Archive of SID

پیش‌بینی توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف در نیم قرن آینده تحت شرایط تغییر اقلیم

حسین قربانی‌زاده‌خرازی[1]، حسین صدقی[2]، بهرام ثقفیان[3]، جهانگیر پرهمت[4]

۱. استادیار دانشکده علوم آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد جامع شوشتر h _ ghorbanizadeh @yahoo.com
۲. استاد و مدیر گروه آبیاری، دانشگاه آزاداسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۳. استاد مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
۴. استادیار مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۳ **تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۲۶**

چکیده

اثرات تغییر اقلیم بر الگوی ذوب برف و به دنبال آن تغییر در توزیع زمانی جریان، در مدیریت منابع آب رودخانه‌های با رژیم برفی بسیار حایز 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 ، پیش بینی توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف برای نیم قرن آینده شامل دو دوره ۲۵ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۰ در حوضه کارون انجام گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که زمان حداکثر جریان از بهار به زمستان انتقال خواهد یافت. پیش‌بینی می‌شود که در این حوضه دبی زمستان با افزایش حدود ۱۰ درصدی، دبی بهار با کاهش و دبی تابستان با کاهش نسبی روبرو گردد. دبی پاییز نیز بدون تغییرات قابل ملاحظه جریان خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: ***تغییر اقلیم، ذوب برف، حوضه کارون، مدل SRM، مدلECHAM4، رود کارون.***

مقدمه

در حوضه‌های کوهستانی و برف گیر، ذوب برف و رواناب ناشی از آن عامل مهم تغییرات رژیم جریان محسوب می شود و سهم عمده ای را در تولید جریان و منابع آب داراست. پیش بینی توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف با توجه به وضعیت اقلیم در عرصه های مختلفی کاربرد دارد، از جمله در تامین آب شرب، کشاورزی و صنعت، مدیریت مخازن تولید برقابی، پیش‌بینی خشکسالی، کیفیت آب و غیره.

در ضمن، تغییر اقلیم نیز پدیده‌ای انکار ناپذیر است. بررسی تغییر اقلیم و اثرات آن بر منابع آب و به طور خاص بر رواناب حاصل از برف می‌تواند زمینه ساز اتخاذ سیاست‌های راهبردی آینده مدیریت منابع آب باشد. بدون توجه به این واقعیت که اقلیم در حال تغییر است، نمی‌توان برنامه‌ریزی

www.SID.ir

Archive of SID

واقع بینانه‌ای را در زمینه بهره‌برداری از منابع آب انجام داد.

بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که در اکثر نقاط دنیا تغییر اقلیم باعث افزایش دما، کاهش بارندگی، افزایش وقایع حدی و آنتروپی است. همچنین در اثر تغییر اقلیم مقادیر بارش برف کاهش می‌یابد و طول دوره ریزش برف زودتر به اتمام می‌رسد. به همین دلیل حجم رواناب در زمستان افزایش و در بهار کاهش خواهد یافت [۱].

استوارت و همکاران[1] [۸] زمان جریان رواناب حاصل از ذوب برف در شمال غربی آمریکا را تحت شرایط تغییر اقلیم پیش‌بینی کردند. طبق این پیش‌بینی 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.

پاین و همکاران[2] [۶] به بررسی تغییرات اقلیم در حوضه رودخانه کلمبیا با استفاده از مدل RCM برای دوره ۲۰۶۰-۲۰۴۰ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که تغییر اقلیم باعث افزایش دمای ۱/۲ درجه سانتی‌گراد و کاهش بارش به میزان ۳ درصد خواهد شد و افزایش رواناب در زمستان و کاهش آن در سایر فصول را پیش‌بینی کردند.

میلر و همکاران[3] [۵] با در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم در حوضه‌های ایالت کالیفرنیای آمریکا پیش‌بینی کردند که تا پایان قرن حاضر ذوب برف هر سال زودتر آغاز می‌گردد و ذخایر برف زمستانه ۵۰ درصد کاهش می‌یابد.

هریچ و همکاران[4] [۴] به بررسی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب حوضه‌های آبریز کشور لبنان پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که افزایش ۲ درجه سانتی‌گراد باعث می‌شود که حداکثر دبی جریان دو ماه زودتر اتفاق می‌افتد.

چانگ چان و همکاران[5] [۲] به بررسی اثر تغییر اقلیم بر دما، بارش و سطح پوشش برف و روند تغییرات آنها در حوضه رودخانه تاریم چین پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش جهشی در دما و بارش در اواسط دهه ۱۹۸۰ با استفاده روش‌های تعیین روند ناپارامتریک مشاهده می‌شود ولی تغییر سطح پوشش برف قابل توجه نیست. حال با توجه به موارد ذکر شده هدف از این تحقیق 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.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز کارون که در جنوب غربی ایران واقع است، یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبریز ایران است. رود کارون از مرتفع‌ترین قلل سلسله جبال زاگرس سرچشمه می‌گیرد و به خلیج فارس می‌ریزد. شاخه کارون متشکل از سه شعبه عمده کارون علیا، بازفت و خرسان مساحتی در حدود ۲۴ هزار کیلومتر مربع را در محل پل شالو زهکشی می‌نماید. حوضه‌های شعبه‌های اصلی کارون هر یک، از شرایط فیزیوگرافی، توپوگرافی و اقلیم متفاوتی برخوردار می‌باشند. توپوگرافی منطقه و جهت و شیب دامنه‌های کوهستانی و نیز گسترش جلگه‌های داخلی حوضه‌ها، شرایط اقلیمی کاملا

1. Stewart, I.T, et al.
2. Payne, J.T., et al.
3. Miller, N.l., et al.
4. Hreiche, A., et al.
5. Changchun X., et al.

www.SID.ir

Archive of SID

متفاوتی را پدید آورده به نحوی که رژیم‌های هیدرولوژیکی متنوعی بر حوضه‌های آبریز فرعی این رودخانه بزرگ حاکم شده است. حوضه آبریز رودخانه کارون در بالادست پل شالو به دنبال سیستم کوهستانی بخش مرکزی زاگرس توسط ارتفاعات مختلفی که در جهات گوناگونی گسترش یافته‌اند احاطه شده است.

در اکثر نقاط مرتفع حوضه چه در بخش شمالی در حوضه کارون علیا و بازفت و چه در بخش جنوبی حوضه خرسان مقدار قابل توجهی از بارش‌ها به صورت بارش برف می‌باشد.

روش‌ها

اغلب پیش‌بینی‌های اقلیمی بر اساس شبیه‌سازی مدل‌های چرخه عمومی جو بیان می‌شوند. مدل‌های GCM[1] در مقیاس مکانی، معمولا جو را به ۵ تا ۲۰ لایه نامساوی شبکه‌بندی می‌کنند. این لایه در نزدیک سطح زمین بوده و لایه‌های نزدیک سطح زمین فواصل کمتری دارند. بدیهی است که محدودیت محاسبات معادلات دینامیک سیالات در این مدل‌ها ابعاد شبکه‌های مکانی و زمانی می‌باشد. در این تحقیق از مدل ECHAM4 که نوعی از مدلهای GCM است استفاده شده است.

مدل ECHAM4 چهارمین نسخه از مدل چرخش عمومی جو هامبورگ است که توسط مرکز پیش‌بینی‌های هواشناسی اروپا اصلاح شده است. علت استفاده از این نوع مدل GCM تطابق خروجی های مدل ECHAM4 با داده‌های ثبت شده واقعی در دوره‌های مبنا است. از دو سناریو برای پیش‌بینی‌ها استفاده شده است. در سناریوی اول (A) فرض بر این است که روند تولید گازهای گلخانه‌ای با شدت فعلی ادامه داشته باشد و در سناریوی دوم (B) فرض بر این است که برنامه‌های کنترلی حفظ محیط زیست به اجرا در آید و تولید گازهای گلخانه‌ای به حداقل ممکن برسد. شده است.

مدلی که برای شبیه سازی رواناب ناشی از ذوب برف مورد استفاده قرار خواهد گرفت مدل WinSRM است. در این تحقیق ابتدا مدل بر اساس داده‌های موجود واسنجی و ارزیابی می‌شود و سپس از آن برای پیش‌بینی استفاده خواهد شد. مدل SRM (SnowmeltRunoff Model) از جمله مدل‌های هیدرولوژی است که به منظور شبیه‌سازی و پیش بینی جریان روزانه در حوضه‌های کوهستانی متاثر از ذوب برف می‌باشد[۷]. این مدل توسط مارتنیک (Martinec) تکامل یافت و برای حوضه‌های کوچک اروپا بکار گرفته شد و با پیشرفت تکنیک‌های ماهواره‌ای و کاربرد آنها در تعیین پوشش برفی برای حوضه‌های بزرگتر تا حدود ۱۲۰ هزار کیلومتر مربع مورد استفاده قرار گرفت. رانگو و مارتنیک[۱][۷] 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 جهت استفاده از سیستم عامل مایکروسافت ویندوز تهیه شده است. مدل قابلیت تحلیل حوضه آبریز با رژیم برفی را دارا می‌باشد. این مدل توسط 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

1.

www.SID.ir

Archive of SID

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 بطور روزانه محاسبه و آن را به دبی جریان فروکش (دبی پایه) اضافه و سپس با لحاظ نمودن ضریب انتقال، به دبی خروجی از حوضه تبدیل می‌گردد. حداقل متغیرهای هواشناسی ورودی مدل سطح تحت پوشش برف، بارندگی و درجه حرارت می باشد. این مدل دارای هشت پارامتر شامل ضریب رواناب برف، ضریب رواناب باران، ضریب درجه–روز، شیب افت درجه حرارت نسبت به ارتفاع، درجه حرارت بحرانی، سطح موثر در باران، ضرییب فروکش، وزمان تاخیر می‌باشد. برآورد هر کدام از این هشت پارامتر در هر کدام از مناطق ارتفاعی منطقه مورد مطالعه، در مرحله واسنجی انجام می‌گیرد[۷].

یکی از محاسن مدل SRM ، این است که مدل، قابلیت نمایش هیدروگراف رواناب محاسبه شده و اندازه گیری شده را با هم داراست. بنابراین با استفاده از نمودارها بصورت چشمی می‌توان نتیجه گرفت که شبیه‌سازی تقریبا کامل صورت گرفته است یا خیر. علاوه بر این مدل از دو معیار پذیرفته شده دیگر شامل ضریب تعیین که با R^2 نمایش داده می‌شود و تفاضل حجمی که با Dv نشان داده می‌شود، نیز استفاده می‌نماید.

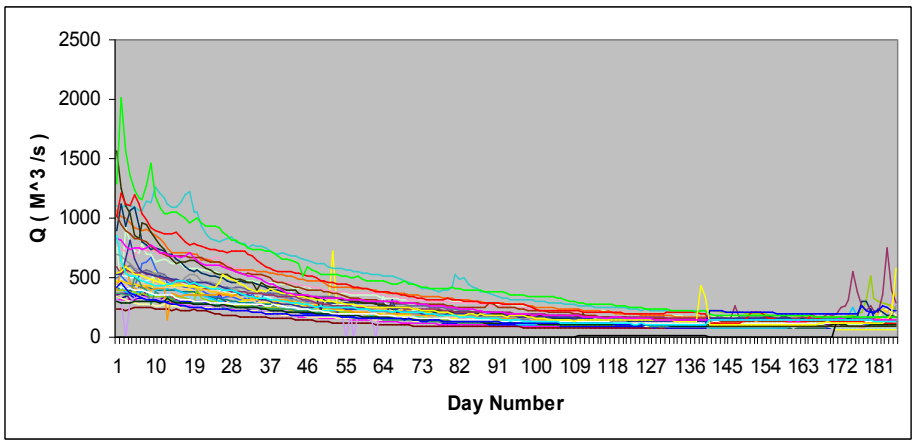
معیارهای فوق بطور خودکار توسط مدل محاسبه می‌گردند. علاوه بر این‌ها معیار دیگری که توسط کاربر قابل استفاده است، معیاری است به نام شاخص DG. ضریب تعیین R^2 معیار ارزیابی مدل با دبی متوسط دوره و شاخص DG معیار ارزیابی با متوسط دبی طولانی مدت است. روش محاسبه DG شبیه محاسبه R^2 است و در واقع معادله محاسبه هر دو یکسان است، با این تفاوت که DG نسبت به دبی متوسط طولانی مدت محاسبه می‌شود.

نتایج

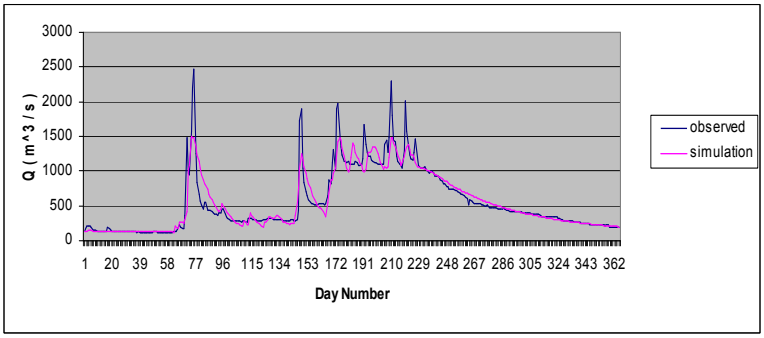
دوره زمانی مورد استفاده برای واسنجی و ارزیابی مدل SRM به ترتیب سال‌های آبی۷۱–۱۳۷۰و ۷۲–۱۳۷۱ انتخاب شد. علت انتخاب این سال‌ها، کامل‌تر بودن اطلاعات برف مورد استفاده در مدل است. در ابتدا حوضه کارون به ۵ ناحیه ارتفاعی تقسیم شد. ایستگاه سینوپتیک شهرکرد به عنوان ایستگاه مبنای حوضه کارون برای مدل در نظر گرفته شد چون کامل‌ترین اطلاعات هواشناسی را در منطقه‌دار است و در ضمن شرایط ارتفاعی کاملا مناسبی دارد. پارامترهای مدل بر اساس این منطقه‌بندی برآورد و یا واسنجی شدند. ضریب رواناب برف به دلیل کمبود داده‌های مشاهده‌ای زمینی به ویژه ناکافی بودن داده‌ها در ارتفاعات به صورت سعی و خطا واسنجی شد. برای بررسی بارش و دما از داده‌های روزانه بارش و دما ایستگاه مبنا، استفاده شد. سطح پوشش باران به شکل یکنواخت برای کل حوضه در نظر گرفته شد و علت فرض یکنواختی بارندگی، پیش‌بینی مدل تغییر اقلیم برای بارندگی است که به صورت یکنواخت برای کل حوضه ارائه می‌گردد. همچنین برای تهیه سری روزانه سطح پوشش برف از داده‌های تهیه شده از تصاویر ماهواره‌ای نوآ (NOAA) استفاده شد. همچنین درجه حرارت بحرانی بر اساس تحقیقات گذشته این حوضه در حدود ۲/۴ در نظر گرفته شد. (دمای ۲/۴ دمای آستانه برف مدل است). مدل در دمای بالاتر از آن، بارش را بصورت باران و در دمای

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار(۱): منحنی‌های فروکش دبی روزانه حوضه کارون در پل شالو دریک دوره ۴۰ ساله (از ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۵) از انتهای بارش در هر سال آبی تا ابتدای بارش در سال بعد (پایان دوره فروکش منحنی هیدروگراف)



نمودار (۲): مقایسه دبی روزانه مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در دوره واسنجی در حوضه کارون ایستگاه پل شالو (۷۱-۱۳۷۰)

کمتر از آن، بارش را به شکل برف فرض می کند.

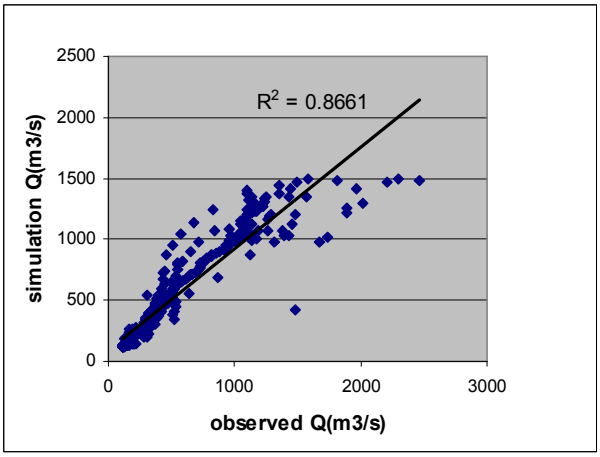
ضریب فروکش (K) پارامتر بسیار مهم وتعیین کننده در این مدل است، ضریب فروکش از معادله (۱) بدست می‌آید:

$$K_{n+1} = x\,(Q_n) - y \qquad (۱)$$

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. دوره فروکش از اواسط اردیبهشت ماه تا اواسط آبان ماه هر سال آبی در نظر گرفته شده است. زیرا آبان آغاز صعود منحنی هیدروگراف سالانه است. برای معادله (۶) پارامترهای x و y برای کل دوره فروکش از نسبت دبی های روز جاری به روز ما قبل در مقیاس لگاریتمی بدست آمد. کاربرد x و y در تعیین دبی در دوره بدون بارندگی است. لازم به ذکر است که دو دسته مقادیر بهینه برای این دو پارامتر بر اساس سعی و خطا بدست آمد. برای دسته اول مقادیر x و y از اول مهرماه تا آخر بهمن ماه و

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار(۳): نمودار همبستگی دبی روزانه مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در دوره واسنجی در حوضه کارون ایستگاه پل شالو

همچنین از نیمه مرداد ماه تا آخر شهریور ماه به ترتیب ۱,۰۱۷۵ و ۰,۰۰۵و برای دسته دوم از اول اسفند تا اواسط مرداد به ترتیب ۰,۹۵۰۰ و ۰,۰۰۵ بدست آمد.

بر اساس خصوصیات نوسان روزانه رواناب حاصل از ذوب برف می‌توان زمان تاخیر را به طور مستقیم از هیدروگراف جریان سال‌های گذشته تعیین کرد. از آنجایی که در این حوضه داده‌های دبی بجز در شرایط سیلاب در دوره‌های زمانی کمتر از روزانه در دسترس نیست، برآورد زمان تاخیر براساس داده‌های مشاهده‌ای دبی و درجه حرارت میسر نیست. بر این اساس با استفاده از داده‌های اولیه پیشنهادی مدل و سعی و خطا زمان تاخیر معادل ۱۸ ساعت در نظر گرفته شده است.

نمودار۲ تغییرات دبی روزانه شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای در دوره واسنجی را نشان می‌دهد. R^2 حدود ۰/۸۶و درصد اختلاف عددی میزان دبی برآوردی و مشاهده‌ای کمتر از یک درصد (در حدود ۰/۴۲) درصد است.

دوره زمانی مورد استفاده برای واسنجی وارزیابی مدل SRM که به ترتیب سال‌های آبی۷۱-۱۳۷۰و ۷۲-۱۳۷۱ انتخاب شد نتایج منطبق بر نمودار ۲ بدست آمد.

برای دوره ارزیابی سال آبی ۷۲- ۱۳۷۱ انتخاب شد. با استفاده از آمار و اطلاعات این سال آبی و همچنین پارامترهای مدل واسنجی شد. نمودار ۴ تغییرات دبی روزانه شبیه‌سازی شده ودبی روزانه مشاهده‌ای در دوره ارزیابی را نشان می‌دهد. ضریب تعیین حدود ۰,۷۳ و درصد اختلاف حجمی دبی برآوردی و مشاهده‌ای ۳,۲۶ درصد است.

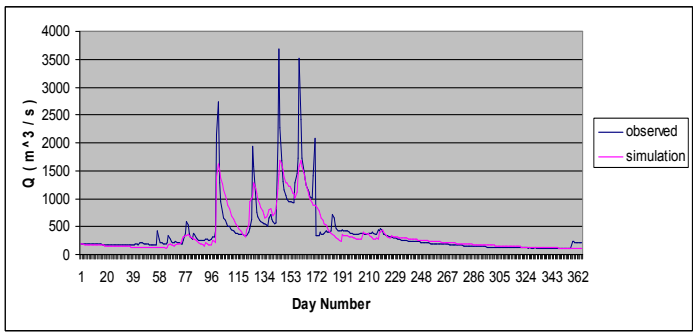
بعد از واسنجی و تعیین بهینه پارامترهای مدل ذوب برف برای حوضه کارون و همچنین ارزیابی مدل، از این مدل برای مشخص کردن توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف و بارندگی در یک دوره مبنا که در این دوره، حوضه دارای آمار است، استفاده شد و بعد از آن از مدل کالیبره شده برای پیش‌بینی توزیع زمانی جریان برای دو دوره ۲۵ ساله، شامل دوره‌های ۲۰۲۵-۲۰۰۰ و ۲۰۵۰-۲۰۲۵، با فرض دو سناریو، استفاده گردید. ورودی‌های مدل در این دو دوره با استفاده از مدل تغییر اقلیم تعیین گردید و در واقع تغییرات توزیع زمانی جریان در دو دوره ۲۵ ساله نسبت به دوره مبنا مشخص گردید. لازم به توضیح است که در نمودارهای ۶و۷ دبی‌ها در هر روز از سال آبی به صورت متوسط دبی در آن روز در کل دوره ۲۵ ساله است.

بحث و نتیجه‌گیری

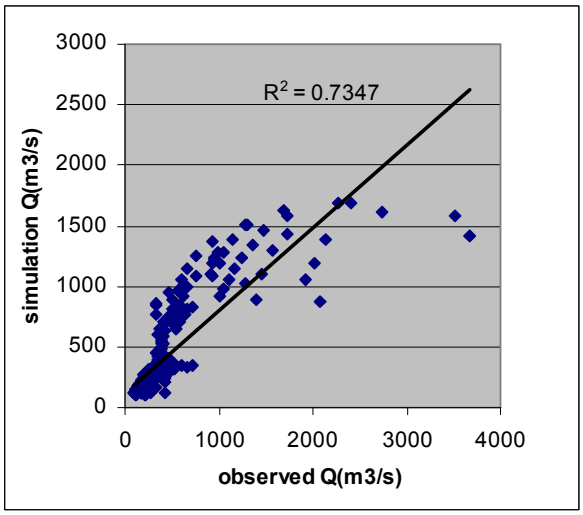
بنا به گفته طراحان مدل SRM، این مدل نیازی

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار (٤): مقایسه دبی روزانه مشاهده‌ای و شبیه سازی شده در دوره ارزیابی در حوضه کارون ایستگاه پل شالو (۷۲-۱۳۷۱)



نمودار(۵): نمودار همبستگی دبی روزانه مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در دوره ارزیابی در حوضه کارون ایستگاه پل شالو

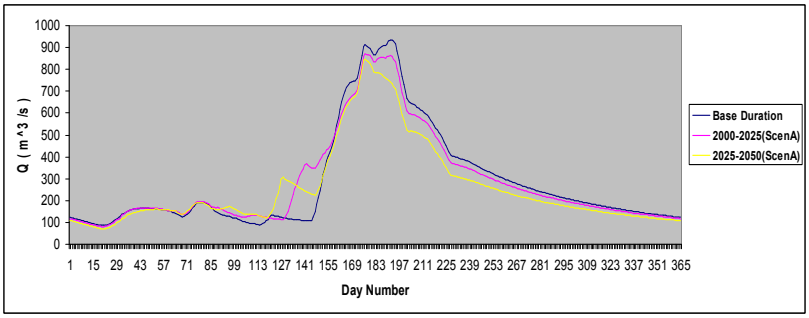
به کالیبراسیون ندارد، اما نتایج این تحقیق و تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که مدل به دلیل اینکه پارامترهای فیزیکی زیادی دارد، لازم است قبل از بکارگیری آن برای هر حوضه، واسنجی پارامترهای مدل انجام گیرد.

بعد از واسنجی و ارزیابی، این مدل در پیش‌بینی جریان روزانه در حوضه کارون با استفاده از سطح پوشش برف که از اطلاعات ماهواره‌ای قابل دسترس می‌باشند دارای قابلیت پیش بینی رواناب حاصل از باران و ذوب برف می‌باشد، اما در هر حال با توجه به محدود بودن دوره واسنجی و ارزیابی قضاوت‌های قطعی می‌بایست با احتیاط صورت گیرد.

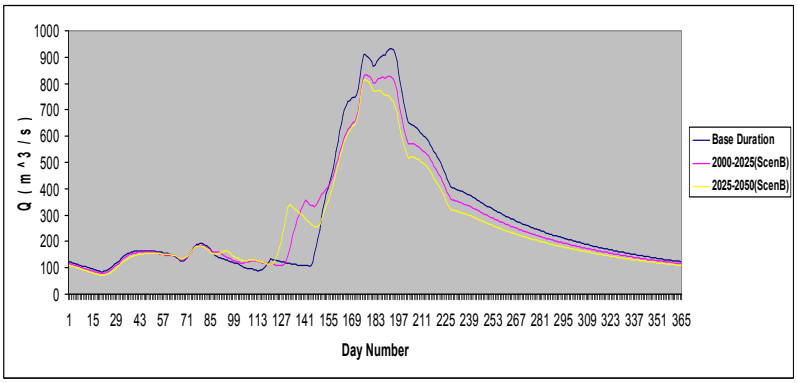
نکته بسیار مهم که هم در واسنجی و هم در ارزیابی مدل در حوضه کارون، قابل اهمیت است، عدم تطابق دبی‌های حداکثر (قله های هیدروگراف) مشاهده‌ای و شبیه‌سازی است، که این قضیه احتمالا ناشی از داده‌های مشاهده‌ای

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار(٦): نمودار تغییرات توزیع زمانی جریان در اثر تغییر اقلیم (سناریوی اول) در حوضه کارون در ایستگاه هیدرومتری پل شالو (از ابتدای تا انتهای سال آبی)



نمودار(۷): نمودار تغییرات توزیع زمانی جریان در اثر تغییر اقلیم (سناریوی دوم) در حوضه کارون در ایستگاه هیدرومتری پل شالو (از ابتدای تا انتهای سال آبی)

جدول(۱): درصد تغییرات دبی در فصول مختلف نسبت به دوره مبنا (حوضه کارون)

دوره (سال)	سناریو	پاییز	زمستان	بهار	تابستان
۲۰۰۰-۲۰۲۵	A	۰/۸۹	۱۳/۵۲	-۷/۳۲	-۵/۷۸
۲۰۲۵-۲۰۵۰	A	-۴/۴۶	۱۱/۴۷	-۱۹/۲۰	-۱۵/۹۰
۲۰۰۰-۲۰۲۵	B	-۳/۱۱	۷/۶۷	-۱۰/۷۱	-۸/۰۳
۲۰۲۵-۲۰۵۰	B	-۶/۴۴	۷/۶۶	-۱۸/۷۰	-۱۴/۸۴

اشتباه است، نه ناتوانی مدل در برآورد دبی‌های حداکثر. زیرا اساسا با توجه به شرایط حوضه کارون شکل‌گیری دبی‌های متوسط روزانه بسیار بالا بعید به نظر می‌رسد. این در حالی است که در داده‌های مشاهده‌ای در چندین موقعیت زمانی دبی‌های حتی بالاتر از ۲۵۰۰ متر مکعب بر ثانیه هم به چشم می‌خورد. لازم به ذکر است که در دوره‌های تاریخی گذشته، در اثر بروز سیلاب گاهی اوقات ایستگاه هیدرومتری پل شالو به کلی تخریب می‌شد و بعضی از مقادیر دبی ثبت شده

www.SID.ir

Archive of SID

واقعی نیستند.

نتایج ارائه 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. نکته مهم و قابل توجه در پیش‌بینی‌های انجام شده برای مقدار دبی در نیم قرن آینده نشان می‌دهد که با توجه به افزایش دمای زمستان که توسط مدل تغییر اقلیم پیش بینی شده مقدار ذوب برف بلافاصله بعد از بارش برف افزایش خواهد یافت زیرا دما به دمای حد آستانه ذوب برف که ۲/۴ است خواهد رسید، به همین دلیل در اواسط زمستان بیشترین افزایش مقدار دبی مشاهده می‌شود که این قضیه کاملاً در نمودار ۶ و ۷ قابل مشاهده است و با توجه به اینکه تغییر قابل ملاحظه‌ای در بارندگی‌های زمستانه اتفاق نخواهد افتاد این افزایش مربوطه به افزایش دما و ذوب سریع‌تر برف است، به دنبال آن با توجه به کاهش ذخیره برف کاهش دبی در فصل بهار کاملا منطقی به نظر می‌رسد.

بطور کلی نتایج حاکی از تغییرات در توزیع زمانی جریان و همچنین تغییر در زمان حداکثر جریان رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه کارون در سال‌های آینده است. این تغییرات باعث ایجاد تغییرات عمده ای در کیفیت و کمیت منابع آب خواهد شد. این تغییرات در توزیع زمانی جریان لزوم تغییرات برنامه‌ریزی در بهره‌برداری از منابع آب را مشخص می‌کند. برنامه‌های آینده باید به گونه‌ای باشد که تغییرات پیش رو اثرات زیانبار کمتری را متوجه بخش آب در این حوضه بسیار مهم کشورمان کند. یکی از بخش‌هایی که باید خود را با شرایط آینده تطبیق دهد و تغییراتی را در این جهت در پیش بگیرد بخش آب کشاورزی است. باتوجه به اینکه بخش قابل توجهی از آب رود کارون در کانال‌های آبیاری دشت خوزستان جریان می‌یابند و به مصرف بخش کشاورزی می‌رسند بنا بر این 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.

فهرست منابع

۱- پرهمت، جهانگیر، ح.صدقی، ب.ثقفیان (۱۳۸۴) " بررسی مدل در شبیه سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حوضه‌های بدون آمار برف (مطالعه موردی حوضه خرسان در کارون)" مجله تحقیقات منابع آب، شماره ۱ ، صفحه۱۱ -۱.

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

www.SID.ir

Archive of SID

3- Hardy, J.T., (2003). “Climate Change: Causes, Effects, and Solutions” John Wiley & Sons, Ltd. 247 P.
4- Hreiche, A. and W. Najem, C. Bocquillon, (2007). “Hydrological impact
5- Miller, N. l., K.E. Bashford and E. Sterm. (2004). “Potential impacts of climate change on California hydrology”. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 39(4):771-784.
6- Payne, J. T., A. W. Wood, A. F. Hamlet, R. N. Palmer and D. P. Lettenmaier. (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. NA17RJ 1232 Contribution 922.
7- Rango, A., and J. Martinec. (1998), “The Snowmelt Runoff Model (SRM) users’ manual,”.
8- Stewart, I.T., D. R. Cayan and M.D. Dettinger. (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