



بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه قره‌سو با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های مدل HADCM3 و شبکه عصبی پویا

مهسا مالمیر^۱، *ام‌البنی محمدرضاپور^۲، سلمان شریف‌آذری^۳ و قاسم قندهاری^۴

^۱دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل،

^۲مربی گروه مهندسی آب، دانشگاه زابل، ^۳دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۱

چکیده

سابقه و هدف: در پی خسارت‌هایی که بشر از صنعت‌گرایی‌اش به زمین زده است، جایگاه پژوهش درباره تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی که منبث از صنعتی شدن زمین است، روز به روز افزوده خواهد شد. نیروی تابشی در اثر گازهای گلخانه‌ای عامل اصلی گرم شدن جهانی می‌باشد و این عامل، در حال تغییر اقلیم جهان با سرعتی بی‌سابقه است. هر گونه تغییر اقلیم در کره خاکی، سرآغاز زنجیره‌ای از واکنش‌هاست که اثر آن به‌طور مستقیم در فرآیندهای هیدرولوژیکی ظاهر می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش و همچنین تغییرات جریان رودخانه قره‌سو در حوضه آبریز قره‌سو واقع در استان کرمانشاه که یکی از زیرحوضه‌های مهم کرخه است، می‌باشد.

مواد و روش‌ها: بنابراین در این مطالعه ابتدا با استفاده از مدل SDSM داده‌های بزرگ مقیاس مدل گردش عمومی جو (HadCM3) در دو سناریوی اقلیمی A2 و B2، برای پارامترهای هواشناسی دما و بارندگی در حوضه قره‌سو ریز مقیاس شده، سپس با استفاده از داده‌های تغییر اقلیم و خروجی‌های مدل ریز مقیاس‌نمایی و با به‌کار گرفتن شبکه عصبی مصنوعی، دبی رودخانه قره‌سو در دوره آتی شبیه‌سازی شده است.

یافته‌ها: نتایج مدل اقلیمی، نشان‌دهنده افزایش دما و کاهش بارندگی در دوره مورد نظر نسبت به دوره پایه می‌باشد. به‌طوری‌که به‌طور متوسط تحت سناریوی A2، افزایش ۱/۶ درجه سانتی‌گراد دما و کاهش ۱/۷۷ درصدی بارندگی و تحت سناریوی B2 کاهش ۱/۱ درصدی بارندگی و کاهش میزان رواناب در منطقه پیش‌بینی می‌شود.

نتیجه‌گیری: افزایش دما و کاهش بارندگی، میزان آبدهی رودخانه قره‌سو کاهش یافته است. در راستای این امر، دستیابی به روش‌های مطمئن پیش‌بینی جریان رودخانه‌ها به‌منظور برنامه‌ریزی در بهره‌برداری به موقع از منابع آب از اهمیت روزافزونی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیم، حوضه قره‌سو، شبکه عصبی مصنوعی، SDSM، HadCM3

* مسئول مکاتبه: mohammadrezapour@uoz.ac.ir

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت جهانی و کاهش منابع آبی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی بشر امروز است (۲). این پدیده اثرات قابل‌توجهی را در سال‌های اخیر بر سیستم‌های منابع آب در جهان گذاشته است و نتایج مدل‌های گردش عمومی جو بیانگر ادامه این روند در آینده می‌باشد (۱). برای انجام مطالعات تغییر اقلیم بر منابع مختلف در دوره‌های آتی، در ابتدا باید متغیرهای اقلیمی تحت‌تأثیر تغییرات گازهای گلخانه‌ای شبیه‌سازی شوند. روش‌های مختلفی برای این کار وجود دارد که معتبرترین آن‌ها استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی جو یا GCMs^۱ است (۶). بایستی با توجه به منطقه مورد مطالعه، ریزمقیاس شوند. روش‌های مختلفی برای تولید سناریوهای اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای ایجاد شده‌اند که به آن‌ها ریزمقیاس کردن گفته می‌شود (۳). همچنین پیش‌بینی جریان رودخانه‌ها با توجه به اهمیت آن در طراحی سازه‌های آبی، آبرگیری از رودخانه‌ها، بهره‌برداری از مخازن سدها و ... از دیرباز مورد توجه مهندسان قرار داشته است (۴). در این راستا استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی (ANN) بسیار رایج شده است. امروزه استفاده از روش‌های هوشمند و از جمله هوش مصنوعی در مباحث مدل‌سازی و پیش‌بینی در مهندسی منابع آب گسترش یافته است. با توجه به اهمیت بحث تغییر اقلیم در جهان و آشکار شدن این پدیده در ایران، موضوعات مختلفی در این زمینه مورد توجه پژوهشگران داخلی قرار گرفته است. با توجه به همسایگی استان کرمانشاه با کشور عراق و توپوگرافی منطقه و خروج رواناب رودخانه‌ها از این استان، پیش‌آگاهی از اثر تغییر اقلیم بر میزان بارش، دما و در نهایت، رواناب حوضه جهت اتخاذ اهمیت پیدا می‌کند

هدف از انجام این پژوهش، پیش‌آگاهی از وضعیت اقلیم، میزان تغییر در بارش و دمای منطقه و در نهایت اثر این پدیده‌ها بر روند جریان رودخانه قره‌سو می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه: شهر کرمانشاه در قسمت مرکزی استان کرمانشاه با موقعیت ۴۷ درجه و ۴ دقیقه شرقی و ۱۹ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی قرار دارد و دارای ۲۴۵۰۰ کیلومترمربع گسترده‌گی و ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا است و دارای اقلیم معتدل کوهستانی است. موقعیت جغرافیایی حوضه شهر کرمانشاه در شکل ۱ آورده شده است.

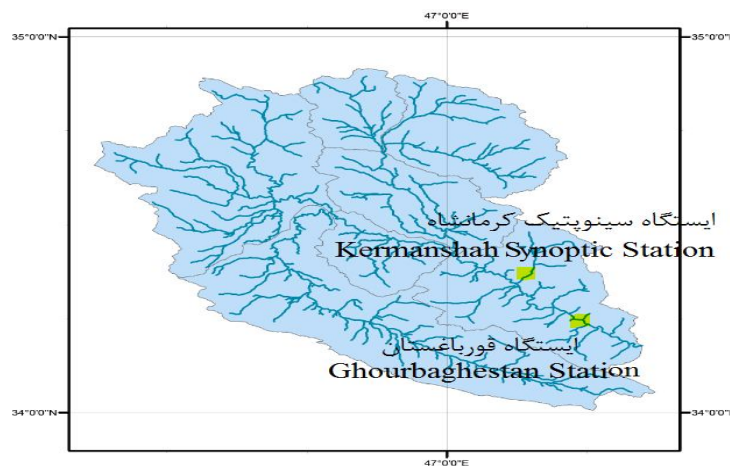
ریزمقیاس کردن بر اساس سناریو اقلیمی: سناریوی اقلیمی توسط IPCC^۲ (۲۰۰۷) تعریف شده و چگونگی تغییرات متغیرهای اقلیمی در مقیاس‌های منطقه‌ای در آینده، بر اساس پیشرفت‌های اجتماعی-اقتصادی و تجمع گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق بیان می‌کند (۵). IPCC از بین سناریوهای زیر بر استفاده از سناریوهای A2 و B2 تأکید بیشتری دارد. با توجه به پژوهش‌های انجام شده قبلی و تأیید دقت بالای مدل SDSM، در این مطالعه ابتدا با استفاده از مدل SDSM داده‌های بزرگ مقیاس مدل گردش عمومی جو (HadCM3) در دو سناریوی اقلیمی A2 و B2، برای پارامترهای هواشناسی دما و بارندگی در حوضه قره‌سو ریزمقیاس شده است.

شبکه‌های عصبی دینامیکی (پویا): شبکه عصبی مصنوعی ابزاری قدرتمند برای مدل کردن بسیاری از فرآیندهای هیدرولوژیکی غیرخطی همانند بارش-رواناب، پیش‌بینی جریان رودخانه و بارش است. در این راستا، از داده‌های بارش و دما (به دلیل مؤثر بودن این پارامترها بر میزان رواناب)، برای شبیه‌سازی مدل

و B2) و دبی رودخانه قره‌سو در محل خروجی از حوضه (ایستگاه قورباغستان)، به‌عنوان ورودی به مدل معرفی شده و در نهایت رواناب آینده با مدل شبیه‌سازی شده است. برای نرمال‌سازی داده‌های شبکه عصبی از معادله استفاده شده است. که در این رابطه، D_N : داده تصحیح شده، D : داده واقعی، D_{min} : کوچک‌ترین داده واقعی، D_{max} : بزرگ‌ترین داده واقعی می‌باشد.

$$D_N = 0.9 - \frac{(D_{max} - D)(0.9 - 0.1)}{(D_{max} - D_{min})} \quad (1)$$

بارش رواناب با استفاده از شبکه‌های عصبی دینامیکی (پویا) در نرم‌افزار متلب ۲۰۱۲ استفاده شده است. برای آموزش شبکه از سی سال داده دما و بارش و رواناب به‌صورت روزانه و با استفاده از نتایج آزمون‌های آماری و برقراری رگرسیون بین ورودی‌ها (و تأخیرهایی که به آن‌ها داده شد) استفاده شده است. پس از آموزش شبکه از خروجی‌های نرم‌افزار ریزمقیاس‌کننده SDSM، یعنی بارش و دما برای دوره آینده (۲۰۱۱-۲۰۴۰) تحت سناریوهای اقلیمی مدل HadCM3 (A2)



شکل ۱- موقعیت حوضه قره‌سو و ایستگاه‌های مورد مطالعه.

Figure 1. Geographical location of Ghare Sou Basin and studied stations.

جدول ۱- سناریوهای اقلیمی در IPCC.

Table 1. IPCC climate scenarios.

سناریو	توضیحات Explain
A1	رشد اقتصادی بسیار سریع جهان آینده و توسعه چشم‌گیر تکنولوژی و همچنین استفاده افراطی از سوخت‌های فسیلی Future world economic growth is very fast and impressive technology development as well as excessive use of fossil fuels
A2	رشد متوسط اقتصاد، تکنولوژی و نرخ رشد سریع جمعیت و دنیایی متمایز با وضعیت فعلی The average growth of the economy, technology and the rapid population growth rate and a world apart with the current situation
B1	رشد سریع در ساختار اقتصادی ملت‌ها، رشد تکنولوژی‌های تمیز و نرخ رشد کند جمعیت The rapid growth of the national economic structure, the development of clean technologies and the growth rate of the population
B2	تأکید بر فعالیت‌های اجتماعی - اقتصادی و زیست‌محیطی پایدار، رشد متوسط اقتصادی Emphasis on socio-economic activities and environmentally sustainable, economic growth average

sig در جداول نتیجه آزمون مقایسه میانگین (بالای ۵ درصد) در نرم‌افزار 19 IMB SPSS، نشان‌دهنده امکان استفاده از داده‌های تولید شده توسط مدل به جای داده‌های مشاهداتی در مراحل بعد در مدل می‌باشد. با توجه به معیار تصمیم برابری میانگین‌ها مشاهده شد برای پارامتر بارش ایستگاه قورباغستان و سینوپتیک کرمانشاه با احتمال بالای ۹۷ درصد و برای پارامتر دما، با احتمال بالای ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری بین داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های تنظیم وجود نداشته و در ادامه می‌توان از داده‌های به‌دست آمده از HadCM3 برای تولید داده‌های دوره آینده استفاده نمود. در ادامه برای تولید داده‌های آینده تحت دو سناریوی اقلیمی A2 و B2 در مدل SDSM در قسمت تعمیم سناریو با توجه به داده‌های بزرگ مقیاس HadCM3 (دوره ارزیابی مدل) برای این دو سناریو و استفاده از داده‌های واسنجی شده مدل، اقدام به تولید داده‌ها در دوره آتی شده است. با توجه به مدل SDSM و استفاده این مدل از آرشیو داده‌های بزرگ مقیاس GCM و HadCM3، بایستی دوره پایه از سال ۱۹۷۱ الی ۲۰۰۰ در نظر گرفته شود. نتایج مقایسه دوره تنظیم (سال پایه) و ارزیابی (دوره آتی) مدل نشان‌دهنده کاهش بارندگی و افزایش دما تحت هر دو سناریوی اقلیمی A2 و B2 برای دوره ارزیابی نسبت به دوره تنظیم مدل است. مقایسه میانگین بارندگی سالانه و دما بین دوره تنظیم (۱۹۷۱-۲۰۰۰) و دوره ارزیابی مدل (۲۰۱۱-۲۰۴۰) تحت سناریوی A2 و B2 در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه و قورباغستان در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

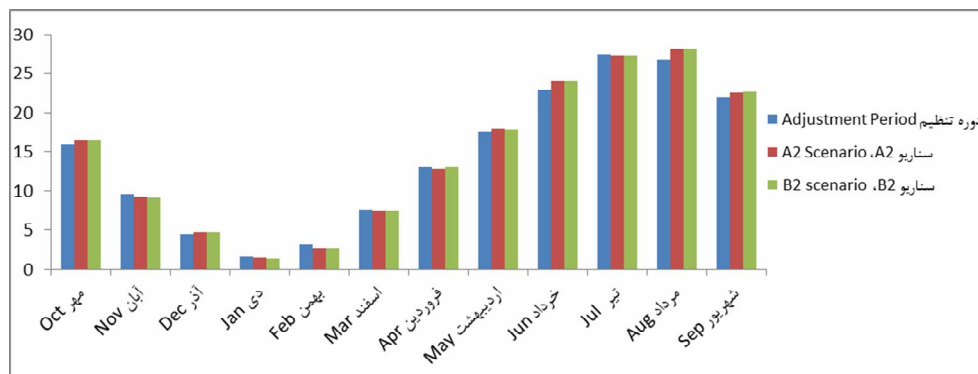
معیار ارزیابی نتایج: در این پژوهش از شاخص R و RMSE برای ارزیابی خطای مدل استفاده شده است که در این رابطه، p_i مقدار مشاهداتی، \bar{p} توسط مقدار مشاهداتی، p_{fi} مقدار پیش‌بینی شده و \bar{p}_f متوسط مقدار پیش‌بینی شده و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - p_{fi})^2}{n}} \quad (2)$$

$$R^2 = \left[\frac{\sum (p_i - \bar{p})(p_{fi} - \bar{p}_f)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2 \sum_{i=1}^n (p_{fi} - \bar{p}_f)^2}} \right] \quad (3)$$

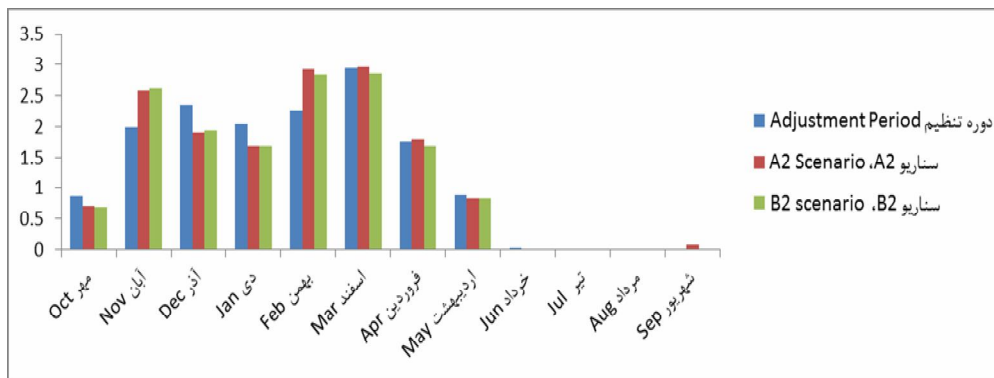
نتایج و بحث

مدل تغییر اقلیم: برای کاهش مقیاس بارش و دما در منطقه مورد مطالعه از خروجی‌های مدل HadCM3 به صورت روزانه (متغیرهای خروجی مدل HadCM3 و متغیرهای ثانویه که از فشار هوا در سطوح مختلف محاسبه شده‌اند) و سناریوهای A2 و B2 استفاده شده است. با توجه به پژوهش‌های انجام شده قبلی و تأیید دقت بالای مدل SDSM، در این مطالعه ابتدا با استفاده از مدل SDSM داده‌های بزرگ مقیاس مدل گردش عمومی جو (HadCM3) در دو سناریوی اقلیمی A2 و B2، (جدول ۱) برای پارامترهای هواشناسی دما و بارندگی در حوضه قره‌سو ریز مقیاس شده است. انتخاب متغیر بزرگ مقیاس مناسب، زمانی صورت گرفته است که (جدول نتایج آماری اختلاف معناداری بین داده‌های مشاهده شده و داده‌های ساخته شده توسط مدل، برای دوره آماری (۱۹۷۱-۲۰۰۰) را نشان ندهد. به عبارتی بالا بودن عدد



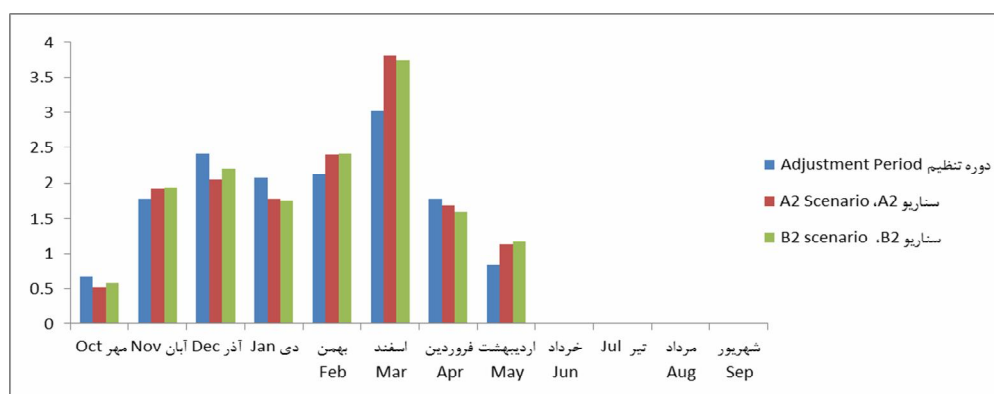
شکل ۲- مقایسه میانگین دما ماهانه بین دوره تنظیم (۱۹۷۱-۲۰۰۰) و ارزیابی مدل (۲۰۱۱-۲۰۴۰) ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه تحت سناریوی A2 و B2.

Figure 2. Compression of the monthly temperature average in Kermanshah synoptic station between the adjustment (1971-2000) and evaluation model (2011-2040) periods under A2 and B2 scenarios.



شکل ۳- مقایسه میانگین بارندگی ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه ماهانه بین دوره تنظیم (۱۹۷۱-۲۰۰۰) و ارزیابی مدل (۲۰۱۱-۲۰۴۰) تحت سناریوی A2 و B2.

Figure 3. Compression of the monthly rainfall average in Kermanshah synoptic station between the adjustment (1971-2000) and evaluation model (2011-2040) periods under A2 and B2 scenarios.



شکل ۴- مقایسه میانگین بارندگی سالانه ایستگاه قورباغستان بین دوره تنظیم (۱۹۷۱-۲۰۰۰) و ارزیابی مدل (۲۰۱۱-۲۰۴۰) تحت سناریوی A2 و B2.

Figure 4. Compression of the annual rainfall average in Ghorbaghestan station between the adjustment (1971-2000) and evaluation (2011-2040) of model periods under A2 and B2 scenarios.

افزایش بارش پیش‌بینی شده است. اما در فروردین‌ماه، ۶ درصد کاهش بارش مورد انتظار خواهد بود و افزایش بارش در بهار، بیش‌تر در اردیبهشت‌ماه اتفاق خواهد افتاد. در همین ایستگاه در سناریوی B2، در پاییز ۴ درصد کاهش، در زمستان و بهار به‌ترتیب ۹ و ۵ درصد افزایش بارش و در تابستان تغییرات محسوسی دیده نشده است. اما در آبان‌ماه در هر دو سناریو، افزایش بارندگی به‌میزان ۳۰ درصد پیش‌بینی شده است که با استفاده از این افزایش، می‌توان با مدیریت و اصلاح تاریخ کشت‌های پاییزی، به بهترین نحو ممکن از شرایط آبی، در سوی بهینه‌سازی مصرف آب، گام برداشت. در زمستان نیز شاهد کاهش بارش به‌ویژه در دی و اسفندماه بوده و این کاهش بارش در سه ماه فصل بهار ادامه خواهد داشت و مشابه سناریو A2، در تابستان تغییر محسوسی دیده نشد. به‌عبارتی ساده با اشتراک گرفتن از دو سناریو در دو ایستگاه قورباغستان و سینوپتیک کرمانشاه، می‌توان گفت مهرماه‌های کم‌بارش و آبان‌هایی پر باران در آینده رخ خواهند داد. این تغییرات در کنار افزایش دما، می‌تواند در جریان‌های سطحی حوضه اثر داشته و در نهایت بر ذخیره آب‌های زیر زمینی و وقوع خشکسالی اثرگذار باشد.

نتایج شبکه عصبی: در این شبکه در مرحله آموزش بارش و دمای روزانه در دوره آماری ۱۹۷۱-۲۰۰۰ به‌عنوان ورودی و رواناب روزانه در همین دوره، به‌عنوان خروجی داده شده است. پس از آموزش، صحت‌سنجی و ارزیابی نتایج (در کدنویسی شبکه، میزان تقسیم داده برای مرحله آموزش و صحت‌سنجی و ارزیابی، به‌صورت رندوم یا تصادفی در نظر گرفته شده است)، داده‌های بارش و دمای روزانه خروجی از نرم‌افزار اقلیمی تحت دو سناریو A2 و B2، به‌عنوان ورودی دوره شبیه‌سازی از سال ۲۰۱۱ الی ۲۰۲۰، داده شده و وانااب آبی پیش‌بینی شده است. در بهترین

با توجه به شکل ۲، افزایش متوسط درازمدت ماهانه دمای منطقه در دوره ارزیابی (آینده) در هر دو سناریوی A2 و B2 قابل مشاهده است. بیش‌ترین افزایش دما تحت سناریوی A2 در ماه مرداد به‌میزان ۱/۲۹ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار مدل‌های AOGCM، ۱/۰۱ است. این مقدار نشان از عدم قطعیت بالای پیش‌بینی‌کننده‌های بزرگ در پیش‌بینی دما دارد. در سناریوی B2، بیش‌ترین افزایش دما در ماه مرداد به‌میزان ۱/۳۰ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار مدل‌های AOGCM، ۰/۶۷ است. شکل‌های ۳ و ۴ محدوده تغییرات بارش را در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ نسبت به دوره پایه در سناریوی A2 و B2 نشان می‌دهند. با توجه به این شکل‌ها، در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه (شکل ۳)، در سناریوی A2، کاهش بارش در پاییز و بهار به‌ترتیب به‌میزان ۱ و ۳ درصد اتفاق خواهد افتاد و در ماه‌های مهر (۲۰ درصد) و اردیبهشت (۸ درصد) این کاهش بارش بیش‌ترین مقدار را دارد. در فصل زمستان در کل ۴ درصد افزایش بارش پیش‌بینی شده است. در سناریو B2، در مهر و آذرماه فصل پاییز، کاهش بارندگی، در آبان‌ماه افزایش بارندگی مشاهده و بیش‌ترین کاهش در کل ماه‌های سال، مربوط به مهرماه و به‌میزان ۲۲ درصد می‌باشد. که این میزان با سناریوی A2 هماهنگ عمل نموده و این کاهش بارش، در ابتدای فصل پاییز، تقویم کشت پاییزه منطقه را تحت‌تأثیر قرار خواهد داد. در ایستگاه قورباغستان (شکل ۴)، در سناریوی A2، بیش‌ترین میزان کاهش بارش در فصل پاییز به‌میزان ۸ درصد نسبت به دوره پایه و در آذرماه بیش‌ترین کاهش بارش رخ خواهد داد. تغییرات بارش در فصل تابستان، به‌علت کم بودن بارش، تقریباً صفر در نظر گرفته شده و اثر چندانی در متوسط بارش بلندمدت این فصل نخواهد داشت. در فصل زمستان و بهار به‌ترتیب به‌میزان ۱۰ و ۷ درصد

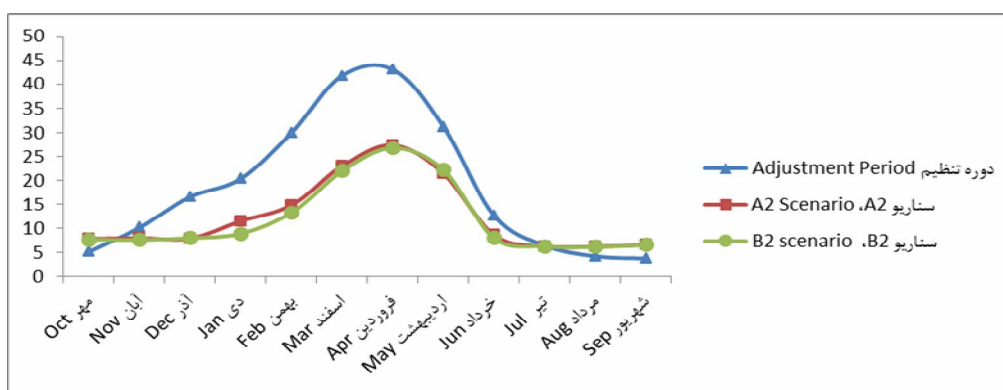
بارش رواناب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی نشان داده شده است.

مدلی که برای تبدیل بارش به رواناب در این پژوهش به دست آمده است، ضریب تبیین مرحله صحت‌سنجی ۰/۸۰ می‌باشد. در جدول ۲ نتایج حاصل از مدل‌سازی

جدول ۲- نتایج حاصل از مدل‌سازی بارش - رواناب با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی.

Table 2. The results of the rainfall-runoff modeling using artificial neural network.

نوع شبکه Network type	تعداد لایه‌ها و تعداد نرون در هر لایه Number of layer and number of neurons in each layer	RMSE A2	RMSE B2	خروجی شبکه output	ورودی به شبکه در مرحله شبیه‌سازی Iteration of network in simulation step	ورودی به شبکه در مرحله آموزش Iteration of network in train step
NARX	4-4-4	28.2003	38.2961	Q''	R,T,Q'	R,T,Q



شکل ۵- مقایسه رواناب گذشته و رواناب پیش‌بینی شده تحت سناریو A2 و B2.

Figure 5. Compare last runoff and runoff projections under scenarios A2 and B2.

کاهش هم‌چون سناریوی A2 رخ داده و بیش‌ترین رواناب در فروردین‌ماه (۲۶/۸۰ لیتر بر ثانیه) و کم‌ترین میزان رواناب در مردادماه (۶/۱۷ لیتر بر ثانیه) رخ خواهد داد و انتظار کاهش ۳۶ درصدی در میزان رواناب می‌رود. این در حالی است که با توجه به پژوهش حاضر، تنها اثر تغییر اقلیم بر دما و بارش منطقه و در نهایت در رودخانه اعمال شده، حال ممکن است با در نظر گرفتن اثر تغییر اقلیم بر تغییرات تبخیر، تعرق، ساعت خورشیدی، وزش باد و دیگر عوامل و دخالت دادن آن‌ها در میزان رواناب، این مقدار تغییر یابد. با توجه به اطلاعات به‌دست آمده، نتایج ایستگاه سینوپتیک، میزان ۳۳/۴۰ درصد کاهش رواناب در آینده تحت سناریو B2 نسبت به

با توجه به نتایج در ایستگاه قورباغستان تحت سناریو A2 در شکل ۵، کاهش رواناب در اکثر ماه‌های سال قابل مشاهده است. با توجه به شکل ۵ تنها در مهر، مرداد و شهریورماه افزایش بسیار کمی در میزان رواناب وجود دارد. در شهریورماه بارش، تغییرات اندکی با روندی صعودی خواهد داشت که با توجه به شبیه‌سازی با داده‌های روزانه در شبکه، این افزایش بارش، منجر به افزایش جزئی رواناب هم شده است. به‌صورت کلی، بیش‌ترین رواناب در فروردین‌ماه (۲۷/۴۲ لیتر بر ثانیه) و کم‌ترین میزان رواناب در مردادماه (۶/۲۴ لیتر بر ثانیه) رخ خواهد داد و ۳۳ درصد رواناب رودخانه نسبت به دوره پایه، کاهش خواهد داشت. در سناریوی B2 نیز این روند

مختلف تغییر اقلیم با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در دوره ۲۰۱۱-۲۰۴۰ مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. نتایج نشان داد که رواناب در دوره آتی نسبت به دوره مشاهداتی در تمامی سناریوها کاهش پیدا کرده که نشان از تأثیر تغییر اقلیم بر رواناب حوضه در دوره آتی می‌باشد. به طوری که به طور متوسط تحت سناریوی A2 و B2، دما ۱/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش و بارندگی تحت سناریوی A2 و B2، به ترتیب با ۱/۷۷ و ۱/۱ درصد کاهش پیش‌بینی شده است. به تبع این افزایش دما و کاهش بارندگی، میزان آبدهی رودخانه قره‌سو کاهش یافته است. به طوری که تحت سناریوی A2، کاهش ۳۲/۶۲ درصدی و برای سناریوی B2 کاهش ۳۳/۴۰ درصدی دبی در دوره ۲۰۱۱-۲۰۴۰ نسبت به دوره پایه (۱۹۷۱-۲۰۰۰)، مورد انتظار است. این کاهش چشمگیر دبی، با کاهش بارش در کنار افزایش دما، صورت می‌گیرد. ضمناً این شبکه بسیار ساده‌تر از شرایط واقعی و هیدرولوژیکی در نظر گرفته شده است. در نهایت می‌توان گفت که این گونه مطالعات و بررسی تغییرات اقلیم آینده در مناطق مختلف کشور، امکان اتخاذ تصمیمات مدیریتی، تعدیل اثرات سوء احتمالی و به‌کارگیری روش‌های جدید تطبیق با شرایط اقلیمی متفاوت را فراهم می‌کند.

سی سال گذشته پیش‌بینی شده است که بیش‌ترین میزان کاهش مربوط به اسفندماه بوده و برای ماه‌های مرداد، شهریور و مهر روند افزایشی و در دیگر ماه‌ها روند کاهشی پیش‌بینی شده است. به صورت کلی با توجه به پیک نمودارها در هر دو سناریو، مشاهده می‌شود که در ماه‌های پرمصرف برای نیاز کشاورزی (اسفند، فروردین، اردیبهشت و خردادماه) که بیش‌ترین نیاز آبی کشاورزی منطقه بایستی تأمین شود، کاهش رواناب در آینده پیش‌بینی شده است.

نتیجه‌گیری

تغییر در دما و الگوی بارش اثرات زیادی بر کمیت جریان‌های سطحی دارد. هدف از این پژوهش بررسی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش و همچنین تغییرات جریان رودخانه قره‌سو در حوضه آبریز قره‌سو واقع در استان کرمانشاه که یکی از زیرحوضه‌های مهم کرخه است، می‌باشد. بنابراین در این مطالعه ابتدا با استفاده از مدل SDSM داده‌های بزرگ مقیاس مدل گردش عمومی جو (HadCM3) در دو سناریوی اقلیمی A2 و B2، برای پارامترهای هواشناسی دما و بارندگی در حوضه قره‌سو ریز مقیاس شد. نتایج مدل اقلیمی در این پژوهش نشان‌دهنده افزایش دما و کاهش بارندگی در دوره مورد نظر نسبت به دوره پایه بوده است. در ادامه وضعیت رواناب سطحی منطقه تحت تأثیر سناریوهای

منابع

1. Artlert, K., Chaleeraktragoon, C., and Nguyen, V.T.V. 2013. Modeling and analysis of rainfall processes in the context of climate change for Mekong, Chi, and Mun River Basins (Thailand). *J. Hydro. - Environ. Res.* 7: 2-17.
2. Chen, H., Chong-Yu, X., and Shenglian, G. 2012. Comparison and evaluation of multiple GCMs, statistical downscaling and hydrological models in the study of climate change impacts on runoff. *J. Hydrol.* 434-435: 36-45.
3. Ezani, A. 2011. The effect of climate change on potato irrigation requirements in Moghan basin. M.Sc. thesis of water resources engineering. University of Zabol, Iran. (In Persian)
4. Nabi Zade, M., Mosaedi, A., and Dehghani, A.A. 2012. Intelligent estimation of stream flow by Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. 2: 1. 69-80. (In Persian)

5. Samadi, S., Ehteramain, K., and Sarraf, B.S. 2011. SDSM ability in simulate predictors for climat detecting over Khorasan province. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 19: 741-749.
6. Sayary, N., Alizade, A., Banayan Aval, M., Farid Hosseiny, A., and Hesamy, M.R. 2011. Comparison of Two GCM Models (HadCM3 and CGCM2) for the Prediction of Climate Parameters and Crop Water Use under Climate Change (Case Study: Kashaftood Basin). *Water and Soil*. 25: 4. 912-925. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(3), 2016
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Short Technical Report

The effect of climate change on stream flow used Statistical downscaling of HADCM3 model and Artificial Neural Networks

M. Malmir¹, *O. Mohamadrezapour², S. Sharifazari³ and Gh. Ghandehari⁴

¹M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, University of Zabol, ²Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, University of Zabol, ³Instructor, Dept. of Water engineering, University of Zabol,

⁴M.Sc. Graduate, Dept. of Water Resources Engineering, University of Zabol

Received: 01/27/2015; Accepted: 11/22/2015

Abstract

Background and Objectives: In the wake of the damage that man has Sntgrayyash the ground, place the study of climate change and global warming, due to the industrialization of the earth, the day will be added. The radiative effect of greenhouse gases on global warming is a major factor and the factor in global climate change with unprecedented speed. Every kind of climate change on the terrestrial earth is the beginning a chain of reactions whose direct effect on hydrological processes can be observed.

Materials and Methods: In this study, SDSM model is used to measure the large-scale data of the atmospheric general circulation model (HadCM3) in two local climate change scenarios, A2 and B2, for the meteorological parameters of temperature and precipitation in the basin of Qara Su. Then, considering the data of rainfall, temperature and flow rate and the fine-scale model outputs exponentially in an artificial neural network is used to calculate the river's discharge during the future period.

Results: Climate model results indicate an increase in temperature and a decrease in rainfall within the desired course relative to the base period. Thus, on average, under A2 scenarios, a 1.6 °C rise in temperature and a %1.77 decrease in rainfall and under B2 scenarios a %1.1 decrease in rainfall are expected in the region.

Conclusion: Increase in temperature and decrease in rainfall will lessen the discharge rates of Qara Su River. In this regard, achieving reliable methods of predicting the river flows in order to plan proper operation of water resources has become increasingly important.

Keywords: Artificial Neural Networks, Climate change, HadCM3, Qara Su basin, SDSM

* Corresponding Author; Email: mohammadrezapour@uoz.ac.ir