Archive of SID

مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال سوم - شماره ۹ - زمستان ۱۳۸۸
Vol. 3, No. 9, Winter 2010

بررسی اثر تغییر اقلیم بر توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف در حوزه‌ی کارون

حسین قربانی‌زاده خرازی[۱]، حسین صدقی[۲]، بهرام ثقفیان[۳] و جهانگیر پرهمت[۴]

تاریخ دریافت: ۸۷/۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۸

چکیده

اثرات تغییر اقلیم بر الگوی ذوب برف و در پی آن تغییر در توزیع زمانی جریان، در مدیریت منابع آب رودخانه‌های با رژیم برفی بسیار دارای اهمیت است. در این بررسی با استفاده از مدل ذوب برف SRM و همچنین مدل جهانی تغییر اقلیم ECHAM4 با فرض دو سناریوی تغییر اقلیم A و B، پیش‌بینی توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف برای نیم قرن آینده شامل دو دوره‌ی ۲۵ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۰ در حوزه‌ی کارون انجام گرفت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که زمان بیشینه‌ی جریان از بهار به زمستان انتقال خواهد یافت. پیش‌بینی می‌شود که در این حوزه دبی زمستان با افزایش حدود ۱۰ درصدی، دبی بهار با کاهش و دبی تابستان با کاهش نسبی رو به رو شود. دبی پاییز نیز بدون تغییرات قابل ملاحظه جریان خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، ذوب برف، حوزه‌ی کارون، مدل SRM، مدل ECHAM4 و رود کارون

مقدمه

در حوزه‌های کوهستانی و برف گیر، ذوب برف و رواناب ناشی از آن عامل مهم تغییرات رژیم جریان بشمار می‌آید و سهمی مهم در تولید جریان و منابع آب دارد. پیش بینی توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف با توجه به وضعیت اقلیم در عرصه‌های گوناگونی کاربرد دارد، از جمله در تامین آب شرب، کشاورزی و صنعت، مدیریت مخازن تولید برقابی، پیش بینی خشکسالی، کیفیت آب و غیره [۱].

در ضمن تغییر اقلیم نیز پدیده‌ای انکار ناپذیر است. بررسی تغییر اقلیم و اثرات آن بر منابع آب و بویژه بر رواناب ناشی از ذوب برف می‌تواند زمینه‌ساز اتخاذ سیاست‌های راهبردی آینده‌ی مدیریت منابع آب باشد، بدون توجه به این واقعیت که اقلیم در حال تغییر است، نمی‌توان برنامه ریزی واقع بینانه ای را در زمینه‌ی بهره برداری از منابع آب انجام داد [۶].

بررسی پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که در بیش‌تر نقاط دنیا تغییر اقلیم باعث افزایش دما، کاهش بارندگی افزایش وقایع حدی و آنتروپی می‌شود [۸]. همچنین در اثر تغییر اقلیم مقادیر بارش برف کاهش می‌یابد و طول دوره‌ی ریزش برف زودتر به پایان می‌رسد، به همین دلیل حجم رواناب در زمستان افزایش و در بهار کاهش خواهد یافت.

استوارت و همکاران [۱۴] زمان جریان رواناب ناشی از ذوب برف در شمال غربی آمریکا را در شرایط تغییر اقلیم پیش بینی کردند. بر اساس این پیش بینی، با استفاده از مدل‌های اقلیمی با توجه به تغییر دما و بارش در قرن ۲۱ در مناطق مورد بررسی، رواناب ناشی از ذوب برف حدود ۳۰ تا ۴۰ روز زودتر جاری می‌شود [۹].

پاین و همکاران [۱۱] به بررسی تغییرات اقلیم در حوزه‌ی رودخانه‌ی کلمبیا با استفاده از مدل RCM برای دوره‌ی ۲۰۶۰-۲۰۴۰ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که تغییر اقلیم باعث افزایش دمای ۱/۲ درجه‌ی سانتی گراد و کاهش بارش به میزان ۳ درصد خواهد شد و افزایش رواناب در زمستان و کاهش آن در سایر فصل‌ها را پیش بینی کردند.

میلر و همکاران [۱۰] با در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم در حوزه‌های ایالت کالیفرنیای آمریکا پیش بینی کردند که تا پایان قرن حاضر ذوب برف هر سال زودتر آغاز می‌شود و ذخایر برف زمستانه ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

هریچ و همکاران [۷] به بررسی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب حوزه‌های آبخیز کشور لبنان پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش ۲ درجه‌ی سانتی گراد باعث می‌شود که بیشینه‌ی دبی جریان دو ماه زودتر رخ دهد.

چانگ چان و همکاران [۳] به بررسی اثر تغییر اقلیم بر دما، بارش و سطح پوشش برف و روند تغییرات آن‌ها در حوزه‌ی رودخانه‌ی تاریم[۵] چین پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش جهشی در دما و

۱ نویسنده مسئول و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر
h_ghorbanizadeh@yahoo.com
۲ - استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۳- استاد مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
۴- استادیار مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

5- Tarim Basin

www.SID.ir

Archive of SID

بارش در میانه‌های دهه‌ی ۱۹۸۰ با استفاده روش‌های تعیین روند ناپارامتریک مشاهده می‌شود، ولی تغییر سطح پوشش برف قابل توجه نیست [۵]. حال با توجه به موردهای ذکر شده هدف از این پژوهش بررسی تغییرات ۵۰ سال آینده در توزیع زمانی جریان و همچنین تغییرات حجمی جریان رواناب ناشی از ذوب برف در طول سال در رود کارون، است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز کارون که در جنوب غربی ایران واقع است، یکی از مهم‌ترین حوزه‌های آبخیز ایران است. رود کارون از مرتفع‌ترین قلل سلسله جبال زاگرس سرچشمه می‌گیرد و به خلیج فارس می‌ریزد. شاخه‌ی کارون متشکل از سه شعبه‌ی عمده‌ی کارون علیا، بازفت و خرسان مساحتی در حدود ۲۴ هزار کیلومتر مربع را در محل پل شالو زهکشی می‌کند. حوزه‌های شعبه‌های اصلی کارون هر یک از شرایط فیزیوگرافی، توپوگرافی و اقلیم متفاوتی برخوردارند. توپوگرافی منطقه و جهت و شیب دامنه‌های کوهستانی و نیز گسترش جلگه‌های داخلی حوزه‌ها، شرایط اقلیمی کاملا متفاوتی را پدید آورده به گونه‌ای که رژیم‌های هیدرولوژیکی متنوعی بر حوزه‌های آبخیز فرعی این رودخانه‌ی بزرگ حاکم شده است. حوزه‌ی آبخیز رودخانه‌ی کارون در بالادست پل شالو به دنبال سیستم کوهستانی بخش مرکزی زاگرس به وسیله‌ی ارتفاعات گوناگونی که در جهت‌های گوناگون گسترش یافته‌اند، احاطه شده است.

در بیش‌تر نقاط مرتفع حوزه چه در بخش شمالی در حوزه‌ی کارون علیا و بازفت و چه در بخش جنوبی حوزه‌ی خرسان مقدار شایان توجهی از بارش‌ها به صورت بارش برف است.

روش‌ها

بیش‌تر پیش‌بینی‌های اقلیمی بر اساس شبیه‌سازی مدل‌های چرخه‌ی عمومی جو بیان می‌شوند. مدل‌های GCM[1] در مقیاس مکانی، معمولا جو را به ۵ تا ۲۰ لایه‌ی نامساوی شبکه‌بندی می‌کنند. این لایه در نزدیک سطح زمین بوده و لایه‌های نزدیک سطح زمین فاصله‌های کم‌تری دارند. بدیهی است که محدودیت محاسبات معادله‌های دینامیک سیالات در این مدل‌ها ابعاد شبکه‌های مکانی و زمانی است. در این پژوش از مدل ECHAM4 که نوعی از مدل‌های GCM است، استفاده شده است. مدل ECHAM4 چهارمین نسخه از مدل چرخش عمومی جو هامبورگ است که به وسیله‌ی مرکز پیش‌بینی‌های هواشناسی اروپا اصلاح شده است. علت استفاده از این نوع مدل GCM تطابق خروجی‌های مدل ECHAM4 با داده‌های ثبت شده‌ی واقعی در دوره‌های مبنا است. از دو سناریو برای پیش‌بینی‌ها استفاده شده است. در سناریوی نخست (A) فرض بر این است که روند تولید گازهای گلخانه‌ای با شدت کنونی ادامه داشته باشد و در سناریوی دوم (B) فرض بر این است که برنامه‌های کنترلی حفظ محیط زیست به اجرا درآید و تولید گازهای گلخانه‌ای به کم‌ترین اندازه‌ی ممکن برسد.

مدلی که برای شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف مورد استفاده قرار خواهد گرفت، مدل WinSRM است. در این پژوهش ابتدا مدل بر اساس داده‌های موجود واسنجی و ارزیابی می‌شود و سپس از آن برای پیش‌بینی استفاده خواهد شد. مدل SRM[2] از جمله مدل‌های هیدرولوژی است که بمنظور شبیه سازی و پیش‌بینی جریان روزانه در حوزه‌های کوهستانی متاثر از ذوب برف بکار می‌رود [۱۲].

این مدل به وسیله‌ی مارتنیک[3] تکامل یافت و برای حوزه‌های کوچک اروپا بکار گرفته شد و با پیشرفت روش‌های ماهواره‌ای و کاربرد آن‌ها در تعیین پوشش برفی برای حوزه‌های بزرگ‌تر تا حدود ۱۲۰ هزار کیلومتر مربع مورد استفاده قرار گرفت.

مارتنیک و رانگو [۱۲] مدل اصلی شبیه‌سازی رواناب برف را به زبان فرترن طراحی کردند. مدل شبیه سازی رواناب ذوب برف تحت ویندوز (WinSRM) ویرایشی از مدل SRM است که برای استفاده از سیستم عامل مایکروسافت ویندوز تهیه شده است. مدل قابلیت تحلیل حوزه‌ی آبخیز با رژیم برفی را دارا می‌باشد.

این مدل به وسیله‌ی سازمان جهانی هواشناسی (WMO) برای شبیه‌سازی رواناب و نیز پیش‌بینی در زمان واقعی مورد تایید قرار گرفت. این مدل برای سه هدف متفاوت کاربرد دارد این سه هدف شامل شبیه‌سازی جریان رودخانه در فصل ذوب برف یا در سال، پیش‌بینی رواناب فصلی و نیز ارزیابی پتانسیل تاثیر تغییرهای اقلیمی بر رواناب و سطح پوشیده از برف فصلی است.

مدل SRM مدلی مفهومی است که رواناب ناشی از ذوب برف و بارش باران به طور روزانه محاسبه و آن را به دبی جریان فروکش (دبی پایه) افزوده و سپس با لحاظ نمودن ضریب انتقال، به دبی خروجی از حوزه تبدیل می‌شود. کم‌ترین متغیرهای هواشناسی ورودی مدل سطح زیر پوشش برف، بارندگی و درجه‌ی حرارت است.

این مدل دارای هشت پارامتر شامل ضریب رواناب برف، ضریب رواناب باران، ضریب درجه- روز، شیب کاهش درجه‌ی حرارت نسبت به ارتفاع، درجه‌ی حرارت بحرانی، سطح موثر در باران، ضریب فروکش و زمان تاخیر می‌باشد. برآورد هر کدام از این هشت پارامتر در هر کدام از مناطق ارتفاعی منطقه‌ی مورد مطالعه، در مرحله‌ی واسنجی انجام می‌گیرد [۱۲].

یکی از محاسن مدل SRM، این است که مدل، قابلیت نمایش هیدروگراف رواناب محاسبه شده و اندازه‌گیری شده را با هم دارا است، بنابراین با استفاده از نمودارها به صورت تطبیقی می‌توان نتیجه گرفت که آیا شبیه سازی تقریبا کامل صورت گرفته است یا خیر. علاوه بر این مدل از دو معیار پذیرفته شده شامل ضریب تعیین (R^2) و تفاضل

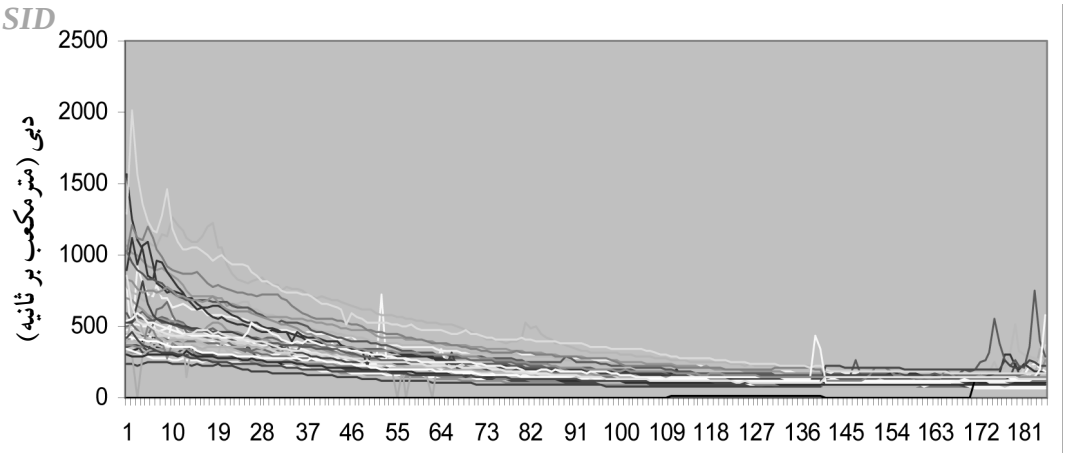
1- General Circulation Model

2- Snowmelt Runoff Model

3- Martinec

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱ - منحنی های فروکش دبی روزانه ی حوزه ی کارون در پل شالو در یک دوره ی ۴۰ ساله (از ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۵) از انتهای بارش در هر سال آبی تا ابتدای بارش در سال بعد (پایان دوره فروکش منحنی هیدروگراف)

حجمی (D_V) که به طور خودکار توسط مدل و معیار DG که توسط کاربر قابل محاسبه می‌باشد، استفاده می‌نماید. ضریب تعیین (R^2)، معیار ارزیابی مدل با دبی متوسط دوره و شاخص DG، معیار ارزیابی با متوسط دبی طولانی مدت است. روش محاسبه DG شبیه محاسبه R^2 است و در واقع معادله محاسبه هر دو یکسان است. با این تفاوت که DG نسبت به دبی متوسط طولانی مدت محاسبه می‌شود.

معیارهای بالا به طور خودکار به وسیله ی مدل محاسبه می شوند. افزون بر این ها معیار دیگری که به وسیله ی کاربر قابل استفاده است، معیاری است به نام شاخص .DG ضریب تعیین R^2 معیار ارزیابی مدل با میانگین دبی دوره و شاخص DG معیار ارزیابی با میانگین دبی دراز مدت است. روش محاسبه‌ی DG شبیه محاسبه‌ی R^2 است و در واقع معادله‌ی محاسبه‌ی هر دو یکسان است. با این تفاوت که DG نسبت به دبی میانگین طولانی مدت محاسبه می شود.

دوره‌ی زمانی مورد استفاده برای واسنجی و ارزیابی مدل SRM به ترتیب سال‌های آبی ۷۱ -۱۳۷۰ و ۷۲ -۱۳۷۱ انتخاب شد. علت انتخاب این سال ها، کامل تر بودن داده های برف مورد استفاده در مدل است. در ابتدا حوزه‌ی کارون به ۵ ناحیه‌ی ارتفاعی تقسیم شد. ایستگاه سینوپتیک شهرکرد به عنوان ایستگاه مبنای حوزه‌ی کارون برای مدل در نظر گرفته شد چون کامل ترین داده های هواشناسی را در منطقه دارا است و در ضمن شرایط ارتفاعی کاملا مناسبی دارد. پارامترهای مدل بر اساس این منطقه بندی برآورد و یا واسنجی شدند. ضریب رواناب برف به دلیل کمبود داده های مشاهده‌ای زمینی بویژه ناکافی بودن داده ها در ارتفاعات به صورت سعی و خطا واسنجی شد. برای بررسی بارش و دما از داده های روزانه‌ی بارش و دما ایستگاه مبنا، استفاده شد. سطح پوشش باران به شکل یکنواخت برای کل حوزه در نظر گرفته شد و علت فرض یکنواختی بارندگی، پیش بینی مدل تغییر اقلیم برای بارندگی است که به صورت یکنواخت برای کل حوزه ارایه می شود. همچنین برای تهیه‌ی سری روزانه‌ی سطح پوشش برف از داده های تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای نوآ (NOAA) استفاده شد. همچنین درجه حرارت بحرانی بر اساس پژوهش های گذشته‌ی این حوزه در حدود ۲/۴ در نظر گرفته شد (دمای ۲/۴ دمای آستانه‌ی برف مدل است. مدل در دمای بالاتر از آن، بارش را به صورت باران و در دمای کم‌تر از آن، بارش را به شکل برف فرض می کند).

ضریب فروکش (K) پارامتر بسیار مهم و تعیین کننده در این مدل است، ضریب فروکش از معادله‌ی (۱) بدست می آید:

$$K_{n+1} = x\,(Q_n)^{-y} \qquad (۱)$$

در این رابطه پارامترهای x و y از داده‌های تاریخی دبی بدست می‌آید. به این منظور داده‌های دبی روزانه در ۴۰ سال گذشته (از ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۵) مورد بررسی قرار گرفتند. دوره‌ی فروکش از میانه‌های اردیبهشت ماه تا میانه‌های آبان ماه هر سال آبی در نظر گرفته شده است. زیرا آبان آغاز صعود منحنی هیدروگراف سالانه است. برای معادله‌ی (۱) پارامترهای x و y برای کل دوره‌ی فروکش از نسبت دبی‌های روز جاری به روز پیش از آن در مقیاس لگاریتمی بدست آمد. کاربرد x و y در تعیین دبی در دوره‌ی بدون بارندگی است. گفتنی است که دو دسته مقادیر بهینه برای این دو پارامتر بر اساس سعی و خطا بدست آمد. برای دسته‌ی نخست مقادیر x و y از اول مهرماه تا آخر بهمن ماه و همچنین از نیمه‌ی مرداد ماه تا آخر شهریور ماه به ترتیب ۱/۰۱۷۵ و ۰/۰۰۵ و برای دسته‌ی دوم از اول اسفند تا میانه‌های مرداد به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۰۰۵ بدست آمد.

بر اساس ویژگی‌های نوسان روزانه‌ی رواناب ناشی از ذوب برف می‌توان زمان تاخیر را به گونه‌ی مستقیم از هیدروگراف جریان سال‌های گذشته تعیین کرد. از آن جایی که در این حوزه داده‌های دبی به جز در شرایط سیلاب در دوره‌های زمانی کم‌تر از روزانه در دسترس نیست، برآورد زمان تاخیر بر اساس داده‌های مشاهده‌ای دبی و درجه‌ی حرارت امکان پذیر نیست. بر این اساس با استفاده از داده‌های اولیه‌ی پیشنهادی مدل و سعی و خطا زمان تاخیر معادل ۱۸ ساعت در نظر گرفته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار (۲) تغییرات دبی روزانه شبیه سازی شده و مشاهده‌ای در دوره‌ی واسنجی را نشان می‌دهد. R^2 حدود ۰/۸۶ و درصد اختلاف عددی میزان دبی برآوردی و مشاهده‌ای کم‌تر از یک درصد (در حدود ۰/۴۲) درصد است.

نتایج

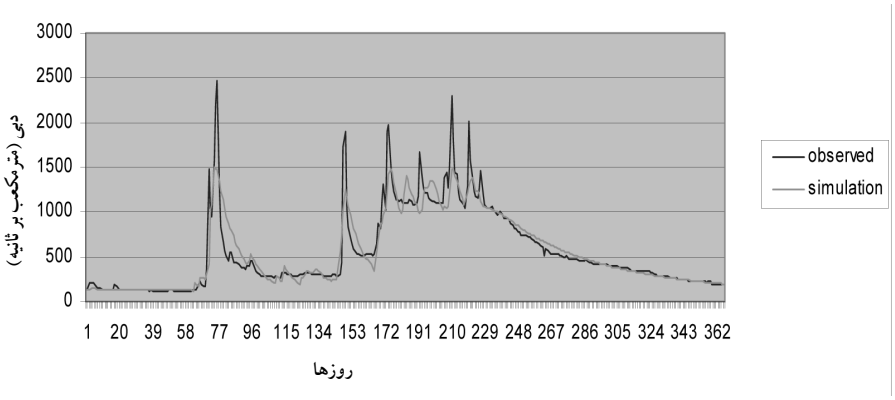
در دوره‌ی زمانی مورد استفاده برای واسنجی و ارزیابی مدل SRM که به ترتیب سال‌های آبی ۷۱ -۱۳۷۰ و ۷۲ -۱۳۷۱ انتخاب شد، نتایج بر اساس نمودار ۲ بدست آمد:

برای دوره‌ی ارزیابی سال آبی ۷۲- ۱۳۷۱ انتخاب شد. با استفاده از داده‌ها و آمار این سال آبی و همچنین پارامترهای مدل واسنجی شد. نمودار ۴ تغییرات دبی روزانه شبیه سازی شده و دبی روزانه‌ی مشاهده‌ای در دوره‌ی ارزیابی را نشان می دهد. ضریب تعیین حدود ۰/۷۳ و درصد اختلاف حجمی دبی برآوردی و مشاهده‌ای ۳/۲۶ درصد است.

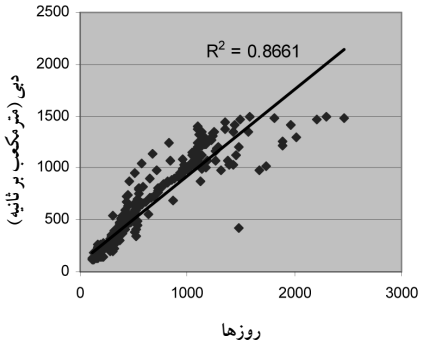
همان گونه که در نمودار ۴ مشاهده می شود، مدل در شبیه سازی قله‌های هیدروگراف خیلی کارآمد نیست و مقادیر برآورد شده کم‌تر از مقادیر واقعی است و همچنین به علت پراکنش داده‌های مشاهده‌ای و برآورد شده، میزان همبستگی همان گونه که در نمودار ۵ مشاهده می شود خیلی قوی نیست، اما در هر صورت مرحله‌ی ارزیابی قابل قبول است. پس از بهینه سازی پارامترها از مدل برای مشخص کردن توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف و بارندگی در یک دوره‌ی مبنا که در این دوره، حوزه دارای آمار است، استفاده شد و پس از آن از مدل کالیبره شده برای پیش بینی توزیع زمانی جریان برای دو دوره‌ی ۲۵ ساله، شامل دوره‌های ۲۰۲۵ - ۲۰۰۰ و ۲۰۵۰ -۲۰۲۵، با فرض دو سناریو، استفاده شد. ورودی‌های مدل ذوب برف در این دو دوره با استفاده از خروجی‌های دما و بارش مدل تغییر اقلیم تعیین گردید و در واقع تغییرات توزیع زمانی جریان در دو دوره‌ی ۲۵ ساله نسبت به دوره‌ی مبنا مشخص شد. گفتنی است که در نمودارهای ۶ و ۷ دبی‌ها در هر روز از سال آبی به صورت میانگین دبی در آن روز در کل دوره‌ی مبنا و دو دوره‌ی ۲۵ ساله است.

بحث و نتیجه‌گیری

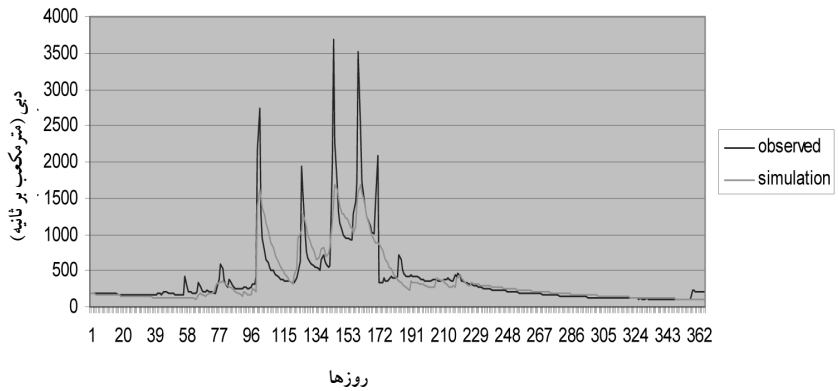
بنا به گفته‌ی طراحان مدل SRM ، این مدل نیازی به واسنجی ندارد، اما نتایج این پژوهش و پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد که مدل به دلیل این که پارامترهای فیزیکی زیادی دارد، لازم است پیش از بکارگیری آن برای هر حوزه، واسنجی پارامترهای مدل انجام گیرد.



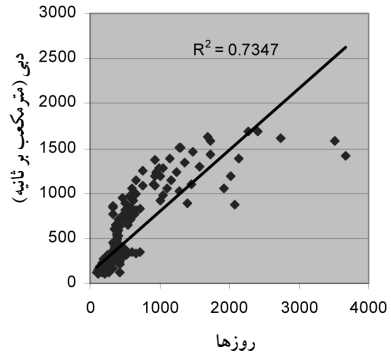
نمودار ۲ - مقایسه‌ی دبی روزانه‌ی مشاهده‌ای و شبیه سازی شده در دوره‌ی واسنجی در حوزه‌ی کارون ایستگاه پل شالو (۷۱ - ۱۳۷۰)



نمودار۳- نمودار همبستگی دبی روزانه‌ی مشاهده‌ای و شبیه سازی شده در دوره‌ی واسنجی در حوزه‌ی کارون ایستگاه پل شالو



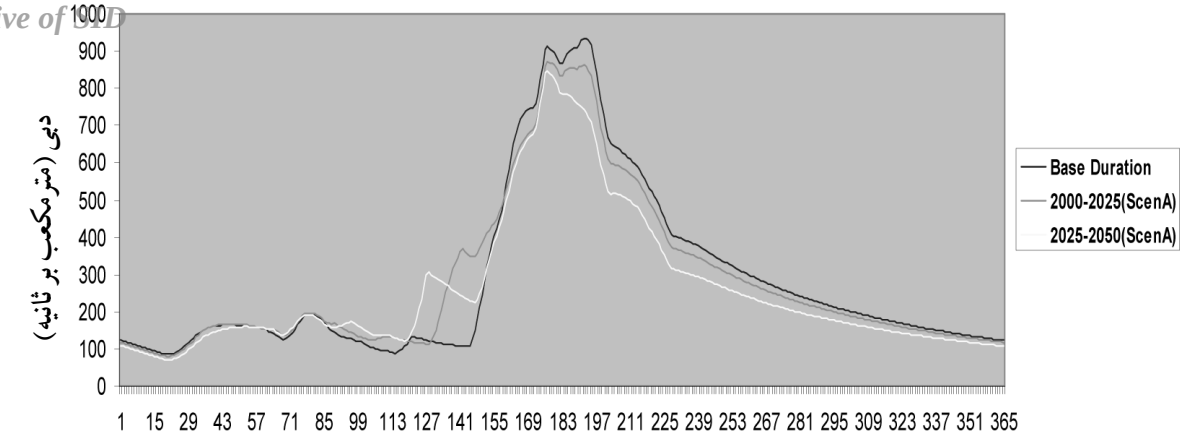
نمودار۴ - مقایسه‌ی دبی روزانه مشاهده‌ای و شبیه سازی شده در دوره‌ی ارزیابی در حوزه‌ی کارون ایستگاه پل شالو (۷۲ - ۱۳۷۱)



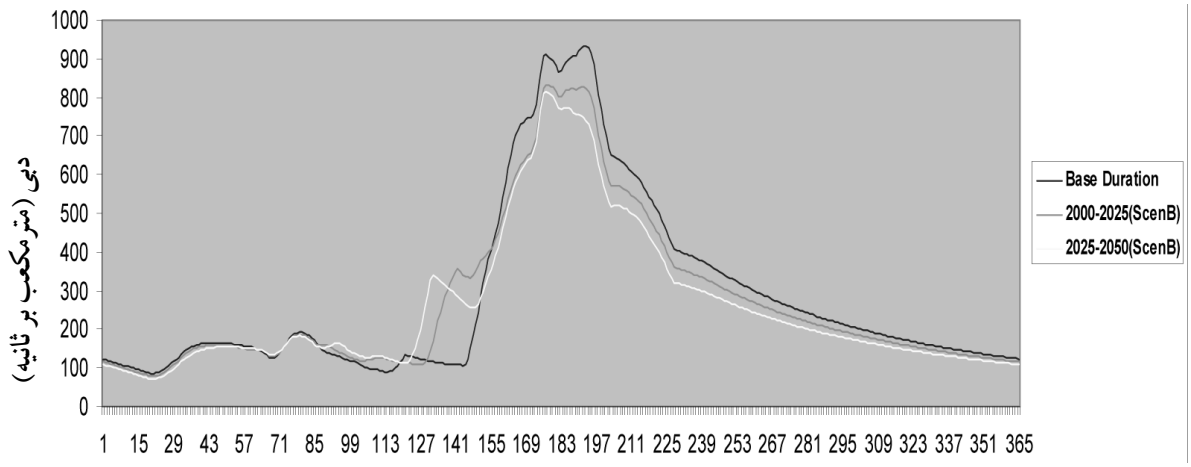
نمودار۵- نمودار همبستگی دبی روزانه‌ی مشاهده‌ای و شبیه سازی شده در دوره‌ی ارزیابی در حوزه‌ی کارون ایستگاه پل شالو

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۶- نمودار تغییرات توزیع زمانی جریان در اثر تغییر اقلیم (سناریوی نخست) در حوزه‌ی کارون در ایستگاه هیدرومتری پل شالو



نمودار۷- نمودار تغییرات توزیع زمانی جریان در اثر تغییر اقلیم (سناریوی دوم) در حوزه‌ی کارون در ایستگاه هیدرومتری پل شالو

پس از واسنجی و ارزیابی این مدل در پیش بینی جریان روزانه در حوزه‌ی کارون با استفاده از سطح پوشش برف که از داده‌های ماهواره‌ای قابل دسترس می باشند، دارای قابلیت پیش بینی رواناب ناشی از باران و ذوب برف می‌باشد، اما در هر حال با توجه به محدود بودن دوره واسنجی و ارزیابی قضاوت های قطعی می بایست با احتیاط صورت گیرد. همچنین استفاده از مدل‌های تغییر اقلیم با توجه به عدم دقت در پیش بینی‌ها به هر حال در عمل مشکلاتی را به همراه دارند و بحث عدم قطعیت در پیش بینی‌های این مدل‌ها دارای اهمیت بسیار است.

نکته‌ی بسیار مهم که هم در واسنجی و هم در ارزیابی مدل در حوزه‌ی کارون، اهمیت دارد، عدم تطابق دبی‌های بیشینه‌ی (قله‌های هیدروگراف) مشاهده‌ای و شبیه سازی است که این قضیه به احتمال زیاد ناشی از داده‌های مشاهده‌ای اشتباه است، نه ناتوانی مدل در برآورد دبی‌های بیشینه زیرا اساسا با توجه به شرایط حوزه‌ی کارون شکل گیری دبی‌های میانگین روزانه‌ی بسیار بالا بعید بنظر می‌رسد. این در حالی است که در داده‌های مشاهده‌ای در چندین موقعیت زمانی دبی‌های حتی بالاتر از ۲۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه نیز به چشم می‌خورد. گفتنی است که در گذشته، در اثر بروز سیلاب گاهی اوقات ایستگاه هیدرومتری پل شالو به کلی تخریب می‌شد و بنابراین برخی از مقادیر دبی ثبت شده واقعی نیستند.

نتایج ارایه شده در نمودارهای ۶ و ۷ نشان می‌دهد که دبی زمستان افزایش و دبی بهار کاهش خواهد یافت و همچنین دبی تابستان کمی کاهش می‌یابد و دبی پاییز تغییرات قابل ملاحظه‌ای نخواهد داشت. این تغییرات وابسته به تغییر دما و بارش در آینده خواهد بود.

نکته‌ی مهم و قابل توجه در پیش بینی‌های انجام شده برای مقدار دبی در نیم قرن آینده نشان می‌دهد که با توجه به افزایش دمای زمستان که به وسیله‌ی مدل تغییر اقلیم پیش‌بینی شده، مقدار ذوب برف بلافاصله پس از بارش برف افزایش خواهد یافت زیرا دما به دمای حد آستانه‌ی ذوب برف که ۲/۴ است، خواهد رسید؛ به همین دلیل در میانه‌های زمستان بیش‌ترین افزایش مقدار دبی مشاهده می‌شود که این موضوع در نمودار ۶ و ۷ قابل مشاهده است و با توجه به این که تغییر شایان توجهی در بارندگی‌های زمستانه رخ نخواهد داد، این افزایش به افزایش دما و ذوب سریع تر برف مربوط می‌شود، در پی آن با توجه به کاهش ذخیره‌ی برف، کاهش دبی در فصل بهار کاملا

www.SID.ir

منطقی بنظر می رسد.

روی هم رفته، نتایج حاکی از تغییرات در توزیع زمانی جریان و همچنین تغییر در زمان بیشینه ی جریان رواناب ناشی از ذوب برف در حوزه ی کارون در سال های آینده است. این تغییرات باعث ایجاد تغییراتی مهم در کیفیت و کمیت منابع آب خواهد شد [۲] که این تغییرات در توزیع زمانی جریان لزوم تغییرات برنامه ریزی در بهره برداری از منابع آب را مشخص می کند. برنامه های آینده باید به گونه ای باشند که تغییرات پیش رو اثرات زیان بار کم تری را متوجه بخش آب در این حوزه بسیار مهم کشورمان کند. یکی از بخش هایی که باید خود را با شرایط آینده تطبیق دهد و تغییراتی را در این راستا در پیش گیرد، بخش آب کشاورزی است [۱۳]. با توجه به این که بخش شایان توجهی از آب رود کارون در کانال های آبیاری دشت خوزستان جریان می یابند و به مصرف بخش کشاورزی می رسند، بنابراین بخش آب آبیاری از نظر توزیع زمانی مقدار جریان در آینده دچار تغییر خواهد شد و در نتیجه باید تغییراتی در ترکیب کشت منطقه در جهت سازگاری با شرایط جدید ایجاد گردد و همچنین در بخش تخصیص منابع آب برنامه ریزی انعطاف پذیری در راستای رویارویی با شرایط آینده ی حوزه انجام گیرد.

منابع

۱- پرهمت، ج.، صدقی، ح. و ثقفیان، ب. ۱۳۸۴. بررسی مدل در شبیه سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از داده های ماهواره ای در حوزه های بدون آمار برف (مطالعه موردی حوزه خرسان در کارون)، مجله تحقیقات منابع آب، شماره ۱، صفحه ۱۱-۱.

2- Bronstert, A., D. Niehoff and G. Burger. 2002. Effects of climate and land-use change on storm runoff generation : present knowledge and modelling capabilities. Hydrol. Process. Journal. 16, 509-529.

3- Changchun, X., Yaning, Ch., Weihong, L. and Hongtao, Ch. Y.Ge . 2007. Potential impact of climate change on snow cover area in the Tarim River basin. Journal of Environ mental Geology, Vol. 53 , No. 7, p1465-1474.

4- Chaponniere, A. and V. Smakhtin, 2006. A review of climate change scenario and preliminary rainfall trend analysis in the oum er Rbia Basin, Morocco. Working paper 110 (Drought series: Paper 8) Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI)

5- Dye, G.D. 2002. Variability and trends in the annual snow-cover cycle in Northern Hemisphere land areas, 1972-2000. Hydrol. Process. J., 16, 3065-3077

6- Hardy, J.T. 2003. Climate Change: Causes, Effects, and Solutions. John Wiley & Sons, Ltd. 247 P

7- Hreiche, A. and Najem, W., Bocquillon, C. 2007. Hydrological impact simulation of climate change on Lebanese coastal rivers.IAHS Pub,Volume: 52, Issue : 6, 1119-1133.

8- Jones, R.N. and Page, C.M. 2001. Assessing the risk of climate change on the water resources of the Macquare river catchment. International Congress on modelling and simulation, Modelling and simulation society of Australia and New Zeland, Canberra ,PP: 673-678.

9- Kiparsky, M. and Gleick, P.h. 2003. Climate change and california water resources: A survey and summary of the literature. Pier final project report, California Energy Commission, Pacific Institute. 56 P

10- Miller, N.l., Bashford, K.E. and Sterm, E. 2004. Potential impacts of climate change on California hydrology. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 39(4):771-784

11- Payne, J.T., Wood, A.W., Hamlet, A.F., Palmer, R.N. and Lettenmaier, D.P. 2002. Mitigating the effects of climate change on the water resources of the Columbia River basin. Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean (JISAO) under NOAA cooperative agreement No.NA17RJ1232 Contribution 922.

12- Rango, A. and Martinec, J. 1998. The Snowmelt Runoff Model (SRM) users' manual.

13- Rivington, M., Matthews, K.B., Bellocchi, G., Buchan, K., Stockle, C.O. and M. Donatelli. 2007. An integrated assessment approach to conduct analyses of climate change impacts on whole-farm systems. Environmental Modelling & Software 22: 202-210.

14- Stewart, I.T., Cayan, D.R. and Dettinger, M.D. 2004. Changes in snowmelt runoff timing in western north america under 'Business as usual' climate change scenario. Climate Change Journal 62, 217-232

www.SID.ir