ارزیابی مدل SWAT در شبیه‌سازی دبی روزانه در حوزه آبخیز کسیلیان

حسین سعادتی[1]، استادیار، گروه منابع طبیعی، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی
شعبانعلی غلامی، استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
فرود شریفی، استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۱۰/۱۲ **پذیرش مقاله:** ۱۳۸۸/۰۳/۱۳

چکیده

از مشکلات مهم در طرح‌های تحقیقاتی و اجرایی کمبود یا نبود آمار هیدرومتری است. در تحقیق حاضر، برای حل معضل نبود آمار، میزان کارآیی مدل SWAT در شبیه‌سازی دبی روزانه، به‌منظور تولید آمار هیدرومتری برای حوضه‌های بدون ایستگاه بررسی شده است. این مدل دارای توان شبیه‌سازی شش پدیده هیدرولوژیکی و بیولوژیکی شامل دبی روزانه، رسوب روزانه، بیلان آبی ماهانه و سالانه، کیفیت آب، تولید محصولات زراعی، برآورد تولید پوشش گیاهی مرتعی با اعمال مدیریت سامانه‌های چرایی دام، است. شبیه‌سازی در دو حالت بدون ایستگاه اندازه‌گیری و با ایستگاه اندازه‌گیری در حوزه آبخیز معرف کسیلیان و نیز در دو دوره زمانی صورت گرفته است. این دوره‌ها شامل واسنجی و اعتبارسنجی مدل است. دوره واسنجی، چهار سال (۱۹۸۱-۱۹۷۸) و دوره اعتبارسنجی، شش سال (۱۹۸۶-۱۹۸۱) بوده است. بعد از عملیات واسنجی، مدل SWAT، روان‌آب را با ضریب تبیین ۰/۶۹ و ۲/۵- =PBIAS و NS=۰/۷۲ نسبت به روان‌آب اندازه‌گیری شده شبیه‌سازی کرد. اعتبارسنجی مدل نیز با ضریب تبیین ۰/۵۷ و ۰/۵۴= NS و۴/۳ =PBIAS انجام گرفت. برای آزمون تست حساسیت، پارامترها درسه گروه خیلی حساس، حساسیت متوسط و حساسیت کم طبقه‌بندی شدند. پارامترهای ABF (عامل آلفای آب زیرزمینی)، REVAPC (ضریب تبخیر از سفره آب زیرزمینی) و CN (شماره منحنی) در طبقه خیلی حساس، پارامترهای CCT (ضریب تراکم ذوب برف)، TC (دمای آستانه بارش برف) و CRCO (شکاف‌های خاک و زمین که جریان را نفوذ می‌دهد) در طبقه حساسیت متوسط و پارامترهای Z (عمق لایه‌های خاک) و T-laps (شدت تغییر دما نسبت به ارتفاع) در طبقه حساسیت کم قرار گرفتند. این پارامترها نشان می‌دهند که مدل SWAT شبیه‌سازی معنی‌داری انجام داده است. ولی برای روان‌آب‌های کمینه نتایج ضعیفی نشان داده شد. در اصلاحاتی که در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ بر روی مدل SWAT انجام شده، کاربری آن به‌وسیله GIS آسان‌تر شده است.

واژه‌های کلیدی: آبخیزداری، اعتبار سنجی، بیلان آبی، روان‌آب، واسنجی

مقدمه

به‌منظور مدیریت جامع و دقیق حوزه‌های آبخیز نیاز به پایگاهای آمار و اطلاعاتی جامع و قوی امری حائز اهمیت است (مهدوی، ۱۳۷۸). به‌عبارتی دیگر برای چنین کاری به آمار و اطلاعات متعدد از متغیرهای زمانی و مکانی حوضه نیاز است (Arnold، ۱۹۹۶). مدل ریاضی SWAT[2] یکی از مدل‌های شبیه‌سازی چندمنظوره برای مدیریت حوزه‌های آبخیز است (Bauthurst، ۱۹۷۷).

[1] saadati55@yahoo.com
[2] Soil and Water Assesment Tools

مدل SWAT در حوزه آبخیز Good Win Creek واقع در ایالات می‌سی‌سی‌پی به‌کار گرفته شد. روان‌آب متوسط سالانه برای ۱۰ سال برای متوسط زیر حوضه‌ها با ۷۶ درصد همبستگی و برای اکثر زیر حوضه‌ها با ۹۰٪ همبستگی شبیه‌سازی شد (Bings، ۱۹۹۶). نتایج نشان داد که مدل SWAT در پایه زمانی دراز مدت بهتر از دوره‌های کوتاه عمل می‌کند. بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر میزان روان‌آب‌های سطحی در حوزه‌های آبخیز آفریقای جنوبی با استفاده از مدل SWAT طرح دیگری در این زمینه است (Royappan، ۱۹۸۴). توسعه اراضی جنگلی تجاری در جنوب آفریقا برای پاسخ‌گویی در رفع نیازمندی‌ها، جزء ملزومات است. مقایسه بین سری‌های زمانی داده‌های شبیه‌سازی به‌وسیله مدل SWAT و روان‌آب مشاهده شده در تحقیق فوق ضریب تبیین ۰/۶۶ را نشان داده است. شبیه‌سازی رسوب روزانه به‌وسیله مدل SWAT کار دیگری است که به‌وسیله غلامی در سال ۱۳۷۹ انجام شده است. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، نشان داد که این مدل نسبت به دو پارامتر K (پارامتر حساسیت فرسایش‌پذیری خاک) و n (پارامتر ضریب زبری سطح دامنه) حساسیت بیش‌تری در مقایسه با بقیهٔ پارامترهای حوزه آبخیز دارد. همچنین ضریب تعیین مقادیر رسوب روزانهٔ شبیه‌سازی شده با مقادیر مشاهده شده در سطح ۹۵ درصد معادل R^2 =۰/۷۴ به‌دست آمد. افزون بر این، بررسی انجام شده نشان داد که نتایج حاصله، قابل تعمیم به حوزه‌های آبخیز مشابه منطقه تحقیق است. شایان ذکر است که آمار سازی با تغییر در استفاده‌های مختلف از اراضی از توانائی‌های مهم مدل SWAT است (غلامی، ۱۳۷۹). طرح دیگری در حوزه آبخیز Ecuadorian در انگلیس انجام شده که از دو مدل SWAT و AGNPS برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی استفاده کرده است (Matamoros و همکاران، ۲۰۰۵).

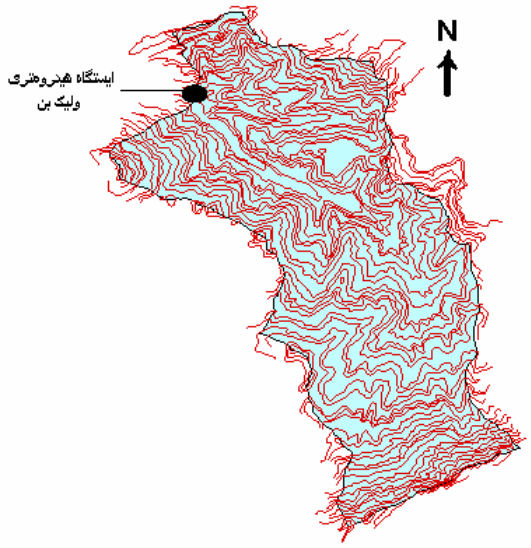
اهداف این پژوهش شامل، ارزیابی مدل SWAT در برآورد آمار دبی روزانه برای حوضه معرف کسیلیان، و حوضه‌های نظیر، برآورد مقادیر مناسب ضرایب پارامترهای مدل نظیر TC[1]، CN_2[2]، T-laps[3]، CCT[4]، Z[5]، SC[6]، ABF[7]، REVAPC[8]، CRCO[9] و آزمون حساسیت پارامترهای مدل است.

مواد و روش‌ها

مشخصات حوضه مورد استفاده: حوضه معرف کسیلیان در ارتفاعات زون مرکزی سلسله جبال البرز، در استان مازندران از سر شاخه‌های رودخانه تالار است. وسعت این حوضه ۶۶/۷۸ کیلومتر مربع بوده و بین ارتفاعات ۱۱۰۰ تا ۲۷۰۰ متری قرار دارد. میانگین بارش سالانه در حوضه کسیلیان با روش‌های رابطه ارتفاع- بارش و تیسن به‌ترتیب ۸۷۳/۵ و ۸۲۵/۸ میلی‌متر برای دوره پایه ده ساله (۱۹۸۷-۱۹۷۸) به‌دست آمد. در نزدیکی روستای ولیک‌بن، برای اندازه‌گیری دبی رودخانه، یک پارشال فلوم بتنی ساخته شده است. این ایستگاه مجهز به اشل و لیمنوگراف بوده که می‌تواند دبی را تا حدود ۲۰ مترمکعب بر ثانیه اندازه‌گیری کند. بر اساس جمع‌بندی آمار موجود متوسط آب‌دهی رودخانه برابر با ۰/۴۷ مترمکعب بر ثانیه و حجم ۱۴ میلیون مترمکعب در سال است. پر آب‌ترین ماه سال در فروردین با متوسط ۱/۱۶ مترمکعب در ثانیه و کم آب‌ترین ماه سال در آبان و آذر با متوسط آب‌دهی ۰/۲۶ مترمکعب بر ثانیه است. رودخانه کسیلیان دارای رژیم برفی – بارانی است (سازمان هواشناسی، ۱۹۷۸). حوزه آبخیزکسیلیان به‌دلیل واقع شدن در دامنه شمالی البرز دارای پوشش غالب جنگلی است که به‌مرور زمان در اثر افزایش جمعیت روستاها بر میزان وسعت کاربری‌های دیگر از اراضی افزوده شده و از وسعت جنگل‌ها کاسته شده است. بیش از ۶۰ درصد مساحت حوضه را جنگل تشکیل می‌دهد (بی‌نام، ۱۹۷۸) خاک حوضه عمدتاً از نوع پدوزلیک و قهوه‌ای جنگلی و خاک رسوبی هستند.

[1] Snow Threshold Coefficient
[2] Curve Number
[3] Temperature Lapse- snow bound accumulated coefficiet
[4] Snow Melting Coefficient
[5] Depth of soil
[6] Saturated Conductivity
[7] Alfa factor for groundwater
[8] Revap Coefficient
[9] Crack-Flow

میانگین درجه حرارت در دوره ده ساله برای حوزه آبخیز کسیلیان حدود ۱۹ درجه سانتی‌گراد است. شکل ۱ وضعیت توپوگرافی این حوضه را نشان می‌دهد.



مقیاس: ۱:۱۵۰۰۰۰

شکل ۱- مرز و خطوط توپوگرافی حوضه کسیلیان

مشخصات مدل SWAT: مدل SWAT، یک مدل پیوسته، پخشی و تعیینی است که در سال ۱۹۷۰ به‌عنوان تعیین کیفیت آب رودخانه‌ها پیشنهاد شد و با استفاده از ۴۰ مدل شبیه‌سازی تحول پیدا کرده و بسط داده شد و به صورت امروزی به‌عنوان مدل SWAT (Arnold، ۱۹۹۶) مطرح شد. اولین مدل تشکیل‌دهنده مدل SWAT، مدل ARS[1] است که خود به‌وجود آورنده مدل SWRRB[2] است (Arnold، ۱۹۹۶). از مدل‌های خاص که در گسترش مدل SWAT نقش اساسی داشته‌اند، مدل CREAMS[3]، GLEAMS[4] (Leonard، ۱۹۷۹) و پس از آن مدل EPIC[5] (Williams، ۱۹۸۴) را می‌توان نام برد.

ساختمان مدل در ارتباط با شبیه‌سازی دبی روزانه و سایر پدیده‌های هیدرولوژیکی حوضه از طریق زیر برنامه‌های خاصی است. مدل هیدرولوژیکی SWAT روی معادله بیلان آبی زیر پایه‌ریزی شده است.

$$SW_t = SW + \sum_{t=1}^{t} \left(R_t - Q_t - ET_t - P_t - QR_t\right) \qquad (۱)$$

که در آن، SW حجم آب موجود در خاک منهای حجم آب با فشار ۱۵بار یا ظرفیت آب خاک اولیه منهای ظرفیت آب نقطه پژمردگی دائمی گیاه (mm)، SW_t حجم واقعی آب پس از زمان t (mm)، t زمان برحسب روز، R بارش روزانه (mm)، ET تبخیر تعرق (mm)، QR روان‌آب سطحی، P نفوذ و Q روان‌آب رودخانه است.

رواناب جداگانه برای هر زیر حوضه به‌صورت پیوسته پیش‌بینی و روندیابی شده، مجموع رواناب برای حوضه به‌دست می‌آید. این موضوع دقت توزیع فیزیکی چرخه آب را افزایش می‌دهد (Helvey، ۱۹۷۱). مدل روان‌آب سطحی، روان-آب ، حجم روان‌آب سطحی، ارتفاع روان‌آب بیشینه و مقادیر روان‌آب روزانه را شبیه‌سازی می‌کند. حجم روان‌آب به-وسیله روش شماره منحنی SCS اصلاح شده، تخمین زده می‌شود که یک روش محاسباتی کارآمد است و روان‌آب را با نوع خاک کاربری اراضی و عملیات مدیریت مربوط می‌سازد.

[1] Agricultural Research Service
[2] Simulator for Water Resources in Rural Basin
[3] Chemical Run off and Erosion From Agricultural Management Systems
[4] Ground water looding Effects on Agricutural Management Systems
[5] Erosion Productivity Impact Calculator

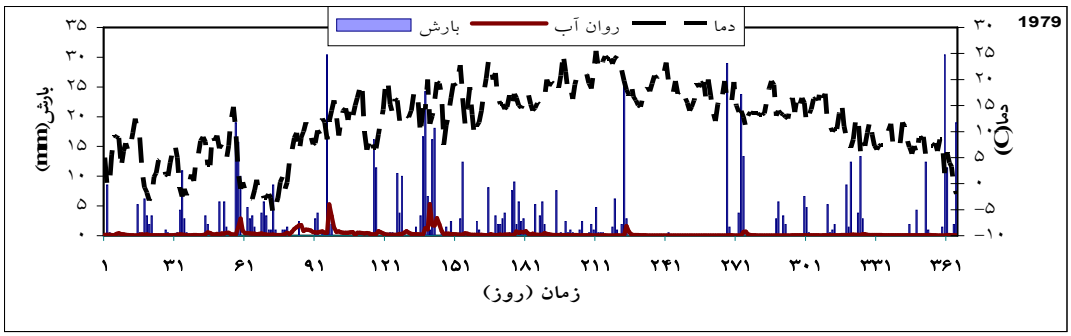
مراحل واسنجی، اعتبار سنجی و تست مدل: برای تهیه آمار و اطلاعات، ابتدا از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (سازمان جغرافیایی کشور) برای مشخص کردن آمار و اطلاعات فیزیوگرافی منطقه استفاده شد. به‌طوری که با استفاده از نرم افزار ILWIS اقدام به وارد کردن آن به رایانه شده، سپس کلیه نقشه‌های حاوی اطلاعات زمینی شامل نقشه‌های خاکشناسی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، شبکه هیدروگرافی، شیب، جهت دامنه‌ها، فرسایش تهیه شده و ضمن انجام عملیات میدانی، اطلاعات پایه مورد نیاز مدل به‌صورت رقومی استخراج شد. داده‌های متغیر زمانی نظیر دما، بارش، رطوبت نسبی و غیره نیز به‌صورت روزانه برای دوره آماری ده ساله (۱۹۸۷-۱۹۷۸) گردآوری و تحلیل شد. شکل ۲ نشان‌دهنده تحلیل صحت و تطابق داده‌های دما، بارش و روان‌آب را فقط برای سال ۱۹۷۹ نشان می‌دهد و نقش دما برای تاثیر ذوب برف بر روی روان‌آب حاصله نشان داده می‌شود. پس از ایجاد پایگاه اطلاعاتی مناسب و مورد نیاز، مدل SWAT اجرا شد، از آمار موجود چهار سال برای واسنجی استفاده شد و پارامترهای مدل برای حوضه مورد نظر بهینه شدند. سپس اعتبار این پارامترها در یک دوره شش ساله مورد سنجش قرار گرفت.

مدل‌های شبیه‌سازی عموماً قادر به ارزیابی و تحلیل اثرات پوشش‌گیاهی و کاربری‌های مختلف در تولید روان‌آب و رسوب نیستند و در محاسبات خود تغییر پوشش‌گیاهی را نمی‌توانند ارزیابی کنند. علی‌رغم این مدل‌ها، مدل SWAT دارای توانایی منحصر به‌فردی در این زمینه است. پایگاه اطلاعاتی مدل SWAT برمبنای کاربری‌های مختلف اراضی متمایز می‌شود (Shanholtz، ۱۹۹۴). بعد از اجرای مدل، آمار و اطلاعات به‌وسیله مدل SWAT برای حوضه معرف کسیلیان واسنجی می‌شود که این عملیات برای چهار سال اول دوره ۱۰ ساله (۱۹۸۷-۱۹۷۸) انجام می‌شود. واسنجی مدل به‌صورت مقایسه آمار اندازه‌گیری شده با استفاده از ایستگاه ولیک‌بن با آمار شبیه‌سازی شده، به‌منظور بهینه‌سازی پارامترهای مدل انجام می‌گیرد. بعد از واسنجی، عملیات اعتبار سنجی، برای تأیید پارامترهای واسنجی شده برای شش سال باقی‌مانده از کل دوره انجام گرفت. سپس تست مدل، طبق روشی که در ذیل ارائه می‌شود، انجام می‌گیرد. برای اجرای مدل دو فرض وجود دارد. ابتدا در فرض حوضه بدون ایستگاه اندازه‌گیری (Run1)، سپس در حالت با ایستگاه اندازه‌گیری مدل اجرا می‌شود. کاربرد مدل شبیه‌سازی حاضر در حوضه‌های بدون ایستگاه است. برای انجام پروژه‌های حفاظتی و مطالعاتی، نیاز به آمار ایستگاه‌های اندازه‌گیری است ، در صورتی‌که در این حوضه‌ها، چنین ایستگاه‌هایی وجود ندارد. پس در حالت اول کاربرد مدل برای چنین حوضه‌هایی بررسی می‌شود.

در این حالت چنین فرض می‌شود که مدل SWAT به‌طور کامل ظرفیت شبیه‌سازی حوضه را به‌وسیله پارامترهای تعریف شده با توجه به مشخصات مشاهده شده و استنتاجی مختلف از حوضه، دارا است و در مقیاس ماهانه، روزانه و سالانه انجام می‌شود. در حالت دوم، فرض بر این است که از کمینه داده‌های روان‌آب اندازه‌گیری شده در حوضه برخوردار است که می‌تواند یک‌سال باشد. در این حالت می‌توان تحلیلی از صحت یا عدم صحت مشخصات مشاهده‌ای حوضه داشت. به‌عبارت دیگر مسئله واسنجی واقعی مدل مطرح می‌شود.

در این وضعیت داده‌های شبیه‌سازی شده با مقادیر اصلی یا مشاهده‌ای حوضه مقایسه می‌گردند و با تحلیل و تجزیه این دو منحنی می‌توان خطاها و اشتباهات مشخصات مشاهده‌ای حوضه را اصلاح کرد. این مرحله از کار دارای حساسیت زیادی است به‌عبارتی باید هیدروگراف‌های شبیه‌سازی و مشاهده‌ای را تجزیه کرده و اجزای آب‌پایه، آب‌قشری و روان‌آب آن‌ها تشریح شده تا نقاط ضعف داده‌های شبیه‌سازی را برطرف شوند. برای اصلاح داده‌های شبیه‌سازی در این حالت باید به چرخه تعادلی آب حوضه کاملاً آشنا بوده تا بتوان این چرخه را در هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای تحلیل کرد. برای انجام این کار، از پارامترهای حساس استفاده شده است.

این پارامترها که نقش خیلی مهمی در اجرای مدل دارند، شامل ضریب آستانه تبدیل به برف (TC)، ضریب تجمع نوارهای برفی (T-laps)، ضریب ذوب برف (CCT)، شمارهٔ منحنی (CN)، عمق خاک (Z)، عامل آب زیرزمینی (α) (ABF)، ضریب تبخیر و افت سطح سفره‌های زیرزمینی (REVAPC) و ضریب شکست جریان (CRCO) هستند. این پارامترها در ابتدا با توجه به مشخصات عمومی حوضه اعم از هیدرولوژیکی، ژئومرفولوژیکی، فیزیوگرافی و اقلیمی محاسبه شدند و در فایل‌های ورودی مدل قرار گرفتند. مقادیر اولیهٔ به‌دست آمده برای این پارامترها در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۲- مقایسه و تطبیق آمار بارش، دما و روان آب روزانه مشاهده شده سال ۱۹۷۹، حوزه آبخیز کسیلیان

اغلب مدل‌های شبیه‌سازی قادر به ارزیابی و تحلیل اثرات پوشش‌گیاهی و کاربری‌های مختلف در تولید روان‌آب و رسوب نیستند و در محاسبات خود تغییر پوشش‌گیاهی را نمی‌توانند ارزیابی کنند. اما مدل SWAT دارای توانایی منحصر به‌فردی در این زمینه است. پایگاه اطلاعاتی مدل SWAT برمبنای کاربری‌های مختلف اراضی متمایز می‌شود (Shanholtz، ۱۹۹۴). بعد از اجرای مدل، آمار و اطلاعات با استفاده از مدل SWAT برای حوضه معرف کسیلیان واسنجی می‌شود که این عملیات برای چهار سال اول دوره ۱۰ ساله (۱۹۸۷-۱۹۷۸) انجام شده است. واسنجی مدل به‌صورت مقایسه آمار اندازه‌گیری شده به‌وسیله ایستگاه ولیک بن با آمار شبیه‌سازی شده، به‌منظور بهینه‌سازی پارامترهای مدل انجام می‌گیرد. بعد از واسنجی، عملیات اعتبار سنجی، برای تأیید پارامترهای واسنجی شده برای شش سال باقی‌مانده از کل دوره انجام گرفته است. سپس تست مدل، طبق روشی که در ذیل ارائه می‌شود به انجام رسیده است.

مدل‌های آنالیز حساسیت در مدل SWAT: خروجی مدل تحت تأثیر پارامترهای مدل قرار دارد. پارامترهای مختلف دخیل در اجرای مدل با اثرات متفاوت بر روی نتایج مدل و نیز بر روی هم‌دیگر نقش مهمی را در روند شبیه‌سازی مدل ایفا می‌کنند. مدل SWAT با داشتن مدل‌های آزمون حساسیت نظیر Nash- Sutcliffe (NS)، Parameter Bias (PBIAS) و (TSSR) مجموع حاصل جمع مربعات باقی‌مانده (TSAR) مجموع حاصل جمع مربعات خالص، این امکان را می‌دهد که هنگام اجرای مدل، مقدار حساسیت مدل را نسبت به پارامترهایی که تغییر داده می‌شود، مشاهده نموده و با دید بهتری برای اصلاح شبیه‌سازی (واسنجی) گام برداشت. مدل SWAT به‌دلیل غیر بهینه بودن، باید به‌وسیله مدل‌های آزمون حساسیت، به‌صورت دستی، بهینه شود. مدل‌های آزمون حساسیت به‌شرح ذیل هستند (Nash و Sutcliffe، ۱۹۷۰).

مدل NS: این مدل تست NS، به‌وسیله Nash و Sutcliffe (۱۹۷۰) ارائه شد و نشان داد که پارامترهای مدل چگونه بر نتایج و خروجی‌های مدل تأثیر می‌گذارند. این مدل به‌صورت زیر است.

$$NS = 1 - \sum_{t=1}^{N} (Q_t^{sim} - Q_t^{obs})^2 / \sum_{t=1}^{N} (Q_t^{obs} - Q^{mean})^2 \qquad (۲)$$

که در آن، Q_t^{obs} مقدار روان‌آب مشاهده شده، Q_t^{sim}: مقدار روان‌آب شبیه‌سازی شده، Q_t^{mean}: مقدار روان‌آب متوسط و NS کسر اختلاف جریانات مشاهده‌ای و شبیه‌سازی در مدل در طول دوره‌های نسبی، نسبت به انحراف جریان‌های مشاهده‌ای است و به لحاظ آماری، مقادیر باقی‌مانده است. بهترین مقدار آن ۱ و مقادیر بزرگ‌تر از صفر نشان‌دهندهٔ کمینه اجرای قابل قبول است و مقادیر منفی نشان‌دهنده مقادیر کم شبیه‌سازی شده به‌وسیله مدل نسبت به مقادیر مشاهده‌ای است.

مدل TSSR **یا** TSAR: مدل فوق برای متناسب ساختن بهتر پارامترها از مجموع جمع باقی‌مانده مربعات یا خالص استفاده می‌نماید این مدل در سال ۱۹۸۶ ارائه شد که دارای رابطه زیر است.

$$TSSR = \sum_{r=1}^{n} \left[Q_{\circ(ti)} - Q_s(ti) \right]_t^2 \qquad (۳)$$

که در آن، N شماره ترتیبی مقایسه‌ای در سری‌ها، $Q_o(t)$ مقدار جریان اندازه‌گیری شده در زمان t و $Q_s(t)$ مقدار جریان شبیه‌سازی در زمان t است. توصیه شده است که مقدار جریان اوج با استفاده از درصد خطای ساده در اوج (PEP) ارزیابی شود. این روش به‌صورت زیر است.

$$PEP=\frac{Q_{ps}-Q_{po}}{Q_{po}}\times 100 \qquad (۴)$$

که در آن، Q_{ps} مقدار جریان اوج شبیه‌سازی شده و Q_{po} مقدار جریان اوج مشاهده شده است.

مدل PBIAS: در سال ۱۹۹۶ از درصد اریب برای اندازه‌گیری تمایل پارامترهای مدل در خطاهای شبیه‌سازی استفاده شد که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$PBIAS = \sum_{t=1}^{m}(q_t^{obs}-q_t^{sim})/\sum_{t=1}^{N}q_t^{obs}\times 100 \qquad (۵)$$

مقدار بهینه این تست صفر و مقادیر مثبت نشان‌دهنده کم‌بودن مقادیر شبیه‌سازی نسبت به مقادیر مشاهده شده است و برعکس. معیار ساده و قابل استفاده‌ای پیشنهاد داده شد که نشان‌دهنده، انحراف حجم روان‌آب است. مقادیر کوچک‌تر برای D_y مناسب است و مقدار صفر برای مدل‌های کامل است.

$$D_y(\%)=\frac{V-V'}{V}\times 100 \qquad (۶)$$

که در آن، V حجم روان‌آب اندازه‌گیری شده و V' حجم روان‌آب شبیه‌سازی شده است.

نتایج و بحث

با توجه به‌روش تحقیق که توضیح داده شد، مدل SWAT اجرا، واسنجی، اعتبارسنجی و آزمون شد. یکی از مهم‌ترین قسمت‌های این تحقیق واسنجی مدل مذکور است که برای این‌کار نیاز است، اجزای مختلف چرخه آب در حوضه بررسی شود و به‌وسیله پارامترهای مدل که در ارتباط با چرخه آب هستند، اصلاح شوند.

واسنجی مدل: در ابتدا، واسنجی مدل در حوضه معرف کسیلیان، با فرض حوضه بدون ایستگاه اندازه‌گیری، بررسی شد که اولین مرحله واسنجی مدل در شکل ۳، نشان داده شده است. در این حالت شبیه سازی مناسبی انجام نشد، به‌طوری‌که همبستگی ۲۱ درصد و خطاها طبق جدول ۲، قابل قبول نیستند. این ارزیابی اجرای مدل به‌وسیله حاصل جمع کل مربعات باقی‌مانده (TSSR) بین داده‌های جریان شبیه‌سازی و مشاهده شده و نیز معیار Nash-sutcliffe (NS) انجام شد. NS به‌دلیل منفی بودن قابل قبول نبود. یعنی مدل جریان کم‌تری نسبت به جریان مشاهده‌ای، شبیه‌سازی کرده است. مسئله دیگر تأخیر در جریان‌های شبیه‌سازی نسبت به جریانات مشاهده‌ای است که اوج‌های روان‌آب‌ها با هم تطابق نداشتند که به نوارهای برفی برمی‌گردد. در مراحل بعد با استفاده از آمار ایستگاه ولیک بن، واسنجی تکمیل شد که به‌دلیل تسهیل کار آمار روزانه به ماهانه تبدیل و در انتها آمار روزانه بدست آمد.

اجرای اولیه مدل: بعد از مرتفع شدن خطاهای فرمت پایگاه اطلاعاتی و فایل‌های برنامه، مدل اجرا شد. درگام اولیه، خروجی مدل دارای همبستگی خیلی کمی با آمار مشاهده شده است. به‌طوری که آمار شبیه‌سازی شده حدود یک‌سوم داده‌های شبیه‌سازی بوده است. این وضعیت نشان می‌دهد که آب تلفات زیادی در چرخه هیدرولوژیکی مدل دارد. این مرحله به‌عنوان اجرای مدل بدون استفاده از ایستگاه‌های اندازه‌گیری برای بهینه‌سازی است. شکل ۳-الف این وضعیت را نشان می‌دهد.

دومین اجرای مدل: برای اصلاح مسئله مرحله قبل، پارامترهای ABF REVAPC و TC تغییر داده شد، به‌نحوی که ABF افزایش داده شد، تا دبی افزایش یابد. REVAPC کاهش یافت، تا تبخیر کم شود و CRCO نصف گردید. TC نیز برای افزایش دبی تغییر می‌یابد. لازم به‌ذکر است که آب پایه هیدروگراف از طریق پارامتر ABF تنظیم می‌شود. بعد از این‌که تغییرات بالا اعمال شد، افزایش مقدار روان‌آب حوزه آبخیز مشاهده شد، به‌طوری که

روان‌آب از یک‌سوم به دوسوم مقدار مشاهده‌ای می‌رسد. مقدار NS در اجرای اول منفی بود، (نشان ناهماهنگی پارامترها) که در این اجرا مثبت می‌شود. برای رسیدن به این وضعیت، ضریب اشباع خاک نیز کاهش یافته است. شکل ۳- ب اجرای دوم مدل را نشان می‌دهد.

سومین اجرای مدل: بعد از اصلاحات در مرحله قبل، مسئله دیگری که مشاهده می‌شود، تأخیر هیدروگراف شبیه‌سازی شده نسبت به هیدروگراف مشاهده شده است. این مسئله به‌وسیله پارامترهای CCT، T-laps، CN2 قابل حل است. این پارامترها به‌صورت ماهانه برای مدل تعریف شده‌اند و مقدار روان‌آب را در هر ماه کنترل می‌کند. پارامترهای T-Laps و CCT به‌صورت مستقیم با ذوب برف در ارتباط هستند که اهمیت به‌سزایی در تأخیر مثبت و منفی روان‌آب در ماه‌های سال دارند. اقداماتی که در این مرحله انجام گرفت، به‌شدت برروی خروجی مدل تأثیر گذاشت. پارامتر TC برابر دو گرفته شد. به‌عبارتی اکثر بارش‌ها به‌صورت باران در نظر گرفته شد. پارامترهای CCT و T-Laps به کم‌تر از نصف تقلیل یافتند، که نشان‌گر ذوب برف است. پارامتر ABF افزایش داده شد، تا آب به‌صورت زیر زمینی وارد رودخانه شود. پارامتر REVAPC ، ۰/۱ در نظر گرفته شد. نتایج این عملیات در شکل ۳- ج مشاهده گردید. در این مرحله خروجی مدل تا دو برابر بیش از واقعیت شبیه‌سازی می‌شود و NS منفی می‌شود که نشانه ناهماهنگی و خطای پارامترهاست.

چهارمین و پنجمین اجرای مدل: در این مرحله با توجه به شناخت و تأثیری که از پارامترها به‌دست آمد، هیدروگراف شبیه‌سازی شده نسبتاً تنظیم شد. در مرحله چهارم همان‌طور که در شکل (۳- د) مشخص است، خروجی متعادل گشته است. در آخرین مرحله از اجرای مدل، بعد از آزمایش راه‌حل‌های مختلف جمع‌بندی کلی حاصل گشت. در جدول ۲ روند اجرای مدل که در بالا تشریح شده، با پارامترهای مربوطه ارائه شده است. شکل ۳- ه هیدروگراف نهایی را نشان می‌دهد. مقایسه روان‌آب روزانه شبیه‌سازی شده و مشاهده شده در شکل ۳ ارائه شده است.

اعتبار سنجی مدل: داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه ولیک‌بن به‌عنوان کمک و مکمل برای اصلاح پارامترهای محاسباتی مورد نیاز مدل SWAT استفاده شد. طی اجرای مدل نشان داده شد که این داده‌های مشاهده‌ای چگونه باعث بهبود پارامترها شدند.

در این مرحله بررسی می‌شود که بهینه‌سازی پارامترها تا چه اندازه‌ای معتبر بوده است. عملیات بهینه‌سازی پارامترها، طی واسنجی مدل، برای چهار سال از کل دوره ۱۰ ساله، انجام گرفت و این پارامترها برای حوضه کسیلیان واقعی شدند. بهینه‌سازی پارامترها زمانی معتبر خواهد بود که این پارامترها برای شش سال باقی‌مانده از کل دوره، بتوانند شبیه‌سازی مشابه دوره واسنجی، انجام دهند. در پایان این عملیات شبیه‌سازی برای دوره شش ساله با همبستگی ۵۷ درصد و با خطای قابل قبولی انجام گشت. در شکل ۳-ز مشاهده می‌شود که از دوره شش ساله اعتبارسنجی، دو سال اول (۱۹۸۳-۱۹۸۲) شبیه‌سازی خوبی نداشت، ولی چهار سال آخر (۱۹۸۷-۱۹۸۴)، با همبستگی بهتری شبیه‌سازی شد.

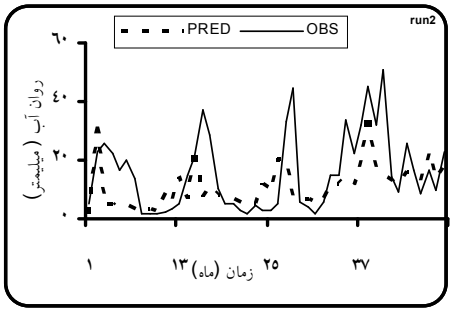
نتایج آنالیز حساسیت مدل در منطقه مورد تحقیق: مطابق تحلیل نتایج به‌دست آمده از مدل‌های آزمون حساسیت که در جداول ۳ و ۴ و اشکال ۵ و ۶، ارائه شده است، تاثیر هر کدام از پارامترهای مدل در شبیه سازی دبی مشخص شد. این پارامترها به‌ترتیب تأثیرگذاری عبارتند از: عامل آلفای آب زیرزمینی (ABF)، ضریب REVAPC، شماره منحنی (CN)، ضریب ذوب برف (CCT)، ضریب شکست جریان (CRCO)، ضریب آستانه تبدیل به برف (TC)، عمق خاک (Z) و ضریب تجمع نوارهای برفی (T-laps). دو مدل آزمون که در این تحلیل به‌کار گرفته شد، نه تنها در ارزیابی اثرات تغییر پارامترها بر روی نتایج روان‌آب شبیه‌سازی مدل اثر دارند، بلکه در تعیین بیش‌تر یا کم‌تر بودن مقادیر شبیه‌سازی از مقادیر مشاهده‌ای را نیز مشخص می‌کنند.

جدول ۱- مقادیر اولیه پارامترهای مدل SWAT برای حوضه معرف کسیلیان

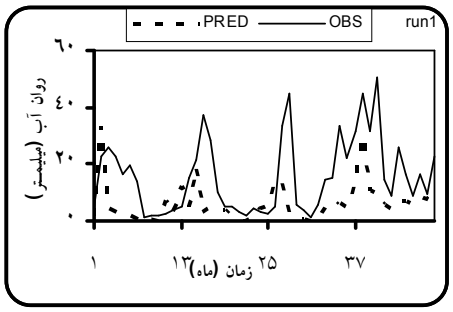
شماره	فایل داده‌های مدل SWAT											
	BSN (حوضه)		WGN (اقلیم)		SUB (زیرحوضه)		RTE (کانال)		SOL (خاک)		GW (آب زیرزمینی)	
	پارامتر	مقدار اولیه	پارامتر	مقدار اولیه	پارامتر	مقدار اولیه	پارامتر	مقدار اولیه	پارامتر	مقدار اولیه	پارامتر	مقدار اولیه
۱	BFF	۱	TC	۳	CN2	۶۷	CHW2	۸	RD	۶۰۰	GWHT	۰
۲	BRT	۰			SNO	۰	CHD2	۱/۵	Z	۹۰۰	GWQ	۰
۳	FFC	۰			CHL1	۱۴/۷	CHSS	۹/۲	POR	۱/۵	ABF	/۰۰۹۵
۴					CHW1	۸/۵	CHL2	۱۴/۷	AWC	۰/۱۵	SYLD	-
۵					CHN	۰/۰۹	CHNN	۰/۰۹	SC	۱۵	DELAY	۱۰۰
۶					OVN	۰/۳	CHK2	۹	CBN	۰/۸	REVAP	۰/۳
۷					RT	۰	CHXK	۰/۱۱	CLA	۵۳	DEEPST	۰
۸					CSS	۵۰۰	CHC	۰/۶	SIL	۲۱		
۹					ECP	۰/۲			SAN	۲۶		
۱۰					SLL	۱۰۰۰			ROCK	۱۲		
۱۱					STP	۲۸			SALB	۰/۱		
۱۲									SALBD	۰/۲		
۱۳									EK	۰		
۱۴									SALIC	۰		
۱۵									WNO3			

جدول ۲- خلاصه ای از مراحل اجرای مدل SWAT در عملیات واسنجی

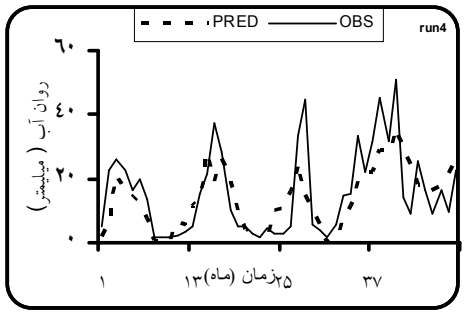
شماره	پارامترهای مدل	Run1	Run2	Run3	Run4	Run5
۱	FFC	۱	۰	۰	۰	۱
۲	TC (c)	۴	۴	۲	۲	۳
۳	CCT	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۴۱
۴	T_Laps	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۶۱
۵	CN2	۷۵	۷۵	۴۵	۶۷	۷۲
۶	ABF	۰/۰۰۱۶۷	۰/۰۰۱۶۷	۰/۰۲۷۹	۰/۰۰۴۵	۰/۰۰۹۵
۷	Z(mm)	۱۱۰۰	۱۱۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۱۱۰۰
۸	REVAPC	۰/۶	۰/۱	۰	۰/۴	۰/۳
۹	CRCO	۱	۰/۵	۱	۱/۵	۱
۱۰	SC	۳۰	۲۵	۱۱	۱۳	۱۹/۲
۱۱	MGT	۷-۸-۳۲-۱۹	۶-۹-۳۲-۱۹	۷-۸-۲۶-۱۹	۷-۸-۳۲-۳۶	۷-۵-۳۴-۱۹
۱۲	R^2	۲۱/۵	۲۳/۷	۵۴	۵۱	۶۸/۶



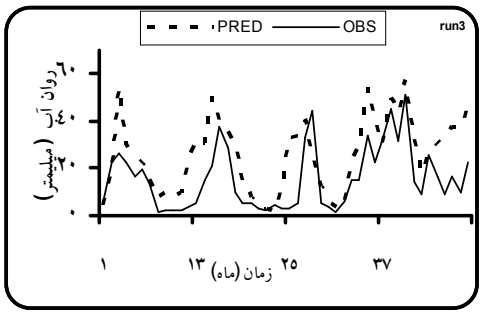
الف) مقایسه در اولین مرحله اجرا- R^2=۰/۲۱



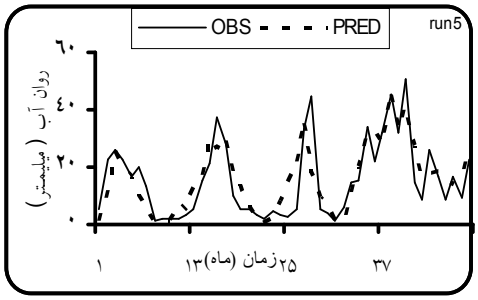
ب) مقایسه در دومین مرحله اجرا – R2= ۰/۲۳



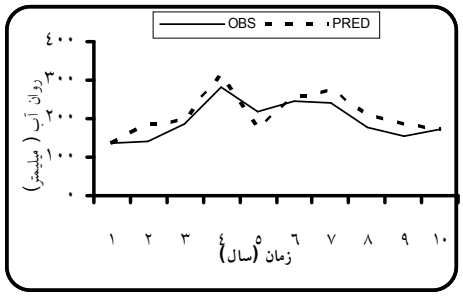
ج) مقایسه در سومین مرحله اجرا- R^2= ۰/۵۱



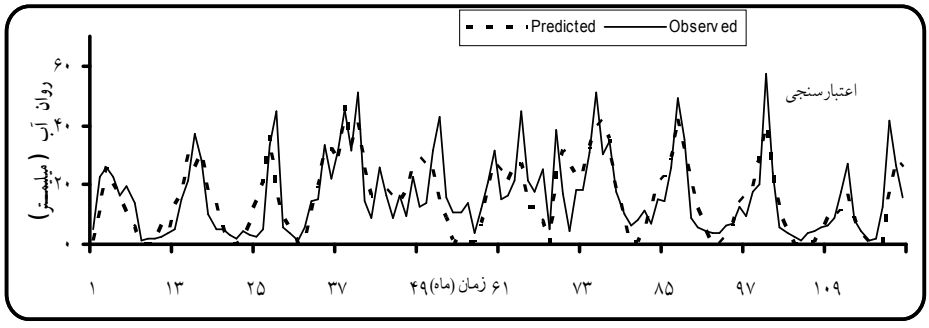
د) مقایسه در چهارمین مرحله اجرار- R2= ۰/۵۵



ه) آخرین مرحله و بهترین برازش در واسنجی-R2=۰/۶۹

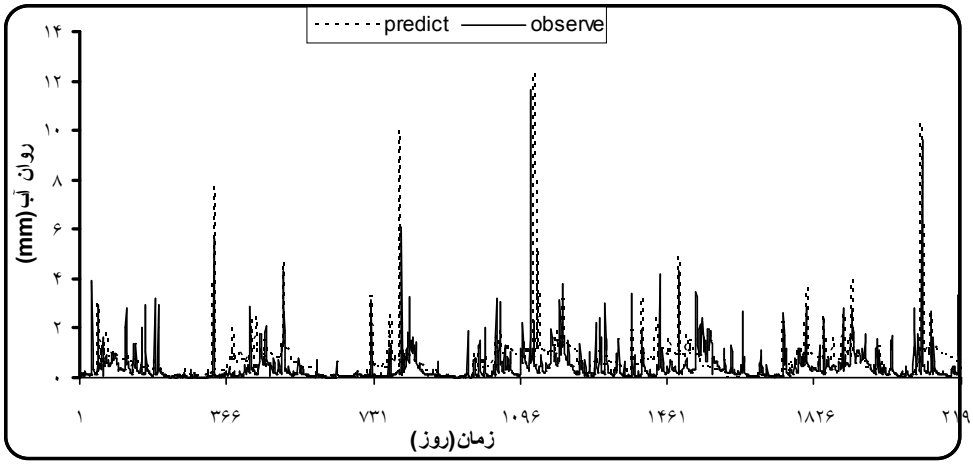


و) مقایسه روان‌آب سالانه برای دوره ده ساله-R2=۰/۷۵

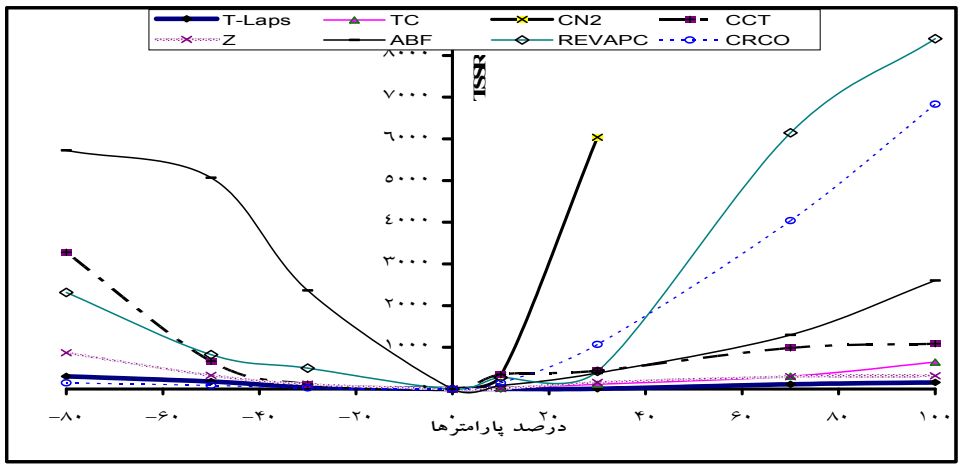


ز) مقایسه برای اعتبارسنجی در دوره ۱۰ساله انتهایی-R2 =۰/۵۷

شکل ۳- مقایسه روان‌آب شبیه سازی شده و مشاهده شده اجراهای واسنجی و نیز اعتبار سنجی، مقایسه سالانه و ماهانه



شکل ۴- مقایسه روان‌آب روزانه شبیه‌سازی شده و مشاهده شده برای دوره ۶ ساله ابتدایی



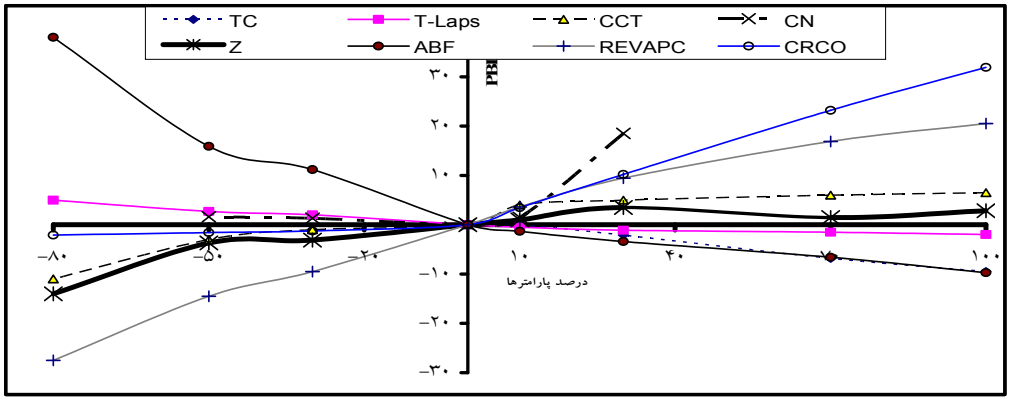
شکل ۵- نمایش حساسیت مدل نسبت به پارامترها به‌وسیله‌ی معیار TSSR

جدول ۳- خلاصه تحلیل حساسیت مدل SWAT با استفاده از معیارTSSR

شماره Run	پارامتر	درصدتغییر مقدار اصلی	+۱۰	+۳۰	+۷۰	+۱۰۰	-۳۰	-۵۰	-۸۰
۱	TC	۳	۳/۳	۳/۹	۵/۱	۶	۲/۱	۱/۵	۰/۶
	TSSR	۰	۰/۰۴	-۳/۴	-۶/۸	-۹/۵	۳۸۹	۳/۴	۱/۲
۲	CN2	۷۲	۷۹	۹۲	-	-	۵۱	۳۶	-
	TSSR	۰	۳۲۱	۶۰۳۹	-	-	۳۶۰	۴۷۵	-
۳	T-Laps	۶/۱	۶/۷	۷/۹	۱۰/۴	۱۲/۲	۴/۳	۳	۱/۲
	TSSR	۰	۵	۷	۱۱۵	۱۶۰	۵۱	۱۸۰	۳۰۵
۴	CCT	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۵۳	۰/۷	۰/۸۲	۰/۳	۰/۲	۰/۰۸
	TSSR	۰	۳۵۰	۴۴۰	۹۸۹	۱۰۸۹	۱۲۰	۶۷۰	۳۲۸۰
۵	ABF	۰/۰۰۰۹۵	۰/۰۱۰۴	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۶	۰/۱۹	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۱۹
	TSSR	۰	۸۲	۳۸۴	۱۲۹۸	۲۶۰۲	۲۳۶۴	۵۰۶۹	۵۷۲۴
۶	REVAP	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۵	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۵
	TSSR	۰	۲۷۷	۴۲۶	۶۱۴۴	۸۴۰۲	۴۹۹	۸۲۵	۲۳۱۶
۷	CRCO	۱	۱,۱	۱/۳	۱/۷	۲	۰/۷	۰/۵	۰/۲
	TSSR	۰	۱۴۹	۱۰۷۰	۴۰۳۹	۶۸۳۴	۲۸	۸۵	۱۴۹

جدول ۴- خلاصه تحلیل حساسیت مدل SWAT با استفاده از معیار PBIAS

شماره Run	پارامتر	درصدتغییر / مقداراصلی	+۱۰	+۳۰	+۷۰	+۱۰۰	-۳۰	-۵۰	-۸۰
۱	TC	۳	۳/۳	۳/۹	۵/۱	۶	۲/۱	۱/۵	۰/۶
	TSSR	۰	۰/۰۴	-۳/۴	-۶/۸	-۹/۵	۳۸۹	۳/۴	۱/۲
۲	CN2	۷۲	۷۹	۹۲	-	-	۵۱	۳۶	-
	TSSR	۰	۳۲۱	۶۰۳۹	-	-	۳۶۰	۴۷۵	-
۳	T-Laps	۶/۱	۶/۷	۷/۹	۱۰/۴	۱۲/۲	۴/۳	۳	۱/۲
	TSSR	۰	۵	۷	۱۱۵	۱۶۰	۵۱	۱۸۰	۳۰۵
۴	CCT	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۵۳	۰/۷	۰/۸۲	۰/۳	۰/۲	۰/۰۸
	TSSR	۰	۳۵۰	۴۴۰	۹۸۹	۱۰۸۹	۱۲۰	۶۷۰	۳۲۸۰
۵	ABF	۰/۰۰۰۹۵	۰/۰۱۰۴	۰/۰۱۲۳	۰/۰۱۶	۰/۱۹	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۱۹
	TSSR	۰	۸۲	۳۸۴	۱۲۹۸	۲۶۰۲	۲۳۶۴	۵۰۶۹	۵۷۲۴
۶	REVAP	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۵	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۵
	TSSR	۰	۲۷۷	۴۲۶	۶۱۴۴	۸۴۰۲	۴۹۹	۸۲۵	۲۳۱۶
۷	CRCO	۱	۱,۱	۱/۳	۱/۷	۲	۰/۷	۰/۵	۰/۲
	TSSR	۰	۱۴۹	۱۰۷۰	۴۰۳۹	۶۸۳۴	۲۸	۸۵	۱۴۹



شکل ۶- نمایش حساسیت مدل نسبت به پارامترها بوسیله‌ی معیار PBIAS

بعد از مراحل طولانی واسنجی مدل، داده‌های روان‌آب شبیه‌سازی برای فواصل زمانی روزانه، ماهانه و سالانه، استخراج شد. در تشریح مراحل شبیه سازی، طی پنج مرحله اجرای مدل که به‌طور خلاصه از کلیت اجرای واسنجی اتخاذ شده بود، تمامی داده‌های سه نوع روان‌آب مذکور تحلیل شدند. در مقایسه ماهانه برای دوره واسنجی همبستگی برابر ۶۸/۷ درصد، NS برابر ۰/۷۲ و PBIAS برابر ۲/۵- به‌دست آمد. برای دورهٔ اعتبار سنجی، ضریب تبیین برابر ۵۷/۵ درصد، NS برابر ۰/۵۴ و PBIAS برابر ۴/۳ به‌دست آمد. با مقایسه این پارامترها می‌توان استنتاج کرد که دوره اعتبارسنجی با توجه به شرایط مشروحه در بالا قابل قبول است. پس پارامترهای به‌دست آمده از عملیات واسنجی می‌تواند برای حوضه‌های مشابه حوضه معرف کسیلیان استفاده شود. پارامترهای اصلاح شده حوضه معرف کسیلیان برای مدل SWAT پاسخ مثبتی داشته است. شبیه‌سازی روان‌آب سالانه از ابتدای اجرای مدل جواب مناسبی می‌داد که برای کل دوره، همبستگی ۷۵ درصد به‌دست آمد. جزئیات این مقایسه در شکل ۳- و مشخص است. در انتهای کار واسنجی مدل، نتیجه قابل قبولی برای روان‌آب روزانه در دوره چهار ساله (۱۹۷۹-۱۹۷۸) و نیز کل دوره آماری ۱۰ ساله برآورد شد. به‌طوری که برای دو سال اول، ۳۹ درصد و برای هفت سال اول ۱۲/۵ درصد همبستگی به‌دست آمد. در رابطه با آزمون حساسیت، پارامترها را می‌توان در سه گروه خیلی حساس، حساسیت متوسط و حساسیت‌کم طبقه‌بندی کرد. پارامترهای ABF، REVAPC و CN در طبقه خیلی حساس، پارامترهای CCT، TC و CRCO در طبقه حساسیت متوسط و پارامترهای Z و T-laps درطبقه حساسیت کم قرار می‌گیرند.

در مقایسه نتایج پژوهش حاضر با دو مورد تحقیقی که در حوزه آبخیز معرف امامه انجام گرفته است (غلامی، ۱۳۷۹؛ مرید، ۱۳۸۰)، مدل SWAT، نتایج با معنی‌داری کم‌تری برآورد کرده است. علت اصلی این تفاوت، کاربری حوضه معرف امامه (مرتع) نسبت به حوضه معرف کسیلیان (کاربری غالب جنگل) است. مدل ریاضی SWAT به‌دلیل پیچیدگی ساختار، پیش‌گویی در شرایط و حالات مختلف طبیعت و استفاده از پارامترها و اطلاعات خیلی زیاد، نیاز به تخصص، زمان و دقت بیش‌تری برای اجرا، واسنجی و قالب‌بندی آمار دارد، این امر باعث محدود شدن استفاده از این مدل می‌شود که باید به روش‌های مختلف سعی در تسهیل کاربری آن شود. در پروژه‌هایی که از مدل SWAT استفاده می‌شود، بایستی، پایگاه اطلاعاتی جامع و کاملی از تمامی پارامترهای حوضه تشکیل شود. با توجه به این‌که مدل SWAT، رسوب، بیلان آبی، تولید زراعی- مرتعی و کیفیت آب را نیز شبیه‌سازی می‌کند، پیشنهاد می‌شود، مدل برای کاربردهای دیگر نیز بررسی و اصلاح شود. همچنین نسخه ۲۰۰۵ آن که به‌صورت SWAT-GIS اصلاح شده بررسی شود.

منابع مورد استفاده

۱. بی نام. ۱۹۸۷-۱۹۷۸. سال‌نامه‌های آماری تماب برای حوزه معرف کسیلیان.

۲. سازمان هواشناسی کشور. ۱۹۸۷-۱۹۷۸ . سالنامه‌های آماری برای حوزه معرف کسیلیان.

۳. غلامی، ش. ۱۳۷۹. مدل شبیه سازی رسوب روزانه با استفاده از مدل توزیعی SWAT، مطالعه موردی در حوزهٔ آبخیز کوهستانی (حوزه آبخیز معرف امامه). دومین همایش ملی فرسایش و رسوب، صفحه ۲۰۴-۱۸۵.

۴. مرید، س. ۱۳۸۰. بررسی اثر ذوب برف در جریان سطحی به وسیله مدل SWAT. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه Indian Institute Technology (IIT)هند. دهلی نو، ۳۴۷ صفحه.

۵. مهدوی، م. ۱۳۷۸ . هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۱۳۲-۱۱۷.

6. Arnold, J.G. 1996. Estimating hydrologic budgets for three Illinois Watersheds. Journal of Hydrology, 176:57-77.
7. Arnold, J.G, J.R. Williams and K.W. Srinivasan. 1996. SWAT Simulation Model, Soil and Water Assessment Tool USDA, Agriculture Research Service, 213 p.
8. Bathurst, J.C. 1977. Sensitivity analysis of the e hydrologic system europeen for an upland catchment. J. Hydrol., 87:103-123.
9. Bings, R.L. 1996. Runoff simulation from Goodwin Creek Watershed using SWAT. ASAE, 59(1) 85-90.
10. Gholami, S.A. 1998. Distributed watershed modelling of mountainous catchment. Synopsis of PhD Theses. Dept. of Civil Engineering, Indian Institute Technology, New Delhe, 469 p.
11. Helvey, J.D. 1971. A summary of rainfall interception by certain conifers of North America. In biological effects of the hydrological cycle. Ed. West Lafayette: Purdue University, 584 p.
12. Leonard, P.B.A. 1979. A stable and accurate convective modelling procedure based on quadratic upstream interpolation. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 19:59-98.
13. Matamoros, D., E. Guzman and J. Bonini. 2005. AGNPS and SWAT model calibration for hydrologic modelling of an Ecuadorian river basin under data scarcity. IWA Publishing, London, UK60(3).
14. Nash, J.E. and T.E. Sutcliffe. 1970. River flow forcasting through conceptual model, Part I. A discussion of principles. Journal of Hydrology, 10(3):282-290.
15. Royappan, M. 1984. Survey of effect of change of land use to runoff by SWAT model in South Africa. Kentucky University, 482 p.
16. Shanholtz, V.O. 1994. A soil water balance model for no-tillage and conventional till systems. Agricultural Water Management, 26:155-168.
17. Williams, J.R. 1984. Simulation for water resoruces in rural basins. Journal of Hydrolic Engineering, 111(6):970-986.

Evaluation of simulating daily discharge flow using SWAT model, case study: Kasilian catchment area

Hossein Saadati[1], Assisstant Professor, Natural Resources Department, Ardabil Branch, Azad University, Iran
Shaban Ali Gholami, Assisstant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Foroud Sharifi, Assisstant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran

Received: 01 January 2009 **Accepted**: 02 June 2009

Abstract

Lack of hydrometric data is the main issue for research and executive plans. In the present study in order to solve this issue, the capability of SWAT model has been studied in terms of daily discharge simulation in un-gauged watersheds. This model can simulate six hydrological and biological processes such as daily discharge, daily sediment, yearly and monthly water balance, water quality, agricultural products and estimation of vegetative cover for different animal grazing management systems. Simulation has been done for both gauged and un-gauged basins in Kasilian catchment for two time periods as calibration and validation of model. Calibration has been done using data derived from 4 years recording data (1987-1981) while validation has been done using 6 years data (1981-1986). Results show that, ABF, CN2 and REVAPC parameters are most sensitive and also Z and T-Laps parameters are low sensitive among other parameters. The model simulated runoff reasonable with r^2=0.69, PBIAS=-2.5, and NS=0.72, whereas, the validation of model for the same data showed that r^2=0.57, PBIAS=4.3, and NS=-0.54, which indicates that the performance this model is not quite valid for low stream flows because of sensitivity of hydrological parameters. The new version of SWAT model, modified during 2000 to 2005, has a capability in using GIS, thus it can be used in the same study area.

Key words: Calibration, Runoff, Validation, Water balance, Watershed management

[1] saadati55@yahoo.com