جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

شرکت سهامی آب منطقه‌ای زنجان

کمیته تحقیقات

(طرح تحقیقات کاربردی)

خلاصه گزارش:

ارزیابی تغییر اقلیم آینده زنجان با منظور نمودن عدم قطعیت‌ها

سازمان مجری: دانشگاه آزاد اسلامی سنندج

مجریان: مطلّب بایزیدی، محمد رضا خزائی

زمستان ۱۳۹۵

چکیده:

در این تحقیق به ارزیابی تغییراقلیم آینده با منظور نمودن عدم قطعیت‌ها در استان زنجان در دومقیاس سالانه و روزانه پرداخته شده است. در مقیاس روزانه اثر تغییر اقلیم بر بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر ایستگاه زنجان با تحلیل عدم قطعیت‌های نوسانات طبیعی اقلیم و سناریوهای انتشار، ارزیابی شده است. با منظور نمودن این عدم قطعیت‌ها، نتایج دامنه وسیعی از حالات محتمل آینده را در بر می‌گیرد که در افزایش قابلیت اعتماد نتایج بسیار مهم است. برای کاهش مقیاس سناریوهای روزانه‌ی آینده از مدل استوکستیک LARS-WG استفاده شده است. خروجی‌های مدل CGCM۳ برای ایستگاه زنجان ریز مقیاس شده است. تحلیل عدم قطعیت سناریوهای انتشار، با مقایسه‌ی نتایج برای سه سناریوی A۱B، A۲، و B۱ که به ترتیب بیانگر حالات غلظت متوسط، زیاد و کم گازهای گلخانه‌ای هستند، انجام شده است. تحلیل عدم قطعیت نوسانات اقلیمی با مقایسه حدود ۹۰٪ تغییرات ۱۰۰ سری ۳۰ ساله‌ی تولید شده بوسیله مدل LARS-WG برای اقلیم حال و برای هر سناریوی انتشار اقلیم آینده انجام شده است. نتایج حاکی از افزایش قابل توجه میانگین‌های دمای حداقل و دمای حداکثر در اقلیم آینده است. علیرغم نوسانات اقلیم، پیش‌یابی می‌شود که در همه ماه‌های سال میانگین‌های دمای حداقل و دمای حداکثر روزانه ایستگاه زنجان افزایش یابد. به علاوه، عدم قطعیت سناریوهای انتشار در مقایسه با میزان افزایش دما اندک است. همچنین در اغلب ماه‌های سال انتظار می‌رود که مقدار بارش آینده در ایستگاه زنجان کاهش یابد، اما به دلیل نوسانات اقلیمی، افزایش مقدار بارش نیز با احتمال اندک ممکن است.

در مقیاس سالانه، اثر تغییر اقلیم بر میانگین مکانی بارش و دمای استان ارزیابی شده است و عدم قطعیت‌های نوسانات طبیعی اقلیمی، سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای و ساختار مدل‌های GCM در نتایج بررسی شده است.

برای تولید سری سالانه میانگین مکانی بارش استان، از داده‌های سالانه ایستگاه‌های هواشناسی نوژه، قزوین، زنجان ، رشت و حصار و برای تولید سری سالانه میانگین مکانی دمای استان از آمار ایستگاه‌های زنجان، سقز، قزوین، نوژه، رشت و بندر انزلی استفاده گردید. پس از بررسی داده‌ها از نظر کیفیت و بازسازی نواقص آماری، با روش تیسن سری‌های ۳۰ ساله‌ی بارش و دمای برای دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰ برای استان زنجان تولید شد. سپس با فرایند استوکستیک سری‌های زمانی بارش و دمای سالانه توسط مدل‌های ARMA(۱،۰) شبیه‌سازی شد و ۱۰۰ سری ۳۰ ساله بارش و دمای سالانه برای دوره ۶۴-۲۰۳۵ تولید و با نتایج حاصل از ۲۱ سناریوی مورد بررسی آینده (دوره ۶۴-۲۰۳۵) حاصل از مدل‌های GCM مقایسه گردید. و بدین ترتیب تغییر اقلیم آینده استان زنجان با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های سناریوهای انتشار، مدل‌های GCM و نوسانات (بی‌نظمی‌های) اقلیمی بررسی شد. میانگین طولانی مدت دمای سالانه استان زنجان در اقلیم فعلی ۱۱/۷۵ درجه سانتیگراد است. با مدلسازی استوکاستیک براساس مدل ARMA میانگین استان در دوره ۶۴-۲۰۳۵ به ۱۲/۳۵ درجه سانتیگراد خواهد رسید. این در حالیست که انتظار می‌رود میانه سناریوهای تغییر اقلیم برای دوره ۶۴-۲۰۳۵ به دمای متوسط ۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد برسد.

در مجموع با در نظر گرفتن مجموعه عدم قطعیت‌های مدل‌های GCM، سناریوهای انتشار و نوسانات طبیعی اقلیم، در سطح احتمال ۹۰٪، میانگین بارش مدلسازی شده دوره ۶۴-۲۰۳۵ نسبت به میانگین بارش سناریوهای تغییر اقلیم در همین دوره از ۲۰٪ کاهش تا ۱۵٪ افزایش را نشان می‌دهد. و در حد میانه انتظار می‌رود مقدار تفاوت این دو گزینه ۱۷٪ باشد.

مقدمه

ویژگی‌های تغییر اقلیم و آثار آن در مناطق مختلف متفاوت است و عموماً نتایج مطالعات تغییر اقلیم در هر منطقه را نمی توان به سایر مناطق تعمیم داد. لذا برای هر منطقه، شناخت و پیش‌یابی اقلیم تغییر یافته آینده و دخالت دادن آن در برنامه‌ریزی‌های بلند مدت، برای کسب آمادگی برای شرایط اقلیمی آینده و کاهش آثار زیانبار آن ضروری است.

نتایج جدیدترین مطالعات IPCC در سال ۲۰۱۳ حاکی از تشدید وضعیت تغییر اقلیم می‌باشد. علاوه بر آن مطالعات متعددی حاکی از وقوع تغییر اقلیم در مناطق مختلف ایران است.

در حال حاضر معتبرترین وسیله برای شبیه‌سازی واکنش اقلیم جهانی به غلظت گازهای گلخانه‌ای، مدل‌های عددی جهانی اقلیم (GCM[۱]) هستند (IPCC, ۲۰۰۱). این مدل‌ها داده‌های اقلیمی را به صورت سه بعدی برای سراسر کره زمین شبیه‌سازی می کنند. اما به دلیل وضوح[۲] مکانی کم خروجی GCMs، استفاده از آنها برای ارزیابی اثر تغییر اقلیم در مقیاس محلی با عدم قطعیت‌های زیادی مواجه است و لازم است خروجی این مدلها برای مقیاس مناسب محلی، زیر مقیاس شود. در این تحقیق در نظر است تغییر

[۱] General Climate Model

[۲] Resolution

اقلیم زنجان در سال‌های آتی با در نظر گرفتن کوتاهی طول آمار و عدم قطعیت نوسانات طبیعی اقلیم (که گاهاً از آن به بی‌نظمی اقلیمی یاد می‌شود) مورد بررسی قرار گیرد. در این خصوص متغیرهای بارش و دما روزانه و سالانه مورد مطالعه قرار می‌گیرند. مطالعه نوسانات طبیعی اقلیم، بامدلسازی استوکستیک متغیرها و تولید ۱۰۰ سری مصنوعی انجام می‌شود. سپس، ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر هر متغیر و تحت هر سناریو، با مقایسه حدود تغییرات ۱۰۰ سری تولید شده توسط مدل استوکستیک برای اقلیم حال و اقلیم آینده انجام می‌شود. به این ترتیب برای ارزیابی تغییر اقلیم تحت هر سناریو، به جای آنکه یک سری اقلیم فعلی و یک سری اقلیم آتی مقایسه شود، مقایسه بین دامنه ۱۰۰ سری اقلیم فعلی و ۱۰۰ سری اقلیم آتی خواهد بود. این ۱۰۰ سری دامنه‌ای از حالات ممکن از هر اقلیم را در بر دارند و در نتیجه به این ترتیب عدم قطعیت نوسانات اقلیمی کاهش خواهد یافت. برای مقایسه اقلیم فعلی و اقلیم آتی در احتمالات مشترک، توزیع فراوانی سری‌های سالانه که با استفاده از ۳۰۰۰ سال داده‌های سالانه هر اقلیم تولید می‌شود، (۱۰۰ سری ۳۰ ساله که توسط مدل استوکستیک تولید شده است) با هم مقایسه می‌شود.

برای نیل به اهداف تحقیق حاضر از داده‌های روزانه ایستگاه زنجان و داده‌های بارش و دمای ماهانه ۷ ایستگاه در داخل و خارج از استان زنجان استفاده گردید. آمار و اطلاعات بارش و دما از سازمان هواشناسی و داده‌های تغییر اقلیم از سایت * دانلود و با استفاده از نرم‌افزارهای اکسل و SMAS به آنالیز آنها پرداخته شد.

پیشینه تحقیق

فاخری و آرزومندی(۱۳۹۲)، به پیش‌بینی دمای سالانه در کرمانشاه پرداختند. بدین منظور از آمار سال‌های ۲۰۱۱-۱۹۸۲ و از نرم افزار مینی‌تب استفاده شد و مقدار دما را برای سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۲ پیش‌بینی نمودند. مدل انتخابی آنها SARIMA(۱،۱،۰) بود و نتایج نشان داد که در طی ۱۰ سال آتی مقدار دما به میزان ۰/۷ درجه سانتیگراد افزایش خواهد داشت.

عابدینی وهمکاران (۱۳۹۲)، در تحقیقی به منظور بررسی و تحلیل تغییرات و نوسانات متوسط دمای ایستگاه بیرجند از آمار داده‌های میانگین سالانه دما در طی سالهای ۱۳۹۱-۱۳۳۵ و از نرم‌افزار SPSS جهت پردازش و آنالیز داده‌ها استفاده نمودند. نتایج نشان داد که روند میانگین سالانه دما در شهر بیرجند معنی‌دار نبوده و بطور کلی روند تغییرات دما در اکثر دهه‌ها نزدیک به میانگین بوده و فقط در سال‌های اخیر مقداری روند دما به حالت نزولی در آمده است.

خزایی (۱۳۹۵) با استفاده از سناریوهای A۲، A۱B و B۱ به ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر رژیم هیدرولوژیکی جریان روزانه رودخانه بشار پرداخت. نتایج حاکی از افزایش میانگین دمای حوضه بین ۳ تا ۵ درجه و افزایش تبخیر و تعرق در همه ماه‌های سال بوده است. با وجود عدم قطعیت سناریوهای انتشار، تحت همه سناریوها بارش و جریان سالانه افزایش یافته و توزیع فصلی تغییر می نماید؛ به گونه‌ای که جریان در پائیز و زمستان افزایش و در بهار و تابستان کاهش می‌یابد. همچنین کاهش جریان رودخانه در نیمه دوم سال آبی مبین لزوم توجه به اثرات تغییر اقلیم در طراحی مخازن سدها است.

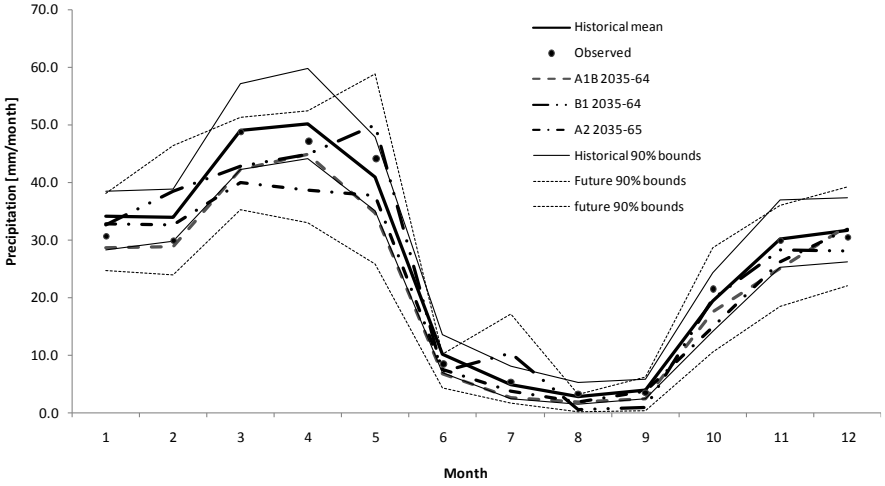
مالمیر و همکاران (۱۳۹۵)، با استفاده از مدل SDSM داده‌های بزرگ مقیاس مدل گردش عمومی جو (HadCM۳) در دو سناریوی اقلیمی A۲ و B۲ به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش پرداختند و سپس با استفاده از خروجی‌های مدل ریزمقیاس نمایی و با بکار گرفتن روش شبکه عصبی مصنوعی، دبی رودخانه قره‌سو را در دوره‌ی آتی شبیه‌سازی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در دوره‌ی مورد نظر نسبت به دوره پایه بارندگی کاهش ، دما افزایش و میزان رواناب کاهش یافته است.

Iyalomhe et al(۲۰۱۵) اثر تغییر اقلیم را بر آبخوان‌های ساحلی ایتالیا بررسی نمودند. آنها تأثیر سناریو انتشار SRES A۱B برای دوره ۲۰۷۱ تا ۲۱۰۰ را بر تغییرات فصلی تراز آب زیرزمینی بررسی نمودند. نتایج تحقیق فوق نشان داد که تراز آب زیر زمینی کاهش یافته و باعث افزایش ریسک کشاورزی و زیست محیطی می گردد و جهت جلوگیری از حرکت جبهه آب شور باید تمهیدات لازم در نظر گرفته شود.

Eum et al. (۲۰۱۶) اثرات تغییرات اقلیم و پوشش گیاهی بر پاسخ هیدرولوژیکی حوزه آبریز Muskeg رودخانه آلبرتای کانادا را بررسی نمودند. آنها در این بررسی با شبیه سازی پاسخ هیدرولوژیکی حوزه در دو دوره زمانی گذشته (از ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰) و آینده (۲۰۵۰ تا ۲۰۸۰) را شبیه‌سازی نمودند. آنها متوجه گردیدند در ارزیابی پتانسیل آبی حوزه مذکور تغییرات اقلیم و پوشش گیاهی هر دو مؤثر بوده‌اند. همچنین تغییرات تبخیر و تعرق پوشش گیاهی حوزه در فصول بهار و تابستان باعث تغییر جریان در این فصول می گردد. آنها با انجام آنالیز حساسیت متوجه گردیدند، به استثنای فصل بهار، در بقیه فصول تغییرات پوشش گیاهی نسبت به تغییر اقلیم دارای نقش بیشتری در تغییرات دبی جریان می‌باشند.

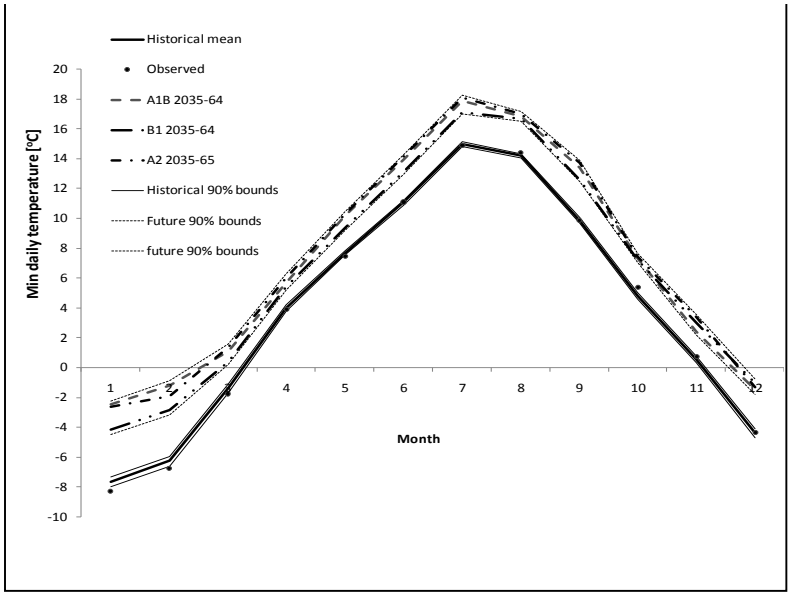
نتایج و دستاوردها

برای ارزیابی عملکرد مدلLARS-WG، از ۳۰ سال (۲۰۰۰-۱۹۷۱) داده‌های مشاهداتی دمای حداکثر، حداقل و بارش روزانه ایستگاه زنجان استفاده شده است. مدل برای شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی ایستگاه زنجان واسنجی شد و ۱۰۰ سری ۳۰ ساله برای استان زنجان تولید شد. نتایج شبیه‌سازی حاکی از میانگین طولانی مدت بارش، دمای حداکثر و دمای حداقل در ایستگاه زنجان به ترتیب در ماه ژانویه برابر ۳۴/۱ mm، ۱/۶ °C و ۷/۷ºC- است. در بررسی کاهش مقیاس و تولید سناریوی روزانه اقلیم آینده ایستگاه زنجان با استفاده از تغییرات سناریوهای اقلیمی روزانه‌ی خروجی مدل CGCM۳ پارامترهای مدل LARS-WG برای تولید سناریوهای روزانه اقلیم آینده (دوره ۲۰۶۴-۲۰۳۵)، تنظیم شد و سناریوهای روزانه اقلیم آتی ایستگاه زنجان تولید شد. نتایج ارزیابی آثار تغییر اقلیم و نوسانات اقلیمی بر میانگین‌های ماهانه بارش ایستگاه زنجان، تحت سناریوی‌های مورد بررسی مدل CGCM۳ با استفاده از شبیه سازی بارش روزانه توسط مدل LARS-WG در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- چکیده‌ای از نتایج ارزیابی آثار تغییر اقلیم و نوسانات اقلیمی بر میانگین‌های ماهانه بارش ایستگاه زنجان تحت سناریوی‌های انتشار مختلف مدل CGCM۳ با استفاده از شبیه‌سازی بارش روزانه توسط مدل LARS-WG. میانگین‌های اقلیم تاریخی بارش ماهانه (خط ضخیم) و حدود ۹۰٪ آن (خط نازک)، میانگین-های ماهانه سناریوهای بارش اقلیم آینده (خط چین‌های ضخیم) و حدود حداکثر وحداقل ۹۰٪ آن‌ها (خط چین‌های نازک) مقایسه شده است.

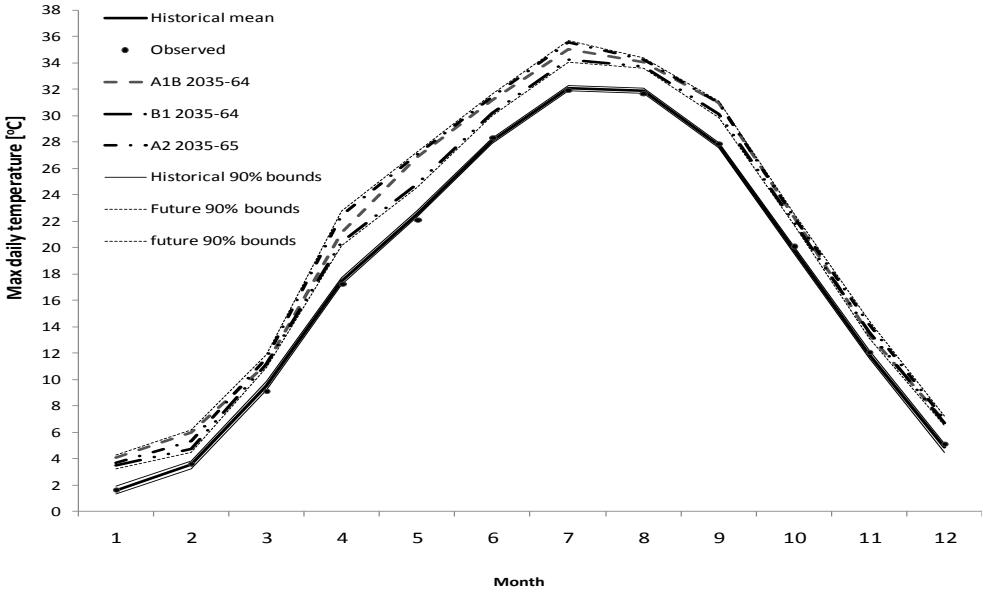
نتایج نشان می‌دهد که در ماه ژانویه میانگین بارش اقلیم تاریخی ۳۴/۱ میلی‌متر است. در حالی که میانگین بارش اقلیم آینده آن تحت سناریوهای مختلف بین ۲۸/۸ تا ۳۲/۸میلی‌متر‌پیش‌یابی می‌شود. این موضوع حاکی از آن است که تحت این سناریوها انتظار می‌رود که میانگین بارش این ماه در اقلیم آینده بین ۱/۳ میلیمتر تا۵/۳ میلی متر کاهش یابد. اما به دلیل نوسانات اقلیمی، میانگین اقلیمی می‌تواند اتفاق نیفتد و لذا حدود ۹۰ درصد نوسانات نیز در نظر گرفته می‌شود. تحت اقلیم فعلی حدود ۹۰ درصد نوسانات میانگین بارش ماه ژانویه برای دوره‌های ۳۰ ساله، بین ۲۸/۳ تا ۳۸/۴ است. اما حدود بالا و پایین ۹۰ درصد سناریوهای آینده بین ۲۴/۸ تا ۳۸/۱ پیش‌یابی شده است. بنابراین تحت سناریوهای مورد بررسی، در سطح احتمال ۹۰ درصد، مقدار بارش اقلیم آینده ایستگاه زنجان در ژانویه نسبت به میانگین بارش اقلیم تاریخی آن، می‌تواند بین ۴ میلیمتر افزایش تا ۹/۳ میلی‌متر کاهش داشته باشد. لذا اگرچه در اغلب ماه‌های سال انتظار می‌رود که مقدار بارش اقلیم آینده کاهش داشته باشد، اما افزایش مقدار بارش نیز با احتمال اندک ممکن است.



شکل۲- چکیده‌ای از نتایج ارزیابی آثار تغییر اقلیم و نوسانات اقلیمی بر میانگین‌های ماهانه دمای حداقل روزانه ایستگاه زنجان تحت سناریوی‌های انتشار مختلف مدل CGCM۳ با استفاده از شبیه سازی مدل LARS-WG. میانگین‌های ماهانه دمای حداقل روزانه اقلیم تاریخی(خط ضخیم) و حدود ۹۰٪ آن(خط نازک)، با میانگین های ماهانه سناریوهای دمای حداقل روزانه اقلیم آینده (خط چین های ضخیم) و حدود حداکثر وحداقل ۹۰٪ آن ها (خط چین های نازک) مقایسه شده است.

نتایج ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر دمای حداقل روزانه ایستگاه زنجان تحت سناریوهای B۱، A۲، و A۱B، در شکل ۲ ارائه شده است. میانه‌های میانگین ماهانه‌های حداقل روزانه ایستگاه زنجان برای اقلیم فعلی و حدود ۹۰٪ نوسانات طبیعی آن (بی‌نظمی‌های اقلیمی) به همراه میانه‌های میانگین‌های ماهانه دمای حداقل روزانه سناریوهای اقلیم آینده و حدود ۹۰٪ مجموعه سناریوهای آینده ارایه شده است. نتایج حاکی از افزایش قابل توجه دمای حداقل روزانه در اقلیم آینده نسبت به اقلیم فعلی است. این نتایج نشان می‌دهد دامنه حدود ۹۰٪ سناریوهای اقلیم آینده به کلی خارج از دامنه نوسانات ۹۰٪ اقلیم فعلی است و علی رغم نوسانات اقلیم، افزایش دما در همه ماه‌های سال پیش‌یابی می‌شود. همچنین عدم قطعیت سناریوهای انتشار در مقایسه با میزان افزایش دما اندک است.مقادیر این افزایش در ماه‌های مختلف سال با منظور نمودن عدم قطعیت نوسانات اقلیمی و سناریوهای انتشار در شکل ۲ قابل مشاهده است. نتایج در ماه دسامبر میانگین دمای حداقل روزانه اقلیم تاریخی را ۴/۴- میلی‌متر نشان می‌دهد. در حالی که میانه‌های میانگین‌های دمای حداقل روزانه اقلیم آینده آن تحت سناریوهای مختلف بین ۱/۳- تا ۱/۵- پیش‌یابی می‌شود. این موضوع حاکی از آن است که انتظار می‌رود که میانگین دمای حداقل روزانه این ماه بین ۲/۹ تا ۳/۱ درجه سانتیگراد افزایش یابد. اما به دلیل نوسانات اقلیمی، میانگین اقلیمی می‌تواند اتفاق نیفتد و لذا حدود ۹۰ درصد نوسانات نیز در نظر گرفته می‌شود. تحت اقلیم فعلی حدود ۹۰ درصد نوسانات میانگین‌های دمای حداقل روزانه ماه دسامبر برای دوره‌های ۳۰ ساله، بین ۴/۱- تا ۴/۷- است. اما حدود بالا و پایین ۹۰ درصد سناریوهای آینده بین ۰/۷- تا ۱/۸- پیش‌یابی شده است. بنابراین تحت سناریوهای مورد بررسی، در سطح احتمال ۹۰ درصد، مقدار میانگین دمای حداقل روزانه اقلیم آینده ایستگاه زنجان در دسامبر نسبت به میانگین بارش اقلیم تاریخی آن، می‌تواند بین ۲/۶ تا ۳/۸ درجه افزایش داشته باشد.

خروجی هفت مدل GCM برای سه سناریوی انتشار A۲، A۱B، و B۱ (مجموعاً ۲۱ سناریو) برای منطقه میانگین استان زنجان از سایت داده‌های IPCC تهیه شد. در این خصوص از سلولی استفاده شده است که مرکز ثقل استان زنجان در آن قرار دارد. سری زمانی برای دوره آینده (۶۴-۲۰۳۵) با ۲۱ سناریوی آینده استان زنجان، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین طولانی مدت بارش سالانه استان زنجان در اقلیم فعلی ۴۰۶میلی متر در سال است، که پیش‌یابی می‌شود در میانه سناریوهای آینده به ۳۹۸ میلی‌متر در سال کاهش یابد. این در حالی است که با در نظر گرفتن همه‌ی عدم قطعیت‌های مدل‌های GCM، سناریوهای انتشار و نوسانات اقلیمی، در حدود اطمینان ۹۰٪ ، میانگین بارش دوره ۳۰ ساله‌ی ۶۴-۲۰۳۵ می‌تواند مقداری بین ۳۹۰ تا ۴۰۹ میلی‌متر در سال باشد.



شکل۳- چکیده‌ای از نتایج ارزیابی آثار تغییر اقلیم و نوسانات اقلیمی بر میانگین‌های ماهانه دمای حداکثر روزانه ایستگاه زنجان تحت سناریوی‌های انتشار مختلف مدل CGCM۳ با استفاده از شبیه سازی مدل LARS-WG. میانگین‌های ماهانه دمای حداکثر روزانه اقلیم تاریخی(خط ضخیم) و حدود ۹۰٪ آن(خط نازک)، با میانگین های ماهانه سناریوهای دمای حداکثر روزانه اقلیم آینده (خط چین های ضخیم) و حدود حداکثر وحداقل ۹۰٪ آن‌ها(خط چین های نازک) مقایسه شده است.

مقدار میانگین بارش سالانه برای شرایط اقلیم ثابت دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ به دلیل نوسانات طبیعی اقلیم، در سطح احتمال ۹۰٪ می‌توانست مقداری بین ۳۲۴ تا ۴۸۷ میلیمتر در سال باشد. در مجموع با در نظر گرفتن مجموعه عدم قطعیت‌های مدل‌های GCM، سناریوهای انتشار و نوسانات طبیعی اقلیم، در سطح احتمال ۹۰٪، میانگین بارش دوره ۶۴-۲۰۳۵ نسبت به میانگین بارش دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱می تواند از ۷۸٪ کاهش تا ۶۸٪ افزایش یابد و در حد میانه انتظار می‌رود به مقدار ۸٪ کاهش یابد. برای میانگین طولانی مدت دمای سالانه استان زنجان در اقلیم فعلی ۱۱ درجه سانتیگراد است که در میانه سناریوهای آینده پیش‌یابی می‌شود به ۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد برسد. این در حالی است که با در نظر گرفتن همه‌ی عدم قطعیت‌های مدل‌های GCM، سناریوهای انتشار و نوسانات اقلیمی، در حدود اطمینان ۹۰٪ میانگین دمای دوره ۳۰ ساله‌ی ۶۴-۲۰۳۵ می‌تواند مقداری بین ۱۱/۵ تا ۱۴/۲ درجه سانتیگراد باشد. مقدار میانگین دمای سالانه برای شرایط اقلیم ثابت دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ به دلیل نوسانات طبیعی اقلیم، در سطح احتمال ۹۰٪ می‌توانست مقداری بین ۱۰/۶ تا ۱۱/۴ درجه سانتیگراد باشد. در مجموع با در نظر گرفتن مجموعه عدم قطعیت‌های مدل‌های GCM، سناریوهای انتشار و نوسانات طبیعی اقلیم، در سطح احتمال ۹۰٪، میانگین دمای دوره ۶۴-۲۰۳۵ نسبت به میانگین دمای دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱می‌تواند از ۰/۵ تا ۳/۲ درجه سانتیگراد افزایش یابد و در حد میانه انتظار می‌رود به مقدار ۱/۹ درجه افزایش یابد.

در بررسی توزیع احتمالاتی بزرگتر شدن و کوچکتر شدن بارش و دمای سالانه در دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال نتایج نشان داد که در دوره بازگشت ۲۰ سال، مقدار بارش سالانه اقلیم دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ مساوی یا بزرگتر از ۴۵۳ میلی‌متر است. با توجه به عدم قطعیت مدل‌های GCM و سناریوهای انتشار پیش‌یابی می‌شود این مقدار در سطح احتمال ۹۰٪ به مقداری بزرگتر از ۴۱۱ تا ۵۰۱ میلی‌متر برسد. در دوره بازگشت ۵۰ سال، مقدار مشاهداتی مساوی یا بزرگتر از ۴۸۴ میلی‌متر در سال است که پیش‌یابی می‌شود در دوره ۶۴-۲۰۳۵ در میانه سناریوهای آینده به مقدار مساوی یا بزرگتر از ۴۷۰ برسد. مقدار دمای سالانه مدلسازی شده برای دوره ۲۰۶۴-۲۰۳۵ در دوره بازگشت۲ سال در مساوی یا کوچکتر از ۱۲/۳ درجه سانتی‌گراد است. با توجه به عدم قطعیت مدل‌های GCM و سناریوهای انتشار پیش‌یابی می‌شود این مقدار در سطح احتمال ۹۰٪ به مقداری بین ۱۲ تا ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد برسد. در دوره بازگشت ۱۰ سال، مقدار مدلسازی شده تاریخی ۱۲/۶ درجه سانتی‌گراد است که پیش‌یابی می‌شود که به دلیل عدم قطعیت سناریوهای انتشار و مدل‌های GCM، مقدار آینده در سطح احتمال ۹۰٪ می‌تواند تا ۱۲/۷ درجه سانتی‌گراد باشد. مقدار دمای سالانه دوره تاریخی در دوره بازگشت ۱۰۰ سال ۱۲/۰۳ است؛ در حالی که میانه مقدار متناظر برای اقلیم آینده ۱۰/۴ و حدود ۹۰٪ مقادیر متناظر دوره آینده ۹/۹ و ۱۱/۷ درجه است.

تشکر و قدرانی

این پروژه تحقیقاتی با حمایت مالی معاونت فنی و پژوهش‌های شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران (دفتر امور پژوهشی و پشتیبانی علمی) و کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای زنجان تحت قرارداد شماره ۱۶۴۳۲/۱۵/۱۰ مؤرخ ۹۲/۱۰/۱۴به انجام رسیده است. لذا بدینوسیله مراتب تشکر و قدردانی از نامبردگان اعلام می گردد.

منابع و مراجع

۱. خزایی، م.ر. ۱۳۹۵. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر رژیم هیدرولوژیکی یک حوضه آبریز کوهستانی در ایران، نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال پنجم، صص۴۳-۵۴.
۲. مالمیر، م.، محمدرضاپور، ا.، شریف آذری، س.، قندهاری، ق. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه قره سو با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل HADCM۳ و شبکه عصبی پویا، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیست و پنجم، شماره سوم، صص۳۱۷-۳۲۶.
۳. عابدینی، ا.، زارعی، ف.، برهانی، ر. و کوزه گران، س. ۱۳۹۲. تحلیل آماری تغییرات میانگین سالانه دمای شهربیرجند طی دوره آماری (۱۳۹۱-۱۳۳۵)، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی، کرمان، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته.
۴. تیرگر فاخری، ف.، و آرزومندی، ل. ۱۳۹۲. پیش‌بینی میانگین دمای سالانه ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه با استفاده از مدل آریما، دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی.
۵. Eum, H., Dibike, Y., Prowse, T., ۲۰۱٦. Comparative evaluation of the effects of climate and land-cover changes on hydrologic responses of the Muskeg River, Alberta, Canada. Journal of Hydrology: Regional Studies, ۸: ۱۹۸–۲۲۱.
۶. Iyalomhe, F., Rizzi, J., Pasini, S., Torresan, S., Critto, A., Marcomini, A. ۲۰۱۵. Regional Risk Assessment for climate change impacts on coastal aquifers. Science of The Total Environment, VOL ۵۳۷: ۱۰۰-۱۱۴.

ABSTRACT:

In this study, the effects of future climate change in the province uncertainties are discussed in daily and annual scale. On a daily scale climate change effects on precipitation, minimum and maximum temperature of Zanjan station with analysing natural fluctuations uncertainty in climate and emission scenarios, are evaluated. By these uncertainties, the results have a wide range of plausible future cases are very important to increase the reliability of results. To reduce the scale of daily scenarios of the future, LARS-WG stochastic model is used. the outputs of CGCM۳ model for Zanjan station have been fine scale. Analysis of the uncertainty of emission scenarios, by comparing the results for the three scenarios A۱B, A۲, and B۱ scenarios that represent the concentration of medium, high and low greenhouse gas, is done.

Analysis of the uncertainty climate change by comparing nearly ٪۹۰ of variations of ۱۰۰ series of ۳۰ years produced by LARS-WG model for the peresent climate and every emission scenario of future climate is done. The results showed a significant increase in minimum temperature average maximum temperature in the climate of the future. Despite fluctuations in climate prediction is that in all months of the year, the average of daily minimum temperature and maximum temperature rise in Zanjan stations. In addition, the uncertainty of emission scenarios compared to the temperature rise is low. In most months of the year is also expected to reduce the amount of precipitation coming in Zanjan stations, however, due to climatic changes, increasing the amount of rainfall is also likely to be low. In annual terms, the impact of climate change on rainfall and temperature averages in assessing the location and the uncertainty of natural fluctuations in climate scenarios of greenhouse gas emissions and structure is the outcome of GCM models. Average spatial annual precipitation for series production, the annual data of weather stations of Nojeh, Qazvin, Zanjan, Rasht and Hesar and for the production of an annual series of spatial average temperature of Statistics stations of Zanjan , Saqez, Qazvin, Nojeh, Rasht and Bandar Anzali were used. After reviewing the data in terms of quality of statistical errors, with ۳۰ years Theissen series of precipitation and temperature for the period of ۱۹۷۰ to ۲۰۰۰ were produced for Zanjan. The process of stochastic time series of precipitation and annual temperatures were simulating by ARMA (۱،۰) models and ۱۰۰ series of ۳۰ years precipitation and annual temperatures for the period ٦٤-۲۰۳۵ were produced and with the results of the ۲۱ scenarios of studied of future (period ٦٤- ۲۰۳۵) of GCM models wre compared. And thus future climate change of

Zanjan, in view of the diffusion uncertainties, GCM models and variations of climate (irregularities) were studied. Long term average annual temperature of Zanjan in the current climatr is ۷۵/۱۱ ° C . Stochastic modeling based on ARMA model the province average in the period of ٦٤- ۲۰۳۵ will reach to ۳۵/۱۲ ° C. While the median expected scenarios of climate change for the period of ٦٤-۲۰۳۵ to reach the average temperature of ۹/۱۲ ° C. In general, by taking series of the uncertainty of GCM models,showed diffusion fluctuations and natural fluctuations in climate, in the probability level of ۹۰%, simulated average percipitation of period of ٦٤-۲۰۳۵ compare to average percipitation of climate change scenarios in the same period falls from ۲۰٪ to ۱۵٪ increased. and in the middle, expected that value of the diffrences between these two options is ۱۷٪.

Islamic Republic of Iran

Ministry of Energy

Zanjan Regional Water Company

(IWRMC)

Deputy of Research and Technical Affairs

(Applied Research Plan)

Summary of the Report Final Report:

Future Climate Change Investigation for Zanjan Considering Uncertainties

Organization: Islamic Azad University, Sanandaj Branch

Researcher: Motalleb Byzedi and Mohammad Reza Khazaei

FEBRUARY, ۲۰۱۷