

بررسی روند تغییر پارامترهای اقلیمی ایستگاه زنجان در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ میلادی

لادن کاظمی راد^۱

Lkazemi_1980@yahoo.com

Climate Change Assessment in Ardebil province during 2011-2030

Ladan Kazemi Rad^{1*}

1. Member of Research Board of Environmental Research Institute, Rasht

Abstract

Outputs of GCMs downscaled by LARS-WG model for assessing the Climate Change in Ardebil Province. Outputs from 2 GCMs models (MPEH5, HADCM3) based on 2 scenarios (A2, B1) were used for predicting climatic parameters during 2011-2030. Model that has lowest difference compared to the average results has chosen as a suitable model for predicting the future. Outputs of chosen Model were compared with the base data to determine their trends. The results showed that minimum and maximum temperatures (0.4°C) and dry day length (9 days) will increase. Also rainfall (27.5 mm), wet day length (9 days), hot day length (2 days) and frost day length (4 days) will decrease in the period of future.

Keywords: Climate change, GCMs models, LARS-WG, Ardebil province.

چکیده

برای ارزیابی تغییر پارامترهای اقلیمی در ایستگاه زنجان، خروجی مدل‌های گردش عمومی جو در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از مدل LARS-WG ریز مقیاس شدند. به منظور پیش‌بینی پارامترهای موردنظر در دوره ۲۰ ساله آینده (۲۰۱۱-۲۰۳۰)، مدل براساس ۲ سناریوی A2 و B1 برای ۲ مدل گردش عمومی جو EMPEH5 و HADCM3 اجرا گردید و مدلی که حداقل اختلاف را نسبت به میانگین نتایج کلی تمام حالت‌ها دارا بود به‌عنوان مدل مناسب انتخاب و تحلیل‌های لازم بر روی نتایج آن صورت پذیرفت. پس از انتخاب مدل گردش عمومی جو و سناریوی منطبق‌تر با شرایط اقلیمی منطقه، خروجی‌های مدل منتخب با دوره پایه مورد مقایسه قرار گرفتند تا روند تغییرات آن‌ها مشخص گردد. نتایج حاکی از افزایش دماهای کمینه و بیشینه (0.4°C درجه سانتیگراد)، تعداد روزهای خشک (۷ روز) و تعداد روزهای داغ (۱۱ روز) است. همچنین نتایج کاهش میانگین بارندگی (11.4 میلی‌متر)، تعداد روزهای تر (4 روز) و تعداد روزهای یخبندان (5 روز) را در دوره اقلیمی آینده نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، مدل گردش عمومی جو، مدل LARS-WG، ایستگاه زنجان.

۱- عضو هیات علمی، پژوهشکده محیط زیست جهاددانشگاهی، رشت

۱- مقدمه

بررسی روند داده های آب و هوایی ثبت شده در دهه های گذشته و همچنین نتایج خروجی از تمامی مدل های اقلیمی پیش بینی کننده اقلیم آینده، حاکی از بروز تغییرات غیر قابل اغماض در اقلیم جهانی است. به طور مشخص بروز و تشدید پدیده های حدی مثل طوفان های سهمگین، خشکسالی های شدید، یخبندان های ناهنگام و غیره، نتیجه چنین تغییراتی است که ما را در مواجهه با تهدیدی جهانی به یقین رسانده است [۱]. از این رو پیش بینی بلندمدت متغیرهای اقلیمی مورد توجه بسیار قرار گرفته است. روش های مختلفی برای پیش بینی و شبیه سازی اقلیم آینده وجود دارد که معتبرترین آنها استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه سازی شده توسط مدل های جفت شده جوی - اقیانوسی است [۲]. چانگ و همکاران [۳]، ایتزینگرا و همکاران [۴]، کاینوما و همکاران [۵]، مساح بوانی و مرید [۶]، ابراهیمی و همکاران [۷]، سلطانی و قلی پور [۸]، رودریگوئز و همکاران [۹]، شاه کرمی و همکاران [۱۰]، فریز و همکاران [۱۱]، روی و همکاران [۱۲]، سادات آشفته و مساح بوانی [۱۳]، سیاری و همکاران [۱۴] و گل محمدی و مساح بوانی [۱۵] از جمله کسانی هستند که با استفاده از مدل های گردش عمومی جو به بررسی اثر تغییر اقلیم در مناطق مختلف پرداختند. این مدل ها قادرند پارامترهای جوی و اقیانوسی را برای یک دوره طولانی مدت با استفاده از سناریوهای تایید شده IPCC مدل سازی نمایند، اما ضعف عمده این مدل ها قدرت تفکیک مکانی کم و ساده سازی هایی است که برای فرایندهای اقلیمی در نظر می گیرند. برای فائق آمدن به ضعف قدرت تفکیک پایین لازم است خروجی این مدل ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، ریزمقیاس شوند [۱۶]. روش آماری ریزمقیاس کردن در مقایسه با روش های دینامیکی، به ویژه در مواقعی که هزینه کمتر و ارزیابی سریعتر عوامل موثر بر تغییرات آب و هوایی مورد نیاز باشد، از مزیت ها و قابلیت های بیشتری برخوردار است [۱۷]. یکی از روش های آماری ریز مقیاس کردن، مدل LARS-WG است که یکی از مولدهای داده های تصادفی هواشناسی می باشد که برای تولید داده های بارش روزانه، تابش روزانه و درجه حرارت های حداکثر و حداقل روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیمی حاضر و آینده به کار می رود [۱۸]. سایر پارامترهای آب و هوایی همانند سرعت باد و نقطه شبنم را نیز می توان توسط این مدل شبیه سازی نمود [۱۹]. نسخه اولیه LARS-WG در بوداپست مجارستان در سال ۱۹۹۰ به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک های کشاورزی ابداع شد. هسته اصلی این مدل استفاده از توزیع نیمه تجربی است که به دفعات از آن استفاده شده است. دقت بالای این مدل در تولید داده های آب و هوایی مربوط به ۱۸ ایستگاه در کانادا [۲۰] و ۲۰ ایستگاه

واقع در اقلیم های متفاوت انگلیس [۲۱] گزارش شده است. در این تحقیق به منظور شناسایی و پیش بینی نوسان پارامترهای اقلیمی ایستگاه زنجان از روش ریزمقیاس نمایی آماری با استفاده از یک مدل مولد داده های هواشناسی به نام LARS-WG استفاده شده است تا با بهره گیری از نتایج این پژوهش، بتوان با اتخاذ تدابیر لازم اثرات اقلیمی بر منطقه را کاهش داده و سازگاری بیش تری را با شرایط جدید به ویژه از نظر تاریخ کشت و سایر اقدامات مدیریتی محصول به انجام رساند.

۲- مواد و روش ها

از داده های روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش به عنوان دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۲) و از داده های خروجی ۲ مدل گردش عمومی جو MPEH5 و HADCM3 با سناریوی A2 و B1، برای برآورد و تولید داده های دوره آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱) استفاده گردید. آمار پایه از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردیدند و داده های مربوط به مدل های گردش عمومی جو نیز در بانک اطلاعاتی ضمیمه مدل LARS-WG وجود داشتند که با انتخاب نام آنها در پنجره لارس، مدل، داده های مربوط به آن GCM را فراخوانی نمود. در مطالعه ای، کارایی ۱۸ مدل گردش عمومی جو که در گزارش چهارم هیئت بین دولتی تغییر اقلیم ارائه شده است، مقایسه گردیدند و از بین آنها مدل های MPEH5 و HADCM3 برای برآورد دما و بارش ایران مناسب شناخته شدند [۲۲]. از این رو جهت ارزیابی تغییرات اقلیمی در استان گیلان، خروجی مدل های گردش عمومی جو MPEH5 و HADCM3 با سناریوهای A2 و B1 در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ با استفاده از مدل LARS-WG ریزمقیاس شدند. این کار در سه مرحله انجام گرفت که شامل کالیبره کردن، ارزیابی و ایجاد داده های هواشناسی می باشند [۲۰]. جهت مدل سازی آینده در ابتدا داده های دوره دیدبانی (۲۰۱۰-۱۹۹۲) به مدل وارد گردید و مدل، رفتار اقلیم ایستگاه را شبیه سازی نمود تا بتواند نتایج حاصل از آن را در قالب معادلات و توزیع های آماری در طی فرآیند پیش بینی اقلیم آینده استفاده نماید. برای این منظور یک سناریوی حالت پایه برای دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۹۲ تهیه و مدل برای دوره پایه مذکور اجرا گردید. پس از تهیه خروجی های مدل که شامل داده های روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش مدل شده برای دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۲ بود، ارزیابی مدل LARS-WG از طریق مقایسه داده های دوره آماری و نمودارهای مقایسه ای انجام شد. پس از تایید توانمندی مدل LARS-WG در شبیه سازی پارامترهای اقلیمی، به منظور پیش بینی پارامترهای مورد نظر در دوره ۲۰ ساله آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱)، مدل براساس ۲ سناریوی A2 و B1 برای ۲ مدل گردش عمومی جو EMPEH5 و HADCM3 اجرا گردید و خروجی های بدست آمده از ۴

را نسبت به میانگین نتایج کلی تمام حالت ها دارا بود به عنوان مدل مناسب انتخاب و تحلیل های لازم بر روی نتایج آن صورت پذیرفت. در بین پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه، حداقل و حداکثر دمای پیش بینی شده با استفاده از دو مدل و دو سناریوی مورد مطالعه، تطابق خوبی با داده های مشاهده شده داشتند و در واقع اختلاف معنی داری بین داده های دمای کمینه و بیشینه در ۴ حالت فوق وجود نداشت ولی بارش پیش بینی شده توسط سناریوی A2 مدل MPEH5 نسبت به سایر حالت ها از دقت بالاتری برخوردار بود.

۳-۳- ارزیابی نوسانات اقلیمی استان گیلان

پس از انتخاب مدل مناسب گردش عمومی جو (مدل MPEH5 تحت سناریوی A2)، به منظور تعیین روند تغییرات در دوره ۲۰ ساله آینده (۲۰۱۱-۲۰۳۰) نسبت به داده های دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۱۰)، خروجی های مربوط به مدل منتخب در ایستگاه مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

- بارش

میانگین بارش در ماه های ژانویه، فوریه، مارس، ژوئن، سپتامبر، اکتبر و دسامبر بیشتر از دوره آماری و در سایر ماه ها نسبت به دوره آماری کمتر شده است. با توجه به نمودار ۱ بیشترین افزایش مربوط به ماه فوریه و بیشترین کاهش مربوط به ماه آوریل بوده است. در مجموع می توان گفت که تغییرات بارش در زمستان به صورت افزایش بارندگی و در سایر فصول معمولاً به صورت کاهش بارندگی بوده است.

- دمای کمینه

با توجه به نمودار ۲ به جز ماه های ژانویه و دسامبر در سایر ماه ها دمای کمینه افزایش پیدا کرده است. بیشترین افزایش مربوط به ماه مه به میزان ۱ درجه سانتیگراد بوده است. همچنین بیشترین تغییر دمای کمینه مربوط به فصول زمستان و بهار بوده است.

- دمای بیشینه

مطابق نمودار ۳ به جز ماه های ژانویه و دسامبر در سایر ماه ها دمای بیشینه افزایش پیدا کرده است. بیشترین تغییر دمای بیشینه مربوط به ماه مه بوده که به صورت افزایش دما نمایان شده است. افزایش دمای بیشینه در این ماه به میزان ۱/۴ درجه سانتیگراد خواهد بود.

حالت فوق با هم مقایسه گردیدند. به منظور انتخاب مدل مناسب تر با شرایط منطقه، مقادیر مربوط به هر یک از پارامترها در ۴ حالت فوق با میانگین کل مدل ها مقایسه گردید و مدلی که کمترین اختلاف را نسبت به میانگین نتایج کلی تمام حالت ها دارا بود به عنوان مدل مناسب انتخاب و تحلیل های لازم بر روی نتایج آن صورت پذیرفت. پس از انتخاب مدل گردش عمومی جو و سناریوی منطبق تر با شرایط اقلیمی منطقه، خروجی های مدل منتخب که شامل داده های روزانه دوره ۲۰ ساله آینده (۲۰۱۱-۲۰۳۰) مربوط به پارامترهای بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه، تعداد روزهای تر، تعداد روزهای خشک، تعداد روزهای داغ و تعداد روزهای یخبندان در ایستگاه های مورد مطالعه هستند، مورد ارزیابی قرار گرفتند تا روند تغییرات آنها نسبت به داده های دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۱۰) مشخص گردد. با توجه به این امر که مدل های گردش عمومی نمی توانند انحراف معیار آینده را به خوبی شبیه سازی نمایند، نسبت انحراف معیار دیدبانی به شبیه سازی های دوره معادل دیدبانی در آنومالی متغیر مورد نظر ضرب و سپس با میانگین متغیر مدل شده در دوره آینده جمع گردید تا نقیصه فوق برطرف گردد.

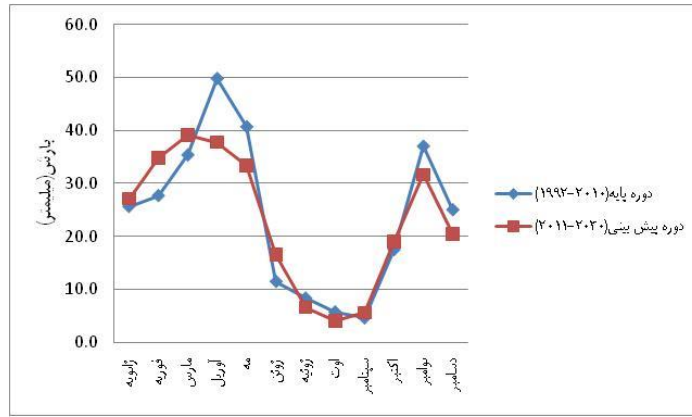
۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی صحت مدل LARS-WG

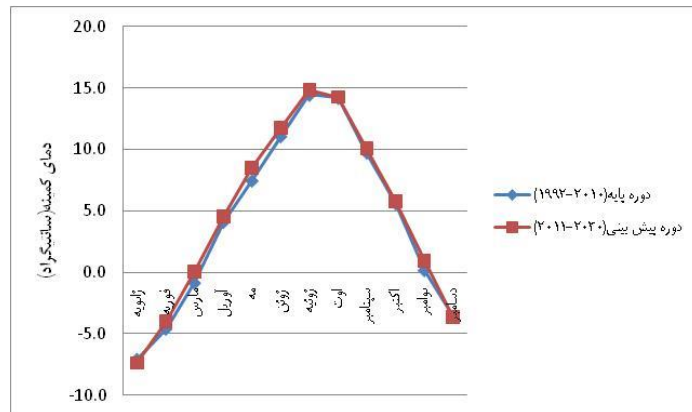
به منظور تایید صحت مدل، مقادیر دیدبانی و مدل شده برای پارامترهای بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش در ایستگاه سینوپتیک زنجان برای دوره ۱۹۹۲-۲۰۱۰ مقایسه شدند. ارزیابی مدل از طریق مقایسه داده های آماری و داده های تولید شده توسط مدل با استفاده از آزمون های آماری و نمودارهای مقایسه ای انجام گردید. به منظور مقایسه این دو سری داده از آزمون مقایسه زوجی (آزمون t) و همبستگی پیرسون استفاده گردید. تحلیل نتایج بدست آمده از آزمون آماری t-Student نشان داده است که در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی داری بین داده های دیدبانی شده و داده های تولید شده توسط مدل وجود نداشته است. همچنین مقادیر همبستگی پیرسون بین این دو سری داده در سطح ۹۹ درصد قابل قبول بوده است. به طور کلی نتایج نشان دادند که مدل LARS-WG، توانمندی مدل سازی اقلیم ایستگاه تحت مطالعه را بر اساس یک سناریوی حالت پایه دارد.

۳-۲- انتخاب مدل مناسب گردش عمومی جو

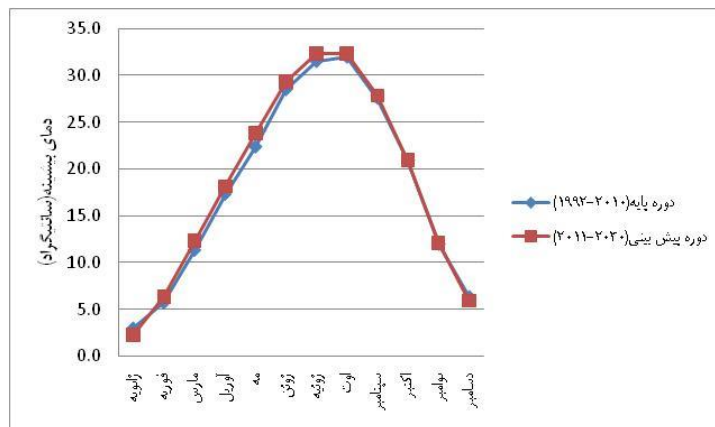
به منظور انتخاب مدل مناسب، مقادیر ۲ سناریوی A2 و B1 برای ۲ مدل گردش عمومی جو EMPEH5 و HADCM3 با میانگین کل مدل ها مقایسه گردید و مدلی که حداقل اختلاف



نمودار ۱: مقایسه میانگین ماهانه بارش در دوره ۲۰۱۱-۲۰۲۰ با دوره آماری - ایستگاه زنجان



نمودار ۲: مقایسه میانگین ماهانه دمای کمینه در دوره ۲۰۱۱-۲۰۲۰ با دوره آماری - ایستگاه زنجان

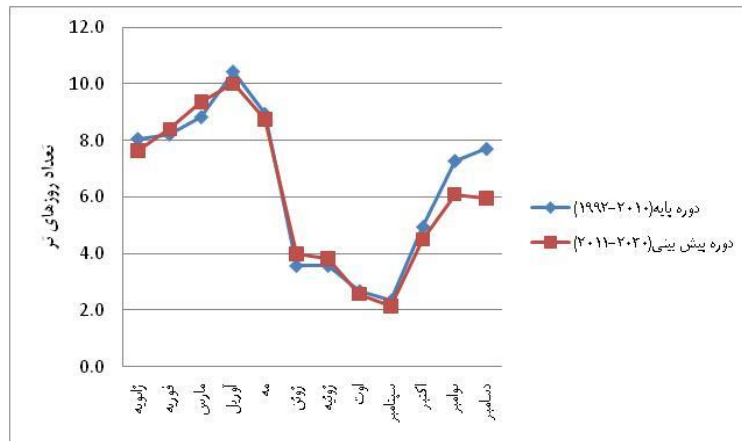


نمودار ۳: مقایسه میانگین ماهانه دمای بیشینه در دوره ۲۰۱۱-۲۰۲۰ با دوره آماری - ایستگاه زنجان

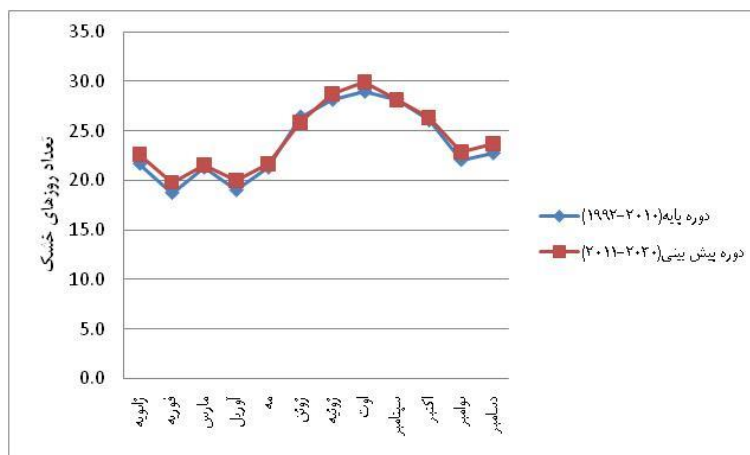
مطابق نمودار ۵ بیشترین افزایش در تعداد روزهای خشک مربوط به ماه فوریه می باشد که در این ماه تعداد روزهای خشک به اندازه ۱ روز افزایش یافته است. علاوه بر این به جز ماه ژوئن که تعداد روزهای خشک نسبت به دوره پایه کاهش یافته، در سایر ماهها افزایش تعداد روزهای خشک مشاهده گردیده است.

- روزهای تر و خشک

مطابق نمودار ۴ بیشترین کاهش در تعداد روزهای تر در ماه دسامبر مشاهده گردیده است که در این ماه تعداد روزهای تر به اندازه ۲ روز کاهش یافته است. همچنین به جز ماههای فوریه، مارس، ژوئن و ژوئیه که تعداد روزهای تر نسبت به دوره پایه افزایش یافته، در سایر ماه ها تعداد آن کاهش یافته است.



نمودار ۴: مقایسه میانگین ماهانه تعداد روزهای تر در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با دوره آماری - ایستگاه زنجان

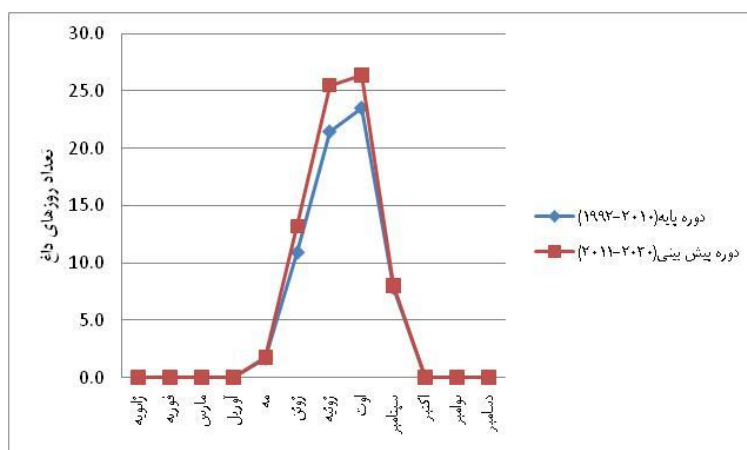


نمودار ۵: مقایسه میانگین ماهانه تعداد روزهای خشک در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با دوره آماری - ایستگاه زنجان

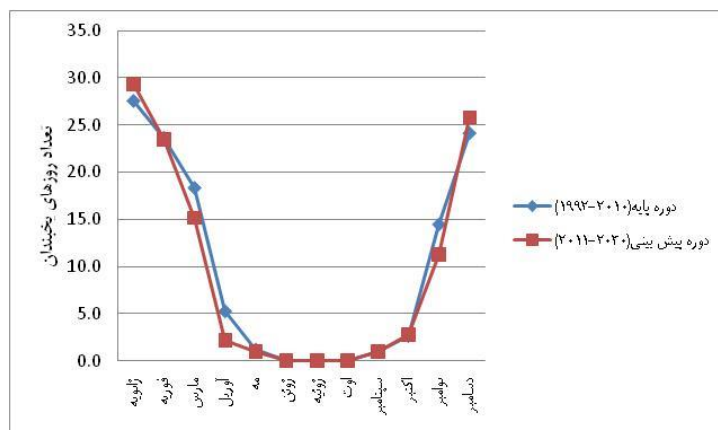
بیشترین کاهش در تعداد روزهای یخبندان مربوط به ماههای مارس و نوامبر بوده که در این ماهها تعداد روزهای یخبندان به میزان ۳ روز کاهش یافته است. براساس نمودار ۷ به جز ماههای ژوئن، ژوئیه و آگوست در سایر ماهها یخبندان مشاهده شده است. در ماههایی که یخبندان وجود داشته است به جز ژانویه و دسامبر، تعداد روزهای یخبندان کاهش یافته است.

- روزهای داغ و یخبندان

بیشترین افزایش در تعداد روزهای داغ مربوط به ماه ژوئیه به میزان ۴ روز بوده است. همانطور که در نمودار ۶ نشان داده شده، در ماههای ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، اکتبر، نوامبر و دسامبر در هیچ روزی دمای بالاتر از ۳۰ درجه سانتیگراد مشاهده نشده است. در سایر ماهها تعداد روزهای داغ افزایش یافته است.



نمودار ۶: مقایسه میانگین ماهانه تعداد روزهای داغ در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با دوره آماری - ایستگاه زنجان



نمودار ۷: مقایسه میانگین ماهانه تعداد روزهای یخبندان در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با دوره آماری- ایستگاه زنجان

warming stabilization scenarios: the Asian-Pacific Integrated Model". Energy Economics, 26.

[6] Massah, A.R., and Morid, S., 2006, "Impact of climate change on water resources and food production of zayandeh rud basin", Iranian journal of water resources, 1(1).

[7] ابراهیمی، حسین، علیزاده، امین، جوانمرد، سهیلا، ۱۳۸۴، "بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد بعنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۰، شماره ۷۹، صص ۱۸-۵.

[8] سلطانی، افشین و قلی پور، منوچهر، ۱۳۸۵، "شبیه سازی اثر تغییر اقلیم بر رشد، عملکرد و مصرف آب نخود"، مجله

علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال سیزدهم، شماره ۲.

[9] Rodriguez Diaz, J.A. Weatherhead, J.W., Knox, J.W., Camacho, E., 2007, "Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain", Reg Environ Change, 7, pp.149-159.

[۱۰] شاه کرمی، نازنین، مساح بوانی، علی رضا، مرید، سعید، فهمی، هدایت، ۱۳۸۶، "تحلیل عدم قطعیت مدل‌های جفت شده اقیانوس- اتمسفر- گردش عمومی جو بر سناریوهای تغییر اقلیم دما و بارندگی در حوضه زاینده رود"، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

[11] Ferrise, R., Moriondo, M., and Bindi, M., 2009, "Climate change and projected impacts in agriculture: an example on Mediterranean Crops", Geophysical Research Abstracts, 11.

[12] Roy, K., Rahman, M., Kuman, U., 2009, "Future climate change and moisture stress: Impact on crop agriculture in south-western Bangladesh", Climate Change and Development Perspective, 1(1).

[۱۳] سادات آشفته، پریسا و مساح بوانی، علی رضا، ۱۳۸۹، "تأثیر تغییر اقلیم بر دبی های حداکثر: مطالعه موردی، حوضه

۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در دوره آتی متوسط بارندگی در ایستگاه زنجان به میزان ۱۱/۴ میلیمتر کاهش پیدا خواهد کرد. با وجود کاهش میزان بارندگی در ایستگاه مذکور، دماهای کمینه و بیشینه به میزان ۰/۴ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا می‌کند. تعداد روزهای تر ۴ روز کاهش و تعداد روزهای خشک ۷ روز افزایش می‌یابد. همچنین تعداد روزهای داغ ۱۱ روز افزایش و تعداد روزهای یخبندان ۵ روز کاهش پیدا خواهد کرد. مجموع نتایج به دست آمده حاکی از این است که در دهه آینده منطقه رو به سمت خشکسالی خواهد رفت.

۵- مراجع

[۱] اسماعیلی، رضا، گندمکار، امیر و غیور، حسنعلی، ۱۳۹۰، "پهنه بندی میزان تغییرات اقلیمی از دیدگاه کشاورزی در دوره اقلیمی آینده، مطالعه موردی استان خراسان رضوی. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی"، سال ۲۲، شماره پیاپی ۴۱، شماره ۱، صص ۵۲-۳۵.

[۲] شهبافر، علیرضا و قیامی باجگیرانی، علی، ۱۳۸۰، "پیش بینی درازمدت متغیرهای اقلیمی توسط مدل‌های رقومی گردش عمومی و روشهای تبدیل مقیاس خروجی های این مدل ها از مقیاس جهانی به منطقه ای"، بولتن علمی مرکز اقلیم شناسی، جلد ۱، شماره ۸، صص ۲۲-۱۰.

[3] Chang, H., Knight, C.G., Staneva, M.P., and Kostov, D., 2002, "Water resource impacts of climate change in southwestern Bulgaria", GeoJournal, 57.

[4] Eitzingera, J., Stastna, M., Zalud, Z., and Dubrovsky, M, 2003, "A simulation study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change scenarios", Agricultural Water Management, 61.

[5] Kainuma, M., Matsuoka, Y., Morita, T., Masui, T., and Takahashi, K., 2004, "Analysis of global

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۴، شماره ۲، صص ۲۳۳-۲۱۸.

- [18] Semenov, M.A., and Brooks, R. J., 1999, "Spatial interpolation of the LARS-WG Stochastic Weather Generator in Great Britain", *Climate Research*, 11, pp.137-148.
- [19] Parlange, M.B., and Katz, R.W., 2000, "An extended version of the Richardson Model for simulating daily weather variables", *J. Apply Meteorology*, 39, pp. 610-622.
- [20] Williams, A.G., 1991, "Modeling future climates, From GCMs to statistical downscaling approaches", University of Toronto at Scarborough, 56p.
- [21] Semenov, M.A., 2008, "Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator", *Climate Research*, 35, pp.203-212.
- [۲۲] صبوری، غلامرضا، ۱۳۹۳، "مطالعه تغییرات پهنه‌های اقلیمی ایران در دوره ۲۰۱۰-۲۰۹۹ تحت پدیده گرمایش جهانی با استفاده از ریزمقیاس نمایی مدل‌های گردش عمومی جو"، پایان نامه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

- آیدوغموش، آذربایجان شرقی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک"، سال ۱۴، شماره ۵۳.
- [۱۴] سیاری، نسرين، علیزاده، امین، بنایان اول، محمد، فرید حسینی، علیرضا، حسامی کرمانی، مسعودرضا، ۱۳۹۰، "مقایسه دو مدل گردش عمومی جو (HadCM3, CGCM2) در پیش بینی پارامترهای اقلیمی و نیاز آبی گیاهان تحت تغییر اقلیم (مطالعه موردی: حوضه کشف رود)"، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۴.
- [۱۵] گل محمدی، مریم و مساح بوانی، علیرضا، ۱۳۹۰، "بررسی تغییرات شدت و دوره بازگشت خشکسالی حوضه قره سو در دوره‌های آبی تحت تاثیر تغییر اقلیم. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۵، شماره ۲.
- [16] Haltiner, G., and Williams, R., 1980, "Numerical Prediction and Dynamic Meteorology", John Wiley & Sons, 477p.
- [۱۷] عباسی، فاطمه، ملبوسی، شراره، بابائیان، ایمان، اثمري، مرتضی و برهانی، رضا، ۱۳۸۹، "پیش بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G"،