از آن را برای اهداف مطالعه تایید نمود. میانگین درازمدت رطوبت خاک در سال ۱۹۹۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳ به‌ترتیب برابر با ۵۲۴/۲۴، ۳۳۷/۵۹ و ۴۶۸/۷۷ میلی‌متر می‌باشد. مطالعه اجزای بیلان شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT نشان داد که برای سال ۱۹۹۶ علارغم بارندگی شدید بیلان آبی تقریباً برابر صفر است؛ مشخص شد عمده تلفات در این سال به‌وسیله‌ی تبخیر و تعرق اتفاق افتاد. برای سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳ بیلان آبی مثبت است زیرا مجموع تبخیر و تعرق، جریان برگشتی به رودخانه، جریان جانبی، نفوذ و رواناب سطحی از مجموع بارش کمتر است.**

**واژه‌های کلیدی: بیلان آبی، دویرج، رطوبت خاک، SWAT، SWAT_CUP**

## مقدمه

مدل‌های مختلفی جهت شرح و پیش‌بینی هیدرولوژی آبخیز ارائه‌شده که از نظر اهداف و مقیاس زمانی و مکانی متفاوت‌اند. تفاوت شرایط و اطلاعات ناقص و نامناسب باعث می‌شود اعتبار مدل و تطابق آن با واقعیت امری دشوار و نسبی شود و بیان اینکه مدلی دقیقاً بیان‌گر واقعیت است غیرممکن است (۶). آبابایی و سهرابی (۱) به ارزیابی عملکرد مدل SWAT در حوضه آبریز زاینده‌رود پرداختند. بهترین نتایج پژوهش آن‌ها در ایستگاه پل کله و ضعیف‌ترین نتایج در ایستگاه قلعه شاهرخ به‌دست آمد. نتایج شبیه‌سازی آن‌ها نشان می‌دهد که SWAT می‌تواند ابزار مناسبی در رابطه با شبیه‌سازی شدت جریان رودخانه باشد. شایگان و همکاران (۲۶) از مدل SWAT جهت شبیه‌سازی بارش-رواناب در حوضه طالقان استان گلستان استفاده کردند. نتایج نشان داد که این مدل توانایی کمتری در شبیه‌سازی دبی اوج دارد چراکه مقادیر کمتری را برای دبی‌های اوج در واسنجی و اعتبارسنجی تخمین زده است. در مجموع، مدل مذکور قابلیت زیادی برای پیش‌بینی دبی ماهانه حوضه طالقان داشت. شباهت زیاد منحنی‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی این توانایی را تایید کرد. زاهدی و همکاران (۳۰) شبیه‌سازی جریان زیرسطحی برای تعیین مناطق مستعد احداث سد زیرزمینی در حوزه آبخیز رودخانه درونگر درگز را با استفاده از مدل SWAT انجام دادند. نتایج بررسی‌های آن‌ها نشان داد مناطق شمالی و جنوبی حوزه دارای جریان زیرسطحی بالاتری نسبت به مناطق مرکزی می‌باشد. زلکی بدیلی و همکاران (۳۱) از مدل SWAT جهت شبیه‌سازی رواناب حوضه آبخیز سد مارون (ایدنک) استفاده کردند. مدل با استفاده از اندازه‌گیری‌های شدت جریان از سال ۲۰۰۶-۱۹۹۴ در ایستگاه ایدنک واسنجی و اعتبارسنجی گردید. نتایج کلی شبیه‌سازی نشان‌دهنده توانایی مناسب مدل SWAT در شبیه‌سازی رواناب است. یانگ و همکاران (۲۹) به بررسی هیدرولوژی و کیفیت آب حوضه آبریز تور واقع در کشور سوئیس با استفاده از مدل SWAT پرداختند. جهت واسنجی و عدم قطعیت مدل از الگوریتم SUFI-2 استفاده کردند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که مدل SWAT، دبی، روندیابی نیترات، فسفر و رسوب را به‌خوبی در این حوضه نشان داده است. شاوال و همکاران (۲۵) به‌منظور ارزیابی عملکرد SWAT در تحلیل پارامترهای هیدرولوژیک بر تغییرات جریان و تخمین عملکرد آبی ماهانه و فصلی در حوضه کوهستانی شایا در جنوب شرقی اتیوپی اقدام کردند. آنان توانایی بالای مدل SWAT را در تحقیق خود گزارش نمودند. موریاسی و همکاران (۲۲) به بررسی میزان عمق آب‌های سطحی با استفاده از مدل SWAT پرداختند. جهت واسنجی مدل از داده‌های سه حلقه چاه مشاهده‌ای در مزارع جنگلی در حوضه رودخانه Muscatatuck در جنوب شرقی ایندیانا استفاده کردند. ضرایب نش و rsm برای واسنجی به‌صورت روزانه به‌ترتیب ۰/۴۱ و ۰/۵۹ و برای ماهانه ۰/۴ و ۰/۶ به‌دست آوردند که آن‌را نشان‌دهنده کارایی مدل دانستند. پژوهش‌های بسیاری با استفاده از مدل SWAT صورت گرفته است که کارایی این مدل را در برآورد پاسخ هیدرولوژیک حوضه نشان می‌دهد بنابراین با توجه به اینکه تاکنون برآورد بیلان آبی و رطوبت خاک در سطح کل حوضه دویرج استان ایلام بررسی نشده است و این منطقه از حوضه‌های اصلی مرزی می‌باشد این پژوهش با هدف بررسی

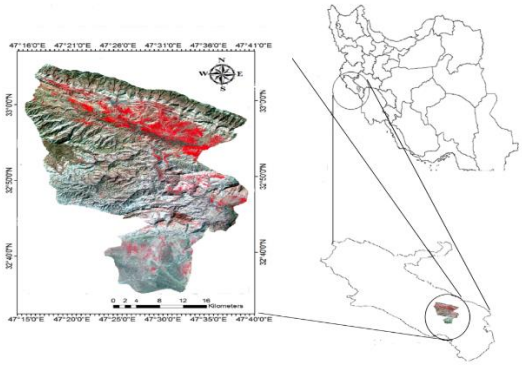
[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]

تغییرات زمانی و مکانی مقدار رطوبت خاک در این حوضه با استفاده از تکنیک‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور و مدل SWAT با صرف زمان و هزینه کم به‌منظور کمک به برنامه‌ریزان جهت عملیات حفاظت آب و خاک صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز دویرج از حوضه‌های مرزی کشور محسوب می‌شود که با مساحت ۱۲۱۶۰۰ کیلومترمربع در محدوده استان ایلام و در شهرستان‌های دهلران و آبدانان واقع‌شده است. محدوده موردمطالعه دارای مختصات جغرافیایی ۱۶ ˚۴۷ تا ´۴۰ ˚۴۷ طول شرقی ´۳۴ ˚۳۲ تا ´۵ ˚۳۳ عرض شمالی می‌باشد که از شمال به کبیر کوه، در جنوب به موسیان در شرق به کوه دال‌پری و حوضه آبخیز رودخانه چیخواب و از غرب به دینارکوه و دهلران محدود می‌شود. بلندترین نقطه حوضه، کبیرکوه با ارتفاع حدود ۲۲۰۰ متر و کمترین ارتفاع، در خروجی آن با ارتفاع ۱۰۰متر از سطح دریا است. شکل (۱) موقعیت کشوری و استانی حوضه دویرج را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت کشوری و استانی حوضه آبخیز دویرج
Figure 1. Country and provincial position of the Doiraj watershed

### معرفی مدل SWAT

SWAT که مخفف Soil and Water Asseessment Tool است، مدلی در مقیاس آبخیز بزرگ و یا زیر حوضه می‌باشد که توسط آرنولد برای سرویس تحقیقات کشاورزی امریکا تهیه شده و از زمان ایجاد آن در اوایل دهه ۱۹۹۰، قابلیت‌های آن به‌طور پیوسته در حال توسعه می‌باشد (۸،۱۳). این مدل ابتدا به‌وسیله آزمایشگاه تحقیقاتی آب و خاک تکزاس (United State Department of Agriculture) USDAدر اراضی چمنی به‌کار گرفته و توسعه داده شد. اساس مدل فرمول بیلان آبی می‌باشد. مدل SWAT حاصل تلفیق و اصلاح دو مدل ROTO و SWRRB است و کاربرد آن در حوضه‌های پیچیده و بزرگ می‌باشد. این مدل از اطلاعات پایه زمینی USDA و چندین نوع اطلاعات دیگر که بر پایه مفاهیم تجربی استوار است برای ایالات متحده طراحی شده است (۱۸). در مدل SWAT چرخه هیدرولوژی بر پایه معادله بیلان آبی شبیه‌سازی می‌شود:

$$SWt= SWo+\sum(Rday -Qsurf -Ea -wseep -Qgw)$$

SWt: مقدار نهایی آب خاک (میلی‌متر)
SWo: مقدار رطوبت اولیه (میلی‌متر)
Rday: مقدار بارندگی در روز Iام (میلی‌متر)
Qsurf: مقدار رواناب درروز iام (میلی‌متر)
Ea: مقدار تبخیر و تعرق در روز iام (میلی‌متر)
wseep: مقدار آب نفوذی به لایه فوقانی خاک در روز iام (میلی‌متر)
Qgw: مقدار جریان برگشتی در روز iام (میلی‌متر) (۱۵).

### ورودی‌های مدل

ورودی‌های مدل شامل نقشه ارتفاعی رقومی منطقه، نقشه کاربری اراضی/پوشش، نقشه خاک‌شناسی منطقه و اطلاعات اقلیمی می‌باشد. اطلاعات توپوگرافی را می‌توان با استفاده از منحنی‌های خطوط تراز در نرم‌افزار ArcGIS تهیه نمود یا از نقشه‌های آماده مراکز استفاده کرد. در این پژوهش DEM ۳۰ متری استان ایلام از سنجنده استر سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا[1] تهیه شد و با برش محدوده مطالعاتی نقشه رقومی ارتفاعی به‌دست آمد. از نقشه در نرم‌افزار SWAT به‌منظور بستن محدوده مورد مطالعه، ایجاد شبکه جریان، تعیین موقعیت زهکش‌ها و منابع آب و تقسیم حوضه به زیر حوضه استفاده می‌شود؛ نقشه بافت خاک حاصل کار ابراهیمی و همکاران (۱۲) و نقشه کاربری اراضی/ پوشش تهیه شده با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال، بر روی تصویر اخذ شده از ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM (2006/03/11) (۱۳۸۴/۱۲/۲۰) بدست آمد. پس از پیش‌پردازش‌های اولیه، ابتدا با استفاده از انتقال نقاط نمونه‌برداری شده در کلاس‌های کاربری‌های مختلف در صحرا در بر روی تصاویر با استفاده از تفسیر چشمی، عکس‌های هوایی، تصاویر Google Earth، ایجاد ترکیب رنگی کاذب و الگوریتم طبقه‌ندی نظارت نشده که بیانگر خصوصیات طیفی سطح زمین با کاربری‌های معلوم است روی تصویر پلی‌گون‌های نمونه‌برداری به‌عنوان نمونه‌های آموزشی ایجاد گردید. برای تعیین خطای نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از نمونه‌های تعلیمی که در روند طبقه‌بندی دخالت نداشته‌اند، اقدام به ارزیابی دقت نقشه

1- http://earthexplorer.usgs.gov

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]

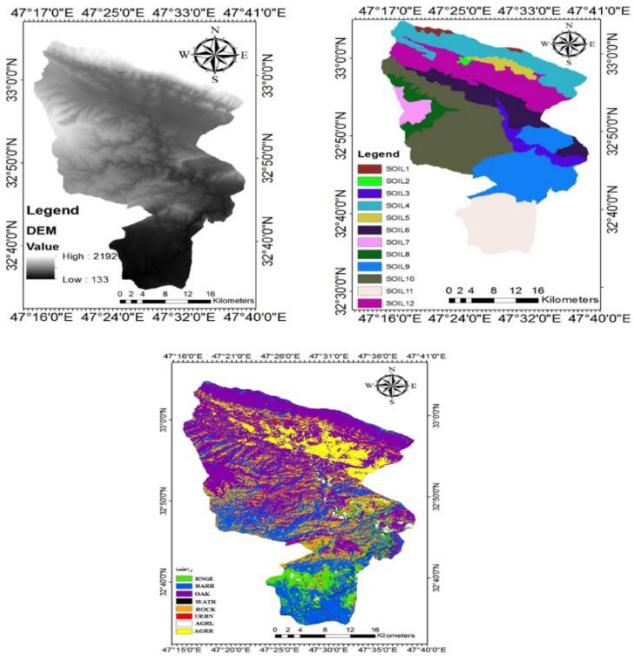
طبقه‌بندی‌شده گردید. معیارهای ارزیابی ضریب کاپا و صحت کلی که به ترتیب برابر با ۹۵/۱۴ و ۹۶/۶۱ بود. همچنین برای دستیابی به یک طبقه بندی نظارت شده و صحیح در ماه‌های اسفند و فروردین به تکرار از منطقه بازدید صحرایی و نمونه‌برداری به‌عمل آمد. اطلاعات کاربری اراضی/ پوشش در جدول ۲ نشان داده شده است.

برای انجام عملیات واسنجی با توجه به هدف تحقیق، به داده‌های دبی ایستگاه هیدرومتری نیازاست. داده‌های بارندگی روزانه ایستگاه سینوپتیک دهلران واقع در ۲۰ کیلومتری حوضه و باران‌سنجی آبدانان واقع در بالادست حوضه و داده‌های مربوط به دما، رطوبت نسبی، تشعشعات خورشیدی و سرعت باد از ایستگاه دهلران استفاده شد. داده‌های مربوطه از سازمان هواشناسی کشور و دبی ایستگاه هیدرومتری از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان ایلام تهیه شد. سپس با بررسی داده‌ها، داده‌های مفقود بازسازی و با توجه به عدم تطابق زمانی، دوره آماری مشترک ۱۹ سال انتخاب شد و در قالب ساختار قابل اجرا در مدل SWAT با فرمت ASCII با پسوند txt برای هر پارامتر و هر ایستگاه به‌صورت جداگانه درآورده شد. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۱)، شکل (۳) نقشه ارتفاعی رقومی منطقه، بافت خاک و نقشه کاربری اراضی/ پوشش مورد استفاده را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های استفاده شده در حوضه دویرج

Table 1. Characteristics of the stations used in the Doiraj Watershed

| نام ایستگاه | نوع ایستگاه | طول جغرافیایی(UTM) | عرض جغرافیایی(UTM) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| دهلران | سینوپتیک | ۳۶۱۸۴۵۳ | ۷۱۲۵۱۹ | ۲۳۲ | ۱۹۸۷ |
| دویرج | هیدرومتری | ۳۶۰۸۸۷۱ | ۷۲۵۲۴۵ | ۱۶۵ | ۱۹۷۲ |
| آبدانان | باران‌سنجی | ۳۶۵۲۰۳۳ | ۷۲۵۸۲۵ | ۹۴۰ | ۱۹۸۸ |




شکل ۳- نقشه ارتفاعی رقومی منطقه، نقشه بافت خاک ،نقشه کاربری اراضی حوضه دویرج

Figure 3. Digital Altitude Map, Soil Texture Map, Land Use Map of Doiraj Watershed

جدول ۲- مشخصات نقشه کاربری اراضی ۲۰۰۶

Table 2. Land Use Map 2006 Specifications

| کاربری اراضی | کد کاربری | نوع کاربری در SWAT | مساحت(هکتار) | درصد مساحت |
|---|---|---|---|---|
| جنگل بلوط | OAK | Oak | ۴۹۷۴۲/۶۳۸۵ | ۴۲/۸۰ |
| مرتع | RNGE | Range_Grasses | ۹۴۰۶/۷۷۶۲ | ۸/۰۹ |
| اراضی بایر | BARR | Barren | ۲۷۰۴۰/۹۳۶۴ | ۲۳/۲۷ |
| کشاورزی دیم | AGRR | Agricurtural Land_Row crops | ۹۶۶۱/۵۸۰۴ | ۸/۳۱ |
| کشاورزی آبی | AGRL | Agricurtural Land_Generic | ۲۱۹۹/۶۸۹۴ | ۱/۸۹ |
| آب | WATR | Water | ۸۰۵/ ۶۴۹۴ | ۰/۷ |
| مناطق مسکونی | URBN | Residental | ۴۵۸/۸۲۷۶ | ۰/۴ |
| صخره | ROCK | Rock | ۱۶۹۵۰/۱۳۲۱ | ۱۴ |

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]

**تحلیل حساسیت، واسنجی و اعتبار سنجی**

مدل‌های هیدرولوژیک توزیع شده از جمله SWAT دارای پارامترهای زیادی هستند که بهینه‌سازی پارامترها به‌وسیله عملیات واسنجی و اعتبارسنجی صورت می‌پذیرد که به‌علت پیچیدگی مدل واسنجی دستی مشکل و تقریباً ناممکن است (۲۳) بنابراین SWAT– CUP یک برنامه عدم قطعیت مدل SWAT است که برای تحلیل حساسیت که منجر به انتخاب پارامترهای کلیدی برای واسنجی مدل SWAT و اعتبارسنجی نتایج، طراحی‌شده است. با استفاده دو عامل t-test و p-value تست حساسیت مدل ارزیابی می‌شود. t-test نشان‌دهنده حساسیت پارامتر است هرچه قدرمطلق مقدار t-test بیشتر باشد، حساسیت پارامتر بیشتر خواهد بود. مقدار p-value نیز اهمیت t-test را نشان می‌دهد به‌طوری که هرچه مقدار p-value کمتر باشد با درجه اطمینان بیشتری می‌توان گفت که پارامتر حساس است (۳). SWAT – CUP می‌تواند روش‌های مختلف واسنجی و عدم قطعیت را به‌کار گیرد. روش‌های SUFI2، PSO، GLUE، ParaSol و الگوریتم‌های مونت‌کارلو و زنجیره مارکوف برای واسنجی مدل به‌کار می‌رود. الگوریتم SUFI2 یکی از برنامه‌های بسته نرم‌افزار SWAT – CUP است که در بسیاری از منابع برای انجام واسنجی از آن استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر انجام این مراحل با استفاده از الگوریتم SUFI2 در نرم‌افزار SWAT– CUP صورت گرفت، معیارهای ارزیابی کارایی مدل بر مبنای ضریب همبستگی (R2)، ضریب نش– ساتکلیف (NS)، درصد داده‌های مشاهداتی در باند عدم قطعیت (P_factor) و ضخامت باند ۹۵ درصد احتمال (R_factor) بود.

در SUFI2 عدم قطعیت به‌صورت یک بازه حساب می‌شود. عدم قطعیت در پارامترها منجر به عدم اطمینان در متغیر خروجی مدل می‌شود که به‌عنوان توزیع احتمال ۹۵ درصد (95PPU) بیان می‌گردد که متناظر با احتمال ۲/۵ درصد به‌عنوان حد پایین و ۹۷/۵ درصد به‌صورت حد بالا به‌دست می‌آید. برای اندازه‌گیری تناسب بین نتایج شبیه‌سازی‌شده به‌عنوان ۹۵ درصد توزیع احتمال (95PPU) و مشاهداتی از دو آماره P_factor و R_factor استفاده می‌شود. P_factor درصد داده‌های مشاهداتی است که در باند عدم قطعیت وجود دارد. R_factor ضخامت باند 95PPU است، در SUFI2 سعی می‌کنیم مقادیر معقول این دو را به‌دست آوریم به‌طوری‌که بسیاری از مشاهدات در 95PPU قرار گیرند. ازلحاظ تئوری ارزش P_factor بین ۰ و ۱ است درحالی‌که R_factor بین صفر و بی‌نهایت قرار دارد هرچه P_factor به‌سمت یک و R_factor به‌سمت صفر میل کند شبیه‌سازی بهتر است و بهترین نتایج شبیه‌سازی زمانی رخ می‌دهد که P_factor برابر یک و R_factor برابر صفر باشد (۲).

**ضریب تعیین (R2)**

ضریب تعیین (R2) درجه خلوص داده‌ها بین داده‌های شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی را بیان می‌کند. ضریب همبستگی که از ۱– تا ۱ متغیر است، شاخصی است که رابطه خطی بین داده‌های شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی را بیان می‌کند. اگر این شاخص برابر صفر باشد به معنای این است که هیچ رابطه خطی بین داده‌های شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی وجود ندارد، اگر برابر ۱– یا ۱ باشد به‌معنای این است رابطه خطی منفی یا مثبت کامل بین داده‌های شبیه‌سازی‌شده با مشاهداتی وجود دارد. به‌طور مشابه (R2) نسبت واریانس در داده‌های اندازه‌گیری شده توسط مدل را توصیف می‌کند. (R2) در محدوده صفر تا ۱ قرار دارد و مقادیر بالاتر نشان‌دهنده واریانس خطای کمتر است و معمولاً مقادیر بالاتر از ۰/۵ قابل‌قبول است (۲۱).

**ضریب نش– ساتکلیف**

ضریبی که اختلاف نسبی بین مقادیر شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی را بیان می‌کند. محققان از این شاخص برای ارزیابی الگوها استفاده کرده‌اند؛ این ضریب با رابطه زیر حساب می‌شود:

(۲)

$$NS=1-\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})^2}\right]$$

که در آن oi مقادیر مشاهده‌شده، pi مقادیر شبیه‌سازی‌شده و O میانگین مقادیر مشاهده‌شده است. مقدار این ضریب بین یک تا منفی بی‌نهایت تغییر می‌کند. بهترین مقدار برای نش عدد یک و درصورتی‌که مقدار آن بیش از ۰/۵ باشد نشان‌دهنده این است که شبیه‌سازی با استفاده از الگوی خوب انجام‌گرفته است (۲۵).

**اعتبارسنجی:** اعتبارسنجی مدل فرآیندی است که نشان می‌دهد یک مدل تا چه اندازه قادر به ایجاد شبیه‌سازی دقیق می‌باشد؛ گرچه میزان دقت بر اساس اهداف پروژه می‌تواند متفاوت باشد. اعتبارسنجی اجرای مدل با استفاده از پارامترهایی است که در طول واسنجی به‌دست‌آمده‌اند و مقایسه شبیه‌سازی با داده‌های مشاهداتی است که در واسنجی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند (۷).

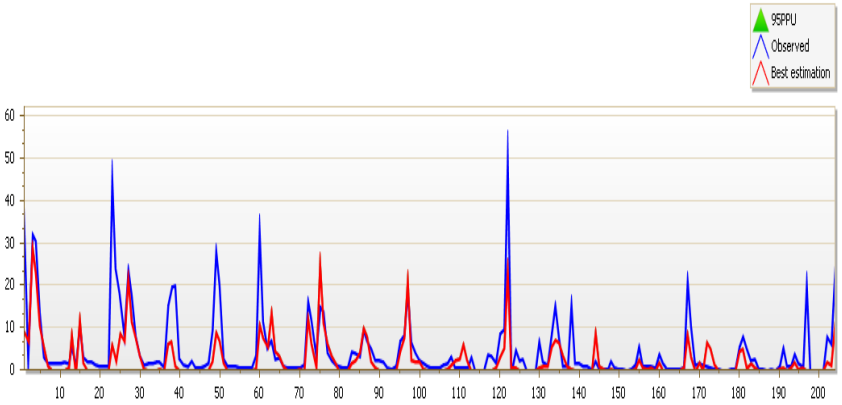
## نتایج و بحث

### اجرای مدل

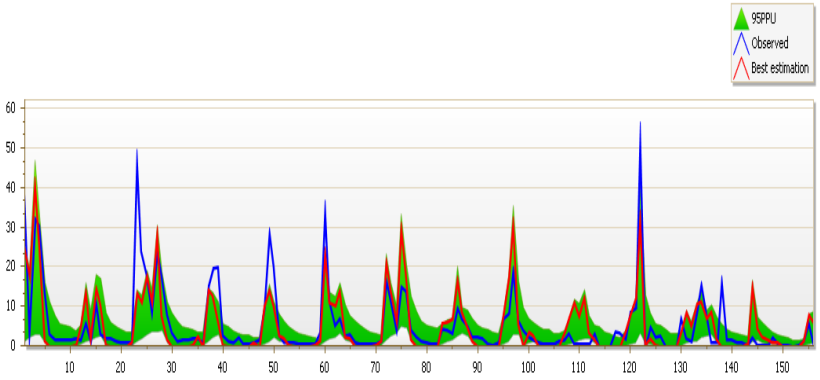
با تهیه ورودی‌های مدل اقدام به اجرای مدل شد. پس از وارد کردن داده‌های اقلیمی با در نظر گرفتن دو سال از سال ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۵ برای آموزش (Warm up)، شبیه‌سازی بارش– رواناب از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۲ توسط روش شماره منحنی با استفاده از مقادیر پیش‌فرض در پایه زمانی ماهانه صورت گرفت. شکل ۴ شبیه‌سازی اولیه بارش– رواناب قبل از انجام واسنجی را نشان می‌دهد. سپس با استفاده از دبی مشاهداتی ایستگاه هیدرومتری دویرج بر اساس آمار سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸ مرحله واسنجی و ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ اعتبارسنجی در پایه زمانی ماهانه انجام گرفت. قبل از انجام عملیات واسنجی تست آنالیز حساسیت انجام گرفت که ۱۶پارامتر بر دبی خروجی از حوضه تاثیرگذار بود. با بررسی معیارهای آماری از قبیل NS، P_factor، R_factor، R2 نتایج ارزیابی شد در صورت رضایت‌بخش نبودن با تغییر محدوده پارامترها

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]

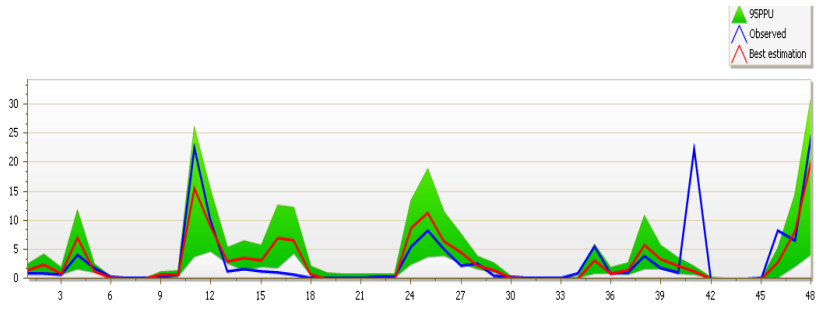
مجدد برنامه به‌اجرا درمی‌آید. در تحقیق حاضر بیش از ۱۰۰ بار برنامه SUFI2 با بیش از ۲۰۰۰۰ شبیه‌سازی اجرا گردید و درنهایت از مقادیر بهینه واسنجی در اعتبارسنجی استفاده گردید. پارامترهای مؤثر بر دبی حوضه و مقادیر بهینه پس از آنالیز حساسیت و واسنجی در جدول ۴ آورده شده است؛ همچنین شکل ۵ و ۶ نمودار واسنجی و اعتبار سنجی را نشان می‌دهد.




شکل ۴- دبی ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده بر حسب متر مکعب بر ثانیه ($m^{-3}s^{-1}$) توسط مدل طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۲ میلادی
Figure 4. Monthly observational and simulated monthly discharge in cubic meters per second ($m^{-3}s^{-1}$) using SWAT from 1996 to 2012




شکل ۵- رواناب ماهانه شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی بر حسب متر مکعب بر ثانیه ($m^{-3}s^{-1}$) توسط مدل طی دوره ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸ در مرحله واسنجی
Figure 5. Simulated monthly runoff and observations in cubic meters per second ($m^{-3}s^{-1}$) by the model during the calibration phase from 1996 to 2008




شکل ۶- رواناب ماهانه شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی بر حسب متر مکعب بر ثانیه ($m^{-3}s^{-1}$) توسط مدل طی دوره ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ در مرحله اعتبارسنجی
Figure 6. Simulated monthly runoff and observations in cubic meters per second ($m^{-3}s^{-1}$) by the model during the 2009 to 2012 validation phase

ارزیابی کارایی مدل با استفاده از ضرایب آماری نش_ساتکلیف (NS)، R2، P_factor و R_factor صورت گرفت جدول شماره ۳ مقدار این ضرایب را برای دوره واسنجی و اعتبارسنجی نشان می‌دهد.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]

جدول ۳- شاخص‌های ارزیابی در دوره واسنجی و اعتبارسنجی

Table 3. Evaluation Indicators in the Calibration and Validation Period

| پارامتر(درصد) | r-factor | p-factor | R2 | NS |
|---|---|---|---|---|
| واسنجی | ۰/۸۷ | ۰/۸۱ | ۰/۶۰ | ۰/۵۸ |
| اعتبارسنجی | ۰/۸۹ | ۰/۸۱ | ۰/۵۷ | ۰/۵۶ |

جدول ۴- مقادیر بهینه پارامترها پس از انجام مرحله واسنجی

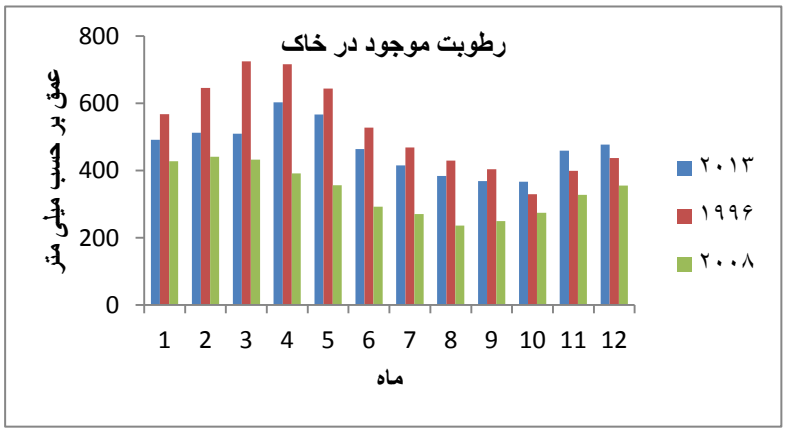
Table 4. Optimal values of parameters after calibration step

| پارامتر | علامت اختصاری پارامتر | حداقل | حداکثر | حد بهینه پارامتر | نوع اثرگذاری بر پارامتر |
|---|---|---|---|---|---|
| شماره منحنی | CN2 | -۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۰۳ | R |
| ظرفیت آب قابل‌دسترس خاک | SOL_AWC | -۰/۱ | ۰/۴ | ۰/۲۸ | R |
| هدایت هیدرولیکی اشباع لایه‌های خاک | SOL_K | -۰/۴ | ۰/۴ | -۰/۰۱ | R |
| جرم مخصوص ظاهری لایه‌های خاک | SOL_BD | -۰/۲ | ۰/۶ | ۰/۴۷ | R |
| سفره‌های کم‌عمق برای وقوع جریان برگشتی | GWQMN | ۱۰۰۰ | ۳۰۰۰ | ۱۹۷۵ | V |
| ضرب تبخیر آب زیرزمینی | GW_REVAP | ۰/۱ | ۰/۱۹ | ۰/۱۶ | V |
| ضریب حداقل تبخیر آب زیرزمینی | REVAPMN | ۰ | ۴۰۰ | ۱۰۴/۵ | V |
| فاکتور جبران تبخیر از خاک | ESCO | ۰/۸ | ۱ | ۰/۹۱۵ | V |
| فاکتور جبران جذب آب توسط گیاه | EPCO | ۰/۷ | ۱ | ۰/۹۱۱ | V |
| ضریب مانینگ در کانال اصلی | CH_N2 | ۰/۱ | ۰/۲ | ۰/۱۷ | V |
| هدایت هیدرولیکی مؤثر بستر رودخانه اصلی ( mm/hr) | CH_K2 | ۵۰ | ۱۲۰ | ۶۲/۲۵ | V |
| متوسط طول شیب در hru ( m ) | SLSUBBSN | ۰ | ۰/۱۹ | ۰/۰۲ | V |
| ضریب مانینگ در سطح زمین | OV_N | -۰/۱ | ۰ | -۰/۰۴ | R |
| فاکتور ضریب جریان پایه (روز) | ALPHA_BF | ۰ | ۱ | ۰/۶۶ | V |
| ضریب آلفا در جریان برگشتی (روز) | ALPHA_BNK | ۰ | ۱ | ۰/۹۶ | V |
| ضریب تأخیر جریان زیرزمینی (روز) | GW_DELAY | ۳۰ | ۴۵۰ | ۵۳/۰۹ | V |

نکته: R به‌معنی ضرب کردن مقدار پیش‌فرض مدل در (۱+ مقدار بهینه پارامتر) و V به‌معنی جایگزین شدن حد بهینه پارامتر بجای مقدار پیش‌فرض مدل

## تعیین بیلان آبی

پس از آن‌که واسنجی صورت گرفت، نتایج نشان داد که مدل شبیه‌سازی مناسبی از رواناب در این حوضه ارائه نموده است بنابراین از مدل با استفاده از پارامترهای بهینه واسنجی شده جهت برآورد بیلان آبی استفاده گردید. بیلان آبی برای یک سال با ترسالی بسیار شدید (۱۹۹۶)، یک سال با خشک سالی شدید (۲۰۰۸) و یک سال معمولی (۲۰۱۳) بدست آمد. سال‌های مذکور بر مبنای بررسی شرایط اقلیمی و مقایسه بارش اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه‌های مورد مطالعه تعیین گردید. شکل ۷ و جدول ۵ تغییرات ماهانه مقدار آب موجود در خاک و شکل ۸ میانگین درازمدت زیر حوضه‌ها و شکل ۹ اجزای بیلان آبی را در حوضه دویرج در سال‌های ۱۹۹۶،۲۰۰۸ و ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد.



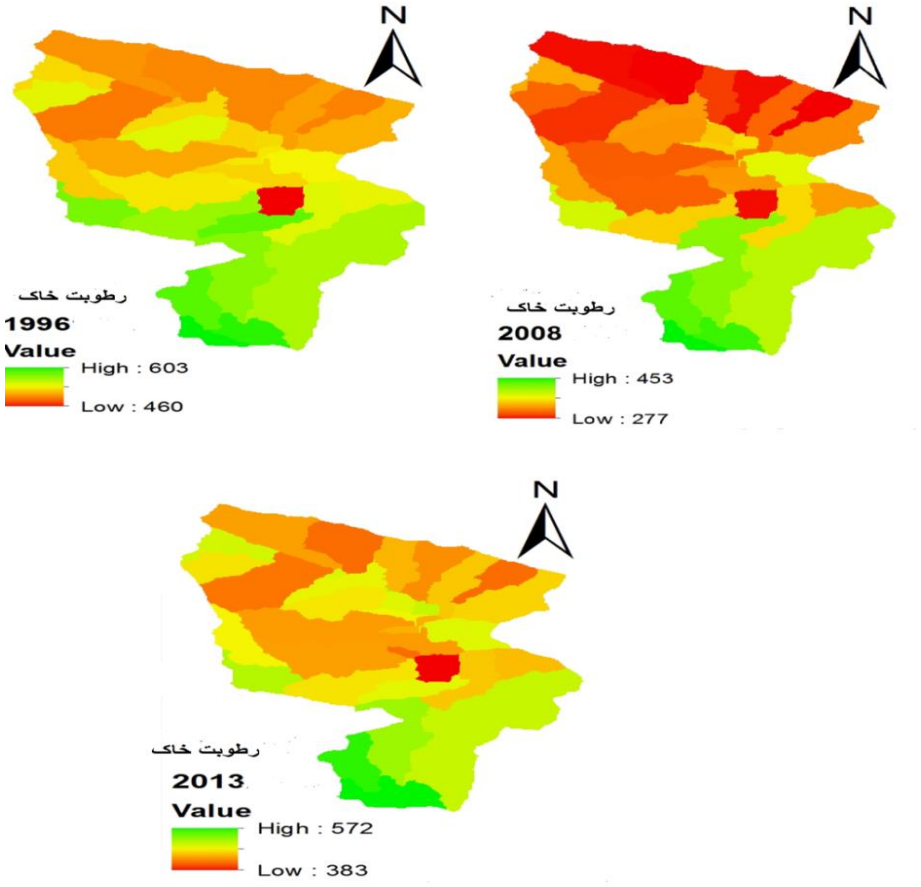

شکل ۷- مقایسه تغییرات ماهانه آب موجود در خاک در حوضه دویرج در سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۸ و۲۰۱۳

Figure 7. Comparison of monthly changes in soil water in the Doiraj Waterhed in 1996, 2008 and 2013

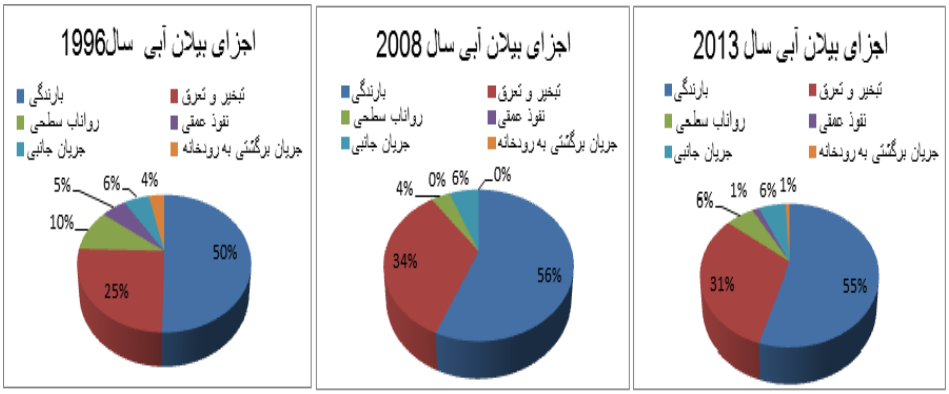
[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]

جدول ۵- مقایسه تغییرات ماهانه آب موجود در خاک در حوضه دویرج بر حسب میلی‌متر (mm) در سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳
Table 5. Comparison of monthly changes in soil water the Doiraj Waterhed by mm (mm) in 1996, 2008 and 2013

| | ماه | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ژانویه | فوریه | مارس | آوریل | می | ژوئن | ژولای | آگوست | سپتامبر | اکتبر | نوامبر | دسامبر |
| ۱۹۹۶ | ۵۶۶/۹۶ | ۶۴۵/۲۵ | ۷۲۴/۶۸ | ۷۱۶/۲۳ | ۴۴۳/۷ | ۵۲۷/۷۳ | ۴۶۸ | ۴۲۹/۶۱ | ۴۰۳/۱۳ | ۳۲۹/۵۹ | ۳۹۸/۹۹ | ۴۳۶/۸۴ |
| ۲۰۰۸ | ۴۲۷/۱۷ | ۴۴۰/۴۵ | ۴۳۲/۵۲ | ۳۹۰/۸۸ | ۳۶۵/۱۷ | ۲۹۲/۰۸ | ۲۶۹/۵۸ | ۲۳۵/۵۵ | ۲۴۹/۱۲ | ۲۷۴/۳۳ | ۳۲۷/۷۴ | ۳۵۵/۱۹ |
| ۲۰۱۳ | ۴۹۱/۳ | ۵۱۲/۲۶ | ۵۰۹/۱ | ۶۰۲/۵۶ | ۵۶۶/۳۶ | ۴۶۳/۷ | ۴۱۴/۵۳ | ۳۸۳/۷۸ | ۳۶۸/۳۵ | ۳۶۶/۶۴ | ۴۵۸/۶۵ | ۴۷۷/۳ |




شکل ۸- مقایسه تغییرات آب موجود در خاک در زیرحوضه‌های دویرج بر حسب میلی‌متر (mm) در سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳
Figure 8. Comparison of soil water changes in the Doiraj Waterhed in mm (mm) in 1996, 2008 and 2013




شکل ۹- درصد سهم هر یک از اجزای بیلان آبی در سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۸ و۲۰۱۳
Figure 9. Share of each component of the water balance in 1996, 2008 and 2013

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]

بررسی خروجی مدل SWAT در اولین اجرا نشان داد، دبی اوج ایستگاه هیدرومتری دویرج مطابق با ماه‌های پر بارش سال است. دبی اوج شبیه‌سازی‌شده توسط مدل نیز هم‌زمان با ماه‌های پر بارش سال است اما بررسی خروجی مدل نشان می‌دهد که در ماه‌های بدون بارش و گرم سال دبی شبیه‌سازی‌شده برابر صفر می‌باشد که نشان‌دهنده عدم شبیه‌سازی دبی پایه توسط مدل است. دبی اوج شبیه‌سازی‌شده نیز علی‌رغم اینکه در ماه‌های پر بارش سال قرار دارد مدل میزان آن را کمتر از مقدار مشاهداتی برآورد کرده است که شایگان و همکاران (۲۶) نیز ضمن بررسی مدل‌سازی هیدرولوژیک حوضه طالقان در سال ۱۳۹۰ به این موضوع اشاره کردند. متوسط رواناب ماهانه ایستگاه هیدرومتری ۵/۲۲ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد و این مقدار برای رواناب شبیه‌سازی‌شده اولین اجرای مدل برابر ۲/۸۳ مترمکعب بر ثانیه بود. مدل به‌میزان ۴۵ درصد رواناب را کمتر از مقدار مشاهداتی برآورد کرد. بنابراین جهت بهبود نتایج اقدام به واسنجی مدل طی دوره ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸ و صحت‌سنجی از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ شد.

با توجه به پیچیدگی‌های مدل واسنجی دستی مدل با تعداد زیادی پارامتر به‌صورت بسیار مشکلی می‌باشد بنابراین برای انجام این کار بسته نرم‌افزار SWAT_CUP طراحی شده است. بررسی عملکرد مدل با استفاده از آماره‌های R_FACTOR, P_FACTOR, R2, NS صورت گرفت. این ضرایب به‌ترتیب برای دوره واسنجی برابر ۰/۵۸، ۰/۶۰، ۰/۸۱، ۰/۸۷ و برای دوره اعتبارسنجی مدل برابر ۰/۵۶، ۰/۵۷، ۰/۸۱ و ۰/۸۹ به‌دست آمد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بین ضرایب به‌دست‌آمده در دوره واسنجی و اعتبارسنجی مدل اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. موریاسی و همکاران (۲۱) بیان می‌کنند R2 محدوده ۰ تا ۱ است، مقادیر بالاتر نشان‌دهنده واریانس خطای کمتر است و معمولاً مقادیر بیش از ۰/۵ قابل‌قبول در نظر گرفته می‌شوند همچنین بیان می‌کنند اگر ضریب نش- ساتکلیف کمتر از ۰/۵ باشد غیرقابل‌قبول، ۰/۵ تا ۰/۶۵ درصد قابل‌قبول، ۰/۶۵ تا ۰/۷۵ خوب و بیشتر از ۰/۷۵ درصد بسیار خوب محسوب می‌گردد. عباسپور (۲) جهت شبیه‌سازی رواناب برای P_factor بیش از ۰/۷۰ در صد و برای R_factor اعداد نزدیک به یک را پیشنهاد می‌کند؛ بنابراین ضرایب به‌دست‌آمده کارایی مدل SWAT در جهت شبیه‌سازی رواناب در حوضه دویرج را به‌خوبی نشان می‌دهد. با توجه به تحقیقات انجام‌گرفته توسط شایگان و همکاران(۲۶)، عمانی و همکاران (۴)، آذری و همکاران (۹)، غفاری و همکاران (۱۴)، غلامی و همکاران (۱۶)، بوکاک و همکاران (۱۱)، اسکول و عباسپور (۲۴)، گیامفی و همکاران (۱۷) نتایج واسنجی و اعتبارسنجی با الگوی مناسب صورت گرفته است. نتایج واسنجی نشان‌داد که مدل میزان برآورد دبی اوج را با دقت کامل انجام نداده و دبی‌هایی که در فصل بهار اتفاق می‌افتد را کمتر از میزان مشاهداتی برآورد کرد. یکی از دلایل این امر این است که مدل برای تخمین رواناب از روش SCS استفاده می‌کند که شبیه‌سازی ذوب برف را برای حوضه‌های کوهستانی به‌خوبی انجام نمی‌دهد. این موضوع در مطالعات پژوهشگران دیگر از جمله وانگ و ملس (۲۸)، تالسون و شومارکر (۲۷) نیز گزارش شده است. همچنین انصاری و همکاران (۵) گزارش کردند اکثر جریان‌هایی که مدل قادر به شبیه‌سازی آن‌ها نیست در اواخر زمستان و فصل بهار بوده که به‌دلایل ضعف روش شماره منحنی در شبیه‌سازی ذوب برف است. بیشترین اختلاف بین مقادیر دبی شبیه‌سازی‌شده مدل SWAT و مقادیر مشاهداتی مربوط به مقادیر دبی پایه در فصول بدون بارش بود که مدل مقدار آن را کمتر از مقدار واقعی برآورد نمود و در برخی ماه‌ها مقدار آن را صفر به‌دست آورد؛ که مشابه با نتایج تحقیقات بوش و همکاران (۱۰) ، مؤذن‌زاده و همکاران،(۲۰) می‌باشد. ایزدی و همکاران (۱۹) بیان کردند مدل SWAT علاوه بر شبیه‌سازی دبی‌های اوج در مقادیر کم جریان نیز عملکرد ضعیفی از خود نشان داد. آنان این مشکل را به ساده‌سازی این گونه مدل‌ها در شبیه‌سازی و تعامل پیچیده‌ی بین رواناب و جریان زیرسطحی در وقایع بارندگی با ارتفاع کم دانستند. همانطور که از نمودار رطوبت موجود در خاک مشاهده می‌شود این عامل ارتباط نزدیکی با میزان بارندگی در حوضه دارد و در سال ۱۹۹۶ بیش از سال ۲۰۱۳ و ۲۰۰۸ می‌باشد و سال ۲۰۱۳ با توجه به میزان بارندگی های بیشتر رطوبت خاک بیش از سال ۲۰۰۸ است. میانگین درازمدت رطوبت خاک در سال ۱۹۹۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳ به‌ترتیب برابر با ۲۴۵/۲۴، ۳۳۷/۵۹ و ۴۶۸/۷۷ میلی‌متر می‌باشد. زمستان و بهار (ژانویه، فوریه مارس و آوریل) با توجه به بارش و دمای پایین‌تر که منجر به کاهش تبخیر و تعرق می‌گردد حداکثر رطوبت و دیگر ماه‌ها با توجه به کاهش بارندگی به‌همراه افزایش دمای هوا و به‌دنبال آن افزایش میزان تبخیر و تعرق؛ دارای میزان رطوبت کمتر است. با مطالعه اجزای بیلان آبی شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT نتیجه شد که برای سال ۱۹۹۶ با وجود بارندگی شدید بیلان آبی تقریبا برابر صفر است که نشان‌دهنده هدر رفت آب موجود در خاک در این حوضه می‌باشد عمده تلفات توسط تبخیر و تعرق اتفاق افتاد. برای سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳ بیلان آبی مثبت است زیرا مجموع تبخیر و تعرق، جریان برگشتی به رودخانه، جریان جانبی، نفوذ و رواناب سطحی از مجموع بارش کمتر است. در مجموع عمده تلفات در این حوضه به‌وسیله تبخیر و تعرق و رواناب سطحی اتفاق افتاده است. بررسی میزان رطوبت خاک در زیر حوضه‌ها نشان داد که زیر حوضه‌های واقع در ارتفاعات به‌علت شیب بیشتر و ایجاد رواناب دارای رطوبت کمتر نسبت به زیر حوضه‌های واقع در مناطق مسطح و پایین دست می‌باشد؛ همچنین در کل سطح حوضه در سناریو سال ۲۰۰۸ میزان رطوبت پایین‌تر از دو سناریو دیگر بود. نتایج نشان داد که مدل SWAT در شبیه‌سازی بیلان آبی در حوضه دویرج به‌صورت مؤثر عمل کرده‌است و می‌توان از این مدل در سایر حوضه‌ها استفاده گردد.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]

## منابع

1. Ababaei, B. and S. Sohrabi. 2009. Evaluation of the performance of the SWAT model in the Zayandehrood catchment. Iranian Journal of of Water Conservation and Watershed Research, 3: 58-41 (In Persian).
2. Abaspour, k. C. 2015. "User Manual for SWAT_CUP, SWAT Calibration and Uncertainty Anlysis Programs". Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawage, Duebendorf, Switzer land.
3. Abbaspour, K.C., Y. Yang, L. Maximov, R. Siber, K. Bogner, J. Mieleitner, J. Zobrist and R. Srinivasan. 2006. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. Journal of Hydrology, 413-430.
4. Amani, N., M. Tajrishi and A. Abrishamchi. 2006. Simulate river flow using SWAT and GIS. Seventh International River Engineering Conference, 8-1 (In Persian).
5. Ansari, M.R., M. Gorji, GH. A. Sayad, M. Sharfa and K. Hamadi. 2014. Simulation of the rood zard runoff using the SWAT model. Iranian Journal of Scientific and Research Journal of Irrigation Science and Engineering, 4: 107-98 (In Persian).
6. Arefiasl, A., A. Najafinejad, F. Kiani and A. R. Mahini. 2012. Simulation of Runoff and Sediment with SWAT Model in Chehel-Chay Watershed of Golestan Province. Pasture and Watershed Journal, 3: 446-433 (In Persian).
7. Arnold, J.G., D.N. Moriasi, P.W. Gassman, K.C. Abbaspour, M.J. White, R. Srinivasan, C. Santhi, R.D. Harmel, A. van Griensven, M.W. Van Liew, N. Kannan and M. K. Jha. 2012. SWAT: Model use, Calibration and Validation. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 55(4): 1491-1508.
8. Ayivi, F. and M. K. jha. 2018. Estimation of water balance and water yield in the Reedy Fork-Buffalo Creek Watershed in North Carolina using SWAT. International Soil and water conservation research, 1-11.
9. Azari, M., H.R. Moradi, B. Saghafian and M. Framarzi. 2013. Assessment of the hydrological effects of climate change in the Gorganroud basin. Iranian Journal of Water and soil (Science and Technology of Agriculture), 3: 547-537 (In Persian).
10. Bosch D.D., J.M. Sheridan., H.L. Batten and J. G. Arnold. 2004. Evalution of the SWAT model on a coastal plain agricultural watershed. Transacttions of the American Society of Agricultural Engineers, 47(5): 1493-1506.
11. Bucak, T., D. Trolle, H.E. Andersen, H. Thodsen, Ş. Erdoğan, E.E. Levi, N. Filiz, E. Jeppesen and M. Beklioğlu. 2016. Future water availability in the largest freshwater Mediterranean lake is at great risk as evidenced from simulations with the SWAT model. Science of the Total Environment, 1-13.
12. Ebrahumi, H., N. Basirani and H. Karami. 2011. Performance Evaluation of SWAT Model to Simulation of Runoff and Sediment Yield in Doiraj River Basinin Ilam Province, The Thesis Submitted for the Degree of M.Sc (in the field of Watershed Management), Faculty of Natural Resources, Department of Range and Watershed Management, University of Zabol, Iran (In Persian).
13. Esmali, A and KH. Abdolahi. 2011. Watershed and Soil Conservation. Mohaghegh Ardebili Publishing. Ardabil, Iran, 574 pp.
14. Aghavan, S., A. Javadi and H. Abad. 2015. Simulation of inflow into Urumieh Lake using SWAT model. Iranian Journal of Agricultural Science and Technology, Water and Watersheds, 72: 33-23 (In Persian).
15. Ghafari, G., J. Ghodosi and H. Ahmadi. 2009. Investigating the Impact of Land Use Change on Hydrological Responses in the Watershed Basin (Case Study: Zanjan Rood Watershed). Iranian Journal of Water Conservation and Watershed Research, 1: 180-163 (In Persian).
16. Ghodosi, M., M. Delavar and S. Morid. 2014. The Effect of Land Use Land Changes on Aji Chai Waterfall Hydrology and its Entrance to Lake Urmia. *Iranian* Journal of Iran Water and Soil Research 2: 133-123 (In Persian).
17. Gholami, Sh. and M. Nasri. 2015. Simulation of Atrak River Monthly Using SWAT Model, Case Study: Marwa Tapeh Basin, Golestan Province. Iranian Journal of Engineering and Watershed Management, 2: 135-126 (In Persian).
18. Gyamfi, CH., J.M. Ndambuki and R.W. Salim. 2016. Hydrological Responses to Land Use/Cover Changes in the Olifants Basin, South Africa. Water, 1-16.
19. Hosseini. M., A. Talori and A. Bastani. 2012. Simulation of outflow runoff in non-statistics basins by SWAT2009 Case study of upstream Karaj basins, Third National Conference on Integrated Management of Water Resources of Water and Irrigation Engineering Society, 11-1 (In Persian).
20. Izadi. M., K.Ch. Akhdari, S. Akhavan and S. Emamgholizadeh. 2013. Study of the performance of SWAT2009 model in simulation in Shirindareh River. First International Conference on Water and Agriculture Water Challenges. Khorasgan Azad University, Esfahan, Iran (In Persian).
21. Moazenzadeh, R., B. Ghahreman, S. Arshad and K. Davari. 2016. Improvement of catchment modeling by integrating the main hydrological components in the SWAT model. Iranian Journal of Iran Water Resources Research, 3: 79-65 (In Persian).

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]

22. 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 Quantification of Accuracy in Watersede Simulation. Society of Agricultural and Biological Engineers, 50(3): 885-900.
23. Moriasi, D.N., J.G. Arnold, G.G. Vazquez-Amabile and B.A. Engel. 2011. Shallow Water Table Depth Algorithm in SWAT_: Recent Developments. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 54(5): 1705-1711.
24. NeitSch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry and J.R. Williams. 2011. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Decumention version 2009 (user' manual). Texas Water Resources Institute, 647 pp.
25. Schuol, J. and K.C. Abbaspour. 2006. Calibration and uncertainty issues of a hydrological model (SWAT) applied to West Africa. Adv. Geosci, 9: 137-143.
26. Shawul, A.A., T. Alamirew and M.O. Dinka. 2013. Calibration and validation of SWAT model and estimation of water balance components of Shaya mountainous watershed, Southeastern Ethiopia. Hydrology and Earth System Sciences, 10: 13955-13978.
27. Shaygan, M., A. Alimohammadi and H. Rohani. 2011. Hydrological modeling of Taleghan basin in GIS environment using SAWT model. Iranian Journal of Remote Sensing and GIS Iran, 2: 18-1 (In Persian).
28. Tolson, B.A and C.A. Shoemaker. 2004. Watershed Modeling of the Cannonsville Basin Using SWAT 2000: Model Development, Calibration and Validation for the Prediction of Flow, Sediment and Phosphorus Transport to the Cannonsville Reservoir, Technical Report, School of Civil Environmental Engineering, Cornell Univ, Ithaca, N. Y.
29. Wang, X. and A.M. Melesse. 2005. Evaluation of the SWAT model's snowmelt hydrology in a northwestern Minnesota watershed. Transactions of the ASABE, 48: 1-18.
30. Yang, J., P. Reichert and C. K. Abbaspour. 2006. Bayesian uncertainty analysis in distributed hydrologic modeling: A case study in the Thur River basin (Switzerland). Water Resources Research, 1-13.
31. Zahedi, E., A. Talebi, S.A. Tabatabaei, A. Reisi and M. Asiaei. 2017. Subsurface FlowSimulation to Determine Potential Areas of Groundwater Dam Using SWAT Model (Cace study: Doroongar Watershed, Dargaz). Iranian Journal of watershed manengment, 7(14): 206-2015 (In Persian).
32. Zalakibadili, N., A.Gh. Sayad, K. Hamadi, S. Akhavan and A. Abdi. 2012. Runoff simulation of Maroon dam (Adenk) basin using SWAT model. Iranian Journal of Agricultural Engineering (Agricultural Science Magazine), 2: 36-25 (In Persian).

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]

# Evaluation of SWAT Model for Simulation of Runoff and Soil Moisture in Doiraj Basin of Ilam Province

**Fatemeh Balooei[1], Mohsen Tavakoli[2] and Saeed Soltani Kopaei[3]**

1- Graduated M.Sc. of Watershed Manengment, Faculty of Natural Resource, Isfahan University of Technology (Corresponding author: fateme.baloi1@gmail.com)
2- Associate Professor, Department of Range and Watershed management, Faculty of Natural Resource, ilam University
3- Associate Professor, Department of Range and Watershed managment, Faculty of Natural Resource, Isfahan University of Technology
Received: 7 January, 2020 Accepted: 26 November, 2020

## Abstract

Different models have been proposed to describe and predict the hydrology of the watershed which are different in terms of objectives and spatial and temporal scales. In this study, the SWAT model was used to simulate the hydrologic response of the doiraj basin. The main inputs of the model, which include meteorological data, a basin's elevational digital model map, a soil map and land use map, are entered into the model. The model was implemented according to the curve number method, then, using the SWAT_CUP model, the performance of the model increased with entering the observation data of the discharge from the basin and performing the calibration steps during the period from 1996 to 2008. And then the validation step from 2009 to 2012 confirmed the model's ability to simulate rainfall-runoff and its use for study purposes. Long-term mean soil moisture in 1996, 2008, and 2013 was 524.24, 337.59, and 468.77 mm, respectively. The study of the simulated water balance components showed that for 1996, despite heavy rainfall, the water balance was almost zero, indicating a loss of water in the basin in the basin, with major evapotranspiration losses. The water balance is positive for 2008 and 2013 because the sum of evapotranspiration, river flow, lateral flow, infiltration and surface runoff are lower than the sum of precipitation.

**Keywords:** Doiraj, Soil Moisture, SWAT, SWAT_CUP, water balance

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14 ]
[ DOR: 20.1001.1.22516174.1400.12.23.17.2 ]
[ DOI: 10.52547/jwmr.12.23.180 ]