نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۲، ص. ۹۱۸-۹۰۷

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.5, Nov.-Dec. 2013, p. 907-918

بررسی رفتار منابع آب حوضه قره قوم تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: زیر حوضه درگز)

ایمان بابائیان [1*]- مهدی ضرغامی [2]- منصوره کوهی [3]- امید بابائیان [4]- مریم کریمیان [5]- راهله مدیریان [6]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۸/۲
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۷/۲۱

چکیده

پدیده گرمایش جهانی نشان پررنگی بر چرخه هیدرولوژی و منابع آب دارد. با توجه به نقش آب در توسعه کشاورزی و زیرساخت‌های اقتصادی شهرستان درگز، در این مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای هیدرواقلیمی بخشی از حوضه آبریز قره قوم در زیرحوضه‌های دو رودخانه مهم درگز به نام‌های درونگر و قوزقانچای پرداخته شد. داده‌های دیدبانی دربرگیرنده داده‌های ایستگاههای دبی سنجی گلخندان، محمد تقی بیک، حصار و حاتم قلعه از شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی و داده‌های پیش بینی آینده مدل‌های گردش عمومی جو (شامل GFDL، IPSL، MIROC و NCAR) در دوره ۲۱۰۰-۱۹۶۱ از شبکه تغییر اقلیم کانادا اخذ گردیدند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که در سه دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱بارش حوضه به ترتیب به میزان ۲۰/۲، ۲۳/۷، ۲۵/۹ درصد کاهش و دما به ترتیب ۰/۹۵، ۲/۰۱ و ۳/۸ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد. در بین چهار ایستگاه بیشترین کاهش دبی در ایستگاه گلخندان رخ خواهد داد. میانگین کاهش دبی در سه دوره آتی به ترتیب ۱۲، ۱۳/۹ و ۱۵/۷ درصد خواهد بود. تحت این شرایط میانگین دبی در ایستگاههای دبی سنجی گلخندان، محمد تقی بیک، حصار و حاتم قلعه با ۰/۱۴، ۰/۳، ۰/۱۸ و ۰/۷۲ مترمکعب در ثانیه کاهش یافته که به ترتیب به ۰/۴۸، ۳/۵۹، ۱/۳۵ و ۴/۷۷ مترمکعب در ثانیه خواهد رسید.

واژه‌های کلیدی: منابع آب، تغییر اقلیم، مدل‌های اقلیمی، دبی، قره قوم

مقدمه

با آغاز انقلاب صنعتی در قرن نوزدهم میلادی و به دلیل نیاز به سوخت‌های فسیلی و در راستای توسعه صنعتی کشورها، جو کره زمین به آرامی با افزایش آلاینده ها و گازهای گلخانه ای روبرو شد. این وضعیت افزایش آهسته دمای کره زمین را در پی داشت به گونه‌ای که بر پایه گزارش هیئت بین دولتی تغییر اقلیم[7] افزایش دما در قرن گذشته حدود نیم درجه بوده است (۱۵). دما یک فرانسنج هیدرومتئورولوژی است که نوسان‌های بزرگ آن با ناهنجاری‌های فراوانی در چرخه هیدرولوژی کره زمین همراه است؛ به طوریکه در برخی نواحی کره زمین موجب افزایش و در برخی نقاط موجب کاهش بارش شده است. مهمترین پیامد تغییر در چرخه هیدرولوژیکی، تمایل آن به سوی رفتارهای مرزی[8] مانند بارش‌های سیل آسا، خشکسالی‌های گسترده و در برخی موارد ترسالی‌های منطقه ای می‌باشد. این ناهنجاری ها موجب ببار آمدن زیان‌های اقتصادی و اجتماعی به ویژه در بخش‌های زیرساختی، منابع آبی و کشاورزی شده و اختلال جدی در برنامه ریزی‌های توسعه منطقه ای را موجب می‌گردد.

فلاور و کیلسبی (۱۳) تغییرات اقلیمی را در ۸ حوضه آبریز بحرانی شمال غرب انگلیس برای سه دوره زمانی ۲۰۴۰-۲۰۱۰،

۱- استادیار گروه پژوهشی تغییر اقلیم، پژوهشکده اقلیم شناسی (مرکز ملی اقلیم)، مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: ibabaeian@yahoo.com)
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- گروه پژوهشی اقلیم شناسی کاربردی، پژوهشکده اقلیم شناسی (مرکز ملی اقلیم)، مشهد و دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، اداره کل هواشناسی خراسان رضوی، درگز و دانشجوی کارشناسی ارشد ریاضی دانشگاه بجنورد
۵ و ۶- گروه پژوهشی تغییر اقلیم، پژوهشکده اقلیم شناسی(مرکز ملی اقلیم)، مشهد، کارشناسی ارشد فیزیک

7- Inter-governmental Panel on Climate Change (IPCC)
8- Extreme Events

۲۰۷۰-۲۰۴۰ و ۲۱۰۰-۲۰۷۰ با استفاده از مدل منطقه ای HadRM3H ریزمقیاس نمایی کردند و اثرات هیدرواقلیمی آن را با دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۰ مقایسه کردند. یافته‌های مدل سازی آنها نشان داد که در دوره‌های آتی جریان‌های بزرگ سیلابی تا ۲۵ درصد در مقایسه با دوره پایه افزایش خواهند یافت. همچنین میزان خطرپذیری رخداد سیل در فصول زمستان افزایش قابل ملاحظه ای خواهد یافت. کوئینتانا و همکاران (۱۷) به منظور برآورد میزان عدم قطعیت در پیش بینی منابع آبی آینده در حوضه شمال مدیترانه، از دو روش آماری و دینامیکی برای ریزمقیاس نمایی متغیرهای هواشناسی در دوره ۲۱۰۰-۲۰۱۰ استفاده کردند. آنها نشان دادند که استفاده از روش‌های مختلف ریزمقیاس نمایی می‌تواند یافته‌های پیش بینی‌های تغییر اقلیم در آینده را تغییر داده و عدم قطعیت پیش بینی‌ها را افزایش دهد. این پژوهش گران با بررسی یافته‌های هر دو روش نتیجه گیری کردند که بارش تابستانه در دهه‌های آینده با کاهش قابل ملاحظه ای مواجه خواهد شد که موجب کاهش دبی رودخانه‌های منطقه در این فصل می‌گردد؛ در حالیکه با افزایش بارش، دبی زمستان و بهار افزایش می‌یابد. هیرابایاش و همکاران (۱۴) خطرپذیری رخداد سیل و خشکسالی را بر روی کره زمین با استفاده از برون داد مدل اقلیمی MIROC با قدرت تفکیک ۱/۱ درجه تحت اثر پدیده گرمایش جهانی را تا سال ۲۱۰۰ مورد مطالعه قرار دادند. آنها دریافتند که تواتر رخداد سیل در بسیاری از نواحی کره زمین به استثناء آمریکای شمالی و مرکز تا غرب اروپا افزایش خواهد یافت. همچنین پدیده خشکسالی نیز در اغلب نواحی کره زمین افزایش می‌یابد، در حالیکه خشکسالی در عرض‌های شمالی، شرق استرالیا و شرق اوراسیا کاهش یافته یا بدون تغییر خواهد ماند. تغییر در تواتر رخداد سیل و خشکسالی به سادگی با تغییر در میانگین بارش سالانه، بارش‌های سنگین و یا ناهمسازی بین بارش و تبخیر - تعرق قابل تفسیر نیست؛ در دوره آتی بسیاری از پهنه‌های جغرافیایی همزمان با افزایش خشکسالی با سیل نیز روبرو خواهند شد. این گونه نواحی با کاهش شمار روزهای بارانی ولی افزایش بارش‌های سنگین مواجه هستند. پهنه‌های جغرافیایی زیادی با جابجایی فصل رخداد سیلاب درگیر بوده بطوریکه سیلاب ناشی از ذوب برف بهاره با سیلاب ناشی از بارش‌های سنگین تابستانه جایگزین می‌گردد. بررسی روند بلندمدت بارش و رواناب حوضه‌های آبریز کشور کره جنوبی در دوره ۲۰۰۱-۱۹۶۸ با کاربرد آزمون من-کندال نشان از افزایش معنی دار بارش و رواناب‌های تابستانه و کاهش آنها در بهار می‌باشد و در بیشتر حوضه ها بارش ماه ژوئن بین ۱۸ تا ۱۸۰ درصد افزایش می‌یابد ؛ در حالیکه بارش ماه آوریل بین ۱۵ تا ۷۴ درصد کاهش را نشان می‌دهد. در دوره مورد مطالعه روند تغییرات رواناب نیز از بارش تبعیت می‌کند (۱۲).

اثرات تغییر اقلیم با کاربرد برون داد مدل‌های منطقه ای با دو سناریوی A2 و A1B بر حوضه رودخانه کراتی[1] در جنوب کشور ایتالیا توسط سناتور و همکاران (۱۹) مورد مطالعه قرار گرفت. آنها پیش بینی کردند که در دوره ۲۰۹۹-۲۰۷۰ میانگین دمای این حوضه بین ۳/۵ تا ۳/۹ درجه سانتیگراد افزایش یافته، در حالیکه بارش به مقدار ۹ تا ۲۱ درصد کاهش خواهد یافت. این شرایط موجب کاهش شدید برف تجمعی سالانه به میزان ۸۲ تا ۹۲ درصد خواهد شد. همچنین میزان آبهای زیرسطحی بین ۶/۵- تا ۱۴/۴+ درصد و رواناب سطحی بین ۲۵/۴- درصد تا ۴۱/۲- درصد کاهش خواهد یافت.

مساح بوانی و مرید (۱۱) اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده رود را تحت دو سناریوی اقلیمی A2 و B2 در دو دوره ۲۰۹۹-۲۰۷۰ و ۲۰۳۹-۲۰۱۰ مورد ارزیابی قرار دادند. یافته‌های آنها حاکی از کاهش بارش در هر دو دوره به میزان ۱۰ و ۱۶ درصد و افزایش دما به میزان ۴/۶ و ۳/۲ درجه سانتیگراد به ترتیب در سناریوهای A2 و B2 می‌باشد. آنها با کاربرد روش شبکه عصبی بارش-رواناب را در حوضه شبیه سازی نمودند که یافته‌های آن نشان دهنده کاهش جریان تا ۵/۸ درصد و افزایش ضریب تغییرات جریان تا ۳ برابر دوره آماری در آینده می‌باشد. مدرسی و همکاران (۱۰) در بررسی پیامدهای تغییر اقلیم بر میزان آبدهی سالانه رودخانه گرگانرود، برون داد سناریوهای مختلف مدل‌های گردش عمومی ECHAM4، HadCM3 ، CSIRO ، CGCM2 ، GFDL-R30 و CCSR را کوچک مقیاس نموده و نتیجه گیری نمودند که حجم آبدهی رودخانه گرگانرود در دوره‌های بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله به ترتیب ۱/۳۸ و ۱/۳۳ درصد کاهش خواهد یافت. تاثیر تغییر و نواسانات اقلیمی بر رواناب زیرحوضه قره سو در شمال غربی حوضه کرخه با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی توسط کمال و مساح بوانی (۸) مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور آنها مدل آماری SDSM را برای کوچک مقیاس کردن برون داد مدل HadCM3 بکار بردند. یافته‌های پژوهش آنها کاهش رواناب برای فصل پاییز و افزایش آن در سایر فصول دوره ۲۰۶۹-۲۰۴۰ را نشان داد. قربانی زاده و همکاران (۶) اثر تغییر اقلیم بر توزیع زمانی جریان رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه کارون را با بکارگیری برون داد دو سناریوی اقلیمی از مدل گردش عمومی ECHAM4 در دو دوره ۲۵ ساله ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۰ مطالعه کردند. آنها دریافتند که زمان بیشینه جریان از بهار به زمستان انتقال خواهد یافت. همچنین پیش بینی شد که در این حوضه دبی زمستان با افزایش حدود ۱۰ درصدی، دبی بهار و تابستان با کاهش و دبی پاییز نیز بدون تغییرات قابل ملاحظه روبرو خواهند شد.

اثرات تغییر اقلیم بر منابع و مصارف آب کشاورزی در حوضه آبریز رودخانه کشف رود در سه دوره ۲۰۹۹-۲۰۷۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۳۹-۲۰۱۰ توسط علیزاده و همکاران (۵) مورد بررسی قرار گرفت.

1- Crati

آنها برون داد مدل HadCM3 را تحت سناریوی A2 با کاربرد نرم افزاری آماری ASD کوچک مقیاس نمودند. آنها دریافتند که میانگین بارش سالانه در دوره‌های یاد شده تفاوت معنی داری با دوره دیدبانی نداشته اما توزیع آن در فصول مختلف تغییر خواهد کرد. بر این اساس و در صورت افزایش دما به میزان ۱، ۲ و ۴ درجه سانتیگراد میزان نیاز آبی الگوی کشت در دشت کشف رود به ترتیب ۶، ۱۰ و ۱۶ درصد افزایش پیدا خواهد کرد. ضرغامی و دیگران (۲۰) اثرات تغییر اقلیم بر رفتار بارش و دمای استان آذربایجان شرقی را مطالعه نمودند. آنها نشان دادند که مطابق تغییرات بارش و دمای مدل سازی شده برای دوره‌های آتی، اقلیم این استان بر اساس روش دمارتن از نیمه خشک به خشک تغییر خواهد یافت. خزائی و همکاران (۱۶) اثرات تغییر اقلیم بر سیلاب‌های حوضه آبریز پتاوه در استان کهکیلویه و بویر احمد را مطالعه کردند. آنها در این پژوهش برون داد مدل گردش عمومی CGCM3 با سناریوهای A2، B1 و A1B با کاربرد یک مدل طراحی شده تولید داده و بارش –رواناب ریزمقیاس نمودند. یافته‌های آنها نشان داد که شدت سیلاب ها تحت تاثیر تغییر اقلیم در این منطقه افزایش خواهد یافت.

تاکنون مطالعه ای در ارتباط با پیامدهای تغییر اقلیم در زیرحوضه شهرستان درگز که بخشی از حوضه اصلی قره قوم می‌باشد، انجام نشده است. از طرفی اقتصاد این شهرستان عمدتا مبتنی بر کشاورزی بوده که متغیرهای هیدرواقلیمی در آن نقش بسیار مهمی دارند. به همین منظور این تحقیق به تاثیر پیامدهای گرمایش جهانی بر برخی متغیرهای هیدرواقلیمی این حوضه با تاکید بر دو رودخانه درونگر و قوزقانچای می‌پردازد.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز قره قوم یکی از ۳۸ حوضه بزرگ کشور است که سراسر در استان خراسان رضوی جای گرفته است. مساحت کل حوضه برابر ۴۴۴۹۱ کیلومتر مربع است. این حوضه از سمت شمال و شمال غرب هم مرز با ترکمنستان و از سمت شرق با افغانستان هم مرز می‌باشد. مهم ترین رشته کوه‌های این حوضه شامل هزارمسجد در شمال و شمال غرب و بینالود در غرب آن می باشند (۴).

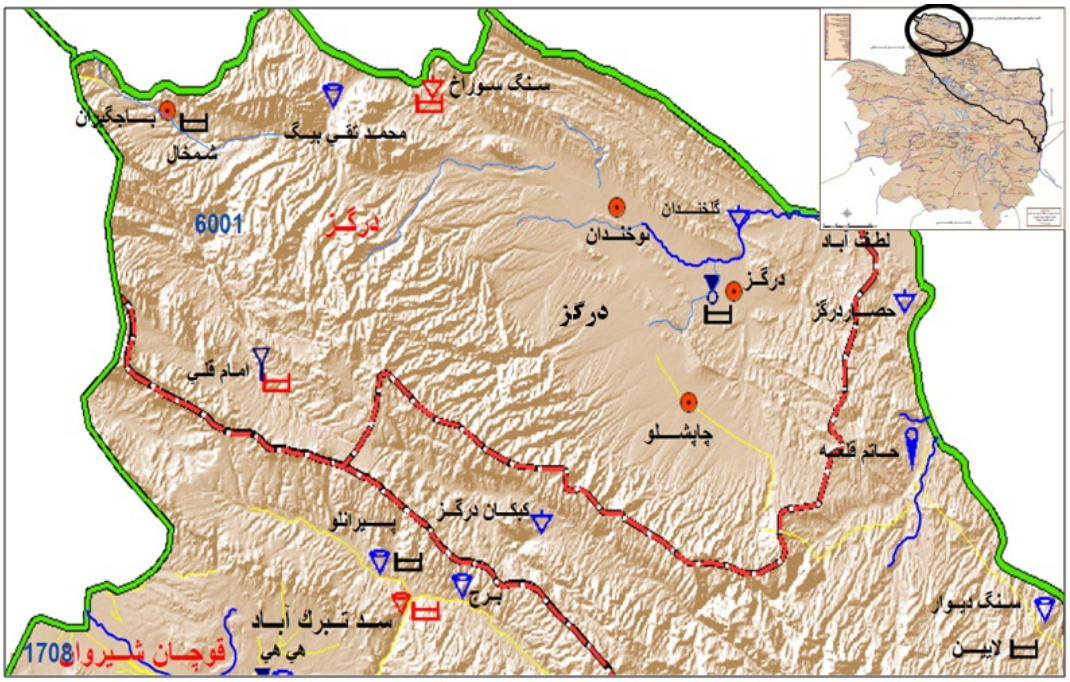
زیرحوضه درگز در حاشیه شمالی حوضه آبریز قره قوم واقع شده است که دو رودخانه مهم درونگر و قوزقانچای در آن جریان دارند. این زیرحوضه از شمال با کشور ترکمنستان و از سوی غرب، جنوب و شرق به ترتیب با شهرستان قوچان، مشهد و چناران و کلات هم مرز است. شهرستان درگز به فاصله ۲۵۸ کیلومتری از مشهد واقع است. طول جغرافیایی آن ۵۹درجه و ۶ دقیقه وعرض جغرافیایی آن ۳۷درجه و ۲۶ دقیقه می‌باشد. متوسط ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۵۰۰ متر می باشد. دو رودخانه مهم آن درونگر و قوزقانچای می‌باشند. در این بین درونگر مهمترین رودخانه ای است که در دشت درگز جاری است و شاخه‌های دائمی و فصلی آن تقریبا تمام دشت درگز را زهکشی و آبیاری می‌کنند. در حاشیه این رودخانه بقایای تمدن‌های باستانی دیده می‌شود که قدمت آن به قبل از میلاد می‌رسد (۹). بر روی این رودخانه سد ابیورد احداث شده است که در اواخر سال ۱۳۹۰ مورد بهره برداری قرار گرفت. از سال ۱۳۶۶ تعدادی از کشاورزان این منطقه به تدریج شروع به برنج کاری به روش سنتی نمودند که بر اساس آمار سال ۱۳۹۰ وسعت منطقه زیر کشت حدود ۶۰۰ هکتار می‌باشد. این منطقه به دلیل اینکه در داخل کوهستان هزار مسجد واقع است دارای آب وهوای سرد کوهستانی است؛ البته در نواحی پست آب و هوا، گرم تر و زمین ها پوشیده از مراتع و چمنزار است. مرکز شهرستان درگز از آب و هوای گرم و نیمه مرطوبی برخوردار است که میانگین بارندگی سالانه آن حدود ۳۵۰ میلی متر می باشد. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی و محدوده مطالعاتی حوضه آبریز آورده شده است.

مواد و روش ها

در این مقاله از داده‌های یک ایستگاه سینوپتیک، چهار ایستگاه دبی سنجی و بارانسنجی برای ریزمقیاس نمایی آماری برون داد چهار مدل اقلیمی GFDL، IPSL، MIROC و NCAR تحت سناریوهای انتشار A1 ، A1B و B2 استفاده شد. علت انتخاب چهار مدل مذکور کامل بودن داده‌های پیش بینی آنها تا سال ۲۱۰۰ میلادی برای هر سه سناریوی مورد بررسی بوده است. مشخصات ایستگاه‌های مذکور در جدول ۱ آورده شده است. از بین ایستگاه‌های فوق ایستگاه سینوپتیک درگز مربوط به اداره کل هواشناسی خراسان رضوی و بقیه مربوط به شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی می‌باشند. برای اینکه مدل آماری ریزمقیاس نمایی بتواند اطلاعات بیشتری از رفتار دوره مشاهداتی را شناسایی نماید، آمار حداکثر داده‌های مشاهداتی موجود در ایستگاههای منطقه مورد مطالعه در طراحی مدل ریزمقیاس نمایی در نظر گرفته شدند. بر این اساس طول دوره آماری ایستگاهها یکسان نمی باشد.

در ابتدا برای آشکارسازی تغییر اقلیم در داده‌های دیدبانی بارش، دما و دبی ایستگاههای حوضه مطالعاتی آزمون ناپارامتری تعیین روند من–کندال به کار برده شد.

برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر بارش، دما و دبی رودخانه‌های این حوضه از برون داد چهار مدل GFDL، IPSL، MIROC و NCAR تحت سه سناریوی انتشار A2 ، A1B و B1 با طول دوره ۱۹۶۱ تا ۲۱۰۰ استفاده شد. داده‌های قبل از سال ۲۰۱۱ مدل‌های یاد شده برای واسنجی مدل ریزمقیاس نمایی و داده‌های بعد از این تاریخ برای پیش بینی تغییرات بارش، دما و دبی مورد استفاده قرار گرفتند. مشخصات مدل‌های مورد استفاده در جدول ۲ آورده شده است.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی زیرحوضه درگز در حوضه قره قوم. در سمت راست و بالای شکل، موقعیت حوضه قره قوم در مقایسه با استان خراسان رضوی دیده می‌شود (منبع: شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی)

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های بارانسنجی و دبی سنجی مورد استفاده برای ریزمقیاس نمایی برون داد مدل‌های اقلیمی (۱و۳)

ردیف	رودخانه	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع (متر)	دوره آماری
۱	درونگر	درگز	سینوپتیک	۴۸۰	۱۳۸۶-۹۰
۲	درونگر	محمد تقی بیک	دبی سنجی	۹۹۰	۱۳۶۳-۸۷
۳	درونگر	گلخندان	دبی سنجی	-	۱۳۶۹-۸۷
۴	قوزقانچای	حاتم قلعه	دبی سنجی	۴۹۰	۱۳۵۲-۸۷
۵	قوزقانچای	حصار	دبی سنجی	۱۲۲۰	۱۳۷۵-۸۷

جدول ۲- مشخصات مدل‌های گردش عمومی مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	نام مدل	قدرت تفکیک	کشور	سناریو
۱	GFDL2.1	2.0° x 2. 5°	Geophysical Fluid Dynamics Lab USA	SRA1B, SRA2, SRB1
۲	IPSL	2.5° x 3.75°	Institute Pirre Simon Laplace, France	SRA1B, SRA2, SRB1
۳	MIROC	1.9° x 1.9°	CCSR, University of Tokyo, Japan	SRA1B, SRA2, SRB1
۴	NCAR	2.5° x 3.75°	National Center for Atmospheric Research, USA	SRA1B, SRA2, SRB1

برای ریزمقیاس نمایی داده‌های ماهانه بارش، دما و دبی از روش همبستگی چند متغیره (فرمول ۱) استفاده شد (۷).

$$Y = \sum_{i=1}^{n} a_i X_i + b + \varepsilon_i \qquad i = 1,2,3,...n \qquad (۱)$$

که در آن Y متغیر پیش بینی شونده دبی، بارش و دما می باشد. X_i متغیرهای پیش بینی کننده که در اینجا خروجی سه سناریوی A1B، A2 و B1 از چهار مدل GFDL، IPSL، MIROC و NCAR باشند. a_i ضرایب همبستگی، b مقدار ثابت و ε_i جمله خطا می باشند.

جهت تعیین توانمندترین مدل در شبیه سازی متغیرهای هیدرواقلیمی از روش وزن دهی بهره برداری شد. در این راستا میانگین ماهانه متغیرهای شبیه سازی شده توسط مدل در شبکه ای

که ایستگاه در درون آن جای دارد با مقادیر داده‌های دیدبانی شده مقایسه گردید. بر پایه میزان توانمندی مدل در همانند سازی مقادیر ماهانه متغیرهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی، وزن هر یک از مدل‌ها مطابق فرمول ۳ محاسبه شد:

$$W_{i,j} = \frac{\frac{1}{\Delta F_{i,j}}}{\sum_{j=1}^{n}(1/\Delta F_{i,j})} \qquad (۲)$$

که در آن F فراسنج هیدرواقلیمی مورد بررسی، W وزن شبیه سازی‌های مدل گردش عمومی جو می‌باشد و اندیس‌های i و j مربوط به مدل و سناریوهای مختلف می باشند. ΔF مبین قدر مطلق اختلاف بین فراسنج هیدرواقلیمی دیدبانی شده با همانند سازی شده توسط مدل گردش عمومی در دوره دیدبانی می‌باشد. بدیهی است هر چه اختلاف یاد شده زیادتر باشد، وزن مدل کمتر بوده، لذا کارایی مدل یاد شده از دیدگاه همانند سازی مقادیر میانگین ضعیف تر خواهد بود (۲). این فرمول توانمندی مدل‌های گردش عمومی جو را در همانند سازی میانگین‌های اقلیمی نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

آشکارسازی تغییر اقلیم: در جدول ۳ یافته‌های آماره من-کندال برای تعیین وجود روند در سری زمانی دبی اندازه گیری شده در ۴ ایستگاه دبی سنجی حوضه رودخانه‌های درونگر و قوزقانچای آورده شده است. بر پایه یافته‌های مندرج در این جدول، گرچه در همه فصول و ایستگاه ها روند کاهش دبی دیده می‌شود اما در هیچ یک از سری‌های دبی تغییرات معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد طی دوره دیدبانی رخ نداده است. یادآور می‌گردد مقدار آستانه آماره من کندال برای معنی دار بودن روند کاهشی در سطح ۹۵ درصد ۱/۹۶- می‌باشد که همان گونه که در جدول ۳ دیده می‌شود هیچ مقداری کمتر از آن وجود ندارد. کاهش دبی در ایستگاه‌های رودخانه درونگر نزدیک به سه برابر رودخانه قوزقانچای است. بیشترین کاهش در دبی مربوط به ایستگاه گلخندان بر روی رودخانه درونگر و در فصل پاییز می باشد. بنابراین وضعیت منابع آبی در این حوضه شکننده تر از حوضه رودخانه قوزقانچای است. یادآوری می‌شود که تاریخ بهره برداری از سد درونگر پس از دوره مورد مطالعه انجام شده است. همچنین برنج کاری پس از سال ۱۳۶۶ در این منطقه آغاز شده است که تنها ۱۰ درصد دوره مورد مطالعه ایستگاه دبی سنجی محمدتقی بیک خارج از این محدوده زمانی بوده و دوره مطاالعاتی ایستگاه گلخندان در داخل دوره زمانی کشت برنج قرار داشته و تاثیر کاهش دبی ناشی از برداشت آب در بالادست برای هر دو ایستگاه مورد مطالعه یکسان می باشد. ضمن اینکه در زیرحوضه رودخانه قوزقانچای (ایستگاههای دبی سنجی حصار و حاتم قلعه) به طور کلی برنج کشت نمی شود.

در جدول ۴ یافته‌های آزمون من-کندال برای بررسی روند موجود در بارش و دمای ایستگاه درگز آورده شده است. بر پایه این داده ها در هیچ یک از فصول روند معنی دار افزایش یا کاهشی در سری زمانی بارش و دمای این ایستگاه دیده نمی شود. همان گونه که در این جدول دیده می‌شود هیچ یک از آماره‌های من کندال محاسبه شده برای بارش و دما بیرون از از آستانه معنی داری سطح ۹۵ درصد (بین ۱/۹۶- و ۱/۹۶+) نمی باشند.

مدل سازی تغییرات اقلیمی دوره ۲۰۹۹-۲۰۱۰: یکی از جستارهای مهم که در مدل سازی و پیش بینی متغیرهای هواشناسی بایستی مد نظر قرار گیرد، بررسی توانمندی مدل‌های گردش عمومی است.

جدول۳- آماره من-کندال برای تعیین وجود روند در سری زمانی دبی ایستگاههای محدوده مطالعاتی

رودخانه	ایستگاه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سال
درونگر	محمدتقی بیک	-۰/۹۰	-۱/۶۵	-۰/۵۶	-۰/۸۲	-۱/۱۰
درونگر	گلخندان	-۰/۷۸	-۱/۱۲	-۱/۴۳	-۰/۷۸	-۰/۸۰
قوزقانچای	حاتم قلعه	-۰/۰۸	-۰/۱۲	-۰/۷۳	-۰/۵۱	-۰/۳۹
قوزقانچای	حصار	-۰/۳۱	-۰/۲۰	-۰/۲۴	-۰/۲۷	-۰/۳۲

جدول٤- یافته‌های آزمون من-کندال برای تعیین وجود روند در سری زمانی بارش ودمای ایستگاه درگز

متغیر	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سال
بارش	۰	-۰/۰۷	۰/۷۵	۰/۲۷	۰/۳۴
دما	-۰/۱۴	۰/۲۹	۰/۴۱	۰/۲۷	۰/۳۷

از آنجا که مدل‌های گوناگون برای پهنه‌های مختلفی از کره زمین با رفتارهای گوناگون اقلیمی به کار گرفته می‌شوند و از سویی از طرحواره های[1] گوناگونی برای مدل سازی فرآیندهای فیزیکی و دینامیکی جو، اقیانوس و هیدرولوژی بهره گیری می‌شود، لذا توانایی آنها با همدیگر متفاوت می‌باشد. برای بررسی توانمندی هر یک از مدل‌های گردش عمومی در مدل سازی بارش و دمای سالانه ایستگاه هواشناسی درگز از فرمول ۲ استفاده گردید و وزن نسبی هر مدل-سناریو در مدل سازی بارش دوره دیدبانی این ایستگاه مشخص شد. در جدول ۵ یافته‌های توانمندی هر یک از مدل ها آورده شده است. ملاحظه می‌شود مدل MIROC با ۰/۳۱۸ ضریب وزن نسبی (یا ۳۱/۸ درصد ضریب وزنی در بین چهار مدل به کار برده شده) دارای توانمندی بهتری در همانند سازی بارش می‌باشد بعد از آن، مدل‌های IPSLM، NCAR و GFDL2.1 به ترتیب با درصد توانمندی ۲۵/۳، ۲۴/۷ و ۱۸/۲ درصد قرار دارند.

بر پایه وزن‌های محاسبه شده برای هر یک از مدل-سناریوها و بر اساس فرمول ۳، برون داد سالانه بارش مدل‌های مختلف به صورت وزنی با یکدیگر جمع شدند و سری زمانی بارش پیش بینی شده تا سال ۲۱۰۰ مطابق شکل ۲ بدست آمد.

$$F = \sum_{i=1}^{n=4} w_i F_i \qquad (۳)$$

در این فرمول F_i و w_i به ترتیب مقدار فراسنج همانند سازی شده و وزن مدل گردش عمومی شماره i و F مقدار نهایی فراسنج بعد از اعمال ضرایب وزنی می‌باشد. در شکل ۲ پیش بینی مدل‌های مختلف بدون اعمال وزن هر یک از مدل ها نیز در کنار نمودار بهبود یافته از طریق اعمال وزن آورده شده است. با توجه به اینکه مدل‌های گردش عمومی انحراف معیار بارش را بسیار کمتر از مقادیر دیدبانی تولید می‌کنند، لذا انحراف معیار سالانه داده‌های پیش بینی وزنی به نسبت انحراف معیار مشاهداتی به مدل سازی افزایش یافته است. میانگین بارش سه دهه ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ در ایستگاه مذکور ۱۷۶/۳، ۱۶۸/۶ و ۱۶۳/۷ میلیمتر پیش بینی شده است که نشاندهنده ی کاهش بارش سالانه به ترتیب به میزان ۲۰/۲، ۲۳/۷ و ۲۵/۹ درصد در مقایسه با دوره دیدبانی می‌باشند.

برای محاسبه عدم قطعیت پیش بینی بارش، فاصله میان دو چارک اول (۲۵درصد) و چارک چهارم (۷۵درصد) به عنوان دامنه عدم قطعیت لحاظ گردید (۱۸). در شکل ۳ دو خط توپر، دامنه عدم قطعیت پیش بینی‌های آینده بارش سالانه را نشان می‌دهد. از نمودار مشخص می‌شود که با طولانی شدن دوره پیش بینی ها، میزان عدم قطعیت زیادتر شده و اعتمادپذیری به پیش بینی ها کمتر می‌شود بطوریکه دامنه عدم قطعیت پیش بینی ها از ۵۵ میلیمتر در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ به ۱۲۲ میلیمتر در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱ می‌رسد؛ این وضعیت نشاندهنده کاهش اعتمادپذیری به بارش ها در این حوضه می‌باشد.

در جدول ۵ افزون بر یافته‌های ارزیابی بارش، توانایی مدل‌های مختلف در مدل سازی دمای سالانه نیز آورده شده است. بر پایه جدول یاد شده توانمندی مدل‌های GFDL، IPSL، MIROC و NCAR به ترتیب ۳۹، ۳۴/۹، ۱۲/۳ و ۱۳/۷ درصد می‌باشد. میزان افزایش دمای پیش بینی شده برای ایستگاه درگز با لحاظ ارزش وزنی هر یک از مدل ها در دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ به ترتیب ۰/۹۵، ۲/۰۱ و ۳/۸ درجه سلسیوس می‌باشد. در شکل ۴، انحراف معیار میانگین سالانه دمای مدل سازی شده به نسبت انحراف معیار دمای دیدبانی به مدل سازی در دوره مشاهداتی افزایش یافته است تا نوسانات دمایی سالانه در آینده از دوره دیدبانی کمتر نباشد.

در شکل ۲، خط نقطه چین بارش دیدبانی، خط پررنگ میانگین وزنی پیش بینی و سایر نمادها پیش بینی مدل-سناریوهای مختلف را نشان می‌دهند. به عنوان مثال GFDL-A1B نشان دهنده مدل گردش عمومی GFDL2.1 تحت سناریوی انتشار A1B می‌باشد.

در شکل ۴ نمودار نقطه چین دمای دیدبانی، نمودار خط پررنگ میانگین وزنی پیش بینی و سایر نمادها پیش بینی مدل-سناریوهای مختلف را نشان می‌دهند.

میانگین ماهانه دبی رودخانه ها در دوره ۲۱۰۰-۲۰۱۱: به منظور پیش بینی دبی رودخانه درونگر (ایستگاههای دبی سنجی گلخندان، محمدتقی بیک) و رودخانه قوزقانچای (ایستگاههای حصار و حاتم قلعه)، ابتدا مدل آماری چند متغیره برای پارامتره کردن متغیر دبی با استفاده از بارش و دمای ریزمقیاس شده بر روی ایستگاه با لحاظ تاخیر زمانی طراحی شد. در جدول ۶ مدل آماری طراحی شده برای مدل سازی دبی رودخانه‌های یاد شده در چهار ایستگاه مد نظر آورده شده است.

در شکل ۵ یافته‌های مدل سازی دبی چهار ایستگاه دبی سنجی گلخندان، محمد تقی بیک، حصار و حاتم قلعه بر اساس معادلات جدول ۶ آورده شده است. در جدول ۶ متغیرهای بارش(*Prcp*) و (*Tem*) با تاخیرهای زمانی‌های مختلف برای مدل سازی دبی ایستگاه دبی سنجی استفاده شده است. ملاحظه می‌شود که منحنی‌های مدل سازی شده دبی با دبی دیدبانی هر یک از ایستگاههای مورد مطالعه هماهنگ هستند؛ مقادیر همبستگی بین مقادیر دبی دیدبانی و مدل شده در جدول ۶ نشان داده شده است. تمامی مقادیر همبستگی در سطح ۹۵ درصد معنی دار می‌باشند.

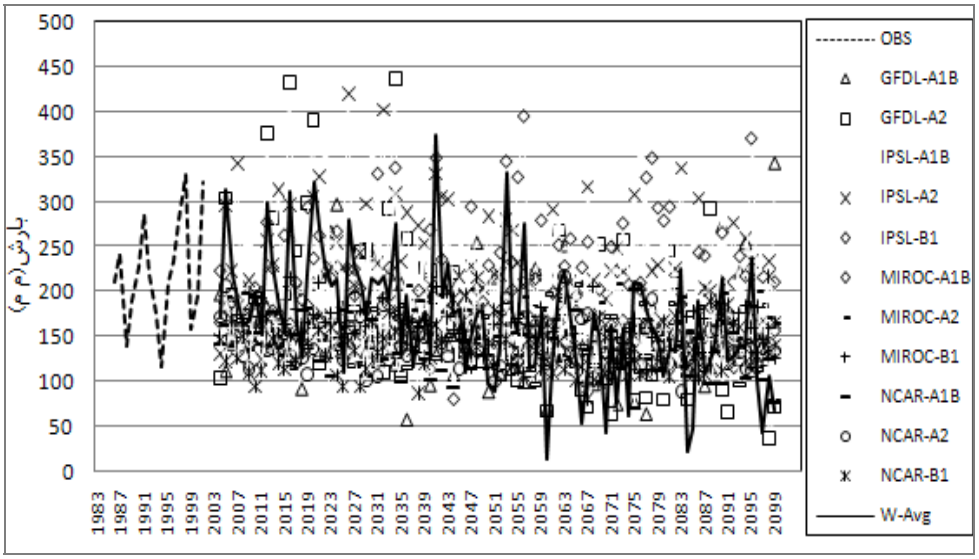
به منظور لحاظ اثرات گرمایش جهانی بر رفتار دبی هر یک از ایستگاههای مورد مطالعه، مقادیر بارش و دمای پیش بینی شده پس از ریزمقیاس نمایی در هر یک از چهار ایستگاه فوق، در معادلات مدل سازی دبی (جدول۶) وارد شده و دبی آنها تحت سناریوهای مختلف

1- Scheme

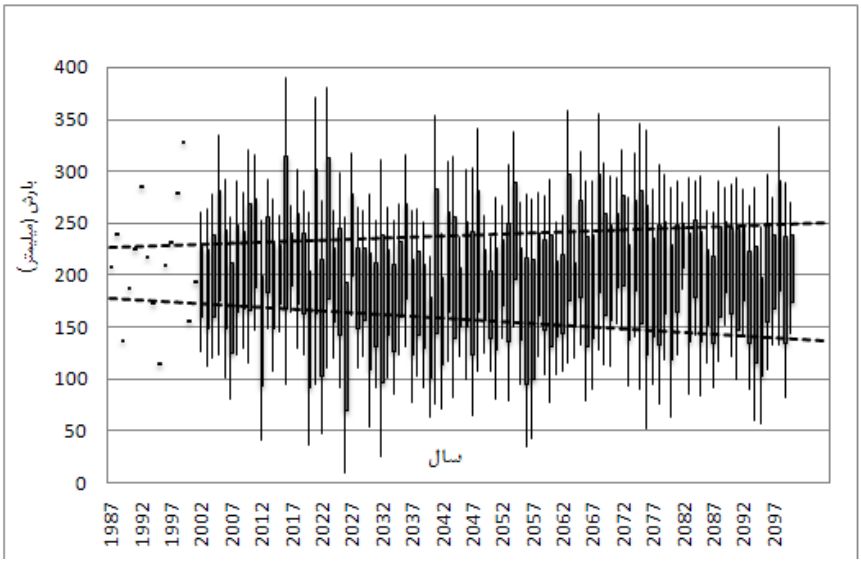
تا سال ۲۱۰۰ پیش بینی شد (شکل ۶).

جدول ۵- میزان توانمندی مدل-سناریوهای مختلف در مدل سازی بارش سالانه دوره دیدبانی ایستگاه درگز

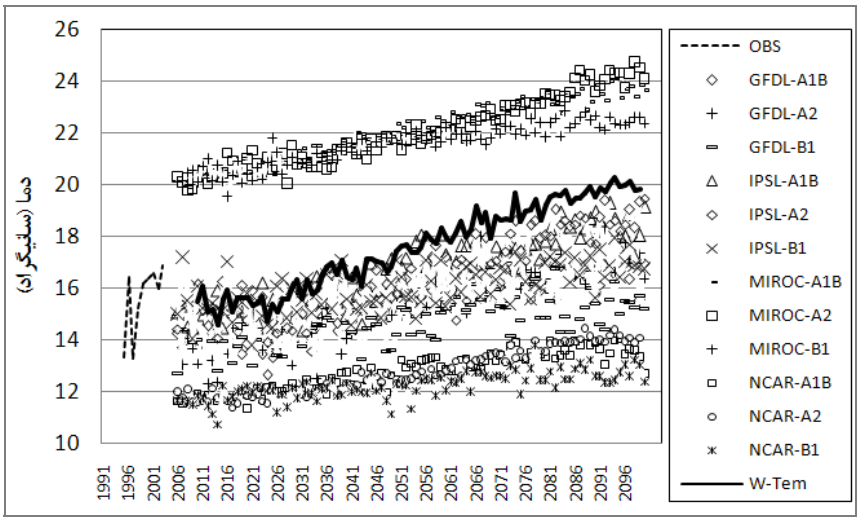
NCAR		MIROC		IPSLM		GFDL2.1		
دما	بارش	دما	بارش	دما	بارش	دما	بارش	
۰/۰۴۷	۰/۰۸۲	۰/۰۴۱	۰/۱۳۶	۰/۱۲۴	۰/۰۸۶	۰/۱۲۸	۰/۰۶۱	A1B
۰/۰۴۵	۰/۰۸۱	۰/۰۴۰	۰/۱۰۷	۰/۱۱۴	۰/۰۸۴	۰/۱۲۷	۰/۰۶۱	A2
۰/۰۴۶	۰/۰۸۴	۰/۰۴۲	۰/۱۰۵	۰/۱۱۰	۰/۰۸۳	۰/۱۳۴	۰/۰۶۰	B1
۰/۱۳۷	۰/۲۴۷	۰/۱۲۳	۰/۳۱۸	۰/۳۴۹	۰/۲۵۳	۰/۳۹۰	۰/۱۸۲	مجموع



شکل ۲- مدل سازی بارش سالانه ایستگاه درگز تا سال ۲۱۰۰ میلادی بر اساس ۱۲ مدل- سناریوی مختلف.



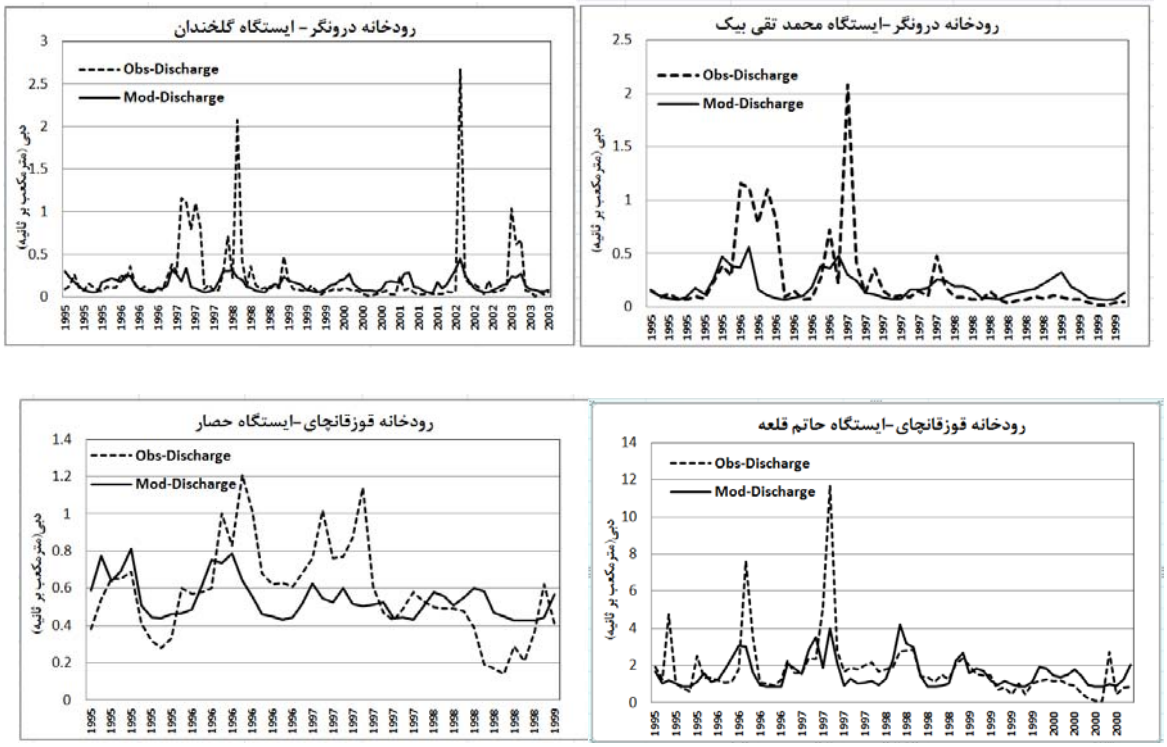
شکل ۳- عدم قطعیت در مدل سازی بارش سالانه ایستگاه درگز.



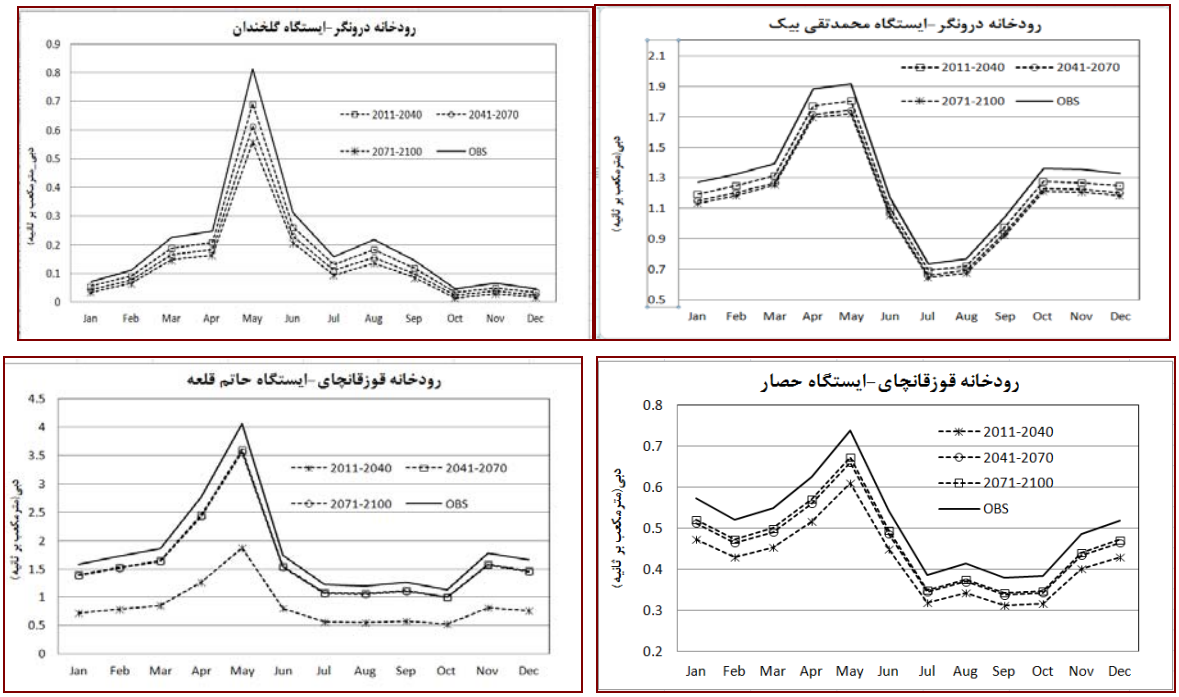
شکل ٤- مدل سازی دمای سالانه ایستگاه درگز تا سال ۲۱۰۰ میلادی بر اساس ۱۲ مدل-سناریوی مختلف.

جدول ٦- مدل سازی دبی در چهار ایستگاه دبی سنجی واقع بر دو رودخانه درونگر و قوزقانچای درگز

رودخانه	ایستگاه	معادله برآورد دبی رودخانه(m3/s)	همبستگی	سطح معنی داری
درونگر	گل خندان	$Q_{t+1}=0.0012Prec_{t}+0.0013Prec_{t-1}-0.0068Tem_{t+1}+0.68$	۰/۵۲	۰/۹۵
	محمدتقی بیک	$Q_{t+1}=0.0004Prec_{t}+0.0021Prec_{t-1}-0.0069Tem_{t+1}+0.69$	۰/۴۲	۰/۹۵
قوزقانچای	حصار	$Q_{t+1}=0.0007Prec_{t}+0.0016Prec_{t-1}-0.0014Tem_{t+1}+0.84$	۰/۴۵	۰/۹۵
	حاتم قلعه	$Q_{t+1}=0.0002Prec_{t}+0.0028Prec_{t-1}-0.0004Tem_{t+1}+0.48$	۰/۶۱	۰/۹۵



شکل ٥- دبی دیدبانی و مدل سازی شده در چهار ایستگاه دبی سنجی واقع بر رودخانه‌های درونگر و قوزقانچای



شکل ٦- دبی ماهانه ایستگاههای دبی سنجی واقع بر روی رودخانه‌های درونگر و قوزقانچای در دوره دیدبانی، ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۴۱

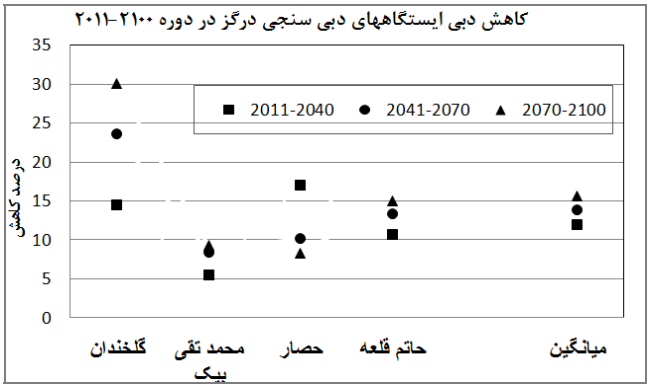
مقادیر ماهانه دبی در نمودارهای شکل فوق با بکارگیری معادلات جدول ۶ محاسبه گردیدند، سپس با کاربرد فرمول ۲ وزن هر یک از مدل‌های GFDL، IPSL، MIROC و NCAR با سناریوهای A1B، A2 و B1 در مدل سازی دبی دوره مشاهداتی محاسبه شد و پیش بینی وزنی دبی ایستگاههای دبی سنجی دو رودخانه مورد مطالعه محاسبه شدند. روند کاهشی دبی فصل پاییز در ایستگاه گلخندان ممکن است ناشی از برداشت آب رودخانه در بالادست برای کاربردهای گوناگون از قبیل کشاورزی و صنعتی در این فصل باشد. با توجه به اینکه انحراف معیار مدل سازی در همه ایستگاهها از انحراف معیار واقعی مقادیر دبی کمتر بود، لذا انحراف معیار مقادیر پیش بینی شده با استفاده از فرمول ۴ تا حد انحراف معیار دیدبانی افزایش داده شدند تا رفتارهای مرزی جریان رودخانه و افت و خیزهای آن در دوره ۲۱۰۰-۲۰۱۱ کمتر از دوره دیدبانی نباشد.

$$STD^{Fut} = \frac{STD_{OBS}}{STD^{Obs}_{Mod}} \times STD^{Fut}_{Mod} \qquad (۴)$$

که در آن STD^{Fut} انحراف معیار آینده، STD_{OBS} انحراف معیار دیدبانی، STD_{Mod} انحراف معیار مدل در دوره مشابه دیدبانی می‌باشد.

بررسی دبی سالانه چهار ایستگاه گلخندان و محمد تقی بیک (بر روی رودخانه درونگر) و حصار و حاتم قلعه (بر روی رودخانه قوزقانچای) نشان می‌دهد که در ایستگاه گلخندان، میزان دبی در سه دوره سی ساله آینده با بیشترین کاهش مواجه خواهد شد که مقدار کاهش آن بر حسب درصد در مقایسه با دوره مشاهداتی به ترتیب ۱۴/۵، ۲۳/۶ و ۳۰/۱ درصد می‌باشد. کمترین کاهش دبی نیز در ایستگاه محمد تقی بیک به ترتیب با ۵/۶، ۸/۴ و ۹/۳ درصد در دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ خواهد بود. یافته ها نشان می‌دهند که در سه دوره آتی کاهش دبی در رودخانه درونگر ۱۵/۲۵ درصد نسبت به دوره مشاهداتی و در رودخانه قوزقانچای ۱۲/۴۵درصد خواهد بود. بنابراین کاهش دبی رودخانه درونگر از رودخانه قوزقانچای بیشتر پیش بینی شده است. در نمودار زیر کاهش دبی بر روی ایستگاههای منتخب دو رودخانه مورد مطالعه دیده می‌شود.

میانگین کاهش دبی در هر رودخانه در سه دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ به ترتیب ۱۲، ۱۳/۹ و ۱۵/۷ درصد خواهد بود. تحت این شرایط میانگین دبی ایستگاههای دبی سنجی گلخندان، محمد تقی بیک، حصار و حاتم قلعه با ۰/۱۴، ۰/۳، ۰/۱۸ و ۰/۷۲ مترمکعب در ثانیه کاهش به ترتیب به ۰/۴۸، ۳/۵۹، ۱/۳۵ و ۴/۷۷ مترمکعب در ثانیه خواهد رسید.



شکل ۷- میانگین کاهش دبی ماهانه ایستگاههای دبی سنجی واقع بر روی دو رودخانه مهم درگز

جمع بندی

به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم در سه دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۴۰-۲۰۱۱ بر رفتار منابع آب بخشی از حوضه آبریز قره قوم واقع در شهرستان درگز، ابتدا وجود روند در سری داده‌های بارش و دبی ایستگاههای این حوضه مورد بررسی قرار گرفت و سپس داده‌های چهار مدل گردش عمومی بر روی منطقه ریزمقیاس گردیدند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که بارش حوضه در سه دوره آتی مذکور به ترتیب به میزان ۲۰/۲، ۲۳/۷ و ۲۵/۹ درصد کاهش خواهد یافت. در همین دوره میانگین دما به ترتیب ۰/۹۵، ۲/۰۱ و ۳/۸ درجه سلسیوس در دوره مورد بررسی افزایش می‌یابد. این افزایش دما ضمن افزایش نیاز آبی محصولات کشاورزی می‌تواند باعث کاهش عملکرد محصولات باغی پهنه‌های سردسیر واقع در دامنه رشته کوههای هزار مسجد گردیده و اقلیم زراعی منطقه را نیز دچار دگرگونی نماید.

مشاهده شد که در بین چهار ایستگاه دبی سنجی گلخندان و محمد تقی بیک (بر روی رودخانه درونگر) و حصار و حاتم قلعه (بر روی رودخانه قوزقانچای) بیشترین کاهش دبی در ایستگاه گلخندان رخ خواهد داد. همچنین کاهش دبی رودخانه درونگر از رودخانه قوزقانچای بیشتر پیش بینی شده است. میانگین کاهش دبی در هر دو رودخانه در سه دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ به ترتیب ۱۲، ۱۳/۹ و ۱۵/۷درصد خواهد بود. تحت این شرایط میانگین دبی ایستگاههای دبی سنجی گلخندان، محمد تقی بیک، حصار و حاتم قلعه با ۰/۱۴، ۰/۳، ۰/۱۸ و ۰/۷۲ مترمکعب در ثانیه کاهش به ترتیب به ۰/۴۸، ۳/۵۹، ۱/۳۵ و ۴/۷۷ مترمکعب در ثانیه خواهد رسید. هر چند مقادیر فوق الذکر در مقایسه با بسیاری از رودخانه‌های کشور قابل ملاحظه نمی باشند، ولی با توجه به وابستگی شدید بخش کشاورزی این شهرستان به آب دو رودخانه یاد شده، کاهش حتی به مقدار کم نیز می‌تواند موجب بروز مشکلاتی در بخش تامین آب کشاورزی و شرب و همچنین بروز تنش‌های آبی در منطقه گردد.

منابع

۱- اداره کل هواشناسی استان خراسان رضوی، داده‌های بارش و دمای اداره هواشناسی سینوپتیک شهرستان درگز، آدرس وب سایت: www.razavimet.gov.ir

۲- بابائیان ا. و کوهی م. ۱۳۹۱. مدل سازی برخی متغیرهای اقلیم کشاورزی تحت سناریوهای تغییر اقلیم در استان خراسان رضوی. نشریه آب و خاک ۲۶: ۹۶۷-۹۵۳.

۳- شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، داده‌های بارش، دبی و نقشه زیرحوضه رودخانه‌های درونگر و قوزقانچای، آدرس وب سایت: www.khrw.ir

۴- شفیعی م. و قهرمان ب. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات مکانی حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته در حوضه آبریز قره قوم. مجله آبیاری و زهکشی ایران۳: ۵۹-۵۰.

۵- علیزاده ا.، سیاری ن.، حسامی کرمانی م.ر.، بنایان اول م. و فرید حسینی ع. ۱۳۸۹. بررسی پتانسیل اثرات تغییر اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف رود). نشریه آب و خاک ۲۴: ۸۳۵-۸۱۵.

۶- قربانی زاده خرازی ح.، صدقی ح.، ثقفیان ب.، و پرهمت ج. ۱۳۸۸. بررسی اثر تغییر اقلیم بر توزیع زمانی جریان روناب ناشی از ذوب برف در

حوزه ی کارون. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ۲: ۵۰-۴۵.
۷- کریمیان م.، بابائیان ا.، و مدیریان ر. ۱۳۹۱. پیش بینی بارش استان خراسان رضوی با استفاده از پس پردازش برون داد مدل MRI-CGCM3. ص. ۳۲۶. خلاصه مقالات سومین کنفرانس جامع مدیریت منابع آب ایران، ۲۱-۲۰ شهریور ۱۳۹۱، دانشگاه منابع طبیعی مازندران. انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران.
۸- کمال ع. و مساح بوانی ع. ۱۳۸۹. تاثیر تغییر و نوسانات اقلیمی بر رواناب با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی. نشریه آب و خاک ۲۴: ۹۳۱-۹۲۰.
۹- گارژیان ع. ۱۳۷۷. بررسی باستان شناختی محل‌های پیش از تاریخی حاشیه رودخانه درونگر واقع در شمال شرق خراسان، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته باستان شناسی، دانشگاه تربیت مدرس- دانشکده علوم انسانی، استاد راهنما دکتر جلالدین رفیع فر، استاد مشاور دکتر حسین طلائی، اردیبهشت ۱۳۷۷.
۱۰- مدرسی ف.، عراقی نژاد ش.، ابراهیمی ک. و خلقی م. ۱۳۹۰. بررسی اثر تغییر اقلیم بر میزان آبدهی سالانه رودخانه ها(مطالعه موردی: رودخانه گرگانرود). نشریه آب و خاک ۲۵: ۱۳۷۷-۱۳۶۵.
۱۱- مساح بوانی ع. و مرید س. ۱۳۸۴. اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده رود اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۹: ۲۷-۱۷.
12- Bae D-H., Jung I-W. and Chang H-J. 2008. Long-term trend of precipitation and runoff in Korean river basins. Journal of Hydrological Processes 22: 2644-2656.
13- Flower H.J. and Kilsby C.G. 2007. Using regional climate model data to simulate hidtorical and future river flows in northwest England. Journal of Climate Change 80: 337-367.
14- Hirabayashi Y., Kanae S., Emori S., Oki T. and Kimoto M. 2008. Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate. Journal of Hydrological sciences.53: 754-772.
15- IPCC. 2007. Climate Change, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, in: Solomon S., Qin D.,ManningM., Chen Z.,MarquisM., Averyt K.B., TignorM., MillerH.L. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.
16- Khazaei M.R., Zahabiyoun B. and Saghafian B. 2011. Assessment of climate change impact on floods using weather generator and continuous rainfall-runoff model. International Journal of Climatology 32: 337-367.
17- Quintana Segui P., Ribes A., Martin E., Habets F. and Boe J. 2010. CompComparison of three downscaling methods in simulating the impact of climate change on the hydrology of Mediterranean basins. Journal of Hydrology 383: 111-124.
18- Semenov A. and Stratonovitch P. 2010. Use of multi-model ensemble from global climate models for assessment of climate change impacts. Journal of Climate Research. Vol: 1-14.
19- Senatore A., Mendicino G., Smiatek G. and Kunstmann H. 2011. Journal of Hydrology 339: 70-92.
20- Zarghami M., Abdi A., Babaeian I., Hassanzadeh Y. and Kanani R. 2011. Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan-Iran. Journal of Global and Planetary Change 78: 137-146.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No.5, Nov.-Dec. 2013, p. 907-918

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۲، ص. ۹۱۸-۹۰۷

Water Resources Assessment over Gharaghom Catchment under Climate Change, Case Study of Daregaz Sub-basin

I. Babaeian[1]*- M. Zarghami[2]- M. Koohi[3]- O. Babaeian[4]- M. Karimian[5]- R. Modirian[6]

Received: 23-10-2012
Accepted: 13-10-2013

Abstract

The phenomenon of global warming has undeniable impact on the hydrological cycle and water resources. Regarding to the role of water resources in agricultural and economical infrastructure development of Daregaz city, in this study the effect of climate change on hydrological variables of Gharaghom catchment in sub-basins of two major rivers named Darongar and Ghozghanchai has been studied. Observed discharge data of Golkhandan, Mohammad Taghi Beik, Hesar and Hatam ghaleh stations and GCMs data of GFDL, IPSL, MIROC and NCAR in the period of 1961-2100 were obtained from Khorasan regional water company and Canadian Climate Change Network, alternatively Results show that precipitation in the basin will be decreased by 20.2, 23.7 and 25.9 in the period of 2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100. In the same periods mean amount of temperature will increase by 0.95, 2.01 and 3.8 degree of centigrade. Among for stations under study, maximum discharge reduction will occur in Golkhandan station. The average decreases of discharge in both rivers in the periods of 2040-2011, 2070-2041 and 2100-2071 are 12, 13.9 and 15.7 percent, respectively. Finally, we found that under climate change conditions, average of discharge in Golkhandan, Mohamadtaghibeik and Hatamghale will decrease to 0.48, 3.59, 1.35 and 4.77 cubic meter per second.

Keywords: Water resource, Climate Change, Climate Models, Discharge, Gharaghom

1-Assistant Professor of Climatology, Climate Change Division, Climatological Research Institute (National Center for Climatology), Mashhad
(*- Corresponding Author Email: ibabaeian@yahoo.com)
2- Assistant Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz
3- Applied Climatology Division, Climatological Research Institute (National Center for Climatology), Mashhad and PhD Candidate in Agro-meteorology, Ferdowsi University of Mashhad
4- Khorasan Razavi Meteorology Office, Darregaz Station and M.Sc. Student of Mathematics in Bojnurd University
5,6- Climate Change Division, Climatological Research Institute (National Center for Climatology), Mashhad, M.Sc. of Physics