

اثر تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت روضه چای

اسفندیار عباس نوین‌پور^{۱*}، فریبا صادقی‌اقدم^۲ و مهری کاکلی^۳

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه

۲- دانش‌آموخته دکتری هیدروژئولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز

۳- کارشناس ارشد، منابع آب، دانشگاه تبریز

نویسنده مسئول: * e.abbasnovinpour@urmia.ac.ir

دریافت: ۹۹/۱/۱۷

پذیرش: ۹۹/۶/۵

نوع مقاله: مطالعه موردی

چکیده

آب یک منبع آسیب‌پذیر، محدود و حیاتی است. افزایش روزافزون جمعیت جهانی و کاهش منابع آبی، از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی بشر امروزی است. منابع آب مستقیماً می‌تواند رشد و توسعه اجتماعی و اقتصادی را تحت تأثیر قرار دهد و به‌عنوان زیربنای فعالیت‌های عمرانی محسوب می‌شود. یکی از مهم‌ترین مسائل قرن حاضر، مسئله گرمایش جهانی است، که به دلیل اثر گلخانه‌ای تشدید شده و انتظار می‌رود که موجب تغییراتی در متغیرهای اقلیمی گردد. هدف از این پژوهش بررسی تغییرات جریان آب سطحی و تراز آب زیرزمینی دشت روضه‌چای استان آذربایجان غربی بوده بنابراین در این راستا از مدل بارش-رواناب IHACRES و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. بدین منظور از داده‌های بارش، متوسط دما، جریان آب سطحی رودخانه روضه‌چای و تراز آب زیرزمینی منطقه استفاده گردید. در پژوهش حاضر از سناریوهای اقلیمی 4.5 و 8.5 مدل ACCESSI-0 از مدل‌های گزارش پنجم برای داده‌های بارش و دما در دو دوره‌ی (۲۰۲۰-۲۰۵۲) و (۲۰۵۳-۲۰۸۵) برای بررسی تغییر اقلیم استفاده شد. نتایج نشان داد که در منطقه تغییرات دما تحت سناریوی RCP8.5 بیش‌تر از سناریوی RCP4.5 بوده و بارش در ماه‌های قابل انتظار کاهش می‌یابد. مدل بارش-رواناب در پیش‌بینی جریان رودخانه روضه‌چای در دوره‌ی پایه نسبت به دوره‌ی آتی بهتر جواب داد و ضریب همبستگی بیش‌تر از ۰/۵ را نشان داد. در پیش‌بینی تراز سطح آب زیرزمینی با شبکه عصبی مصنوعی نیز مدل در دوره‌ی پایه از عملکرد بهتری برخوردار بود. در نهایت در دوره‌های آینده دور، اثر گازهای گلخانه‌ای دارای سیگنال قوی‌تر بوده و باعث افزایش دما و کاهش بارش بیش‌تری می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: گازهای گلخانه‌ای، تراز سطح آب زیرزمینی، سناریو RCP، جریان آب سطحی

پیشگفتار

گلخانه‌ای به دلیل عبور نور خورشید و عبور نکردن بازتابش آن توازن انرژی کره زمین را بر هم زده و سبب افزایش دمای اتمسفر شده‌اند (ماتئوس و تولوس، ۲۰۱۶؛ هیات بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۱). از این پدیده به عنوان گرمایش زمین و یا به بیانی دیگر، تغییر اقلیم یاد می‌شود که می‌تواند تأثیر معناداری بر منابع آب داشته باشد. هیات بین‌الدول تغییر اقلیم^۱ با هدف اصلی شناخت جنبه‌های تغییر اقلیم و بخصوص چگونگی اثر فعالیت‌های انسانی بر آن، پس از بررسی عنوان کرد که عوامل طبیعی و غیرطبیعی باعث برهم خوردن شرایط حاکم بر اجزای مختلف اقلیم کره زمین می‌شود. این هیئت از زمان شروع به کار خود مجموعه‌ای از گزارش‌های ارزیابی و تخصصی و مقالات فنی را منتشر نموده که به‌عنوان معتبرترین منابع اطلاعاتی در مورد تغییرات اقلیمی شناخته می‌شوند

در حال حاضر، منابع آب زیرزمینی بخش عمده‌ای از مصارف را تأمین می‌کنند، به طوری که ۳۶ درصد مصارف شرب، ۴۲ درصد بخش کشاورزی و ۲۷ درصد مصرف صنعتی از این منابع تأمین می‌شود (کاو، ۱۹۹۵). افزایش جمعیت، محدودیت زمانی و مکانی برای بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی سبب مصرف بیش از اندازه منابع آب زیرزمینی شده که این مصرف زیاد به افت شدید سطح آب در آبخوان‌های کشور منجر شده است. از طرفی، آثار تغییر اقلیم نیز از طریق تأثیر بر منابع تغذیه و تخلیه آبخوان‌ها سبب افزایش تنش به این منابع شده است (کالته، ۲۰۱۳). در دهه‌های اخیر، رشد صنایع و کارخانه‌ها از یک طرف و جنگل‌زدایی و تخریب محیط زیست از طرف دیگر، سبب افزایش روزافزون انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین شده است. گازهای

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

آب و هوایی *CMIP3* را بررسی کردند. تغییرات دما و بارندگی با استفاده از متوسط ۱۵ مدل در سه دوره در سه سناریو *A2*، *B1* و *A1B* بدست آوردند و سپس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی *feedforward* رواناب حوضه برای هر سه دوره و سه سناریو تولید شد. نتایج نشان داد که میانگین دمای حداکثر ماهانه و حداقل دما در هر سه دوره در سه سناریو افزایش می‌یابد. بارندگی در ماه‌های ابتدایی سال کاهشی و بارندگی در بهار در بیش‌تر سناریوها افزایشی مشاهده شد. علاوه‌براین، کاهش متوسط رواناب حوضه زیر سه مدل گروه و سناریوی انتشار در هر سه دوره، در مقایسه با میانگین مقادیر مشاهده بلند مدت در اکثر سال‌ها رخ داده است.

با توجه به شرایط موجود در بهره‌برداری از منابع آبی و افزایش روزافزون آن و ایجاد تنش‌های اجتماعی اقتصادی بین بهره‌برداران آگاهی از شرایط این منابع با در نظر گرفتن تاثیر تغییرات اقلیمی یکی از الویت‌های حیاتی کشور می‌باشد. از این رو در مطالعه حاضر تاثیرات تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت روضه‌چای با در نظر گرفتن عدم قطعیت مدل‌های مورد استفاده و گزارش پنجم کمیته *IPCC* بررسی و شرایط آبی این دشت مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت روضه‌چای واقع در شهر ارومیه دارای مساحت تقریبی ۳۰۰ کیلومتر مربع، در شمال‌غرب کشور، بین دریاچه ارومیه و مرز ایران و کشورهای عراق و ترکیه قرار دارد (شکل ۱). این منطقه در موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. منابع آب سطحی دشت عمدتاً دو رودخانه روضه‌چای و شهرچای هستند. با توجه به مطالعات ژئوفیزیکی صورت گرفته در سطح منطقه و لوگ‌های زمین‌شناسی چاه‌های بهره‌برداری، اکتشافی و پیژومتر، نوع لایه‌های آبدار در محدوده عمدتاً ترکیبی از گراول دانه‌درشت تا ریز به همراه ماسه، رس، سیلت و مقداری قلوه‌سنگ می‌باشد که حاصل فرسایش و تخریب سازندهای ارتفاعات مشرف به دشت می‌باشند. همچنین مطالعات ژئوالکتریک حاکی از نفوذ آب شور ناشی از مجاورت دشت مورد مطالعاتی با دریاچه ارومیه می‌باشد

و تا کنون گزارش‌های ارزیابی اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم تهیه و منتشر کرده است. گزارش ارزیابی چهارم تغییر اقلیم در سال ۲۰۰۷ با تاکید بر احتمال بالای ۹۵ درصد دخالت انسان در تغییر اقلیم منتشر شد. بر اساس گزارش ارزیابی چهارم کلیه مدل‌های پیش‌بینی تغییر اقلیم، حکایت از ادامه افزایش دمای ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای با افزایش نیروی تابشی بوده و سهم بزرگ در همه این تغییرات دخالت بشر بسیار مهم بوده است. در سال ۲۰۱۴، گروه‌های کاری هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم گزارش‌های ارزیابی پنجم تغییر اقلیم را ارائه نمودند و هم اکنون در حال تکمیل و تصویب گزارش ترکیبی^۲ می‌باشند. هیات بین‌الدول تغییر اقلیم در تدوین گزارش پنجم^۳ ارزیابی خود را از سناریوهای جدید^۴ تحت عنوان نماینده‌های خطوط سیر غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ای استفاده کرده است. سناریوهای جدید انتشار دارای چند خط سیر کلیدی با نام‌های *RCP2*، *RCP4*، *RCP6*، *RCP8* می‌باشند که بر اساس میزان واداشت تابشی آن‌ها در سال ۲۱۰۰ نام‌گذاری شده‌اند (جعفرپور و کانونی، ۱۳۹۴). بنابراین، به نظر می‌رسد برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب برای سال‌های پیش‌رو بدون در نظر گرفتن تغییر اقلیم ناسنجیده باشد. بنابراین، در این پژوهش به‌منظور مطالعه جامع روی دشت روضه‌چای به عنوان عامل تصمیم‌گیری تأمین آب در سال‌های آتی، تأثیرات تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی و زیرزمینی در این دشت صورت پذیرفت. مدیریت منابع آب به فهمی درست از سیستم آب‌های سطحی و زیرزمینی و بررسی و مدل‌سازی آن نیاز دارد. به همین دلیل آب سطحی با مدل بارش رواناب *IHACRES* و برای تراز آب زیرزمینی از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. مطالعاتی نیز در این زمینه صورت گرفته است. ارتورک و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی را در حوضه‌های کوچک مدیترانه‌ای بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها کاهش درخور توجه در تغذیه آب‌های زیرزمینی و ذخیره‌سازی و کمبود آب در دوره‌های آبی را در این منطقه پیش‌بینی می‌کند. سیدی و همکاران (۲۰۱۹) تاثیر تغییرات آب و هوایی بر دما، بارندگی و رواناب حوضه درودزن با استفاده از مدل‌های

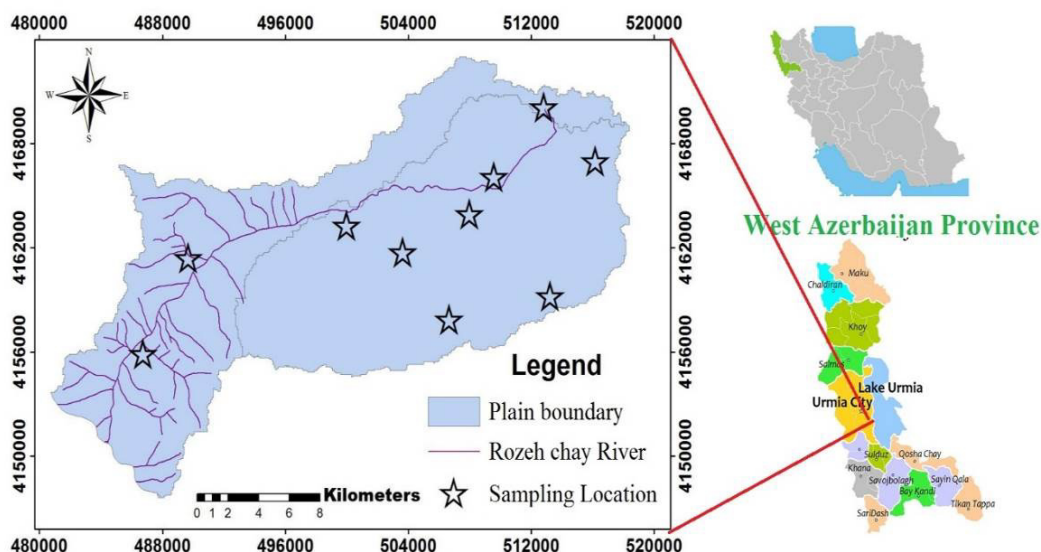
² SYR

³ ARS

⁴ Representative Concentration Pathways (RCP)

مطالعات آذربایجان غربی). طبق آمار متوسط ۲۲ ساله (۱۳۷۳-۱۳۹۶) دشت روزه‌چای، ماه مرداد با دمای ۲۵/۹ درجه سانتی‌گراد گرم‌ترین و ماه دی با دمای ۱/۵- درجه سانتی‌گراد سردترین ماه سال هستند. حداقل بارندگی ماهانه در دی ماه به میزان ۲/۸ میلی‌متر و بیش‌ترین میزان بارندگی در اردیبهشت ماه به میزان ۵۰ میلی‌متر تعیین شده است. هم‌چنین رطوبت نسبی و کل تبخیر سالیانه منطقه به ترتیب ۶۲/۱ درصد و ۱۱۸ میلی‌متر برآورد شده است.

که موجب تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی نسبت به سال‌های قبل از آن شده است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ ضرغامی و همکاران، ۱۳۸۹). سطح آب زیرزمینی این دشت روند نزولی داشته به طوری که در طی ۱۰ سال اخیر ۳/۶ متر افت کرده است. افت سطح آب بیانگر آن است که بهره‌برداری از آب زیرزمینی به صورت اصولی و بهینه صورت نمی‌گیرد و ذخیره سفره در حال کاهش است. از نظر اقلیم‌شناسی به روش آمبروزه دشت روزه‌چای منطقه‌ای نیمه‌خشک و سرد است (دفتر



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و مکان نقاط نمونه‌برداری شده

نام‌گذاری سناریوهای خانواده *RCP* براساس میزان واداشتهای تابشی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای تا پایان قرن ۲۱ شامل مقادیر ۵/۸، ۶، ۵/۴ و ۶/۲ وات بر مترمربع انجام شده است. نتایج این سناریوها از سال ۱۸۵۰ تا پایان قرن ۲۱ را پوشش می‌دهد و تا سال ۲۹۰۰ نیز فرموله شده است، در این تحقیق از سناریوهای *RCP4/5* و *RCP8/5* استفاده شده است (بل و همکاران، ۲۰۱۴؛ هیات بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۱).

اکثر مطالعات انجام شده در مدل‌سازی تغییر اقلیم، براساس داده‌های *CMIP3* و *CMIP4* انجام شده است، پس از انتشار مجموعه مدل‌های سری *CMIP5* انجام مطالعات تغییر اقلیم با داده‌های آن برای کاهش عدم قطعیت مدل‌سازی پارامترهای اقلیمی دهه‌های آتی امری ضروری است. در مطالعه حاضر جهت تولید سناریوهای

شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی

هیات بین‌الدول تغییر اقلیم در تدوین گزارش پنجم ارزیابی خود از سناریوهای جدید *RCP* به‌عنوان نماینده‌های چهار سیر کلیدی گازهای گلخانه‌ای با نام‌های *RCP2/6*، *RCP4/5*، *RCP6*، *RCP8/5* استفاده نموده است. این سناریوها در سال ۲۰۱۴ توسط کمیته علمی و زیر نظر هیات بین‌الدول تغییرات اقلیمی با هدف مهیا نمودن مجموع‌های از اطلاعات که از نتایج آن بتوان عوامل اصلی تغییرات اقلیمی را ردیابی نمود و نتایج آن را بر مدل‌های اقلیمی اعمال کرد، به وجود آمده‌اند. سناریوهای فوق براساس مشخصات متفاوت سطح تکنولوژی، وضعیت اجتماعی و اقتصادی و خط‌مشی‌های در آینده است که در هر شرایطی می‌توان منجر به سطح انتشار متفاوت گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی گردد.

مدل بر مجموع معکوس قدر مطلق اختلاف بین پارامتر مشاهداتی مدل‌سازی از تمام مدل‌ها بدست می‌آید. هر مدل که وزن بیش‌تری داشته باشد، توانایی مدل‌سازی را افزایش می‌دهد. وزن‌دهی عدم قطعیت‌های اقلیمی را کاهش می‌دهد و وزن بیش‌تر هر مدل، خطای کمتر در برآورد داده‌ها را در آینده به دنبال دارد.

مدل بارش - رواناب IHACRES

مدل بارش - رواناب IHACRES (تعیین هیدروگراف‌های واحد و اجزاء جریان‌های ناشی از داده‌های بارش، تبخیر و جریان رودخانه) مشترکاً توسط هیدرولوژیست‌های مرکز مدیریت و ارزیابی جامع حوضه آبخیز (ICAM) دانشگاه ملی استرالیا، کانبر^۲ و مرکز اکولوژی و هیدرولوژی (CEH) انجمن تحقیقات زیست‌محیطی انگلستان توسعه یافته بود که به‌صورت مستمر در مجلات علمی مرتبط با هیدرولوژی توضیح داده شده است (هیات بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۱؛ اوپانگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ صیادی و همکاران، ۲۰۱۹). در تحقیق حاضر بسته نرم‌افزاری IHACRES که توسط کورک و همکاران (۲۰۰۵) و b (۲۰۰۶) توسعه یافته بود، مورد استفاده قرار گرفته است که از این پس به‌صورت ICP^۳ آورده می‌شود. مدل IHACRES مانند سایر مدل‌ها دارای دو بخش است: الف) بخشی که بارش را در پایه زمانی k (rk) به بارش مؤثر (uk)، (بخشی از بارش که سرانجام وارد جریان رودخانه می‌شود) و بارش مازاد، که سرانجام توسط تبخیر و تعرق از بین می‌رود (با فرض غیرقابل نفوذ بودن حوضه آبخیز)، تبدیل می‌کند؛ و ب) یک تابع تبدیل خطی که بارش مؤثر را به جریان مدل‌سازی شده (xk) تبدیل می‌کند. این بخش‌ها به ترتیب بخش تلفات و بخش تابع تبدیل (یا هیدروگراف واحد، UH) نامیده می‌شوند. بخش تلفات برای تمام فرآیندهای غیرخطی بارش - جریان در مقیاس حوضه آبخیز در نظر گرفته می‌شود، بخش تابع تبدیل مبتنی بر تئوری سیستم‌های خطی است. به طور مفهومی، بخش تابع تبدیل می‌تواند یک محدوده‌ای از اشکال ذخائر خطی را نمایش دهد اما تنها فرم مورد استفاده در اینجا عبارت از دو مورد ذخیره خطی به صورت موازی است، وضعیتی که مدل فقط شش پارامتر

اقلیمی از مدل ACCESS1-0 از مدل‌های گزارش پنجم GCM (CMIP5) تحت دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره مشاهداتی (۱۹۸۳-۲۰۱۵) و دوره‌های آتی کوتاه مدت (۲۰۲۰-۲۰۵۲) و (۲۰۵۳-۲۰۸۵) استفاده شده است. با استفاده از تغییرات بارش و دما (روابط ۱ و ۲) انجام و روش عامل تغییر^۱ داده‌ها (روابط ۳ و ۴) کوچک مقیاس می‌شوند:

ΔT_i سناریوی اقلیمی مربوط به دما برای میانگین بلند مدت ۳۰ ساله در هر ماه و ΔP_i سناریوی اقلیمی مربوط به بارش برای میانگین بلند مدت ۳۰ ساله در هر ماه، $\bar{P}_{GCM.base_i}$ میانگین ۳۰ ساله بارش برای دوره مشاهداتی در هر ماه و $\bar{P}_{GCM.fut_i}$ میانگین ۳۰ ساله بارش برای دوره آینده در هر ماه می‌باشد و برای دما نیز به همین صورت می‌باشد. T_{obs} و P_{obs} دما و بارش دوره مشاهداتی می‌باشند (ارتورک و همکاران، ۲۰۱۴). سپس با استفاده از فرمول وزن‌دهی (رابطه ۵) ارائه شده توسط صیاحی و همکاران (۱۳۹۶) به داده‌ها وزن داده می‌شود:

در این معادله $B_{x,i}$ انحراف معیار میانگین دما یا بارش شبیه‌سازی شده توسط هر کدام از مدل‌های گردش عمومی جو در دوره مشاهداتی، N تعداد مدل‌ها و R_i وزن اختصاص داده به هر مدل می‌باشد. ΔX_i متغیر اقلیمی بارش یا دما ماهانه مدل GCM در هر ماه و $\bar{\Delta X}_i$ تغییرات دما یا بارش در ماه i ام می‌باشد.

$$\Delta T_i = (\bar{T}_{GCM.fut_i} - \bar{T}_{GCM.base_i}) \quad (1)$$

$$\Delta P_i = \left(\frac{\bar{P}_{GCM.fut_i}}{\bar{P}_{GCM.base_i}} \right) \quad (2)$$

$$T = T_{obs} + \Delta T_i \quad (3)$$

$$P = P_{obs} \times \Delta P_i \quad (4)$$

$$R_i = \frac{\frac{1}{B_{x,i}}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{B_{x,i}}} \quad (5)$$

$$\bar{\Delta X}_i = \sum_{i=1}^N (R_i \times \Delta X_i) \quad (6)$$

روش کار

برای محاسبه سناریوهای تغییر اقلیم دما و بارش حوضه تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 ابتدا داده‌ها ریز مقیاس شده، سپس به وزن‌دهی مدل‌ها به منظور بررسی کارایی آن‌ها در مقیاس کلان پرداخته شد. وزن‌دهی از تقسیم معکوس قدر مطلق اختلاف پارامتر مشاهداتی و

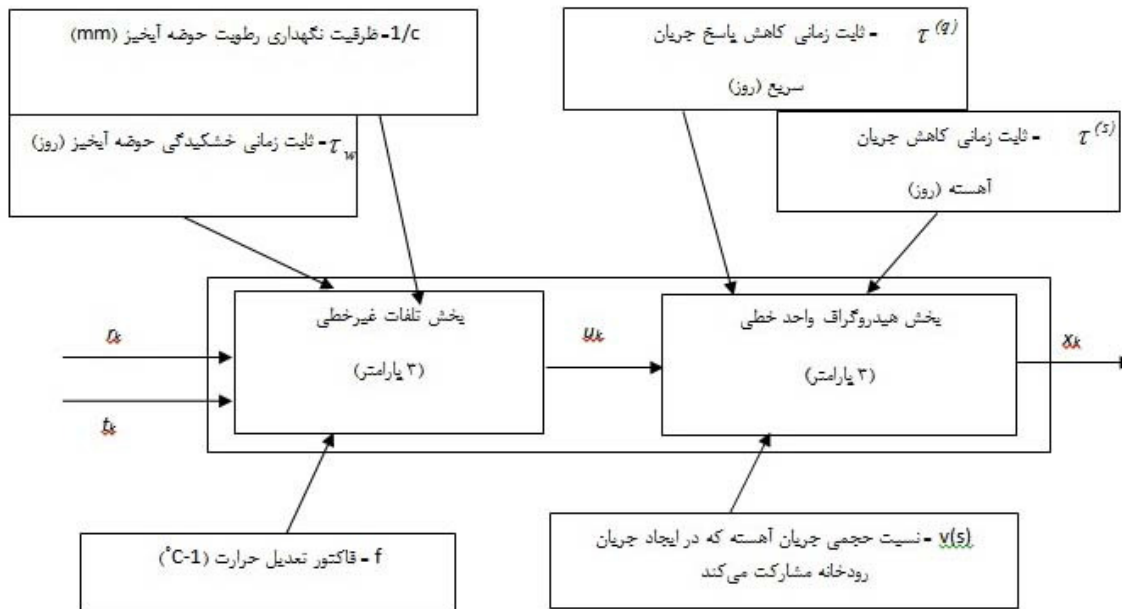
²Canberra

³IHACRES Classic Plus

¹ Change factor

اینکه فرآیند مدل‌سازی شروع شود داده‌های بارندگی بسادگی یک روز به جلو برده می‌شوند. مدل مذکور به سه سری زمانی داده‌ها نیاز دارد، که عبارتند از: داده‌های بارندگی که می‌تواند بر حسب میلی‌متر و یا اینچ باشد. ۲- داده‌های درجه حرارت (بر حسب درجه سلسیوس، فارنهایت و یا کلوین می‌تواند می‌باشد). ۳- داده‌های مشاهده‌ای جریان رودخانه (می‌تواند بر حسب متر مکعب در ثانیه، میلی‌گرم‌لیتر در پایه زمانی، میلی‌متر در هر پایه زمانی، لیتر بر ثانیه یا فوت مکعب بر ثانیه باشد) (وود و همکاران، ۱۹۸۸؛ جاکمن و هورنبرگ، ۱۹۹۳). مدل بارش- رواناب IHACRES برای داده‌های مشاهده‌ای دو ایستگاه هیدرومتری، داده‌های تغییر اقلیم دو سناریوی انتشار ۴/۵ و ۸/۵ مورد ارزیابی قرار گرفت، بدین منظور دوره‌ی کالیبراسیون مدل از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۳ در نظر گرفته شد.

(یا خصوصیات واکنش دینامیک حوضه آبخیز، DRC_s) داشته، که سه پارامتر به هر یک از بخش‌های هیدروگراف واحد و تلفات اختصاص دارد. شکل ۲ یک ساختار کلی از مدل است و به طور مختصر تعاریفی از شش پارامتر ارائه می‌کند. پارامتر c در بخش تلفات با ایجاد یک بیلان آب بین بارش مؤثر و جریان مشاهده‌ای در مدت دوره کالیبراسیون مدل محاسبه می‌شود، که بایستی با استفاده از جریان‌های کم شروع شده و خاتمه یابد تا حداقل تغییر در مقدار آب ذخیره شده در حوضه آبخیز در مدت دوره اتفاق افتد. به‌طور مفهومی، I/c می‌تواند بر حسب عمق (مثلاً بر حسب میلی‌متر) از میزان ذخیره رطوبت حوضه آبخیز تشریح شود. خصوصیات واکنش دینامیک حوضه آبخیز $\tau(s)$ و $\tau(q)$ به ترتیب عبارت از ثابت زمانی کاهش نمایی هیدروگراف‌های واحد جریان‌های کند و سریع هستند. تأخیر زمانی را با علامت δ نمایش داده می‌شود، وجود دارد برای مثال وقتی δ یک روز می‌باشد، قبل از



شکل ۲. ساختار مدل IHACRES و خصوصیات واکنش دینامیک حوضه

می‌باشد. برای آموزش شبکه، الگوریتم‌های مختلفی می‌تواند به کار رود. در این تحقیق از الگوریتم لوبنبرگ - مارکوارت^۱ به منظور شناسایی بهترین روش با بالاترین بازده برای آموزش شبکه استفاده شده است. ساختار شبکه با سعی و خطا مشخص می‌شود که اندازه ورودی و

شبکه عصبی مصنوعی

یکی از روش‌های نوین در برآورد مسائلی که با متغیرهای متنوعی در ارتباط هستند، شبکه عصبی مصنوعی است که در پردازش اطلاعات بر روی داده‌های تجربی و ارائه نتایج از ساختار مغز انسان بهره می‌برد. ایجاد شبکه عصبی نیازمند انتخاب روش مناسب برای آموزش آن

¹ Levenberg-Marquardt(LM)

میزان خطای جریان برآورد شده با مقادیر مشاهداتی با استفاده از آزمون‌های معتبر آماری، صورت می‌گیرد. بدین صورت که عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی به عنوان فرض صفر در نظر گرفته می‌شود. معنی‌داری یا عدم معنی‌داری اختلاف بین داده‌های مشاهداتی و محاسباتی به روش آزمون t با استفاده از نرم‌افزار SPSS تعیین گردید. هم‌چنین جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات از معیارهایی نظیر: $RMSE$ ^۴، MAE ^۵ و NSE ^۶ استفاده گردید (کمال و همکاران، ۱۳۸۸). نحوه محاسبه این معیارها به صورت روابط زیر می‌باشد.

$$MAE = \frac{\sum |O_i - P_i|}{N}$$

$$r^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (O_i - O_{mean})(P_i - P_{mean}) \right)}{\left(\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{mean})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - P_{mean})^2} \right)}$$

$$RMSE = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \right) \times n^{-1}}$$

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - O_{mean})^2} \right]$$

که در روابط بالا، O_i و P_i به ترتیب مقادیر مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده توسط مدل، O_{mean} و P_{mean} به ترتیب میانگین مقادیر مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده توسط مدل و n تعداد داده‌ها می‌باشد. در روابط فوق هر چه مقدار r^2 (ضریب تبیین معادله خطر بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده‌ای) به یک نزدیک‌تر شود نشان‌دهنده‌ی همبستگی قوی‌تر مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده خواهد بود. با این حال بایستی در نظر داشت که این ضریب قادر به ارائه بیش‌برآوردی و یا کم‌برآوردی مدل نمی‌باشد و در نتیجه به منظور تحلیل دقیق‌تر مدل بایستی علاوه بر ضریب تبیین معادله خط بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده‌ای، بایستی شیب (b) و عرض از مبدا معادله نیز در نظر گرفته شوند. بنابراین در یک مدل ایده‌آل علاوه بر اینکه r^2 این خط بایستی نزدیک به یک باشد بایستی شیب خط به یک و عرض از مبدا نیز به صفر میل نمایند. مقادیر ایده‌آل برای ضرایب NSE برابر

تعداد لایه‌های مخفی شبکه متغیر است و تنها به افق پیش‌بینی بستگی دارد. تعداد نرون‌های لایه ورودی و خروجی باید برابر با تعداد پارامترهای ورودی و خروجی باشند ولی تعداد لایه‌های مخفی و تعداد نرون‌های آن‌ها بصورت تجربی تعیین می‌شوند. اگر تعداد لایه‌های مخفی و یا تعداد نرون‌های آن‌ها کمتر از مقدار مشخصی باشد ممکن است مراحل آموزش شبکه به صورت کامل انجام که به این حالت برازش ناقص می‌گویند. در مقابل اگر تعداد نرون‌ها و لایه‌های پنهان بیش از حد لازم باشد، حالت بیش‌برازش^۲ رخ می‌دهد. در هر حال می‌توان تعداد مناسب نرون‌ها و لایه‌های مخفی را با استفاده از عملکرد شبکه از طریق سری‌های آموزش و آزمایش بدست آورد. در این تحقیق از دو لایه پنهان استفاده شده است. هر شبکه برای بوجود آمدن و قابل قبول بودن به دو سری داده نیازمند است: واسنجی و صحت‌سنجی. برای اینکه شبکه عصبی مصنوعی بتواند خروجی را تا حد امکان نزدیک به بردار هدف کند به فرآیند آموزش نیاز دارد. آموزش عبارت است از پیدا کردن مناسب‌ترین بردار وزنی و بردار بایاس و کوچک کردن تابع خطای از پیش تعیین شده. بعد از اینکه آموزش پایان یافت، شبکه برای ارائه جواب‌های منطقی به داده‌های جدید، آماده می‌شود. در صورت تعیین توابع تبدیل‌گر مناسب، تهیه داده‌هایی با دقت بالا و شبکه‌ای کارآمد، معمولاً آموزش این مدل‌ها به مناسب‌ترین نحو صورت می‌گیرد. پس از آموزش شبکه مرحله صحت‌سنجی صورت می‌گیرد. در این مرحله مدل به‌وسیله داده‌هایی که در مرحله آموزش شرکت نداشته‌اند اجرا می‌شود. خروجی‌های مدل در این مرحله با مقادیر مشاهداتی مقایسه شده و دقت مدل به دست می‌آید. در صورتی که دقت مدل پایین باشد ممکن است تا سه بار مراحل آموزش و صحت‌سنجی تکرار شود تا مدل به نتیجه مطلوب برسد. بهترین شکل مدل، حالتی است که سیستم در مقابل داده‌های این مرحله رفتاری شبیه مرحله آموزش داشته باشد که این مرحله را تعمیم^۳ گویند. مرحله آزمون برای کنترل نهایی مدل انجام می‌شود.

معیارهای ارزیابی

ارزیابی مدل هیدرولوژیکی و عملکرد شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده در این تحقیق براساس مقایسه

^۴Root Mean Square Error

^۵Mean Absolute Error

^۶Nash-Sutcliffe Efficiency

^۲ Over Training

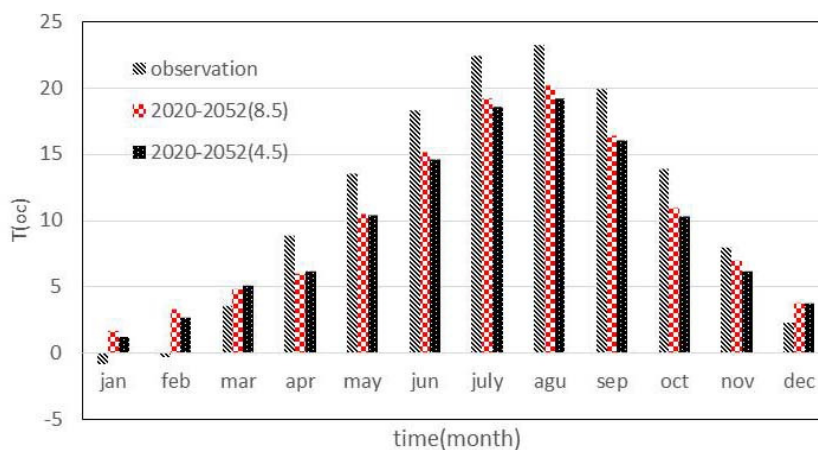
^۳ Generalization

مشاهداتی حاصل شد (شکل ۳). بر خلاف دما، بارش روند نامنظم افزایش و کاهش را در منطقه نشان می‌دهد و مشاهده می‌شود که متوسط ماهانه بارندگی در دشت در دوره‌ی کوتاه مدت در سناریوی ۸/۵ در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل، می، جون، نوامبر و دسامبر کمتر از مقدار مشاهداتی بوده و در سناریوی ۴/۵ فقط در ماه‌های می و سپتامبر میزان بارندگی کاهش یافته است (شکل ۴). قربانی و همکاران (۱۳۹۵)، زرغامی و همکاران (۱۳۸۹) و کمال و همکاران (۱۳۸۸) نیز تحت سناریوهای مختلف در مناطق مختلف تغییرات اقلیمی را بررسی نمودند و نشان دادند که دمای هوا افزایش و متوسط بارش سالانه کاهش خواهد یافت.

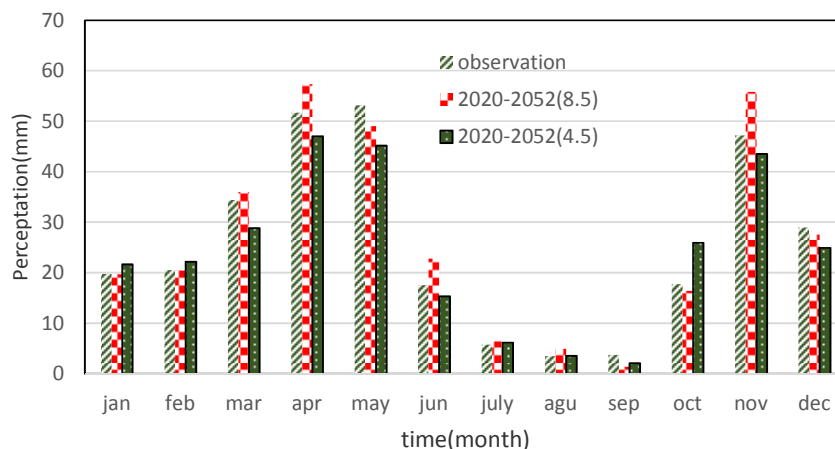
با یک بوده و برای $RMSE$ نیز مقادیر حداقل به‌عنوان شرایط بهینه مدل خواهند بود (ماتئوس و تولوس، ۲۰۱۶؛ کاوه، ۱۹۹۵).

نتایج و بحث

میزان تغییرات ماهانه دما در دوره آتی کوتاه مدت (۲۰۲۰-۲۰۵۲) و بلندمدت (۲۰۵۳-۲۰۸۵) نسبت به دوره پایه (۲۰۱۵-۱۹۸۳) محاسبه گردید که نتایج آن در شکل‌های ۳ و ۵ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد تغییرات دما در ایستگاه کلهر تحت سناریوی $RCP8.5$ بیش‌تر از سناریوی $RCP4.5$ بوده و بیش‌ترین تغییرات افزایش دما، در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس به میزان ۲/۴۷، ۳/۶۳ و ۱/۲۹ درجه سانتی‌گراد تحت سناریوی $RCP8.5$ نسبت به داده‌های



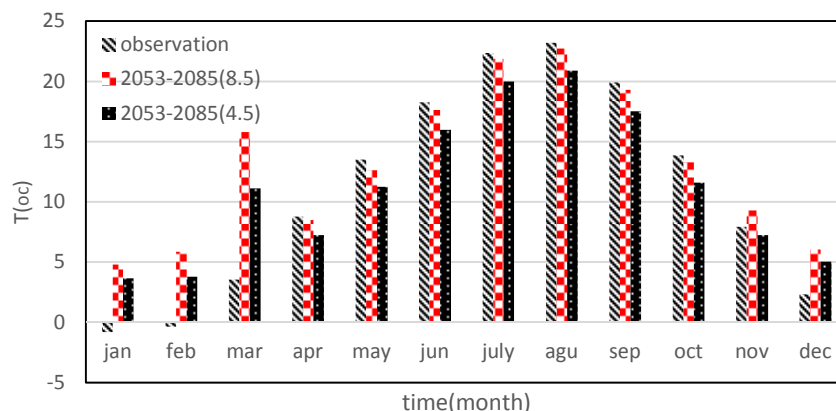
شکل ۳. مقایسه متوسط دمای ماهانه محاسباتی با سناریوهای ۴،۵ و ۸،۵ در دوره آماری (۲۰۲۰-۲۰۵۲) در مدل $ACCESSI-0$ گزارش پنجم $ICCP$ با داده‌های مشاهداتی



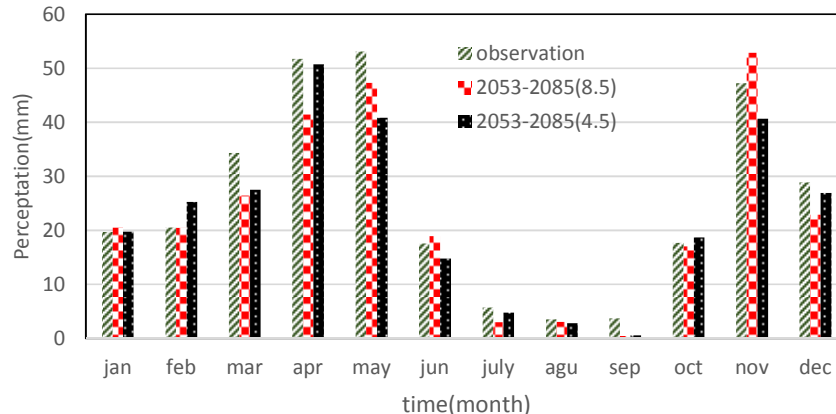
شکل ۴. مقایسه متوسط بارش ماهانه محاسباتی با سناریوهای ۴،۵ و ۸،۵ در دوره آماری (۲۰۲۰-۲۰۵۲) در مدل $ACCESSI-0$ گزارش پنجم $ICCP$ با داده‌های مشاهداتی

متوسط ماهانه بارندگی در دشت در دوره‌ی بلند مدت در سناریوی ۸/۵ در ماه‌های فوریه، مارس، می، جولای و دسامبر کمتر از مقدار بارندگی مورد مشاهداتی در منطقه بوده و تایید کننده کاهش بارندگی می‌باشد. در سناریوی ۴/۵ فقط در ماه‌های مارس، آوریل، جون، جولای، اگوست، سپتامبر و نوامبر بارندگی کاهش می‌یابد.

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد تغییرات دما در این دشت تحت سناریوی $RCP8.5$ بیش‌تر از سناریوی $RCP4.5$ بوده و بیش‌ترین تغییرات افزایش دمایی، در ماه سرد دمای هوا بیش‌تر شده به‌طوری‌که در ماه فوریه به میزان ۶/۱۹ و ۴/۱۴ درجه سانتی‌گراد افزایش دمایی به ترتیب تحت سناریوهای $RCP8.5$ و $RCP4.5$ نسبت به داده‌های مشاهداتی حاصل شد. شکل ۶ نشان می‌دهد که



شکل ۵. مقایسه متوسط دمای ماهانه محاسباتی با سناریوهای ۴،۵ و ۸،۵ در دوره آماری (۲۰۵۳-۲۰۸۵) در مدل $ACCESSI-0$ گزارش پنجم $ICCP$ با داده‌های مشاهداتی



شکل ۶. مقایسه متوسط بارش ماهانه محاسباتی با سناریوهای ۴،۵ و ۸،۵ در دوره آماری (۲۰۵۳-۲۰۸۵) در مدل $ACCESSI-0$ گزارش پنجم $ICCP$ با داده‌های مشاهداتی

آب سطحی حوضه رودخانه روضه‌چای براساس ضریب تعیین قابل قبول می‌باشد اما طبق معیار ارزیابی نش ساتکلیف عملکرد خوبی ندارد. موتوویلو و همکاران (۱۹۹۹) که مطالعه‌ای بر اساس ۷ سال داده انجام داده بودند، بیان نموده‌اند که اگر مقادیر ضریب تعیین در ارزیابی مدل بزرگ‌تر یا مساوی ۰/۷۵ باشد، نتایج خوب و

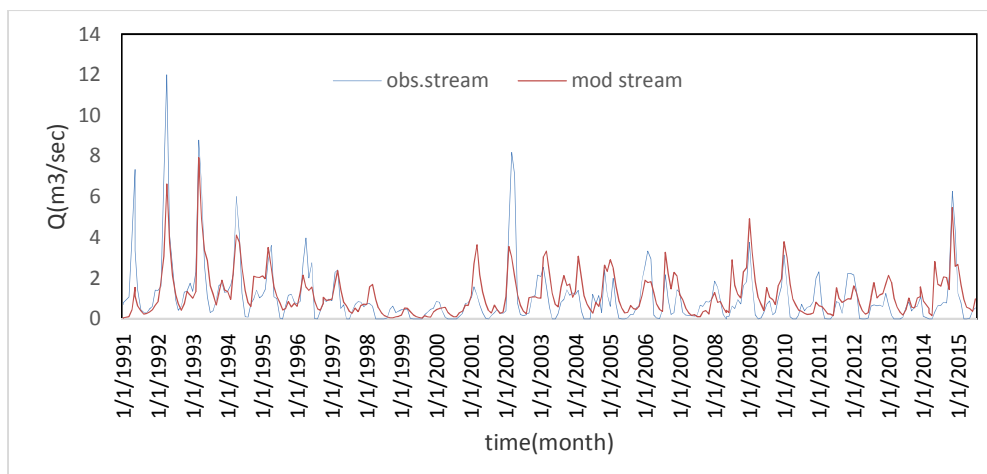
نتایج در مرحله واسنجی مدل بارش- رواناب $IHACRES$ مطابق معیارهای ارزیابی در جدول ۱ نشان می‌دهد که مدل برای شبیه‌سازی دبی حوضه روضه‌چای برای دوره‌ی پایه توانایی بالایی داشته و برای شبیه‌سازی دوره‌های آتی برای ایستگاه هیدرومتری گویجعلی سناریوی ۴،۵ با ضریب همبستگی برابر ۰/۷۱ بالاترین توانایی بدست آمد اما برای سایر دوره‌های آتی مدل در شبیه‌سازی جریان

پرسپترون چندلایه جهت داده‌های آموزش و هم‌چنین داده‌های صحت‌سنجی با تعداد نرون ۵ لایه پنهان شبکه مورد ارزیابی قرار گرفت. این پروسه برای تابع تحریک تانژانت زیگموئیدی^۱ انجام و نتایج اعمال شده در جدول ۲ برای مرحله واسنجی ارائه شده است. ضمناً با توجه به جدول مذکور، شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تراز آب زیرزمینی در دوره‌ی پایه نسبت به دوره‌های آتی دارای همبستگی بیش‌تر بوده و از مقایسه تراز سطح آب زیرزمینی سناریوی $RCP4.5$ دوره‌ی کوتاه مدت (۲۰۲۰-۲۰۵۲) نسبت به سایر دوره‌ها بالاترین ضریب همبستگی به میزان ۰/۷۱ حاصل شد. نمودار پیش‌بینی و پراکندگی تراز آب زیرزمینی مشاهداتی و محاسباتی برای دوره‌ی پایه در شکل ۸ ارائه شده است.

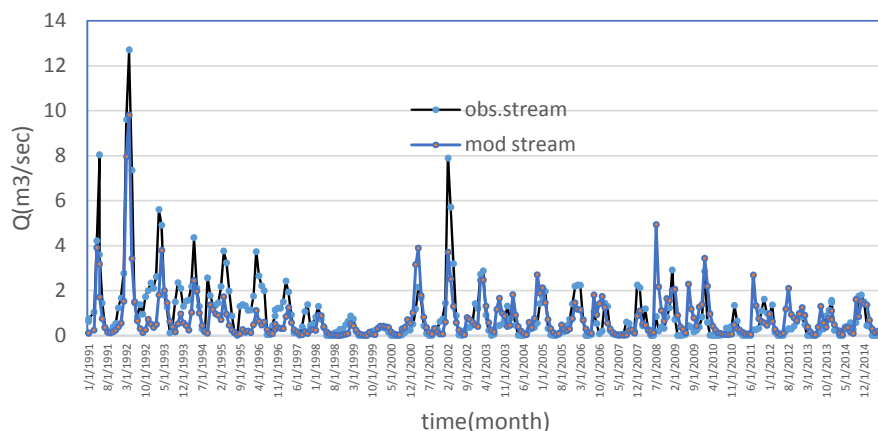
در صورتی که این مقدار بین ۰/۳۶ تا ۰/۷۵ باشد، نتایج شبیه‌سازی قابل قبول می‌باشد.

نتایج شبکه مصنوعی

در این تحقیق سطح آبخوان بر مبنای مدل شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی گردید. بنابراین ابتدا برای این منظور ابتدا با روش تیس‌بندی منطقه مورد مطالعه و وزن‌دهی به پیژومترهای موجود در محدوده‌ی مورد مطالعه متوسط تراز سطح آب زیرزمینی به‌دست آمد. سپس متغیرهای بارش، دما مشاهداتی و حاصل شده از تغییر اقلیم در دوره‌های پایه و آتی به‌دست آمده به‌عنوان ورودی و سطح آب‌زیرزمینی به‌عنوان متغیر پیش‌بینی‌کننده به مدل داده شد. همانطور که پیش‌تر نیز بیان شد ابتدا شبکه در مدل



ایستگاه هیدرومتری کلهور



ایستگاه هیدرومتری گویجلی

شکل ۷. شبیه‌سازی جریان آب سطحی ایستگاه‌های هیدرومتری محدوده دشت روضه‌چای در دوره‌ی پایه (۱۹۹۱-۲۰۱۵)

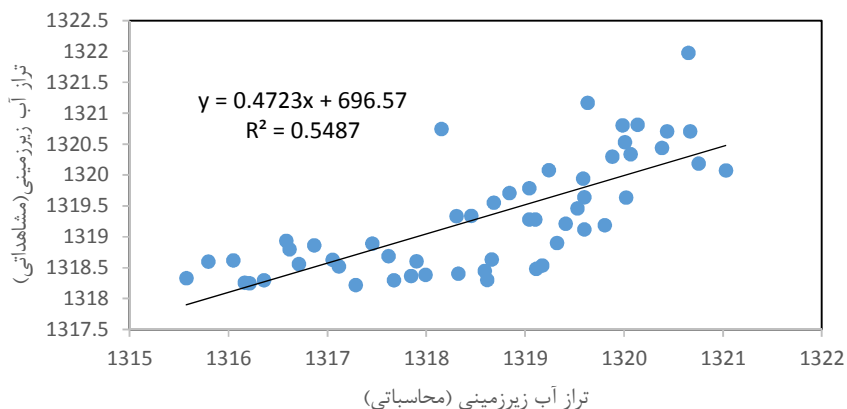
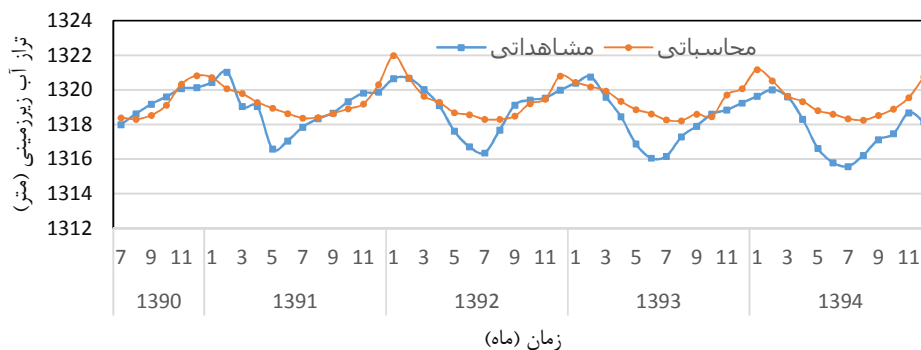
¹ Tansig

جدول ۱. نتایج مدل بارش - رواناب IHACRES

R^2	NSE	MAE	RMSE	پارامترها	بارش و دمای مدل تغییر اقلیم
۰/۷۶	-۰/۵۵	۰/۶۲	۰/۹۷	داده‌های مشاهداتی ایستگاه هیدرومتری ۱	
۰/۷۳	-۰/۵۲	۰/۶۷	۱/۰۳	داده‌های مشاهداتی ایستگاه هیدرومتری ۲	
۰/۶۱	-۰/۳۱	۰/۷۲	۱/۲	۴.۵ (۲۰۵۲-۲۰۲۰) ایستگاه هیدرومتری ۱	
۰/۶۲	-۰/۳۷	۰/۷۱	۱/۲	۴.۵ (۲۰۵۲-۲۰۲۰) ایستگاه هیدرومتری ۲	
۰/۷۱	-۰/۴۹	۰/۶۱	۱/۰۳	۴.۵ (۲۰۸۵-۲۰۵۳) ایستگاه هیدرومتری ۱	
۰/۶۸	-۰/۴۶	۰/۶۷	۱/۱	۴.۵ (۲۰۸۵-۲۰۵۳) ایستگاه هیدرومتری ۲	
۰/۶۹	-۰/۴۸	۰/۶۶	۱/۰۵	۸.۵ (۲۰۵۲-۲۰۲۰) ایستگاه هیدرومتری ۱	
۰/۶۸	-۰/۴۶	۰/۶۹	۱/۱	۸.۵ (۲۰۵۲-۲۰۲۰) ایستگاه هیدرومتری ۲	
۰/۶۱	-۰/۰۵	۰/۸۲	۱/۵	۸.۵ (۲۰۸۵-۲۰۵۳) ایستگاه هیدرومتری ۱	
۰/۵۷	-۰/۰۷	۰/۸۸	۱/۴	۸.۵ (۲۰۸۵-۲۰۵۳) ایستگاه هیدرومتری ۲	

جدول ۲. نتایج پیش‌بینی تراز آب زیرزمینی دشت روضه چای در مرحله واسنجی

R^2	RMSE	MAE	پارامترهای ارزیابی	تغییر اقلیم
۰/۷۴	۱/۲۳	۰/۱۷	متوسط تراز آب زیرزمینی	
۰/۷۱	۱/۲۵	۰/۱۸	$RCCP_{4.5}$ (۲۰۵۲-۲۰۲۰)	
۰/۶۳	۱/۳۶	۰/۱۹	$RCCP_{4.5}$ (۲۰۸۵-۲۰۵۳)	
۰/۶۴	۱/۳۷	۰/۱۸	$RCCP_{8.5}$ (۲۰۵۲-۲۰۲۰)	
۰/۵۹	۱/۳۶	۰/۱۹	$RCCP_{8.5}$ (۲۰۸۵-۲۰۵۳)	



شکل ۸. نمودار پیش‌بینی تراز آب زیرزمینی و پراکندگی برای دوره‌ی پایه (۱۹۹۱-۲۰۱۵) در دشت روضه چای

نتیجه‌گیری

مدل آب و هوایی *ACCESS1-0* از سری مدل‌های گزارش پنجم *ICCP* تحت سه گاز اصلی گلخانه‌ای سناریوهای انتشار *A2*، *B1* و *A1B* استفاده شد. ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی بر روی پارامترهای هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوضه روضه‌چای در دو دوره‌ی آتی برای همه ایستگاه‌های بارندگی و درجه حرارت انجام و شبیه‌سازی شد. به دلیل عدم قطعیت‌های مختلف *GCM* و انتشار سناریوها، داده‌های مشاهده، وضوح متمایز هر مدل در هر واحد، روش‌های حاکمیت معادلات و شرایط مرزی و عدم اطمینان باعث شد خروجی‌های مختلفی را برای مدل‌ها به دست می‌آید. نتایج نشان داد که تغییرات دما در دوره *RCP8.5* (۲۰۵۰-۲۰۲۰) در ایستگاه کلهر تحت سناریوی *RCP8.5* بیش‌تر از سناریوی *RCP4.5* بوده و بیش‌ترین تغییرات افزایش دمایی، در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس به میزان ۲/۴۷، ۳/۶۳ و ۱/۲۹ درجه سانتی‌گراد تحت سناریوی *RCP8.5* نسبت به داده‌های مشاهداتی حاصل شد. بر خلاف دما، بارش روند نامنظم افزایش و کاهش را در منطقه نشان می‌دهد و مشاهده می‌شود که متوسط ماهانه بارندگی در دشت در این دوره در سناریوی *RCP8.5* در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل، می، جون، نوامبر و دسامبر کمتر از مقدار مشاهداتی بوده و در سناریوی *RCP8.5* فقط در ماه‌های می و سپتامبر میزان بارندگی کاهش یافته است. تغییرات دما در دوره (۲۰۵۳-۲۰۸۵) در این دشت تحت سناریوی *RCP8.5* بیش‌تر از سناریوی *RCP4.5* بوده و بیش‌ترین تغییرات افزایش دمایی، در ماه سرد دمای هوا بیش‌تر مشاهده شد. هم‌چنین در این دوره متوسط ماهانه بارندگی در سناریوی *RCP8.5* در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل، می، جولای و دسامبر کمتر از مقدار بارندگی مورد مشاهداتی در منطقه بوده و تایید کننده کاهش بارندگی می‌باشد. مدل بارش- رواناب *IHACRES* برای داده‌های مشاهداتی دو ایستگاه هیدرومتری، داده‌های تغییر اقلیم دو سناریوی انتشار *RCP8.5* و *RCP4.5* مورد ارزیابی قرار گرفت بدین منظور دوره‌ی کالبراسیون مدل از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۳ در نظر گرفته شد. نتایج مدل‌سازی رواناب حوضه با مدل بارش- رواناب *IHACRES* در مرحله واسنجی مطابق معیارهای ارزیابی نشان داد که مدل برای شبیه‌سازی دبی حوضه روضه‌چای برای دوره‌ی پایه توانایی بالایی داشته و برای شبیه‌سازی دوره‌های آتی برای ایستگاه هیدرومتری

گویج‌لی سناریوی *RCP8.5* با ضریب همبستگی برابر ۰/۷۱ بالاترین توانایی به دست آمد اما برای سایر دوره‌های آتی مدل در شبیه‌سازی جریان آب سطحی حوضه رودخانه روضه‌چای کارایی ندارد. این امر به دلیل افزایش دما و کاهش بارندگی در سناریوی *RCP8.5* دانست چون این دو پارامتر از متغیرهای ورودی به مدل بوده و در خروجی مدل تاثیرگذار است. تراز آب زیرزمینی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی محاسبه و نتایج نشان داد که در دوره‌ی پایه نسبت به دوره‌های آتی دارای همبستگی بیش‌تر بوده و از مقایسه تراز سطح آب زیرزمینی سناریوی *RCP4.5* دوره‌ی کوتاه مدت (۲۰۲۰-۲۰۵۲) نسبت به سایر دوره‌ها بالاترین ضریب همبستگی به میزان ۰/۷۱ حاصل شد.

منابع

- جعفرپور، ش. و کانونی، ا. (۱۳۹۴) سناریوهای تغییر اقلیم در گزارش پنجم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم و مقایسه آن با گزارش قبلی، دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط‌زیست، اردبیل دانشگاه محقق اردبیلی.
- صیاحی، ث.، شهبازی، ع. و خادمی، خ. (۱۳۹۶) پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر رواناب ماهانه حوضه دز با استفاده از مدل *IHACRES*. فصلنامه تخصصی علوم و مهندسی آب، دوره ۱۵، شماره ۷، ص ۷-۱۸.
- قربانی، خ.، سهرابی، ا.، سالاری جزی، م. و عبدالحسینی، م. (۱۳۹۵) پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر روند دبی ماهانه رودخانه با بکار بردن مدل هیدرولوژیکی *IHACRES* (مطالعه موردی: حوضه آبریز گالیکش). حفاظت منابع آب و خاک، دوره ۴، شماره ۵، ص ۱۹-۳۴.
- ضرغامی، م.، حسن‌زاده، ی.، بابائیان، ا. و کنعانی، ر. (۱۳۸۹) مطالعه تغییر اقلیم و اثرات آن بر خشکسالی استان آذربایجان شرقی. نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب.
- کمال، ع. ر.، مساح بوانی، ع. ر. و گودرزی، م. ر. (۱۳۸۸) ارزیابی اثرات هیدرولوژی اقلیم بر حوضه قره‌سو. دومین همایش ملی سدسازی.
- شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان غربی (2012b) مطالعات به روزرسانی موجودی منابع آب، مناطق مطالعه حوضه دریاچه ارومیه، منتهی به سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۲، جلد ۵.
- شرکت حفاری آب نوین ارومیه (۲۰۰۶) اکتشاف و بهره‌برداری از سیستم ثبت زمین‌شناسی، امور آب ارومیه.
- Mateus, M. C., and Tullós, D. (2016) Reliability, sensitivity, and vulnerability of reservoir

- Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1-36.
- Ouyang, F., Zhu, Y., Fu, G., Lü, H., Zhang, A., Yu, Z., Chen, X (2015) Impacts of climate change under CMIP5 RCP scenarios on streamflow in the Huangnizhuang catchment. *Stochastic Environmental Research and risk assessment*, 66(7): 1751-1765.
- Sayadi, A., Beydokhti, N. T., Najarchi, M., Najafzadeh, M. M (2019) Investigation into the Effects of Climatic Change on Temperature, Rainfall, and Runoff of the Doroudzan Catchment, Iran, Using the Ensemble Approach of CMIP3 Climate Models. *Advances in Meteorology*.
- Wood, E. F., Sivapalan, M., Beven, K., Band, L (1988) Effects of spatial variability and scale with implications to hydrologic modeling. *Hydrology*, 102: 29-47.
- Jakeman, A. J., Hornberger, G. M (1993) How much complexity is warranted in a rainfall-runoff model, *journal Water Resources Research*, 29(8): 2637-2649.
- Littlewood, L. G., Clarke, R. T., Collischonn, W Croke, B. F. W (2007) Predicting daily Streamflow using rainfall forecasts, a simple loss module and unit hydrographs: Two Brazilian catchments. *Environmental Modeling and Software*, 22: 1229-1239.
- Croke, B. F. W., Jakeman, A. J (2004) A catchment moisture deficit module for the IHACRES rainfall runoff model. *Journal. of The Environment Modeling & Software*, 19: 1-5.
- Croke, B. F. W., Andrews, F., Spate, J., and Cuddy, S. M (2005) IHACRES user guide. Technical Report 2005/19. Second Edition. iCAM, School of Resources, Environment and Society, The Australian National University, Canberra.
- Croke, B. F. W., and Jakeman, A. J (2008) Use of the IHACRES rainfall-runoff model in arid and semiarid regions, P 41-48, In: Wheatear, H. S. Sorooshian, S. Sharma, K. D. (Eds.): *Hydrological Modeling in Arid and Semi-arid Areas*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Motovilov, Y. G., Gottschalk, L., Engeland, K., Rohde, A (1999) Validation of a distributed hydrological model against spatial observations. *Agriculture and Forest Meteorology*, 98 (99): 257-277.
- operations under climate change. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 143(4): p. 04016085.
- Kaveh, A (1995) *Structural Mechanics: Graph and Matrix Methods*, Research Studies Press (John Wiley), Exeter, U.K., 1992 (first edition), 1995 (second edition), 2004 (third edition).
- Kalteh, A. M (2013) Monthly river flow forecasting using artificial neural network and support vector regression models coupled with wavelet transform, *Computers & Geosciences*, 54: 1-8.
- IPCC (2001) *Climate change. The science of climate change. Contribution of working group I to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Eds. Houghton, J. T., Filho, L.G.M., Callander, B.A., Harris, N., Attenberg, A. and Maskell K (2001) Cambridge University Press, Cambridge, 572p.
- Doll, P., Hoffmann-Dobreva, H., Portmanna, F. T., Siebert, S., Eickerc, A., Rodell, M (2012) Impact of water withdrawals from groundwater and surface water on continental water storage variations. *Journal of Geodynamics*, 59 (60): 143-156.
- Bell, A., Zhu, T., Xie, H., Ringler, C (2014) Climate-water interactions-Challenges for improved representation in integrated assessment models. *Energy Economics*, 46: 510-521.
- IPCC (2001) *Technical summary*. In: *Climate change: Impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analyses*, eds. Watson, R. T., Zinyowera M. C. and Moss R. H., contribution of working group to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge university press, Cambridge, 1-53.
- Erturk, A., Ekdal, A., Gürel, M., Karakaya, N., Guzel, C., and Gönenç, E (2014) Evaluating the impact of climate change on groundwater resources in a small Mediterranean watershed. *Science of the Total Environment*, 499: 437-447.
- IPCC (2007) *Climate Change 6007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Exit EPA Disclaimer Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: M. L. Parry, et al (eds). Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. 676p.
- IPCC (2014) *Summary for policymakers*. In: *Climate Change 6014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C.

The effect of climate change on surface and groundwater resources in Rozeh Tea Plain

E. Abbas Novinpour^{1*}, F. Sadeghi Aghdam² and M. Kaki³

1- Assist. Prof., Dept., of Geology, Faculty of sciences, Urmia University, Urmia

2- Ph. D. (graduated), of Hydrogeology, Dept., of Environment Recourse, Tabriz University, Tabriz

3- M. Sc., water resource management, Dept., of Agriculture, Tabriz University, Tabriz

** e.abbasnovinpour@urmia.ac.ir*

Recieved: 2020/4/5 Accepted: 2020/8/26

Abstract

Freshwater is a vulnerable, limited, and vital resource. Today, the increasing global population and declining water resources are one of the most important challenges facing mankind. Water resources can directly affect socio-economic growth and development, they can serve as the foundation for development activities. One of the most important issues of the current century is the issue of global warming, which is exacerbated by the impact of greenhouse gases and is expected to cause changes in climate variables. The purpose of this study was to investigate the changes in surface water flow and groundwater level in the Razavachai plain of West Azarbaijan province. Accordingly, IHACRES runoff rainfall model and artificial neural network were used. For this purpose, precipitation data, mean temperature, surface water flow of Rozhay-Chai River and groundwater level of the region were used. In the present study, using the ACCESS1_0 model, the fifth report under climate scenarios 4.5 and 8.5, temperature and precipitation variations in two periods (2020–2052), (2053–2085) were investigated. The results showed that in the region the temperature changes under RCP8.5 scenario were higher than the RCP4.5 scenario and the precipitation decreased in the expected months. The rainfall-runoff model performed better in predicting the flow of the Rozhachai River in the base period than in the next period and showed a correlation coefficient greater than 0.5. The model performed better in baseline prediction of groundwater level with artificial neural network. Finally, in the distant future, the effects of greenhouse gases have a stronger signal and increase temperatures and reduce precipitation.

Keywords: *Greenhouse gas, Groundwater level, RCP scenario, Surface water flow*