

پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر دما و بارش دهه ۲۰۲۰

مسعود گودرزی^۱ محمد جعفر سلطانی^۲

۱- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران

۲- عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران

تاریخ دریافت: ۹۲/۸

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰

چکیده

روند شتابان تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر چه در اثر عوامل طبیعی و چه در اثر فعالیت‌های صنعتی باعث شده که توجه زیادی به پیش‌بینی آن شود. در این تحقیق تلاش شده است تا اثرات پدیده تغییر اقلیم بر میزان دما و بارش حوزه آبخیز اسکندری واقع در استان اصفهان که از منابع مهم تامین‌کننده آب سد زاینده‌رود می‌باشد، برای دهه ۲۰۲۰ بررسی گردد. بدین منظور از مدل LARS-WG جهت ریزمقیاس‌نمایی داده‌های پیش‌یابی مدل Had-CM3 استفاده شده است. نتایج حاکی از افزایش ۷/۲ درصدی بارش سالانه و افزایش یک درجه سانتی‌گرادی دمای متوسط سالانه می‌باشد. با بررسی مقادیر فصلی پارامترهای اقلیمی می‌توان بیان داشت که بارش در فصل تابستان بیش از فصول دیگر کاهش داشته و در این فصل افزایش دمای قابل توجهی مشاهده می‌شود، بدین ترتیب در دهه آینده با کمبود آب جدی در این فصل روبرو خواهیم بود.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، حوزه آبخیز اسکندری، مدل LARS-WG، مدل HadCM3

مقدمه

پس از انقلاب صنعتی، به دلیل افزایش روزافزون صنایع و به واسطه آن افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، توازن گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر زمین برهم خورده و مقادیر آن به خصوص میزان گاز دی‌اکسیدکربن افزایش یافته است. افزایش گازهای گلخانه‌ای تغییراتی را در اقلیم کره زمین به وجود آورده است که در نوشته‌های علمی به آن تغییر اقلیم اطلاق می‌شود (IPCC-TGCI, 1999). مهم‌ترین اثر تغییر اقلیم تاثیرگذاری آن بر پدیده‌های حدی جوی و اقلیمی نظیر طوفان، سیل، تگرگ، خشکسالی، امواج گرمایی و سرماهای نابهنگام خواهد بود (اشرف و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به تشدید مخاطرات زیستی تحت تنش تغییر اقلیم و همچنین با توجه به اینکه امروزه مسائل مهم اقتصادی-اجتماعی و پروژه‌های طولانی مدت نظیر مدیریت منابع آب و کشاورزی با تصور ثابت ماندن متوسط‌های اقلیمی تصمیم‌گیری می‌شوند، لذا لازم است شرایط اقلیمی آینده برآورد شده تا تصمیمات و برنامه‌ریزی‌ها بر اساس واقعیات اصلاح گردد. معتبرترین ابزار جهت بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی-اقیانوسی^۱ است (IPCC, 2007). این مدل‌ها پارامترهای جوی و اقیانوسی را با استفاده از سناریوهای تایید شده IPCC^۳ مدل‌سازی می‌کنند. مدل‌های مذکور دارای قدرت تفکیک مکانی کمی بوده بدین جهت برای فائق آمدن به این ضعف لازم است خروجی مدل‌ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی تغییر اقلیم، ریزمقیاس^۴ شوند (Johnson et al, 1996). دو روش دینامیکی و آماری جهت ریزمقیاس‌نمایی مدل‌های اقلیمی وجود دارد. در روش ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی^۵ معادلات حاکم بر بسته هوا در شبکه‌های

^۱ نویسنده مسئول: مسعود گودرزی massoudgoodarzi@yahoo.com

^۲ Atmospheric-Ocean General Circulation Model

^۳ Intergovernmental Panel on Climate Change

^۴ Downscale

^۵ Dynamical Downscaling

ریزتری از شبکه مدل گردش عمومی جو^۶ با استفاده از روش‌های آنالیز عددی از قبیل تفاضل محدود حل می‌شوند (Ebrahim et al, 2012). ریزمقیاس نمایی به این روش مستلزم سامانه‌های پردازشی پر سرعت و صرف وقت زیاد می‌باشد، لذا استفاده از این مدل‌ها با وجود دقت بالای آن‌ها رواج چندانی در میان محققین کشورمان نداشته است. ریزمقیاس نمایی آماری شامل بسط روابط کمی بین متغیرهای بزرگ مقیاس اتمسفری و متغیرهای محلی می‌باشد. کوچک مقیاس کردن آماری با سه روش اصلی طبقه‌بندی هواشناسی، مدل‌های رگرسیونی و مولدهای هواشناسی انجام می‌شود. در روش طبقه‌بندی هواشناسی الگوهای هواشناسی بر طبق شباهتشان با یک سری از داده‌های اقلیمی دسته‌بندی شده، سپس برای مناطق اقلیمی غالب دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از مهمترین مدل‌ها در این روش، مدل آنالوگ است که جهت پیش بینی متغیرهای اقلیمی به کار می‌رود. روش‌های دیگر شامل طبقه‌بندی فازی، رویکردهای هیبریدی و مونت کارلو است. مدل‌های رگرسیونی اصولاً یا به صورت خطی و یا غیرخطی ارتباط پیشبینی شونده‌ها و پیش‌بینی کننده‌ها را نشان می‌دهد. این مدل‌ها شامل روش‌های رگرسیون خطی، آنالیز همبستگی، شبکه عصبی و کریجینگ است. مدل‌های مصنوعی مولد هواشناسی^۷ در دو مرحله پارامترهای هواشناسی را شبیه‌سازی می‌کنند ابتدا رخداد بارندگی و شدت آن و در مرحله بعد سایر پارامترها مانند دمای کمینه، بیشینه، تابش، سرعت باد و رطوبت را شبیه‌سازی می‌کنند (ضرغامی، ۱۳۹۰). امروزه مطالعات بسیاری با استفاده از مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری LARS-WG، SDSM، CLIMGEN، MET&ROLL و غیره جهت مدلسازی اقلیمی مورد صورت گرفته است. ویلی و همکاران جهت پایش داده‌های بارش در کشور انگلستان و ارزیابی تغییرات فصلی آن از مدل SDSM استفاده نمودند (McKee et al, 1995). مک کی و همکاران امکان استفاده از مدل CLIMGEN را در کشور کانادا ارزیابی نمودند (khan et al, 2005). بابائیان و همکاران در مطالعه‌ای تغییرات اقلیمی کشور کره جنوبی با استفاده از مدل LARS-WG در دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ مورد بررسی قرار دادند (گودرزی، ۱۳۹۰). در ایران نیز بابائیان و نجفی نیک از مدل LARS-WG برای بررسی پارامترهای اقلیمی استان خراسان بهره جستند (بابائیان و نجفی نیک، ۱۳۸۵). کمال و مساح بوانی از با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی SDSM نوسانات و مقادیر متوسط متغیرهای دما و بارش حوضه قره‌سو را شبیه‌سازی نمودند (کمال و مساح بوانی، ۱۳۸۹). بحری و دستورانی با استفاده از روش ریزمقیاس نمایی تناسی تغییرات اقلیمی ایستگاه شهرکرد را بررسی نمودند (بحری و دستورانی ۱۳۹۱). Khan و همکاران (۲۰۰۵) سه مدل آماری ریزمقیاس گردانی LARS-WG - SDSM و ANN برای پارامترهای هواشناسی مدل‌های AOGCM شامل بارش روزانه، دمای حداقل و حداکثر روزانه به کار بردند. آنها عدم قطعیت سه مدل فوق را برای متوسط ماهانه و واریانس پارامترهای ریزمقیاس شده روزانه و مقادیر مشاهده‌ای در هر ماه در سطح ۹۵ درصد اطمینان بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که مدل SDSM بیشترین دقت و شبکه عصبی کمترین را داشته و مدل LARS-WG دقت متوسطی دارد. Ebrahim و همکاران (۲۰۱۲) عدم قطعیت مرتبط با ریزمقیاس گردانی مدل‌های LARS-WG، SDSM و شبکه عصبی مصنوعی را به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم در هیدرولوژی رودخانه بلس ۱ در اتیوپی مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق آنها نشان داد که سری زمانی بارش و دما به نوع مدل ریزمقیاس گردانی حساس می‌باشند. آنالیز عدم قطعیت مدل SDSM نشان داد که دامنه تغییرات دبی متوسط سالانه از ۶ درصد افزایش تا ۸ درصد کاهش می‌باشد.

در مطالعه حاضر تلاش بر این است که با پایش داده‌های اقلیمی مشاهداتی طی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۸ و با بدست آوردن پیش‌بینی خروجی مدل HadCM3 سال ۲۰۳۰-۲۰۱۱ تحت سناریوی A2 و ریزمقیاس نمایی آنها با استفاده از مدل LARS-WG جهت مشخص کردن دگرگونی‌های دما و بارش حوزه آبخیز اسکندری پرداخته شود.

⁶ General Circulation Models

⁷ Weather Generators(WG)

مواد و روش‌ها

معرفی مدل

مدل LARS-WG یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای تولید بارش روزانه، تابش، دمای ماکزیمم و مینیمم روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده استفاده می‌شود. نسخه اولیه آن در مجارستان ابداع شد. دلیل اصلی تولید این مدل غلبه بر نقاط ضعف زنجیره مارکف بود که به کرات از آن برای مدلسازی رخداد بارش استفاده شده است. در واقع در نسخه‌های جدید این مدل به خاطر ضعف روش مارکف از توزیع نیمه‌تجربی استفاده گردید. مدل LARS-WG برای طول روزهای تر و خشک، بارش روزانه و تابش آفتابی از توزیع نیمه‌تجربی زیر استفاده می‌کند:

$$EPM = \{a_0, a_i, h_i, i = 0, 1, \dots, 10\}$$

که در اینجا EPM یک هیستوگرام با ده بازه با شدت‌های مختلف بارش است و داریم $\langle a_i, a_{i-1} \rangle$ و h_i تعداد رخداد بارش در i امین فاصله را نشان می‌دهد. مقادیر تصادفی از توزیع‌های نیمه‌تجربی با انتخاب یکی از فاصله‌ها و سپس انتخاب یک مقدار در آن محدوده از توزیع یکنواخت مشخص می‌شوند. این نوع توزیع قابل انعطاف بوده و می‌تواند تا حدودی تبدیل به تنوع وسیعی از شکل‌های گوناگون با بازه‌های مختلف $\langle a_i, a_{i-1} \rangle$ شوند. فاصله $\langle a_i, a_{i-1} \rangle$ بر اساس توزیع قابل انتظار از رفتار متغیرهای هواشناسی است. برای تابش خورشیدی فاصله‌ها بین مقادیر بیشینه و کمینه داده دیدبانی شده ماهانه برابر هستند، در صورتی که برای طول سری خشک و تر و بارش، اندازه فاصله‌ها به تدریج با افزایش i افزایش می‌یابد. در این دو مورد نوعاً مقادیر کوچک به تعداد زیاد و مقادیر بزرگ به مقدار کمی وجود دارند که این نحوه انتخاب فاصله از به کار بردن یک دقت پائین برای فواصل کوچک جلوگیری می‌کند. از آنجا که پارامتر تابش از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند، بنابراین یک توزیع نیمه‌تجربی مبتنی بر تعداد روزهای تر و خشک برای همانند سازی تابش روزانه به کار می‌رود. در این مدل تابش به طور مستقل از دما مدل شده است. همچنین می‌توان به جای تابش از ساعات آفتابی نیز استفاده کرد. برای یک روز تر مقدار بارش از توزیع نیمه‌تجربی بارش ماه مورد نظر و به طور مستقل از سری‌های تر یا مقدار بارش در روز قبل به دست می‌آید. دمای بیشینه و کمینه روزانه به صورت فرآیندهایی تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که وابسته به تر یا خشک بودن روز مورد نظر هستند، مدل‌سازی می‌شوند. سری فوریه نیز درجه حرارت را تخمین می‌زند. سری فوریه مرتبه سوم برای همانند سازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت فصلی به کار می‌رود. مقادیر مانده‌ها که از تفریق مقادیر میانگین تولید شده از مقادیر دیده بانی شده به دست می‌آیند، برای محاسبه خود همبستگی زمانی داده‌های بیشینه و کمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Lane et al, 1999). فرآیند تولید داده‌های مصنوعی توسط این مدل در سه مرحله انجام می‌گیرد: کالیبره کردن داده‌ها، ارزیابی داده‌ها، تولید داده‌های هواشناسی برای دوره آتی.

معرفی مدل HadCM3 و سناریوی A2

در جداول (۱) و (۲) به ترتیب مشخصات مدل HadCM3 و سناریوی A2 بیان شده است.

جدول (۱): مشخصات مدل HadCm3 (Haltiner G & Williams, 1980)

سناریوهای شبیه سازی شده	طول دوره شبیه سازی (سال)	دوره شبیه سازی گاز های گلخانه ای و ذرات معلق در گذشته	دقت مکانی (طول*عرض)	دوره شبیه سازی گاز های گلخانه ای و ذرات معلق در گذشته
A1, A2	دوره کنترل: ۲۴۰	۱۹۸۹-۱۸۶۰: c02	۳/۷۵×۲/۵	HadCM3
B1, B2	سناریو های انتشار: ۲۰۹۹-۱۹۵۰	۱۸۶۰-۱۹۸۹: s04		

جدول (۲): مشخصات سناریوی اقلیمی A2 در سال ۲۱۰۰ نسبت به سال ۱۹۹۰ (Haltiner G & Williams, 1980)

جمعیت (بیلیون نفر)	غلظت CO ₂ (ppmv)	تغییر متوسط دمای میانگین (سانتی گراد)	افزایش جهانی سطح آب (cm)
۱۵/۱	۸۳۴	۳/۱	۶۲

داده‌ها، منطقه و دوره مورد مطالعه

حوزه آبخیز اسکندری واقع در استان اصفهان از سرشاخه‌های سد زاینده رود و یکی از منابع مهم تامین کننده آب شهر اصفهان بوده، لذا پایش و پیش‌بینی بارندگی و دمای این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. شکل (۱) موقعیت منطقه مطالعاتی را به نمایش می‌گذارد.



شکل (۱): موقعیت حوزه آبخیز اسکندری

جهت انجام مطالعه پیش رو از ایستگاه کلیماتولوژی دامنه فریدن که دارای آمار طولانی مدت و ارتفاعی برابر با ارتفاع متوسط وزنی حوزه آبخیز اسکندری می‌باشد و همچنین ایستگاه سینوپتیک داران استفاده شده است. دوره آماری ۱۹۶۵-۲۰۰۸ میلادی به عنوان دوره پایه لحاظ گردیده است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، داده‌های دیدبانی شده ایستگاه‌های مورد مطالعه شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعت آفتابی به صورت روزانه و داده‌های سناریوی A2 به عنوان سناریوی حدواسط مدل گردش عمومی جو HadCM3 می‌باشند. جهت ارزیابی تغییرات پارامترهای اقلیمی بارش و دما در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ (دهه ۲۰۲۰) از روش ریزمقیاس نمایی آماری و مدل تولید داده LARS-WG استفاده شده است. به منظور کالیبره کردن و اطمینان از صحت کارکرد مدل، یک سناریوی حالت پایه و بدون در نظر گرفتن هیچگونه تغییر اقلیم برای دوره آماری پایه ۱۹۶۵-۲۰۰۸ تدوین و مدل برای این دوره اجرا گردید، سپس خروجی‌های مدل که شامل دمای کمینه و بیشینه روزانه، بارش، تابش و انحراف معیار آن‌ها می‌باشد، با داده‌های ۴۴ سال دیدبانی شده مقایسه گردیدند. ارزیابی مدل LARS-WG از طریق مقایسه داده‌های دوره مشاهداتی و داده‌های تولید شده توسط مدل با استفاده از نمودارهای مقایسه‌ای و پارامترهای آماری $RMSE^8$ ، MAE^9 ، $Bias$ ، NSE^{10} صورت گرفت. روابط (۱) تا (۴) بیانگر این آمارها می‌باشند. مقدار پارامتر NSE بین منهای بینهایت و یک متغیر می‌باشد و هر چه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد نشان دهنده بیش تر بودن دقت مدل است. پارامترهای MAE و $RMSE$ خطای مدل را نشان می‌دهند و پایین تر بودن مقادیر مربوط به این دو معیار نمایانگر کارایی بهتر مدل می‌باشد. نزدیک به صفر بودن پارامتر $BIAS$ نیز نشان دهنده دقت بیشتر مدل در شبیه‌سازی است.

⁸ Root Mean Square Error

⁹ Mean Absolute Error

¹⁰ Nash- SutcliffeS

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (o_i - s_i)^2}{n}} \quad (۲)$$

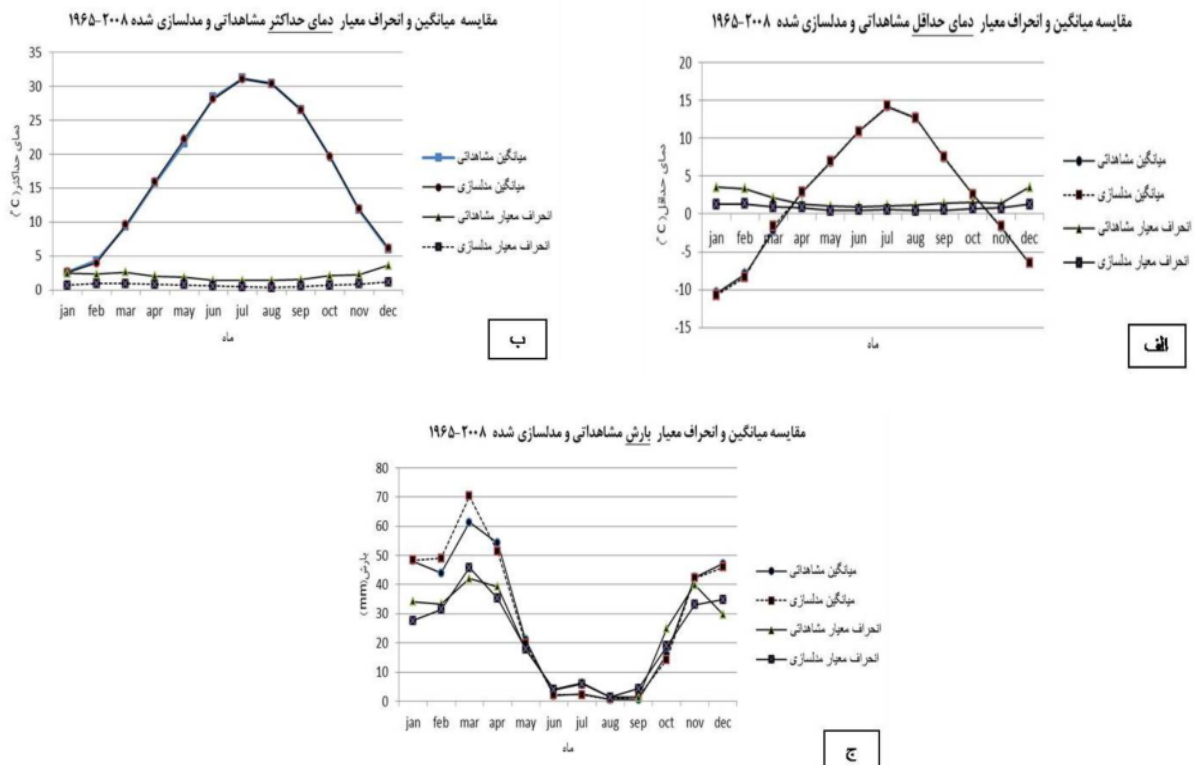
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - o_i)^2}{\sum_{i=1}^n (s_i - \bar{o}_i)^2} \quad (۱)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |o_i - s_i|}{n} \quad (۴)$$

$$BIAS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (s_i - o_i) \quad (۳)$$

در این روابط S مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل، O نشان دهنده مقادیر واقعی، اندیس i ماه‌های سال و n تعداد ماه‌های سال است.

شکل (۲) مقایسه مقدار کمینه، بیشینه و بارش تولید شده توسط مدل و مقادیر مشاهداتی را نشان می‌دهد و در جدول (۱) مقادیر آماره‌های خطاسنجی آورده شده است.



شکل (۲): مقایسه مقادیر مشاهداتی و مدلسازی شده برای پارامترهای الف) دمای حداقل ب) دمای حداکثر ج) بارش در دوره ۱۹۶۵-۲۰۰۸

جدول (۱): پارامترهای آماری جهت مقایسه دوره پایه ۱۹۶۵-۲۰۰۸ و ۲۰۱۱-۲۰۳۰

دمای حداقل				دمای حداکثر				بارش			
Bias	NSE	MAE	RMSE	Bias	NSE	MAE	RMSE	Bias	NSE	MAE	RMSE
۰/۰۱۷	۰/۹۹۹	۰/۰۱۸	۰/۲۲۰	۰/۰۵۸	۰/۹۹۹	۰/۰۵۸	۰/۲۲۸	۰/۴۵۸	۰/۹۸۲	۰/۴۵۰	۲/۱۷۶

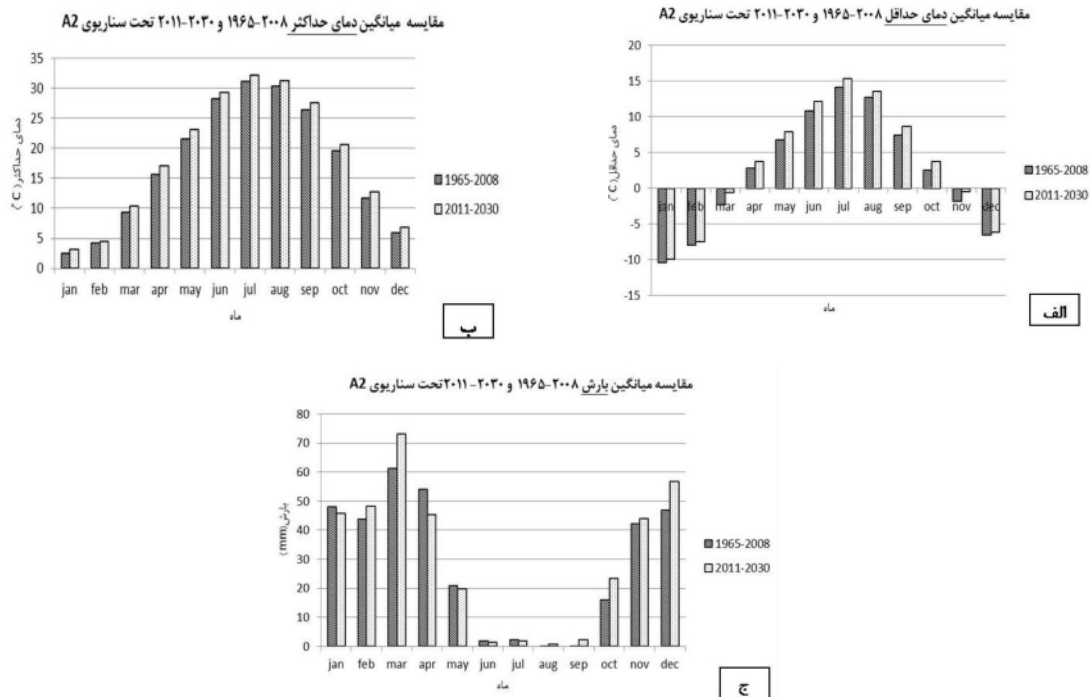
پس از بررسی نتایج مرحله ارزیابی و اطمینان از قابلیت مدل LARS-WG در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی در ادامه کار این مدل جهت ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 و تولید داده مصنوعی برای

دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از سناریوی A2 (به عنوان سناریوی حالت متوسط) تایید شده توسط IPCC، اجرا شده و بدین ترتیب مقادیر روزانه پارامترهای مذکور تولید شد. سپس تغییرات پارامترهای دمای بیشینه، کمینه و بارش مورد ارزیابی قرار گرفته شد.

نتایج و بحث

با توجه به اینکه مقدار NSE برای هر سه پارامتر اقلیمی مطالعه شده نزدیک به عدد یک می‌باشد و همچنین مقدار آماره Bias نزدیک به صفر است، مدل لارس دارای دقت مدلسازی بالایی است. مقدار آماره RMSE برای دمای کمینه و بیشینه کمتر از مقدار آن برای بارش است. این مسئله بیانگر قدرت بالای LARS-WG در مدل کردن داده‌های دیدبانی شده دما نسبت به بارش است. این امر ممکن است به خاطر ماهیت پارامتر دما باشد که عنصری پیوسته است. با بررسی شکل (۲) نمودارهای دمای کمینه و بیشینه مشاهداتی و مدلسازی شده مطابقت بیشتری با هم داشته که مؤید مطالب بیان شده می‌باشد. چنین به نظر می‌رسد که تغییر پذیری زیاد بارش از یک سو و نوع مکانیسم‌های بارش‌زا در منطقه مطالعاتی از سوی دیگر، در افزایش خطای مدلسازی این پارامتر تاثیرگذار است. می‌توان بیان داشت که هر چه پارامتر حالت پیوستگی داشته باشد، میزان خطای مدلسازی کاهش می‌یابد. نتایج بدست آمده نشان داد که دقت مدل در برآورد دمای حداقل و حداکثر با نتایج Khan و همکاران (۲۰۰۶) همخوانی نشان داد. در حال حاضر استفاده از این روش در تحلیل‌های آماری رایج شده و در خصوص تحلیل اطمینان روش‌های ریز مقیاس گردانی آماری کاربردی شده است به طوری که Samadi و همکاران (۲۰۱۳) همچنین Chen و همکاران (۲۰۱۱ و ۲۰۱۳) از این روش برای ارزیابی نتایج خود استفاده کردند.

با اجرای مدل، سری‌های پیش بینی بارش، دمای کمینه و بیشینه روزانه ایستگاه مورد مطالعه در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ تولید گردیدند. سپس با استفاده از این خروجی‌ها و همچنین داده‌های دوره آماری مقادیر میانگین پارامترهای اقلیمی برای دو دوره آینده (۲۰۱۱-۲۰۳۰) و دوره پایه (۲۰۰۸-۱۹۶۵) محاسبه گردید. شکل (۳) مقایسه پارامترهای اقلیمی دوره پایه و آینده را نمایش می‌دهد.



شکل (۳): مقایسه مقادیر دوره پایه و آینده برای پارامترهای الف) دمای حداقل (ب) دمای حداکثر (ج) بارش در دوره ۲۰۰۸-۱۹۶۵

همانطور که ملاحظه می‌شود مدل LARS-WG برای ماه‌های فوریه، مارس، آگوست، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر افزایش بارندگی و برای ماه آوریل و ژوئیه کاهش بارندگی را برای دهه ۲۰۲۰ (۲۰۱۱-۲۰۳۰) پیش‌بینی نموده است که در این بین بیشترین کاهش بارندگی مربوط به ماه آوریل می‌باشد. بیشترین افزایش میزان بارندگی با توجه به سناریوی A2 مربوط به ماه مارس می‌باشد. در مجموع بارش متوسط سالانه در این دوره روند افزایشی نشان می‌دهد. میزان بارش متوسط سالانه پیش‌بینی شده برای این دوره ۳۶۴/۵ می‌باشد، در مقابل میزان بارندگی مشاهداتی ۳۲۶/۹ میلی‌متر است. در نتیجه میزان افزایش بارندگی در این دوره ۷/۲ درصد می‌باشد. با بررسی بارش فصلی ملاحظه می‌شود که در فصل‌های زمستان و پاییز افزایش بارندگی وجود خواهد داشت.

بررسی میانگین دمای کمینه در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ حاکی از آن است که افزایش دمای کمینه در دوره مذکور رخ خواهد داد. بیشترین افزایش در مقدار دمای کمینه مربوط به ماه‌های ژوئن، ژوئیه، سپتامبر و مارس می‌باشد. افزایش دمای بیشینه برای تمامی ماه‌ها در دوره آتی توسط مدل LARS-WG پیش‌بینی شده است. با مقایسه دمای بیشینه دوره مشاهداتی و دوره آتی با توجه به سناریوهای A2، بیشترین افزایش دما در ماه می به میزان ۱/۶ درجه سانتی‌گراد رخ خواهد داد. کم‌ترین افزایش دمای بیشینه در ماه فوریه و به میزان ۰/۳ خواهد بود.

به طور کلی با توجه به افزایش توأم دمای کمینه و بیشینه می‌توان انتظار داشت میانگین دمای حوزه مطالعاتی در دهه ۲۰۲۰ افزایش شایانی را تجربه نماید. میزان متوسط دمای سالانه پیش‌بینی شده توسط مدل ۱۰/۸ درجه سانتی‌گراد بوده و با توجه به این که متوسط دمای دوره پایه در منطقه مطالعاتی ۹/۸ بوده است، سناریوی مذکور یک درجه سانتی‌گراد افزایش دمای متوسط سالانه را برای دهه ۲۰۲۰ پیش‌بینی می‌نماید. با بررسی دمای متوسط ماهانه ملاحظه می‌شود که سناریوی A2 بیشترین افزایش دما را برای ماه می و به میزان ۱/۳۷ درجه و کم‌ترین افزایش دما را برای ماه فوریه بیان داشته است. همانطور که ملاحظه می‌شود بررسی دمای متوسط ماهانه موید افزایش دمای بیشتر در فصل تابستان می‌باشد. با توجه به موارد بیان شده، در دهه ۲۰۲۰ بارش در فصل تابستان کاهش یافته و دما در این فصل افزایش می‌یابد این مسئله می‌تواند باعث افزایش تبخیر و تعرق شده و کمبود آب را در منطقه جدی‌تر نماید. با توجه به نقش مهم حوزه آبخیز اسکندری در تامین آب سد زاینده رود و آب شرب شهروندان شهر اصفهان باید با برنامه ریزی و مدیریت صحیح منابع آب با ذخیره سازی آب مازاد در فصول پاییز و زمستان، با کمبود آب تابستانه منطقه مقابله نمود.

منابع

۱. اشرف ب.، م. موسوی بایگی، غ. کمالی و داوری (۱۳۹۰). پیش‌بینی تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی در ۲۰ سال آتی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری داده‌های HADCM3، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۴، صفحات ۹۵۲-۹۴۰.
۲. بابائیان ا. و ز. نجفی نیک (۱۳۸۵). ارزیابی مدل LARS-WG برای مدلسازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان، دوره آماری (۲۰۰۳-۱۹۶۱). مجله نیوار، شماره ۶۲، صفحات ۴۹-۶۵.
۳. بحری، م. و م. دستورانی (۱۳۹۱). پیش‌بینی تغییرات دما و بارش تحت تاثیر تغییر اقلیم در دهه‌های آینده (مطالعه موردی: ایستگاه شهرکرد)، اولین همایش تغییر اقلیم و امنیت غذایی.
۴. ضرغامی م. (۱۳۹۰). مطالعه تغییر اقلیم و اثرات آن بر رواناب حوضه‌های آبریز منتخب استان آذربایجان شرقی، طرح تحقیقات کاربردی شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی، سازمان مجری دانشگاه تبریز.
۵. کمال ع. و ع. مساح بوانی (۱۳۸۹). تأثیر تغییر و نوسانات اقلیمی بر رواناب حوضه با دخالت عدم قطعیت دو مدل هیدرولوژی. مجله آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۵، صفحات ۹۳۱-۹۲۰.
۶. گودرزی، م. (۱۳۹۰). بررسی و ارزیابی تأثیرات پدیده دگرگونی اقلیمی بر منابع آبهای سطحی مطالعه موردی زیرحوزه کرخه علیا، رساله دکترای تخصصی رشته کلیماتولوژی دانشگاه تبریز، ۱۹۲ص.

7. Babaeian I., Kwon W.T., and Im E.S. (2004). *Application of weather generator technique for climate change assessment over Korea*. Korea Meteorological Research Institute, Climate Research lab., 98pp.
8. Ebrahim. G.Y., A. Jonoski, A. Griensven, G.D. Baldassarre (2012). *Downscaling technique uncertainty in assessing hydrological impact of climate change in the Upper Beles River Basin, Ethiopia*, J. of Hydrology Research, In Press, doi:10.2166/nh.037
9. Haltiner G., and Williams R. (1980). *Numerical Prediction and Dynamic Meteorology*, John Wiley & Sons, 115-120.
10. IPCC-TGCI, (1999). *Guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment*. eds. Carter, T.R., Hulme, M. and Lal, M., Version 1, 69pp. Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment.
11. IPCC. (2007). *Summary for policy makers Climate change: The physical science basis*. Contribution of working group I to the fourth assessment report. Cambridge University Press, 881 PP.
12. Johnson G.L., Hanson C.L., Hardegree S.P., and Ballard E.B. (1996). *Stochastic weather simulation: overview and analysis of two commonly used models*. Journal Applied Meteorology, 35, 1878-1896.
13. Khan, M S., P. Coulibly, Y. Dibike. (2006). *Uncertainty analysis of statistical downscaling methods*, J. of Hydrology, 319: 357-382, Doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.06.035.
14. Lane M.E., Kirshen P.H., and Vogel R.M. (1999). *Indicators of impact of global climate change on U.S. water resources*. ASCE, Journal of Water Resource Planning and Management. 125(4): 194-204.
15. McKee T.B., Doesken N.J., and Kleist J. (1995). *Drought Monitoring with Multiple Time*. American Meteorological Society, Massachusetts, 233-236.
16. Samadi, s., A.M.E. Wilson, H. Moradkhani. (2013). *Uncertainty analysis of statistical downscaling models using Hadly Center Coupled Model*, Theor Appl Climatol, 113(3-4): 673-690, DOI 10.1007/s00704-013-0844-x.
17. Semenov M.A., and Barrow E.M. (2002). *LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies*. User's manual, Version 3.0.
18. Wilby R.L., Conway D., and Jones P.D. (2002). *Prospects for downscaling seasonal precipitation variability using conditioned weather generator parameters*, hydrological processes. 16, 1215-1234.

Prediction of the Impact of Climate Changes on Temperature and Precipitation in 2020

Goodarzi M., Soltani M.J.

Email: massoudgoodarzi@yahoo.com

Received: 2013/11

Accepted: 2014/01

Abstract

The exceedingly fast trend of climatic changes in recent decades that are mainly caused by industrial activities along with population growth have necessitated prediction of changes for the future. The impact of changes in climate on temperature and precipitation in a sub-basin of Zayandehrud (Eskandari) for the 2020 decade is predicted in this research study. The Lars-WG model is used for downscaling HadCM3 predictions into station scale. Results of running the models show an annual increase equal to 1 degree centigrade in temperature, while a 7.2% decrease in precipitation will occur. These changes in temperature and precipitation will be more significant during the summer time. Thus, it is expected that we shall have to find ways to deal with serious water shortages in the next decade during this season.

Keywords: climate change, Eskandari, Lars-WG, Downscaling, HadCM3 Model.