

مقدمه

کمبود آب به صورت یک تهدید واقعی برای زندگی انسان به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک در کشورهای در حال توسعه محسوب می شود. رشد جمعیت و از سوی دیگر تغییر استانداردهای زندگی سبب افزایش مصرف آب شده است. [۴]، که در ایجاد محدودیت آبی نقش به سزایی داشته است. محدودیت منابع آب، تهدیدی جدی برای رفاه و توسعه پایدار ناحیه ای می باشد. چنین مناطقی با یک موازنه بسیار نامتعادل در زمینه عرضه و تقاضای آب روبه رو است. نیاز روز افزون به منابع آب، برنامه ریزان را با چالش های جدیدی مواجه نموده است. کشاورزی، صنعت و توسعه شهری از جمله گروه هایی می باشند که به دلیل توسعه رو به رشد باعث افزایش فشار بر این منابع شده است [۵ و ۲]. از کل منابع آبی که هر سال در کشور استحصال می شود، حدود ۹۲ درصد آن در بخش کشاورزی مصرف می گردد [۱۴]. به همین منظور ارزیابی منابع آب، یکی از ارکان مدیریت و سیاست گذاری در مدیریت منابع آب به شمار می آید، که بررسی روش های محاسبه بیلان آب یکی از موضوعات دیرین در هیدرولوژی است [۲۱ و ۱۶]. بیلان آبی به کلیه ی آب هایی که در یک زمان معین وارد یک محدوده ی خاص می شود و در این ناحیه یا به مصرف می رسد یا ذخیره شده و یا به صورت های مختلف از محدوده خارج می گردد اطلاق می شود [۱۱]. پیش بینی و تعیین میزان کمی فرایندهای تولید رواناب و انتقال آن به نقطه خروجی حوزه آبریز از اهمیت خاصی برخوردار است [۸]. برای تخصیص منابع آبی و توسعه پایدار لازم است که محاسبه همه اجزای بیلان آب صورت بگیرد و برای محاسبه بیلان آبی ضروری است که اندازه گیری بلند مدت مؤلفه های مرتبط انجام شود [۶]. این امر مستلزم وجود و دستگاه های اندازه گیری می باشد که ممکن است این آمار با خطاهای طبیعی و انسانی همراه باشد. از طرفی زمان بر بودن محاسبات به صورت دستی، کمبود داده های موثق (تازه تأسیس بودن ایستگاه های آمار بردار و یا فقدان دستگاه های اندازه گیری) برای برآورد بسیاری از متغیرهای هیدرولوژیکی بیلان و اتکاء به روش های تجربی (تخمینی) برای برآورد این متغیرها در اکثر حوضه های کشور با مشکلاتی مواجه ساخته است [۱۰، ۴ و ۶]. در این راستا، روش و مدل های متعددی از جمله مدل های ساده و مفهومی تحت عنوان مدل های بیلان برای پیش بینی و تخمین

 ارزیابی کارایی شبیه سازی دبی حوزه آبخیز باغان با
 استفاده از مدل چهار متغیره سالاس

غلامرضا راهی^{۱*}، عطاله کاویان^۲، سیاوش کلیبی^۳ و مهین کله هوئی^۴
 تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۲۶

چکیده

بیلان آب و تجزیه جریان داخل یک حوضه از لحاظ برنامه های توسعه ای و بهره برداری آب از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. لذا هدف از پژوهش پیش رو کاربرد و ارزیابی مدل چهار متغیره سالاس در برآورد و پیش بینی میزان دبی خروجی حوزه آبخیز باغان استان بوشهر می باشد. داده های مورد نیاز برای اجرای مدل بارش و دبی می باشد که بدین منظور داده های بارش ایستگاه هواشناسی باغان و دبی خروجی ایستگاه هیدرومتری باغان از سال ۱۳۵۹ تا سال ۱۳۸۸ تهیه گردید. مدل سالاس از تعدادی زیر مدل ساده که فرایندهای مختلف جریان را در حوضه مشخص می سازند، نظیر رواناب سطحی، نفوذ، تبخیر و تعرق، نفوذ عمقی، جریان پایه به دست می آید. به منظور کالیبراسیون مدل از تابع مجموع مربعات خطا استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که بیش ترین مقدار بارندگی در حوضه از طریق تبخیر و تعرق از حوضه باغان خارج می شود. نتایج نشان داد مقدار ریشه میانگین مربعات خطای نسبی قبل و بعد از بهینه سازی ضرایب مدل چهار متغیره سالاس به ترتیب از ۲/۱۸ درصد به ۱/۵ درصد و میانگین خطای مطلق از ۱۰/۱۳ به ۰/۷۳ کاهش پیدا کرد. هم چنین نتایج نشان داد در سال هایی که مقدار دبی خروجی به صورت متوسط است، مقدار شبیه سازی به مقدار مشاهداتی آن بسیار نزدیک می باشد. در سال های پربابی که مقدار دبی خروجی بسیار بیش تر از سال های نرمال است، مقدار شبیه سازی بسیار کم تر از مقدار مشاهداتی آن می باشد. واژه های کلیدی: بیلان آب، تبخیر و تعرق، ذخیره سفره، رواناب سطحی، جریان پایه.

۱- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نویسنده مسئول: Email: ghrahi@gmail.com

۲- استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دکتری جنگل داری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان بوشهر

۴- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس

مؤلفه‌های بیلان آبی ارائه شده است، که در این بین می‌توان به مدل سالاس^۱ اشاره کرد. با توجه به اهمیت موضوع در برآورد بیلان آب تحقیقات فراوانی در زمینه تخمین اجزای مختلف بیلان آب در مناطق مختلف و با استفاده از مدل‌های مختلف انجام شده است که به‌طور نمونه می‌توان به برخی موارد اشاره نمود: واندیل^۲ و همکاران [۲۳]، در پژوهشی یک مدل بیلان آبی ماهانه را در ۷۹ حوزه آبخیز واقع در بلژیک، چین و برمه به‌کار بردند. نتایج نشان داد که یک مدل جهانی مناسب برای تمام حوزه‌های آبخیز وجود ندارد. سیتو^۳ و همکاران [۲۰]، از روشی برای مدل‌سازی حوزه آبریز برای پیش‌بینی دبی در سراب رودخانه والکر در ایالت نوادا در آمریکا استفاده نمودند. نتایج ایشان نشان داد گرچه اساس مدل سالاس از روابط بسیار ساده و با ورودی بارش استفاده می‌کند اما میزان ضریب تبیین مدل برای خروجی بالای ۰/۷۸ بود. افستراتیادیس^۴ و همکاران [۷]، مطالعه‌ای را به‌منظور مدل‌سازی هیدرولوژی متغیرهای زمانی حوزه‌ها در آمریکا انجام دادند. نتایج ایشان نشان داد چارچوب غیرخطی تصادفی با بهره‌گیری از پروتوکل کالبراسیون بهره‌گیری از اطلاعات موجود را به حداکثر رسانید. ارنل^۵ [۱]، از مدل بیلان آب ماهانه برای بررسی عوامل کنترل‌کننده آثار تغییر اقلیم بر حوزه‌های آبخیز انگلستان استفاده کرد. بدین‌منظور ایشان با تغییرات فرضی عوامل هواشناسی در مدل بیلان آبی ماهانه نشان داد که در مقیاس ماهانه بیلان آب در تابستان و شرایط زمین‌شناسی حوزه اثر مهمی برعکس‌العمل حوزه نسبت به حالت مشخص تغییر اقلیم دارد.

در ایران نیز مهدوی و آذرخشی [۱۰]، در مطالعه‌ای به تعیین مدل بیلان آبی مناسب ماهانه در حوزه‌های آبخیز کوچک کشور پرداختند. در این مطالعه که در اقلیم نیمه خشک و در ۱۲ حوزه در منطقه آذربایجان و شمال خراسان صورت گرفت، پس از تهیه داده‌های دما، بارش و دبی متوسط ماهانه حوزه‌ها، توان تبخیر تعرق متوسط ماهانه از رابطه تورنت وایت محاسبه شد. نتایج تحقیق نشان داد که براساس نتایج آزمون t استیودنت، اختلاف بین دبی متوسط ماهانه برآورد شده از مدل، با دبی متوسط اندازه‌گیری شده در سطح اعتماد ۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار نیست و با استفاده از مدل‌های بیلان آبی ماهانه می‌توان رواناب ماهانه حوزه‌های فاقد آمار را برآورد نمود.

حیدری‌زاده و احمدی‌راد [۹]، برای تجزیه مؤلفه‌های بیلان آب جریان سالانه در داخل حوزه مرک در استان کرمانشاه از مدل سالاس استفاده نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که براساس شاخص مربعات خطای بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر مشاهداتی جریان در ایستگاه خرس‌آباد به‌خوبی توانست با استفاده از این مدل

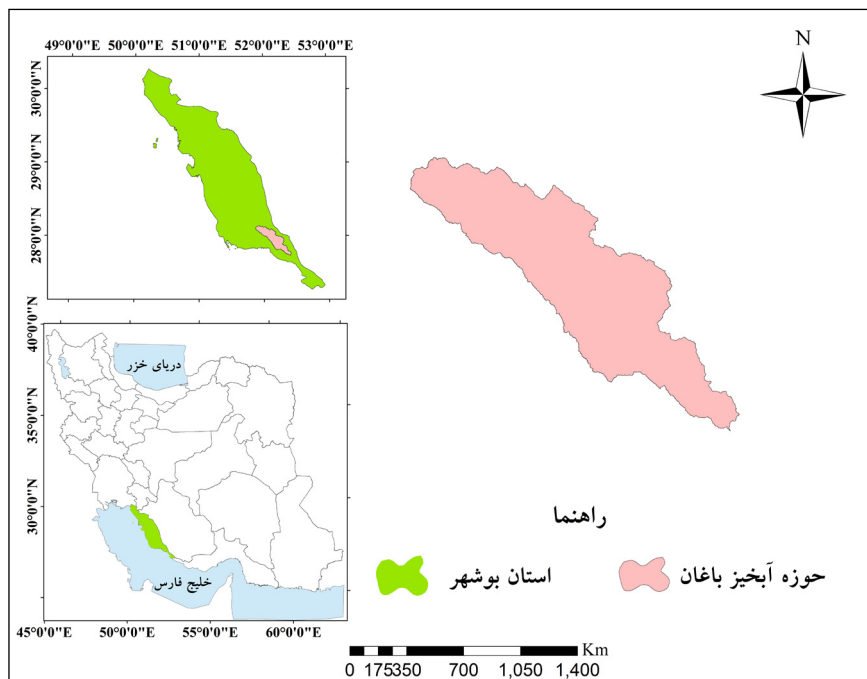
- 1- Salas
- 2- Vandewiele
- 3- Saito
- 4- Efstratiadis
- 5- Arnell

تجزیه شود. دهقان و همکاران [۴]، در تحقیقی به تخمین اجزای بیلان آب در مزارع تحت آبیاری گندم با استفاده از مدل SWAP دشت نیشابور پرداختند. ورودی‌های این مدل از ترکیب اطلاعات مزرعه‌ای و هواشناسی تعیین شد. با توجه به شاخص‌های آماری ارائه شده، نتایج تحقیق نشان داد که مدل SWAP به‌خوبی توانسته است جریان آب در خاک را شبیه‌سازی کند. نظری و همکاران [۱۳]، اجزای بیلان آب را برای دو حوزه لار و کسلیان محاسبه کردند. نتایج نشان داد که ۱۱ درصد بارندگی به‌صورت تبخیر و تعرق و ۴۴ درصد به‌صورت رواناب از حوزه خارج می‌شود. در منطقه یادشده، بیلان آبی در اکثر سال‌ها منفی بوده، مگر در چند سال محدود که به‌علت سردی هوا و بارندگی زیاد، بیلان آبی مثبت بوده است. مرادی‌پور و همکاران [۱۲]، به شبیه‌سازی بیلان آبی در مقیاس حوزه پرداختند. این تحقیق با استفاده از مدل هیدرولوژیکی-توزیعی و GIS با گام زمانی روزانه در حوزه آبخیز طالقان انجام گرفت. نتایج بیانگر قابلیت بالای مدل در برآورد مؤلفه‌های هیدرولوژیکی و به تبع آن شبیه‌سازی دقیق‌تر بیلان آبی می‌باشد. میرزایی و خزایی [۱۱]، مطالعه‌ای را به‌منظور شبیه‌سازی جریان سطحی با استفاده از مدل بیلان آبی سالاس در حوزه‌های آبخیز کهگیلویه و بویراحمد انجام دادند. نتایج ایشان نشان داد مدل سالاس فصلی در اکثر موارد میزان دبی را کم‌تر از مقدار واقعی برآورد نموده است. رشیدی و همکاران [۱۵]، به ارزیابی مدل‌های بیلان آب، سالاس در محدوده دشت کبودآهنگ برای محاسبه بیلان آب ماهانه پرداختند. ارزیابی عملکرد مدل با استفاده از ضریب کارایی (CE)، ریشه مجذور مربعات (RMSE)، ضریب تبیین (R^2) صورت گرفته است. نتایج نشان داد که مدل سالاس توانست با معیارهای ($R=0/392$ و $CE=0/1$, $R=3/11$) در اکثر موارد دبی را بیش‌تر از میزان واقعی برآورد کند. با توجه به اهمیت شبیه‌سازی جریان در پیش‌بینی مؤلفه‌های بیلان آب ضروری به‌نظر می‌رسد که برای مدیریت بهتر و تخصیص منابع آبی برای بوم‌سازگان حساس حوزه‌های آبخیز این مدل بکار برده شود. هم‌چنین با توجه به این‌که در بسیاری از مکان‌ها ایستگاه هیدرومتری با داده‌های مناسب جهت برآورد دبی وجود ندارد لذا هدف از انجام پژوهش پیش‌رو ارزیابی کارایی شبیه‌سازی دبی حوزه آبخیز باغان با استفاده از مدل چهار متغیره سالاس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز باغان (جم و ریز) به مساحت ۹۰۹۱۹/۲ هکتار در شمال کنگان در فاصله ۲۵۰ کیلومتری شهر بوشهر واقع شده است (شکل ۱). محدوده حوزه مورد مطالعه از ۳۱° ۴۸' ۵۱" تا ۱۴° ۵۲' ۲۵" طول شرقی و ۲۸° ۴۴' ۲۷" تا ۲۸° ۱۴' ۵۵" عرض شمالی می‌باشد. محیط حوزه ۲۲۵/۸۳۹ کیلومتر و بیشترین ارتفاع منطقه ۱۴۱۲/۷ متر و کم‌ترین ارتفاع آن معادل ۵۲/۳ متر از سطح دریا



شکل ۱: محدوده منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران و استان بوشهر

سال (از سال ۸۸-۵۴) و داده‌های ارتفاع رواناب ۲۹ سال (از سال ۸۸-۵۹) بود، از این بین طول دوره آماری مشترک ۲۹ سال (۸۸-۵۹) انتخاب شد. صحت، همگنی و نرمال بودن داده‌ها نیز کنترل شد. سپس بانک داده‌ها در محیط EXCEL تهیه و با استفاده از نرم‌افزار SOLVER به تجزیه و تحلیل پرداخته شده است. هم‌چنین ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که سد کنترلی تأثیرگذار در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد.

مدل بیلان آبی سالاس

مدل چهار متغیره a, b, c و d سالاس از مجموعه روابط منطقی و ریاضی فرآیندهای مهم جریان در حوزه آبخیز پایه‌گذاری شده که در نهایت برای بدست آوردن رابطه بین بارش - رواناب به شکل سالانه و ماهانه در یک حوضه می‌باشد. این چهار متغیر از قبل تعریف شده است که در ادامه به تعریف آن‌ها پرداخته شده است. با توجه به این که در این مدل از طریق چهار فرآیند مهم جریان آب در حوضه، رابطه بین بارش - رواناب را به دست می‌آورد؛ لذا تنها با داشتن میزان بارش و رواناب و واسنجی مدل می‌توان جریان خروجی را به جریان پایه، جریان زیر سطحی و جریان مستقیم تجزیه و ضمناً میزان تبخیر و تعرق را هم می‌توان به صورت سری زمانی ماهانه یا سالانه برآورد نمود [۹].

سالاس [۱۸]، در شبیه‌سازی ساده و منطقی فرض را بر یک حوضه با جریان طبیعی و بدون انحراف آب در حوضه و یا بدون سد ذخیره‌ای معرفی کرده است. مدل سالاس توانایی تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های بیلان آب را در فواصل زمانی یک‌ساله و ماهانه را دارا است. به همین منظور در پژوهش پیش‌رو مدل سالانه آن انتخاب شده است. مدل ماهانه نیز

می‌باشد. در این منطقه رودخانه‌های جم و ریز و حرمیک جریان دارند که در انتهای حوضه این دو شاخه به هم پیوسته و تحت نام رودخانه باغان به سمت خروجی حوضه جریان می‌یابد و در نهایت به رودخانه مند واقع در خروجی حوضه می‌ریزد. متوسط بارندگی سالانه این حوضه ۳۲۶/۴ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت و رطوبت نسبی سالانه به ترتیب ۲۳/۴ درجه سانتی‌گراد و ۵۱/۴ درصد می‌باشد. میزان متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل، رواناب و آبدی سالانه در این حوضه به ترتیب ۱۶۲۳ میلی‌متر، ۳۵/۱۸ میلی‌متر و ۰/۹۶ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد.

وضعیت خاک‌شناسی

بخش اعظم منطقه عموماً دارای خاک کم عمق یا دارای عمق متوسط بوده و مهم‌ترین ویژگی این اراضی وجود سنگریزه سطحی و عمقی زیاد در خاک می‌باشد. حداقل شدت نفوذپذیری خاک‌ها بر حسب گروه‌های هیدرولوژیکی بر اساس تقسیم‌بندی سازمان حفاظت خاک آمریکا (S.C.S) در منطقه شامل گروه‌های B و C در اراضی توده سنگی که حدود ۳۰ درصد از کل منطقه را شامل می‌گردد گروه هیدرولوژیکی D تشخیص داده شده، بنابراین شرایط تولید رواناب در منطقه زیاد بنظر می‌رسد.

روش انجام پژوهش

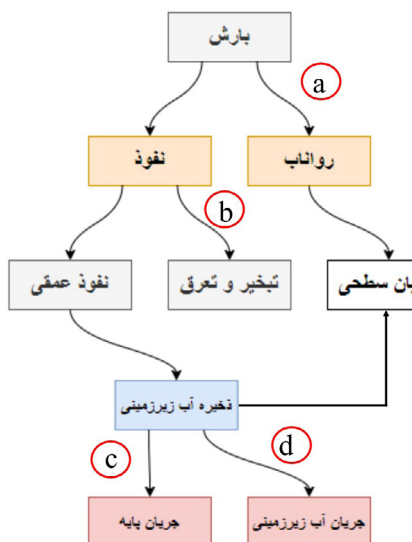
جهت تجزیه مؤلفه‌های بیلان آب در حوزه آبخیز باغان با گام زمانی سالانه، با مراجعه به اداره هواشناسی استان بوشهر داده‌های بارش و رواناب سالانه ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری باغان دریافت شد. با توجه به این که طول آماری برای داده‌های بارش ۳۴

برای فهم بهتر معادلات، معادلات (۱ تا ۴) و (۱، ۶ و ۹) را با یکدیگر ادغام نمود (به ترتیب رابطه ۹ و ۱۰ جدول ۱).

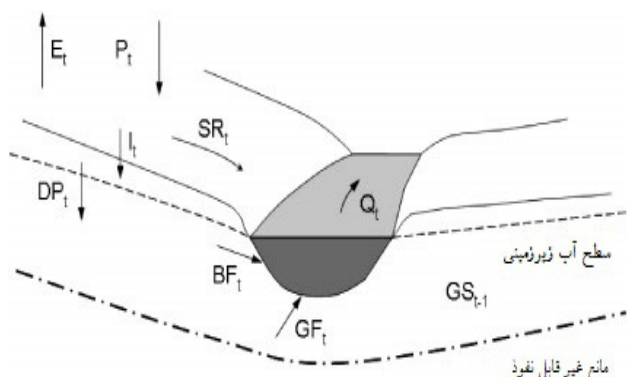
شبیه مدل سالانه است با این تفاوت که در آن به شاخص‌های خاک مؤثر در ذخیره آب نیاز است. جدول ۱ متغیرهای ورودی این مدل را برای شبیه‌سازی جریان سالانه را نشان می‌دهد.

جدول ۱: متغیرهای ورودی مورد نیاز برای مدل سالاس [۲۲]

مؤلفه
$P(t)$: بارش متوسط حوضه در گام زمانی t
$SR(t)$: رواناب سطحی در گام زمانی t
$I(t)$: نفوذ در گام زمانی t
$E(t)$: تبخیر و تعرق در گام زمانی t
$Q(t)$: جریان خروجی (دبی) حوضه در گام زمانی t
$DP(t)$: نفوذ عمقی در گام زمانی t
$BF(t)$: جریان پایه در گام زمانی t
$GF(t)$: جریان زیر زمینی در گام زمانی t
$GS(t-1)$: ذخیره آب زیر زمینی در گام زمانی $t-1$



شکل ۲: نمای شماتیکی از جریان‌های طبیعی در یک حوضه طبیعی



شکل ۳: نمایی از فرآیندهای بارش-ذخیره-دبی خروجی مدل سالاس در یک حوضه طبیعی [۱۷]

پیش فرض شبیه‌سازی جریان وجود داشتن ذخیره آب زیرزمینی است، اهمیت آن در انباشت یا آزادسازی آب در رابطه با میزان جریان ورودی و خروجی حوضه نمایان شده است [۲۲]. مدل منطقی حوضه نیز از تعدادی مدل ساده که فرآیندهای مختلف جریان را در حوضه مشخص می‌سازند، نظیر رواناب سطحی، نفوذ، تبخیر و تعرق، نفوذ عمقی، جریان پایه بدست می‌آید. مدل‌های مذکور اساساً روند بارش را در سرتاسر حوضه تا خروجی تعیین می‌سازند [۱۹ و ۳]. سالاس مؤلفه‌های جریان را شامل، a: قسمتی از بارش است که به رواناب سطحی تبدیل می‌شود. b: قسمتی از مقدار نفوذ می‌باشد که به تبخیر و تعرق تبدیل می‌شود. c: قسمتی از ذخیره سفره می‌باشد که به صورت جریان پایه وارد رودخانه شده و در نهایت در دبی خروجی مؤثر است، d: قسمتی از ذخیره سفره می‌باشد که به صورت جریان زیرزمینی تعیین می‌کند (اشکال ۲ و ۳). سالاس هم‌چنین متغیرهای در نظر گرفته شده در مدل را با توجه به معادلات (جدول ۲) ارائه می‌کند. بر اساس جدول ۱، مدل جریان حوزه آبخیز شامل معادلات (۱) تا (۸) می‌باشد. هم‌چنین می‌توان

جدول ۲: روابط و معادلات در نظر گرفته شده در مدل سالاس [۱۹]

معادلات	رابطه
Surface Runoff: $SR(t) = a P(t)$, $0 < a < 1$	۱: رواناب سطحی
Infiltration: $I(t) = P(t) - SR(t) = (1-a) P(t)$	۲: نفوذ
Evapotranspiration: $E(t) = b I(t) = b (1-a) P(t)$, $0 < b < 1$	۳: تبخیر و تعرق
Deep Percolation: $DP(t) = I(t) - E(t) = (1-a) P(t) - b (1-a) P(t) = (1-a)(1-b) P(t)$	۴: نفوذ عمقی
Groundwater storage: $GS(t) = GS(t-1) + DP(t) - BF(t) - GF(t)$	۵: ذخیره سفره
Baseflow: $BF(t) = c GS(t-1)$, $0 < c < 1$	۶: جریان پایه
Groundwater flow: $GF(t) = d GS(t-1)$, $0 < d < 1$, $0 < c+d < 1$	۷: جریان زیرزمینی
Streamflow: $Q_t = SR(t) + BF(t)$	۸: جریان رودخانه (دبی)
$GS(t) = (1-c-d) GS(t-1) + (1-a)(1-b) P(t)$ $GS(t) = \phi GS(t-1) + \psi P(t)$ $\phi = 1-c-d$ و $\psi = (1-a)(1-b)$	رابطه (۹)
$Q(t) = (1-c-d) Q(t-1) + a P(t) + [c(1-b) + a(bc+d-1)] P(t-1)$ $Q(t) = \phi Q(t-1) + a P(t) - \theta P(t-1)$	رابطه (۱۰)
$\theta = -[c(1-b) + a(bc+d-1)]$	رابطه (۱۱)

مدل حوزه آبخیز پیچیده به مدل ساده (رابطه ۱۱) تبدیل شده است که می‌توان به آسانی ذخیره سفره و جریان رودخانه را با نسبتی از بارش و متغیرهای a, b, c و d تخمین زد. اگر چه معمولاً در عمل روابط مؤلفه‌های مختلف جریان در حوضه پیچیده هستند. ضمناً واحدها به صورت عمق متوسط جریان در حوضه به سانتی‌متر و اینچ بیان می‌شود. ضرایب a, b, c و d مدل بر اساس داده‌های مشاهده‌ای بارش و جریان خروجی به دست می‌آیند. برای این کار می‌توان از روش آزمون و خطا و روش‌های کلاسیک ایتیم‌سازی استفاده نمود. برای واسنجی مدل نیاز به داشتن مقدار ذخیره اولیه آب زیر زمینی می‌باشد.

در آغاز مقادیر پارامترهای a, b, c و d به صورت فرضی و با توجه به مطالعات انجام شده توسط مدیریت آبخیزداری در حوضه قرار داده شد و تابع هدف را مجموع مربعات خطای^۱ بین مقادیر مشاهداتی و محاسبه شده دبی خروجی در نظر گرفته شد که در تمامی تکرارها سعی در کم کردن این مقدار بوده است. سپس با روش سعی و خطا عمل تغییر مقادیر متغیرهای a, b, c و d آنقدر تکرار شد تا در نهایت تابع هدف به حداقل مقدار خود رسید و در نهایت مقادیر بهینه متغیرها a, b, c و d تعیین گردید. لازم به ذکر است که مقدار ذخیره اولیه سفره ($GS0=15mm$) برابر با ۱۵ میلی‌متر فرض شده است.

ارزیابی عملکرد مدل‌ها

به منظور پردازش مدل بهینه از پارامترهای دقت‌سنجی از جمله؛ ضریب تبیین، ضریب کارایی، میانگین خطای اریبی و ریشه مجذور مربعات خطای نسبی بر اساس روابط ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ استفاده می‌شود. در روابط ذیل Q_{v_o} دبی مشاهداتی، Q_{v_e} میانگین دبی مشاهداتی، Q_{v_e} دبی محاسباتی و Q_{v_e} میانگین دبی محاسباتی در نظر گرفته می‌شود [۱۷].

$$R^2 = \frac{(\sum (Q_{v_o} - \bar{Q}_{v_o})^2 (\sum (Q_{v_e} - \bar{Q}_{v_e})^2)^2}{\sqrt{(\sum (Q_{v_o} - \bar{Q}_{v_o})^2) (\sum (Q_{v_e} - \bar{Q}_{v_e})^2)}} \quad (12)$$

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_o - X_e) \quad (13)$$

$$RRMSE = \left(\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_e - X_o}{X_o} \right)^2 \right) * 100 \right) / \bar{X} \quad (14)$$

$$SE = \sum_{i=1}^n ((X_e - X_o)^2) \quad (15)$$

نتایج و بحث

در جدول (۳) نتایج نهایی حاصل از تجزیه مؤلفه‌های بیلان آب

که شامل رواناب، نفوذ، تبخیر/تعرق، نفوذ عمقی، ذخیره سفره، جریان پایه و جریان زیرزمینی می‌باشد، به تفکیک هر سال نشان داده شده است. شکل (۴) نمودار این جریان‌ها را در طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۵۹ نشان می‌دهد. پس از تغییرات زیاد ضرایب به روش سعی و خطای دستی، مقادیر $0.1, 0.9, 0.05, 0.9$ به ترتیب برای ضرایب a, b, c و d بدست آمد. سپس این مقادیر بهینه شد و در نهایت ضرایب a, b, c و d به ترتیب $0.144, 0.903, 0.01, 0.93$ به دست آمده‌اند. جدول (۳) که مقادیر مؤلفه‌های بیلان آب را نشان می‌دهد با توجه به این ضرایب تهیه گردیده است. لازم به ذکر است پس از بهینه‌سازی ضرایب، مقدار C یعنی مقدار ضریب جریان پایه برابر با صفر بدست آمد، اما از آن‌جا که رودخانه دائمی بوده و حتی پس از چندین ماه خشک و بدون بارندگی، همواره آب در رودخانه جریان داشته و دبی مشاهداتی صفر نمی‌شود، پس می‌توان نتیجه گرفت که جریان پایه همواره رودخانه را تغذیه کرده و بنابراین نمی‌توان برای ضریب آن مقدار صفر در نظر گرفت. از این رو ضریب بسیار کمی (0.01) برای جریان پایه در نظر گرفته شد که تغییر چندانی را در مقدار تابع هدف ایجاد نمی‌کند. در واقع زمانی که مقدار ضریب C برابر با صفر در نظر گرفته می‌شود، مقدار SSE برابر با ۲۶۵۸۰ بوده و زمانی که C برابر با 0.01 است مقدار SSE برابر با ۲۶۵۸۲ به دست می‌آید.

مقدار متوسط خطای^۲ بین مقدار مشاهداتی و محاسبه شده دبی خروجی با توجه به فرمول ۱۱، برای هر دو سری ضرایب بدست آمد. مقدار ME برای ضرایب سری اول برابر با $-10/13$ و پس از بهینه کردن ضرایب 0.072 بدست آمد. مقدار مثبت ME نشان از آن دارد که مقادیر محاسبه شده توسط مدل از مقادیر مشاهداتی آن بزرگتر می‌باشد، به عبارت دیگر مدل مقدار بیش‌تری را نسبت به مقدار مشاهداتی آن تخمین می‌زند و مقدار منفی ME یعنی مدل مقدار کم‌تری را نسبت به مقدار مشاهداتی آن برآورد می‌نماید. در هر دو سری ضرایب مقدار ME منفی بوده، اما در سری دوم یعنی مقادیر بهینه شده ضرایب، این مقدار کاهش پیدا می‌کند. مقدار ضریب تبیین بدست آمده و مقدار خطای متوسط به دست آمده در این مطالعه، نسبت به نتایج میرزایی و خزایی [۱۱] و سبتو و همکاران [۲۰]، دارای وضعیت بهتری بود. مقدار ME هر چه به صفر نزدیکتر باشد و ضریب تبیین نزدیک به یک باشد مدل دارای کارایی بالاتری می‌باشد. در مورد شکل (۵) نمودار مقدار مشاهداتی و مقدار محاسبه شده دبی خروجی را در طی سال‌های ۸۸-۵۹ نشان می‌دهد.

نتایج مربوط به ارزیابی مدل براساس مقایسه مقادیر دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در حوضه باغان در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد تمام معیارهای ارزیابی مدل بعد از بهینه سازی مدل بهبود یافت.

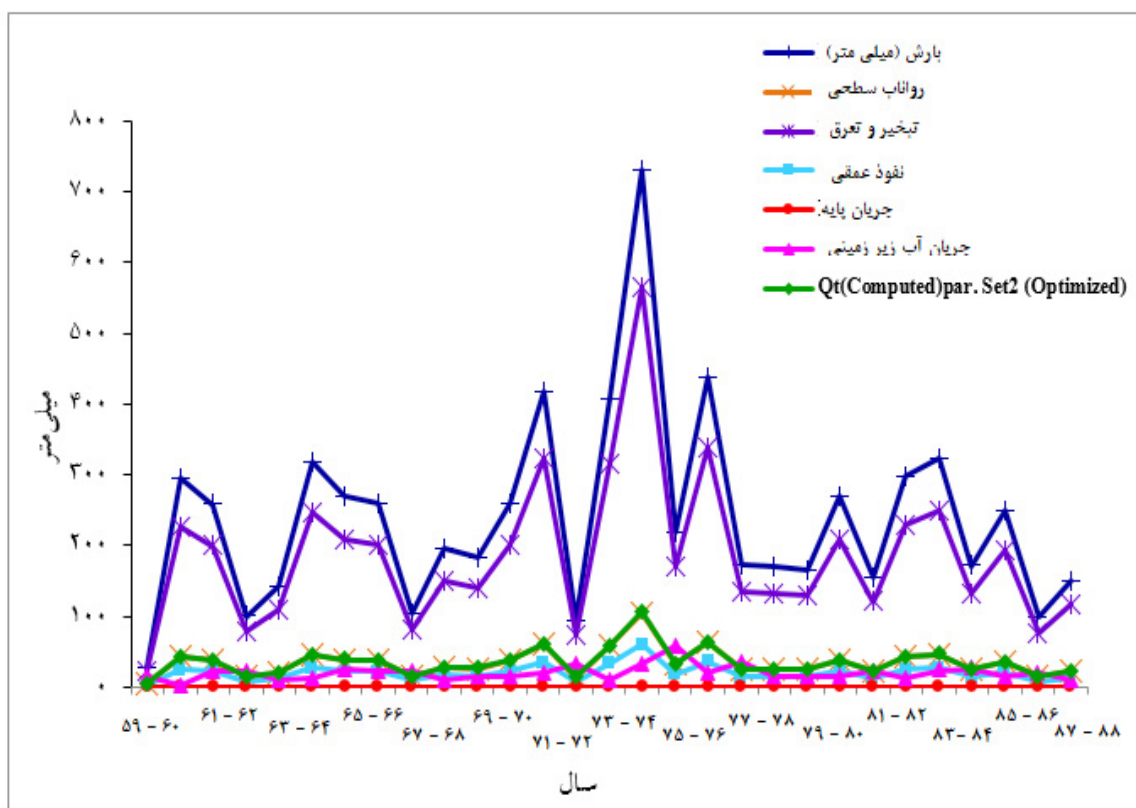
جدول ۳: مقادیر تجزیه مؤلفه‌های جریان در حوزه آبخیز باغان با مدل سالاس

سال	بارش (میلی متر)	دبی (مشاهده‌ای)	رواناب سطحی (میلی متر)	نفوذ (میلی متر)	تبخیر و تعرق (میلی متر)	نفوذ عمقی (میلی متر)	ذخیره آب زیرزمینی (میلی متر)	جریان پایه (میلی متر)	جریان آب زیرزمینی (میلی متر)	دبی (تخمینی) (میلی متر)
۵۹-۶۰	۲۷/۵۰	۲۲/۵۰	۳/۹۶	۲۳/۵۴	۲۱/۲۶	۲/۲۸	۳/۱۸	۰/۱۵	۱۳/۹۵	۴/۱۱
۶۰-۶۱	۲۹۴	۲۱/۶۷	۴۲/۳۴	۲۵۱/۶۶	۲۲۷/۲۵	۲۴/۴۱	۲۴/۶۰	۰/۰۳	۲/۹۶	۴۲/۳۷
۶۱-۶۲	۲۵۸	۱۶/۳۴	۳۷/۱۵	۲۲۰/۸۵	۱۹۹/۴۳	۲۱/۴۲	۲۲/۹۰	۰/۲۵	۲۲/۸۸	۳۷/۴۰
۶۲-۶۳	۱۰۰/۲۰	۹/۵۸	۱۴/۴۳	۸۵/۷۷	۷۷/۴۵	۸/۳۲	۹/۶۹	۰/۲۳	۲۱/۳۰	۱۴/۶۶
۶۳-۶۴	۱۴۱/۵۰	۸/۱۵	۲۰/۳۸	۱۲۱/۱۲	۱۰۹/۳۷	۱۱/۷۵	۱۲/۳۳	۰/۱	۹/۰۲	۲۰/۴۷
۶۴-۶۵	۳۱۸	۶/۰۱	۴۵/۷۹	۲۷۲/۲۱	۲۴۵/۸۰	۲۶/۴۰	۲۷/۱۴	۰/۱۲	۱۱/۴۷	۴۵/۹۲
۶۵-۶۶	۲۶۹	۳/۸۷	۳۸/۷۴	۲۳۰/۲۶	۲۰۷/۹۳	۲۲/۳۴	۲۳/۹۶	۰/۲۷	۲۵/۲۴	۳۹/۰۱
۶۶-۶۷	۲۵۹/۵۰	۲۴/۵۸	۳۷/۳۷	۲۲۲/۱۳	۲۰۰/۵۹	۲۱/۵۵	۲۲/۹۸	۰/۲۴	۲۲/۲۹	۳۷/۶۱
۶۷-۶۸	۱۰۳/۵۰	۶/۷۰	۱۴/۹۰	۸۸/۶۰	۸۰	۸/۵۹	۹/۹۷	۰/۲۳	۲۱/۳۸	۱۵/۱۳
۶۸-۶۹	۱۹۵	۲۷/۴۵	۲۸/۰۸	۱۶۶/۹۲	۱۵۰/۷۳	۱۶/۱۹	۱۶/۷۹	۰/۱	۹/۲۷	۲۸/۱۸
۶۹-۷۰	۱۸۲	۱۲	۲۶/۲۱	۱۵۵/۷۹	۱۴۰/۶۸	۱۵/۱۱	۱۶/۱۲	۰/۱۷	۱۵/۶۱	۲۶/۳۸
۷۰-۷۱	۲۵۹	۲۶/۸۷	۳۷/۳۰	۲۲۱/۷۰	۲۰۰/۲۰	۲۱/۵۱	۲۲/۴۷	۰/۱۶	۱۴/۹۹	۳۷/۴۶
۷۱-۷۲	۴۱۶/۵۰	۳۸/۱۳	۵۹/۹۸	۳۵۶/۵۲	۳۲۱/۹۴	۳۴/۵۸	۳۵/۹۳	۰/۲۲	۲۰/۹۰	۶۰/۲۰
۷۲-۷۳	۹۴/۵۰	۱۱/۶۱	۱۳/۶۱	۸۰/۸۹	۷۳/۰۵	۷/۸۵	۱۰	۰/۳۶	۳۳/۴۲	۱۳/۹۷
۷۳-۷۴	۴۰۸	۵۹/۳۹	۵۸/۷۵	۳۴۹/۲۵	۳۱۵/۳۷	۳۳/۸۸	۳۴/۴۸	۰/۱	۹/۳۰	۵۸/۸۵
۷۴-۷۵	۷۲۹/۵۰	۹۵/۷۵	۱۰۵/۰۵	۶۲۴/۴۵	۵۶۳/۸۸	۶۰/۵۷	۶۲/۶۴	۰/۳۴	۳۲/۰۶	۱۰۵/۳۹
۷۵-۷۶	۲۱۹	۱۷/۰۱	۳۱/۵۴	۱۸۷/۴۶	۱۶۹/۲۸	۱۸/۱۸	۲۱/۹۴	۰/۶۳	۵۸/۲۶	۳۲/۱۶
۷۶-۷۷	۴۳۷/۵۰	۶۷/۳۰	۶۳	۳۷۴/۵۰	۳۳۸/۱۷	۳۶/۳۳	۳۷/۶۴	۰/۲۲	۲۰/۴۱	۶۳/۲۲
۷۷-۷۸	۱۷۲/۵۰	۱۷/۷۰	۲۴/۸۴	۱۴۷/۶۶	۱۳۳/۳۴	۱۴/۳۲	۱۶/۵۸	۰/۳۸	۳۵/۰۱	۲۵/۲۲
۷۸-۷۹	۱۷۱	۴۰/۲۴	۲۴/۶۲	۱۴۶/۳۸	۱۳۲/۱۸	۱۴/۲۰	۱۵/۱۹	۰/۱۷	۱۵/۴۲	۲۴/۷۹
۷۹-۸۰	۱۶۶	۱۵/۱۹	۲۳/۹۰	۱۴۲/۱۰	۱۲۸/۳۱	۱۳/۷۸	۱۴/۶۹	۰/۱۵	۱۴/۱۳	۲۴/۰۶
۸۰-۸۱	۲۶۸/۵۰	۴۶/۷۱	۳۸/۶۶	۲۲۹/۸۴	۲۰۷/۵۴	۲۲/۲۹	۲۳/۱۸	۰/۱۵	۱۳/۶۷	۳۸/۸۱
۸۱-۸۲	۱۵۶	۲۳/۹۱	۲۲/۴۶	۱۳۳/۵۴	۱۲۰/۵۸	۱۲/۹۵	۱۴/۳۴	۰/۲۳	۲۱/۵۵	۲۲/۷۰
۸۲-۸۳	۲۹۷	۱۶۰/۳۹	۴۲/۷۷	۲۵۴/۲۳	۲۲۹/۵۷	۲۴/۶۶	۲۵/۵۲	۰/۱۴	۱۳/۳۴	۴۲/۹۱
۸۳-۸۴	۳۲۲	۱۱۱/۸۲	۴۶/۳۷	۲۷۵/۶۳	۲۴۸/۹۰	۲۶/۷۴	۲۸/۲۷	۰/۲۶	۲۳/۷۳	۴۶/۶۲
۸۴-۸۵	۱۷۱/۵۰	۳۱/۵۰	۲۴/۷۰	۱۴۶/۸۰	۱۳۲/۵۶	۱۴/۲۴	۱۵/۹۴	۰/۲۸	۲۶/۲۹	۲۴/۹۸
۸۵-۸۶	۲۴۹	۲۸/۰۱	۳۵/۸۶	۲۱۳/۱۴	۱۹۲/۴۷	۲۰/۶۷	۲۱/۶۳	۰/۱۶	۱۴/۸۲	۳۶/۰۲
۸۶-۸۷	۹۹/۵۰	۷/۲۸	۱۴/۳۳	۸۵/۱۷	۷۶/۹۱	۸/۲۶	۹/۵۶	۰/۲۲	۲۰/۱۲	۱۴/۵۴
۸۷-۸۸	۱۴۹/۵۰	۶۹/۶۱	۲۱/۵۳	۱۲۷/۹۷	۱۱۵/۵۶	۱۲/۴۱	۱۲/۹۹	۰/۱۰	۸/۸۹	۲۱/۶۲

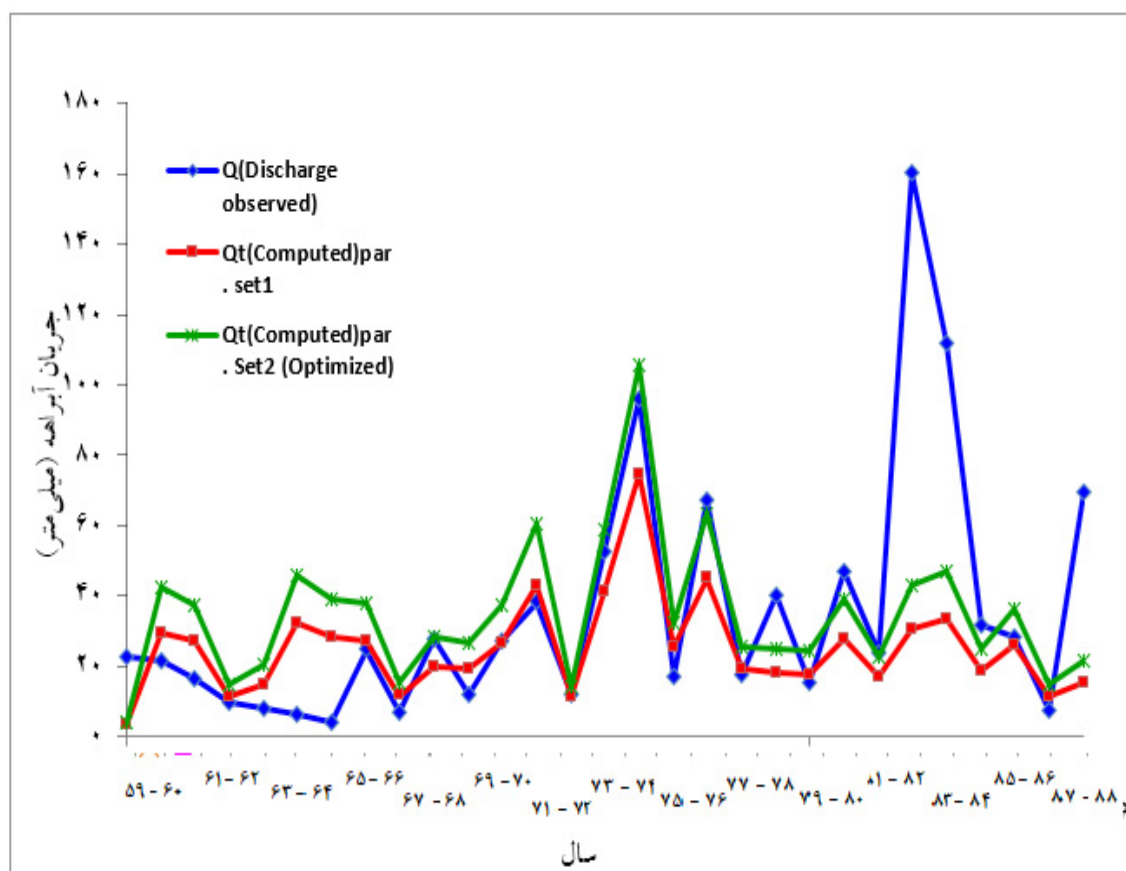
جدول ۴: نتایج ارزیابی مدل سالاس براساس مقایسه مقادیر دبی مشاهداتی و

شبیه‌سازی شده در حوضه باغان

معیار ارزیابی	قبل از بهینه‌سازی ضرایب	بعد از بهینه‌سازی ضرایب
R ²	۰/۳۵	۰/۵۵
RMSE	۲/۱۸	۱/۵
ME	۱۰/۱۳	۰/۷۳
SSE	۳۰۲۱۱	۲۶۵۸۲



شکل ۴: نمودار مؤلفه‌های بیلان آب در حوزه آبخیز باغان با مدل سالاس



شکل ۵: مقایسه دبی خروجی سالانه مشاهداتی با مقدار شبیه‌سازی شده حوزه آبخیز باغان با مدل سالاس

1. Arnell, N. W. 1992. Factors controlling the effects of climate change on river flow regimes in a humid temperate environment. *Journal of hydrology*, 132(1-4): 321-342.
2. Barzegari Banadkooki, F., Malekinezhad, H., Hosseini, M.M. 2016. Conjunctive Water Resources Management with Emphasis on Environmental Sustainability in Yazd-Ardakan Basin. *Iran-Water Resources Research*, 12(2): 104-119. (In Persian).
3. Cabrera, Juana. 2012. Modelo abcd-Simulación de caudales mensuales, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, available online: – http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_5.pdf
4. Dehghan, H., Alizadeh, A., Haghayeghi, S. A. 2011. Water balance components estimating in farm scale using simulation model SWAP (Case Study: Neyshabur Region). *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 24(6):1265-1275. (In Persian).
5. Dogrul, EC., Kadir, TN., Brush, C F., Chung, F.I., 2016. Linking groundwater simulation and reservoir system analysis models: The case for California's Central Valley. *Environmental Modeling and Software* 77:168-182.
6. Droogers, P., Bastiaanssen, W.G.W., Beyazgul, M., Kayam, Y., Kite, G.W., Murray-Rust, H. 2000. Distributed agro-hydrological modeling of an irrigation system in western Turkey, *Agricultural Water Management*, 43(2): 183-202.
7. Efstratiadis, A., Nalbantis, I., Koutsoyiannis, D. 2015. Hydrological modelling of temporally-varying catchments: Facets of change and the value of information. *Hydrological Sciences Journal*, 60 (7-8), 1438–1461, doi:10.1080/02626667.2014.982123..
8. Golnarkar, S., Pourreza, B. M., Khashei, S. A., Amirabadizadeh, M. 2017. Assessment of basin hydrological components by modified conceptual continuous rainfall-runoff SCS-CN. *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(1):1-21. (In Persian).
9. Heydarizadeh, M. and M. Ahmadi. 2008. Using the Salas four-variable model for analysis of

همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود بیش‌ترین مقدار بارندگی در حوضه از طریق تبخیر و تعرق از حوضه باغان خارج می‌شود. از مقدار متوسط بارش (آمار ۲۹ ساله از سال ۸۸-۵۹) ۲۳۹ میلی‌متر بارش در حوضه، ۱۸۴ میلی‌متر آن به‌صورت تبخیر تعرق از حوضه خارج می‌شود. ۱۹ میلی‌متر نیز به‌صورت نفوذ عمقی به آب‌های زیر زمینی وارد می‌شود که اغلب آن از طریق حرکت آب‌های زیر زمینی از حوضه خارج می‌شود. ۱۴/۴ درصد از بارش نیز به‌صورت جریان سطحی از حوضه خارج می‌شود. همان‌طور که در شکل (۵) قابل مشاهده است در سال‌هایی که مقدار دبی خروجی به‌صورت متوسط است، مقدار شبیه‌سازی به مقدار مشاهداتی آن بسیار نزدیک می‌باشد، در سال‌های پربابی که مقدار دبی خروجی بسیار بیش‌تر از سال‌های نرمال است، مقدار شبیه‌سازی بسیار کم‌تر از مقدار مشاهداتی آن می‌باشد و بالعکس آن در سال‌های کم‌آبی، با مقدار دبی خروجی کم‌تر نسبت به سال‌های نرمال، مقدار دبی خروجی شبیه‌سازی شده بیش‌تر از مقدار مشاهداتی آن می‌باشد. که از جمله دلایل برآورد بیش‌تر این مدل وزن‌دهی بیش‌تر به بارش و وزن‌دهی کم‌تر به سایر پارامترها می‌باشد. این نتایج با نتایج رشدی و همکاران مطابقت دارد [۱۵].

هم‌چنین در سال‌های ۸۸-۸۱ نیز دبی مشاهداتی، مقادیر زیادی را نشان داده است به گونه‌ای که مدل در این سال‌ها به‌طور ضعیفی ارتفاع دبی خروجی را شبیه‌سازی کرده است و با توجه به این‌که مقدار بارش در این سال‌ها مقدار حداکثر نبوده است، نمی‌توان علت آن را به مقدار بارش اختصاص داد که سبب افزایش شدید در مقدار دبی خروجی گردیده است. در پایان باید اشاره نمود که دوره‌ای بودن داده‌های چندساله خصوصیت جدایی ناپذیر آن‌ها می‌باشد که این تغییرپذیری منجر به تولید مدل‌های متغیر آماری یا پارامترهای متغیر می‌شود. نتایج مدل چهار متغیره سالاس نشان داد که در سال‌هایی که مقدار دبی خروجی به‌صورت متوسط است، مقدار شبیه‌سازی به مقدار مشاهداتی آن بسیار نزدیک می‌باشد، در سال‌های پربابی که مقدار دبی خروجی بسیار بیش‌تر از سال‌های نرمال است، مقدار شبیه‌سازی بسیار کم‌تر از مقدار مشاهداتی آن می‌باشد. این مدل، به دلیل در نظر نگرفتن پارامترهای مهم فیزیوگرافی مؤثر، روند تغییرات سالانه در خروجی حوضه را با دقت نسبتاً پایین پیش‌بینی می‌کند. هم‌چنین نتایج کالیبراسیون نشان داد، مدل به پارامترهای ضریب رواناب و جریان زیرزمینی حساسیت بیش‌تری نشان می‌دهد. در مجموع می‌توان بیان کرد که مدل سالاس به دلیل سادگی کاربرد و کارایی بالا در مدل‌سازی دبی، می‌تواند جریان رودخانه را در رودخانه‌هایی با شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی دشتی و حوضه‌های کوچک و همگن فاقد ایستگاه هیدرومتری شبیه‌سازی کند. در شرایط حوضه‌های پیچیده‌تر، پیشنهاد می‌شود از روش‌های مختلف ماشین‌های یادگیری همانند شبکه عصبی مصنوعی و درختان تصمیم‌گیری برای مدل‌سازی استفاده شود.

16. Rrazavi, S., Davari, K., Talebi, f., Joodavi, A. 2020. An overview on water balance models: mathematical-conceptual water balance models for watershed. *Iranian Water Research Journal*, 35(13):125-136. (In Persian).
17. Salas, J. D., Smith, R. A. 1981. Physical basis of stochastic models of annual flows. *Water Resources Research*, 17(2): 428-430.
18. Salas, Jose D., Obeysekera, Jayantha 1992. Conceptual basis of seasonal streamflow time series models, *Journal of Hydraulic. Engineering*, 118.
19. Salas, Jose D. 2002. Precipitation stream flow relationship: watershed modeling, *Hydrology and Water Resources Program, Dep. of Civil Engineering, Colorado State University. USA*, Available Online: <http://www.engr.colostate.edu/~jsalas/classes/CE322/Handouts/Watershed%20modeling.pdf>.
20. 20-Saito, Laurel., Biondi, Franco., Salas, Jose D., Panorska, Anna., Kozubowski, Tomasz 2008. Watershed modeling approach to streamflow reconstruction from tree-ring records, *Environmental Research Letters*, 3:024006 (6pp) doi:10.1088/1748 - 9326/3/2/024006.
21. Sokolov A. A. and Chapman T. G. 1974. Methods for water balance computations; an international guide for research and practice- A contribution to the International Hydrological Decade. 122 p.
22. Soleimani, F., Mahdian, M.H., Heidarizadeh, M. 2015. Estimation of subsurface flow in Marghab and Abgelal Watersheds using Salas Model in Khuzestan Province. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 7(2): 116-125. (in Persian).
23. Vandewiele, G. L., Xu, C. Y. 1992. Methodology and comparative study of monthly water balance models in Belgium, China and Burma. *Journal of Hydrology*, 134(1-4): 315-347.
- water balance components inside basin. 3rd Conference on Water Resources Management. Tabriz University, (in Persian).
10. Mahdavi, M., Azarakhshi, M. 2004. A Determination of an Appropriate Monthly Water Balance in Small Watersheds of Iran (Case Study: Eastern Azarbayejan and North of Khorasan). *Iranian Journal of Natural Resources*, 57(3):415-427. (In Persian).
11. Mirzaei, M. R., Khazei, M. 2014. Evaluation of Performance Stimulation of Surface Flow by SALAS Water Balance Model in Catchment Area of Kohgiluyeh and Boyerahmad Province. *Geography and Development*, 12(36): 95-108. (In Persian).
12. Moradipoor, SH., Zeinivand, H., Bahremand, A., Najafinajad, A. 2012. Water Balance Simulation of Watershed Scale Using Distributed Hydrological Model and GIS. 7th National Conference on Watershed Management Science and Engineering, Isfahan University of Technology. (In Persian).
13. Nazari, M.A., M. Habibnejad and K. Shahedi. 2010. Calculation and investigation of monthly water balance by Torrent White method, case study: Talar watershed. First National Conference on water Resources Management of Coastal Lands. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, (in Persian).
14. Pishbahar, E., Rahimi, J. 2017. The Impact of Climate and Management Scenarios on Agriculture and Water Resources Discharge in Iran: Application of System Dynamics Model. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 31(1): 73- 94. (in Persian).
15. Rashidi, B., Araqinajad, SH., Ebrahimi, K. 2015. Assessing water balance models, SALAS and WAPABA in runoff prediction (case study: Plan Kabudrahang). International Conference on Sustainable Development, Strategies & Challenges with a focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, Tabriz – Iran. (In Persian).



Abstract

Evaluation of Discharge Simulation of Baghan Watershed Using Four-variable Salas Model

Gh.R. Rahi¹, A. Kavian², S. Kalbi³ and M. Kalehhouei⁴

Received: 2019/09/26 Accepted: 2020/04/14

Water balance and flow analysis within a basin is particularly important in terms of water development and utilization programs. Therefore, the purpose of this study is to evaluate and predict the outflow rate of Baghan watershed in Bushehr province. The data required for the implementation of the rainfall and discharge models were used to obtain the precipitation data of the Baghan Meteorological Station and the discharge of Baghan Hydrometric Station from 1981 to 2010. The Salas model is derived from a number of simple sub models that characterize different flow processes in the basin such as surface runoff, infiltration, evapotranspiration, deep infiltration and base flow. Error squares were used to calibrate the function model. The results of this study showed that the highest amount of rainfall in the basin was evacuated from the basin by evapotranspiration. The results showed Relative root mean square error before and after optimization of the coefficients of the four-variable Salas model decreased from 2.18% to 1.5% and the mean absolute error from 10.13 to 0.73. and mean error of the Salas four-variable model showed that in the years when the discharge value is almost average, the simulation value is very close to the observed value, and when the discharge value is much higher than the normal years, the simulation value is the less than its observed value.

Keywords: Water Balance, Evapotranspiration, Aquifer Storage, Surface Runoff, Base Flow.

1-Assistant Professor of Soil and Watershed Conservation Research, Bushehr Agricultural Research and Training Center, Agricultural Research, Training and Promotion Organization, Corresponding Author, Email: ghrahi@gmail.com

2-Professor, Department of Watershed Management Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran,

3-Ph.D. Student of Forestry, Bushehr Province Department of Natural Resources and Sanitation.

4-Ph.D. Student of Watershed Management Sciences and Engineering, Tarbiat Modares University.