

بررسی اثر تغییر اقلیم بر روند دمایی آبی دشت ابهر

عظیم شیردلی، ذبیح الله خانی تملیه، حسین رضایی، مهدی ایمانی و پریسا فخمی

دوره ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، صفحات ۶۰-۴۷

Vol. 4(1), Spring 2018, 47 – 60

DOI: 10.22034/jewe.2018.55974

**Evaluating the Impact of Climate Change on
Future Temperature Trend of Abhar Plain**

Shirdeli A., Khani Temelilyeh Z., Rezaie H., Imani M.
and Fakhimi P.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: شیردلی ع، خانی تملیه ذ، رضایی ح، ایمانی م. و فخمی پ. (۱۳۹۶). بررسی اثر تغییر اقلیم بر روند دمایی آبی دشت ابهر. محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۴، شماره ۱، صفحات: ۶۰-۴۷

Citing this paper: Shirdeli A., Khani Temelilyeh Z., Rezaie H., Imani M. and Fakhimi P. (2018). Evaluating the impact of climate change on future temperature trend of Abhar plain. J. Environ. Water Eng., 4(1), 47 – 60. DOI: 10.22034/jewe.2018.55974

بررسی اثر تغییر اقلیم بر روند دمایی آبی دشت ابهر

عظیم شیردلی^۱، ذبیح الله خانی تملیه*^۲، حسین رضایی^۳، مهدی ایمانی^۴ و پریسا فخمی^۴

^۱دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

^۲عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

^۳دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

^۴کارشناس ارشد، آبیاری زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

*نویسنده مسئول: z.khani1060@yahoo.com

مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۶/۰۱/۱۴]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۶/۰۹/۱۹]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۶/۰۹/۲۲]

چکیده

دما یکی از پارامترهای عمده رشد گیاهی و تأثیرگذار بر میزان نیاز آبی می‌باشد. از این رو در این مقاله روند دمایی آبی در منطقه‌ی ابهر تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در طی دوره‌های زمانی آبی بررسی و مقایسه‌ی آن با دوره مشاهداتی انجام شد. به این منظور بازه زمانی دوره مشاهداتی ۲۰۱۰-۱۹۸۶ میلادی، افق نزدیک ۲۰۴۵-۲۰۱۱، افق متوسط ۲۰۷۹-۲۰۴۶ و افق دور ۲۱۰۰-۲۰۸۰ در نظر گرفته شد. به منظور ریزمقیاس نمایی، تولید فایل سناریو و شبیه‌سازی گردش عمومی جو از نرم افزار LARS-WG استفاده شد. جهت شبیه‌سازی اقلیمی از مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 استفاده گردید. در تولید فایل سناریو، اعداد هر دو سری GCM PREDICTIONS و LARS-WG PARAMETERS یکی در نظر گرفته شد. سپس تولید فایل سناریو برای هر یک از سه افق زمانی آینده نزدیک، متوسط و دور انجام گرفت. نتایج این پژوهش، روند افزایشی پارامترهای دمای کمینه، متوسط و بیشینه در طی افق‌های زمانی آبی را نشان می‌دهد. مقادیر افزایش پارامترهای مورد مطالعه در طی افق‌های زمانی مذکور به ترتیب پارامتر دمای حداقل سالانه $0/63^{\circ}\text{C}$ ، $1/64^{\circ}\text{C}$ و $3/34^{\circ}\text{C}$ ، پارامتر دمای متوسط سالانه $0/26^{\circ}\text{C}$ ، $0/72^{\circ}\text{C}$ و $1/46^{\circ}\text{C}$ و پارامتر دمای بیشینه سالانه $0/32/0^{\circ}\text{C}$ ، $0/55^{\circ}\text{C}$ و $0/8/1^{\circ}\text{C}$ خواهد بود.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم؛ دما؛ مدل LARS-WY؛ دشت ابهر.

۱- مقدمه

آب و هوا یکی از مهم‌ترین عواملی است که مورد توجه انسان بوده است. علت این امر، نقش مهم عناصر آب و هوایی بر زندگی بشر و خصوصاً تولیدات کشاورزی است (Azizi et al. 2002). افزایش گازهای گلخانه‌ای، تغییراتی را در اقلیم کره‌ی زمین به وجود آورده است، که به آن تغییر اقلیم گفته می‌شود (IPCC¹ 2007). موسسه هیئت بین دول تغییر اقلیم، احتمال افزایش شدت بادهای سیکلونی حاره‌ای و افزایش شدت بارش‌های سیکلون حاره‌ای را در طول قرن ۲۱، در برخی از مناطق به‌عنوان درآمدی از تغییر اقلیم جهانی پیش‌بینی کرده است (Houghton et al. 2001). گازهای گلخانه‌ای موجود در جو زمین نسبت به امواج با طول موج کوتاه که از سوی خورشید به سمت زمین گسیل می‌شوند، شفاف بوده ولی امواج با طول موج بلندی که از طرف زمین ارسال می‌شود را جذب می‌کنند. این امر باعث بالا رفتن دمای هوای سطح زمین شده و در نهایت بخش قابل توجهی از انرژی امواج بلند به سطح زمین بازگردانده می‌شود. برگشت این انرژی گرمایی به سطح زمین سبب افزایش دمای سطح زمین می‌شود. گرم‌تر شدن کره زمین بر وضعیت سیستم اقلیمی موجود اثر گذاشته و پدیده‌ی تغییر اقلیم را موجب می‌گردد (Khalili 2000). از مطالعات انجام گرفته در زمینه تغییر اقلیم می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. Asad Falsafi-Zadeh and Sabouhi Sabouni (2013) به بررسی آثار پدیده تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی در شهرستان شیراز پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که آب مورد استفاده کشاورزی در کوتاه‌مدت و بلندمدت به علت تغییرات اقلیمی، کمتر از وضعیت موجود به‌دست آمد. کاهش در مصرف آب باعث کاهش عملکرد و در نتیجه درآمد کشاورزی منطقه خواهد شد، اما از وارد آمدن خسارت بلندمدت به سطح تولید محصولات زراعی و منابع آب زیرزمینی جلوگیری می‌کند. کاهش در مصرف آب باعث کاهش عملکرد و در نتیجه درآمد کشاورزی منطقه خواهد شد، اما از وارد آمدن خسارت بلندمدت به سطح تولید

محصولات زراعی و منابع آب زیرزمینی جلوگیری می‌کند. Momeni and Zibaie (2013) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر کشاورزی استان فارس پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که درجه‌ی حرارت و بارندگی اثری معنی‌دار و غیریکنواخت بر عملکرد محصولات بر جای می‌گذارند. (Amini Rokan 2015) به ارزیابی عملکرد برنامه‌ریزی ژنتیک در مدل‌سازی دمای متوسط ماهانه نمونه‌های اقلیمی در ایران پرداختند. نتایج حاصل از تحقیقشان نشان داد که در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه بهترین مدل با ضریب تبیین ۰/۹۶ و مجذور میانگین مربعات خطا $1/9^{\circ}C$ برای دما متعلق به ایستگاه زابل است. (Taj Abadi et al. 2016) با استفاده از ریزمقیاس نمایی^۲ زمانی دمای هوا با استفاده از فراکتال و رگرسیون تناوبی دو اقلیم خشک و نیمه‌خشک دو ایستگاه مشهد و کرمان با فواصل زمانی ۵ روزه و ۱۰ روزه مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از تحقیقشان نشان داد که روند هر دو اقلیم مشابه بوده ولی مدل‌سازی ۵ روزه بهتر از مدل‌سازی ۱۰ روزه بوده و ریزمقیاس نمایی فراکتال بهتر از رگرسیون عمل کرده است. (Hosseini et al. 2016) چشم‌انداز تغییرات دما را با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی‌های مدل Hadcm3 تحت سه سناریوی LARS-WG برای دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و دوره پیش‌بینی (۲۰۴۶-۲۰۶۵) مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها در شبیه‌سازی داده‌های دما از شاخص‌های RMSE، MSE و MAE استفاده کردند. داده‌های چشم‌انداز مدل نشان داد که دمای کمینه و بیشینه در تمام ماه‌های سال افزایش خواهد یافت. این میزان افزایش برای دوره ۲۰ ساله آتی برای دمای کمینه و بیشینه به ترتیب $3/2^{\circ}C$ و $3^{\circ}C$ خواهد بود. (Noel et al. 2015) به ارزیابی تاریخی و شبیه‌سازی آینده بارش و درجه حرارت در مرکز آفریقا با استفاده از بیست و پنج مدل اقلیمی GCMs و CMIP5^۳ پرداختند. آن‌ها همچنین ریزمقیاس نمایی ماهانه را برای پیش‌بینی دوره آماری ۱۹۴۸ تا

² Downscaling³ Couple Model Inter comparison Project 3¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

میزان دمای حداکثر و حداقل در آینده بودند. مدل MIROC5 بیشترین دقت را در برآورد درجه حرارت حداکثر و مدل CCSM4 بیشترین دقت را در برآورد درجه حرارت حداقل دارا بود. بیشترین مقدار افزایش دما برای هر دو دمای حداقل و حداکثر در فصل زمستان مشاهده شد. تغییرات سالانه درجه حرارت حداکثر نیز نشان‌دهنده افزایش دمای بین ۰/۱۸ تا ۰/۷۶°C در سناریوهای انتشار مختلف برای دوره درازمدت و ۰/۲۵°C تا ۱/۶۷°C در دوره آینده دور می‌باشد. در حالت کلی تغییرات درجه حرارت حداکثر اندکی بیشتر از تغییرات درجه حرارت حداقل در آینده می‌باشد. در این تحقیق اثرات تغییر اقلیم بر میزان دمای حداقل، متوسط و حداکثر منطقه ابهر در سه افق زمانی آبی شامل افق نزدیک (۲۰۴۵-۲۰۱۱)، افق متوسط (۲۰۷۹-۲۰۴۶) و افق دور (۲۱۰۰-۲۰۸۰) مورد مطالعه قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه به برآورد تغییرات دمای حداقل، متوسط و حداکثر در افق‌های آبی زمانی در منطقه ابهر پرداخته شده است. به منظور انجام بررسی‌ها در این پژوهش با توجه به اینکه به داده‌های حداقل ۲۰ سال نیاز است از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک خرمدره به دلیل فاصله بسیار کم تا ابهر (۶ کیلومتر) در مرکزیت منطقه و همچنین اقلیم مشابه با ابهر استفاده شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک خرمدره در شکل (۱) آمده است. تهیه و جمع‌آوری نتایج مدل‌های شبیه‌سازی گردش عمومی جو بر اساس سناریوهای محتمل از اقلیم آینده مدل‌های گردش عمومی جو مدل‌های سه‌بعدی می‌باشند، که بر اساس سناریوهای مختلف اقلیمی به منظور شبیه‌سازی اثر گازهای گلخانه‌ای بر اقلیم حاضر کره زمین توسعه داده شده‌اند و قادر هستند تا تغییرات اقلیم آینده کره زمین را پیش‌بینی کنند (Xu 1999). مدل‌های گردش عمومی جو، بهترین مطالعات درباره تغییرات جو با توجه به افزایش گازهای گلخانه‌ای را فراهم می‌نمایند. از جمله محدودیت‌های اصلی در استفاده از خروجی‌های اقلیمی مدل‌های گردش عمومی این است که دقت تجزیه مکانی و

۲۰۹۹ بررسی و از سناریوهای RCP45^۴ و RCP 85 استفاده کردند. نتایج حاصل از مطالعات آنها نشان داد که مدل‌های CMIP5 شبیه‌سازی دما را بهتر از بارش انجام می‌دهند. اما اندکی ناهمگنی مکانی در آنها وجود دارد و پیش‌بینی دما در ۲۰۷۰-۲۰۹۹ حاکی از افزایش دما بین ۲°C تا ۴°C خواهد بود. در حالی که شبیه‌سازی بارش حاکی از تغییرات میزان بارش به اندازه ۹ تا ۲۷٪ کاهش خواهد بود. Masood et al. (2015) به مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر هیدرولوژی آبی حوضه (GBM^۵) گنگ-براهماپوترا-مغنا در بنگلادش با استفاده از مدل‌های CMIP5 و GCMs و داده‌های (۲۰۰۳-۱۹۷۹) به پیش‌بینی افق نزدیک (۲۰۳۹-۲۰۱۵) و افق دور (۲۰۹۹-۲۰۷۵) پرداختند. نتایج حاصل از مطالعات آنها نشان داد که در کل حوضه GBM دما تا ۴/۳°C افزایش، متوسط بارش و رواناب افزایش میزان تبخیر نیز افزایش خواهد یافت. که میزان افزایش تبخیر چنین است: (گنگ ۱۳/۶٪، براهماپوترا ۱۶/۴٪ و مغنا ۱۲/۹٪) خواهد بود. Zhong et al. (2016) به بررسی اثرات تغییرات اقلیم آینده در رودخانه مبتنی بر استنتاج هیدرولوژیکی در انتاریو، کانادا پرداختند. آن‌ها از سیستم مدل‌سازی PRECIS و مدل استنتاج هیدرولوژیکی PRECIS^۶(HIM^۶) استفاده کردند و به پیش‌بینی دما و بارش در حوضه مورد مطالعه تحت دو سناریوی A2 و B2 پرداختند. نتایج حاصل از مطالعاتشان نشان داد، که حتی اگر کل بارش سالانه در آینده تغییر معنی‌داری، در توزیع بین سالانه به احتمال بسیار زیاد وجود داشته باشد، انتظار می‌رود که در دسترس بودن آب در زمستان افزایش در حالی که با احتمال بسیار زیاد در تابستان بیش از حد کاهش یابد، و استراتژی‌های ضروری جهت این موضوع بایستی اعمال شود. Kohestani et al. (2017) تأثیر تغییر اقلیم بر درجه حرارت حوضه آبریز زاینده‌رود با استفاده از محاسبات نرم یادگیری ماشینی بیزین بررسی کردند. نتایج وزن‌دهی مدل‌های GCM مختلف نیز نشان داد که این مدل‌ها، دارای دقت متفاوتی در برآورد

⁴ Representative Concentration Pathway

⁵ Ganges-Brahmaputra-Meghna

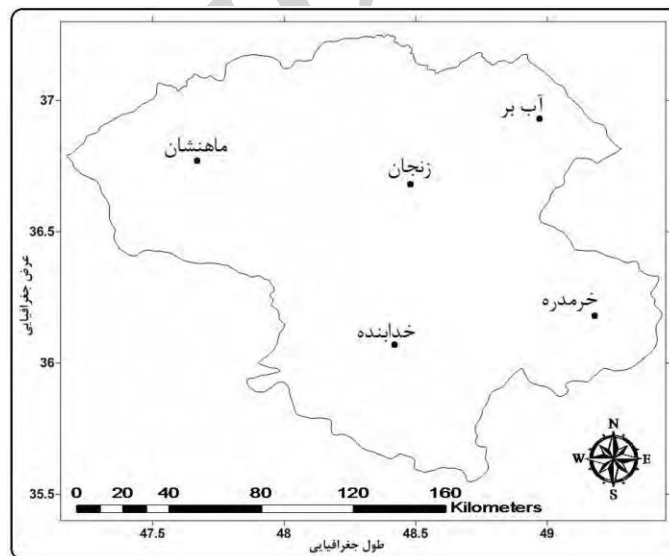
⁶ Hydrological Inference Model

⁷ Providing Regional Climates for Impacts Studies

مشخص برای محاسبه یک دسته از پارامترهای توزیع‌های احتمالی متغیرهای آب و هوایی و همچنین همبستگی و ارتباط میان آن‌ها استفاده می‌کند. این دسته از پارامترها برای ساخت سری‌های زمانی مصنوعی متغیرهای آب و هوایی به کار می‌روند (Semenov and Stratonovich 2010).

به منظور ریزمقیاس نمایی، تولید فایل سناریو و شبیه‌سازی گردش عمومی جو از نرم افزار LARS-WG استفاده شد. جهت شبیه سازی اقلیمی از مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 استفاده گردید. در تولید فایل سناریو، اعداد هر دو سری (LARS-WG و PREDICTIONS GCM) یکی در نظر گرفته شد. سپس تولید فایل سناریو برای هر یک از سه افق زمانی افق نزدیک ۲۰۴۵-۲۰۱۱، افق متوسط ۲۰۴۶-۲۰۷۹ و افق دور ۲۰۸۰-۲۱۰۰ انجام گرفت. برای محاسبه سری زمانی متغیرهای اقلیمی تحت تاثیر پدیده تغییر اقلیم با استفاده از خروجی مدل‌های گردش عمومی جو، در ابتدا سناریوهای تغییر اقلیم دما از خروجی مدل‌های محاسبه گردید. پس از مشخص شدن سناریوی تغییر اقلیم، تولید فایل سناریو انجام گرفت. پس از محاسبه و کوچک مقیاس کردن سناریوهای تغییر اقلیم منتج از مدل‌های AOGCM در یک حوضه، لازم است تا این سناریوها با محدوده نوسانات درونی بلند مدت اقلیم منطقه، مورد مقایسه قرار گیرند تا معنی دار بودن تغییر اقلیم ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای نسبت به نوسانات درونی اقلیمی مشخص گردد. در صورتی که مقادیر سناریوهای تغییر اقلیم محاسبه شده از مدل‌های AOGCM خارج از مقادیر مربوط به محدوده نوسانات درونی اقلیم قرار گیرد، می‌توان اظهار داشت که تاثیر افزایش گازهای گلخانه‌ای در تغییرات بدست آمده از مدل‌های (AOGCM) سناریوهای تغییر اقلیم) بیش از تغییرات درونی سیستم اقلیم بوده است. در این مطالعه به منظور تفکیک تغییر اقلیم ناشی از گازهای گلخانه‌ای نسبت به نوسانات درونی، تغییرات مربوط به متغیر دما مورد بررسی قرار گرفت. لذا برای بررسی محدوده نوسانات درونی این متغیر، آنومالی سری زمانی سالانه آنها نسبت به میانگین دوره پایه (-۲۰۱۰ تا ۱۹۸۶ میلادی) محاسبه گردید. سپس جهت حذف نوسانات

زمانی آن‌ها با دقت موردنیاز مدل‌های منطقه‌ای و هیدرولوژیکی مطابقت ندارد. دقت مکانی این مدل‌ها در حدود شبکه‌هایی به طول ۲۰۰ کیلومتر است، که این دقت خصوصاً برای بررسی مناطق کوهستانی و پارامترهای اقلیمی نظیر بارش و دما مناسب نیست. با استفاده از روش ریزمقیاس کردن، می‌توان خروجی‌های این مدل‌ها را به متغیرهای سطحی در مقیاس حوضه مورد مطالعه تبدیل نمود. ریزمقیاس کردن در حقیقت به فرآیند حرکت از پیش‌بینی کننده‌های بزرگ مقیاس به پیش‌بینی شونده‌ها در مقیاس محلی اطلاق می‌شود (Wilby and Dettinge 2000).



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌ها و منطقه مورد مطالعه

Fig. 1 the location of stations and study area

۲-۲- مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG

مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG^۸ یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است. این مدل برای تولید بارش روزانه، تابش و ماکزیمم و مینیمم درجه حرارت‌های روزانه در یک ایستگاه، تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده، به کار می‌رود. این مدل از اطلاعات روزانه مشاهداتی در یک ایستگاه

^۸ Long Ashton Research Station Weather Generator

سالیانه و تقویت نوسانات بین دهه‌ای، سری زمانی آنومالی-های محاسبه شده بایستی مورد هموارسازی قرار گیرند. از روش‌های مختلفی جهت هموارسازی سری زمانی داده‌ها استفاده می‌شود، که عبارتند از فیلترهای پایین‌گذر، فیلتر میانگین متحرک، فیلتر گوسی اشاره کرد. که در این تحقیق روش میانگین متحرک بکار گرفته شد.

۲-۳- تولید داده‌های آب و هوایی

جهت تولید داده‌های آب و هوایی در مرحله اول تنظیم کردن مدل، آنالیز داده‌های آب و هوایی مشاهداتی برای تعیین مشخصات آماری آنها صورت گرفت. در مرحله دوم تست و ارزیابی تصدیق مدل انجام گرفت. در این مرحله تفاوت بین مشخصات آماری داده‌های مشاهداتی و داده‌های تولیدی بررسی گردید. در مواردی که تفاوت معنی‌داری بین این داده‌ها وجود داشت، توسط برنامه تفاوت آماری معنی‌داری در این قسمت تحلیل، سپس برطرف گردید. در مرحله سوم تولید داده‌های آب و هوایی انجام گرفت، به منظور این‌که داده‌های آب و هوایی تولیدی با داده‌های آب و هوایی مشاهداتی یکسان باشند، در مدل LARS-WG در مدت تنظیم پروسه از اطلاعات آب و هوایی مشاهداتی اصلی استفاده شد. تفاوت در داده‌های آب و هوایی تولیدی از یک روز به روز دیگر اساساً به وسیله یک سناریوی تغییر اقلیم ویژه برای منطقه صورت می‌گیرد. چرا که مدل LARS-WG این توانایی را دارد تا از تغییرات پارامترهای بارش، دما و تشعشع خورشید یک مدل تغییر اقلیم سراسری بسازد. جهت اجرای اولیه مدل LARS-WG در ابتدا دو فایل ورودی آماده گردید، که یک فایل شامل، عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع مربوط به ایستگاه اندازه‌گیری داده‌های هواشناسی است. که در آن فرمت و ترتیب داده‌های ورودی مدل نیز مشخص گردید. فایل دیگر شامل داده‌های هواشناسی ورودی به مدل که به ترتیب از سال کم به زیاد مرتب شد. این فایل محتوی سال، شماره روز ژولویوسی، حداقل دما، حداکثر دما، بارش و ساعت آفتابی روزانه می‌باشد. که با استفاده از تحلیل‌های مدل بر روی داده‌های ورودی دو فایل حاصل گردید. یک فایل شامل خصوصیات آماری داده‌های مشاهداتی از قبیل طول سری‌های خشک و

مرطوب به صورت فصلی دیگری میانگین و انحراف معیار دوره‌های خشک و مرطوب به صورت ماهانه بود. توزیع‌های تجربی، مقادیر میانگین، انحراف معیار، ماکزیمم و مینیمم و تعداد داده‌های ثبت شده بارش به صورت ماهانه مدل‌سازی گردید. مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار، تعداد داده‌های ثبت شده حداکثر و حداقل دما، تشعشعات آفتابی به صورت ماهانه و روزانه مدل‌سازی گردید. همچنین با استفاده از توزیع‌های تجربی فصلی دوره‌هایی از سرما و گرما مدل‌سازی شد. بر این اساس که روز سرد به روزی اطلاق می‌شود که دمای حداقل آن به زیر صفر درجه سانتی‌گراد و روز گرم نیز روزی محسوب می‌شود که دمای حداکثر آن به بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد برسد. فایل دیگر پارامترهای استفاده شده به وسیله مدل LARS-WG جهت دوباره تولید داده‌های مشاهداتی است. این داده‌ها شامل بازه‌های هیستوگرام ماهانه و فراوانی رخدادهای مربوط به هر کدام از بازه‌ها برای بارش، طول دوره‌هایی از سری‌های خشک و مرطوب و تشعشعات آفتابی، ضرایب فوریه مربوط به میانگین و انحراف معیار، حداکثر و حداقل دما در دوره‌های خشک و مرطوب که به صورت جداگانه می‌باشند. این فایل متوسط خود همبستگی مربوط به حداقل و حداکثر دما و تشعشعات آفتابی (خود همبستگی بر این اساس که مقادیر مربوط به هر روز به شرایط روزهای قبل بستگی دارد) را نشان می‌دهد. در بخش تولید داده سناریوهای اقلیمی نیز بایستی مد نظر قرار گیرد. سناریوهای تغییر اقلیم شامل چهار متغیر آب‌وهوایی می‌باشند. این متغیرها عبارتند از: نسبت تغییرات در میانگین پارامترهای بارش، دمای حداقل و حداکثر، تغییرات طول دوره‌های خشک و تر ماهانه دوره آبی نسبت به دوره پایه. (رابطه ۱)، تغییر نسبی انحراف از معیار میانگین دمای روزانه هرماه دوره آبی نسبت به دوره پایه را محاسبه می‌کند. (رابطه ۲) تغییرات مطلق مقدار تابش دوره آبی نسبت به دوره پایه (رابطه ۳) که از خروجی مدل‌های AOGCM به‌دست می‌آیند.

$$RC_{std} = \frac{std_f}{std_b} \quad (1)$$

به صورت متعادل (A1B) موضوع دربرگیرنده خانواده سناریوهای A2 تقویت نیروهای جمعیتی منطقه‌ای با تأکید بر ارزش خانواده‌ها و رسوم خانوادگی، رشد زیاد جمعیت و وابستگی کمتر به پیشرفت سریع اقتصادی می‌باشد. وضعیت جمعیت در خانواده سناریوهای B1 شبیه A1 می‌باشد، با این تفاوت که تأکید در این سناریو بیشتر در استفاده از انرژی‌های پاک و محیط‌زیست می‌باشد. در این خانواده تأکید بر پایداری اقتصاد، محیط‌زیست و اقتصاد در سطح جهانی می‌باشد. در سناریو B2 تأکید بر راه‌حل‌های منطقه‌ای برای تقویت مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیست می‌باشد. این یک دنیای ناهمگون با سرعت تغییرات تکنولوژی کمتر، اما با تنوع بیشتر می‌باشد. اما تأکید قوی در این سناریو بر ابتکار عمل جامعه و نوآوری‌های آن برای یافتن راه‌حل‌های منطقه‌ای نسبت به راه‌حل‌های جهانی می‌باشد. سناریوهای اقلیمی در جدول (۱) آورده شده است.

$$RC = \frac{\bar{X}_f}{\bar{X}_b} \quad (2)$$

$$RC_{rad} = \bar{X}_f - \bar{X}_b \quad (3)$$

b و f به ترتیب: بیانگر دوره پایه و آتی می‌باشند. سناریوهای اقلیمی در کلاس‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند. در سری سناریوهای گروه A1 جهان با رشد سریع اقتصادی، افزایش رشد جمعیت که در اواسط قرن ۲۱ به اوج خود خواهد رسید و از آن به بعد کاهش می‌یابد و معرفی فناوری‌های جدید و کاراتر در نظر گرفته شده است. در این خانواده به مسائل اقتصادی نسبت به محیط‌زیست بیشتر تأکید شده و دیدگاه‌ها بجای منطقه‌ای، جهانی می‌باشد. سه زیر شاخه متفاوت برای گروه A1 بر اساس نوع تکنولوژی مورد استفاده در قرن ۲۱ در نظر گرفته شده است. تشدید استفاده از سوخت فسیلی (A1FI)، استفاده از منابع انرژی غیر فسیلی (A1T) و استفاده از منابع فسیلی و غیر فسیلی

جدول ۱- خلاصه‌ای از مشخصات سناریوهای اقلیمی SRES در سال ۲۱۰۰ (تغییرات نسبت به سال ۱۹۹۰-۱۹۶۱) (IPCC 1999)

Table 1. Summary of SRES Climatic Scenarios in 2100 (changes from 1961 to 1990) (IPCC 1999)					
B2	B1	A2	A1	1990	خصوصیت سناریو
10.4	7.0	15.1	7.1	5.25	جمعیت (بیلیون نفر)
601	547	834	680	354	غلظت CO ₂ ppmv
2.1 (1.5-3.1)	2.0 (1.4-3)	3.1 (2.1-4.4)	2.5 (1.7-3.7)	-	تغییر متوسط دمای میانگین کره زمین بر حسب °C
52 (20-93)	50 (19-90)	62 (27-107)	58 (23-101)	-	افزایش جهانی سطح آب دریا cm
235	328	243	550	21	GDP جهانی \$ 10 ¹²

معنی‌داری بین داده‌های واقعی و داده‌های حاصل از مدل وجود ندارد. در نهایت با مقایسه مقادیر میانگین‌های ماهانه مشاهداتی و تولید شده متغیرهای هواشناسی مذکور با استفاده از پارامترهای ضرایب اصلاحی به منظور تولید فایل سناریوی تغییر اقلیم موردنیاز مدل LARS-WG، برای سناریوهای تغییر اقلیم و برای متغیرهای آب‌وهوایی مقایسه شد، همانطور که از نتایج جدول (۲) بر می‌آید همبستگی بالای داده‌های مشاهداتی با داده‌های شبیه‌سازی شده پارامترهای قید شده در جدول مذکور نشان از کارایی بالای مدل LARS-WG در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی می‌باشد. که میزان شبیه‌سازی در دوره سوم شبیه‌سازی به علت بالا بودن ضرایب همبستگی

۳- بحث و نتایج

۳-۱- واسنجی و ارزیابی مدل LARS-WG

در این تحقیق از مدل LARS-WG و کارایی مدل جهت تولید داده‌های روزانه بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعت آفتابی در ایستگاه خرمدره مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. در اولین گام مدل برای دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۰) اجرا گردید و میانگین‌های ماهانه مشاهداتی و شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی مذکور مقایسه شد. سپس مقادیر همبستگی محاسبه گردید که نتایج مقادیر همبستگی دوره‌های مختلف در جدول (۲) آمده است. نتایج نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت

پارمترها به مراتب بهتر از دو دوره قبل می‌باشد، که با توجه به این موضوع بیانگر وجود تغییرات اقلیمی در دوره‌های آبی خواهد بود. اختلاف بین مقادیر همبستگی در دوره‌های مختلف برای پارمترهای مختلف به نوبه خود می‌تواند بیانگر تغییرات اقلیمی باشد.

جدول ۲- مقادیر همبستگی پارمترهای هواشناسی برای دوره‌های مختلف

Table 2. Correlation values of meteorological parameters for different periods

پارامتر	مشاهداتی با شبیه‌سازی اول	مشاهداتی با شبیه‌سازی دوم	مشاهداتی با شبیه‌سازی سوم
بارندگی	0.9986	0.9986	0.9996
دمای حداقل	0.9543	0.7512	0.9834
دمای حداکثر	0.9997	0.9979	0.999
دمای روزانه	0.9997	0.7958	0.9997
تابش ماهانه	0.9997	0.9973	0.9996

دوره‌های آبی شاهد کاهش در آن پارامتر آماری خواهیم بود. نتایج این قسمت به نوبه خود مؤید تغییرات اقلیمی در دهه‌های آبی و همچنین کارایی بالای مدل در شبیه‌سازی های اقلیمی می‌باشد. در ستون‌های ۱، تغییرات نسبی میانگین بارش ماهانه ۲- تغییرات نسبی طی دوره خشک ۳- تغییرات نسبی طی دوره تر ۴ و ۵- تغییرات مطلق میانگین دمای حداقل ماهانه، تغییرات مطلق میانگین دمای حداکثر ماهانه نسبت به دوره پایه ۶- تغییرات نسبی انحراف از معیار میانگین دمای روزانه دوره پایه و ۷- تغییرات نسبی میانگین تابش ماهانه نسبت به دوره پایه در جدول (۳) آمده است.

باتوجه به نتایج حاصل از تحلیل و شبیه‌سازی پارمترهای هواشناسی با در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی با استفاده از مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 به داده‌های مشاهداتی و اعمال آن برای سه دوره آبی در برخی ماهها میزان شبیه سازی بیشتر از یک یا برابر یک و یا کمتر از یک می‌باشد. در مواردی که شبیه سازی داده‌ها با اعمال تغییرات اقلیم بیشتر از یک می‌باشد، یعنی اینکه در دوره های آبی در آن پارامتر آماری شاهد افزایش خواهیم بود. همچنین در مواردی که این مقدار برابر یک می‌باشد، بیانگر عدم تغییرات اقلیمی در ماه مورد نظر برای پارامتر مذکور خواهیم بود یا اینکه تغییرات بسیار ناچیز خواهد بود. در مواردی که این مقدار کمتر از یک باشد در

جدول ۳- ضرایب اصلاح شده فایل سناریوی دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۴۵

Table 3. Corrected coefficients of the scenario file for the period 2011-2045

پارامتر/ماه	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
فروردین	1.01	1.01	0.99	0.96	0.99	0.97	1
اردیبهشت	1	1.01	1	1.01	1	1.02	1.01
خرداد	1	1.01	1	1.02	1.02	1	1.01
تیر	1.01	1.38	1.17	1.01	1	1.01	1.01
مرداد	1.1	1.04	0.99	1	1	1.02	1.01
شهریور	1.01	1.54	1.16	1.01	1.01	1	1
مهر	1	1.01	1.03	0.98	1	1	0.98
آبان	1.01	1	1.01	0.89	0.99	1.02	0.97
آذر	1	0.99	1	1.93	0.98	1.03	0.98
دی	1	0.99	1.02	0.94	0.89	1	0.99
بهمن	1	0.99	0.99	2.18	0.97	1.06	1
اسفند	1.01	0.99	1.01	1	0.98	1.03	1

حداکثر مشاهده می‌شود. نتایج این بخش از تحقیق بطور مشابه برای دوره‌های شبیه‌سازی دوم (۲۰۴۶-۲۰۶۹) و سوم (۲۰۷۰-۲۱۰۰) قابل تعمیم است، که در این تحقیق به داده‌های شبیه‌سازی برای دوره زمانی (۲۰۱۱-۲۰۴۵) بسنده گردید.

۳-۲- تغییرات دمایی در دوره‌های آتی

به‌منظور ارزیابی تغییرات اقلیمی، سناریوی تغییر اقلیم را بر مبنای مقایسه خروجی مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 به داده‌های دوره مشاهداتی (۱۹۸۶-۲۰۱۰) شبیه‌سازی برای دوره‌های آتی در سه افق نزدیک (۲۰۱۱-۲۰۴۵)، افق متوسط (۲۰۴۶-۲۰۷۹) و افق دور (۲۰۸۰-۲۱۰۰) شد. که با استفاده از این نتایج می‌توان تغییرات پارامترهای آماری مربوط به دما را مورد ارزیابی قرار داد. مدل HadCM3 تحت روش ریزمقیاس نمایی LARS-WG در اکثر ماه‌های سال دمای بیشتری را در دوره آتی نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهند. داده‌های شبیه‌سازی شده دما در دوره‌های زمانی آتی در مقایسه با مقادیر مشاهداتی دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۸۶) ایستگاه خرمدره در جدول (۴) آورده شده است.

با توجه به نتایج حاصل از جدول (۳) بیشترین تغییرات در دوره‌های آتی مربوط به تغییرات نسبی طی دوره خشک، تغییرات نسبی طی دوره تر، تغییرات مطلق میانگین دمای حداقل ماهانه و تغییرات مطلق میانگین دمای حداکثر ماهانه نسبت به دوره پایه می‌باشد. که بیشترین تغییرات مربوط به تغییرات مطلق میانگین دمای حداقل و حداکثر ماهانه است، که این موضوع به نوبه خود حاکی از وجود تغییرات اقلیمی در دوره‌های آتی می‌باشد. نتایج مدل LARS-WG در پیش‌بینی حداقل، متوسط و حداکثر دما، روندی افزایشی را در آینده نشان می‌دهد. مقادیر افزایش افق متوسط بیشتر از افق نزدیک، و افق دور بیشتر از افق متوسط نسبت به دوره مشاهده‌شده خواهد بود. بیشترین مقدار افزایش دمای حداقل در طی افق نزدیک نسبت به افق زمان حال در ماه خرداد با افزایش $1/24^{\circ}\text{C}$ خواهد بود. در طی افق‌های نزدیک و دور در ماه تیر به ترتیب $3/27^{\circ}\text{C}$ و $6/42^{\circ}\text{C}$ افزایش خواهد یافت. مقدار افزایش دمای حداقل سالانه طی دوره‌های آتی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در افق‌های نزدیک، متوسط و دور به ترتیب $0/63^{\circ}\text{C}$ ، $1/64^{\circ}\text{C}$ و $3/34^{\circ}\text{C}$ خواهد بود. در حالت کلی، محدوده تغییرات درجه حرارت حداقل، کمتر از درجه حرارت

جدول ۴- داده‌های تولیدشده و دوره پایه در مقیاس فصلی ایستگاه خرمدره

Table 4 Generated data and base period in the Khoramdarah station

فصل	دمای کمینه ($^{\circ}\text{C}$)				دمای متوسط ($^{\circ}\text{C}$)				دمای بیشینه ($^{\circ}\text{C}$)			
	1986-2010	2011-2045	2046-2079	2080-2100	1986-2010	2011-2045	2046-2079	2080-2100	1986-2010	2011-2045	2046-2079	2080-2100
بهار	8.77	9.96	11.5	14.22	15.72	15.72	15.72	15.72	22.68	22.68	22.68	22.68
تابستان	14.55	15.24	17.14	20.04	24.18	22.95	22.45	20.04	30.81	30.81	30.81	30.81
پاییز	2.44	2.44	2.44	2.44	8.21	8.21	8.21	8.21	13.98	13.98	13.98	13.98
زمستان	-3.12	-2.49	-1.9	-0.71	2.91	2.32	1.78	-0.71	6.67	7.13	7.72	8.83
سالانه	5.66	6.29	7.3	9	12.76	12.3	12.04	9	18.42	18.65	18.97	19.5

افزایش $5/49^{\circ}\text{C}$ خواهد بود. مقدار افزایش دمایی حداقل سالانه نیز طی دوره‌های آبی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در افق‌های نزدیک، متوسط و دور به ترتیب $0/63$ ، $1/64$ و $3/34$ خواهد بود. داده‌های تولیدشده و دوره پایه در مقیاس ماهانه ایستگاه خرمدره نیز در جدول (۵) آورده شده است.

نتایج جدول (۴) برای داده‌های فصلی شبیه سازی شده نشان می‌دهد که، فصل زمستان کمترین کاهش سیر صعودی دمایی کمینه در سه افق آبی را داراست. در مقیاس فصلی نیز در طی افق متوسط و نزدیک بیشترین افزایش دمایی حداقل نسبت به دوره حال در فصل بهار با افزایش $1/19^{\circ}\text{C}$ و در طی افق دور در فصل تابستان با

جدول ۵- داده‌های تولیدشده و دوره پایه در مقیاس ماهانه ایستگاه خرمدره

Table 5. Generated and base period in monthly scale of Khoramdarrah station

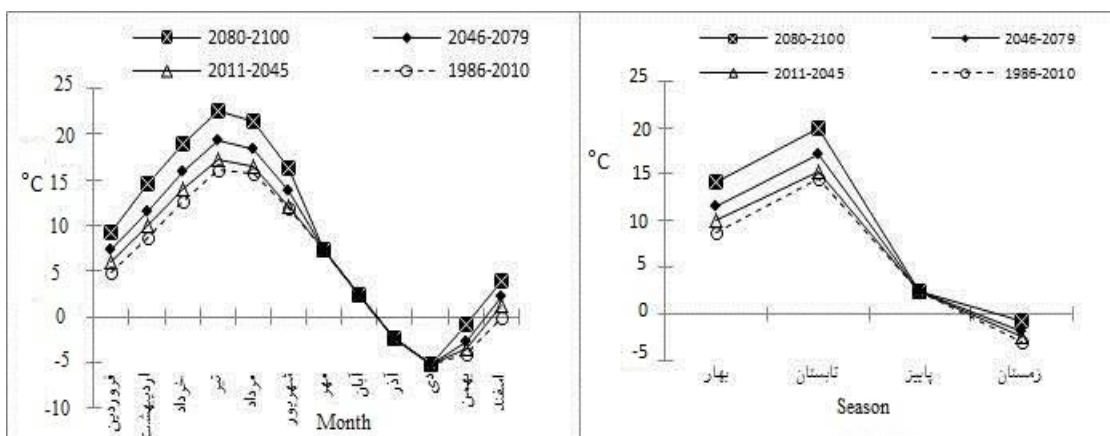
دمای بیشینه ($^{\circ}\text{C}$)				دمای متوسط ($^{\circ}\text{C}$)				دمای کمینه ($^{\circ}\text{C}$)				پارامتر
2080-2100	2046-2079	2011-2045	1986-2010	2080-2100	2046-2079	2011-2045	1986-2010	2080-2100	2046-2079	2011-2045	1986-2010	ماه
17.53	17.53	17.53	17.53	11.23	11.23	11.23	11.23	9.24	7.3	6.01	4.92	فروردین
22.21	22.21	22.21	22.21	15.44	15.44	15.44	15.44	14.49	11.43	9.91	8.68	اردیبهشت
28.29	28.29	28.29	28.29	20.5	20.5	20.5	20.5	18.93	15.77	13.95	12.71	خرداد
37.6	34.53	32.45	31.09	30.04	26.93	24.85	23.57	22.48	19.33	17.25	16.06	تیر
31.66	31.66	31.66	31.66	23.69	23.69	23.69	23.69	21.41	18.36	16.35	15.73	مرداد
28.31	28.31	28.31	28.31	24.33	21.92	20.31	20.09	16.22	13.73	12.13	11.88	شهریور
21.59	21.59	21.59	21.59	14.43	14.43	14.43	14.43	7.26	7.63	7.26	7.26	مهر
13.55	13.55	13.55	13.55	7.98	7.98	7.98	7.98	2.41	2.41	2.41	2.41	آبان
6.8	6.8	6.8	6.8	2.23	2.23	2.23	2.23	-2.34	-2.34	-2.34	-2.34	آذر
37.4	37.4	37.4	37.4	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-5.24	-5.24	-5.24	-5.24	دی
8.28	6.63	5.83	5.36	3.74	1.96	1.16	0.65	-0.8	-3.51	-3.51	-4.05	بهمن
14.46	12.8	11.8	10.91	9.19	7.53	6.53	5.43	3.92	1.27	1.27	-0.06	اسفند

نیز به ترتیب $0/26$ ، $0/72$ و $1/46^{\circ}\text{C}$ خواهد بود. روند صعودی دمایی بیشینه نیز همچون دمایی متوسط تنها در تعداد محدودی از ماه‌ها رخ خواهد داد. این کاهش تعداد ماه‌ها به دلیل کاهش تعداد ماه‌های دارای روند معنی‌دار در آزمون من-کندال دوره مشاهداتی (۲۰۱۰-۱۹۸۶) است. تنها سه ماه تیر، بهمن و اسفند شاهد افزایش دمایی بیشینه در دوره‌های آبی خواهند بود. ماه تیر بیشترین افزایش دمایی بیشینه را خواهد داشت، که این افزایش دما در طی افق‌های نزدیک، متوسط و دور به ترتیب $1/36$ ، $3/44$ و $6/51^{\circ}\text{C}$

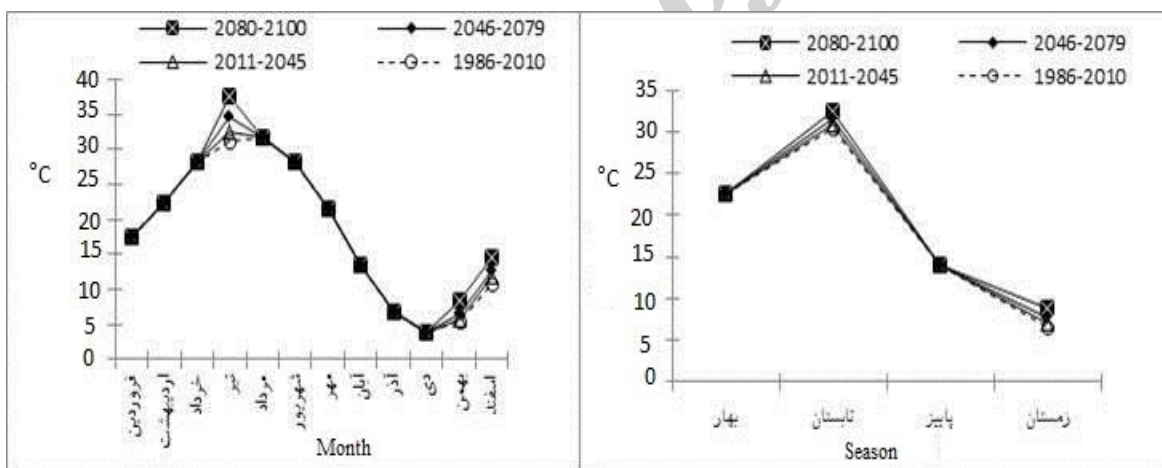
نتایج جدول (۵) برای تحلیل‌های ماهانه نشان می‌دهد که، تعداد ماه‌های دارای روند معنی‌دار دمایی متوسط کمتر از پارامتر دمایی کمینه است و تنها در ماه‌های تیر، شهریور، بهمن و اسفند افزایش دمایی متوسط اتفاق خواهد افتاد. بیشترین مقدار افزایش دمایی حداقل در طی افق نزدیک نسبت به افق زمان حال در ماه خرداد با افزایش $1/24^{\circ}\text{C}$ خواهد بود و در طی افق‌های نزدیک و دور در ماه تیر به ترتیب $3/27$ و $6/42^{\circ}\text{C}$ افزایش خواهد یافت. افزایش دمایی متوسط سالانه نیز طی افق‌های آبی نزدیک، متوسط و دور

مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده به ترتیب در شکل‌های (۲) و (۳) آورده شده است.

خواهد بود. مقدار افزایش دمای بیشینه سالانه نیز در طی افق‌های نزدیک، متوسط و دور به ترتیب ۰/۳۲، ۰/۵۵ و ۱/۰۸ خواهد بود. تغییرات دمای حداقل و حداکثر



شکل ۲- تغییرات دمای حداقل مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده ایستگاه خرمدره در دو مقیاس فصلی و ماهانه
Fig. 2 Minimum observed and predicted temperature changes in Khoramdareh station in two seasonal and monthly scales



شکل ۳- تغییرات دمای حداکثر مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده ایستگاه خرمدره در دو مقیاس فصلی و ماهانه
Fig. 3 Maximum observed and predicted temperature changes at Khoramdareh station in two seasonal and monthly scales

و دیمه به دلیل عدم معنی‌دار بودن روند دمای حداقل دوره مشاهداتی، هیچ تغییری در مقدار دمای مشاهداتی و سه افق دوره آتی وجود ندارد. نتایج کلی نشان‌دهنده آن است که مدل‌های GCM مختلف دارای دقت متفاوتی جهت تخمین درجه حرارت در آینده می‌باشند. همچنین دقت این مدل‌ها برای برآورد درجه حرارت حداقل و حداکثر نیز با هم متفاوت می‌باشد. در این

با توجه به شکل‌های (۲) و (۳) مشاهده می‌شود که مدل LARS-WG در پیش‌بینی حداقل، متوسط و حداکثر دما، روندی افزایشی را در آینده نشان می‌دهد. مقادیر افزایش افق متوسط بیشتر از افق نزدیک، و افق دور بیشتر از افق متوسط نسبت به دوره مشاهده شده است. افزایش دمای کمینه از دیمه تا تیرماه سیر صعودی داشته و از مرداد تا مهرماه سیر نزولی پیدا می‌کند و در ماه‌های فصل پاییز

تغییر اقلیم برای شبیه سازی در طی دوره‌های آبی می‌باشد. تغییرات متوسط دما در دوره‌های مختلف در شکل (۴) نشان داده شده است.

(۲۰۸۰-۲۱۰۰) دوره شبیه‌سازی و محاسبه گردید. نتایج این تحقیق به صورت زیر قابل بیان می‌باشد:

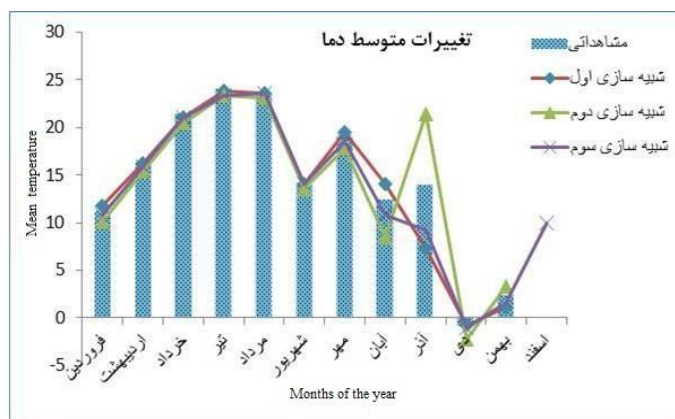
۱- مدل LARS-WG در پیش‌بینی حداقل، متوسط و حداکثر دما، روندی افزایشی را در آینده نشان می‌دهد.
۲- مقادیر افزایش افق متوسط بیشتر از افق نزدیک، و افق دور بیشتر از افق متوسط نسبت به دوره مشاهده شده خواهد بود.

۳- بیشترین مقدار افزایش دمای حداقل در طی افق نزدیک نسبت به افق زمان حال در ماه خرداد با افزایش $^{\circ}\text{C}$ $1/24$ خواهد بود و در طی افق‌های نزدیک و دور در ماه تیر به ترتیب $3/27$ و $6/42$ $^{\circ}\text{C}$ افزایش خواهد یافت.

۴- مقدار افزایش دمای حداقل سالانه طی دوره‌های آبی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در افق‌های نزدیک، متوسط و دور به ترتیب $0/63$ ، $1/64$ و $3/34$ $^{\circ}\text{C}$ خواهد بود. همچنین افزایش دما در دوره‌های آبی می‌تواند بر روند بارش در منطقه مورد مطالعه تأثیر داشته باشد.

در این تحقیق نیز افزایش $1/6$ $^{\circ}\text{C}$ افزایش در طی دوره آماری در منطقه مورد مطالعه رخ داده است. نتایج این قسمت از تحقیق نشان داد که در تحقیقات موجود در زمینه تغییر اقلیم، نمی‌توان تنها به نتایج حاصل از یک مدل AOGCM بسنده کرد. چونکه مدل‌های مختلف نتایج مختلفی را برای متغیرهای اقلیمی برای یک منطقه در دوره‌های مختلف در آینده را شبیه‌سازی می‌کنند. پس از مشخص شدن محدوده تغییرات ممکن برای متغیرهای اقلیمی منطقه در دوره آبی، سؤال اصلی در احتمال رخ دادن هر یک از جواب‌های محدوده تغییرات مطرح باشد. در تحقیقات انجام شده تاکنون، تمامی جواب‌ها با احتمال رخ دادن یکسان در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر یک توزیع یکنواخت برای محدوده جواب در نظر گرفته می‌شود.

مطالعه نشان داده شد که مدل‌های GCM برای برآورد درجه حرارت حداکثر طی سه دوره شبیه‌سازی شده دارای دقت نزدیکتر به هم هستند. که این موضوع بیانگر کارایی مدل‌های



شکل ۴- تغییرات متوسط دما در دوره‌های مختلف

Fig. 4 Mean temperature variations at different periods

همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، تغییرات متوسط برای تمامی دوره‌ها در این شکل نشان داده شده است. با دقت در شکل (۶) مشاهده می‌شود که بیشترین افزایش دما در ماه‌های خرداد تا مرداد برای فصول و ماه‌های گرم سال می‌باشد. که این روند بطور منظم برای دوره‌های شبیه‌سازی می‌باشد. اما در شبیه‌سازی سوم این روند در بعضی‌ها ماه‌ها حفظ نمی‌شود. این موضوع به نوبه خود می‌تواند بیانگر تغییرات اقلیمی و تشدید آن در این دوره باشد. نتایج در مجموع نشان از افزایش دمای دوره آبی نسبت به دوره پایه دارد.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای محاسبه سناریوی تغییر اقلیم، ابتدا سری زمانی دمای ماهانه حاصل از مدل‌های مختلف AOGCM تحت سناریوی A2 به وسیله برنامه LARS-WG تهیه گردید. پس از آن متوسط درازمدت دما هر ماه در سه دوره آبی (۲۰۴۵-۲۰۱۱)، (۲۰۷۹-۲۰۴۶) و

References

- Amini Rokan A., Khalili P. and Behmanesh J. (2015). Evaluation of genetic programming performance in modeling the average monthly temperature of climatic samples in Iran. *Agri. Meteorol. J.*, 3(1), 13- 24 [In Persian].
- Asad Falsafizadeh N. and Sabouhi Sabouni M. (2013). Investigation of climate change phenomenon on agricultural production. *J. Agri. Econom. Develop.*, 26(4), 272-286 [In Persian].
- Azizi Q. and Yarahmadi D. (2002). Investigating the relationship between climatic parameters and dryland wheat performance using regression model (Case study of Silakhor Plain). *Geogr. Res.*, 35(44), 23-44 [In Persian].
- Hosseini S. T., Khosh Ravesh M. and Ziatabar Ahmadi M. (2015). Investigating the effect of climate change and assessment of planting date change on soybean yield. *J. Water Res. Agri.*, 29(4), 574-560 [In Persian].
- Houghton J. (Eds.). (2001). *Climate Change: The Scientific Basis* (Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- IPPC. (2007). *Climate Change: The physical science basis. Contribution of working group I to fourth Assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* Cambridge university press, Cambridge, 1:18.
- IPCC. (1999). *Aviation and global atmosphere.* Penner J.E., Lister D.H., Griggs D.J., Dokken D.J. and McFarland M. (Eds.). Cambridge University Press. U.K.
- Khalili A. (2000). Investigating the climate change effects on water resources of the country. Report of the JAMAB Country, Synthesis Report. Meteorological Season, Ministry of Energy [In Persian].
- Kohestani S.H., Eslamiyan S.S. and Basalatpour A. (2017). The effect of climate change on the temperature of the Zayandeh Rood basin using Bayesian Machine Learning Soft Computation. *J. Water Soil Sci. (Sci. Technol. Agri. Natur. Resour.)*, 21(1), 203-216 [In Persian].
- Masood M.P., Yeh J.F., Hanasaki N. and Takeuch K. (2015). Model study of the impacts of future climate change on the hydrology of Ganges-Brahmaputra-Meghna basin, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 747-770.
- Moameni S. and Zibae M. (2013). Potential impacts of climate change on agriculture in Fars province. *J. Econom. Agri. Develop.*, 3, 169-179 [In Persian].
- Noel R., Justin S., James E., Haibin L. and Eric F.W. (2015). Evaluation of historical and future simulations of precipitation and temperature in central Africa from CMIP5 climate models. *J. Geophys. Res. Atm.*, 121(1), 130-152.
- Semenov M. and Stratonovich P. (2010). Use of multimodel ensembles from global climate models for assessment of climate change impact, *Climate Res.*, 41(1), 1-14.
- Taj Abadi S. H., Ghahreman B. and Ziaie A. (2017). The time down scaling of air temperature using fractal and periodic regression of two dry and semi-arid climates. *J. Agri. Meteorol.*, 4(1), 44-54 [In Persian].
- Wilby R.L. and Dettinger M.D. (2000). Streamflow changes in Sierra Nevada, Clifornia, simulated using a statistically

- downscaled general circulation model scenario of climate change. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 120.
- Xu C. (1999). From GCMs to river flow: A review of downscaling methods and hydrologic modeling approaches. *Progress Phys. Geogr.*, 23(2), 229-249.
- Zhong L., Guohe H., Xiuquan W., Jingcheng H. and Yurui F. (2016). Impacts of future climate change on river discharge based on hydrological inference: A case study of the Grand River Watershed in Ontario, Canada. *Sci. Total Environ.*, 548-549, 198-210.

Archive of SID

Evaluating the Impact of Climate Change on Future Temperature Trend of Abhar Plain

Azim Shirdeli¹, Zabihollah Khani Temeliyeh^{2*}, Hossien Rezaie³, Mehdi Imani⁴ and Parisa Fakhimi⁴

¹Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Zanzan University, Zanzan, Iran

²Member of Younger Researcher and Elite Club, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran

³Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

⁴Graduate Student, Department of Drainage Irrigation, Faculty of Agriculture, Zanzan University, Department of Water Engineering, Zanzan, Iran

*Corresponding author: z.khani1060@yahoo.com

Original Paper

Received: March 21, 2017

Revised: December 10, 2017

Accepted: December 13, 2017

Abstract:

Temperature is one of the major parameters of plant growth and influences the amount of water requirement. Therefore, in this paper, the future temperature trend in the Abhar area was studied under the influence of climate change during the future time periods and compared with the observation period. In this way, the observation period of 1986-2010, the horizon near 2045-2011, the middle horizon of 2046-2070, and the far horizon of 2080-2100 was considered. The LARS-WG software was used in order to downscale, scenario file generation and general circulation atmospheric model simulation. In order to simulate the climate was used, the HadCM3 model by A2 scenario. In generating a scenario file, the numbers of both series (GCM PREDICTIONS and LARS-WG PARAMETERS) were considered, and the scenario file was generated for each of the three horizons future near, middle and far. The results of this study show the increasing trend of minimum, average and maximum temperature parameters over the next horizons. The amounts of the increase of the parameters studied during the mentioned horizons, respectively, in the parameter of the minimum annual temperature of 0.63, 1.64 and 3.34°C, the mean annual temperature was 0.26, 0.72 and 1.46 °C and maximum temperature parameter will be 0.32, 0.55 and 0.81°C.

Key words: Climate Change; Temperature; LARS-WG Model; Abhar Plain.