

Investigating the Impact of Climate Change on Changes in The Cultivated Area of Selected Agricultural Products in Jiroft Plain

M. J. Mehdizadeh Rayen^{1*}, H. Mohammdi², S. Ziaee³, A. Azareh⁴

1. PhD Student, Department of Agriculture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Agriculture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agriculture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran.
4. Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, Jiroft University, Jiroft, Iran.

* Corresponding Author: Javadmehdizadeh55@uoz.ac.ir

Received date: 11/02/2024

Accepted date: 08/04/2024

 [10.22034/JDMAL.2024.2022733.1454](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2022733.1454)

Extended Abstract

Introduction

Many human civilizations have collapsed due to the climate. Historical and geographical evidence demonstrates that the majority of significant and stable civilizations were established in specific geographical-climatic areas with suitable biological conditions. Human civilizations have faced serious damages and collapses due to unfavorable climatic conditions. The existence of most human civilizations can be attributed to climatic conditions, with historical and geographic evidence, especially the special environmental condition of the world in the current situation. Countries that deal with biological, economic, social, and even political issues may not give special importance to this issue. The climate conditions around the world are constantly changing, and there will be severe problems in different dimensions in the not-too-distant future. Their existence could even be threatened by economic problems they will face. The world's population increase and energy demand in today's industrial world also result in damage to the planet's climate and atmosphere, as well as the effects of natural disasters. The human burden has not been spared and has been affected by many fundamental changes, of which the phenomenon of climate change is one of the clear examples. The most important indicators of climate change are temperature and precipitation. The change of each of these factors causes climate variability, which also has consequences on people's lives. The increase in greenhouse gases and suspended particles in the atmosphere, along with variations in the earth's surface, are among the most apparent consequences, and the damage caused by the world's industrial activities and human societies in the past two centuries. Different economic sectors, such as agriculture, industry, tourism, water, and health, are affected by this phenomenon. Based on what has been stated, it can be concluded that climate change will definitely occur in Iran. The agricultural sector will



face significant challenges due to the occurrence of such things, given the climatic situation, hydrological characteristics, and limitations of the country's agricultural sector. It has created a unique climatic situation in Iran due to its location. The high-pressure rule in the subtropical zone causes the total amount of precipitation in Iran to be low.

Material and Methods

The LARS-WG model is a model that is utilized for exponential micro-scale GCM models. This model is a great choice for generating random weather data, which can be used to generate rainfall, radiation, and maximum and minimum daily temperatures at a station for both current and future climate. In order to model meteorological variables, the LARS-WG model uses a complex statistical distribution. Modeling is based on the length of dry and wet periods, daily precipitation and radiation series, and semi-empirical distribution. Climatic parameters such as minimum temperature, maximum temperature, precipitation, and solar radiation are inputs for the LARS-WG model, which are all in the daily time frame. In this model, temperature is not taken into account when modeling radiation, and the sundial can be utilized instead. From the semi-empirical distribution of the rainfall for the month in question, and without taking into account the wet series or the amount of precipitation from the previous day, the amount of precipitation for one day is calculated. In this model, the temperature is estimated using Fourier series. The daily minimum and maximum temperatures are modeled as random processes using the average and standard deviation of the daily standards, which depend on whether the day is wet or dry. The mean and standard deviation of the seasonal temperature are simulated using the third-order Fourier series. Residue values are determined by subtracting the average values from the observed values, and the minimum and maximum data are utilized in time autocorrelation analysis. Minimum temperature, maximum temperature, precipitation, and radiation are the outputs of this model. LARS-WG model data generation involves three stages: calibrating, evaluating, and creating meteorological data. In the next step, using LARS-WG models under RCP 2.6, 4.5, and 8.5 scenarios and the micro-scale exponential LARS-WG generating model of Jiroft City climate changes during the planting period of each crop in the periods of 2011-2045, 2065-2046, 2066-2079 and 2080-2099. In the final stage, a positive mathematical programming model was utilized to investigate the impact of climate change scenarios on Jiroft City's planting patterns using predicted climate change results. The cultivation pattern of Jiroft city today and the predicted effects of climate change parameters during the periods 2011-2045, 2046-2065, 2066-2079, and 2080-2099 are examined in this section. The current cultivation pattern will be discussed in the previous step. A positive mathematical programming model and GAMS25 software have been employed in this regard. Separate information about the area under cultivation, production, and performance of selected agricultural products, as well as the consumption of inputs, for the agricultural year 2021-2022 is presented in the table.

Discussion and Conclusion

The results indicate that the performance of selected products is significantly affected by the climatic parameters of temperature and precipitation. Also, by applying the forecast of climate variability in the cultivation pattern model of all selected crops in the periods 2011-2045, 2046-2065, 2066-2079 and 2080-2099 based on the noses of the HadCM3 model are affected by different climate scenarios. The improvement of agricultural productivity and climate change are both negative effects of this phenomenon. The findings of this investigation can be advantageous for agricultural planning and economic development in Hamadan province.

Keywords: Mathematical programming; Temperature; Precipitation; Simulation; Crop cultivation



بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تغییرات سطح زیر کشت محصولات کشاورزی منتخب دشت جیرفت

محمدجواد مهدی‌زاده رایینی^{۱*}، حمید محمدی^۲، سامان ضیایی^۳، علی آذره^۴

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۴. دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

* نویسنده مسئول: Javadmehdizadeh55@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

doi [10.22034/JDMAL.2024.2022733.1454](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2024.2022733.1454)

چکیده

ارزش و ضرورت اقلیم به‌عنوان یکی از عامل‌های زیستی انسان هرگز به‌اندازه امروز در مسائل بزرگ و توسعه یافته اقتصادی و اجتماعی بیان نشده است و در حال حاضر همچنین تعداد زیادی از تصمیم‌گیران مسائل کلان اقتصادی و اجتماعی مخصوصاً در کشور ایران بسیار مؤثر هستند. در جهان کنونی تعداد زیادی از صاحب‌نظران مسائل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تغییر اقلیم را یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین معضلات در عرصه‌ها و مراحل مختلف زندگی انسان قلمداد می‌کنند و پیش‌بینی می‌کنند که این موضوع به‌صورت فزاینده‌ای مشکلات مختلفی را به همراه خواهد داشت. تغییرات آب و هوایی تأثیر قابل توجهی بر تولید جهانی محصولات کشاورزی داشته است. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تولید محصولات کشاورزی برای اتخاذ تصمیمات پیشگیرانه برای بهبود کشاورزی بسیار مهم است. هدف پژوهش حاضر شبیه‌سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی شهرستان جیرفت تحت تأثیر سناریوهای مختلف اقلیمی است. بدین منظور در آغاز با استفاده از روش‌های رگرسیونی تأثیر متغیرهای اقلیمی دما و بارندگی بر عملکرد محصولات منتخب در دوره ۱۹۹۱-۲۰۲۲ (۱۳۷۰-۱۴۰۱) بررسی شد. آنگاه با استفاده از مدل گردش عمومی HadCM3 تغییرپذیرهای اقلیم شهرستان جیرفت برای دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۴۵ (۱۳۸۹-۱۴۲۳)، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ (۱۴۲۴-۱۴۴۳)، ۲۰۶۶-۲۰۷۹ (۱۴۴۴-۱۴۵۷) و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ (۱۴۵۸-۱۴۷۷) پیش‌بینی شد. در پایان با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی و اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر الگوی کشت در دوره‌های یادشده بررسی شد. نتایج نشان داد متغیرهای اقلیمی دما و بارش تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب دارد. همچنین با اعمال پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم در مدل الگوی کشت همه محصولات منتخب در دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۴۵، ۲۰۴۶-۲۰۶۵، ۲۰۶۶-۲۰۷۹ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ بر اساس پیش‌بینی‌های مدل HadCM3 تحت تأثیر سناریوهای مختلف اقلیمی قرار می‌گیرند. با در نظر گرفتن تأثیرهای تغییر اقلیم و بهبود بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌توان از اثرگذاری‌های سوء این پدیده فروکاست. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در برنامه‌ریزی کشاورزی و توسعه اقتصادی شهرستان جیرفت به‌کار گرفته شود.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی ریاضی؛ دما؛ بارش؛ شبیه‌سازی؛ الگوی کشت

■ مقدمه

هیچ وقت ارزش اقلیم به عنوان یکی از عامل‌های مؤثر زیستی انسان‌ها را در بحث‌های گسترده اقتصادی-اجتماعی زیر تأثیر نداشتند است و لیکن در حال حاضر تعداد اندکی از صاحب نظران اقتصادی-اجتماعی، با ضرورت تأثیرگذار این مسئله آشنایی دارند. هم‌اکنون طبق اظهارات تعداد زیادی از کارشناسان مسائل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و محیطی که بیان می‌کنند یکی از مسائل ضروری و مؤثر در عرصه‌ها و مراحل مختلف زندگی جوامع بشری تغییر اقلیم است و پیش‌بینی می‌کنند این مسئله به‌طور افزایشی برای ملت‌های انسانی بر مبنای بافت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن‌ها مشکلات و عوارض گوناگونی را به همراه می‌آورد (۱۶).

همچنین، بر اساس شواهد تاریخی-جغرافیایی، نمی‌توان منکر نقش‌آفرینی مؤثر اقلیم در تاریخ بشریت شد. اقلیم در سقوط بیشتر تمدن‌های انسانی نقش مؤثری داشته و حتی شواهد تاریخی-جغرافیایی بیان می‌دارند بیشتر تمدن‌های بزرگ و باثبات در مناطق جغرافیایی-اقلیمی ویژه‌الی تشکیل شده‌اند که وضعیت زیستی مناسبی دارند و همچنین شرایط نامناسب اقلیمی بعضی مواقع باعث آسیب‌های جدی به تمدن‌های انسانی شده و آن‌ها را به‌سوی فروپاشی کشانده است (۱۲).

با رشد روزافزون جمعیت جهان و نیاز جوامع بشری به انرژی و به‌کارگیری سایر انواع سوخت‌ها در دنیای صنعتی امروزه، مانند دیگر قسمت‌های این کره خاکی وضعیت آب و هوایی و جو زمین نیز از صدمات، آسیب‌ها و اثرات فاجعه‌بار بشر در امان نمانده است و گرفتار تغییرات زیاد و اساسی قرار گرفته است که پدیده تغییرات اقلیم از نمونه‌های بارز این تغییرات به شمار می‌رود. مهم‌ترین شاخص‌های تغییر اقلیم دما و بارش است که تغییر هر یک از آن‌ها عوامل موجب تغییرپذیری‌های آب و هوایی می‌شود که پیامد آن زندگی انسان‌ها را نیز تغییر می‌دهد (۹).

کم‌شدن بهره‌وری تولیدات کشاورزی، کاهش درآمد کشاورزان و درنهایت کاهش بهره‌وری اقتصادی از آثار گرمای زمین، قحطی، جاری شدن آب و تغییرات زیاد در

اوضاع آب‌وهوا می‌باشد، بنابراین تغییر اقلیم می‌تواند کشاورزی را که یک فعالیت اقتصادی است و یکی از اهداف آن تولید محصولات کشاورزی و تأمین غذا برای جمعیت در حال رشد در جهان و در نتیجه امنیت غذایی حال و آینده می‌باشد، می‌تواند این امنیت را با مشکلات و مسائل جدی مواجه نماید. زیان‌های مالی برگرفته از قحطی، سیل، تندبادها و طوفان‌ها تریلیون دلار می‌شود. بر مبنای ارزیابی‌های متخصصین مجمع جهانی اقتصاد، جهانی ۱/۵٪ تولید ناخالص داخلی و یا ۱/۲ تریلیون دلار هر ساله به علت کاهش رشد مرتبط با تأثیرات تغییرات اقلیمی در سطح جهانی را از دست داده است. به اعتقاد بسیاری از کارشناسان تا سال ۲۰۳۰ این شاخص‌ها دو برابر رشد خواهند کرد. لازم به ذکر است به اعتقاد کارشناسان ضررهای اقتصادی ۱۱٪ از تولید ناخالص داخلی برای دولت‌های ضعیف جهان پیش‌بینی شده است (۷).

با توجه به این‌که تغییرات اقلیمی یک امر مهم برای اوضاع مالی جهان می‌باشد، با این وجود، سنجش تأثیرگذاری مالی از تحولات آب‌وهوا با مشکلات گوناگونی روبرو است؛ که از جمله این مشکلات، بررسی مجموعه سازوکارهای مثبت و منفی می‌باشد که تحولات جوی به‌وسیله آن بر یافته‌های مالی تأثیر می‌گذارد و همچنین اگر این سازوکارها هم قابل تشخیص باشند، با مشکل کیفیت همکاری سازوکارهای مختلف جهت وصل به نتایج بزرگ روبرو می‌شوند (۱۴).

زیادشدن متوسط درجه حرارت به‌عنوان یک مشکل واقعی برای منطقه‌های خشک و کم‌بارش از جمله کشور ایران و به‌ویژه شهرستان جیرفت می‌باشد. هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC)^۱ این موضوع را به‌عنوان یک مشکل محیط‌زیستی می‌داند و گمان می‌کند که تولید محصولات کشاورزی و به‌ویژه تولید محصول راهبردی غلات در کشور ایران تا ۹۰ سال آینده به مقدار قابل توجهی (۹۰٪) در مقایسه با سطح تولید کنونی کاهش خواهد یافت که از آن به‌عنوان یک نتیجه خطرناک یاد می‌شود (۸). کشور ایران در تقسیم‌بندی اقلیمی دنیا، جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. یافته‌های پژوهش‌های هیئت

^۱ Intergovernmental Panel on Climate Change

تداوم یا مدت، بزرگی و اوج خشک‌سالی در دوره تاریخی در بخش زیادی از کشور بدون روند معنی‌دار است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که بخش‌های جنوبی کشور به‌ویژه استان‌های هرمزگان، بخش‌های شمال شرق و غرب استان خراسان رضوی، سیستان و بلوچستان، گلستان و آذربایجان بیشترین آسیب‌پذیری را از تغییر اقلیم خواهند داشت (۱۰). نتایج بررسی تأثیر گرمایش جهانی و تحولات اقلیمی بر پیشرفت مالی پژوهش مقطعی: استان‌های کشور ایران در طول دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۰ نشان می‌دهد بخش‌های اقتصادی ایران متأثر از تغییرات اقلیمی هست و آن دسته از بخش‌هایی که رابطه زیاد و متقابلی با بخش کشاورزی دارد بیشتر تأثیر می‌پذیرند. همین‌طور یافته‌ها نشان می‌دهد که تحولات دما و بارش باران در کشور ایران طی سال‌های اخیر حاکی از روند نامناسب و نامطلوب این تغییرات است (۱۴). ارزیابی تأثیرهای اقتصادی دگرگونی‌های اقلیمی در زندگی ملل انسانی نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در زمینه‌های مختلفی مخصوصاً کشاورزی، گردشگری، انرژی، سلامتی انسان، بهره‌وری انسانی، اشتغال، رشد اقتصادی، زیاده‌شناسی، تنگدستی، زیاده‌شناسی مهاجرت و ... تأثیر مالی چشم‌گیری را بر ملل انسانی می‌گذارند. باین‌حال، تأثیر اوضاع مالی تحولات اقلیمی در سطح جهانی یکسان نخواهد بود. به عبارتی، از دید مالی، برای بعضی مناطق می‌توان تغییرات اقلیمی را مخصوصاً در محدوده اقتصاد جهانی و مناسبات اقتصادی، یک فرصت و مزیت اقتصادی محسوب شود و برعکس، تحولات اقلیمی برای بسیاری از مناطق و کشورهای پیشرفته در مناطق خشک و با گرمای زیاد، یک بحران و ورشکستگی جغرافیایی-اقتصادی به حساب می‌آید (۱۶). با توجه به آنچه بیان شد می‌توان به این نتیجه رسید که تغییر اقلیم به‌عنوان پدیده اجتناب‌ناپذیری در ایران خواهد بود و با توجه به اوضاع اقلیمی و کمبودهای قسمت کشاورزی کشور، برای بخش کشاورزی بسیار مبحث مهمی می‌باشد. چون به‌دلیل قراردادن کشور ایران در عرض میانه، اوضاع اقلیمی ویژه‌ای را، به وجود خواهد آورد. حدود ۳۵/۵٪ سرزمین‌های کشور ایران آب‌وهوای بسیار خشک دارد که ۲۹/۹٪ مناطق آب‌وهوای خشک دارد و ۲۰/۱٪ نیمه‌خشک است، ۵٪ آن مدیترانه‌ای است و ۱۰٪ آن

بین دول تغییر اقلیم (IPCC) در گزارش سال ۲۰۱۹ از این مسئله حکایت دارد که در کشور ایران سناریوهای تغییرات اقلیمی، با زیاد شدن متوسط دما تا 2°C در ۳۰ سال آینده همراه می‌باشد که در این صورت، بارش باران کاهش چشمگیر و محسوسی خواهد داشت. پیش‌بینی وضعیت اقلیمی ایران، بیانگر به وجود آمدن پدیده تغییر اقلیم در دهه‌های گذشته و ادامه این روند در آینده است (۱۲). بر اساس آمار و اطلاعات بانک مرکزی در سال ۱۳۹۷، سهم ۱۰٪ کشاورزی در ارزش افزوده کشور، حساسیت نسبت به تغییرپذیری در این بخش را دوچندان می‌کند. در شرایط کنونی بخش کشاورزی کشور با مشکلاتی مانند پایین بودن سطح بارندگی، بالا بودن میزان تبخیر و تعرق، کمبود آب در بخش کشاورزی و در نتیجه عدم تولید مناسب و بهینه محصولات کشاورزی روبه‌رو است، از این‌رو قرار گرفتن در وضعیتی که با زیاد شدن دما و کم شدن بارش باران همراه باشد، می‌تواند به میزان زیادی بخش کشاورزی کشور را با مشکل روبه‌رو سازد. می‌توان نتیجه گرفت که وقوع هرگونه تغییر احتمالی اقلیمی در آینده نه‌چندان دور، تولید محصولات در بخش کشاورزی را در سطوح متفاوت دچار تغییرات جدی نموده و موجب خواهد شد نظام‌هایی فعلی را که تحت شرایط اقلیمی کنونی و رایج تکامل یافته‌اند را به‌طور چشم‌گیری متحول سازد. آشکار است میزان این تأثیر از شدت تغییرات اقلیمی آینده متأثر خواهد بود. مقابله با این تغییرات و پیدا کردن راه‌حلی در راستای موافق بودن سیستم‌های کنونی تولید با این تغییرات، نیاز دارد شناخت همه‌جانبه و دقیق علل و عوامل به‌وجودآورنده این تغییرات و پیش‌بینی احتمال وقوع این تغییرات در آینده می‌باشد (۸). در پژوهشی، پژوهشگران مطالعه‌ای با عنوان تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش جغرافیایی گونه داروئی آویشن کوهی با نام علمی *Thymus kotschyanus* Boiss and Hohen با بهره‌گیری از مدل‌سازی ترکیبی انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد که تغییر اقلیم محدوده پراکنش گونه را تغییر داده و به سمت ارتفاعات بالاتر در آینده جابجا خواهد کرد (۱۱). در پژوهشی دیگر، پژوهشگران مطالعه‌ای با عنوان تغییرات زمانی و مکانی خصوصیات خشک‌سالی هواشناسی در ایران زیر تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد، روند مشخصه‌های شدت، زمان

کوهستانی می‌باشد. ارتفاع شهرستان جیرفت از سطح دریا ۶۸۰m می‌باشد. میانگین بارندگی این منطقه سالیانه حدود ۲۲۰mm و میانگین مقدار دمای سالیانه ۴۵°C ، بر مبنای سامانه (سیستم) اقلیمی دومارتن^۱ دارای اقلیمی گرم و خشک می‌باشد. بر اساس آمار و ارقام اداره جهاد کشاورزی جنوب کرمان، مناطق تحت کشت محصولات کشاورزی این قسمت در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در حدود ۱۵۴۵۸۱ha است. یکی از مدل‌هایی که برای ریزمقیاس نمایی مدل‌های GCM، مورد استفاده قرار می‌گیرد مدل LARS-WG است. این مدل یکی از بهترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای تولید مقادیر بارش باران، تابیدن نور خورشید، درجه حرارت‌های حداکثر و حداقل روزانه در یک ایستگاه برای اقلیم کنونی و آتی استفاده شده است. جهت مدل‌سازی متغیرهای هواشناسی توزیع‌های آماری پیچیده‌ای را مدل LARS-WG استفاده شد. مدت زمان دوره‌های خشک و تر، بارندگی هرروز و سری‌های تابش، توزیع نیمه‌تجربی اصل و که اساس این مدل برای مدل‌سازی است. پارامترهای اقلیمی کم‌ترین دما و بیشترین دما، بارندگی و تابش نور خورشید ورودی‌های مدل LARS-WG است که همه در قلمرو زمانی روزانه واقع است. در این نمونه تابش خورشید به‌طور جدا از درجه حرارت مدل شده است و به‌جای آن از ساعت آفتابی نیز می‌توان استفاده کرد. از توزیع نیمه تجربی بارش ماه مورد استفاده و جدای از سری‌های تر با اندازه بارندگی روز قبل، اندازه بارندگی یک روز تر اندازه‌گیری می‌شود. در این نمونه درجه حرارت را سری‌های فوریه اندازه‌گیری می‌کنند. به‌صورت جریان‌هایی تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که به وضعیت تر یا خشک بودن روز مورد نظر بستگی دارند، درجه حرارت‌های کمتر و بیشتر روزانه مدل‌سازی شده است. جهت شبیه‌سازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت فصلی سری فوریه مرتبه سوم استفاده شد. از تفریق مقادیر میانگین از مقدار مشاهده‌شده مقادیر مانده‌ها به دست آمدند، داده‌های کمتر و بیشتر در تحلیل خود همبستگی زمانی استفاده شد. کمترین دما، بیشترین دما، بارندگی و تابش خروجی‌های این مدل را شامل شد. کالیبره

مرطوب از نوع کوهستانی می‌باشد که این امر به علت توزیع نامتناسب بارندگی‌ها در ایران است. در نتیجه و با توجه به اینکه بالغ بر ۸۲٪ وسعت کشور در نواحی خشک و همچنین مناطق نیمه‌خشک قرار گرفته است، می‌توان گفت بخش کشاورزی همواره با کمبود بارندگی‌ها و خطرات وقوع خشک‌سالی روبه‌رو می‌باشد. برای تولید کشاورزی کشور این شرایط اقلیمی تنگناها و محدودیت‌های فراوانی را ایجاد کرده است که از بارزترین و مهم‌ترین این محدودیت‌ها فقدان منابع آبی روی زمینی و عمقی و زیاد شدن وقوع پدیده خشک‌سالی است، به‌طوری‌که می‌توان بیان نمود که خشک‌سالی پدیده‌ای است که در ایران به‌طور میانگین یک سال در میان با خسارت‌های فراوان اقتصادی و زیست‌محیطی روی می‌دهد (۱۶).

بنابراین پیش‌بینی تغییرات اقلیمی متناسب با مدل‌های روز دنیا و به‌کارگیری آن در شبیه‌سازی الگوهای کشت سازگار با وضعیت اقلیمی در دوره‌های آتی می‌تواند به‌عنوان یک قدم مهم و اساسی جهت برنامه‌ریزی در آینده در نظر گرفته شود؛ بنابراین وضعیت تغییر اقلیم در آینده تفاوت‌های محسوسی با وضعیت کنونی خواهد داشت و برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت به‌عنوان راهبردی برای مدیریت این شرایط ضروری به نظر می‌آید. به علت اینکه کشاورزی رکن پایه در امنیت غذایی می‌باشد، هدف پژوهش حاضر، پیش‌بینی تغییرات اقلیم با به‌کارگیری مدل ریزمقیاس‌سازی LARS-WG و نتایج خروجی‌های مدل HadCM3 با در نظر گرفتن سناریوهای گوناگون و در پایان به‌کارگیری آن در شبیه‌سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی شهرستان جیرفت است.

■ مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر مکانی که در مورد آن پژوهش انجام می‌شود، دشت جیرفت در طول جغرافیایی $۵۶^{\circ}۴۵'$ الی $۳۱^{\circ}۵۸'$ و عرض جغرافیایی $۲۸^{\circ}۱۰'$ الی $۲۹^{\circ}۲۰'$ قرار دارد و در فاصله ۲۲۵ km جنوب استان کرمان واقع شده است. این منطقه در ارتفاع ۷۲۰m از سطح دریا و در دره‌ای پهن گسترش یافته است و دارای موقعیتی دشتی و

¹ De Martonne

ایجاد داده‌های مصنوعی

پارامترهای هواشناسی بعد از کالیبره کردن و ارزیابی مدل، باید تولید شوند؛ بنابراین یک سناریوی تغییر اقلیم برای تولید داده‌های آب‌وهوای مصنوعی مورد نیاز است (۳). روشی که داده‌های اقلیمی را در ۳ دوره اول ۲۰۴۵-۲۰۱۱ (۱۳۸۹-۱۴۲۳)، دوره دوم سال‌های ۲۰۴۶-۲۰۲۴ (۱۴۲۴-۱۴۴۳) و دوره سوم ۲۰۸۰-۲۰۹۹ (۱۴۷۷-۱۴۵۸) میلادی ریزمقیاس و ایجاد می‌کند، آخرین نسخه مدل LARS-WG، یعنی مدل LARS-WG 5.5 است. در پژوهش حاضر دوره ۱۹۸۹-۲۰۱۰ (۱۳۶۷-۱۳۸۸) یک‌بار برای واسنجی مورد استفاده قرار گرفت و سپس کل این دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۰ (۱۳۶۷-۱۳۸۸) برای صحت‌سنجی مدل در نظر گرفته شد و نتایج به دست آمده از روش با تعداد قابل‌رؤیت مقایسه و مدل ارزیابی شد. پس از سنجش شیوه سری زمانی روزانه متغیرهای دما و بارندگی محله برای بازه زمانی آینده شبیه‌سازی شد. در پایان از معیارهای خطای NSE، RMSE و R^2 به منظور ارزیابی مدل و سناریو استفاده گردید.

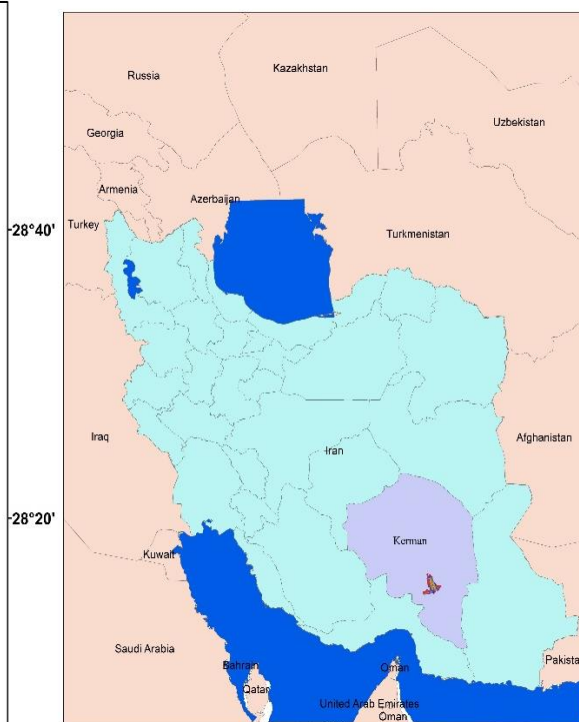
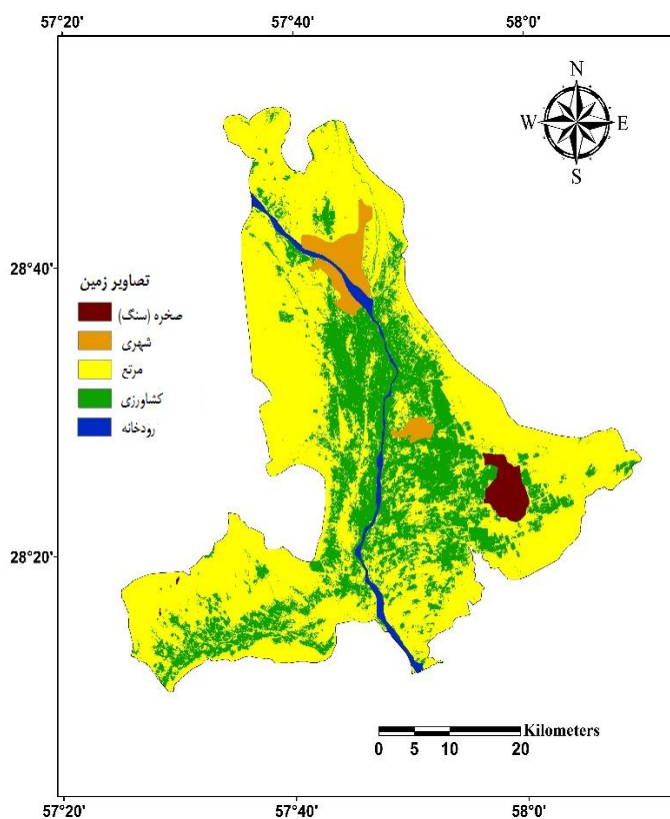
کردن، ارزیابی و به وجود آمدن داده‌های هواشناسی مراحل سه‌گانه تولید داده‌های مدل LARS-WG را به وجود آورده است (۱).

کالیبره کردن مدل

تمام پارامترهای لازم برای تولید داده‌های مصنوعی این مرحله را در بر می‌گیرد. LARS-WG میانگین بین داده‌های دیده‌بانی شده را برای مدل کردن بیشترین دما و کم‌ترین دما و تابیدن برای خودهمبستگی که عبارت است از فرایند تصادفی که وابستگی بین مقادیر فرایند در نقاط متفاوت زمانی را به‌عنوان تابع دو زمانه یا تفاضل زمانی تعریف می‌کند را استفاده می‌کند (۱۵).

ارزیابی مدل

تعیین اینکه مدل مورد نظر برای تولید داده‌های تصادفی در منطقه و مکان مورد مطالعه مناسب می‌باشد و یا نمی‌باشد، گام دوم در اجرای LARS-WG می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت دشت جیرفت در جنوب ایران

$$R_m = \max[Z_{t,m}] - \min[Z_{t,m}] \quad (4)$$

R دامنه تعدیل شده، Z سری زمانی جدید.
رابطه (۵) محاسبه انحراف معیار داده‌ها:

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{i,m} - E_M)^2} \quad (5)$$

S انحراف معیار داده‌ها، X سری زمانی، E میانگین زیرسری‌ها.

رابطه (۶) محاسبه دامنه تجدید مقیاس شده:

$$R_m^d = \sum_{m=1}^d \frac{R_m}{S_m} \quad (6)$$

R دامنه تعدیل شده، S انحراف معیار داده‌ها.
رابطه (۷) هرست رابطه زیر را تعریف کرد:

$$\frac{R_n}{S_n} = cn^H \quad (7)$$

cn^H شاخص هرست، R دامنه تعدیل شده، S انحراف معیار داده‌ها.

که در آن $\frac{R_n}{S_n}$ دامنه تجدید مقیاس شده، c عدد ثابت، n تعداد مشاهدات و H نمای هرست می‌باشد. لازم به ذکر است سری زمانی هر فرآیند، به الگوی زمانی مقادیر متغیر تصادفی اشاره دارد. پایداری یکی از ویژگی‌های سری زمانی است و اشاره به این دارد که وقایع آینده چگونه به رویدادهای گذشته وابسته است. نمای هرست، H معیاری از پایداری بلندمدت است.

در مرحله تحلیل رگرسیونی، با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی^۳ (OLS)، روند تغییر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای دما و بارندگی سالانه و تأثیرات آن‌ها بر میانگین عملکرد محصولات مورد مطالعه شهرستان جیرفت، با استفاده از بسته نرم‌افزاری Eviews10 بررسی شد. برای رفع مشکل خودهمبستگی رابطه ۱، از فرآیند خود رگرسیون مرتبه اول به کار گرفته شد. به این صورت که پیش‌بینی متغیر ملاک یا همان متغیر وابسته در زمان t یک نسبتی از

آزمون نمای هرست^۱

نمای هرست، با تعیین وابستگی دوربرد سری‌های زمانی، به بررسی تغییرات غیرخطی طولانی‌مدت در سری‌های زمانی می‌پردازد که می‌تواند به عنوان معیاری برای تمایز سری‌های تصادفی از آشوبناک استفاده شود. این آزمون توسط Harold Hurst (۱۹۵۱)، هیدرولوژیست بریتانیایی ارائه شد. وی نشان داد که اگر مقدار نمای هرست (H)، $0/5 < H < 0/1$ باشد، دلالت بر فرآیندی مستقل، کاملاً تصادفی، با حافظه بسیار طولانی و قابل پیش‌بینی دارد. اگر $0 < H < 0/5$ باشد، آن سری زمانی بی‌دوام و غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد. برای محاسبه نمای هرست، هرست از روش دامنه تجدید مقیاس شده^۲ استفاده کرده است. این روش به این صورت است که سری زمانی X به طول N را به d سری زمانی کوتاه‌تر با طول $n = N/2, N/4, \dots$ تبدیل می‌شود. به نحوی که $N = d \times n$ باشد. برای هر کدام از این سری‌های زمانی $m = 1, 2, \dots, d$ به ترتیب روابط زیر عمل می‌شود:

رابطه (۱) محاسبه میانگین زیرسری‌های m:

$$E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

E میانگین زیرسری‌ها، X سری زمانی، n طول سری زمانی کوتاه‌تر.

رابطه (۲) محاسبه مقدار نرمال شده داده‌ها:

$$Y_{t,m} = X_{t,m} - E_{t,m}, t = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Y مقدار نرمال شده داده‌ها، X سری زمانی، میانگین زیرسری‌ها.

رابطه (۳) محاسبه سری زمانی جدید:

Z سری زمانی جدید، Y مقدار نرمال شده داده‌ها

$$Z_{t,m} = \sum_{i=1}^t Y_{i,m}, t = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

رابطه (۴) محاسبه دامنه تعدیل شده:

³ Ordinary Least Squares

¹ Hurst Exponen
² Rescaled Range

وابسته به نحوه عکس‌العمل بهره‌برداران نسبت به سیاست اعمال شده می‌باشد. عکس‌العمل بهره‌برداران نیز وابسته به شرایط مزرعه، نگرش و ویژگی‌های فردی آن‌ها می‌باشد. امروزه این امر از طریق مدل PMP فراهم شده است (۲). به‌طور کلی روش PMP معرفی شده توسط هاویت از سه مرحله زیر پیروی می‌کند (۵):

(۱) صراحت روش برنامه‌ریزی خطی برای توجه کردن به کمبودهای کالیبراسیون؛

(۲) عملکرد مقادیرهای دوگان مرحله اول برای مشخص شدن پارامترهای تابع هدف غیرخطی؛

(۳) عملکرد پیرو هدف کالیبره شده در قالب یک روش برنامه‌ریزی غیرخطی جهت بررسی سیاست‌ها در مرحله اول، کمبودهای کالیبراسیون که سطح فعالیت‌ها را به سطوح رؤیت شده دوره پایه مقید می‌کند، به مجموعه کمبودهای منابع یک روش برنامه‌ریزی خطی اضافه می‌شوند.

در مجموع در طول سه مرحله صراحت روش برنامه‌ریزی خطی با مدنظر قرار دادن کمبودهای کالیبراسیون، عملکرد تعداد دوگان دوره نخست شناسایی پارامترهای تابع هدف غیرخطی دوره نخست، عملکرد تابع هدف کالیبره شده در چارچوب یک روش برنامه‌ریزی غیرخطی جهت بررسی سیاست‌ها از راه مدل PMP محاسبه می‌شود. برای تعیین الگوی بهینه کشت، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مورد استفاده در پژوهش حاضر دارای شکل استاندارد زیر در حالت بیشینه‌سازی بازده ناخالص است.

$$\text{Maximize } Z = Px - dx - \frac{1}{2}xQx \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n k_i x_i \leq T\text{Capital} \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq T\text{Land} \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i \leq T\text{Poison} \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n f_i x_i \leq T\text{Fertilizer} \quad (13)$$

آن مقدار در زمان $t-1$ است. جهت تعیین شکل نهایی، در آغاز شکل‌های مختلف لگاریتمی، نیمه لگاریتمی، خطی درجه یک، درجه دو و درجه دو با اثرات متقابل متغیرها، برآورد شد و بنا بر نتایج به دست آمده از معیارهای موجود در مدل مانند R^2 تعدیل شده به تعیین شکل نهایی از بین شکل‌های بالا پرداخته و از نتایج مدل نهایی برای تفسیر معادله‌ها و ارتباط بین متغیرها استفاده شد (۱۳).

به‌طور کلی ساختار یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی به‌صورت رابطه ۸ است:

$$\begin{aligned} \text{Maximize } Z &= \sum_{i=1}^n C_i X_i \\ \text{Subject to: } & \sum a_{ij} X_i \leq b_i \end{aligned} \quad (8)$$

که در آن Z تابع هدف، X_i متغیرهای تصمیم، C ضریب متغیر، a_{ij} ضریب فنی نهاده یک واحد سطح زیر کشت و b_i میزان نهاده آم در دسترس کشاورز است. امروزه مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، ابزاری مهم در اقتصاد کشاورزی است. برای تحلیل سیاست‌های کشاورزی طیفی گسترده‌ای از مدل‌های برنامه‌ریزی وجود دارد. این مدل‌ها به سه دسته کلی مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی دستوری^۱ (NMP) یا مدل‌های بهینه‌سازی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اقتصادسنجی^۲ (EMP) و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) تقسیم‌بندی می‌شوند؛ که در ادامه به معرفی مدل PMP پرداخته شد. هدف اصلی مدل‌های PMP ایجاد تصویری به نسبت حقیقی از شرایط موجود و در مرحله بعد شبیه‌سازی رفتار کشاورزان می‌باشد. این مدل در راستای رفع اشکالات موجود در الگوهای NMP توسعه یافت و اولین بار توسط هاویت ۱۹۹۵ معرفی شد. در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت فرض می‌شود که کشاورزان در شرایط موجود و با توجه به قیمت نهاده‌ها و محصول به‌طور بهینه عمل می‌کنند، زیرا محدودیت‌های بسیاری در شرایط واقعی تصمیم کشاورزان و تصمیم‌گیران را تحت تأثیر قرار می‌دهد که مدل‌ساز قادر به لحاظ تمام آن‌ها در مدل نیست ولی کشاورز و تصمیم‌گیران در زمان تصمیم‌گیری در شرایط واقعی آن‌ها را در نظر می‌گیرند (۶). نتیجه اعمال یک سیاست و اثرگذاری آن تا حد زیادی

² Econometrics Mathematical Programming

¹ Normative Mathematical Programming

را بیشینه می‌نماید. قیدهای مدل بیانگر این موضوع هستند که کل منابع اختصاص یافته بین فعالیت‌های تولیدی نمی‌تواند بیشتر از کل منابع موجود که شامل سرمایه، زمین، سم‌های شیمیایی، کودهای شیمیایی، نیروی کار، ماشین‌آلات و منابع آب موجود در منطقه مورد مطالعه باشد. قید مرتبط با سم‌ها و کودهای شیمیایی به ترتیب برای هر یک از سم‌ها علف‌کش، حشره‌کش، قارچ‌کش و کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس تکرار می‌شود. سطوح فعالیت‌های تولیدی که در واقع سطح زیر کشت محصولات مختلف برحسب هکتار است که نمی‌تواند مقادیر منفی به خود بگیرد (رابطه ۹). سطح زیر کشت محصولات در تناوب نمی‌تواند از سطح محصول اول کشت شده در همان زمین بیشتر باشد را نشان می‌دهد (رابطه ۱۸).

نتایج

در مرحله نخست برای اجرای مدل، داده‌های اقلیمی کمترین دما، بیشترین دما و اندازه بارش باران جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل‌های لازم صورت گرفته و نتایج ارائه شده است (جدول ۱). در دومین دوره از پیش‌بینی پارمترهای اقلیمی توسط مدل LARS-WG به وسیله آماره‌های ضریب تعیین، جذر میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق که به ترتیب نشان‌دهنده درجه ارتباط بین دو متغیر (مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده) مقدار متوسط خطا و تفاوت مقدار به دست آمده از آزمایش‌ها و مدل می‌باشند به ارزیابی مدل پرداخته شد (جدول ۲).

$$\sum_{i=1}^n l_i x_i \leq TLabor \quad (14)$$

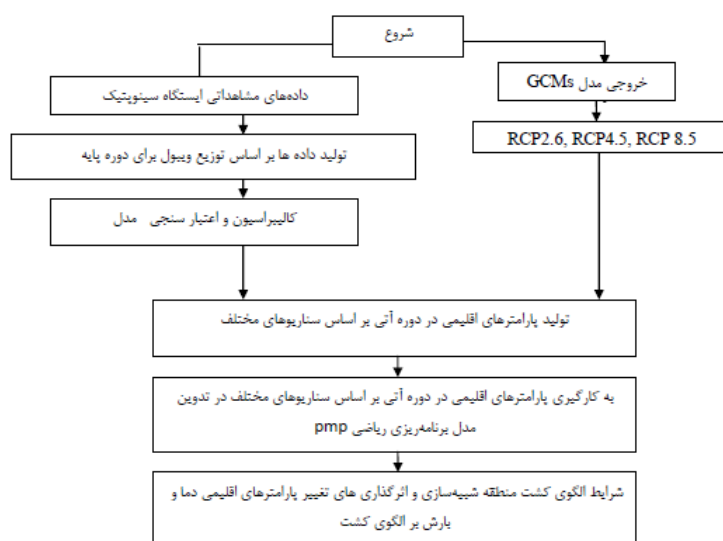
$$\sum_{i=1}^n m_i x_i \leq TMachinery \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i \leq TWater_m \quad (16)$$

$$x_i \geq 0 \quad (17)$$

$$x_{t1} - x_{t2} \leq 0 \quad (18)$$

در این رابطه Z ارزش پیرو هدف است؛ P بردار $n \times 1$ قیمت کالاها است؛ x بردار $n \times 1$ غیرمنفی از سطح فعالیت‌های تولیدی است؛ d پارامترهای واسنجی کالیبره شده جزء خطی و ماتریس Q درجه دو تابع هزینه می‌باشد و ضرایب w میزان استفاده از منابع سرمایه، m سموم شیمیایی، l کودهای شیمیایی، f نیروی کاری، p تجهیزات (ماشین‌آلات)، k آب برای ایجاد کالا i در یک هکتار زمین زراعتی در سطح منطقه مورد مطالعه می‌باشند. $TWater_m$ مقدار کل آب، $TMachinery$ مقدار کل تجهیزات، $TFertilizer$ مقدار کل کودهای شیمیایی، $TPoison$ (مقدار کل سموم شیمیایی)، $TLand$ (مقدار کل زمین، $TCapital$ مقدار کل سرمایه در دسترس در منطقه برای عملکردهای کشاورزی است. پیرو هدف (رابطه ۱) و قیدهای مطرح شده در روش (روابط ۱ تا ۹). پیرو هدف، سود ناخالص سالانه به دست آمده از کل فعالیت‌های کشاورزی شهرستان جیرفت



شکل ۲. نمودار جریان روش شناختی مطالعه

با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده؛ در مجموع کمترین دما در هر سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۱۱ روند رو به رشدی نسبت به مرحله پایه دارا می‌باشد. همین‌طور بیشترین دما نیز در سناریوهای یادشده و در طول دوره موردتحقیق روند رو به رشدی دارد. بارندگی همچنین در سناریوهای مورد پژوهش برای دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۱۱ کاهش می‌یابد (جدول ۳). دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ روند افزایشی نسبت به دوره پایه دارد. همچنین دمای بیشینه نیز در سناریوهای یادشده و در طول دوره مورد بررسی روند افزایشی دارد. بارش نیز در سناریوهای مورد بررسی برای دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۱۱ کاهش می‌یابد (جدول ۴).

با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده؛ در مجموع کمترین دما در هر سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۱۱ روند رو به رشدی نسبت به مرحله پایه دارا می‌باشد. همین‌طور بیشترین دما نیز در سناریوهای یادشده و در طول دوره موردتحقیق روند رو به رشدی دارد. بارندگی همچنین در سناریوهای مورد پژوهش برای دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۱۱ کاهش می‌یابد (جدول ۳). دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۴۵-۲۰۶۵ روند رو به رشدی نسبت به دوره پایه دارد. همین‌طور بیشترین دما نیز در سناریوهای یادشده و در طول دوره موردبررسی روند رو به رشدی دارا می‌باشد. بارندگی نیز در سناریوهای موردپژوهش برای دوره زمانی

جدول ۱. مقادیر میانگین متغیرهای اقلیمی شهرستان جیرفت طی دوره آماری سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۱۰

مقدار	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
کمترین دما	۶/۳	۶/۵	۹/۵	۱۵/۵	۱۹/۷	۲۲/۸	۲۵/۶	۲۶/۷	۲۳/۶	۱۸/۵	۱۴/۱	۱۰/۲
بیشترین دما	۱۶/۵	۱۷/۲	۲۳/۶	۲۹/۶	۳۶/۸	۴۲/۴	۴۳/۲	۴۳	۴۰/۳	۳۴/۱	۲۹/۷	۲۲/۴
بارندگی	۷۱/۵	۳۳/۹	۶	۶/۵	۰/۳	۰	۰	۰	۲/۵	۱۳/۵	۲۵/۵	۲۹/۸

جدول ۲. مقادیر آماره‌های ارزیابی مدل LARS-WG در دوره آماری سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۱۰

آماره	کمترین دما	بیشترین دما	بارندگی
ضریب تعیین (R ²)	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۰۰۰۱۵
میانگین خطای مطلق (MAE)	۳/۴۷	۳/۲۵	۰/۸۸
جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)	۴/۲۹	۴/۲۸	۴/۵۸
خطای میانگین مربعات (MSE)	۰/۷۵	۰/۹۲	۰/۹۴

جدول ۳. مقدار پیش‌بینی‌شده پارامترهای اقلیمی در دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۱

پارامتر	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دما	RCP2.6	۹/۰۲	۱۰/۹۹	۱۵/۲۱	۱۹/۳۸	۲۴/۲۶	۲۷/۵۵	۲۹/۴۷	۲۷/۷۷	۲۴/۰۸	۱۹/۰۲	۱۳/۶۹	۹/۷۲
	RCP4.5	۸/۸۳	۱۰/۷۳	۱۴/۸۷	۱۹/۱۵	۲۴/۱۶	۲۷/۴۳	۲۹/۳۰	۲۷/۶۰	۲۳/۸۷	۱۹/۱۰	۱۴/۰۹	۱۰/۱۱
	RCP8.5	۹/۲۳	۱۱/۱۸	۱۵/۲۸	۱۹/۴۲	۲۴/۱۷	۲۷/۳۱	۲۹/۲۹	۲۷/۸۴	۲۴/۳۱	۱۹/۳۸	۱۴/۱۸	۱۰/۲۹
بارندگی	RCP2.6	۲۰/۳۵	۲۳/۶۴	۲۳/۹۰	۳۴/۶۲	۴۰/۶۴	۴۴/۲۷	۴۴/۹۴	۴۳/۶۰	۴۰/۱۶	۳۴/۶۷	۲۸/۰۵	۲۲/۵۴
	RCP4.5	۱۹/۶۰	۲۲/۹۴	۲۸/۷۱	۳۴/۹۳	۴۱/۰۵	۴۴/۴۰	۴۴/۶۶	۴۳/۱۴	۴۰/۰۴	۳۴/۹۱	۲۸/۲۵	۲۲/۳۴
	RCP8.5	۲۰/۱۸	۲۳/۶۴	۲۹/۳۴	۳۵/۰۹	۴۰/۵۲	۴۳/۶۷	۴۴/۵۰	۴۳/۵۷	۴۰/۴۹	۳۵/۱۶	۲۸/۴۰	۲۲/۶۸
بارندگی	RCP2.6	۱/۱۶	۱/۴۱	۰/۹۴	۰/۴۷	۰/۲۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۳۳	۱/۲۰
	RCP4.5	۱/۵۹	۱/۲۰	۱/۰۲	۰/۴۶	۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۴۱	۱/۸۰
	RCP8.5	۱/۵۶	۱/۲۰	۱/۰۷	۰/۵۱	۰/۲۸	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۳۷	۱/۷۵

جدول ۴. مقدار پیش‌بینی شده متغیرهای اقلیمی در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵

پارامتر	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	RCP2.6	۹/۷۶	۱۱/۴۰	۱۵/۴۰	۱۹/۵۱	۲۴/۶۶	۲۷/۶۷	۲۹/۹۱	۲۸/۵۲	۲۵/۲۲	۲۰/۳۲	۱۵/۱۳	۱۰/۸۹
کمترین دما	RCP4.5	۱۰/۰۴	۱۱/۵۳	۱۵/۴۹	۲۰/۰۰	۲۵/۱۳	۲۸/۳۹	۳۰/۷۰	۲۹/۱۰	۲۵/۷۷	۲۰/۹۸	۱۶/۰۷	۱۱/۶۵
	RCP8.5	۱۱/۰۹	۱۲/۵۳	۱۶/۵۳	۲۰/۷۲	۲۵/۸۳	۲۸/۸۸	۳۱/۲۷	۲۹/۹۹	۲۶/۷۴	۲۱/۷۸	۱۶/۵۹	۱۲/۲۵
	RCP2.6	۲۰/۴۱	۲۳/۳۴	۲۸/۶۱	۳۴/۵۸	۴۱/۰۸	۴۴/۶۸	۴۵/۲۶	۴۴/۲۲	۴۱/۴۱	۳۶/۳۱	۲۹/۵۸	۲۳/۶۶
بیشترین دما	RCP4.5	۲۱/۳۳	۲۴/۰۵	۲۹/۳۸	۳۵/۵۵	۴۱/۸۷	۴۵/۲۸	۴۵/۸۳	۴۴/۷۲	۴۱/۸۰	۳۶/۵۷	۳۰/۲۶	۲۴/۵۶
	RCP8.5	۲۱/۲۲	۲۴/۳۹	۳۰/۱۱	۳۶/۲۱	۴۲/۲۶	۴۵/۶۱	۴۶/۲۸	۴۵/۲۴	۴۲/۴۴	۳۷/۴۲	۳۰/۶۳	۲۴/۵۲
	RCP2.6	۲/۱۱	۱/۶۴	۱/۵۸	۰/۷۵	۰/۳۲	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۰۴	۰/۲۷	۱/۵۵
مقدار بارش	RCP4.5	۱/۰۹	۱/۰۷	۱/۱۲	۰/۴۵	۰/۲۷	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۳۸	۱/۲۷
	RCP8.5	۲/۲۰	۱/۵۵	۱/۱۵	۰/۵۸	۰/۳۰	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۵۱	۱/۶۳

جدول ۵. مقدار پیش‌بینی شده متغیرهای اقلیمی در دوره ۲۰۶۶-۲۰۷۹

پارامتر	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	RCP2.6	۹/۳۲	۱۱/۱۴	۱۴/۸۸	۱۹/۲۹	۲۴/۲۵	۲۷/۷۰	۳۰/۰۸	۲۸/۵۶	۲۵/۳۰	۲۰/۴۲	۱۵/۱۲	۱۰/۳۶
کمترین دما	RCP4.5	۱۰/۵۱	۱۲/۰۲	۱۶/۰۲	۲۰/۲۰	۲۵/۴۴	۲۸/۵۱	۳۰/۸۷	۲۹/۶۷	۲۶/۲۷	۲۱/۲۰	۱۶/۰۲	۱۱/۵۲
	RCP8.5	۱۲/۸۱	۱۳/۸۰	۱۷/۵۱	۲۱/۶۰	۲۶/۸۰	۳۰/۱۲	۳۲/۶۵	۳۱/۵۱	۲۸/۳۸	۲۳/۵۸	۱۸/۵۱	۱۴/۰۷
	RCP2.6	۲۰/۴۲	۲۳/۳۸	۲۹/۰۱	۳۴/۸۲	۴۰/۸۹	۴۴/۵۸	۴۵/۴۳	۴۴/۴۰	۴۱/۴۷	۳۶/۲۷	۲۹/۴۸	۲۳/۲۹
بیشترین دما	RCP4.5	۲۱/۹۵	۲۴/۷۸	۳۰/۱۱	۳۵/۷۲	۴۱/۹۴	۴۵/۵۰	۴۶/۲۳	۴۵/۲۴	۴۲/۲۲	۳۷/۱۶	۳۰/۷۵	۲۵/۰۹
	RCP8.5	۲۲/۴۵	۲۴/۶۹	۳۰/۳۳	۳۶/۵۴	۴۲/۲۳	۴۶/۹۶	۴۷/۶۶	۴۶/۸۰	۴۴/۱۳	۳۹/۱۵	۳۲/۳۸	۲۶/۲۶
	RCP2.6	۱/۵۳	۱/۴۵	۱/۰۴	۰/۵۲	۰/۲۵	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۱۸	۱/۶۴
مقدار بارش	RCP4.5	۱/۱۲	۱/۰۶	۱/۰۶	۰/۸۰	۰/۳۲	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۰۴	۰/۱۵	۱/۰۰
	RCP8.5	۲/۶۰	۲/۱۸	۱/۵۱	۰/۸۸	۰/۳۲	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۰۳	۰/۲۳	۱/۷۷

جدول ۶. مقدار پیش‌بینی شده پارامترهای اقلیمی در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹

پارامتر	سناریو	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	RCP2.6	۹/۲۴	۱۰/۹۹	۱۵/۴۹	۱۹/۸۲	۲۴/۶۸	۲۷/۸۷	۳۰/۰۳	۲۸/۶۹	۲۵/۲۹	۲۰/۳۵	۱۵/۱۱	۱۰/۶۶
کمترین دما	RCP4.5	۱۰/۶۴	۱۲/۳۰	۱۶/۴۸	۲۰/۹۰	۲۵/۹۲	۲۹/۱۱	۳۱/۳۲	۳۰/۰۱	۲۶/۶۳	۲۱/۵۰	۱۶/۳۰	۱۲/۰۹
	RCP8.5	۱۴/۰۳	۱۵/۰۱	۱۸/۹۰	۲۳/۱۸	۲۸/۳۷	۳۲/۰۲	۳۴/۴۲	۳۳/۳۶	۳۰/۴۸	۲۵/۸۴	۲۰/۵۰	۱۵/۸۴
	RCP2.6	۲۰/۴۷	۲۳/۵۲	۲۹/۷۴	۳۵/۸۲	۴۱/۸۶	۴۴/۷۷	۴۵/۲۷	۴۴/۳۴	۴۱/۲۶	۳۵/۷۲	۲۹/۱۴	۲۳/۴۹
بیشترین دما	RCP4.5	۲۱/۹۳	۲۵/۰۳	۳۰/۶۵	۳۶/۵۱	۴۲/۸۹	۴۶/۲۵	۴۶/۷۷	۴۵/۷۳	۴۲/۷۴	۳۷/۲۱	۳۰/۴۹	۲۴/۷۳
	RCP8.5	۲۳/۸۵	۲۶/۰۲	۳۱/۴۷	۳۷/۶۹	۴۴/۵۱	۴۸/۲۴	۴۹/۰۶	۴۸/۳۱	۴۵/۷۶	۴۰/۵۵	۳۳/۵۲	۲۷/۳۵
	RCP2.6	۱/۱۸	۱/۴۳	۱/۰۹	۰/۵۱	۰/۲۰	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۳۱	۱/۳۹
مقدار بارش	RCP4.5	۱/۱۰	۱/۲۲	۱/۲۲	۰/۶۲	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۳۴	۱/۴۳
	RCP8.5	۲/۰۰	۲/۴۵	۱/۶۰	۰/۶۹	۰/۲۷	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۳۲	۰/۴۲	۲/۰۷

نتایج حاصل از آزمون نمای هرست

با استفاده از مقدار شاخص هرست (H)، پیش‌بینی پذیر بودن متغیرهای اقلیمی کمترین دما، بیشترین دما و مقدار بارندگی شهرستان جیرفت در طول دوره آماری ۱۹۸۶-۲۰۱۸

موردبررسی قرار گرفت و نتایج مربوط به

این آزمون گزارش شده است (جدول ۷). بر اساس این موضوع که مقدار محاسباتی شاخص هرست برای هر سه متغیر $0.5 < H < 1$ می‌توان نتیجه گرفت

سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات منتخب و مصرف نهاده‌ها به تفکیک در سال زراعی ۲۰۲۲-۲۰۲۳ (۱۴۰۰-۱۴۰۱) نشان داده شده است (جدول ۸).

که سری‌های زمانی موجود دوام‌دار، دارای حافظه طولانی و با احتمال تکرار در آینده می‌باشند. لذا پیش‌بینی می‌شود متغیرهای اقلیمی کمترین دما، بیشترین دما و مقدار بارندگی با همان روند قبلی ادامه یابند.

جدول ۷. مقدار نمای هرست برای پارامترهای اقلیمی

نام متغیر	مقدار نمای هرست
کمترین دما	۰/۸۴
بیشترین دما	۰/۶۷
میزان بارندگی	۰/۷۰

جدول ۸. سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات منتخب و مصرف نهاده‌ها به تفکیک در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱

کد	بادمجان	گوجه فرنگی	محصول نهاده
۵۶۰	۱۶۲۰	۹۵۳۵	سطح زیر کاشت (زمین-هکتار)
۲۸۰۰۰	۲۹۰۰۰	۳۶۱۰۰/۰۵	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
۱۵۶۸۰	۴۶۹۸۰	۳۴۴۲۱۴	تولید (تن)
۴۸۰	۴۸۰	۷۳۰	هزینه تولید در هکتار (میلیون ریال)- سرمایه
۲۶۸۸۰۰	۷۷۷۶۰۰	۶۹۶۰۵۵۰	جمع کل هزینه تولید (میلیون ریال)
۹۵۰۰۰	۹۵۰۰۰	۴۷۰۰۰	قیمت عمده فروشی هر کیلوگرم (ریال)
۱۴۸۹۶۰۰	۴۴۶۳۱۰۰	۱۶۱۷۸۰۵۸	درآمد ناخالص کل (میلیون ریال)
۱۲۲۰۸۰۰	۳۶۸۵۵۰۰	۹۲۱۷۵۰۸	سود خالص (میلیون ریال)
۳۷۷	۳۷۷	۱۳۲	نرخ بازدهی سرمایه %
۱۵۶۰	۲۶۰۰	۲۷۷۰	آب مورد نیاز در هکتار (مترمکعب)
۵۰۰	۶۵۰	۶۵۰	کود شیمیایی مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار)
۲	۱۴	۱۲	سم شیمیایی (لیتر در هکتار)
۴۲	۴۵	۹۶	نیروی کار (نفر-روز)
۱۴	۱۴	۱۸	ماشین‌آلات (ساعت در هکتار)

شبیه‌سازی شده است. این مزیت کمک می‌کند تا شبیه‌سازی رفتار بهره‌برداران واقع‌گرایانه و قابل‌انعطاف باشد و در این شرایط می‌توان با تغییر شرایط و تعریف سناریوهای مختلف به شبیه‌سازی و تحلیل سیاست‌های مختلف کشاورزان مشغول شد. در نهایت با توجه به مقایسه سطوح فعالیت‌ها و مقادیر تابع هدف در دو وضعیت مذکور، می‌توان عنوان نمود که روش به‌کاررفته توانایی بالایی در تولید وضعیت پایه دارد و در مجموع می‌توان گفت که نتایج حاصل از واسنجی مدل قابل قبول می‌باشد؛ بنابراین در ادامه می‌توان از مدل کالیبره شده برای شبیه‌سازی و تحلیل شرایط اقلیمی پیش‌بینی شده استفاده کرد. برای بررسی اثرات تغییر اقلیمی بر الگوی

نتایج پارامترهای تابع هدف به‌منظور کالیبراسیون مدل بر مبنای طریقه برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، از راه تبدیل تابع هدف برنامه‌ریزی خطی به برنامه‌ریزی غیرخطی مشخص کرد که تفاوت چشم‌گیری میان تعداد سطح زیر کشت قابل‌رؤیت در سال پایه و مقادیر حاصل از کالیبراسیون روش برنامه‌ریزی موجود وجود ندارد؛ بنابراین کالیبراسیون مدل با دقت زیادی انجام شده است. پارامترهای غیرخطی به نحوی برآورد شده‌اند که بازتولید صحیح وضعیت پایه را به همراه داشته‌اند که این امر حاکی از توانایی مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در تولید دوباره مقادیر سال پایه و افزایش اطمینان در اجتناب از تفاوت بین موقعیت پایه فعلی و موقعیت فعلی

تأثیر بارش‌های سال قبل بوده و این بارش‌ها بر تصمیم‌گیری زارعان تأثیر داشته است. متغیرهای بارش دوره قبل اثر مثبت و متوسط دمای سالانه نیز در منطقه جیرفت دارای اثر منفی بر عملکرد محصول بادمجان دارند. بر طبق نتایج، با افزایش یک واحد در بارش سال قبل، ۰/۰۰۵ واحد بر میزان عملکرد محصول بادمجان افزوده می‌شود. همچنین افزایش متوسط دما به میزان یک واحد حدوداً ۰/۳۸ واحد عملکرد محصول بادمجان را کاهش می‌دهد (جدول ۹). بر اساس نتایج نتایج می‌توان شرح‌دهندگی مدل برآورد شده برای محصول گوجه‌فرنگی برابر ۰/۴۴ است. به دیگر سخن، متغیرهای مقدار بارندگی سالانه و متوسط دمای سالانه قادر بوده است ۴۴٪ از تغییرات متغیر وابسته عملکرد محصول گوجه‌فرنگی را توضیح دهند. از طرفی آزمون دوربین واتسون برای سایر توابع نیز نشان‌دهنده وجود عدم خودهمبستگی می‌باشد. توان شرح‌دهندگی مدل برآورد شده برای محصول کدو برابر ۰/۵۲ است. متغیرهای مقدار بارندگی سالانه و متوسط دمای سالانه قادر بوده است ۷۱٪ از تحولات متغیر وابسته عملکرد محصول کدو را توضیح دهند. آزمون دوربین واتسون نیز برای سایر توابع نیز نشان‌دهنده وجود عدم خودهمبستگی است. توان شرح‌دهندگی مدل برآورد شده برای محصول بادمجان برابر ۰/۷۱ است. متغیرهای میزان بارندگی سالانه و متوسط دمای سالانه قادر بوده است ۷۱٪ از تحولات متغیر وابسته (عملکرد محصول بادمجان) را توضیح دهند. آزمون دوربین واتسون برای سایر توابع نیز نشان‌دهنده وجود عدم خودهمبستگی است (جدول ۱۰).

کشت بدین‌صورت عمل شد که از اطلاعات اقلیمی پیش‌بینی شده در بخش‌های قبل در قالب سناریوهای تغییر اقلیم در مرحله کاشت تا مرحله برداشت هر محصول جهت بررسی اثرات آن بر الگوی کشت فعلی موردبررسی قرار گرفته است. در این تحقیق، از روش حداقل مربعات معمولی جهت بررسی روند تغییر، معناداری و اثر هر یک از متغیرهای دما و بارش بر متوسط عملکرد محصول در منطقه مطالعاتی استفاده شد با استفاده از آماره ضریب تعیین تعدیل‌شده و دیگر معیارهای موجود در مدل به انتخاب نمونه با بهترین شکل تابعی برازش داده‌شده، برای مشخص کردن رابطه بین عملکرد و متغیرهای اقلیمی پرداخته شد. بر این مبنا محصولات مختلف یا دارای شکل تابعی خطی اند یا شکل تابعی درجه‌دو دارند. در ادامه رابطه متغیرهای اقلیمی دما و بارندگی و اثرپذیری‌های آن‌ها بر میانگین عملکرد محصولات شهرستان جیرفت، طی دوره ۳۰ ساله ۱۳۷۱ تا ۱۴۰۰ بررسی و نتایج گزارش شده است (جدول ۹). ستون AR فرآیند خودتوضیح سری زمانی واریانس همسان است. سری زمانی واریانس همسان، اگر مقادیر پیشین داده‌های یک متغیر (وقفه)، بتوانند تغییرات داده‌های زمان حال را توضیح دهند به سری زمانی، فرآیند خودتوضیح می‌گویند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده متغیرهای دما و بارندگی رابطه عکس با عملکرد کدو (*Cucurbita pepo L*) و ارتباط مستقیمی با عملکرد محصول گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) دارند. در محصول بادمجان (*Solanum melongena*) بارش سال قبل اثر مثبت بر عملکرد سال کنونی آن‌ها داشته است. بدین معنا که کشاورزان و زمین تحت نظارت آن‌ها تحت

جدول ۹. تأثیر متغیرهای اقلیمی دما و بارندگی بر عملکرد محصولات منتخب جیرفت

محصول	عرض از مبدأ	بارش	دما	توان دوم دما
گوجه‌فرنگی	-۶۱۳/۳۱	۰/۰۰۳	۱۶/۱	
بادمجان	-۶۶۰/۸۳	۰/۰۰۵	-۰/۳۸	
کدو	۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۱۰	-۳/۸۱

جدول ۱۰. آماره‌های مدل رگرسیونی

محصول	ضریب تعیین (R^2)	ضریب تعیین تعدیل‌شده (R^2)	احتمال	دوربین واتسون
گوجه‌فرنگی	۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۰۰۵۵	۱/۹۲
بادمجان	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۰۰۰۰	۱/۹۰
کدو	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۰۰۰۰	۱/۶۰

سناریوهای اول و دوم افزایش می‌یابد ولی در سناریوی سوم کاهش می‌یابد. سطح زیرکشت طی این دو سناریو نیز کاهش می‌یابد. این مسئله موجب شد تا در این دو سناریو سود از ۳۳٪ کاهش در سال پایه به حدود ۸۵٪ در سال پایه تحت سال‌های آخر برسد. در سناریوی آخر در دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۵ سطح زیرکشت بادمجان صفر می‌شود یعنی از الگوی کشت حذف می‌گردد ولی در دوره‌های بعد مجدداً تولید خواهد شد ولی با کاهش عملکرد، تولید و سود همراه خواهد بود (جدول ۱۲). با توجه به نتایج، برای محصول بادمجان عملکرد طی دو سناریوی اول کاهش یافته و این عامل موجب می‌شود تولید نیز کاهش یابد. محصول کدو نیز با تغییر اقلیم کاهش در عملکرد در سه سناریو دارد. ولی سطح زیر کشت در دو سناریوی اول و دوم افزایشی و در سناریوی سوم کاهش یافته است. (۱۳). با توجه به نتایج محصول کدو نیز با تغییر اقلیم کاهش در تولید در سه سناریو دارد. ولی سطح زیر کشت در دو سناریوی اول و دوم افزایشی و در سناریوی سوم کاهش یافته است (جدول ۱۴).

قبل از هر مسئله باید ابتدا خوبی مدل ایجاد شده نشان داده شود. پس از ورود داده‌های مورد مطالعه در نرم‌افزار، باید مدل طراحی شده کالیبره شود. نتایج نشان می‌دهد که آیا داده‌های سطح زیرکشت سال پایه با اطلاعات به دست آمده از مدل مطابقت دارند یا خیر (جدول ۱۱). مدل طراحی شده توسط محقق کالیبره بوده و به خوبی می‌تواند بیانگر داده‌های حقیقی باشد. لذا از این مدل برای بررسی و تحلیل سناریوهای مختلف استفاده نمود (جدول ۱۱). یافته‌های تحول در کارکرد، سطح زیر کشت و سود ناخالص کشاورزان به همراه عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، سطح زیرکشت پایه (هکتار) و سود ناخالص فعلی کشاورزان (میلیون ریال) ارائه شده است. در مرحله آخر با استفاده از نتایج عناصر اقلیمی پیش‌بینی شده و با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر عملکرد، تولید، هزینه، درآمد ناخالص، سود و الگوی کشت شهرستان جیرفت بررسی شد. با توجه به نتایج سطح زیرکشت می‌توان گفت، محصول گوجه‌فرنگی تحت سناریوهای اقلیمی با کاهش عملکرد و تولید مواجه است. این در حالی است که سطح زیرکشت در

جدول ۱۱. اعتبارسنجی مدل PMP شهرستان جیرفت

محصول	سطح زیر کاشت پایه (هکتار)	سطح زیر کشت محاسباتی (هکتار)
گوجه‌فرنگی	۹۵۳۵	۹۵۳۵/۰۰۱
بادمجان	۱۶۲۰	۱۶۲۰
کدو	۵۶۰	۵۶۰

جدول ۱۲. تحولات سطح زیر کشت محصولات انتخاب شده بر مبنای پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

محصول	سناریو	تغییرات سطح زیر کشت (%)			
		دوره			
		۲۰۴۵-۲۰۱۱	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۹۹-۲۰۸۰
گوجه‌فرنگی	RCP2.6	۸/۸۷	۱۱/۲۷	۱۷/۰۶	۲۲/۸۴
	RCP4.5	۸/۳۸	۱۲/۷۲	۱۷/۰۶	۲۱/۸۷
	RCP8.5	۲۸/۱۲	۱۰/۷۹	۱۳/۲۰	۱۷/۵۴
	RCP2.6	-۳۳/۱۷	-۴۲/۲۱	-۶۳/۹۲	-۸۵/۶۲
بادمجان	RCP4.5	-۳۱/۳۶	-۴۷/۶۴	-۶۳/۹۲	-۸۲/۰۱
	RCP8.5	-۱۰۰/۰۰	-۴۰/۴۱	-۴۹/۴۵	-۶۵/۷۳
	RCP2.6	۱۰/۶۳	۱۳/۵۰	۲۰/۴۰	۲۷/۳۰
	RCP4.5	۱۰/۰۶	۱۵/۲۳	۲۰/۴۰	۲۶/۱۵
کدو	RCP8.5	۳۲/۲۶	۱۲/۹۳	۱۵/۸۰	۲۰/۹۸

جدول ۱۳. تغییر عملکرد محصولات منتخب بر پایه پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

تغییرات عملکرد (%)				سناریو	محصول
دوره					
۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱		
۱/۰۱	۱/۱۳	۱/۲۰	۱/۳۱	RCP2.6	
۱/۰۱	۱/۱۳	۱/۲۲	۱/۳۵	RCP4.5	گوجه‌فرنگی
۱/۰۲	۱/۱۷	۱/۳۱	۱/۴۷	RCP8.5	
۱/۴۰	۱/۶۰	۱/۷۲	۱/۹۰	RCP2.6	
۱/۴۲	۱/۵۳	۱/۶۷	۱/۸۸	RCP4.5	بادمجان
۱/۴۲	۱/۵۷	۱/۷۳	۱/۹۱	RCP8.5	
۱/۰۹	۱/۱۴	۱/۳۵	۱/۵۷	RCP2.6	
۱/۰۵	۱/۲۴	۱/۴۱	۱/۵۷	RCP4.5	کدو
۱/۰۴	۱/۱۵	۱/۲۴	۱/۴۳	RCP8.5	

جدول ۱۴. تغییر مقدار تولید محصولات منتخب بر پایه پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

تغییرات تولید (%)				سناریو	محصول
دوره					
۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱		
۱۹/۱	۲۴/۵	۲۵/۲	۳۰/۰	RCP2.6	
۱۸/۷	۲۴/۳	۲۷/۶	۳۱/۸	RCP4.5	گوجه‌فرنگی
۱۶/۴	۲۴/۳	۳۱/۱	۴۶/۹	RCP8.5	
-۷۹/۸	-۴۲/۴	-۰/۸	۲۶/۹	RCP2.6	بادمجان
-۷۴/۴	-۴۲/۷	-۱۲/۵	۲۸/۹	RCP4.5	
-۵۱/۳	-۲۰/۷	۳/۲	-۱۰۰/۰	RCP8.5	
-۲۷/۰	-۳۷/۸	-۶۱/۳	-۳۲/۹	RCP2.6	کدو
-۲۸/۵	-۲۱/۶	-۲۹/۰	-۴۳/۲	RCP4.5	
-۷۹/۵	-۷۶/۸	-۵۷/۵	-۳۴/۳	RCP8.5	

جدول ۱۵. تغییر سطح درآمد ناخالص کل محصولات منتخب بر پایه پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

تغییرات سطح درآمد ناخالص (%)				سناریو	محصول
دوره					
۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱		
۱۹/۰۶	۲۴/۵۴	۲۵/۲۲	۳۰/۰۰	RCP2.6	
۱۸/۷۵	۲۴/۳۵	۲۷/۵۵	۳۱/۸۳	RCP4.5	گوجه‌فرنگی
۱۶/۴۲	۲۴/۲۷	۳۱/۰۶	۴۶/۹۰	RCP8.5	
-۷۹/۸۳	-۴۲/۴۲	-۰/۸۵	۲۶/۸۹	RCP2.6	
-۷۴/۴۱	-۴۴/۷۱	-۱۲/۴۷	۲۸/۸۸	RCP4.5	بادمجان
-۵۱/۲۶	-۲۰/۷۰	۳/۲۱	-۱۰۰/۰۰	RCP8.5	
-۲۷/۰۵	-۳۷/۷۵	-۶۱/۳۴	-۳۲/۸۸	RCP2.6	
-۲۸/۵۲	-۲۱/۶۴	-۲۹/۰۱	-۴۳/۲۲	RCP4.5	کدو
-۷۹/۴۷	-۷۶/۸۵	-۵۷/۵۵	-۳۴/۳۵	RCP8.5	

جدول ۱۶. تغییر کل هزینه تولید محصولات منتخب بر پایه پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

تغییرات کل هزینه تولید (%)				سناریو	محصول
دوره					
۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱		
۱۸/۵۹	۱۴/۵۷	۱۰/۱۳	۸/۱۴	RCP2.6	گوجه‌فرنگی
۱۷/۹۵	۱۴/۵۷	۱۱/۲۸	۷/۷۴	RCP4.5	
۱۴/۹۲	۱۱/۶۶	۹/۷۴	۲۱/۹۵	RCP8.5	
-۸۵/۶۲	-۶۳/۹۲	-۴۲/۲۱	-۳۳/۱۷	RCP2.6	بادمجان
-۸۲/۰۱	-۶۳/۹۲	-۴۷/۶۴	-۳۱/۳۶	RCP4.5	
-۶۵/۷۳	-۴۹/۴۵	-۴۰/۴۱	-۱۰۰/۰۰	RCP8.5	
۲۷/۳۰	۲۰/۴۰	۱۳/۵۰	۱۰/۶۳	RCP2.6	کدو
۲۶/۱۵	۲۰/۴۰	۱۵/۲۳	۱۰/۰۶	RCP4.5	
۲۰/۹۸	۱۵/۸۰	۱۲/۹۳	۳۲/۲۶	RCP8.5	

جدول ۱۷. تغییر سود خالص محصولات منتخب بر پایه پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

تغییرات سود خالص (%)				سناریو	محصول
دوره					
۲۰۹۹-۲۰۸۰	۲۰۷۹-۲۰۶۶	۲۰۶۵-۲۰۴۶	۲۰۴۵-۲۰۱۱		
۱۸/۵۹	۱۴/۵۷	۱۰/۱۳	۸/۱۴	RCP2.6	گوجه‌فرنگی
۱۷/۹۵	۱۴/۵۷	۱۱/۲۸	۷/۷۴	RCP4.5	
۱۴/۹۲	۱۱/۶۶	۹/۷۴	۲۱/۹۵	RCP8.5	
-۸۵/۶۲	-۶۳/۹۲	-۴۲/۲۱	-۳۳/۱۷	RCP2.6	بادمجان
-۸۲/۰۱	-۶۳/۹۲	-۴۷/۶۴	-۳۱/۳۶	RCP4.5	
-۶۵/۷۳	-۴۹/۴۵	-۴۰/۴۱	-۱۰۰/۰۰	RCP8.5	
۲۷/۳۰	۲۰/۴۰	۱۳/۵۰	۱۰/۶۳	RCP2.6	کدو
۲۶/۱۵	۲۰/۴۰	۱۵/۲۳	۱۰/۰۶	RCP4.5	
۲۰/۹۸	۱۵/۸۰	۱۲/۹۳	۳۲/۲۶	RCP8.5	

دوم افزایش می‌یابد ولی در سناریوی سوم کاهش می‌یابد. همین کاهش سطح زیرکشت منجر می‌شود در سناریوی سوم سود خالص گوجه‌فرنگی از حدود ۲۲٪ افزایش در سناریوی RCP8.5 طی سال اول به حدود ۱۵٪ افزایش نسبت به سال پایه برسند. برای محصول بادمجان عملکرد طی دو سناریوی اول کاهش یافته و این عامل منجر می‌شود تولید نیز کاهش یابد. سطح زیرکشت طی این دو سناریو نیز کاهش یافته است. این مسئله منجر شده تا در این دو سناریو سود از ۳۳٪ کاهش در سال پایه به حدود ۸۵٪ در سال پایه تحت سال‌های آخر برسد. در سناریوی آخر در دوره ۲۰۴۵-۲۰۱۱ سطح زیرکشت بادمجان صفر

در سناریوی سوم سود خالص گوجه‌فرنگی از حدود ۲۲٪ افزایش در سناریوی RCP8.5 طی سال اول به حدود ۱۵٪ افزایش نسبت به سال پایه برسند. سود خالص در سناریوهای RCP2.6 و RCP4.5 از حدود ۱۰٪ افزایش نسبت به سال پایه به حدود ۲۷٪ خواهد رسید. ولی در سناریوی RCP8.5 این سودها کاهش یافته و از ۳۲٪ کاهش در سال پایه به حدود ۲۱٪ خواهد رسید (جدول ۱۷). به‌طور کلی با توجه به نتایج، سطح زیرکشت، تولید و سود خالص می‌توان گفت، محصول گوجه‌فرنگی تحت سناریوهای اقلیمی با کاهش عملکرد و تولید مواجه است. این در حالی است که سطح زیرکشت در سناریوهای اول و

می‌شود یعنی از الگوی کشت حذف می‌گردد ولی در دوره‌های بعد مجدد تولید شده ولی با کاهش عملکرد، تولید و سود مواجه می‌باشد. در پایان محصول کدو نیز با تغییر اقلیم کاهش در عملکرد و تولید در سه سناریو دارد. ولی سطح زیر کشت در دو سناریوی اول و دوم افزایشی و در سناریوی سوم کاهش است. لذا در آخر سود خالص در سناریوهای RCP2.6 و RCP4.5 از حدود ۱۰٪ افزایش نسبت به سال پایه به حدود ۲۷٪ خواهد رسید. ولی در سناریوی PCR8.5 این سودها کاهش یافته و از ۳۲٪ کاهش در سال پایه به حدود ۲۱٪ خواهد رسید.

■ بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس گزارش مجمع بین‌المللی تحولات جوی که با عنوان گزارش‌های بررسی تحول اقلیم منتشر شده است، افزایش جهانی دما و رویداد تحول اقلیم با بهره‌برداری از داده‌های اندازه‌گیری شده دمای سطح خشکی‌ها و آب‌های جهان، مورد پذیرش قرار گرفته است. در حال حاضر نمونه‌های گردش عمومی جو، پر قدرت‌ترین وسیله برای ایجاد سناریوهای اقلیمی می‌باشند. برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌های اقلیمی نیز از میان روش‌های ریزمقیاس‌نمایی، بیشتر از روش‌های آماری بکار برده می‌شود. یکی از علت‌های استفاده از این روش‌ها، مثل روش به‌کاررفته در پژوهش حاضر، عملکرد سریع و قابل‌دسترس آن‌ها نسبت به بقیه روش‌ها می‌باشد. در این بررسی ابتدا به بررسی رابطه پارامترهای اقلیمی دما و میزان بارندگی و اثرگذاری‌های آنها بر میانگین عملکرد منتخب محصولات منتخب شهرستان جیرفت پرداخته شد، آنگاه تغییرپذیری‌های متغیرهای اقلیمی، با بهره‌گیری از داده‌های سناریوهای دوره RCPs پیش‌بینی شد. در مرحله بعد با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تأثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر الگوی کشت شهرستان بررسی شد. نتایج تحلیل رگرسیونی نشان می‌دهد که تغییر اقلیم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب منطقه موردبررسی دارد. در پایان سناریوهای تحول اقلیم در مرحله کاشت تا دوره برداشت هرکدام از محصولات در جهت بررسی تغییرپذیری‌های سطح‌های کشت تعریف شد که این سناریوها در مورد اغلب

محصولات همراه با افزایش دما و بارش بوده است. در ادامه تأثیرهای این سناریوها بر عملکرد و الگوی کشت کنونی با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت بررسی شد. نتایج نشان داد متغیرهای اقلیمی دما و میزان بارندگی اثر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب دارد. همچنین با اعمال پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم در مدل الگوی کشت همه محصولات منتخب در دوره‌های ۲۰۴۵-۲۰۱۱ (۱۳۸۹-۱۴۲۳)، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ (۱۴۲۴-۱۴۴۳)، ۲۰۷۹-۲۰۶۶ (۱۴۴۴-۱۴۵۷) و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ (۱۴۵۸-۱۴۷۷) بر اساس پیش‌بینی‌های مدل HadCM3 تحت تأثیر سناریوهای مختلف اقلیمی قرار می‌گیرند. این نتایج با نتایج مطالعه برخی محققان هم‌خوانی دارد آن‌ها در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که تغییر اقلیم محدوده پراکنش گونه‌ها را تغییر داده و به سمت ارتفاعات بالاتر در آینده جابجا خواهد کرد (۱۱). در پژوهشی دیگر، نتایج بیانگر آن بود که بخش‌های جنوبی کشور به‌ویژه استان‌های هرمزگان، بخش‌های شمال شرق و غرب استان خراسان رضوی، سیستان و بلوچستان، گلستان و آذربایجان بیشترین آسیب‌پذیری را از تغییر اقلیم خواهند داشت (۱۰). نتایج دیگر پژوهش‌ها نشان داد بخش‌های اقتصادی ایران متأثر از تغییر اقلیمی می‌باشد و آن دسته از بخش‌هایی که رابطه زیاد و متقابلی با بخش کشاورزی دارد بیشتر تأثیر می‌پذیرند. همین‌طور یافته‌ها حکایت از آن دارد که تغییر دما و بارش باران در کشور ایران طی سال‌های اخیر حاکی از روند نامناسب و نامطلوبی است (۱۴). نتایج بررسی دیگر نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در زمینه‌های مختلفی به‌ویژه کشاورزی، گردشگری، انرژی، سلامتی انسان، بهره‌وری انسانی، اشتغال، رشد اقتصادی، زیادشدن تنگدستی، زیادشدن مهاجرت و ... تأثیر مالی چشم‌گیری را بر ملل انسانی می‌گذارند. باین‌حال، تأثیر اوضاع مالی تحولات اقلیمی در سطح جهانی یکسان نخواهد بود. به عبارتی، از دید مالی، برای بعضی مناطق می‌توان تغییرات اقلیمی را مخصوصاً در محدوده اقتصاد جهانی و مناسبات اقتصادی، یک فرصت و مزیت اقتصادی محسوب شود و برعکس، تحولات اقلیمی برای بسیاری از مناطق و کشورهای پیشرفته در مناطق خشک و با گرمای زیاد، یک

موردبررسی اقلیمی در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های خود استفاده کنند.

■ سیاست‌گذاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه زابل و کلیه کسانی که ما را در انجام این پژوهش یاری کردند، اعلام کنند.

بحران و ورشکستگی جغرافیایی-اقتصادی به حساب می‌آید (۱۶). با توجه به نتایج به دست آمده در این بررسی و اثبات تأثیرگذاری شرایط اقلیمی بر عملکرد محصولات و همچنین پرهیز ناپذیر بودن رخداد تغییرپذیری‌های اقلیمی ضرورت دارد سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران بخش کشاورزی برای استفاده از اثرگذاری‌های مثبت و کاهش و رویارویی با اثرگذاری‌های منفی این پدیده از پیش‌بینی‌های دوره‌های

■ References

- Babaeian, E., Nagafineikm, Z., Zabolabasi, F., Habeibei, M., Adab, H. & Malbisei, S. (2010). Climate change assessment over iran during 2010-2039 by using statistical downscaling of echo- g model. *Journal of Geography and Development*, 7(16), 135-152. DOI: 10.22111/gdij.2009.1179 [In Persian]
- Bakhshi, A., Moghaddasi, R. & Daneshvar Kakhki, M. (2011). An application of positive mathematical programming model to analyze the effects of alternative policies to water pricing in mashhad plain. *Journal of Agricultural Economics and Development* 25(3), 284-294. DOI: 10.22034/iaes.2018.26446.1130 [In Persian]
- Beecham, S., M. Rashid. & Chowdhury, R.K. (2014). Statistical downscaling of multi-site daily rainfall in a south australian catchment using a generalized linear model. *International Journal of Climatology*, 34(14), 3654-3670. DOI: 10.1002/joc.3933
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020) <www.fao.org>.
- Howitt, R.E. (1995). Positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77, 329-342. DOI:10.2307/1243543
- Keramatzadeh, A., Chizari, A. & Sharzehi, G. (2011). The role of water market in determining the economic value of irrigation water through positive mathematical programming (PMP). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 42(1), 29-44. DOI: 20.1001.1.20084838.1390.42.1.3.4 [In Persian]
- Khaleghi, S., Bazazan, F. & Madani, SH. (2015). The effects of climate change on agricultural production and Iranian Economy. *Journal of Agricultural Economics Research*, 7(25), 113-135. DOI: 20.1001.1.20086407.1394.7.25.6.1 [In Persian]
- Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M. & Jafari, L. (2016). Evaluation of climate change effect on agricultural production of iran: predicting the future agroclimatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(4), 651-664. DOI:10.22067/gsc.v14i1.51157 [In Persian]
- Kwon, M. & Sung, J.H. (2019). Changes in future drought with hadgem2-ao projections. *Water*, 11(2), 312. DOI:10.3390/w11020312
- Mazaffari, E., Moradi, N. & Bazrafshan, O. (2021). Spatio-temporal variability of characteristics of meteorological drought in Iran under climate change scenarios. *Desert Management*, 8(16), 153-163. DOI: 10.22034/jdmal.2021.243146 [In Persian]
- Nazari, S., Jafarian, Z., Alavi, J. & Naghi poor, A. (2021). The impact of climate change on the geographic distribution of thymus kotschyanus (boiss and hohen) using ensemble modelling. *Desert Management and Control*, 9(3), 1-16. DOI: 10.22034/jdmal.2021.526831.1338 [In Persian]

12. Nguyen, N., Ozarska, B., Fergusson, M. & Vinden, P. (2018). Comparison of two dye uptake measurement methods for dyed wood veneer assessment. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76, 1757–1759. DOI: 10.1007/s00107-018-1344-6
13. Nofarsti, M. (2016). *The root of unit and collective in econometrics*. Rasa Publications.
14. Panahi, H. & Esmaeel Darjani, N. (2020). Effects of global warming and climate changes on economic growth (case study: Iran provinces during 2002-2012). *Journal of Environmental Science and Technology*, 2(1), 79-88. DOI: 10.30495/jest.2020.22073.3114 [In Persian]
15. Semenov, M.A. (2007). Developing of high-resolution UKCUP02-based climate change scenarios in the UK. *Agricultural and forest meteorology*, 144(1-2), 127-138. DOI:10.1016/j.agrformet.2007.02.003
16. Valigholizadeh, A. (2019). Explaining the economic impacts of climate change on the life of human societies. *Journal of Geographic Space*, 19(67), 161-198. [In Persian]