



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد هجدهم، شماره سوم، ۱۳۹۰

www.gau.ac.ir/journals

بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر میزان بارش در حوضه سد گلستان

صالح مهدی‌زاده^۱، * مهدی مفتاح‌هلقی^۲، سمانه سید قاسمی^۳ و ابوالفضل مساعدی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستادیار گروه مهندسی آب،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه صنعتی شریف،

^۳ دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱

چکیده

تغییر اقلیم جهانی به دلیل انباشت گازهای گلخانه‌ای در لایه‌های پایینی در حال وقوع می‌باشد. این گازها در سطح جهان در حال افزایش است که علت آن فعالیت‌های بشر شامل سوزاندن سوخت‌های فسیلی (آزادسازی دی‌اکسیدکربن) و قطع درختان جنگل (جذب دی‌اکسیدکربن) می‌باشد. برای پیش‌بینی تغییرات اقلیم در آینده از مدل‌های اقلیم جهانی یا مدل‌های چرخش عمومی استفاده می‌گردد. پیش‌بینی مدل‌های اقلیمی افزایش متوسط دمای کره زمین را از ۱ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۱۰۰ نشان می‌دهد. یکی از مهم‌ترین مسائل در مدیریت و برنامه‌ریزی در مدیریت منابع آب پیش‌بینی بارش می‌باشد. در این پژوهش روشی برای کوچک مقیاس کردن داده‌های خروجی مدل‌های تغییر اقلیم با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی ارائه گردید. سپس این داده‌ها برای پیش‌بینی میزان بارش روزانه استفاده شد. در این پژوهش تأثیرات تغییر اقلیم بر بارش در ایستگاه کریم‌ایشان (با اقلیم مرطوب) و رباط قریبل (با اقلیم نیمه خشک) واقع در حوضه سد گلستان در استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت. مدل چرخش عمومی مورد استفاده در این پژوهش مدل CGCM3 می‌باشد که برای ۲ سناریوی A2 و B1 برای دو بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ اجرا گردید. دوره زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ به‌عنوان دوره پایه انتخاب شد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد میانگین بارش ماهیانه

*مسئول مکاتبه: meftah_20@yahoo.com

در ایستگاه کریم ایشان در فصل پاییز و زمستان تا ۴۳ میلی‌متر افزایش و در بهار و تابستان تا ۲۳ میلی‌متر کاهش و در ایستگاه رباط قریبیل در پاییز و زمستان تا ۳۲ میلی‌متر افزایش و در بهار و تابستان تا ۱۱ میلی‌متر کاهش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، حوضه سد گلستان، مدل‌های چرخش عمومی، روش شبکه عصبی، کوچک مقیاس کردن.

مقدمه

تغییر اقلیم، تغییر متوسط شرایط جوی در یک مکان یا ناحیه خاص می‌باشد. تشخیص تغییرات اقلیمی^۱ از تغییرپذیری اقلیم^۲ به‌خصوص در اقلیم‌های فصلی به شدت مشکل است. تغییرپذیری اقلیمی تفاوت‌های میان میانگین حالت‌های جوی از همان نوع می‌باشد (هوگت، ۱۹۹۷). میانگین دمای سطح زمین بر اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای در حال افزایش است به‌طوری‌که سناریوهای اخیر هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم^۳ افزایش متوسط جهانی دما را ۰/۷۶ درجه سانتی‌گراد در قرن گذشته و ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتی‌گراد در قرن حاضر پیش‌بینی می‌کنند. علاوه بر تغییر در میانگین متغیرهای اقلیمی، تغییر در مقادیر حدی بارندگی نسبت به مقادیر گذشته آن نیز از دیگر پیامدها خواهد بود که به معنای افزایش شدت در سال‌های خشک یا مرطوب می‌باشد (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷).

بارندگی و دما دو عامل اثرگذار بر بسیاری از فرآیندهای مرتبط با مدیریت منابع آب هستند که تغییر در رواناب و نیاز آبی از مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد. رشد جمعیت و مصرف سرانه آب و از طرفی تغییرات اقلیمی، افق‌هایی از عمران‌های آبی را در آینده‌ای نه چندان دور پیش رو می‌گذارد. فائق آمدن بر این بحران‌ها و کاهش اثرات سوء آن‌ها، تنها در سایه مدیریت و برنامه‌ریزی در بهره‌برداری بهینه از منابع آب و با اتکاء به دانش روز عملی می‌باشد. مدیریت منابع آب در حالت کلی شامل دو رکن اساسی برآورد میزان تقاضای آب و پیش‌بینی جریان است. برآورد نیازهای پایین دست امری نسبتاً راحت می‌باشد، زیرا میزان آب کشاورزی مورد نیاز با در نظر گرفتن اراضی آبی زیرکشت پایین دست و نیاز آبی محصولات در ماه‌های مختلف قابل محاسبه است. آنچه مساله را دشوار می‌سازد، پیش‌بینی

1- Climate change

2- Climate variation

3- IPCC: International panel of climate change

جریان رودخانه در ماه‌های آینده می‌باشد. برای پیش‌بینی جریان رودخانه باید در ابتدا بارش برای ماه‌های آینده پیش‌بینی گردد. ایران با متوسط نزولات جوی ۲۶۰ میلی‌متر در سال از کشورهای خشک جهان و دارای منابع آب محدود است. عواملی همچون رشد جمعیت، نیاز به غذای بیشتر، ضرورت ارتقای سطح بهداشت و رفاه اجتماعی، توسعه صنعتی و حفاظت اکوسیستم‌ها، تقاضای آب را روز به روز بیشتر می‌کند. با توجه به رشد جمعیت در ایران، سرانه منابع آب تجدید شونده سالانه که در سال ۱۳۳۵، ۷۰۰۰ مترمکعب بوده، در سال ۱۳۷۵ به ۲۰۰۰ مترمکعب کاهش یافته و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۱۴۰۰ به حدود ۸۰۰ مترمکعب کاهش یابد که پایین‌تر از مرز کم آبی (۱۰۰۰ مترمکعب) است. با توجه به تقسیم‌بندی سازمان ملل متحد، در سال یادشده ایران نه تنها شرایط تنش و فشار ناشی از کمبود آب را تجربه خواهدکرد، بلکه وارد شرایط کمیابی شدید آب می‌گردد (تجربشی و ابریشم‌چی، ۲۰۰۶).

پیش‌بینی تغییر اقلیم با پیش‌بینی چند روزه وضع هوا و یا پیش‌بینی فصلی تفاوت زیادی دارد. تغییر اقلیم برای مدت زمان‌های طولانی چند ساله بوده و بنابراین لازم است در طول این مدت تمام گزینه‌هایی که تغییر و یا احتمالاً تغییر می‌کنند را مدنظر قرار دهیم. در پیش‌بینی وضع هوا تنها با جو زمین سرو کار داریم، در پیش‌بینی فصلی علاوه بر جو زمین وضعیت اقیانوس‌ها نیز در نظر گرفته شده و بالاخره در پیش‌بینی اقلیم مجموعه جو، زمین، اقیانوس‌ها، خشکی‌ها، پوشش یخ، جنگل‌ها، آتشفشان‌ها، زلزله، انسان‌ها، تکنولوژی و... دخالت دارند. در واقع هرچه پیش‌بینی بلند مدت‌تر باشد، پارامترهای بیشتری را باید در پیش‌بینی دخالت دهیم (پاچوری و زرینگر، ۲۰۰۷).

مدل‌های اقلیمی بحث جدیدی است که بیشتر از ۳۰ سال از عمر آن نمی‌گذرد. هر مدل اقلیمی تلاش می‌کند تا فرآیندهایی که روی اقلیم تأثیر می‌گذارند را شبیه‌سازی کرده و بر اساس آن اقلیم را برای سال‌های آینده پیش‌بینی کند. چون پیش‌بینی وضعیت اقلیم آینده تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم به‌طور قطعی ممکن نمی‌باشد، راه‌حل جایگزین مشخص کردن امکان‌های رخداد گوناگون برای آن است که سناریوی اقلیمی نامیده می‌شود. در حال حاضر معتبرترین ابزار جهت تولید این سناریوها مدل‌های چرخش عمومی^۱ می‌باشد. این مدل‌ها بر پایه قوانین فیزیکی بوده که به‌وسیله روابط ریاضی در یک شبکه سه‌بعدی در سطح کره‌زمین حل می‌شوند. در تمام این مدل‌ها هشت متغیر سطحی

1- GCM: General Circulation Model

اقليمی شامل ميزان بارندگی، میانگین فشار سطح دریا، تابش خورشیدی، دمای میانگین، دمای نقطه شبنم، دمای هوای حداقل، دمای هوای حداکثر و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری تا سال ۲۱۰۰ تحت سناریوهای مختلف انتشار شبیه‌سازی شده‌اند. سناریوهای انتشار دربرگیرنده اطلاعاتی از وضعیت اقتصادی-اجتماعی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر کره زمین است. هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم سری اول سناریوهای انتشار را در سال ۱۹۹۲ با نام IS92 و سری جدید سناریوهای انتشار را در سال ۱۹۹۶ به‌منظور به روز کردن و جایگزینی سناریوهای قبلی با نام SRES ارائه کرد. در مجموع ۴۰ سناریوی متفاوت در برگیرنده طیف وسیعی از میزان جمعیت انسان در آینده و عوامل اقتصادی و تکنولوژیکی موثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق ارائه شده است. از این سری سناریوها می‌توان به سناریو A2 و B1 اشاره نمود. سناریو A2 بر پایه تقویت نیروهای جمعیتی منطقه ای، رشد زیاد جمعیت (۱۵ میلیارد نفر تا سال ۲۱۰۰) و سرعت کمتر در پیشرفت اقتصادی می‌باشد. در سناریو B1 افزایش جمعیت تا سال ۲۰۵۰ افزایش پیدا کرده و به ۹ میلیارد نفر می‌رسد. تکنولوژی‌های جدید و به‌ویژه اطلاعاتی به‌شدت رشد می‌نماید و به مردم خدمات ارائه می‌دهند. دی‌اکسید کربن موجود در سال ۲۱۰۰، ۲۰ درصد نسبت به حال حاضر افزایش پیدا می‌کند. این مدل‌ها در مراکز مختلف جهان اجرا شده و تحت عناوین مختلف در دسترس می‌باشند. این مدل‌ها وابسته به زمان و دارای شبیه‌سازی‌های عددی سه‌بعدی شامل حرکات جوی، تبادلات گرمایی و اندرکنش‌های یخ-اقیانوس-خشکی است. این مدل‌ها در مراکز مختلفی اجرا شده اند که برخی از آن‌ها عبارتند از: CSIRO_Mk2 در مرکز تحقیقاتی CSIRO در استرالیا، مدل ECHAM3, ECHAM4 در مرکز تحقیقاتی DKRZ در آلمان، HADCM2, HADCM3 در مرکز تحقیقاتی HCCPR در انگلیس و مدل CGCM2, CGCM3 در مرکز CCCMA در کانادا. از آنجایی که خروجی مدل‌های چرخش عمومی معتبرترین روش جهت مطالعات تغییر اقلیم می‌باشد و از طرفی خروجی این مدل‌ها دارای دقت مکانی و زمانی کافی برای مطالعات تأثیر تغییر اقلیم بر سیستم‌های هیدرولوژی نمی‌باشد لازم است داده‌های خروجی مدل‌های چرخش عمومی کوچک مقیاس گردند (گراهام همکاران، ۲۰۰۷).

روش‌های مختلفی برای کوچک مقیاس کردن داده‌های بارش وجود دارد. این روش‌ها شامل روش‌های دینامیکی^۱ و روش‌های آماری می‌باشد (ویلی و همکاران، ۲۰۰۴). روش‌های دینامیکی جزء

روش‌های هزینه بر بوده که در ایران در دسترس نمی‌باشد. معتبرترین ابزار جهت کوچک مقیاس کردن داده‌های مدل چرخش عمومی در کشور ما استفاده از روش‌های آماری می‌باشد (صمدی و همکاران، ۲۰۰۷). در روش‌های دینامیکی، مدل‌های اقلیمی شرایط مرزی را برای مدل‌های ترکیبی جو-زمین با قدرت تجزیه مکانی بالا فراهم می‌کنند. این مدل از نظر تئوری همان روش مدل‌های اقلیمی را دنبال می‌کند و تنها تفاوت آن‌ها این است که از شبکه‌بندی کوچکتری استفاده می‌کنند، بنابراین همان پیچیدگی‌های مدل‌های اقلیمی را دارند. کوچک مقیاس کردن آماری شامل توسعه روابط بین متغیرهای بزرگ مقیاس (پیش‌بینی کننده) و متغیرهای سطحی محلی (پیش‌بینی شونده) است. سه روش اصلی کوچک مقیاس کردن آماری عبارتند از روش طبقه‌بندی هواشناسی، روش مولدهای هواشناسی و روش مولدهای رگرسیونی. روش مولدهای رگرسیونی شامل روش‌های رگرسیون خطی، روش شبکه عصبی مصنوعی، روش همبستگی CCA^۱ و روش کریجینگ می‌باشد. در شکل عمومی در روش‌های آماری، پیش‌بینی شده‌ها به‌عنوان تابعی از پیش‌بینی کننده‌ها مطرح می‌شوند. انواع دیگری نیز مانند رابطه بین پیش‌بینی کننده‌ها و پارامترهای توزیع آماری پیش‌بینی شونده‌ها یا فراوانی مقادیر حدی پیش‌بینی شده‌ها نیز به کار رفته‌اند (آذرانفر و همکاران، ۲۰۰۶). تحقیقات متعددی در رابطه با تغییر اقلیم و تاثیر آن بر منابع آب صورت گرفته است. عباس‌پور و همکاران (۲۰۰۹)، در پژوهشی به بررسی تاثیرات تغییر اقلیم بر منابع آب ایران پرداختند. آن‌ها با استفاده از خروجی مدل CGCM3^۲ بارش و دما را برای قرن ۲۱ مدل‌سازی نمودند. در این پژوهش داده‌های مدل چرخش عمومی با استفاده از یک روش آماری ساده برای مناطق مختلف ایران کوچک مقیاس گردید. تغییرات بارش در مناطق خشک و مرطوب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشانگر تغییرات مثبت و منفی در میزان بارش در ایستگاه‌های مختلف بود. کارآموز و همکاران (۲۰۰۹)، با استفاده از خروجی مدل HadCM3 تأثیر روش‌های کوچک مقیاس کردن آماری را بر بارش در جنوب شرقی ایران بررسی نمودند. روش‌های مورد استفاده، روش رگرسیون چند متغیره، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و شبکه عصبی المان می‌باشد. نتایج نشان داد روش رگرسیون چند متغیره نتایج بهتری نسبت به روش شبکه عصبی خواهد داشت. همچنین در پژوهشی که توسط ژائو و همکاران (۲۰۰۵)، در آفریقای جنوبی انجام گردید، واکنش متغیرهای اقلیمی این منطقه به افزایش گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش از

1- Canonical Correlation Analysis

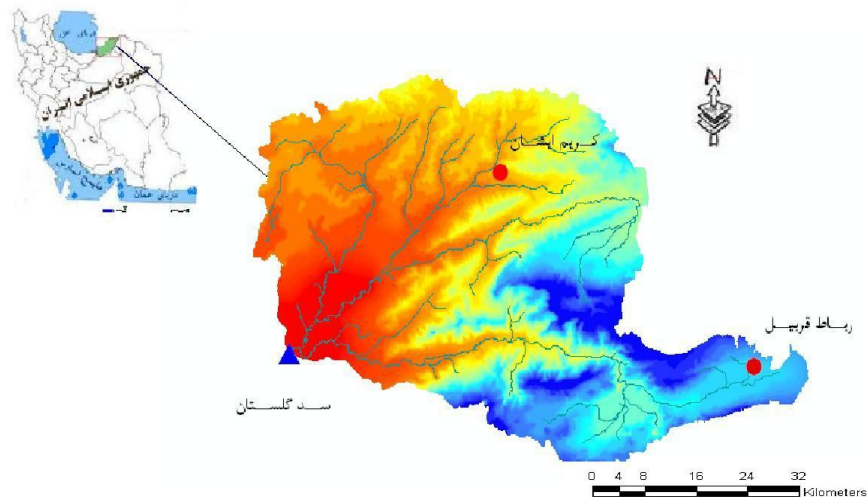
2- The Third Generation Coupled Global Climate Model

خروجی ۳ مدل چرخش عمومی و سناریو B2 استفاده گردید. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌داد که تا پایان قرن ۲۱، بارندگی در بیشتر مناطق جنوبی آفریقای جنوبی، به میزان ۸/۲ درصد کاهش خواهد یافت (ژائو و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج مطالعات انجام شده بر روی روش‌های کوچک مقیاس کردن داده‌های خروجی مدل چرخش عمومی نشان داد، مطالعات در سطح ایستگاهی دارای اطمینان بیشتری می‌باشند. همچنین داده‌های روزانه بارش نتایج بهتری در کوچک مقیاس کردن خواهد داشت. وی نشان داد روش‌های آماری-رگرسیونی در کوچک مقیاس کردن داده‌های روزانه عملکرد بهتری دارند (صمدی و همکاران، ۲۰۰۷). اندرسون و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی تاثیر تغییر اقلیم بر هیدرولوژی را در حوضه رودخانه دنیش با استفاده از یک مدل چرخش عمومی تحت سناریو A2 برای دو دوره زمانی مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی ۶ حوضه با مساحت‌های مختلف انتخاب گردید. نتایج نشان داد بارش سالیانه ۴۷ میلی‌متر افزایش خواهد یافت (اندرسون و همکاران، ۲۰۰۶). گنزالس‌روکو و همکاران در سال ۲۰۰۰ با استفاده از خروجی مدل چرخش عمومی به بررسی مطابقت روند تغییرات بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در جنوب غرب اروپا پرداخت. در این پژوهش با استفاده از روش آماری خروجی مدل‌های چرخش عمومی کوچک مقیاس گردید. نتایج افزایش بارش در تمامی منطقه جز ساحل شمالی منطقه را نشان می‌داد. همچنین آن‌ها نشان دادند روند تغییرات بارش در دهه‌های آینده با روند تغییرات بارش مشاهداتی مطابقت دارد. آذرانفر و همکاران در سال ۲۰۰۶ به بررسی تغییرات بارش و دما در قرن ۲۱ در حوضه زاینده رود پرداختند. در این پژوهش داده‌های خروجی مدل CGCM2 با استفاده از روش آماری کوچک مقیاس گردید. نتایج شبیه‌سازی بارش در منطقه مورد مطالعه بیانگر افزایش بارش در ماه‌های دسامبر و ژانویه بود. در گزارش سوم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم آمده است که بارش در زمستان مناطق با عرض‌های میانی در نیمکره شمالی، شمال عرض‌های میانی، و قطب جنوب افزایش داشته و بیشترین افزایش مربوط به عرض‌های شمالی نیم‌کره شمالی می‌باشد. همچنین مناطق حاره‌ای آفریقا نیز افزایش بارش داشته ولی در مناطق جنوب شرق آسیا تغییرات اندک و در آمریکای مرکزی و استرالیا کاهش بارش خواهد داشت. مناطق آسیای جنوبی و مدیترانه افزایش و یا تغییرات اندک در تابستان خواهد داشت. در مورد آسیای مرکزی و ایران می‌توان گفت در زمستان افزایش اندک (۵ تا ۲۰ درصد) و در تابستان کاهش اندک (۵ تا ۲۰ درصد) خواهد داشت. همچنین در این گزارش علمی آمده است تعداد دوره‌های خشک‌سالی در اروپا، شمال آمریکا و استرالیا افزایش خواهد یافت (هیات بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۱). هدف از انجام این پژوهش

بررسی تغییرات میانگین بارش ماهیانه در قرن ۲۱ با استفاده از ۲ سناریوی تغییر اقلیم با استفاده از خروجی مدل‌های چرخش عمومی در ۲ ایستگاه واقع در حوضه سد گلستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه حوضه سد گلستان می‌باشد. این حوضه دارای مساحتی برابر با ۵۵۰۰ کیلومتر مربع بوده که قسمت اعظم آن در استان گلستان و مقداری از آن جزء استان خراسان شمالی است. ایستگاه‌های مورد استفاده در این حوضه، ایستگاه باران‌سنجی کریم ایشان با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۷۲ دقیقه شمال و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۶۳ دقیقه شرق و میانگین بارش سالیانه ۵۳۰ میلی‌متر و ایستگاه باران‌سنجی رباط قریبیل با طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۱۸ دقیقه شمال و عرض ۳۷ درجه و ۲۱ دقیقه شرق و میانگین بارش ۲۱۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. موقعیت ایستگاه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. در این بررسی از داده‌های بارش روزانه ۲۱ ساله از سال ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۰ به‌عنوان دوره پایه استفاده شده است. داده‌های بارش روزانه بزرگ مقیاس خروجی مدل چرخش عمومی CGCM3 در این پژوهش برای ماه‌های مختلف میلادی به‌صورت جداگانه جهت پیش‌بینی بارش ماهیانه در منطقه مورد استفاده قرار گرفت. هر دو ایستگاه نام برده واقع در حوضه بالادست سد گلستان واقع گردیده است. حوضه سد گلستان در منطقه‌ای به عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۹۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۷۶ دقیقه شمالی و طول ۵۵ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی قرار دارد. این حوضه در یک سلول از مدل CGCM3 در فاصله ۵۳/۴۴ تا ۵۶/۲۵ شرقی و ۳۴/۸۸ تا ۳۷/۶۷ شمالی قرار می‌گیرد.



شکل ۱- نقشه استان گلستان و محل ایستگاه‌ها.

شبیه‌سازی بارش: در این پژوهش داده‌های بارش خروجی مدل CGCM3 به صورت روزانه به صورت بزرگ مقیاس از پایگاه مرکز کانادایی مدل‌سازی و تغییر اقلیم کانادا^۱ تهیه گردید. این مدل در گزارش چهارمین ارزیابی در سال ۲۰۰۷ انتشار یافت و جزء مدل‌های جدید می‌باشد. این مدل دارای دو نوع تفکیک‌پذیر T47 و T63 است. داده‌های خروجی بارش مورد استفاده در این پژوهش داده‌های روزانه بارش خروجی CGCM3 با تفکیک‌پذیری T63 می‌باشد. وضوح مکانی در مدل CGCM3 در خشکی $2/8 \times 2/8$ درجه بوده و دارای ۳۱ سطح ارتفاعی است. وضوح مکانی روی اقیانوس برای این مدل $0/94 \times 1/4$ درجه بوده و دارای ۲۹ سطح ارتفاعی می‌باشد که نسبت به مدل T47 دارای درجه تفکیک بالاتری است. سناریوهای مورد استفاده در این پژوهش سناریوهای A2 و B1 می‌باشند که برای دو دوره زمانی ۳۰ ساله سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ تهیه شد. داده‌های استخراج شده از خروجی مدل CGCM3 به صورت بزرگ مقیاس بوده و لازم است با توجه به منطقه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های منطقه‌ای کوچک مقیاس شوند. به این منظور از داده‌های بارش روزانه دو ایستگاه کریم کریمیان و رباط قره بیل به عنوان داده‌های مشاهداتی استفاده گردید. در

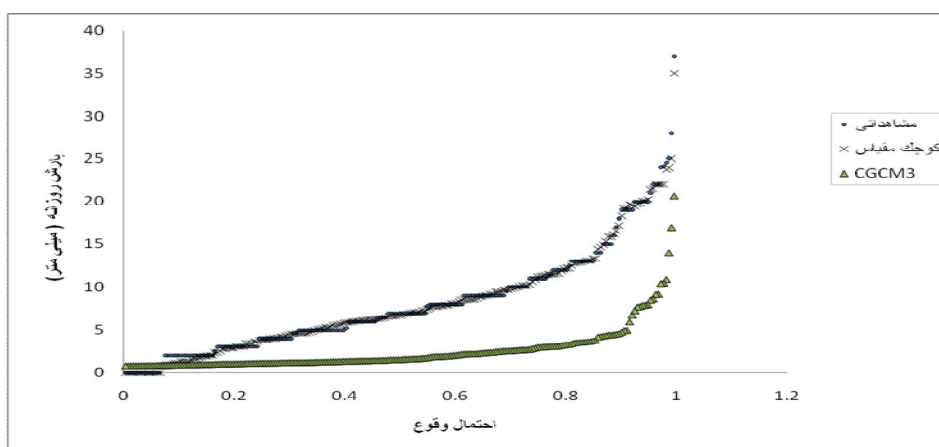
1- Canadian Center for Climate Modeling and Analysis Canada, (www.ipcc_data.org)

این پژوهش از روشی که دتینگر و همکاران (۲۰۰۴)، استفاده نمودند جهت کوچک مقیاس کردن داده‌های بارش استفاده شد. این روش جزء روش‌های آماری کوچک مقیاس کردن خروجی مدل‌های چرخش عمومی می‌باشد. با توجه به این که توابع توزیع احتمال داده‌های خروجی مدل‌های چرخش عمومی بر توزیع احتمال داده‌های تاریخی منطبق نمی‌باشد، با استفاده و توسعه توابع قطعی، داده‌های خام اصلاح می‌شوند تا تطابق لازم بین توابع توزیع احتمال به دست آید. در این روش داده‌های بارش مشاهداتی و پیش‌بینی شده برای دوره پایه به صورت نزولی (برای به دست آوردن احتمال وقوع برابر یا کمتر از) برای هر ماه و هر ایستگاه به صورت مستقل مرتب شده و با استفاده از روابطی مانند ویول احتمال وقوع برابر یا کمتر از محاسبه می‌گردد. شبکه عصبی مورد نیاز جهت شبیه‌سازی داده‌های بارش در محیط نرم‌افزار MATLAB نسخه ۷/۶ طراحی گردید. در این پژوهش از شبکه پرسپترون چند لایه با الگوریتم پس انتشار خطا استفاده شد. شبکه عصبی برای هر ماه با تعداد ۵ تا ۱۰ نرون و ۱ تا ۳ لایه نهان و تابع محرک تانژانت سیگموئید و لوگ سیگموئید طراحی و پس از سعی و خطا، شبکه با عملکرد بهینه انتخاب گردید. پس از اجرای شبکه عصبی برای هر ماه میلادی، تابع توزیع احتمال داده‌های خروجی مدل CGCM3 و داده‌های مشاهداتی و داده‌های کوچک مقیاس شده برای هر ایستگاه رسم شده و ضریب همبستگی داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده و مربع میانگین خطا محاسبه گردید. پس از اطمینان از صحت شبکه‌های طراحی شده از این شبکه‌ها به منظور پیش‌بینی بارش در آینده استفاده شد. به این منظور داده‌های خروجی مدل چرخش عمومی به عنوان ورودی به شبکه عصبی وارد گردید و بارش سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ به عنوان آینده نزدیک و ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ به عنوان آینده دور برای ۲ سناریو A2 و B1 با استفاده از شبکه‌های عصبی شبیه‌سازی گردید.

نتایج و بحث

برای اطمینان از صحت داده‌های بارش شبیه‌سازی شده توسط شبکه عصبی ۹۰ درصد داده‌های دوره مشاهداتی جهت آموزش و ۱۰ درصد جهت صحت‌سنجی مورد استفاده گرفت. ضریب همبستگی داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده بین ۰/۹۶۶ تا ۰/۹۹۷ مربع میانگین خطا بین ۰/۰۲۷ تا ۰/۷۸ می‌باشد. پس از آن تابع توزیع داده‌های بارش شبیه‌سازی شده، بزرگ مقیاس و داده‌های مشاهداتی رسم گردید. نتایج نشان داد تابع توزیع داده‌های شبیه‌سازی شده و داده‌های مشاهداتی همپوشانی مناسبی دارند. در شکل ۳ نتیجه کوچک مقیاس کردن داده‌های بارش در ایستگاه کریم

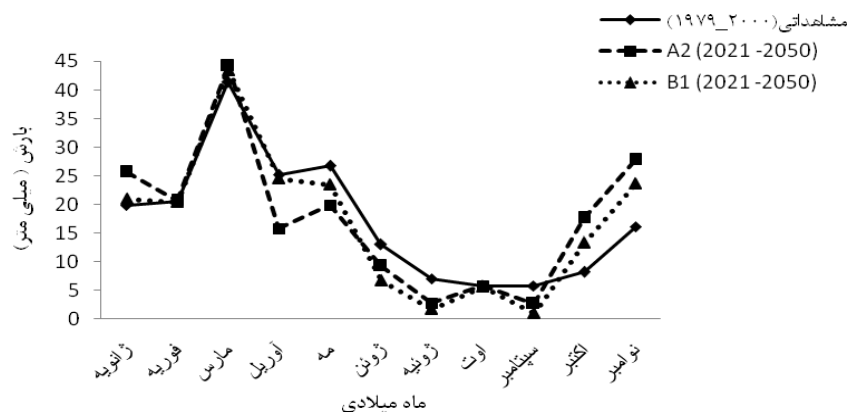
ایشان برای ماه ژانویه به صورت نمونه آورده شده است. مشاهده می‌گردد که تابع توزیع بارش خروجی مدل CGCM3 با بارش مشاهداتی متفاوت است، ولی پس از کوچک مقیاس کردن داده‌ها با روش ذکر شده برای هر ماه، داده‌های کوچک مقیاس شده و مشاهداتی هم‌پوشانی مناسبی دارند.



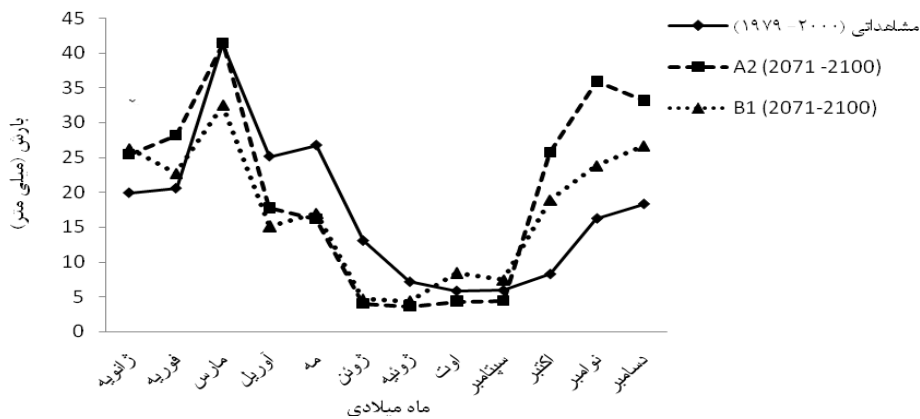
شکل ۳- تابع توزیع داده‌های مشاهداتی، CGCM3 و کوچک مقیاس شده بارش روزانه ایستگاه کریم ایشان در ماه ژانویه.

پس از شبیه‌سازی بارش و محاسبه میانگین ماهانه و سالیانه دراز مدت در ایستگاه کریم ایشان و رباط قریبیل با استفاده از داده‌های CGCM3، داده‌های شبیه‌سازی شده برای سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ و ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ برای ۲ سناریو A2 و B1 با داده‌های مشاهداتی دوره ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۰ مقایسه گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد به‌طور کلی بارش میانگین ماهیانه در هر دو ایستگاه در فصول تابستان و بهار کاهش و در فصول زمستان و پاییز افزایش نشان می‌دهد. در ایستگاه رباط قریبیل در دوره زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ بارش میانگین ماهیانه بلند مدت در فصل پاییز و زمستان افزایش و در فصول بهار و تابستان کاهش نشان می‌دهد. در ماه‌های فصل تابستان تا ۲۵ میلی‌متر کاهش و در زمستان و پاییز تا ۲۰ میلی‌متر کاهش بارش در میانگین ماهیانه مشاهده می‌گردد. در دوره زمانی ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ در این ایستگاه در فصول بهار و تابستان تا ۲۵ میلی‌متر کاهش و در فصول پاییز و زمستان تا ۴۵ میلی‌متر افزایش در ماه‌های مختلف رخ خواهد داد. الگوی تغییرات بارش در ایستگاه رباط قریبیل برای دو دوره زمانی ذکر شده در شکل‌های ۴ و ۵ آورده شده است. همچنین در جدول ۱ بارش متوسط ماهیانه بلند

مدت و بارش میانگین سالیانه هر دوره آورده شده است. بارش متوسط سالیانه در دوره زمانی ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ برای سناریو A2 حدود ۱۵ درصد نسبت به دوره مشاهداتی افزایش داشته و در بقیه موارد افزایش محسوسی مشاهده نمی‌گردد.



شکل ۴- الگوی تغییرات میانگین بارش برای دوره ۲۰۲۱-۲۰۵۰ و دوره مشاهداتی تحت سناریو A2 و B1 در ایستگاه رباط قریل



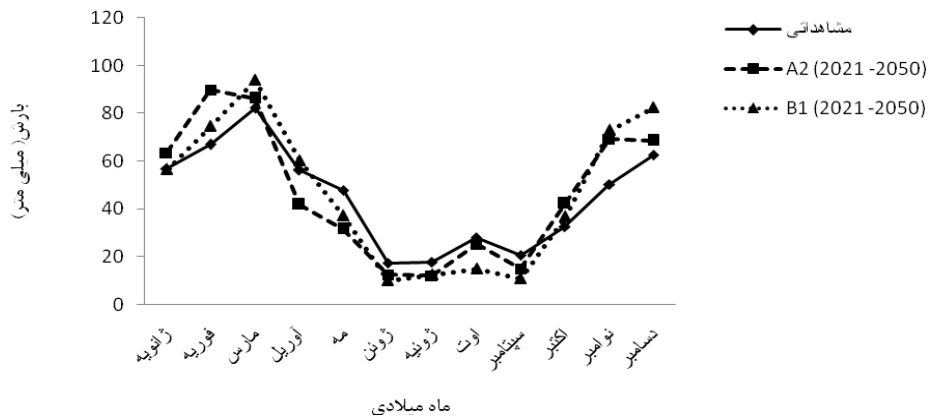
شکل ۵- الگوی تغییرات میانگین بارش برای دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱ و دوره مشاهداتی تحت سناریو A2 و B1 در ایستگاه رباط قریل.

جدول ۱- میانگین ماهانه دراز مدت داده‌های مشاهداتی بارش و سناریوهای A2 و B1 برای سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۵۰ برای ایستگاه رباط قریبل.

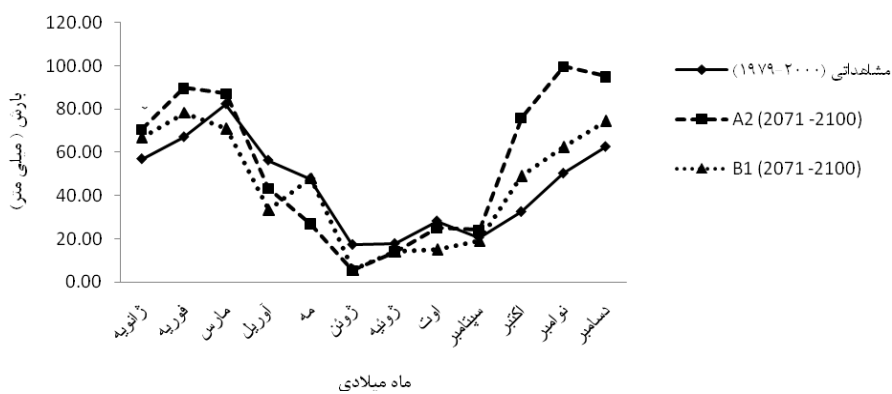
سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالیانه
A2 (2021-2050)	۲۵/۵	۲۰/۸	۴۳/۵	۱۶/۳	۱۹/۹	۹/۴	۲/۸	۷/۶	۲/۶	۱۷/۵	۲۷/۹	۲۱/۳	۲۱۴
B1 (2021-2050)	۲۰/۸	۲۱	۴۳/۷	۲۴/۳	۲۳/۴	۷/۱	۱/۶	۷/۷	۱/۱	۱۳/۱	۲۳/۶	۲۶/۶	۲۱۲
A2 (2071-2100)	۲۵/۴	۲۸/۳	۴۱/۸	۱۷/۷	۱۶/۳	۴/۱	۳/۶	۵/۹	۴/۷	۲۴/۳	۲۶/۵	۳۳/۴	۲۴۰
B1 (2071-2100)	۲۵/۳	۲۴/۱	۳۱/۹	۱۵/۸	۱۶/۸	۴/۸	۴/۵	۱۰/۱	۷/۵	۱۷/۸	۲۴/۲	۲۶/۷	۲۱۰
مشاهداتی (۱۹۷۹-۲۰۰۰)	۲۲/۲	۲۶/۷	۳۲/۲	۲۶/۷	۲۷/۳	۸/۷	۴/۱	۴/۹	۲/۹	۹	۱۸/۹	۲۳/۵	۲۰۸

در ایستگاه کریم ایشان نیز مانند ایستگاه رباط قریبل برای دوره زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ بارش میانگین ماهیانه بلند مدت در فصل پاییز و زمستان افزایش و در فصول بهار و تابستان کاهش می‌دهد. در ماه‌های فصل تابستان تا ۱۵ میلی‌متر کاهش و در زمستان و پائیز تا ۲۳ میلی‌متر کاهش بارش در میانگین ماهیانه مشاهده می‌گردد. در دوره زمانی ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ در این ایستگاه در فصول بهار و تابستان تا ۲۵ میلی‌متر کاهش و در فصول پائیز و زمستان تا ۵۰ میلی‌متر افزایش در ماه‌های مختلف رخ خواهد داد. الگوی تغییرات بارش در ایستگاه رباط قریبل برای دو دوره زمانی ذکر شده در شکل‌های ۶ و ۷ آورده شده است. همچنین در جدول ۲ بارش متوسط ماهیانه بلند مدت و بارش میانگین سالیانه هر دوره آورده شده است. بارش متوسط سالیانه در دوره زمانی ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ برای سناریو A2 حدود ۲۰ درصد نسبت به دوره مشاهداتی افزایش داشته و در بقیه موارد افزایش محسوسی مشاهده نمی‌گردد.

تغییرات الگوی بارش در ایستگاه رباط قریبل با توجه به اقلیم نیمه خشک منطقه محسوس‌تر می‌باشد. در این ایستگاه با بارش میانگین سالیانه ۲۰۸ میلی‌متر در بعضی از ماه‌های سال تا ۲ برابر نسبت به حال حاضر افزایش نشان می‌دهد. تغییرات الگوی بارش در این ایستگاه برای سناریو A2 با شدت بیشتری خواهد داشت. ایستگاه کریم ایشان دارای اقلیم مرطوب با بارش میانگین ۵۴۰ می‌باشد. در این ایستگاه نیز تغییرات در بارش برای سناریو A2 با شدت بیشتری رخ خواهد داد.



شکل ۶- الگوی تغییرات میانگین بارش برای دوره ۲۰۲۱ تا ۲۰۵۰ و دوره مشاهداتی تحت سناریو A2 و B1 در ایستگاه کریم ایشان.



شکل ۷- الگوی تغییرات میانگین بارش برای دوره ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ و دوره مشاهداتی تحت سناریو A2 و B1 در ایستگاه کریم ایشان.

جدول ۲- میانگین ماهانه دراز مدت داده‌های مشاهداتی بارش و سناریوهای A2 و B1 برای سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۵۰ برای ایستگاه کریم ایشان.

سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالیانه
A2 (2021-2050)	۶۴/۱	۸۹/۹	۸۵/۸	۴۱/۸	۳۳	۱۲/۶	۱۲/۱	۳۰/۳	۱۵/۱	۴۲/۳	۶۹/۵	۶۸/۸	۵۵۸
B1 (2021-2050)	۵۶/۳	۷۵/۷	۹۵/۲	۵۹/۹	۳۸	۹/۷	۱۳/۱	۲۰/۶	۱۱/۳	۳۷/۱	۷۲/۱	۸۲/۴	۵۶۴
A2 (2071-2100)	۶۵/۲	۸۱/۳	۷۰/۵	۳۴/۲	۴۹/۳	۵/۷	۱۴/۱	۲۰/۴	۱۸	۴۸/۸	۶۳	۷۵/۲	۶۵۶
B1 (2071-2100)	۷۰/۸	۸۹/۴	۸۹/۴	۴۲/۲	۲۸	۵/۶	۱۳/۸	۲۸/۱	۲۵/۹	۷۳/۵	۱۰۰	۹۶/۵	۵۳۸
مشاهداتی (۱۹۷۹-۲۰۰۰)	۵۷/۷	۶۹/۶	۷۹	۵۷/۶	۴۸/۲	۱۴/۷	۹/۸	۲۹/۸	۲۰/۱	۲۷/۹	۵۷/۲	۶۳/۸	۵۳۹

نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم در مناطق مختلف می‌تواند باعث کاهش، افزایش و یا عدم تغییر در بارش گردد. طبق پژوهشات انجام شده توسط عباسپور و همکاران (۲۰۰۹)، بارش در استان گلستان برای سناریوهای مختلف و دو دوره زمانی تا ۵۰ درصد افزایش نشان می‌دهد. همچنین طبق گزارش سوم هیات بین‌الدول تغییر اقلیم در سال ۲۰۰۱، در منطقه ایران، بارش در زمستان افزایش و در تابستان کاهش نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده توسط صمدی و همکاران (۲۰۰۸)، روش آماری رگرسیون غیر خطی (شبکه عصبی) جهت کوچک مقیاس کردن داده‌های بارش مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش که به منظور بررسی تغییرات بارش در حوضه سد گلستان انجام گردید، افزایش بارش در فصول پاییز و زمستان و کاهش بارش در بهار و تابستان مشاهده شد. داده‌های بارش مورد استفاده در این پژوهش از دو ایستگاه با ۲ اقلیم متفاوت نیمه خشک و مرطوب می‌باشد. نتایج در مورد هر دو اقلیم مرطوب و نیمه‌خشک توافق نشان می‌دهد و در هر دو ایستگاه مورد استفاده، بارش پیش‌بینی شده در نیمه اول سال کاهش و در نیمه دوم افزایش نشان می‌دهد. در مورد بارش سالیانه، نتایج نشان می‌دهد میزان بارش سالیانه، برای ایستگاه رباط قریبیل برای دوره زمانی ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ تحت سناریوی A2 تا ۱۵ درصد و برای ایستگاه کریم ایشان در دوره ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ و تحت سناریو A2 تا ۲۰ درصد افزایش خواهد یافت.

منابع

1. Abbaspour, K.C., Faramarzi, M., Seyed Ghasemi, S., and Yang, Y. 2009. Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. J. of Water Resources Research. 45: 1-16. (In Persian)

2. Andersen, H.E., Kronvang, B., Larsen, S.E., Hoffmann, C.Ch., Jensen, T.S. and Rasmussen, E.K. 2006. Climate-change impacts on hydrology and nutrients in a Danish Lowland river basin. *Science of the Total Environment*. 365: 223-237.
3. Azaranfar, A., Abrishamchi, A., and Tajrishi, M. 2006. Effect of climate change on precipitation and temperature in zayand rood watershed by GCM model output, 2th Iranian conference on Water Resources Management, industrial Esfahan University, 8p. (In Persian)
4. Dettinger, M.D., Cayan, D.R., Meyer, M., and Jeton, A.E. 2004. Simulated hydrologic responses to climate variations and change in the Merced, Carson, and American River basins, Sierra Nevada California, 1900-2099. *Climatic Change*. 62: 283-317.
5. Gonzalez-rouco, J.F., Heyen, H., Zorita, E., and Valero, F. 2000. Agreement between Observed Rainfall Trends and Climate Change Simulations in the Southwest of Europe, *American Meteorological Society*. 13: 3057-3065.
6. Graham, P., Hagemann, S., Juan, S., and Beniston, M. 2007. On interpreting hydrological change from regional climate models. *Journal of climatic change*. 81: 97-122.
7. Harpham, C., and Wilby, R.L. 2005. Multi-site downscaling of heavy daily precipitation Occurrence and amounts, *Journal of Hydrology*. 312: 235-255.
8. Huggett, R. 1997. *Environmental change*, Routledge, London: Pp. 102-128.
9. IPCC, 2001. *Climate change 2001, scientific basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
10. Karamouz, M., Fallahi, M., Nazif, S., and Rahimi Farahani, M. 2009. Long Lead Rainfall Prediction Using Statistical Downscaling and Arti-cial Neural Network Modeling, *Journal of Sharif*. 16: 165-172.
11. Pachauri, R.K., and Reisinger, A. 2007. IPCC. 2007b. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland. 104p.
12. Samadi, Z., Masah Bavani, A., and Mahdavi, M. 2007. Study of regression Downscaling methods effect on river flow regim, workshop on Climate change effects on Water Resources Management, Tehran, Iranian national committee on irrigation and drainage, 18p.
13. Tajrishi, M., and Abrishamchi, A. 2005. Demand management of water resources in Iran, Iranian conference on prevention waste methods of national resources, the academy of sciences of Iran, Tehran. 17p.
14. Wilby, R.L., Charles, S.P., Zorita, E., Whettin, P., and Mearns, L.O. 2004. Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods. IPCC. 27p.
15. Zhao, Y., Camberlin, P., and Richard, Y. 2005. Validation of a coupled GCM and projection of summer rainfall change over South Africa, using a statistical downscaling method, *Climate research*. 28: 109-122.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 18(3), 2011
www.gau.ac.ir/journals

Study of precipitation variation due to climate change (Case study: Golestan dam basin)

**S. Mahdi zadeh¹, * M. Meftah halghi¹, S. Seyyed Ghasemi³
and A. Mosaedi⁴**

¹M.Sc Water Resources Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Assistant Prof., Dept. of Water Engineering Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³M.Sc. Graduated Water Resources Eng. Sharif University of Technology, ⁴Associate Prof., Dept. of Rangeland and Watershed management, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 2010-4-7; Accepted: 2011-08-23

Abstract

Lower atmosphere. The global concentration of these gases is increasing, mainly due to human activities, such as the combustion of fossil fuels (which release carbon dioxide) and deforestation (because forests remove carbon from the atmosphere). Projections of future climate change are derived from global climate model or general circulation model (GCM) experiments. Climate model projections show an increase in the global mean air temperature by 1 to 3.5°C by 2100. One of the most important problems in the management and planning of water resources is forecasting of precipitation. This research explored the issues of downscaling the outputs of GCMs using an artificial neural network (ANN) approach. This data used in daily precipitation forecasting. This study focuses on the impact of climate changes on precipitation in the karimisaha (humid climate) and Robat gharebil station (semi-arid climate) in Golestan dam basin in Golestan. GCM model in this research is CGCM3. These data are derived from two scenarios, A2 and B1 for two periods: 2021-2050 and 2071-2100. Precipitation data for 1979 to 2000 period selected for base period. Result showed that Increase monthly average precipitation in winter and autumn to 43 mm in karim ishan station and 32mm in robat gharbil station and decrease in spring and summer to 23 mm in Karim ishan station and 11 mm in robat gharbl station.

Keywords: Climate change; Golestan dam basin; General Circulation Model; Artificial neural network; Downscaling

*Corresponding Author; Email: meftah_20@yahoo.com