

ارزیابی متغیرهای اقلیمی دشت جیرفت با مدل HadCM3 در دوره‌های آتی

❖ سعید برخوردار؛ استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، کرمان. ایران

❖ رسول مهدوی*؛ دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران.

❖ غلامرضا زهتابیان؛ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران. ایران.

❖ حمید غلامی؛ استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

چکیده

استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی، افزایش جمعیت و دیگر عوامل موجب تغییرات بارز در اقلیم کره زمین گردیده است. در این تحقیق به منظور ارزیابی روند پارامترهای بارش، دمای کمینه و بیشینه دشت جیرفت در دوره‌های آتی، از مدل HADCM3 استفاده شد. سپس اقدام به شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ و دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ براساس سه سناریوی A1B، A2 و B1 با مدل LARS-WG شد. نتایج نشان داد که بر مبنای هر سه سناریوی A1B، A2 و B1 در افق ۲۰۵۵ بیشترین دمای حداقل و حداکثر رخ خواهد داد. دمای حداقل سالیانه تحت سناریوهای A2، B1 و A1B در آینده نزدیک (۲۰۱۱-۲۰۳۰) به ترتیب ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۷ درجه سانتی‌گراد و در آینده دور (۲۰۴۰-۲۰۶۵) به ترتیب ۲/۴، ۱/۸ و ۲/۳ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۱۰) افزایش می‌یابد. نتایج دمای حداکثر سالیانه نیز تحت سناریوهای فوق در آینده نزدیک نشان داد که به ترتیب ۱/۱، ۰/۹ و ۱ سانتی‌گراد و در آینده دور به ترتیب ۲/۶، ۲ و ۲/۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. همچنین مقایسه بارش سالانه دراز مدت نشان می‌دهد که کمترین مقدار بارش سالانه طی سناریوی B1 در دوره ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ اتفاق خواهد افتاد. این در حالی است که بیشترین مقدار بارش سالانه در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ طی سناریوی A1B رخ می‌دهد و در دوره آتی نزدیک (۲۰۱۱-۲۰۳۰) میانگین بارش سالانه برای سناریوهای A2، B1 و A1B نسبت به دوره پایه به ترتیب ۱۰، ۱۴ و ۲۰ میلی‌متر افزایش خواهد یافت اما در دوره آتی دور (۲۰۴۵-۲۰۶۰) میانگین بارش سالانه برای سناریوهای A2 و B1 به ترتیب ۸، ۱۰ و ۱ میلی‌متر نسبت به دوره پایه کاهش می‌یابد.

کلید واژگان: HadCM3، LARS-WG، دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، دشت جیرفت.

۱. مقدمه

طبق آخرین گزارش هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، عامل اصلی گرمایش جهانی و تغییر اقلیم از اواسط قرن بیستم به بعد، افزایش گازهای گلخانه‌ای در اثر فعالیت‌های انسانی بوده است [۹] که منجر به افزایش رخداد پدیده‌های حدی اقلیمی نظیر سیل، توفان، تگرگ، توفان‌های حاره‌ای، امواج گرمایی، افزایش سطح آب دریاها، ذوب شدن یخ‌های قطبی و... می‌گردد. همچنین براساس گزارشات چهارم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم [۸] تحت عنوان "گزارشات ارزیابی تغییرات اقلیم" گرمایش جهانی و وقوع تغییر اقلیم با استفاده از مشاهدات دما که از سطح خشکی‌ها و آب‌های جهان به دست آمده، تأیید شده است. روند خطی میانگین دمای سطح زمین در دوره صد ساله (۱۹۰۵-۲۰۰۵) از رابطه $\pm 0.74^{\circ}\text{C} / 8^{\circ}\text{C}$ تبعیت کرده و آهنگ این گرمایش در دهه‌های اخیر نسبت به دوره‌های گذشته بیشتر بوده است که نتایج تحقیقات نشان داده است که گازهای گلخانه‌ای در طی یک دهه اخیر به تنهایی تأثیر به‌سزایی در افزایش دمای کره زمین داشته‌اند [۲].

پژوهشگران با استفاده از مدل LARS-WG خروجی مدل ECHO-G را بر روی ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان ریز مقیاس کردند. نتایج حاکی از قدرت بالای مدل در شبیه‌سازی داده‌های آماری در این ایستگاه‌ها است [۵].

در پژوهشی با استفاده از مدل LARS-WG و خروجی مدل گردش عمومی جو HadCM3 تحت سناریوهای A2, B1, A1B تغییر اقلیم در استان کرمانشاه بررسی گردید و نتایج نشان داد که تغییرات بارندگی در سه سناریوی ذکر شده از نظم مشخصی پیروی نمی‌کند و افزایش دما طی دوره‌های آینده در همه سناریوها مشاهده گردید [۱۵].

در مطالعه‌ای با استفاده از خروجی مدل‌های HadGEM1 و HadCM3 تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش شهرکرد در دهه‌های آینده ارزیابی شد. این بررسی نشان از کاهش بارش سالانه و افزایش میانگین دمای سالانه، در

افق‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۸۰ را نسبت به دوره آماری ۱۹۶۰-۱۹۹۰ داشته است [۶].

در مطالعه‌ای تغییر اقلیم در حوضه گرگانرود ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که در شرایط اقلیمی آینده برای دوره زمانی ۲۰۷۰-۲۰۹۹ مقدار بارندگی سالانه حوضه به میزان ۳/۲ تا ۶/۷ درصد کاهش خواهد یافت [۳].

با استفاده از داده‌های تغییر اقلیم از مدل HadCM3 (سناریوهای A2 و B2) طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹، تغییرات دما و بارش در دوره‌های آتی در حوضه سیمینه رود بررسی گردید. نتایج نشان داد که پدیده تغییر اقلیم باعث کاهش ۴۰ درصدی بارش ماهیانه و افزایش ۲ درجه سلسیوسی دما می‌شود و با تأثیر آن بر فرآیند بارش-رواناب، نشان داد که ۲۵ درصد منابع آبی حوضه سیمینه رود کاهش می‌یابد و متعاقباً تخلیه این رودخانه به دریاچه تا حدود ۳۰ درصد کاهش می‌یابد [۱۹].

در پژوهشی با استفاده از مدل LARS-WG روند تغییرات پارامترهای اقلیمی بر اساس سناریوهای مختلف در انگلستان بررسی گردید و قابلیت این مدل در شبیه‌سازی داده‌های روزانه دما و بارش مورد تأیید قرار گرفت [۲۰].

همچنین در پژوهشی، با استفاده از آمار و اطلاعات ۲۰ ایستگاه در نقاط مختلف دنیا با اقلیم‌های متفاوت توانایی مدل مولد داده جوی LARS-WG برای شبیه‌سازی رویدادهای جوی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین حداکثر سالانه و مقادیر دوره برگشت بارندگی مصنوعی روزانه در داخل فواصل اطمینان ۹۵ درصد داده‌های مشاهداتی قرار گرفته‌اند، اما داده‌های دمای حداکثر روزانه با دقت کمتری تولید شده بودند و برای حدود نیمی از ایستگاه‌ها میانگین‌های مصنوعی خارج از محدوده اطمینان ۹۵ درصد قرار گرفتند [۲۱].

پژوهشگران در مطالعه‌ای به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت منابع آب در بخشی از یونان پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که تغییرات اقلیمی نقش مهمی را برای

طبقه‌بندی دوما رتن جزء مناطق بیابانی به‌شمار می‌آید و متوسط بارندگی سالانه آن ۱۷۰ میلی‌متر است.

۲.۲. مدل اقلیمی HadCM3

در این تحقیق جهت مطالعه تغییر اقلیم از یک مدل گردش عمومی جو موسوم به HadCM3 استفاده شد. HadCM3 از نوع مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی-اقیانوسی (AOGCM) است که در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافته است. قدرت تفکیک این مدل، شبکه‌ای با ابعاد $2/75^\circ$ درجه عرض جغرافیایی و $3/75^\circ$ درجه طول جغرافیایی است [۲۰]. توصیف این مدل توسط Gordon و همکاران [۷] و Pope و همکاران [۱۳] انجام شده است. HadCM3 از دو مؤلفه جوی و اقیانوسی به نام‌های HadAM3 (مدل جوی) و HadOM3 (مدل اقیانوسی) که دارای یک مدل یخ-دریا نیز می‌باشد، تشکیل شده است [۲۱].

این مدل نیازی به تنظیمات شار سطحی (شار مصنوعی اضافی برای سطح اقیانوس) برای بهبود شبیه‌سازی ندارد. شبیه‌سازی‌ها بر مبنای تقویم سال ۳۶۰ روزه و ماه‌های ۳۰ روزه انجام می‌شود. قدرت تفکیک بالای مؤلفه اقیانوسی، مهم‌ترین مزیت این مدل است. مزیت دیگر این مدل، هماهنگی خوب بین مؤلفه‌های جوی و اقیانوسی آن است.

۳.۲. مدل LARS-WG

مدل LARS-WG یکی از معروف‌ترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای تولید مقادیر بارش، تابش، درجه حرارت‌های بیشینه و کمینه روزانه در یک ایستگاه برای اقلیم حاضر و آینده به کار می‌رود [۱۴] و [۲۰]. اولین نسخه آن در بوداپست طی سال ۱۹۹۰ به عنوان ابزاری برای ریز مقیاس نمایی آماری ابداع شد [۱۶]. مدل LARS-WG برای مدل‌سازی، متغیرهای

استفاده از آب و وضعیت آب در آینده منطقه مورد مطالعه ایفا می‌کند [۱۲].

در مطالعه‌ای اثر دو خط‌مشی اقلیمی کاهشی را بر جریان رودخانه‌ها در شش حوضه بریتانیا با دو سناریوی تولید گازهای گلخانه‌ای غیر کاهشی بررسی گردید. نتایج نشان داد که اثرات پیش‌بینی شده سیاست‌های کاهشی نسبت به تولید گازهای گلخانه‌ای غیر کاهشی در بین شش حوضه مشابه هستند و سیاست کاهش انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۳۰ عملاً هیچ تأثیری بر روی تغییرات اقلیمی ندارد؛ اما در سال ۲۰۵۰ تغییر در Q95 حدود ۲۰-۳۰ درصد نسبت به اثرات تحت تولید گازهای گلخانه‌ای غیر کم شونده کاهش می‌یابد [۲].

به دنبال طرح جدی مسئله تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های بشر در چند دهه اخیر و پیامدهای آن به‌صورت پدیده‌های حدی اقلیمی نظیر سیل‌های مخرب، خشکسالی‌های گسترده، توفان‌های گرد و خاک و...، ضرورت انجام مطالعاتی در این زمینه در کشور نیز بیش از پیش احساس می‌شود. بنابراین هدف این مطالعه بررسی تغییرات متغیرهای بارش، دمای کمینه و بیشینه دشت جیرفت با استفاده از مدل HADCM3 در دوره‌های آتی (افق ۲۰۲۰ و ۲۰۵۵) است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دشت جیرفت بخشی از حوضه غربی جازموریان است که بین طول‌های جغرافیایی $15^\circ 57'$ تا $17^\circ 58'$ و عرض‌های جغرافیایی $28^\circ 12'$ تا $29^\circ 13'$ ، در جنوب ایران و در استان کرمان قرار گرفته است. وسعت دشت جیرفت ۲۲۴۷ کیلومتر مربع و ارتفاع آن از سطح دریا بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ متر متغیر است. شیب میانگین دشت از شمال به جنوب و در حدود ۷ متر در کیلومتر است. سطح دشت هموار و پوشش طبیعی گیاهی آن کم است. این منطقه از نظر آب وهوایی طبق

۴.۲. کالیبره کردن مدل

این مرحله دربرگیرنده تمام پارامترهای لازم برای تولید داده‌های مصنوعی است. در مرحله کالیبره کردن مدل، داده‌های تهیه شده دوره پایه را برای ایستگاه کرمان پردازش کرده و داده‌ها برای ورود به مدل لارس آماده گردید و در نهایت پارامترها در مقیاس روزانه شبیه‌سازی شدند [۲۰].

۵.۲. ارزیابی مدل

گام دوم در اجرای LARS-WG ارزیابی مدل است. در این مرحله باید تعیین شود که آیا این مدل برای تولید داده‌های تصادفی در مکان مورد مطالعه مناسب است یا خیر؟

۶.۲. تولید داده‌های مصنوعی

بعد از کالیبره کردن و ارزیابی مدل، باید پارامترهای هواشناسی تولید شوند. برای تولید داده‌های آب و هوای مصنوعی نیاز به یک سناریوی تغییر اقلیم است [۲۱]. آخرین نسخه مدل LARS-WG، مدل LARS-WG 5/5 است که داده‌های اقلیمی را در ۳ دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ میلادی ریزمقیاس و تولید می‌نماید.

در این تحقیق دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۰ یک بار برای واسنجی استفاده شد و سپس کل همین دوره (۱۹۸۹ تا ۲۰۱۰) برای صحت‌سنجی مدل در نظر گرفته شد و نتایج به‌دست آمده از مدل با مقادیر مشاهده شده مقایسه و نحوه عملکرد مدل ارزیابی شد. پس از واسنجی و ارزیابی مدل سری زمانی روزانه متغیرهای دما و بارش منطقه برای دوره‌های آتی شبیه‌سازی شد.

در نهایت به منظور ارزیابی مدل و سناریو از معیارهای NSE، RMSE و R^2 استفاده شد. در زیر روابط موجود برای معیارهای مذکور ارائه شده است:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

هواشناسی توزیع‌های آماری پیچیده‌ای را به کار می‌برد. مبنای این مدل برای مدل‌سازی طول دوره‌های خشک و تر، بارش روزانه و سری‌های تابش، توزیع نیمه تجربی است. در توزیع نیمه تجربی فاصله‌ها به طور مساوی بین مقادیر مینیمم و ماکزیمم زمانی ماهانه تقسیم می‌شوند (رابطه ۱):

$$EMP = \{a., ai, hi, \dots, i=0, 1, 2, \dots, 10\} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در اینجا EMP یک هیستوگرام با ده بازه با شدت‌های مختلف بارش است.

$$[ai-1, ai] \quad ai-1 < ai$$

hi تعداد رخداد بارش در i امین فاصله را نشان می‌دهد. فاصله‌ها برای طول روزهای تر و خشک و بارش افزایشی هستند.

در این مدل تابش به طور مستقل از درجه حرارت مدل شده است و به جای آن می‌توان از ساعت آفتابی نیز استفاده کرد. مقدار بارش یک روز تر از توزیع نیمه تجربی بارش ماه مورد نظر و مستقل از سری‌های تر با مقدار بارش در روز قبل به دست می‌آید. در این مدل سری‌های فوریه درجه حرارت را تخمین می‌زنند. درجه حرارت‌های کمینه و بیشینه روزانه به‌صورت فرایندهایی تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که وابسته به وضعیت تر یا خشک بودن روز مورد نظر هستند، مدل‌سازی می‌شوند. سری فوریه مرتبه سوم برای شبیه‌سازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت فصلی به کار می‌رود. مقادیر مانده‌ها که از تفریق مقادیر میانگین از مقدار مشاهده شده به دست می‌آیند، در تحلیل خود همبستگی زمانی داده‌های مینیمم و ماکزیمم مورد استفاده قرار می‌گیرند [۵]. خروجی‌های این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش می‌باشند. تولید داده‌های مدل LARS-WG در سه مرحله انجام می‌شود که عبارتند از: کالیبره کردن، ارزیابی و ایجاد داده‌های هواشناسی.

۳. نتایج

۱.۳. نتایج واسنجی و صحت‌سنجی مدل LARS-WG

در این مطالعه ابتدا با در نظر گرفتن دوره ۱۹۸۹-۲۰۱۰ به عنوان دوره پایه، کالیبراسیون مدل انجام پذیرفت. با توجه به اینکه نتایج حاصل از مدل‌های اقلیمی صرفاً در مناطق آزمون از اعتبار لازم برخوردار است، مرحله اعتبار سنجی مدل متناسب با داده‌های منطقه مطالعاتی صورت گرفت. به منظور اطمینان از صحت مدل، ابتدا یک سناریوی حالت پایه برای دوره پایه تدوین و مدل برای این دوره اجرا گردید، سپس خروجی‌های مدل شامل دمای حداقل و حداکثر و بارش آن با داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه مورد مطالعه مقایسه گردید.

جدول ۱ آماره‌های خطای حاصل از پارامترهای اقلیمی مشاهداتی و مدل‌سازی شده را نشان می‌دهد. با توجه به بالا بودن ضریب کارایی ناش-ساتکلیف (NSE) و ضریب تبیین (R^2) برای هر سه پارامتر اقلیمی در ایستگاه مورد مطالعه، بنابراین مدل دارای دقت مناسبی است.

جدول ۱. آماره‌های خطا حاصل از پارامترهای اقلیمی مشاهداتی و مدل‌سازی شده توسط مدل LARS-WG

ایستگاه	دوره	میانگین بارش ماهانه			میانگین دمای حداقل ماهانه			میانگین دمای حداکثر ماهانه		
		R2	RMSE	NSE	R2	RMSE	NSE	R2	RMSE	NSE
جیرفت	واسنجی	۰/۹۹	۲/۲۷	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۲۴	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۲۵	۰/۹۹
	صحت‌سنجی	۰/۹۹	۶/۸۸	۰/۸۰	۰/۹۹	۰/۴۰	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۷۱	۰/۹۹

جیرفت مشخص کرد.

۲.۳. نتایج تغییرات متغیرهای بارش، دمای کمینه

و بیشینه سالیانه در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه و متوسط دراز مدت متغیرهای دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش سالیانه برای دوره پایه (۱۹۸۹ تا ۲۰۱۰)

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (s_i - o_i)^2 \right]^{1/2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$R^2 = \left[\frac{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n (S_i - \bar{S})(O_i - \bar{O})}{\sigma_s \times \sigma_o} \right]^2 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن O_i : داده‌های مشاهداتی، S_i : داده‌های برآورد شده، $\bar{O}$ و $\bar{S}$ میانگین داده‌های مشاهده شده و برآورد شده و σ انحراف معیار است. مقادیر RMSE معرف دقت در بسپاری از روش‌های آماری است. هر چه این مقادیر به صفر نزدیکتر باشد نشان دهنده دقت بالای مدل و مقدار صفر نشان دهنده عدم وجود خطا در برآورد مدل است. R^2 بیانگر ارتباط داده‌های مشاهداتی و برآورد شده می‌باشد. دامنه این پارامتر بین ۰ تا ۱ است، هرچه این مقدار به ۱ نزدیکتر باشد نشان دهنده ارتباط قوی بین دو گروه است. دامنه ضریب NSE^۱ بین $-\infty$ تا ۱ است، دامنه بین ۰ تا ۱ قابل قبول و بهترین حالت زمانی است که ضریب NSE برابر ۱ باشد.

پس از اطمینان از قابلیت مدل LARS-WG در تولید داده‌های اقلیمی، این مدل جهت ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 و تولید داده‌های مصنوعی جهت پیش‌بینی اقلیم در دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۳۰ و ۲۰۴۶-۲۰۶۵ اجرا شد. پس از اجرای مدل و تولید مقادیر روزانه پارامترهای دمای حداقل و حداکثر و بارش برای در دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۳۰ و ۲۰۴۶-۲۰۶۵ می‌توان شرایط اقلیمی را برای آینده دشت

سناریوهای A1B، A2 و B1 دمای حداکثر بیشتر از دوره پایه است (افزایش دما بین ۰/۹۱ تا ۲/۵۷ درجه سانتی‌گراد، جدول ۲).

مقایسه بارش سالیانه دراز مدت نشان می‌دهد که کمترین مقدار بارش طی سناریوی B1 در دوره ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ اتفاق خواهد افتاد که معادل ۱۰/۶۲ میلی‌متر کمتر از بارش دوره پایه خواهد بود. این در حالی است که بیشترین مقدار بارش با افزایش ۲۰/۸۲ میلی‌متری در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ طی سناریوی A1B اتفاق خواهد افتاد.

و دوره‌های آتی (۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵) طی سناریوهای A1B، A2 و B1 برای ایستگاه جیرفت در جدول ۲ ارائه شده است. همچنین در شکل‌های ۱، ۳ و ۵ مقادیر بلند مدت سالیانه و در شکل‌های ۲، ۴ و ۶ مقادیر متوسط ماهانه این متغیرها مقایسه شده است.

با مقایسه مقادیر متوسط دمای حداقل مشخص است که دمای حداقل در هر دو دوره بیشتر از دوره پایه خواهد بود (افزایش دما بین ۰/۶۴ تا ۲/۳۰ درجه سانتی‌گراد، جدول ۲). همچنین در هر دوره مورد بررسی و طی

جدول ۲. متوسط دراز مدت متغیرهای دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش سالیانه برای دوره پایه و دوره‌های آتی (طی سناریوهای A1B، A2 و B1) در ایستگاه جیرفت

دوره	سناریو	متوسط دراز مدت دمای حداقل	متوسط دراز مدت دمای حداکثر	متوسط دراز مدت بارش
پایه	-	۱۷/۰۱	۳۲/۵۳	۱۷۱/۲۷
۲۰۱۱-۲۰۳۰	A1B	۱۷/۷۲	۳۳/۵۱	۱۹۲/۰۹
	A2	۱۷/۸۰	۳۳/۵۹	۱۸۱/۷۵
	B1	۱۷/۶۵	۳۳/۴۳	۱۸۵/۱۹
۲۰۴۶-۲۰۶۵	A1B	۱۹/۱۵	۳۴/۹۴	۱۷۴/۲۲
	A2	۱۹/۳۱	۳۵/۰۹	۱۶۴/۲۹
	B1	۱۸/۷۵	۳۴/۵۴	۱۶۰/۶۵

دوره پایه و آتی (طی سناریوهای A1B، A2 و B1) در ایستگاه جیرفت مورد مقایسه قرار گرفت. در ماه‌های ژانویه، آگوست، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر مقادیر بارش دوره پایه کمتر از سایر دوره‌های مورد بررسی بوده و این امر نشان‌دهنده آن است که بارش در این ماه‌ها بیشتر شده و در سایر ماه‌ها کاهش خواهد یافت.

با مقایسه مقادیر متوسط دمای حداقل سالیانه نشان داد که دمای حداقل در هر دو دوره بیشتر از دوره پایه خواهد بود (جدول ۲). در طی هر سه سناریوی A1B، A2 و B1 در دوره ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ بیشترین دمای حداقل رخ داده است (شکل ۳). در شکل ۴ مقادیر متوسط دمای حداقل ماهیانه برای دوره پایه و آتی (طی سناریوهای A1B، A2 و B1) در

۳.۳. نتایج تغییرات متغیرهای بارش، دمای کمینه

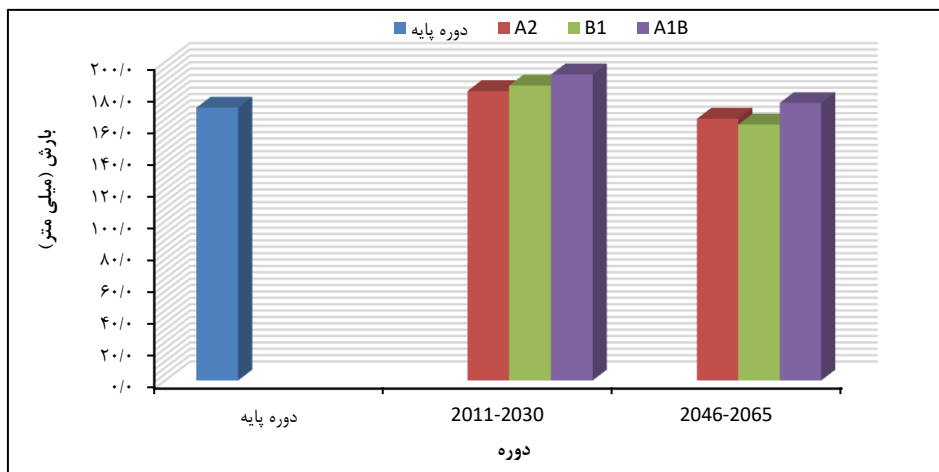
و بیشینه ماهیانه در دوره‌های آتی نسبت به دوره پایه

در شکل ۱ مقادیر متوسط بارش سالیانه برای دوره پایه و دوره‌های آتی (طی سناریوهای A1B، A2 و B1) در ایستگاه جیرفت مورد مقایسه قرار گرفت. طی این مقایسه مشخص شد که طی سناریوی A1B در دو دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ و طی سناریوی A2 در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ و طی سناریوی B1 در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ بارش بیشتر از بارش دوره پایه خواهد بود. طی سناریوهای A1B، A2 و B1 بیشترین بارش در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ رخ خواهد داد (جدول ۲، شکل ۱).

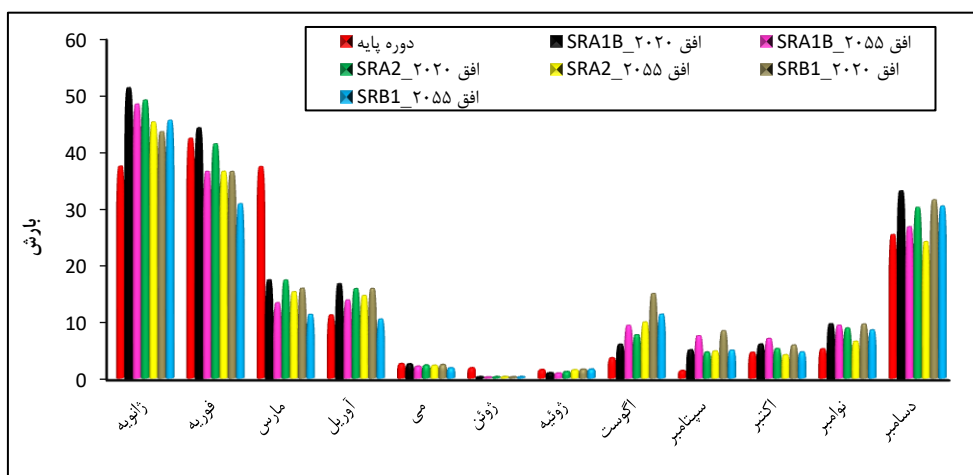
در شکل ۲ مقادیر متوسط درازمدت بارش ماهانه برای

کمتر یا برابر آن است که این امر نشان دهنده افزایش مقدار
دمای حداقل در دوره‌های آتی است.

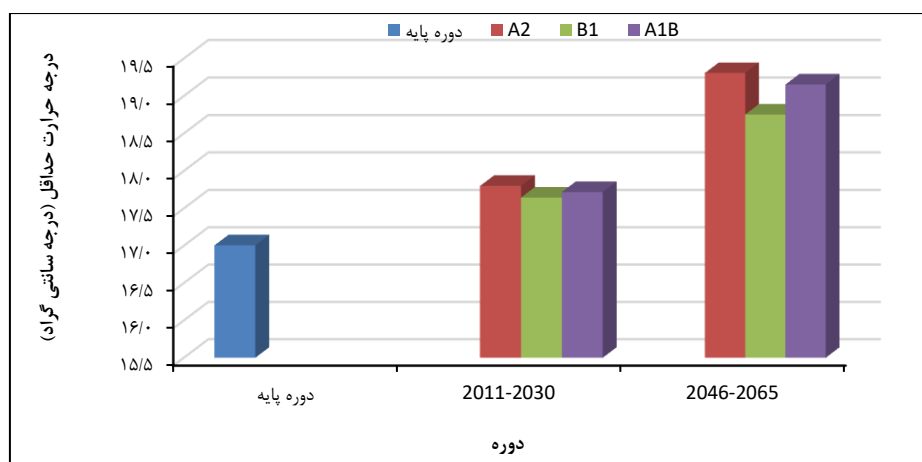
ایستگاه جیرفت مورد مقایسه قرار گرفت. در اکثر ماه‌های
سال مقادیر دمای حداقل ماهانه دوره پایه از سایر دوره‌ها



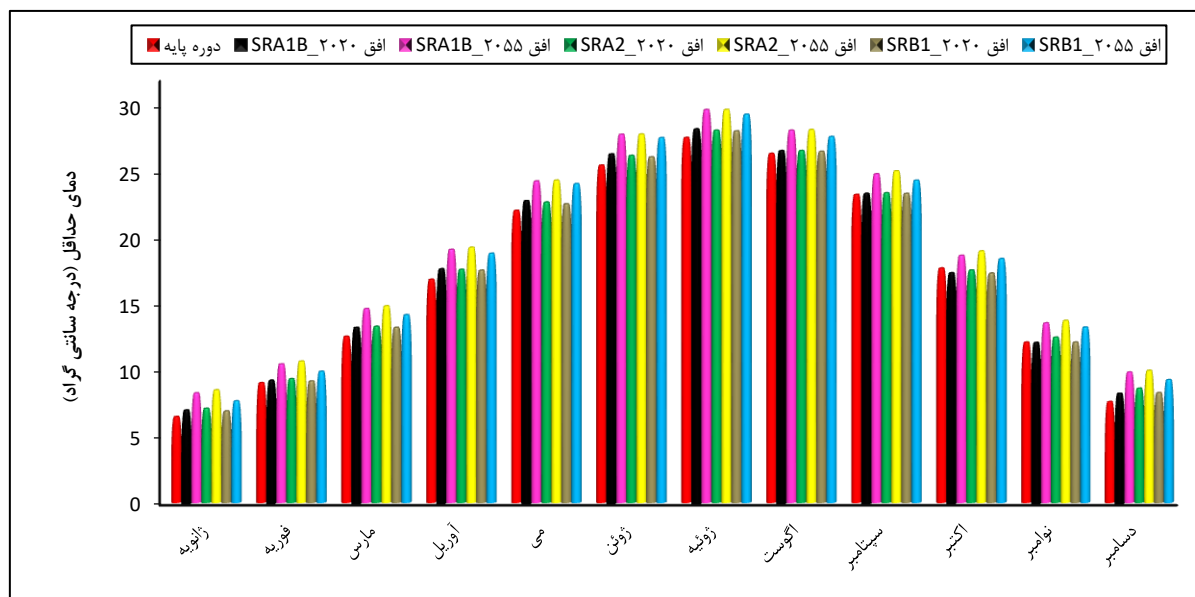
شکل ۱. مقایسه متوسط بارش سالیانه برای دوره پایه و دوره‌های آتی (طی سناریوهای A2، A1B و B1) در ایستگاه جیرفت



شکل ۲. مقایسه متوسط دراز مدت بارش ماهانه برای دوره پایه و دوره‌های آتی (طی سناریوهای A2، A1B و B1) در ایستگاه جیرفت



شکل ۳. مقایسه متوسط دمای حداقل سالیانه برای دوره پایه و دوره‌های آتی (طی سناریوهای A2، A1B و B1) در ایستگاه جیرفت

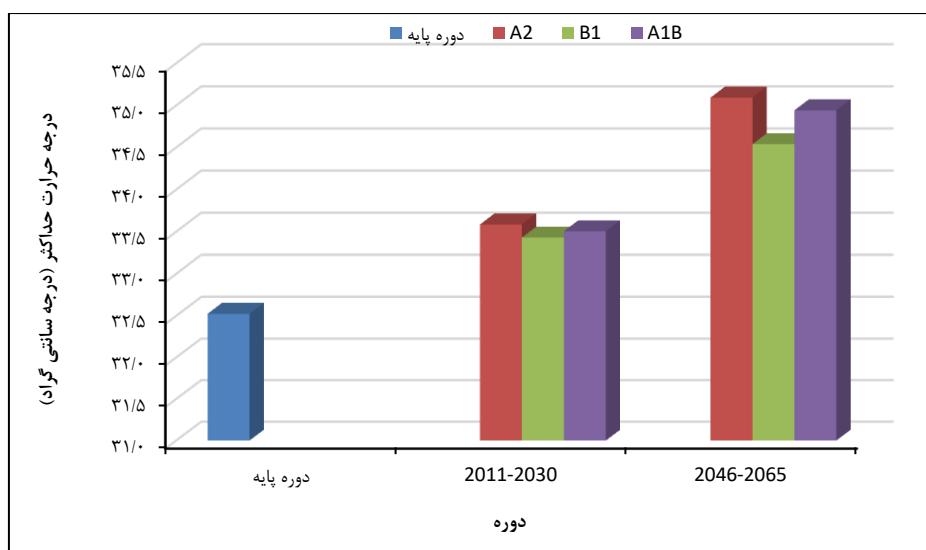


شکل ۴. مقایسه متوسط دمای حداقل ماهیانه برای دوره پایه و دوره‌های آتی (طی سناریوهای A2، A1B و B1) در ایستگاه جیرفت

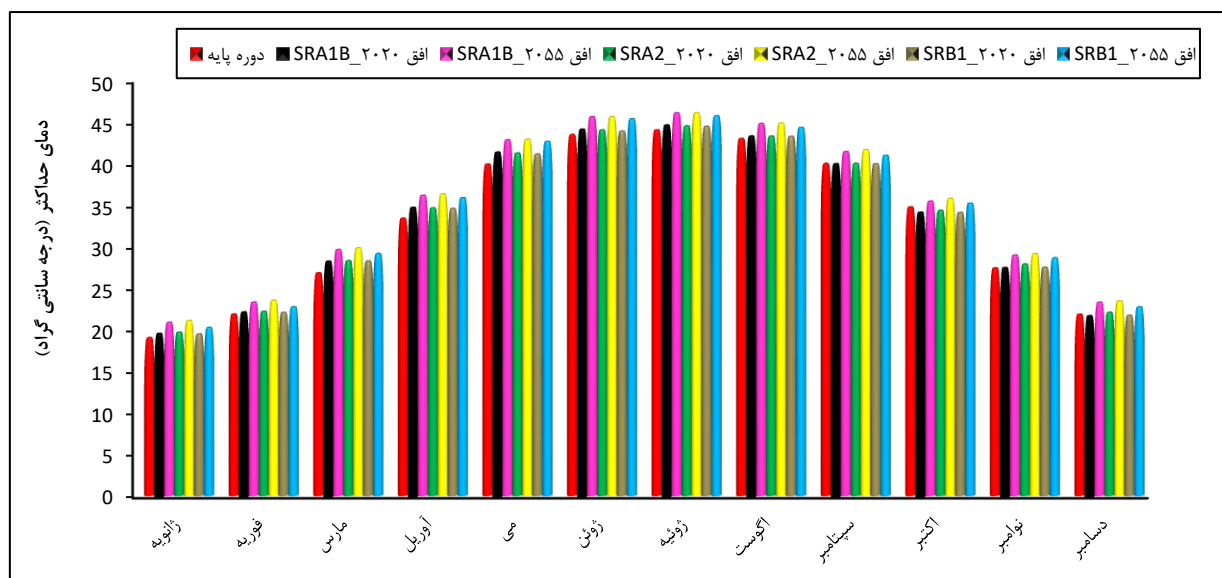
ایستگاه جیرفت مورد مقایسه قرار گرفت. در اکثر ماه‌های سال مقادیر دمای حداکثر ماهانه برای دوره پایه از سایر دوره‌ها کمتر یا برابر آن است که این امر نشان‌دهنده آن است که مقدار دمای حداکثر در دوره‌های آتی افزایش خواهد یافت.

با مقایسه مقادیر متوسط دمای حداکثر سالیانه مشخص است که طی سناریوهای A2، A1B و B1 در دو دوره مورد بررسی دمای حداکثر بیشتر از دوره پایه است (جدول ۲). در هر سه سناریو در دوره ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ بیشترین دمای حداکثر رخ خواهد داد (شکل ۵).

در شکل ۶ مقادیر متوسط دمای حداکثر ماهیانه برای دوره پایه و آتی (طی سناریوهای A2، A1B و B1) در



شکل ۵. مقایسه متوسط دمای حداکثر سالیانه برای دوره پایه و دوره‌های آتی (طی سناریوهای A2، A1B و B1) در ایستگاه جیرفت



شکل ۶. مقایسه متوسط دمای حداکثر ماهیانه برای دوره پایه و دوره‌های آتی (طی سناریوهای A2، A1B و B1) در ایستگاه جیرفت

۴. بحث و نتیجه گیری

استفاده بیش از حد سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و افزایش جمعیت جهان و عوامل دیگر موجب تغییرات مشهودی در اقلیم کره زمین شده است. در این

تحقیق به منظور ارزیابی تغییر در متغیرهای بارش، دمای کمینه و بیشینه در دوره‌های آتی (دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ یا افق ۲۰۲۰ و دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ یا افق ۲۰۵۵) در منطقه جیرفت از مدل HADCM3 طی سه سناریوی A2، A1B و B1 استفاده شد. بدین منظور در ابتدا با اجرای مدل

سناریوهای A2، A1B و B1 در این ایستگاه در ماه‌های ژانویه، آگوست، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر مقادیر بارش دوره پایه کمتر از دوره‌های آتی مورد بررسی بوده و این امر نشان می‌دهد که بارش در این ماه‌ها بیشتر خواهد شد و در سایر ماه‌ها کاهش می‌یابد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در دوره‌های آتی مقادیر دمای حداقل و حداکثر نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت و مقدار بارش در برخی از ماه‌ها کاهش و در برخی دیگر افزایش می‌یابد.

برخی از محدودیت‌های اصلی که می‌توان در برآورد اثرات تغییر اقلیم در نظر گرفت شامل موارد زیر است. بسیاری از انتخاب‌ها و فرضیات همچون مدل‌های اقلیمی، روش‌های کوچک مقیاس کردن، سناریوها بر روی نتایج اثر گذار هستند. یک اصل بنیادین در مدل‌های اقلیمی فهم و شناسایی فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و فیزیکی حاکم بر سیستم اقلیم است که با شناخت فرآیندهای حاکم می‌توان یک تصویر کلی از اقلیم گذشته به دست آورد و با مقایسه آن با شرایط حال، شرایط اقلیمی را برای زمان آینده پیش‌بینی کرد [۲۲]. برای یک مدل ایده‌آل، به داده‌های ثبت شده معتبر به مدت طولانی و پوشش کافی از عناصر اقلیمی نیاز است. فقدان داده‌های کافی و نیز آسیب کیفی آن‌ها بر اثر خطای ابزار، خطای دیده‌بانی موجب می‌شود که پیش‌بینی‌ها در یک بازه بزرگ و با سطح اعتماد کمتری صورت گیرد. استفاده از همه سناریوهای اقلیمی طیف نسبتاً وسیعی از نتایج را به همراه دارد. نتایج حاصل از تغییرات اقلیم به وضوح تفاوت‌های بین سناریوهای مختلف را در تصویر آینده نمایش می‌دهد. این امر نشان دهنده این است که مدل‌های اقلیمی و سناریوها منبع مهمی از عدم قطعیت هستند، آنچنان که در مطالعات دیگر همچون Molina-Navarro و همکاران [۱۲] و Prudhomme و همکاران [۱۸] مشاهده می‌شود.

آماري به ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو پرداخته شد. نتایج حاصل حاکی از توانمندی بالای این مدل مولد هواشناسی برای تولید داده‌های روزانه پارامترهای ذکر شده است. تحقیقات صورت گرفته توسط Babaian و همکاران [۵] نیز مؤید این نتیجه است. نتایج نشان داد که در طی سه سناریوی A2، A1B و B1 در افق ۲۰۵۵ بیشترین دمای حداقل رخ داده است. طی مقایسه مقادیر متوسط دمای حداقل ماهیانه برای دوره پایه و آتی (طی سناریوهای A2، A1B و B1) در ایستگاه جیرفت، در اکثر ماه‌های سال مقادیر دمای حداقل ماهانه برای دوره پایه از دوره‌های آتی کمتر یا برابر آن است که نشان می‌دهد که مقدار دمای حداقل در دوره‌های آتی افزایش خواهد یافت. در طی سه سناریوی A2، A1B و B1 در افق ۲۰۵۵ بیشترین دمای حداقل رخ داده است.

طی مقایسه مقادیر متوسط دمای حداکثر ماهیانه برای دوره پایه و آتی (طی سناریوهای A2، A1B و B1) در ایستگاه جیرفت، در اکثر ماه‌های سال مقادیر دمای حداکثر ماهانه برای دوره پایه از دوره‌های آتی کمتر یا برابر آن است که این امر نشان می‌دهد که مقدار دمای حداکثر در دوره‌های آتی افزایش خواهد یافت. طی مقایسه مقادیر متوسط دراز مدت بارش در طی سه سناریوی A2، A1B و B1 در این ایستگاه مشخص شد که طی سناریوی A1B در دو افق ۲۰۲۰ و ۲۰۵۵ و طی سناریوی A2 در افق ۲۰۲۰ و طی سناریوی B1 در افق ۲۰۲۰ بارش بیشتر از بارش دوره پایه خواهد بود. مطالعات Babaian و همکاران [۴] در کل کشور، Ahmadi [۱] در شمال کشور و Kling و همکاران [۱۰] در حوضه دانوب نیز به این افزایش دما اشاره شده است. طی سناریوی A2، A1B و B1 بیشترین بارش سالیانه در افق ۲۰۲۰ رخ خواهد داد. طی مقایسه مقادیر متوسط دمای حداکثر ماهیانه برای دوره پایه و آتی (طی

References

- [1] Ahmadi, R. (2007). Evaluation Reduced-scale statistical in northern Iran. M.Sc thesis. Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.
- [2] Arnell, N. W., Charlton, M. B., and Lowe, J. A. (2010). The effect of climate policy on the impacts of climate change on river flows in the UK, *Journal of Hydrology*, 510, 424–435.
- [3] Azari, M., Moradi, H., Saghafian, B. and Faramarzi, M. (2013). Evaluate the hydrologic effects of climate change on watershed Gorganroud, *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)*, 27(3), 537-547.
- [4] Babaian, A. (2005). Preliminary study and evaluation Weather generator models Case Study: Evaluation of LARS-WG on selected stations Khorasan, Institute of Ecology.
- [5] Babaian, A., Najafi Nik, Z. Zabol Abbasi, F., Habibi nokhandan, M., Adab, H. and Malboosi, sh. (2009). Assessment of climate change in the period 2010-2039 using data Ryzmqyas–Nmayy general circulation ECHO-G, *Geography and Development*, 16, 135- 152.
- [6] Ghasemi, A. (2012). Assess the impact of climate change on precipitation and temperature Branch in the coming decades to help HadGEM1 models and HadCM3, National Conference on inter-basin water transfer.
- [7] Gordon C, Cooper C, Senior C.A, Banks H, Gregory J.M, Johns T.C, Mitchell J.F.B, and Wood R.A. (2000). The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments, *Clim. Dynam*, 16, 147–168.
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). Land use, land-use change, and forestry. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- [9] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). Land use, land-use change, and forestry. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- [10] Kling, H., Fuchs, M., and Paulin, M. (2012). Runoff conditions in the upper Danube basin under an ensemble of climate change scenarios, *Journal of Hydrology*, 424, 264-277.
- [11] Koutroulis, A.G., Tsanis, L.K., Daliakopoulos, L.N. and Jacob, D. (2013). Impact of climate change on water resources status: A case study for Crete Island, Greece, *Journal of Hydrology*, 479, 146–158.
- [12] Molina-Navarro, E., Trolle, D., Martínez-Pérez, S., Sastre-Merlín, A. and Jeppesen, E. (2014). Hydrological and water quality impact assessment of a Mediterranean limno-reservoir under climate change and land use management scenarios, *Journal of Hydrology*, 509, 354-366.
- [13] Pope, V.D., Gallani, M.L., Rowntree, P.R. and Stratton, R.A. (2000). The impact of new physical parameterizations in the Hadley Centre climate model -- HadAM3, *Climate Dynamics*, 16, 123-146.
- [14] Prudhomme, C. and Davies, H. (2009). Assessing uncertainties in climate change impact analyses on the river flow regimes in the UK. Part 2: future climate, *Climatic Change*, 93(1-2), 197-222.
- [15] Rajabi, A. (2010). Climate modeling Kermanshah Using Ryzmqyas–Nmayy LARS-WG, the second international conference on the use of Integrated Water Resources Management, 29-30 January, Kerman.
- [16] Rasco P., Szeidl L. Semenov, M.A. (1991): A serial approach to local stochastic models, *Journal Ecological Modeling*, 57, 27-41.
- [17] Rezai Zaman, M., Morid, S. and Delavar, M. (2013). Assess the impact of climate change on hydrometeorological variables Siminehrood basin, *Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology)*, 27(6), 1247-1259.
- [18] Semenov M.A. Barrow, E.M. (2002). LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies. User's manual, Version3.0.
- [19] Semenov, M. A. (2007). Simulation of extreme weather events by a stochastic weather generator, *Climate Research*, 35 (3), 203-210.
- [20] Semenov, M. A., Barrow, E. M. and Lars-WG, A. (2002). A stochastic weather generator for use in climate impact studies, User Manual, Hertfordshire, UK.

-
- [21] Semenov, M. A., Brooks, R. J., Barrow, E. M. and Richardson, C. W. (1998). Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates, *Climate research*, 10(2), 95-107.
- [22] Shahabfar, A., and Ghiami, A. (2001). Long-term forecasting of climatic variables by general circulation models and methods Digital Output scale conversion of models from global to regional scale, the first national conference examining ways of dealing with the water crisis.