شبیه سازی پارامترهای هواشناسی تحت تاثیر تغییر اقلیم برای سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰٤٦ در نرم افزار LARS-WG5

امیر محمد آخوندی خلفی [۱*]، رفعت زارع بیدکی [۲]، سیده روزیتا فاضلی عطار[۳]

*۱- کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی، مدیریت مناطق بیابانی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان یزد، یزد، ایران

۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۳- کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی، محیط زیست، یزد، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول : amir.m.akhondi@gmail.com

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش :۹۹/۰۴/۱۴

چکیده

تغییر اقلیم به تغییر در وضعیت اقلیم که برای یک دوره طولانی مثل چند دهه یا بیشتر ادامه داشته باشد گفته می‌شود. تغییر اقلیم یکی از مسایل مهم زیست محیطی به شمار می رود که مطالعات زیادی را به خود اختصاص داده است. دشت یزد – اردکان، از جمله دشت‌های واقع در منطقه خشک است که در سالهای اخیر به دلیل افزایش کارخانجات صنعتی و آلودگی هوا، ناهنجاریهای اقلیمی درخور توجهی را تجربه کرده است. هدف از انجام این پژوهش تحلیل پارامترهای هواشناسی در دشت یزد – اردکان بر اثر تغییرات احتمالی اقلیم در آینده و پیش‌بینی مقادیر دما و بارش منطقه مورد مطالعه در دوره‌های آتی با توجه به سناریوهای مختلف می‌باشد. برای این منظور داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های هواشناسی دشت یزد – اردکان از سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۷۴ به عنوان دوره پایه، انتخاب و تغییرات دما و بارش برای سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶، با استفاده از دو مدل گردش عمومی جو و فرآیند کوچک مقیاس‌سازی، شبیه‌سازی گردید. مقادیر دما و بارش منطقه تحت دو سناریو A2 و B1 پیش‌بینی شد. در نهایت، نتایج نشان داد به طور کلی در منطقه مورد مطالعه دمای حداقل و حداکثر در تمام فصول افزایش می‌یابد و در فصل‌های زمستان و پاییز اغلب با کاهش بارندگی و در فصل‌های بهار و تابستان با افزایش بارندگی روبرو هستیم.

کلمات کلیدی

"تغییر اقلیم"، "پیش‌بینی"، "شبیه‌سازی"، "مدل گردش عمومی جو"، "کوچک مقیاس سازی آماری"

Simulation of meteorological parameters under influence of climate change for years 2030-2011 and 2065-2046 in LARS-WG5 software

Amir Mohammad Akhondi khalfi [1,*], Rfafat Zare bidoki [2], Seyedeh Rozita Fazeli attar[3]

[1*]. MSc. Of natural resources engineering, desert area management, Natural Resources and watershed management organization of Yazd province, Yazd, Iran

2. PhD of range and watershed, assistant professor of natural resources and geosciences, faculty of Sharekord university, Shahrekord, Iran

3. MSc of natural resources engineering, environment, Yazd, Iran.

*Email Address: amir.m.akhondi@gmail.com

Abstract

Climate Change means a significant change during a long period of time such as some decades or more. Climate change is one of the most important environmental challenges that many researches concentrate on it. Yazd – Ardakan plain is one of the plains in arid areas that is encountering many climatic problems because of increasing industrial factories and air pollution in recent years. The purpose of this research is analyzing meteorological parameters in Yazd – Ardakan plain affecting by climate change and predicting temperature and precipitation data in future regarding by different scenarios. So temperature and precipitation data of weather stations of Yazd – Ardakan plain during 1974-2010 selected as basis period and changes of them simulated by using of two general circulation models of the atmosphere and small scale making process according to scenarios A2 and B1. Results showed temperature will be increase in all seasons and precipitation almost decreases in winter and autumn and will be increased in spring and summer.

Keywords

“Climate Change", "predicting", "simulating", "General Circulation Model", "Statistical Downscaling"

۱- مقدمه

اقلیم به شرایط آب و هوایی یک منطقه جغرافیایی نظیر دما، رطوبت، فشار اتمسفر، باد، بارش و سایر مشخصه‌های هواشناسی در مدت زمانی نسبتاً طولانی نسبت داده می‌شود. تغییر اقلیم به تغییر در وضعیت اقلیم که برای یک دوره طولانی مثل چند دهه یا بیشتر ادامه داشته باشد گفته می‌شود (۱۶). امروزه تغییر اقلیم به عنوان یکی از بزرگترین چالش‌های اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی شناخته می‌شود که کره زمین با آن مواجه است. بر اساس یکی از نظریه‌های موجود، بخشی از دلایل تغییر اقلیم در دوره‌های آماری، مربوط به فعالیت‌های بی‌رویه انسان و به ویژه فعالیت‌های صنعتی و افزایش گازهای گلخانه‌ای است. رشد صنایع و کارخانه‌ها و تخریب جنگل‌ها و محیط زیست باعث افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین طی دهه‌های اخیر شده است. در طی قرن بیستم، مقدار گازهای گلخانه‌ای نظیر دی-اکسیدکربن (CO_2)، متان (CH_4) و دی‌اکسیدنیتروژن (NO_2) به طور قابل توجهی در اتمسفر افزایش یافته است به طوری که سالانه بالغ بر ۵ تا ۶/۲ میلیارد تن دی‌اکسیدکربن وارد اتمسفر می‌شود (۱۹). وقوع خشکسالی‌های توام با افزایش درجه حرارت، تغییر شکل نزولات جوی، تغییر زمان وقوع و شدت بارش‌ها و وقوع سیلاب‌های ناگهانی از عوارض افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم است که کره زمین را با بحران‌های مختلف مواجه کرده است (۳۱). مقدار انتشار دقیق گازهای گلخانه‌ای توسط انسان در آینده کاملا مشخص و قطعی نیست بنابراین برای پیش‌بینی وضعیت اقلیم آینده از سناریوهای مختلفی استفاده می-شود. این سناریوها در دو بخش مجزای سناریوهای غیراقلیمی و سناریوهای اقلیمی قابل‌تفکیک هستند. سناریوهای غیراقلیمی (سناریوی انتشار) برای پیش‌بینی وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای، گزینه‌های محتمل از تغییرات در وضعیت سیاسی، اجتماعی و توسعه اقتصادی را تا حدی که بر کاهش یا افزایش تجمع گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر تاثیر خواهد گذاشت تا سال ۲۰۹۹ میلادی شبیه‌سازی می‌کند. برای مشخص‌کردن وضعیت اقلیم منطقه‌ای تحت تاثیر تغییر اقلیم نیز باید وضعیت‌های ممکن آینده مشخص گردد که سناریوی اقلیمی نامیده می‌شود (۲۰). یکی از معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی، مدل‌های جهانی گردش عمومی اقیانوس- اتمسفر (AOGCM) می-باشد (۴۲). مدل‌های چرخش عمومی می‌توانند بهترین اطلاعات درباره پاسخ جو به افزایش تمرکز گازهای گلخانه‌ای را فراهم کنند. این مدل-ها وابسته به زمان و دارای شبیه‌سازی‌های عددی سه‌بعدی شامل حرکات جوی، تبادلات گرمایی و اندرکنش های یخ، اقیانوس و خشکی هستند (۱۴). در سال‌های اخیر، قدرت تفکیک مکانی مدل‌های گردش عمومی جو افزایش چشمگیری یافته است، اما هیچکدام از آنها هنوز قابلیت اجراء در مقیاس ایستگاهی را ندارند، لذا روش‌های مختلفی ابداع شده‌اند تا خروجی این مدل‌ها را به مقیاس ایستگاهی تبدیل نمایند (۱۰، ۱۱، ۲۸، ۲۹، ۳۶ و ۴۱). یکی از این روش‌ها استفاده از تکنیک Weather Generator است. مدل‌های WG در دو مرحله پارامترهای هواشناسی را شبیه‌سازی می‌کنند: اول رخداد و شدت بارندگی را شبیه‌سازی نموده و سپس در مرحله بعدی سایر پارامترهای باقی مانده مانند دمای حداقل، دمای حداکثر، تابش، رطوبت و سرعت باد را مدل می‌کنند. مهم‌ترین نقطه قوت این مدل‌ها ارزان بودن، سرعت بالا و امکان استفاده از آنها بدون نیاز به ابر رایانه‌ها و یا رایانه‌های بسیار سریع می‌باشد. LARS-WG نمونه‌ای از مدل‌های WG است که از روش‌های توزیع نیمه تجربی استفاده می‌کند. دقت بالای این مدل در تولید داده‌های آب و هوایی (دما و بارش) مربوط به ۱۸ ایستگاه در کانادا (۴۳) و ۲۰ ایستگاه واقع در اقلیم‌های متفاوت انگلیس (۳۷) گزارش شده است. ماوروماتیس و هانسن (۲۰۰۱) نیز با مقایسه مدل‌هایWM، WM2 و LARS-WG نشان دادند که مدل LARS-WG در سطح اطمینان قابل قبول‌تری (۹۵ درصد) اقدام به تولید داده نموده است. کیان(۲۰۰۴)، هشمی و همکاران (۲۰۱۱) و چن و همکاران (۲۰۱۲) نیز با استفاده از مدل LARS – WG به ریزمقیاس سازی و پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی پرداختند. در داخل کشور نیز آبابایی و همکاران(۲۰۱۱)، اشرف و همکاران (۲۰۱۱)، خلیلی اقدم (۲۰۱۲)، فرزان منش و همکاران (۲۰۱۲) و روشن و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعات تغییر اقلیم از مدل LARS – WG استفاده کردند. نتایج تمامی مطالعات فوق حاکی از دقت بالای مدل LARS – WG در ریزمقیاس سازی متغیرهای اقلیمی می‌باشد.ایران نیز به دلیل قرارگیری در کمربند خشکسالی و مجاورت با پرفشار جنب حاره‌ای، دارای اقلیمی خشک و نیمه خشک است و در نتیجه در اکثر سال‌ها دچار خشکسالی‌های شدید شده است (۹). از طرفی با توجه به آنکه اقتصاد ایران در حال حاضر وابسته به منابع انرژی فسیلی است، درپاره‌ای از مناطق، دارای زیست بومی آسیب پذیر و شکننده می‌باشد. بنابراین شناخت و آگاهی از وضعیت اقلیمی حال و آینده، در کشور خشک و نیمه خشک ایران و به تبع آن استان کویری یزد لازم و ضروری است تا مدیران و برنامه‌ریزان قادر به اجرای برنامه‌های مختلف در جهت مقابله و کاهش آثار ویرانگر این پدیده و بهبود وضع موجود باشند. دشت یزد – اردکان در استان یزد یکی از مناطقی است که در سالهای اخیر با خشکسالی های شدیدی مواجه بوده است بنابراین هدف از پژوهش حاضر، پیش‌بینی مقادیر دما و بارش منطقه مورد مطالعه در دوره‌های آتی با توجه به سناریوهای مختلف و انتخاب مدل عمومی گردش جو مناسب و استفاده از نتایج آن برای پیش‌بینی شرایط آینده این محدوده می‌باشد تا مدیران و برنامه-ریزان با استفاده از آن بتوانند با اثرات ناخوشایند تغییر اقلیم به ویژه خشکسالی‌ها مقابله کنند.

۲- روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

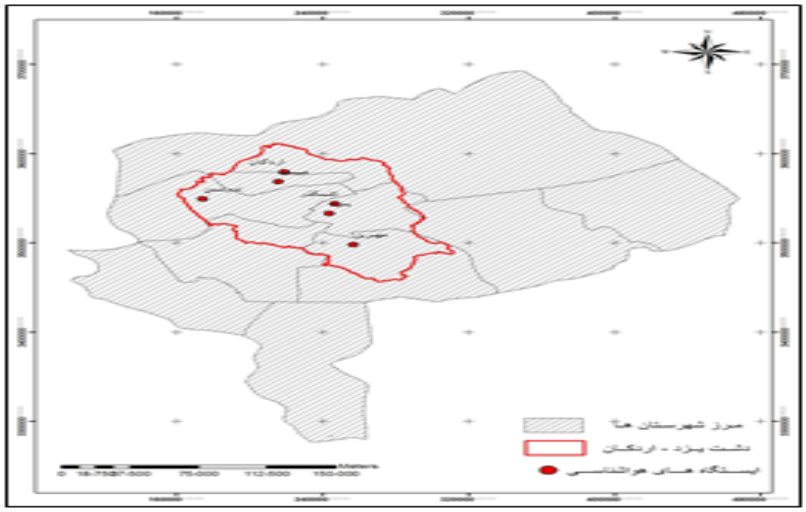
دشت یزد–اردکان دشتی پهناور است که در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی قرار دارد و شهرستان-های مهریز، یزد، اشکذر، میبد و اردکان را دربرمی‌گیرد. مساحت دشت یزد – اردکان ۱۲۰۵۴ کیلومترمربع است و از نظر منابع‌طبیعی و همچنین از دیدگاه منابع انسانی یکی از مهمترین مناطق استان به شمار می‌رود. به طوریکه بیش از ۸۰ درصد جمعیت استان در این منطقه مستقر هستند. دشت یزد – اردکان یکی از وسیعترین و مهمترین مناطق کشاورزی استان است. این منطقه جزء کمربند خشک فلات مرکزی ایران با متوسط دمای ۱۲ تا ۱۹ درجه و نوسان رطوبتی پائین بین ۳۰ تا ۵۰ درصد و تبخیر شدید بین ۲۲۰۰ تا ۳۲۰۰ میلیمتر همراه با بارش‌های اندک و نامنظم و اقلیم آن از نوع اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی است که

علاوه بر محدودیت‌های آب و هوایی از لحاظ کمبود آب، محدودیت‌های شوری و قلیایی‌بودن، نیز با مشکل روبرو است. متوسط بارندگی در بسیاری از نقاط این دشت کمتر از ۶۵ میلی متر در سال است و بیش از ۷۰ درصد آن در فصل زمستان رخ می‌دهد. بیش از ۴۰ درصد مساحت این دشت را اراضی لخت وبدون پوشش گیاهی با تراکم کمتر از ۲ درصد دربرمی‌گیرد (۴۴) .

روش کار

در این مطالعه از داده‌های دما و بارش ثبت شده توسط اداره هواشناسی یزد استفاده گردید. مقیاس زمانی این داده‌ها روزانه می‌باشد و داده‌ها در یک دورهٔ آماری ۳۷ ساله از سالهای ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۰ مورد تجزیه و تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند. در انتخاب ایستگاه مورد مطالعه دو معیار کیفیت داده‌ها و موقعیت مکانی مورد توجه قرار گرفت. در مرحله نخست آمار روزانه دما و بارندگی مربوط به ۶ ایستگاه سنوپتیک و باران‌سنجی سازمان هواشناسی در محدوده مورد مطالعه بررسی شد. بر اساس مطالعات انجام گرفته، ایستگاه هواشناسی شهرستان یزد که دارای آمار نسبتا طولانی در مورد متغیرهای موردنظر بود، به عنوان ایستگاه شاخص انتخاب گردید. علت انتخاب این ایستگاه، کیفیت مطلوب داده‌ها در مقایسه با سایر ایستگاه‌های همجوار و طول دوره‌ی آماری مناسب آن می‌باشد. از آمار سایر ایستگاه‌های موجود در این محدوده به علت کوتاه-بودن دوره آماری ثبت‌شده و همچنین ناقص بودن اطلاعات در بعضی از سال‌ها درایستگاههای مذکور صرف‌نظر گردید. شکل ۱، نقشه موقعیت ایستگاه‌های موجود در محدوده دشت یزد – اردکان و جدول ۱، مشخصات ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد. در این پژوهش، دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۷۴به عنوان دوره پایه برای پارامترهای دما و بارش انتخاب شد. همچنین از نرم‌افزار کوچک مقیاس سازی LARS-WG5 برای شبیه‌سازی غیرقطعی آب و هوا بر اساس شرایط موجود استفاده گردید. در اکثر ایستگاه‌های اقلیم‌شناسی ساعت آفتابی اندازه گیری نمی‌شود و به این دلیل که در لارس مدلسازی دما و بارش مستقل از تابش انجام می‌گیرد این نقیصه روی مدلسازی متغیرهای دما و بارش تاثیر ندارد.

شکل۱. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی موجود در محدوده دشت یزد – اردکان



جدول ۱ . نام و نوع ایستگاه های هواشناسی موجود در محدوده دشت یزد – اردکان

نام ایستگاه	مشخصات جغرافیایی			ارتفاع ایستگاه (متر)	سازمان متولی
	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی		
یزد	سینوپتیک	۲۴۳۶۲۱	۳۵۳۲۹۶۸	۱۲۳۷	سازمان هواشناسی
مهریز	سینوپتیک	۲۵۶۸۰۳	۳۴۹۸۱۶۵	۱۵۲۰	سازمان هواشناسی
ندوشن	کلیماتولوژی	۱۷۴۱۷۰	۳۵۴۹۳۵۹	۱۹۵۰	سازمان هواشناسی
اشکذر	کلیماتولوژی	۲۴۶۶۳۱	۳۵۴۳۸۷۰	۱۱۴۰	سازمان هواشناسی
میبد	سینوپتیک	۲۱۵۶۹۲	۳۵۶۸۶۵۷	۱۱۰۸	سازمان هواشناسی
اردکان	کلیماتولوژی	۲۱۹۱۳۰	۳۵۷۹۴۵۶	۱۱۰۴	سازمان هواشناسی

فایل‌های ورودی به نرم افزار لارس به فرمت تکست و با قالبی که برای نرم‌افزار قابل خواندن باشد تهیه می‌گردد. در این پژوهش، از داده‌های بارندگی به همراه متغیرهای دمای حداقل و دمای حداکثر به عنوان داده های ورودی نرم‌افزار استفاده می‌شود. اطلاعاتی در مورد موقعیت جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه مورد نظر هم جزء دیگر ورودی‌های نرم افزار است که بر نتایج تاثیر گذار است. با ورود داده‌ها به نرم افزار، خصوصیات آماریشان تعیین شده و تحلیل می‌شوند. در مرحله بعد داده‌های مصنوعی که دارای خصوصیات آماری مشابه با داده‌های دوره پایه هستند، تولید می‌گردند. در این فرآیند می‌توان از فایل‌های سناریو توسعه داده شده بر اساس سناریوهای مفروض در گزارش ارزیابی چهارم IPCC با توجه به مدل‌های مختلف GCM و سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه-ای استفاده کرد. همچنین می‌توان تعیین کرد که نتایج تحلیل برای چه

بازه‌ای مدنظر است. در این مطالعه، از بین مدل‌های گزارش ارزیابی چهارم و سناریوهای انتشار، از دو مدل MPEH5(EHAM5) و HADCM3(HadCM3)، که هر دو سناریو (A2 و B1) و هر دو دوره آتی (۲۰۱۱-۲۰۳۰ و ۲۰۴۶-۲۰۶۵) را در بردارند، استفاده شد. نتایج این مدل‌ها با هر دو سناریوی در نظر گرفته شده توسط مدل لارس کوچک مقیاس شدند. آزمون Q (آزمون کیفیت) نیز به منظور بررسی خصوصیات آماری داده‌های مصنوعی و مشاهداتی اجرا می‌شود تا اختلاف‌های قابل توجه آماری در آنها وجود نداشته باشد. توزیع‌های احتمالاتی داده‌های مصنوعی و مشاهداتی با استفاده KD[1](تست مطلوبیت برازش) و میانگین‌ها و انحراف معیارها با استفاده از آزمون‌های t و F برای اعتبارسنجی نتایج مقایسه می‌شوند (۳۰).

۳- نتایج

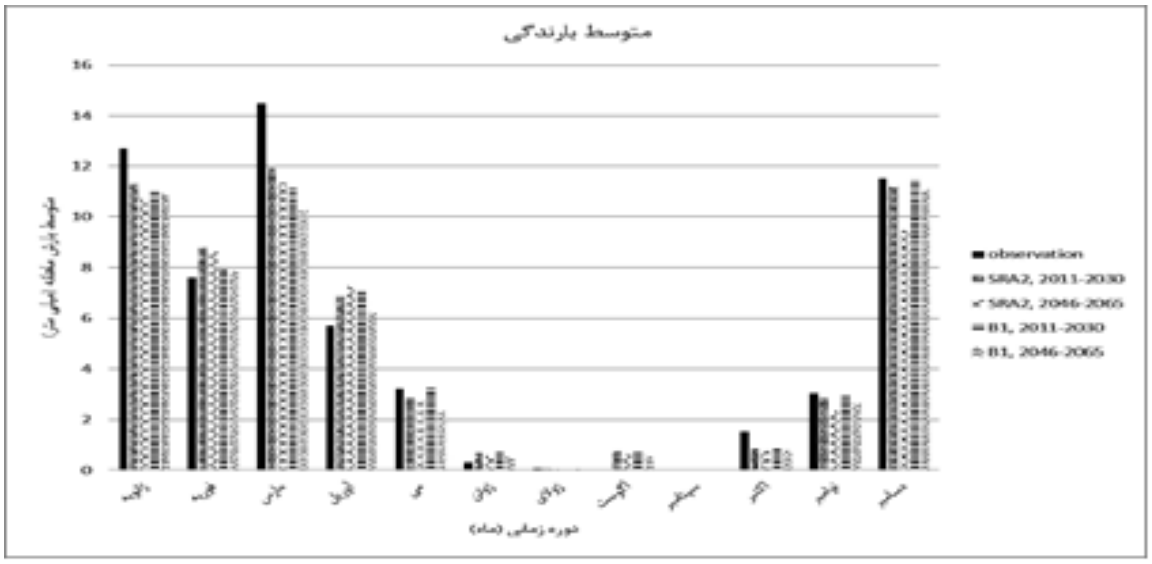
با انتخاب داده های دما و بارش یزد در سال های ۲۰۱۰-۱۹۷۴ به عنوان داده های پایه، تغییرات دما و بارش برای سال های ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶ ، توسط دو سناریو و دو مدل مورد نظر شبیه سازی گردید. بعد از ورود داده ها به نرم افزار و اجرای مدل، آزمون کیفیت توسط نرم افزار به طور خودکار انجام شد. با توجه به مقادیر p-value مربوط به آماره های t و F به دست آمده در این مرحله که در جدول ۲ ارائه شده است، به طور کلی می توان به نتایج خروجی مدل لارس اعتماد داشت زیرا نتایج ایستگاه مورد نظر نشان داد شبیه سازی دمای حداقل، دمای حداکثر و بارندگی با میزان p-value بالای آماره های t و F همراه بوده است و مقادیر p-value بالاتر از سطح اطمینان ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد می باشد. بنابراین صحت سنجی خروجی های مدل لارس نشان داد، این مدل برای منطقه مورد نظر و پارامترهای دمای حداقل، دمای حداکثر و بارندگی از اعتبار بالای نتایج برخوردار است.

جدول ۲. مقادیر p-value حاصل از آزمون T-test ایستگاه سینوپتیک یزد

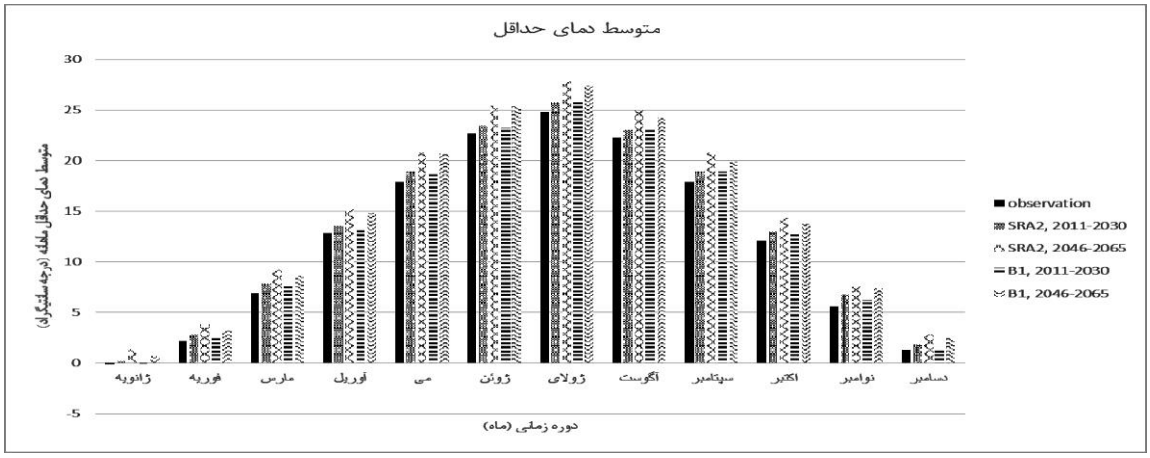
پارامتر/ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دمای حداقل	۰/۳۹۷	۰/۹۶۲	۰/۱۱۰	۰/۳۲۴	۰/۲۵۶	۰/۷۱۹	۰/۳۴۴	۰/۷۰۱	۰/۵۶۸	۰/۴۳۱	۰/۹۸۷	۰/۵۸۵
دمای حداکثر	۰/۶۹۲	۰/۳۴۲	۰/۴۲۲	۰/۸۵۵	۰/۱۸۴	۰/۴۴۳	۰/۹۱۳	۰/۵۰۴	۰/۲۵۳	۰/۶۸۳	۰/۷۳۸	۰/۴۹۴
بارندگی	۰/۵۴۰	۰/۵۱۶	۰/۵۳۸	۰/۱۲۲	۰/۴۳۱	۰/۲۸۷	۰/۵۷۰	۰/۰۹۱	۱	۰/۲۳۰	۰/۴۲۵	۰/۷۱۷

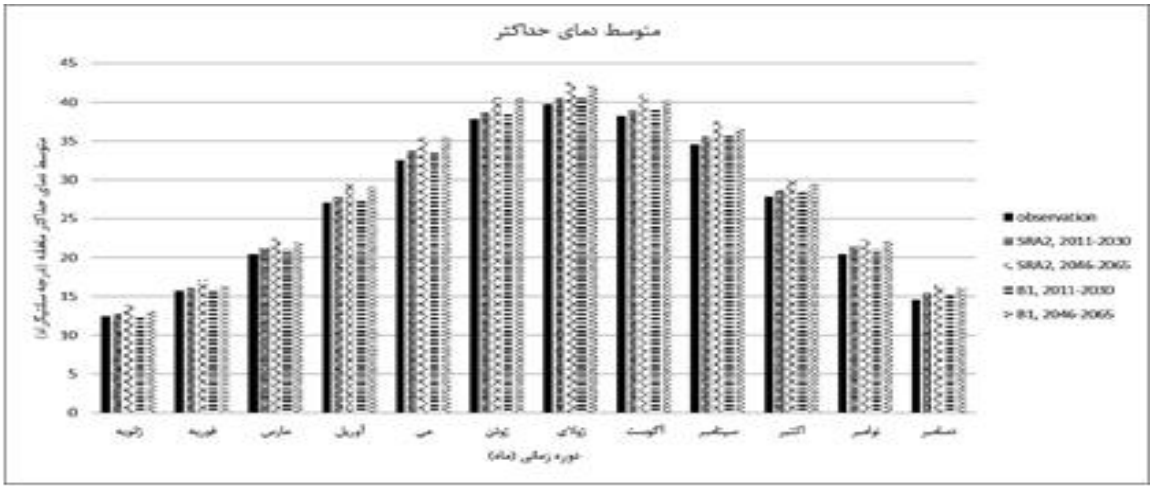
داده‌های پایه، تغییرات دما و بارش برای سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶ ، توسط دو سناریو و دو مدل مورد نظر شبیه‌سازی گردید. بعد از ورود داده‌ها به نرم افزار و اجرای مدل، آزمون کیفیت توسط نرم افزار به طور خودکار انجام شد. با توجه به مقادیر p-value مربوط به آماره‌های t و F به‌دست آمده در این مرحله که در جدول ۲ ارائه شده است، به طور کلی می‌توان به نتایج خروجی مدل لارس اعتماد داشت زیرا نتایج ایستگاه مورد نظر نشان داد شبیه‌سازی دمای حداقل، دمای حداکثر و بارندگی با میزان p-value بالای آماره‌های t و F همراه بوده است و مقادیر p-value بالاتر از سطح اطمینان ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد می‌باشد. بنابراین صحت سنجی خروجی‌های مدل لارس نشان داد، این مدل برای منطقه مورد نظر و پارامترهای دمای حداقل، دمای حداکثر و بارندگی از اعتبار بالای نتایج برخوردار است. به منظور کوچک مقیاس سازی داده‌های دما و بارش منطقه مورد مطالعه از مدل LARS-WG که از توانایی خوبی برای شبیه‌سازی دما و بارش در منطقه برخوردار است، استفاده شد. از این رو متوسط بلند مدت دما و بارش هر ماه در دوره‌های آتی با توجه به نتایج مدل‌های HADCM3 و MPEH5 محاسبه گردید. شکل ۲ نتایج کوچک مقیاس سازی داده‌های بارندگی، دمای حداقل دمای حداکثر به روش لارس در منطقه مورد نظر در دوره پایه و دو دوره آتی را برای خروجی مدل HADCM3 تحت دو سناریوی A2 و B1 و شکل ۳ نتایج حاصل از کوچک مقیاس سازی این داده ها با استفاده از مدل MPEH5 تحت دو سناریوی A2 و B1 را نشان می‌دهند.

شکل ۲. نتایج کوچک مقیاس سازی داده های بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر با مدل لارس و مدل HADCM3

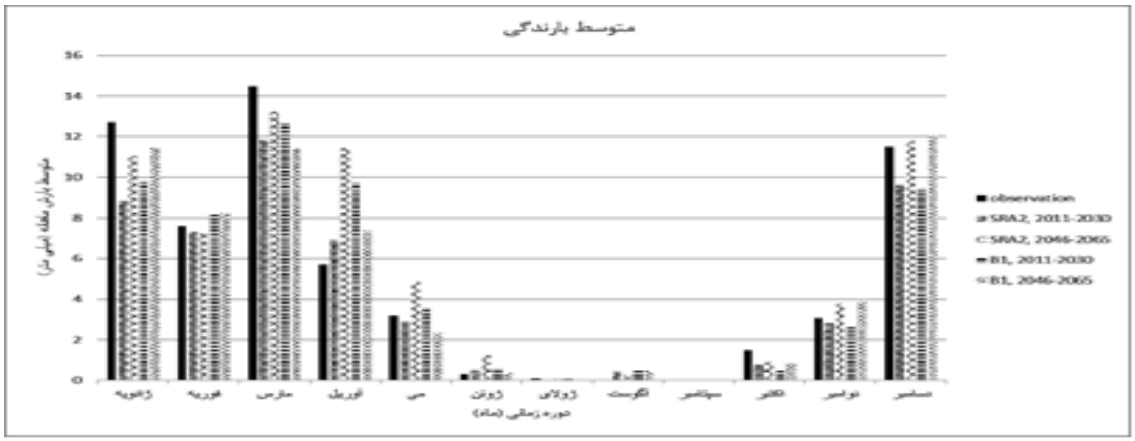


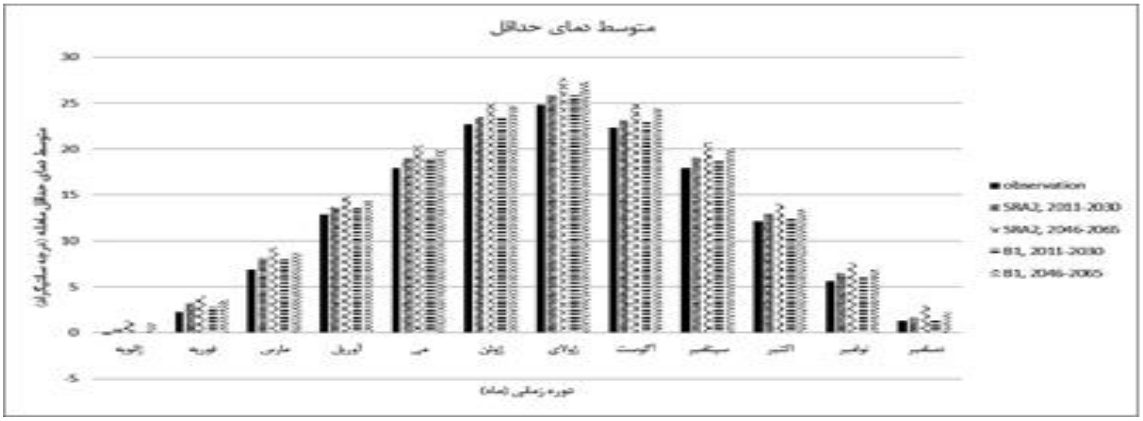
[1]Kolmogorov-Simonov

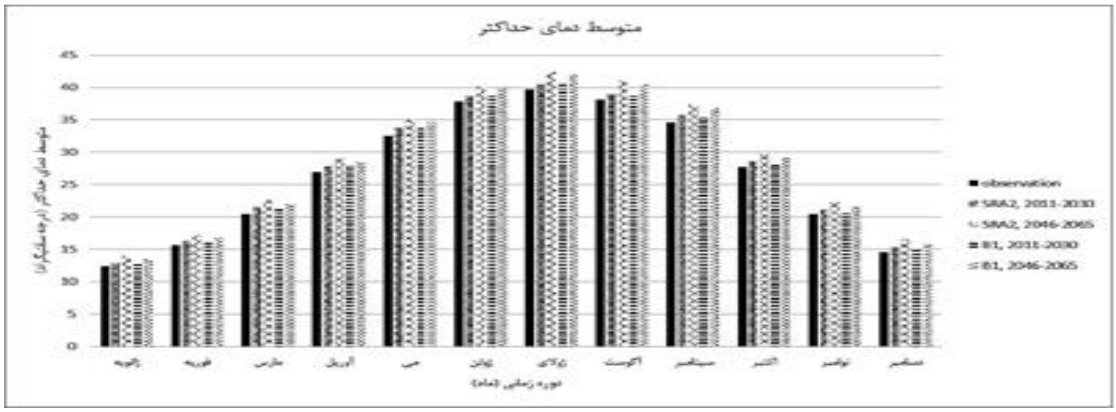




شکل ۳. نتایج کوچک مقیاس سازی داده های بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر با مدل لارس و مدلMPEH5







متوسط اختلاف سالانه و فصلی دما و بارش در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه در منطقه مورد مطالعه نیز به طور خلاصه در جداول زیر آمده است:

جدول ۳ . متوسط اختلاف سالانه دما و بارش دوره‌های آتی و دوره پایه ایستگاه سینوپتیک یزد (مدل HADCM3)

سناریو	دوره	دمای حداقل (C°)	دمای حداکثر (C°)	بارش (mm)
A2	۲۰۳۰-۲۰۱۱	+۰/۸	+۰/۸۱	-۰/۱۷
	۲۰۶۵-۲۰۴۶	+۲/۳	+۲/۳۱	-۰/۴۷
B1	۲۰۳۰-۲۰۱۱	+۰/۵۷	+۰/۵۹	-۰/۲۳
	۲۰۶۵-۲۰۴۶	+۱/۸۵	+۱/۸۶	-۰/۵۸

جدول ٤. متوسط اختلاف فصلی دما و بارش دوره‌های آتی و دوره پایه ایستگاه سینوپتیک یزد (مدل HADCM3)

سناریو	دوره	فصل	دمای حداقل (C°)	دمای حداکثر (C°)	بارش (mm)
A2	۲۰۳۰-۲۰۱۱	زمستان	+۰/۶۶	+۰/۵	-۰/۹
		بهار	+۰/۸۵	+۱/۶	+۰/۴۴
		تابستان	+۰/۹	+۰/۱	+۰/۲۴
		پاییز	+۰/۹	+۱	-۰/۵
	۲۰۴۶-۲۰۶۵	زمستان	+۱/۸۱	+۰/۹	-۱/۴
		بهار	+۲/۶	+۲/۷	+۰/۴۴
		تابستان	+۲/۹	+۰/۶	+۰/۱۷
		پاییز	+۲	+۲/۵۶	-۱/۲
B1	۲۰۳۰-۲۰۱۱	زمستان	+۰/۳۴	+۰/۹	-۱/۵
		بهار	+۰/۶	+۲/۸	+۰/۶۴
		تابستان	+۱	+۰/۹	+۰/۲۷
		پاییز	+۰/۵	+۲/۲	-۰/۳
	۲۰۴۶-۲۰۶۵	زمستان	+۱/۱۸	+۱	-۱/۹
		بهار	+۲/۵	+۲	-۰/۰۴
		تابستان	+۲/۳	+۰/۶	+۰/۱۷
		پاییز	+۱/۵	+۱/۶	-۰/۶

جدول ۵. متوسط اختلاف سالانه دما و بارش دوره‌های آتی و دوره پایه ایستگاه سینوپتیک یزد (مدل MPEH5)

سناریو	دوره	دمای حداقل (C°)	دمای حداکثر (C°)	بارش (mm)
A2	۲۰۳۰-۲۰۱۱	+۰/۸۹	+۰/۸۹	-۰/۶۸
	۲۰۶۵-۲۰۴۶	+۲/۲۳	+۲/۲۶	+۰/۴۸
B1	۲۰۳۰-۲۰۱۱	+۰/۶۵	+۰/۶۶	-۰/۲۲
	۲۰۶۵-۲۰۴۶	+۱/۷	+۱/۷۱	-۰/۱۴

جدول ٦. متوسط اختلاف فصلی دما و بارش دوره‌های آتی و دوره پایه ایستگاه سینوپتیک یزد (مدل MPEH5)

سناریو	دوره	فصل	دمای حداقل (°C)	دمای حداکثر (°C)	بارش (mm)
A2	۲۰۱۱-۲۰۳۰	زمستان	+۰/۹۱	+۰/۷	-۲/۳
		بهار	+۰/۹	+۱	+۰/۳۴
		تابستان	+۱/۱	+۱	+۰/۱۲
		پاییز	+۰/۷۵	+۰/۸	-۰/۹
	۲۰۴۶-۲۰۶۵	زمستان	+۱/۹۱	+۱/۷	-۱/۱
		بهار	+۲/۳	+۲/۳	+۲/۷۴
		تابستان	+۲/۹	+۲/۸	+۰/۱۰
		پاییز	+۱/۹	+۲	+۰/۲
B1	۲۰۱۱-۲۰۳۰	زمستان	+۰/۷۱	+۰/۵	-۱/۴
		بهار	+۰/۹	+۰/۹	+۱/۵۴
		تابستان	+۰/۹	+۰/۸	+۰/۱۴
		پاییز	+۰/۳	+۰/۴	-۱/۱
	۲۰۴۶-۲۰۶۵	زمستان	+۱/۵۱	+۱/۳	-۱/۲
		بهار	+۱/۹	+۱/۹	+۰/۳۴
		تابستان	+۲/۳	+۲/۳	+۰/۱۴
		پاییز	+۱/۲	+۱/۳	+۰/۳

همانگونه که در جداول ۳ و ۵ مشخص شده است، متوسط اختلاف سالانه دما در هر دو مدل و سناریوهای آنها در هر دو دوره آتی افزایش خواهد یافت. تغییرات فصلی دما و بارش نیز در جدول های ۴ و ۶ ارائه شده است. همانطور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود، بر اساس مدل HADCM3 برای پارامتر دمای حداقل از ۰/۳۴ تا ۱/۸۱ درجه سانتی‌گراد اختلاف در فصل زمستان، ۰/۶ تا ۲/۶ درجه سانتی‌گراد اختلاف در فصل بهار، ۰/۹ تا ۲/۹ درجه سانتی‌گراد اختلاف در فصل تابستان و ۰/۵ تا ۲ درجه سانتی‌گراد اختلاف در فصل پاییز مشاهده می‌شود. بر اساس مدل MPEH5 نیز، برای پارامتر دمای حداقل از ۰/۷۱ تا ۱/۹۱ درجه سانتی‌گراد اختلاف در فصل زمستان، ۰/۹ تا ۲/۳ درجه سانتی‌گراد اختلاف در فصل بهار، ۰/۹ تا ۲/۹ درجه سانتی‌گراد اختلاف در فصل تابستان و ۰/۳ تا ۱/۹ درجه سانتی‌گراد اختلاف در فصل پاییز مشاهده می‌شود. هر دو مدل بالاترین میزان افزایش در دمای حداقل را در فصل تابستان و تحت سناریوی A2 و در دوره زمانی ۲۰۶۵-۲۰۴۶ (۲/۹ درجه سانتیگراد) پیش‌بینی می‌کنند.بر اساس شکل‌های ۲ و ۳ و جداول ۴ و ۶ پارامتر دمای حداکثر برای تمامی دوره‌ها و مدل‌ها و دو سناریو افزایش متوسط دمای فصلی را نشان می‌دهد. دمای حداکثر بر اساس مدل HADCM3 به میزان ۰/۵ تا ۱ درجه سانتی‌گراد در فصل زمستان، ۱/۶ تا ۲/۸ درجه سانتی‌گراد در فصل بهار، ۰/۱ تا ۰/۹ درجه سانتی‌گراد در فصل تابستان و ۱ تا ۲/۵۶ درجه سانتی‌گراد در فصل پاییز افزایش خواهد داشت و براساس مدل MPEH5 میزان افزایش برای دمای حداکثر برای فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز به ترتیب ۱/۷ – ۰/۵، ۲/۳ – ۰/۹، ۲/۸ – ۰/۸ و ۲ – ۰/۴ درجه سانتی‌گراد خواهد بود. در مدل HADCM3، فصل‌های بهار و پاییز نسبت به دیگر فصول افزایش دمای حداکثر بیشتری را نشان می‌دهند درحالیکه بر اساس نتایج مدل MPEH5 فصل‌های بهار و تابستان نسبت به دیگر فصول افزایش دمای حداکثر بیشتری را پیش‌بینی می‌کنند. ولی نتایج دو مدل درباره متوسط بارندگی سالانه در دوره‌های آتی همانگونه که در جداول ۳ و ۵ ارائه شده است، با یکدیگر متفاوت است. مدل HADCM3. درهر دو سناریو کاهش متوسط بارندگی سالانه را نشان می‌دهد درحالیکه مدل MPEH5 در سناریوی A2 برای متوسط بارندگی سالانه در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ کاهش و در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ افزایش را نشان می دهد و در سناریوی B1 برای هر دو دوره کاهش متوسط بارندگی سالانه را پیش‌بینی می‌کند.متوسط اختلاف فصلی بارش نیز در دو مدل دارای نتایج تقریبا متفاوتی هستند. بر اساس سناریوی A2 مدل HADCM3 کاهش متوسط بارش را در فصل‌های زمستان و پاییز و افزایش متوسط بارش را در فصل‌های بهار و تابستان برای دو دوره آتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶ نشان می دهد ولی در سناریوی A2 مدل MPEH5 فقط در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ دارای نتیجه مشابه با مدل HADCM3 است یعنی کاهش بارش در زمستان و پاییز و افزایش بارش در بهار و تابستان. در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ بر اساس سناریوی A2 تنها در فصل زمستان با کاهش بارش روبرو هستیم و در بقیه فصول افزایش بارندگی را خواهیم داشت.نتایج سناریوی B1 مدل HADCM3 نشان می‌دهد که در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ در زمستان و پاییز با کاهش بارش و در بهار و تابستان با افزایش بارش مواجه خواهیم بود در حالیکه در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ فقط در تابستان افزایش بارندگی وجود دارد و در بقیه فصول کاهش بارش را ملاحظه می‌کنیم. در مدل MPEH5 سناریوی B1 برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نتیجه ای مشابه نتیجه مدل HADCM3 نشان می دهد ولی برای دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ نتیجه متفاوت است به عبارت دیگر در زمستان کاهش بارندگی و در بقیه فصول افزایش بارندگی را خواهیم داشت.در نهایت با مقایسه دو مدل ملاحظه می‌شود که برای دوره آتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ هر دو مدل تحت هر دو سناریو نتایج مشابهی را درباره بارندگی ارائه می-دهند ولی برای دوره آتی ۲۰۶۵-۲۰۴۶ نتایج دو مدل با یکدیگر متفاوت هستند.

٤- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که نتایج مدل‌های پیش‌بینی اقلیم، با استفاده از آمار دراز مدت هواشناسی اعتبار بیشتری می‌یابد، در این مطالعه از ایستگاه دارای ۳۶ سال آمار و واجد کمترین خلا آماری استفاده گردید. با توجه به کیفیت مطلوب داده‌های ایستگاه یزد در مقایسه با سایر ایستگاه‌های همجوار و طول دوره‌ی آماری مناسب، این ایستگاه به عنوان ایستگاه شاخص در دشت یزد – اردکان و دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۷۴ به عنوان دوره زمانی پایه و پارامترهای دما و بارش به عنوان پارامترهای مورد بررسی انتخاب و به منظور کوچک مقیاس سازی داده‌های دما و بارش از مدل LARS-WG استفاده شد. بر اساس مطالعات و بررسی‌های مختلفی که توسط محققین متعددی از جمله شاه کرمی و همکاران (۱۳۸۶)، چانگ و همکاران (۲۰۰۲)، مساح باوانی و مرید (۲۰۰۶)، عبدو و همکاران (۲۰۰۹) درباره استفاده از مدل های GCM و نتایج ارزیابی عملکرد آنها انجام شده است مشخص گردیده که مدل های HADCM3 و MPEH5 در هر دو سناریوی مورد نظر دارای بهترین عملکرد هستند. بنابراین در این مطالعه در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش از خروجی‌های مدل‌های HADCM3 و MPEH5 تحت سناریوهای A2 و B1 که با مدل ریز مقیاس نمایی LARS-WG به‌دست آمدند، استفاده شد. در نهایت نتایج زیر حاصل گردید : همانگونه که بابائیان و همکاران (۲۰۰۵)، رجبی و همکاران (۲۰۱۰) و عباسی و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعات خود نشان داده اند مدل لارس دارای قابلیت خوبی در شبیه-سازی سری زمانی متغیرهای هواشناسی است. نتایج حاصل از این مطالعه نیز با نتایج آنها همخوانی داشت و نشان داد که این مدل در شبیه‌سازی متغیرهای مذکور در منطقه مورد نظر عملکرد مناسبی دارد. بنابراین می‌توان از مدل لارس جهت تولید داده‌های گمشده، تطویل داده‌های روزانه بر اساس رفتار دوره دیدبانی و نیز برای تولید داده‌های روزانه با استفاده از رفتار دوره آماری و سناریوهای ویژه تغییر اقلیم برای دوره آینده استفاده نمود و خروجی‌های آن را جهت مطالعه تغییر اقلیم در مقیاس محلی و منطقه‌ای به کار برد. با ریز مقیاس نمایی داده‌های دما و بارش، دمای منطقه به طور متوسط برای مدل‌های HADCM3 و MPEH5 به ترتیب ۰/۹ و ۰/۸ درجه سانتی‌گراد در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲/۲۱ و ۲ درجه سانتی‌گراد در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ نسبت به دوره پایه افزایش نشان داد. این افزایش در فصل زمستان در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ برای مدل‌های hadcm3 و MPEH5 به ترتیب ۰/۶ و ۰/۷؛ در فصل بهار به ترتیب ۱/۵ و ۰/۹؛ در فصل تابستان ۰/۷ و ۰/۹ و در نهایت در فصل پاییز به ترتیب ۱/۲ و ۰/۶ درجه سانتی‌گراد می-باشد. برای دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ نیز این افزایش برای مدل‌های HADCM3 و MPEH5 در فصل زمستان به ترتیب ۱/۲ و ۱/۶؛ در فصل بهار به ترتیب ۲/۴ و ۲/۱؛ در فصل تابستان ۱/۶ و ۲/۶ و در نهایت در فصل پاییز به ترتیب ۱/۹ و ۱/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این افزایش دما برای سناریوی A2 بیشتر از سناریوی B1 بوده است. با توجه به مطالعات انجام شده در سطح ایران و سطح جهان، اکثر مدل-های اقلیمی برای ایران و نیمکره شمالی افزایش دما را تایید می‌کنند. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعات و بررسی‌های سلطانی و سلطانی (۲۰۰۸)، عباسپور و همکاران (۲۰۰۹)، رجبی و همکاران (۲۰۱۳)، هانیبال (۲۰۱۳)، ماهارجان و همکاران (۲۰۱۵) و ... اشاره کرد.بر اساس نتایج مدل HADCM3 در دوره‌های آتی شاهد کاهش بارش به طور متوسط به میزان ۰/۲ میلی‌متر برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۰/۵۲ برای دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ خواهیم بود. مدل MPEH5 نیز به میزان ۰/۴۵میلی‌متر کاهش را در بارندگی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ نشان می‌دهد ولی برای دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ سناریوی A2 ، ۰/۶۸ میلی‌متر افزایش و سناریوی B1 ۰/۱۴ میلی‌متر کاهش را نشان می‌دهد. در فصل‌های زمستان و پاییز اغلب با کاهش بارش و در فصل‌های بهار و تابستان با افزایش بارش روبرو خواهیم بود. نتایج حاصل از مدل HADCM3 در زمینه بارش با نتایج مطالعات ژائو و همکاران (۲۰۰۵)، کاظمی و همکاران (۲۰۱۵)، مساح بوانی و مرید (۱۳۸۴)، بابائیان و همکاران (۱۳۸۶) و خسروی و همکاران (۱۳۸۹) همخوانی دارد و مطالعات انجام شده توسط استیل دان و همکاران (۲۰۰۸)، هانیبال (۲۰۱۳) و ماهارجان و همکاران (۲۰۱۵) درباره بارندگی همانند نتایج حاصل از مدل MPEH5 هر دو روند افزایشی و کاهشی را نشان می‌دهد.با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت افزایش دمای جهانی و تغییرات ناشی از آن می‌تواند روند بارش را درنقاط مختلف کره زمین دچار دگرگونی کند، همچنین مطالعات نشان می دهد که افزایش دمای محیطی منجر به افزایش میزان تبخیر می گردد و این مسئله موجب کاهش جریان آبهای جاری و افزایش در شدت و فراوانی خشکسالی‌ها خواهد شد.بالا رفتن درجه حرارت، همچنین منجر به افزایش تقاضا برای آب کشاورزی به جهت تبخیر فراوان می‌شود. افزایش درجه حرارت و مقدار تبخیر و تعرق و همچنین کاهش بارندگی باعث افزایش پدیده بیابانزایی و شوری خاک و در نهایت کاهش تزریق آب های زیرزمینی و کاهش منابع آب خواهد شد و همانطور که امیری یاراحمدی(۱۳۹۲) در مطالعه خود نشان داده است در طی سال‌های آینده، شرایط خشکسالی در کشور رو به افزایش است که این مساله وقوع تغییر اقلیم و به دنبال آن اثرات ناشی از این پدیده برکشاورزی و ذخائر آب شیرین منطقه را تایید می‌کند بنابراین ضروری است مسئولین و برنامه ریزان کشور راهکارها و سیاست‌هایی را برای مقابله با پدیده تغییر اقلیم و کاهش اثرات منفی آن اتخاذ نمایند.

منابع

- Ababai, A., Mirzai F., & Sohrabi, T. (2011). Evaluate the performance of LARS-WG model in 12 coastal weather stations of Iran. Journal of Iran Water, 9(5): 222-217
- Abbasi, F., Malbusi, SH., Babaeian, I., Asmari, M., & Borhani, R. (2010). Climate Change Prediction of South Khorasan Province during 2010–2039 by Using Statistical Downscaling of ECHO-G Data. Journal of Water and Soil, 24, 2: 218-233.

- Abbaspour, C.K., Faramarzi, M., Seyed ghasemi, S., & Yong, H. (2009). Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. Water Research, 45: 1-16.
- Abdo, K.S., Fiseha, B.M., Rientjes, T.H.M., Gieske, A.S.M., & Haile, A.T. (2009). Assessment of climate change impacts on the hydrology of Gilgel Abay catchment in Lake Tana Basin. Ethiopia. Hydrological Processes, 23 (26): 3661-3669.
- Amiri Yarahmadi, B. (2013). Climate change and its effects on agriculture and fresh water reservoirs in south - western basin of Iran. The first national conference of optimizing of water consuming, (in Farsi).
- Ashraf, B., Mosavi bayegani, M., Gholamali, K., &. Davari, K., (2011). Predict seasonal variation climate parameters in the next 20 years using downscale output of Hadcm3 model. Journal of Soil and Water, 25(4): 957-945.
- Babaeian, I. Z., Najafi nik, A., & zaki zadeh. (2005). The Preliminary study and evaluation of the Weather Generator Models. A Case Study: The evaluation of LARS-WG model on selected stations Khorasan.Climatology Center. Project Report.
- Babaeian, A., Najafi Nik, Z., Habibi Nokhandan, M., Zabol Abbasi, F., Adab, H., & Malbosi, Sh. (2007). Iran climate modeling in 2010-2039 by using statistical downscaling of ECHO – G model. Technical workshop of effects of climate change in water resource management. National committee of Iran irrigation and drainage, (in Farsi).
- Bani vaheb, A., & Alijani, B. (2003). Study of drought and predicting of climate change in Birjand by using of statistical models. Iranian Journal of geographical researches, 54 & 55, (in Farsi).
- Bardossy, A. (1997). Downscaling from GCMs to local climate through stochastic linkages. Journal of Environment Manage, 49:7–17
- Barrow, E., Hulme, M., & Semenov, MA. (1996). Effect of using different methods in the construction of climate change scenarios: examples from Europe. Climate Research, 7:195–211.
- Chang, H., Knight, C.G., Staneva, M.P., & Kostov, D. (2002). Water resource impacts of climate change in southwestern Bulgaria. Geo Journal, 57: 159–168
- Chen, H., Guo, J., Zhang, Z., & Xu, C.Y., (2012). Prediction of temperature and precipitation in Sudan and South Sudan by using LARS-WG in Future. Theoretical and Applied Climatology, 1: 1-13.
- Dracup, J. A., & Vicuna, S., (2005). An Overview of Hydrology and Water Resources Studies on Climate Change: the California Experience. ASCI Library, Impacts of Global Climate Change, pp: 1-12.
- Farzanmanesh, R., Ahmad Makmom, A., Shakiba, A., & Amanollahi, J. (2012). Impact assessment of climate change in Iran using LARS-WG model. Pertanika Journal of Science and Technology, 20(2): 299-311.
- Graham, P., Cleugh, H., Stafford Smith, M., & Battaglia, M. (2011). Science and Solutions for Australia, Climate Change. pp: 4-5.
- Hanibal, L. (2013). Climate change impact assessment on water resources of Gumara watershed, upper Blue Nile River basin. International Journal of Agricultural Policy and Research, 1 (5): 142-149.
- Hashmi, M.Z., Shamseldin, A.Y., & Melville, B.W. (2011). Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 25(4): 475-484.
- IPCC, (2014), Climate Change 2014, Synthesis Report, Summary for Policymakers.
- IPCC-TGICA. 2007. General Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment. Version 2. Prepared by T.R. Carter on behalf of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment, 66 pp.
- Kazemi Rad L., Mohammadi, H. (2015). Climate Change Assessment in Gilan province, Iran. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 8 (2): 86-93.
- Khalili Aghdam, N. (2012). Evaluation of LARS-WG Model in prediction of some of Sanandaj climate variables. Journal of Soil and Water Conservation, 9(4): 19-85 , (in Farsi).
- Khosravi, M., Esmaeil nejad, M. & Nazari pour, H., (2010). Climate change and its effect on water resources in Middle East. The fourth international congress of Islamic geographer. Sistan and baloochestan University, (in Farsi).

- Maharjan, M., Babel, M.S., & Maskey, SH. (2015). Uncertainty in climate change projection and its impact on hydrology of the Nam Ou River Basin. International Conference on Climate Change and Water & Environment Management in Monsoon Asia, January 28-30, Thailand.
- Masah, A. & Morid, S., (2005). Effects of climate change on water resources and production of agricultural yields (a case study: Zayande rood basin). Journal of researches on Iran water resources, 1(1): 40-47, (in Farsi).
- Massah, A.R., & Morid, S. (2006). Impact of climate change on water resources and food production of zayandeh rud basin. Iranian journal of water resources, 1(1): 40-47.
- Mavromatis Th. and Hansen J.W. 2001. Inter annual variability characteristics and simulated crop response of four stochastic weather generators. Agricultural and forest meteorology, 109: 283-296.
- Mearns, L., Bogardi, I., Giorgi, F., Matyasovskey, I., Paleski, M. (1999). Comparison of climate change scenarios generated from regional climate model experiments and statistical downscaling. Journal of Geophysical Research, 104:6603–6621.
- Murphy, J. (1999). An evaluation of statistical and dynamical techniques for downscaling local climate. Journal of Climate, 12:2256–2284.
- Nazif, S., (2010). The guidelines of LARS – WG5, 5. Educational workshop of climate change effects modeling on water resources and its compatibility. Tehran University, (in Farsi).
- Nijssen, B., O'Donnell, G.M., Hamlet, A.F., & Lettenmaier, D.P. (2001). Hydrologic Sensitivity of Global Rivers to Climate Change. Climate Change, 50 (1-2), 143-175.
- Qian, B., Hayhoe, H., & Gameda, S. (2004). Evaluation of the stochastic weather generators LARSWG and AAFC-WG for climate change impact studies. Climate Research, 29(1): 323-333.
- Rajabi, A. (2010). Modeling of Kermanshah Climate by means of Downscaling Model of LARS-WG. 2nd National Conference on Utilization Integrated Management of Water Resources, 29-30 January, Kerman.
- Rajabi, A. & Shabanlou S. (2013). The Analysis of Uncertainty of Climate Change by Means of SDSM Model Case Study: Kermanshah. World Applied Sciences Journal, 23 (10): 1392-1398.
- Roshan, G., Ghanghermeh, A., Nasrabadi, T., & Meimandi, J.B. (2013). Effect of global warming on intensity and frequency curves of precipitation, case study of North-western Iran. Water Resources Management, 2: 1-17.
- Salon, S., Cossarini, G., Libralato, S., Gao, X., Solidoro, S., & Giorgi, F. (2008). Downscaling experiment for the Venice lagoon. I. Validation of the present-day precipitation climatology. Climate Research, 38:31–41.
- Semenov, M. A., & Stratonovitch, P. (2010). The use of multi-model ensembles from global climate models for impact assessments of climate change. Climate Research, 41(1): 1-14.
- Shahkarami, N., Masahbavani, A., Morid, S. & Fahmi, H., (2007). Analyzing of uncertainty of paired GCM model on scenarios of climate change (temperature and precipitation) in Zayande rud basin. Technical workshop of climate change effects in water resources management, national committee of irrigation and drainage, Tehran, (in Farsi).
- Soltani, E., & Soltani, A. (2008). Climate change of Khaorasan. North East of Iran during 1950-2004. Research Journal of Environmental Sciences, 2(5): 316-322.
- Steele-Dunne, S., Lynch, P., McGrath, R., Semmler, T., Wang, Sh., Hanafin, J., & Nolan, P. (2008). The impacts of climate change on hydrology in Ireland. Journal of Hydrology, 356: 28– 45.
- Wilby, R.L., Wigley, T.M.L., Conway, D., Jones, P.D., Hewiston, B.C., Main, J., & Wilks, DS. (1998). Statistical downscaling of general circulation model output: a comparison of methods. Water Resources Research, 34:2995–3008.
- Wilby, R. L., & Harris I. (2006). A frame work for assessing uncertainties in climate change impacts: low flow scenarios for the River Thames, UK. Water Resources Research, 42(2).
- Williams, A.G. (1991). Modeling future climates: From GCMs to statistical downscaling approaches. University of Toronto at Scarborough, 56p.
- Yazd province Portal. (2014). http://www.portal-yz.ir, (in Farsi).Zhao, Y., Camberlin, P., & Richard, Y. (2005). Validation of a coupled GCM and projection of summer rainfall change over South Africa, using a statistical downscaling method. Journal of climate research, 28: 109-122.