

صنعت، مدیریت مخازن تولید برقابی، پیش بینی خشکسالی، کیفیت آب و غیره [۱].

در ضمن تغییر اقلیم نیز پدیده ای انکار ناپذیر است. بررسی تغییر اقلیم و اثرات آن بر منابع آب و بویژه بر رواناب ناشی از ذوب برف می تواند زمینه ساز اتخاذ سیاست های راهبردی آینده ی مدیریت منابع آب باشد، بدون توجه به این واقعیت که اقلیم در حال تغییر است، نمی توان برنامه ریزی واقع بینانه ای را در زمینه ی بهره برداری از منابع آب انجام داد [۶].

بررسی پژوهش های گذشته نشان می دهد که در بیش تر نقاط دنیا تغییر اقلیم باعث افزایش دما، کاهش بارندگی افزایش وقایع حدی و آنتروپی می شود [۸]. همچنین در اثر تغییر اقلیم مقادیر بارش برف کاهش می یابد و طول دوره ی ریزش برف زودتر به پایان می رسد، 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 مدل های 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 می شود [۹].

پاین و همکاران [۱۱] به بررسی تغییرات اقلیم در حوزه ی رودخانه ی کلمبیا با استفاده از مدل RCM برای دوره ی ۲۰۶۰-۲۰۴۰ پرداختند. نتایج نشان می دهد که تغییر اقلیم باعث افزایش دمای ۱/۲ درجه ی سانتی گراد و کاهش بارش به میزان ۳ درصد خواهد شد و افزایش رواناب در زمستان و کاهش آن در سایر فصل ها را پیش بینی کردند.

میلر و همکاران [۱۰] با در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم در حوزه های ایالت کالیفرنیا آمریکا پیش بینی کردند که تا پایان قرن حاضر ذوب برف هر سال زودتر آغاز می شود و ذخایر برف زمستانه ۵۰ درصد کاهش می یابد.

هریچ و همکاران [۷] به بررسی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب حوزه های آبخیز کشور لبنان پرداختند. نتایج نشان می دهد که افزایش ۲ درجه ی سانتی گراد باعث می شود که بیشینه ی 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 آن ها در حوزه ی رودخانه ی تاریخیم<sup>۵</sup> چین پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش جهشی در دما و

5- Tarim Basin

## بررسی اثر تغییر اقلیم بر توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف در حوزه ی کارون

حسین قربانی زاده خرازی<sup>۱</sup>، حسین صدقی<sup>۲</sup>، بهرام تقفیان<sup>۳</sup> و جهانگیر پرهمت<sup>۴</sup>

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 رودخانه های 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، پیش بینی توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف برای نیم قرن آینده شامل دو دوره ی ۲۵ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۰ در حوزه ی کارون انجام گرفت. نتایج این پژوهش نشان می دهد که زمان بیشینه ی جریان از بهار به زمستان انتقال خواهد یافت. پیش بینی می شود 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.

واژه های کلیدی: تغییر اقلیم، ذوب برف، حوزه ی کارون، مدل SRM، مدل ECHAM4 و رود کارون

### مقدمه

در حوزه های کوهستانی و برف گیر، ذوب برف و رواناب ناشی از آن عامل مهم تغییرات رژیم جریان بشمار می آید 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 عرصه های گوناگونی کاربرد دارد، از جمله در تامین آب شرب، کشاورزی 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

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<sup>۲</sup> از جمله مدل‌های هیدرولوژی است که بمنظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی جریان روزانه در حوزه‌های کوهستانی متأثر از ذوب برف بکار می‌رود [۱۲].

این مدل به وسیله‌ی مارتینیک<sup>۳</sup> 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.

مارتینیک و رانگو [۱۲] مدل اصلی شبیه‌سازی رواناب برف را به زبان فرترن طراحی کردند. مدل شبیه‌سازی 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 شبیه‌سازی تقریباً کامل صورت گرفته است یا خیر. علاوه بر این مدل از دو معیار پذیرفته شده شامل ضریب تعیین ( $R^2$ ) و تفاضل

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 قله 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 کاملاً 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.

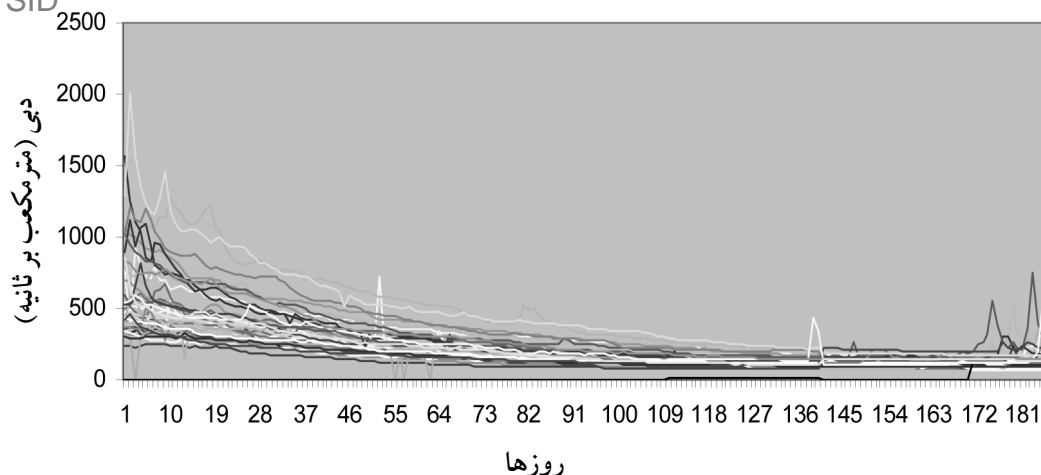
### روش‌ها

بیش‌تر پیش‌بینی‌های اقلیمی بر اساس شبیه‌سازی مدل‌های چرخه‌ی عمومی جو بیان می‌شوند. مدل‌های GCM<sup>۱</sup> در مقیاس مکانی، معمولاً 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 پژوهش 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

2- Snowmelt Runoff Model

3- Martinec

1- General Circulation Model



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)

تصاویر ماهواره ای NOAA) استفاده شد. همچنین درجه حرارت بحرانی بر اساس پژوهش های گذشته ی این حوزه در حدود ۲/۴ در نظر گرفته شد (دمای ۲/۴ دمای آستانه ی برف مدل است. مدل در دمای بالاتر از آن، بارش را به صورت باران و در دمای کم تر 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 معادله ی (۱) بدست می آید:

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

در این رابطه پارامترهای  $x$  و  $y$  از داده های تاریخی دبی بدست می آید. به این منظور داده های دبی روزانه در ۴۰ سال گذشته (از ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۵) مورد بررسی قرار گرفتند. دوره ی فروکش از میانه های اردیبهشت ماه تا میانه های آبان ماه هر سال آبی در نظر گرفته شده است. زیرا آبان آغاز صعود منحنی هیدروگراف سالانه است. برای معادله ی (۱) پارامترهای  $x$  و  $y$  برای کل دوره ی فروکش از نسبت دبی های روز جاری به روز پیش از آن در مقیاس لگاریتمی بدست آمد. کاربرد  $x$  و  $y$  در تعیین دبی در دوره ی بدون بارندگی است. گفتنی است که دو دسته مقادیر بهینه برای این دو پارامتر بر اساس سعی و خطا بدست آمد. برای دسته ی نخست مقادیر  $x$  و  $y$  از اول مهرماه تا آخر بهمن ماه و همچنین از نیمه ی مرداد ماه تا آخر شهریور ماه به ترتیب ۱/۰۱۷۵ و ۰/۰۰۵ و برای دسته ی دوم از اول اسفند تا میانه های مرداد به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۰۰۵ بدست آمد. بر اساس ویژگی های نوسان روزانه ی رواناب ناشی از ذوب برف می توان زمان تاخیر را به گونه ی مستقیم از هیدروگراف جریان سال های گذشته تعیین کرد. از آن جایی که در این حوزه داده های دبی به جز در شرایط سیلاب در دوره های زمانی کم تر از روزانه در دسترس نیست، برآورد زمان تاخیر بر اساس داده های مشاهده ای دبی و درجه ی حرارت امکان پذیر نیست. بر این اساس با استفاده از داده های اولیه ی پیشنهادی مدل و سعی و خطا زمان تاخیر معادل ۱۸ ساعت در نظر گرفته شده است.

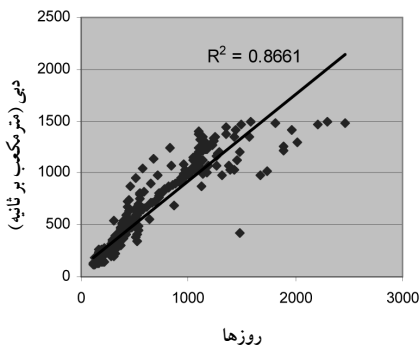
حجمی ( $D_p$ ) که به طور خودکار توسط مدل و معیار DG که توسط کاربر قابل محاسبه می باشد، استفاده می نماید. ضریب تعیین ( $R^2$ )، معیار ارزیابی مدل با دبی متوسط دوره و شاخص DG، معیار ارزیابی با متوسط دبی طولانی مدت است. روش محاسبه DG شبیه محاسبه  $R^2$  است و در واقع معادله محاسبه هر دو یکسان است. با این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

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 محاسبه ی DG شبیه محاسبه ی  $R^2$  است و در واقع معادله ی محاسبه ی هر دو یکسان است. با این تفاوت که DG نسبت به دبی میانگین طولانی مدت محاسبه می شود. دوره ی زمانی مورد استفاده برای واسنجی و ارزیابی مدل SRM به ترتیب سال های 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 حوزه ی کارون به ۵ ناحیه ی ارتفاعی تقسیم شد. ایستگاه سینوپتیک شهرکرد به عنوان ایستگاه مبنای حوزه ی کارون برای مدل در نظر گرفته شد چون کامل ترین داده های هواشناسی را در منطقه دارا است و در ضمن شرایط ارتفاعی کاملاً مناسبی دارد. پارامترهای مدل بر اساس این منطقه بندی برآورد و یا واسنجی شدند. ضریب رواناب برف به دلیل کمبود داده های مشاهده ای زمینی بویژه ناکافی بودن داده ها در ارتفاعات به صورت سعی و خطا واسنجی شد. برای بررسی بارش و دما از داده های روزانه ی بارش و دما ایستگاه مبنای 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 تهیه ی سری روزانه ی سطح پوشش برف از داده های تهیه شده از

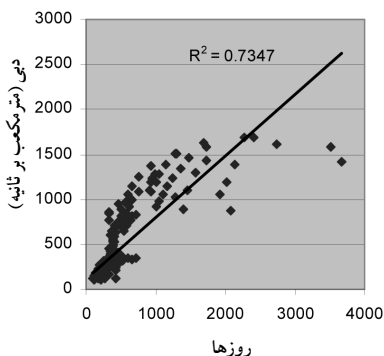
۵ مشاهده می شود خیلی قوی نیست، اما در هر صورت مرحله ی ارزیابی قابل قبول است. پس از بهینه سازی پارامترها از مدل برای مشخص کردن توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف و بارندگی در یک دوره ی مبنای که در این دوره، حوزه دارای آمار است، استفاده شد و پس از آن از مدل کالیبره شده برای پیش بینی توزیع زمانی جریان برای دو دوره ی ۲۵ ساله، شامل دوره های ۲۰۲۵ - ۲۰۰۰ و ۲۰۵۰ - ۲۰۲۵، با فرض دو سناریو، استفاده شد. ورودی های مدل ذوب برف در این دو دوره با استفاده از خروجی های دما و بارش مدل تغییر اقلیم تعیین گردید و در واقع تغییرات توزیع زمانی جریان در دو دوره ی ۲۵ ساله نسبت به دوره ی مبنای مشخص شد. گفتنی است که در نمودارهای ۶ و ۷ دبی ها در هر روز از سال آبی به صورت میانگین دبی در آن روز در کل دوره ی مبنای و دو دوره ی ۲۵ ساله است.

### بحث و نتیجه گیری

بنا به گفته ی طراحان مدل SRM، این مدل نیازی به واسنجی ندارد، اما نتایج این پژوهش و پژوهش های گذشته نشان می دهد 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 ۳- نمودار همبستگی دبی روزانه ی مشاهده ای و شبیه سازی شده در دوره ی واسنجی در حوزه ی کارون ایستگاه پل شالو



نمودار ۵- نمودار همبستگی دبی روزانه ی مشاهده ای و شبیه سازی شده در دوره ی ارزیابی در حوزه ی کارون ایستگاه پل شالو

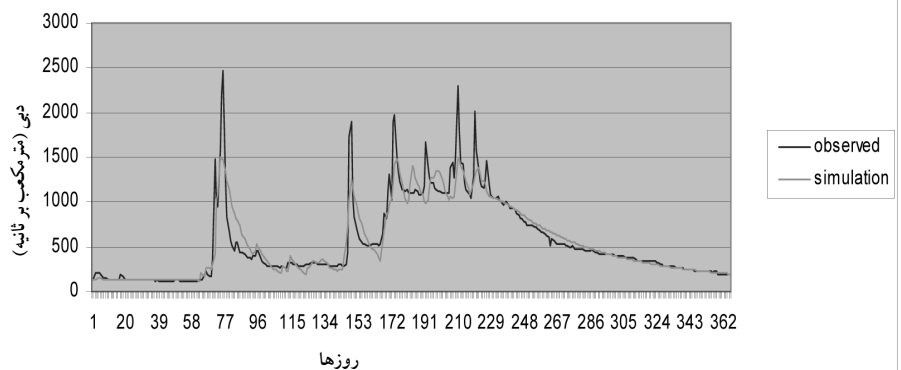
نمودار (۲) تغییرات دبی روزانه شبیه سازی شده و مشاهده ای در دوره ی واسنجی را نشان می دهد.  $R^2$  حدود ۰/۸۶ و درصد اختلاف عددی میزان دبی برآوردی و مشاهده ای کم تر از یک درصد (در حدود ۰/۴۲) درصد است.

### نتایج

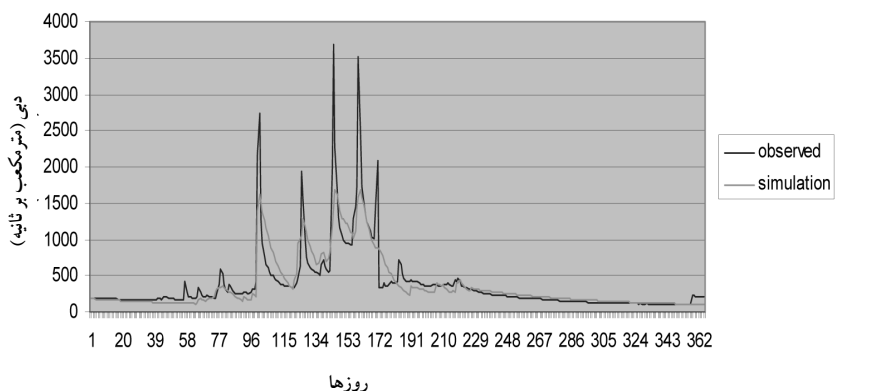
در دوره ی زمانی مورد استفاده برای واسنجی و ارزیابی مدل SRM که به ترتیب سال های آبی ۷۱ - ۱۳۷۰ و ۷۲ - ۱۳۷۱ انتخاب شد، نتایج بر اساس نمودار ۲ بدست آمد:

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

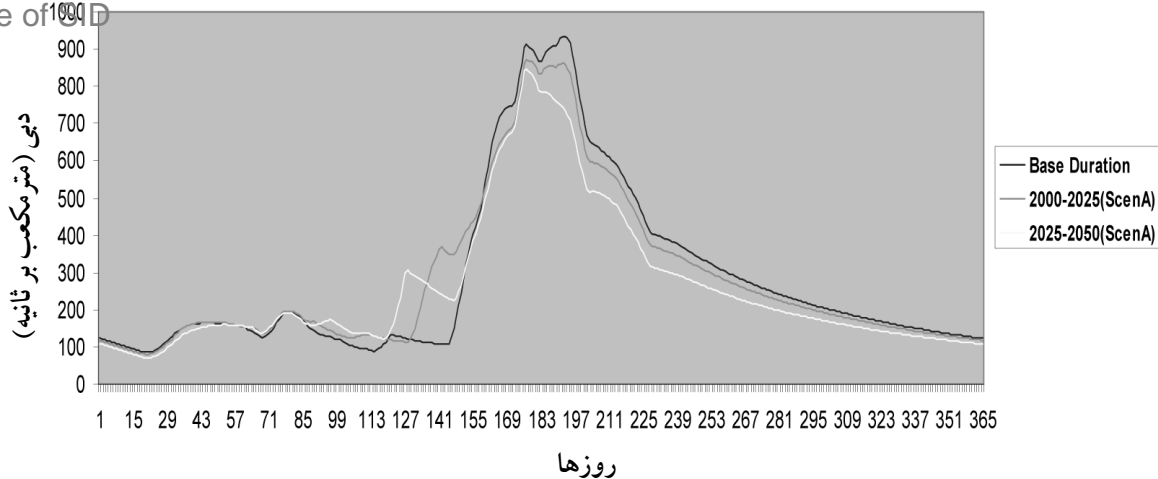
همان گونه که در نمودار ۴ مشاهده می شود، مدل در شبیه سازی قله های هیدروگراف خیلی کارآمد نیست و مقادیر برآورد شده کم تر از مقادیر واقعی است و همچنین به علت پراکنش داده های مشاهده ای و برآورد شده، میزان همبستگی همان گونه که در نمودار



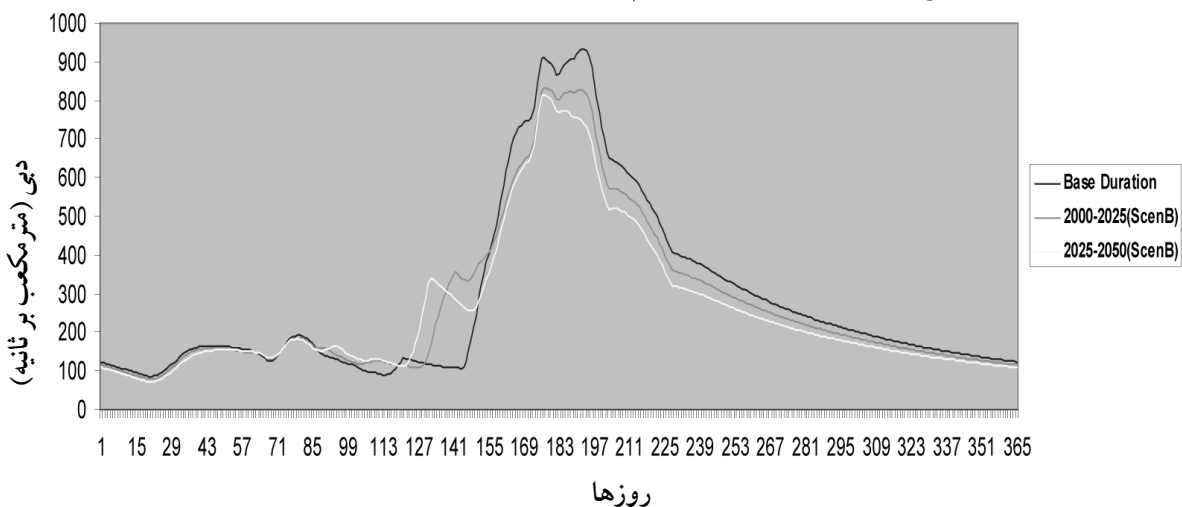
نمودار ۲- مقایسه ی دبی روزانه ی مشاهده ای و شبیه سازی شده در دوره ی واسنجی در حوزه ی کارون ایستگاه پل شالو (۷۱ - ۱۳۷۰)



نمودار ۴- مقایسه ی دبی روزانه مشاهده ای و شبیه سازی شده در دوره ی ارزیابی در حوزه ی کارون ایستگاه پل شالو (۷۲ - ۱۳۷۱)



نمودار ۶- نمودار تغییرات توزیع زمانی جریان در اثر تغییر اقلیم (سناریوی نخست) در حوزه‌ی کارون در ایستگاه هیدرومتری پل شالو



نمودار ۷- نمودار تغییرات توزیع زمانی جریان در اثر تغییر اقلیم (سناریوی دوم) در حوزه‌ی کارون در ایستگاه هیدرومتری پل شالو

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 پیش‌بینی‌های 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 سریع‌تر برف مربوط می‌شود، در پی آن با توجه به کاهش ذخیره‌ی برف، کاهش دبی در فصل بهار کاملاً

پس از واسنجی و ارزیابی این مدل در پیش‌بینی جریان روزانه در حوزه‌ی کارون با استفاده از سطح پوشش برف که از داده‌های ماهواره‌ای قابل دسترس می‌باشند، دارای قابلیت پیش‌بینی رواناب ناشی 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. همچنین استفاده از مدل‌های تغییر اقلیم با توجه به عدم دقت در پیش‌بینی‌ها به هر حال در عمل مشکلاتی را به همراه دارند و بحث عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های 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 پیش‌بینی (قله‌های هیدروگراف) مشاهده‌ای و شبیه‌سازی است که این قضیه به احتمال زیاد ناشی از داده‌های مشاهده‌ای اشتباه است، نه ناتوانی مدل در برآورد دبی‌های پیش‌بینی زیرا اساساً با توجه به شرایط حوزه‌ی کارون شکل‌گیری 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

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 Macquarie 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.I., 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

منطقی بنظر می‌رسد.

روی هم رفته، نتایج حاکی از تغییرات در توزیع زمانی جریان و همچنین تغییر در زمان بیشینه‌ی جریان رواناب ناشی از ذوب برف در حوزه‌ی کارون در سال‌های 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 برنامه‌ریزی در بهره‌برداری از منابع آب را مشخص می‌کند. برنامه‌های آینده باید به گونه‌ای باشند که تغییرات پیش رو اثرات زیان بار کم‌تری را متوجه بخش آب در این حوزه بسیار مهم کشورمان کند. یکی از بخش‌هایی 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 کانه‌های آبیاری دشت خوزستان جریان می‌یابد و به مصرف بخش کشاورزی می‌رسند، 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 برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیری در راستای رویارویی با شرایط آینده‌ی حوزه انجام گیرد.

#### منابع

۱- پرهت، ج.، صدقی، ح. و ثقفیان، ب. ۱۳۸۴. بررسی مدل در شبیه‌سازی رواناب حاصل از ذوب برف با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حوزه‌های 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 modeling 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 Environmental 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

Surf and download all data from SID.ir: [www.SID.ir](http://www.SID.ir)

Translate via STRS.ir: [www.STRS.ir](http://www.STRS.ir)

Follow our scientific posts via our Blog: [www.sid.ir/blog](http://www.sid.ir/blog)

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: [www.sid.ir/workshop](http://www.sid.ir/workshop)