Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems

Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Forecasting the changes of some climatic variables of Jiroft Plain using LARS-WG micro-scale rotation and the output of HadCM3 model under different scenarios and simulating the cropping pattern

Mohammadjavad Mehdizadeh[1], Hamid Mohammadi[*2], Saman Ziaee[3], Ali Azareh[4]

1. Ph.D. Student, Department of Agricure Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: javadmehdizadeh55@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Agricure Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: Hamidmohammadi@uoz.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Agricure Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: samanziaee@gmail.com
4. Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, Jiroft University, Jiroft, Iran, aliazareh@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:

Research Paper

Article history

Received: 10 January 2024

Revised: 02 February 2024

Accepted: 09 February 2024

Published online: 3 September 2024

Keywords:

Climate changes, General circulation of the atmosphere, Simulation, Agriculture, Jiroft.

ABSTRACT

Climate change has had a significant impact on the global production of agricultural products. Studying the impact of climate change on the production of agricultural products is very important for making preventive decisions to improve agriculture. The aim of the current research is to simulate the cultivation pattern of Jiroft plain agricultural products under the influence of different climate scenarios. For this purpose, at the beginning, the effect of temperature and precipitation climatic variables on the yield of onion and potato crops in the period 1991-2022 was investigated using regression analysis. The reason for choosing these two crops is that they occupy a high area under cultivation and are cultivated in spring and autumn. Then, using HasGEM3 general circulation model, the climate variables of Jiroft plain under RCP 8/5, 4/5, 6/2 series scenarios available in the latest report of the International Panel on Climate Change (5th report) for the periods (2011-2045) , (2046-2065), (2066-2079) and (2080-2099) were predicted. In the end, by applying the positive mathematical programming approach, the cultivation pattern of the region was simulated and the effects of climate change on the cultivation pattern in the mentioned periods were investigated. The results showed that the climatic parameters of temperature and precipitation have a significant effect on the performance of selected products. 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 HasGEM3 model are affected by different climate scenarios. Considering the effects of climate change and improving the productivity of agricultural products, it is one of the bad effects of this phenomenon. The results of this research can be useful in agricultural planning and economic development of Jiroft city.

Citation: Mehdizadeh, M., Mohammadi, H., Ziaee, S., & Azareh, A. (2024). Forecasting the changes of some climatic variables of Jiroft Plain using LARS-WG micro-scale rotation and the output of HadCM3 model under different scenarios and simulating the cropping pattern. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 12(2), 19-38.

DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association

***Corresponding author:** Hamid Mohammadi

Address: Department of Agriculture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

Tel: +989173141455

Email: Hamidmohammadi@uoz.ac.ir

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Forecasting the changes of some climatic variables of Jiroft Plain using LARS-WG micro-scale rotation and the output of HadCM3 model under different scenarios and simulating the cropping pattern

Mohammadjavad Mehdizadeh[1], Hamid Mohammadi[*2], Saman Ziaee[3], Ali Azareh[4]

1. Ph.D. Student, Department of Agricuture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: javadmehdizadeh55@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Agricuture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: Hamidmohammadi@uoz.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Agricuture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, Email: samanziaee@gmail.com
4. Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, Jiroft University, Jiroft, Iran, aliazareh@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: The decrease in the productivity of agricultural production, the decrease in farmers' income, and finally the decrease in economic productivity are the results of global warming, drought, floods, and wide variability in the climate, so climate change can affect agriculture. This is an economic activity and one of its goals is to produce agricultural products and provide food for the growing population in the world, as a result, present and future food security, it can face this security with serious problems and issues. Concerning climate change and its effect on the economy, it can be said that as one of the essential factors in the changes in the climate in the world, the increase in the emission and concentration of greenhouse gases has been stated, and a slight change In the world's climate situation, in many cases, it causes great changes in the increase, intensity, and rate of occurrence of severe climate change events and damages and natural disasters, as well as economic damages and losses. According to many environmental experts, due to the emission of greenhouse gases in the world, the planet will face severe environmental and climate crises in the coming decades. Climate changes directly and indirectly affect the country's economy.

Methodology: The LARS-WG model uses complex statistical distributions to model meteorological variables. The length of dry and wet periods, daily precipitation and radiation series, and semi-empirical distribution are the basis of this model. Climatic variables of minimum temperature, maximum temperature, precipitation, and solar radiation are the inputs of the LARS-WG model, which are all in the daily time frame. The radiation is modeled independently of the temperature, and the sundial can be used instead. From the semi-empirical distribution of the rainfall of the month in question and independent of the wet series with the amount of precipitation in the previous day, the amount of precipitation of one day is calculated. In this model, the temperature is estimated by Fourier series. The daily minimum and maximum temperatures are modeled as random processes with the average and standard deviation of the daily standards, which depend on whether the day is wet or dry. To simulate the mean and standard deviation of the seasonal temperature, the third-order Fourier series is used. The residual values are calculated by subtracting the average values from the observed values, and the minimum and maximum data are used in time autocorrelation analysis. Minimum temperature, maximum temperature, precipitation, and radiation form the outputs of this model. Calibrating, evaluating, and creating meteorological data are three stages of LARS-WG model data generation. 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 Plain climate changes during the planting period of each crop in the periods of (2011-2045), (2046-2065), (2066-2079), and (2080-2099) are calculated. In the last stage, the effect of climate change scenarios on the planting pattern of Jiroft Plain was investigated by using the predicted climate change results and with the help of a positive mathematical programming model. In this section, the current cultivation pattern of Jiroft Plain and the effects of changes in climate parameters predicted under different climate scenarios and

***Corresponding author:** Hamid Mohammadi
Address: Department of Agricuture Economic, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran
Tel: +989173141455
Email: Hamidmohammadi@uoz.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

patterns in the periods (2011-2045), (2046-2065), (2066-2079), and (2080-2099). Finally, a positive mathematical programming model and GAMS25 software have been used.

Results and Discussion: The minimum temperature in all three scenarios RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5 in the period of 2046-2065 has an increasing trend compared to the base period. Besides, the maximum temperature increases in the mentioned scenarios and during the studied season. Rainfall also decreases in the examined scenarios for the period of 2011-2045. Accordingly, the minimum temperature in all three scenarios RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5 in the period 2066-2079 has an increasing trend compared to the base period. The maximum temperature increases in the mentioned scenarios and during the studied season. Rainfall also decreases in the examined scenarios for the period of 2011-2045. According to the obtained results; the minimum temperature in all three scenarios RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5 in the period of 2080-2099 has an increasing trend compared to the base period. Furthermore, the maximum temperature increases in the mentioned scenarios and during the studied season. Rainfall also decreases in the examined scenarios for the period of 2011-2045. The results showed that the climatic parameters of temperature and precipitation have a significant effect on the performance of selected products. In addition, 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 HasGEM3 model are affected by different climate scenarios.

Conclusion: An increase in temperature and radiation in the studied area can lead to an increase in evaporation and transpiration, a decrease in snowfall, and an increase in torrential rains and floods in the region, which together with a decrease in precipitation in the region. It can lead to a decrease in the storage and supply of water resources. An increase in the maximum temperature can also cause a reduction in the growth period of agricultural products and as a result, a decrease in crop yield. With an increase in the average minimum temperature, the yield of crops that require cold during the growth and yield period will decrease. One of the measures that can be considered to reduce the adverse effects of these climate changes is to strengthen the vegetation in the area to store and infiltrate rain into underground water journeys and to create solutions compatible with the new climate conditions by the officials and policymakers of this area.

Ethical Considerations

Data availability statement: The data and results used in this research will be available through correspondence with the corresponding author.

Funding: This research is taken from the doctoral thesis of Mohammad Javad Mehdizadeh, PhD student of Agricultural Economics, Department of Natural Resources and Environment, Zabul University.

Authors' contribution: Different parts of the article have been written by all authors.

Conflicts of interest: The authors of this article declare that they have no conflict of interest regarding the writing and publication of the contents and results of this research.

Acknowledgment: This article is a part of the doctoral thesis of Mohammad Javad Mehdizadeh, a Ph.D. Student in the Zabul University.

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۳۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

پیش‌بینی تغییرات برخی متغیرهای اقلیمی دشت جیرفت با استفاده از ریزمقیاس گردانی -LARS WG و خروجی مدل HadCM3 تحت سناریوهای مختلف و شبیه‌سازی الگوی کشت

محمد جواد مهدی‌زاده[۱]، حمید محمدی[۲*]، سامان ضیایی[۳]، علی آذره[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، javadmehdizadeh55@gmail.com

۲. استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، Hamidmohammadi@uoz.ac.ir

۳. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، samanziaee@gmail.com

۴. دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران، aliazareh@gmail.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۰ دی ۱۴۰۲
بازنگری: ۱۳ بهمن ۱۴۰۲
پذیرش: ۲۰ بهمن ۱۴۰۲
انتشار برخط: ۱۳ شهریور ۱۴۰۳

واژه‌های کلیدی:
تغییر اقلیم، مدل گردش عمومی، شبیه‌سازی، کشاورزی، جیرفت

چکیده

تغییرات آب و هوایی تأثیر قابل توجهی بر تولید جهانی محصولات کشاورزی داشته است. مطالعه تأثیر تغییرات اقلیمی بر تولید محصولات کشاورزی برای اتخاذ تصمیمات پیشگیرانه جهت بهبود کشاورزی بسیار مهم است. هدف پژوهش حاضر شبیه‌سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی دشت جیرفت تحت تاثیر سناریوهای مختلف اقلیمی است. بدین منظور در آغاز با استفاده از تحلیل‌های رگرسیونی اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات پیاز و سیب‌زمینی در دوره ۱۴۰۱-۱۳۷۰ بررسی شد. علت انتخاب این دو محصول آن است که سطح زیرکشت بالایی را به خود اختصاص می‌دهند و در دو کشت بهاره و پاییزه انجام می‌شود. آن‌گاه با استفاده از مدل گردش عمومی HasGEM3 تغییرپذیرهای اقلیم دشت جیرفت تحت سناریوهای سری ۸/۵، ۴/۵، ۲/۶ RCP موجود در جدیدترین گزارش هیئت بین‌دولی تغییر اقلیم (گزارش پنجم) برای دوره‌های (۲۰۴۵-۲۰۱۱)، (۲۰۶۵-۲۰۴۶)، (۲۰۷۹-۲۰۶۶) و (۲۰۹۹-۲۰۸۰) پیش‌بینی شد. در پایان با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی و اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر الگوی کشت در دوره‌های یاد شده بررسی شد. نتایج نشان داد پارامترهای اقلیمی دما و بارش تاثیر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب دارد. هم‌چنین با اعمال پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم در مدل الگوی کشت همه محصولات منتخب در دوره‌های (۲۰۴۵-۲۰۱۱)، (۲۰۶۵-۲۰۴۶)، (۲۰۷۹-۲۰۶۶) و (۲۰۹۹-۲۰۸۰) بر اساس پیش‌بینی‌های مدل HasGEM3 تحت تاثیر سناریوهای مختلف اقلیمی قرار می‌گیرند. با در نظر گرفتن اثرگذاری‌های تغییر اقلیم و بهبود بهره‌وری محصولات کشاورزی از اثرگذاری‌های سوء این پدیده کاست. نتایج این تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی کشاورزی و توسعه اقتصادی شهرستان جیرفت سودمند باشد.

استناد: مهدی‌زاده، محمد جواد، محمدی، حمید، ضیایی، سامان و آذره، علی. (۱۴۰۳). پیش‌بینی برخی متغیرهای اقلیمی دشت جیرفت با استفاده از ریزمقیاس گردانی LARS-WG و خروجی مدل HadCM3 تحت سناریوهای مختلف و شبیه‌سازی الگوی کشت. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲(۲)، ۱۹-۳۸.

DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

* **نویسنده مسئول:** حمید محمدی
نشانی: گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
تلفن: ۰۹۱۷۳۱۴۱۴۵۵
پست الکترونیکی: Hamidmohammadi@uoz.ac.ir

مقدمه

تغییر اقلیم به تغییرات برگشت‌ناپذیر شرایط متوسط آب و هوایی در یک منطقه گفته می‌شود. تغییر اقلیم به‌عنوان تغییر در الگوی آب و هوایی عمدتاً ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای از سیستم‌های طبیعی و فعالیت‌های انسانی است (Fawzy et al., 2020) که در چند دهه اخیر موجب افزایش دمای کلی کره زمین و به دنبال آن بروز پدیده تغییر اقلیم شده است. بر اساس آخرین گزارش هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، گرمای سطح کره زمین از سال ۱۹۷۰ با سرعت بیش‌تری نسبت به دیگر بازه‌های زمانی پنجاه ساله، حداقل در طی ۲۰۰۰ سال گذشته، رو به افزایش است (IPCC, 2022). اهمیت اقلیم به‌عنوان یکی از واقعیت‌های زیستی بشر هیچ‌وقت به اندازه امروز در مباحث کلان اقتصادی- اجتماعی مطرح نبوده و حتی اکنون نیز بسیاری از تصمیم‌گیران مسائل کلان اقتصادی-اجتماعی، به‌ویژه در ایران زیاد با اهمیت تأثیرگذار این موضوع آشنا نیستند. در حال حاضر بسیاری از کارشناسان مسائل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و محیطی بیان می‌کنند که یکی از مشکلات مهم و اثرگذار در عرصه‌ها و مراحل مختلف زندگی جوامع بشری تغییر اقلیم است و پیش‌بینی می‌کنند این موضوع به‌طور روزافزون برای جوامع انسانی بر حسب بافت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن‌ها مشکلات و پیامدهای مختلفی را به همراه خواهد آورد. اقلیم را به‌راحتی می‌توان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در زندگی انسان و حیات جوامع انسانی قلمداد نمود. زیرا از یک طرف، محیط زیست کره زمین به‌عنوان گهواره زیست بشر و عامل اصلی جهت‌دهی به زیست انسان معلول اقلیم کره زمین محسوب می‌شود و از طرف دیگر همین محیط زیست عامل اصلی جهت‌دهی به فعالیت‌های گروه‌های انسانی به‌ویژه در بخش اقتصادی است و حتی الگوهای سکونت انسانی و پراکندگی جمعیت، فرهنگ و رفتارهای اجتماعی انسان بیش‌تر از الگوهای اقلیمی تبعیت می‌کنند (ولیقلی‌زاده، ۱۳۹۸).

طبق شواهد تاریخی– جغرافیایی، نقش‌آفرینی تأثیرگذار اقلیم در تاریخ بشریت نیز قابل انکار نیست. اقلیم در فروپاشی بیش‌تر تمدن‌های انسانی نقش‌آفرین بوده و حتی شواهد تاریخی-جغرافیایی نشان می‌دهند اکثر تمدن‌های بزرگ و با ثبات در نواحی جغرافیایی-اقلیمی خاصی شکل گرفته‌اند که از وضعیت زیستی مناسبی برخوردار بوده‌اند و حتی شرایط نامناسب اقلیمی گاهی تمدن‌های انسانی را با آسیب‌های جدی روبه‌رو ساخته و آن‌ها را به‌سوی فروپاشی سوق داده است. به‌عبارتی، می‌توان موجودیت اکثر تمدن‌های انسانی را مدیون وضعیت اقلیمی دانست و حتی می‌توان با استناد به شواهد تاریخی– جغرافیایی به‌ویژه وضعیت خاص زیست محیطی جهان در شرایط کنونی ادعا کرد احتمالاً کشورهایی که در ارتباط با مسائل زیستی، اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی نسبت به این موضوع اهمیت خاصی قائل نیستند، به‌ویژه در وضعیتی که شرایط اقلیمی جهان روزبه‌روز با تغییرات وسیعی همراه می‌شود، در آینده‌ای نه چندان دور با مشکلات شدیدی در ابعاد مختلف به‌ویژه اقتصاد روبه‌رو خواهند بود که این موضوع حتی می‌تواند موجودیت آن‌ها را تهدید نماید (Nguyen et al., 2018). با رشد فزاینده جمعیت جهان و نیاز جوامع بشری به انرژی و به‌کارگیری سایر انوع 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 به‌شمار می‌رود. مهم‌ترین شاخص‌های تغییر اقلیم دما و بارش است که تغییر هر یک از آن ها عوامل موجب تغییرپذیری‌های آب و هوایی می‌شود که پیامد آن زندگی انسان‌ها را نیز تغییر می‌دهد. افزایش گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق موجود در جو و هم‌چنین تغییرپذیری‌های سطح زمین از بارزترین پیامدها و خسارات فعالیت‌های صنعتی جهان و جوامع بشری در دو قرن گذشته، است. این پدیده اثرهای مختلفی بر بخش‌های مختلف اقتصادی مانند کشاورزی، صنعت، گردشگری، آب و بهداشت می‌گذارد (Kwon & Hyun Sung, 2019).

کم شدن بهره‌وری تولیدات کشاورزی، کاهش درآمد کشاورزان و در نهایت کاهش بهره‌وری اقتصادی از نتایج گرم شدن زمین، خشکسالی، سیل و تغییرپذیری‌های گسترده در وضعیت آب و هوا است، 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 است، می‌تواند این امنیت را با مشکلات و مسائل جدی مواجه نماید (FAO[1], 2020). با توجه به این‌که تغییرات اقلیمی یک مسأله جدی برای اقتصاد جهانی محسوب می‌شود، با این حال، ارزیابی اثرپذیری اقتصادی از تغییرات آب و هوا با چالش‌های پیچیده‌ای مواجه است. که یکی از این چالش‌ها، شناسایی مجموعه مکانیسم‌های مثبت و منفی است که تغییرات آب و هوایی از طریق آن نتایج اقتصادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و حتی اگر این مکانیسم‌ها هم قابل شناسایی باشند، با چالش چگونگی تعامل مکانیسم‌های مختلف برای رسید به نتایج کلان مواجه می‌شوند (پناهی و اسمعیل دریجانی، ۱۳۹۹).

[1] Food and Agriculture Organization

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

از جمله آسیب‌هایی که تغییرات آب و هوایی به اقتصاد وارد می‌کند عبارتند از: جمله کاهش تولید، سرمایه گذاری، مصرف، رفاه و سرمایه (فرجزاده و همکاران). (Farajzadeh et al., 2022). تغییرات آب و هوایی (بارندگی، دما، جریان رودخانه و دی اکسید کربن) تولید جهانی مواد غذایی را در دهه‌های آینده کاهش می‌دهد و باعث افزایش قیمت مواد غذایی برای کلیه محصولات زراعی، به‌ویژه غلات، نیشکر/چغندر و گندم می‌شود. علاوه‌بر این، افزایش درجه حرارت در کشورهای توسعه یافته باعث خسارات قابل توجهی در ارزش ناخالص کشاورزی می‌شود (Dwi Nugroho et al., 2023).

بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که تغییر اقلیم به‌عنوان یک پدیده در ایران به‌طور اجتناب‌ناپذیری روی خواهد داد. به وقوع پیوستن چنین امری برای بخش کشاورزی با توجه به وضعیت اقلیمی، ویژگی‌های هیدرولوژیکی و محدودیت‌های بخش کشاورزی کشور، مسأله‌ای اساسی خواهد بود. وضعیت اقلیمی خاصی را برای کشور ایران با توجه به قرار گرفتن ایران در عرض میانه، ایجاد نموده است. اولا به‌دلیل حاکمیت پرفشار جنب حاره، مجموع میزان بارش در کشور ایران کم است. دوما آن‌که اقلیم به نسبت گرمی به‌علت گسترش ایران بین مدار ۲۵ تا ۱۰ درجه شمالی، بر کشور مسلط شده است. کم‌تر از یک‌سوم میانگین بارندگی در سطح جهان (۸۶۰ میلی‌متر) متوسط بارندگی در ایران است که حدودا ۲۵۰ میلی‌متر است. از این گذشته، و در بسیاری از مناطق کشور مقدار تبخیر و تعرق بیش از مقدار بارش سالانه است که دلیل این امر توزیع نامتناسب بارندگی‌ها در ایران است. حدود ۳۵/۵ درصد سرزمین‌های کشور ایران دارای آب و هوای بسیار خشک، ۲۹/۹ درصد خشک، ۲۰/۰۱ درصد نیمه خشک، ۵ درصد مدیترانه‌ای و ۱۰ درصد مرطوب (از نوع کوهستانی) است که این امر به‌علت توزیع نامتناسب بارندگی‌ها در ایران است. در نتیجه و با توجه به این‌که بالغ بر ۸۲ درصد وسعت کشور در مناطق خشک و نیمه خشک قرار گرفته است، می‌توان گفت بخش کشاورزی همواره با کمبود بارنگی‌ها و خطرات وقوع خشکسالی روبه‌رو است. برای تولیدات کشاورزی (زراعی و باغی) کشور این شرایط اقلیمی تنگناها و محدودیت‌های فراوانی را ایجاد کرده است که از بارزترین و مهم‌ترین این محدودیت‌ها کمبود منابع آبی (سطحی و زیرزمینی) و افزایش وقوع پدیده خشکسالی است، به‌طوری که که می‌توان بیان نمود که خشکسالی پدیده‌ای است که در ایران به‌طور میانگین یک سال در میان با خسارت‌های فراوان اقتصادی و زیست محیطی روی می‌دهد (پناهی و اسمعیل دریجانی، ۱۳۹۹).

Dwi Nugroho و همکاران (۲۰۲۳) مطالعه‌ای با عنوان مقایسه تأثیر تغییر اقلیم بر رقابت‌پذیری کشاورزی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته انجام دادند. نتایج نشان داد که رقابت کشاورزی باعث افزایش دما در کشورهای در حال توسعه و کاهش دما در کشورهای توسعه یافته می‌شود. تغییر دما در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته نیز همین تأثیر را دارد، یعنی کاهش رقابت‌پذیری کشاورزی. با این حال، رقابت کشاورزی در کشورهای توسعه یافته نسبت به تغییرات دما حساس‌تر است. سایر متغیرهای توضیحی اثرات متفاوتی بر دما و رقابت کشاورزی دارند. Bibi and Rahman (۲۰۲۳) مطالعه‌ای با عنوان مروری بر تأثیرات تغییرات آب و هوا بر کشاورزی و استراتژی‌های کاهش آن‌ها انجام دادند. نتایج نشان داد که تأثیر منفی تغییرات آب و هوا بر خواص خاک در بخش کشاورزی به یک واقعیت وحشتناک در سراسر جهان تبدیل شده است. فشارهای غیر زنده ناشی از تغییرات آب و هوایی مانند شوری، خشکسالی و نوسانات دما، پاسخ های فیزیولوژیکی، بهره‌وری و عملکرد کلی ویران‌کننده است که در نهایت تهدیدی جدی برای امنیت غذایی جهانی و سیستم‌های زراعی است. کاربردهای کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات به وخامت بیشتر و تغییرات سریع در آب و هوا کمک می‌کند. بنابراین، استراتژی‌های دقیق‌تر، سازگار با محیط زیست و پایدار برای کاهش تأثیر خسارت ناشی از آب و هوا در بخش کشاورزی مورد نیاز است. زهره‌وندی و همکاران (۱۳۹۹) مطالعه‌ای با عنوان پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در غرب ایران با استفاده از ریزمقیاس گردانی خروجی مدل HadCM3 تحت سناریوهای مختلف انجام دادند. نتایج کلی حاصل از بررسی برای دوره‌های آینده حاکی از کاهش ۷/۷ درصدی بارش، افزایش ۳/۴ درجه سلسیوس دمای حداقل و ۳/۳ درجه سلسیوس دمای حداکثر به‌طور متوسط بلندمدت در سطح منطقه مطالعاتی نسبت به دوره پایه است. هم‌چنین بر اساس نتایج حاصل میزان تابش نیز افزایش خواهد یافت که این افزایش به‌طور متوسط بلندمدت در سطح منطقه برابر میلی ژول بر مترمربع در روز است.

ولیقلی‌زاده (۱۳۹۸) مطالعه‌ای با عنوان تبیین اثرات اقتصادی تغییرات اقلیمی در حیات جوامع انسانی انجام دادند. نتایج نشان داد که تغییرات اقلیمی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم در زمینه‌های مختلفی به‌ویژه کشاورزی، گردشگری، انرژی، سلامتی انسان، بهره‌وری نیروی کار، اشتغال، رشد اقتصادی، افزایش فقر، افزایش مهاجرت و ... اثرگذاری اقتصادی قابل توجهی را بر جوامع انسانی تحمیل نمایند. با این وجود، اثرگذاری اقتصادی تغییرات اقلیمی در سطح جهانی یکنواخت نخواهد بود. به‌عبارتی، از لحاظ اقتصادی، برای برخی نواحی می‌توان تغییرات اقلیمی را به‌ویژه در عرصه اقتصاد جهانی و مناسبات اقتصادی، یک فرصت و مزیت اقتصادی قلمداد نمود و برعکس، تغییرات

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

اقلیمی برای بسیاری از نواحی و کشورهای درحال توسعه در نواحی خشک و با گرمای زیاد، یک بحران و ورشکستگی جغرافیایی- اقتصادی محسوب می‌شود. Kwon (2019) مطالعه‌ای با عنوان پیش‌بینی تغییرات خشکسالی در آینده با استفاده از مدل HadCM2 انجام دادند. نتایج نشان داد که میزان بارش در شرایط آب و هوایی آینده بیش از میزان بارش در شرایط آب و هوایی کنونی است. وقتی میزان بارش در آینده در شرایط کنونی تنظیم شد، نتایج نشان داد که شدت خشکسالی کاهش می‌یابد زیرا احتمال عدم عبور بیش از حد برای همان بارش در آب و هوای کنونی بیش‌تر از آب و هوای آینده است. با این حال، با توجه به افزایش تغییرات بارندگی منطقه‌ای در طول زمان، برخی از مناطق با روند مخالف نیز مشخص شدند. بنابراین، برای طراحی بهتر استراتژی‌ها و سازوکارهای تاب‌آوری که می‌توانند به مقابله با خشکسالی در آینده کمک کنند، پیش‌بینی شرایط آب و هوایی کنونی و آینده در یک منطقه ضروری است. جهانگیر و روزبهانی (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای به تخمین بلندمدت تغییرات عوامل اقلیمی ایستگاهی تحت مدل CanESM2 در ایستگاه سینوپتیک بروجرد پرداختند. نتایج نشان داد که تمامی سناریوها و دوره‌های مورد بررسی، بارش دارای روند کاهشی است. بیش‌ترین درصد کاهش بارندگی، مربوط به ماه ژانویه در دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۴۰ و سناریوی RCP8.5 به میزان ۶۹/۲۲ درصد است. پارامتر دما در تمامی سناریوها و دوره‌های مورد مطالعه در این پژوهش نسبت به دوره پایه روند افزایشی داشت. بیش‌ترین مقدار افزایش به‌ترتیب در داده‌های دمای حداقل مربوط به سناریوی RCP4.5 در ماه اکتبر دوره زمانی ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و برابر با ۴/۹۰ درجه سانتی‌گراد و در داده‌های دمای حداکثر مربوط به سناریوی RCP4.5 ماه اکتبر دوره زمانی ۲۰۸۰-۲۰۶۱ و برابر با ۷/۰۲ درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی شد. شیردلی و همکاران (۱۴۰۱) به ارزیابی تغییر اقلیم و اثرات آن بر عملکرد گوجه فرنگی در دشت ابهر پرداختند. طبق نتایج به‌دست آمده، بیش‌ترین عملکرد در کشت محصول گوجه فرنگی در زمان حال مربوط به کشت ۱۵ خرداد با ۵۵/۵۷ تن در هکتار است. با توجه به این که زمان کشت مرسوم منطقه ۵ خرداد است، با ده روز انتقال زمان کشت مرسوم به ۱۵ خرداد، ۰/۵۱ تن در هکتار محصول افزایش می‌یابد. هم‌چنین، نتایج عملکرد گوجه فرنگی در افق‌های آتی افزایش می‌یابد که می‌توان به سیستم فتوسنتزی C3 این گیاه و زودرس شدن میوه و گل‌دهی بیش‌تر ارتباط داد.

به لحاظ اقلیمی و متوسط میزان بارندگی‌ها، شهرستان جیرفت همواره با مسائل و مشکلات زیادی روبه‌رو بوده و در دهه‌های مختلف شاهد پدیده‌های تغییرات اقلیمی مانند خشکسالی‌های متوالی و مشکلات معیشتی و اقتصادی زیاد ناشی از تغییرات اقلیمی و تاثیر آن بر بخش کشاورزی شهرستان جیرفت بوده است. این موضوع باعث شده که در سال‌های گذشته هنگام بروز خسارات ناشی از خشکسالی مشکلاتی هم‌چون خروج روستائیان و کشاورزان از بخش کشاورزی به سایر بخش‌ها، بیکاری، افزایش میزان مهاجرت از روستاها به شهر، افزایش میزان قاچاق، و هم‌چنین افزایش فقر در منطقه مشاهده شود. لذا با توجه به این شرایط پیش‌بینی تغییرات اقلیمی با مدل‌های به‌روز و تعیین الگوی کشت مناسب با این پیش‌بینی‌ها ضرورت بیش‌تری پیدا می‌کند و ارائه الگوی کشت سازگار با تغییرات اقلیمی منطقه، برای بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های اقتصادی با بیش‌ترین میزان مصرف آب از اهمیت زیاد برخوردار است. تا جایی‌که برنامه‌ریزی برای مدیریت نهاده‌های مورد استفاده در بخش کشاورزی و به‌طور اخص مدیریت آب در بخش کشاورزی بدون توجه به پدیده تغییر اقلیم، می‌تواند باعث عدم توجیه اقتصادی شمار زیادی از سطوح زیر کشت و پروژه‌های زیربنایی در منطقه شود. 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 فعالیتی است که امنیت غذایی جامعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین، در این پژوهش، پیش‌بینی تغییرات اقلیم با به‌کارگیری مدل ریزمقیاس‌سازی LARS-WG و نتایج خروجی‌های مدل HadCM3 با در نظر گرفتن سناریوهای گوناگون و در نهایت به‌کارگیری آن در شبیه‌سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی شهرستان جیرفت انجام گرفت.

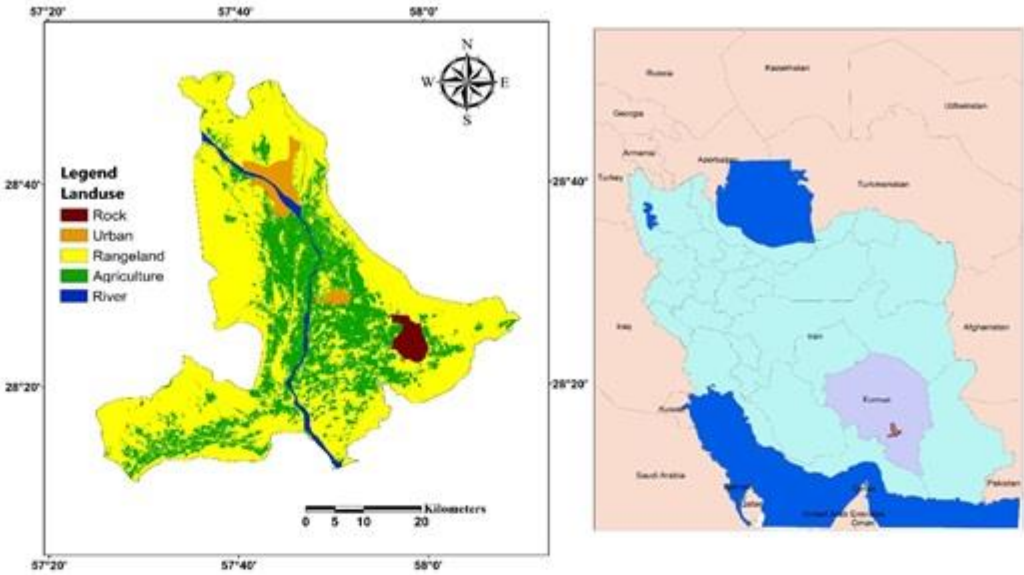
مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این رساله، دشت جیرفت در فاصله ۲۲۵ کیلومتری جنوب استان کرمان در طول جغرافیایی ۵۶ درجه ۴۵ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۳۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۱۰ دقیقه و ۲۹ درجه ۲۰ دقیقه قرار دارد. این منطقه در ارتفاع ۷۲۰ متر از سطح دریا و در دره‌ای پهن گسترش یافته است و دارای موقعیتی دشتی و کوهستانی است. شهرستان جیرفت با ارتفاع ۶۸۰ متر از سطح دریا است. این

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

منطقه با میانگین بارندگی سالیانه حدود ۲۲۰ میلی‌متر و متوسط میزان دمای سالیانه ۴۵ درجه سلسیوس، بر مبنای سامانه اقلیمی دومارتن[1] دارای اقلیمی گرم و خشک است. بنا بر آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی جنوب کرمان، سطوح زیر کشت محصولات زراعی این منطقه در سال زراعی ۱۴۰۱–۱۴۰۰ در حدود ۱۵۴۵۸۱ هکتار است که محصولات سیب‌زمینی، پیاز، با توجه به بالا بودن سطوح زیر کشت در این پژوهش بررسی شد.



شکل ۱- موقعیت دشت جیرفت در جنوب ایران

Figure 1- Location of Jiroft plain, in southern Iran

روش تحقیق

از مدل‌هایی که جهت 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 جهت تولید مقادیر بارندگی، تابش، درجه حرارت‌های حداکثر و حداقل روزانه در یک ایستگاه برای اقلیم حاضر و آینده به کار می‌رود. برای مدل‌سازی متغیرهای هواشناسی توزیع‌های آماری پیچیده‌ای را مدل LARS-WG به‌کار می‌گیرد. طول دوره‌های خشک و تر، بارش روزانه و سری‌های تابش، توزیع نیمه تجربی مبنای این مدل برای مدلسازی است. پارامترهای اقلیمی دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش و تابش خورشیدی ورودی‌های مدل LARS-WG هستند که همگی در بازه زمانی روزانه قرار می‌گیرند. در این مدل تابش به‌طور مستقل از درجه حرارت مدل شده است و به‌جای آن می‌توان از ساعت آفتابی نیز بهره گرفت. از توزیع نیمه تجربی بارش ماه مورد نظر و مستقل از سری‌های تر با مقدار بارش در روز قبل، مقدار بارش یک روز تر محاسبه می‌شود. در این مدل درجه حرارت را سری‌های فوریه تخمین می‌زنند. به‌صورت فرایندهایی تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که وابسته به وضعیت تر یا خشک بودن روز مورد نظر هستند، درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر روزانه مدل‌سازی می‌شوند. برای شبیه‌سازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت فصلی سری فوریه مرتبه سوم به‌کار برده می‌شوند. از تفریق مقادیر میانگین از مقدار مشاهده شده مقادیر مانده‌ها محاسبه می‌شوند، داده‌های حداقل و حداکثر در تحلیل خود همبستگی زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش خروجی‌های این مدل را تشکیل می‌دهند. واسنجی، ارزیابی و ایجاد داده‌های هواشناسی مراحل سه‌گانه تولید داده‌های مدل LARS-WG تشکیل می‌دهند (باباییان و همکاران، ۱۳۸۸).

[1] De Martonne

واسنجی 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 دمای بیشینه و کمینه و تابش جهت خود همبستگی که عبارت است از یک فرایند تصادفی که همبستگی بین مقدارهای فرایند در نقاط متفاوت زمانی را به‌عنوان تابع دو زمانه یا تفاضل زمانی تعریف می‌کند را به‌کار می‌گیرد (Semenov, 2007).

ارزیابی مدل

تعیین این‌که مدل مورد نظر برای تولید داده‌های تصادفی در منطقه و مکان مورد مطالعه مناسب است و یا نیست؟ گام دوم در اجرای LARS-WG است.

ایجاد داده‌های مصنوعی

پارامترهای هواشناسی بعد از واسنجی و ارزیابی مدل، باید تولید شوند. بنابراین یک سناریوی تغییر اقلیم برای تولید داده‌های آب و هوای مصنوعی مورد نیاز است (Dwi Nugroho et al., 2023). مدلی که داده‌های اقلیمی را در سه دوره ۲۰۱۱–۲۰۳۰، ۲۰۴۶–۲۰۶۵ و ۲۰۸۰–۲۰۹۹ میلادی ریزمقیاس و تولید می‌کند، آخرین ورژن مدل LARS-WG، یعنی مدل LARS-WG 5.5 است. نتایج به‌دست آمده از مدل با مقادیر مشاهده شده مقایسه و نحوه عملکرد مدل ارزیابی می‌شود. بعد از واسنجی و ارزیابی مدل سری زمانی روزانه متغیرهای دما و بارش منطقه برای دوره‌های آتی شبیه‌سازی شد. در نهایت از معیارهای خطای NSE، RMSE و R^2 به‌منظور ارزیابی مدل و سناریو استفاده می‌شود. در مرحله تحلیل رگرسیونی، با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی (OLS)[1]، روند تغییر و معنی‌داری هر یک از متغیرهای دما و بارش سالیانه و اثرات آن‌ها بر متوسط عملکرد محصولات زراعی مورد مطالعه شهرستان جیرفت، با استفاده از بسته نرم‌افزاری Eviews10 بررسی شد. برای رفع مشکل خودهمبستگی رابطه ۱، از فرآیند خودرگرسیون مرتبه اول به‌کار گرفته شد. به این صورت که پیش‌بینی متغیر ملاک (وابسته) در زمان t یک نسبتی از 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 به‌دست 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 (نوفرستی، ۱۳۹۵). به‌طور کلی ساختار یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی به‌صورت رابطه ۱ است:

$$\begin{aligned} &MaximaizeZ = \sum_{i=1}^{n} C_i X_i \\ &Subjectto: \\ &\sum a_{ij} X_i \le b_i \end{aligned} \tag{۱}$$

که در آن Z تابع هدف، X_i متغیرهای تصمیم، a_{ij} ضریب فنی نهاده یک واحد سطح زیر کشت و b_i میزان نهاده iام در دسترس کشاورز است. امروزه مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، ابزاری مهم در اقتصاد کشاورزی هستند. برای تحلیل سیاست‌های کشاورزی طیفی گسترده‌ای از مدل‌های برنامه‌ریزی وجود دارد. این مدل‌ها به سه دسته کلی مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی دستوری (NMP)[2] یا مدل‌های بهینه‌سازی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اقتصادسنجی (EMP)[3] و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) تقسیم‌بندی می‌شوند که در ادامه به معرفی مدل برنامه‌ریزی مثبت (PMP) پرداخته خواهد شد. هـدف اصلی مدل‌های PMP این است که حتی‌الامکان تصویری حقیقی از شرایط موجود را ارائه نموده و سپس رفتار کشاورزان را شبیه‌سازی کند. این مدل را که جهت رفع اشکالات موجود در الگوهای NMP توسعه یافت، اولین بار هویت معرفی نمـود. 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 تصمیم-گیران را تحت تاثیر قرار می‌دهد که مدل‌ساز قادر به لحاظ تمام آن‌ها در مدل نیست ولی کشاورز و تصمیم‌گیران در زمان تصمیم‌گیری در

[1] Ordinary Least Squares
[2] Normative Mathematical Programming
[3] Econometrics Mathematical Programming

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

شرایط واقعی آن‌ها را در نظر می‌گیرند (Keramatzadeh., 2011). نتیجه اعمال یک سیاست و اثرگذاری آن تا حد زیادی وابسته به نحوه عکس‌العمل بهره‌برداران نسبت به سیاست اعمال شده است. عکس‌العمل بهره‌برداران نیز وابسته به شرایط مزرعه، نگرش و ویژگی‌های فردی آن‌ها است. امروزه این امر از طریق برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) فراهم شده است (۲). به‌طور کلی روش (PMP) معرفی شده توسط هویت از سه مرحله زیر پیروی می‌کند (Howitt, 1995):

۱. تصریح مدل برنامه‌ریزی خطی با در نظر گرفتن محدودیت‌های واسنجی؛
۲. کاربرد مقادیر دوگان مرحله اول جهت تعیین پارامترهای تابع هدف غیرخطی؛
۳. کاربرد تابع هدف واسنجی شده در قالب یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به‌منظور تحلیل سیاست‌ها در مرحله نخست، محدودیت‌های واسنجی، که سطح فعالیت‌ها را به سطوح مشاهده شده دوره پایه مقید می‌کند، به مجموعه محدودیت‌های منابع یک مدل برنامه‌ریزی خطی اضافه می‌شوند.

به‌طور کلی طی سه مرحله تصریح مدل برنامه‌ریزی خطی با در نظرگرفتن محدودیت‌های واسنجی، کاربرد مقادیر دوگان مرحله اول بررسی تعیین پارامترهای تابع هدف غیرخطی مرحله اول، کاربرد تابع هدف واسنجی شده در قالب یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به‌منظور تحلیل سیاست‌ها از طریق مدل PMP محاسبه می‌شود. برای تعیین الگوی بهینه کشت، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مورد استفاده در این تحقیق دارای شکل استاندارد زیر در حالت بیشینه‌سازی بازده ناخالص است.

$$MaximizeZ = Px - dx - \frac{1}{2}xQx \tag{۲}$$

$$\sum_{i=1}^{n} k_i x_i \le TCapital \tag{۳}$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \le TLand \tag{۴}$$

$$\sum_{i=1}^{n} p_i x_i \le TPoison \tag{۵}$$

$$\sum_{i=1}^{n} f_i x_i \le TFertilizer \tag{۶}$$

$$\sum_{i=1}^{n} l_i x_i \le TLabor \tag{۷}$$

$$\sum_{i=1}^{n} m_i x_i \le TMachinery \tag{۸}$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i x_i \le TWater_m \tag{۹}$$

$$x_i \ge 0 \tag{۱۰}$$

$$x_{t1} - x_{t2} \le 0 \tag{۱۱}$$

در این مدل Z ارزش تابع هدف است؛ P بردار (n×1) قیمت محصولات سیب‌زمینی، پیاز است؛ x بردار (1×n) غیرمنفی از سطح فعالیت‌های تولیدی است؛ d و ماتریس Q به‌ترتیب نشان‌دهنده پارامترهای واسنجی جزء خطی و درجه دو تابع هزینه است و ضرائب w، m، l، f، p، k به‌ترتیب بیان‌کننده میزان استفاده از منابع سرمایه، سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی، نیروی کار، ماشین‌آلات و آب برای تولید محصول i در یک هکتار زمین زراعی در سطح منطقه مورد مطالعه است و نیز $TWater_m$، TMachinery، TFertilizer، TPoison، TLand و TCapital به‌ترتیب نشان‌دهنده مقدار کل منابع سرمایه، زمین، سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی، نیروی کار و آب در دسترس در منطقه برای فعالیت‌های زراعی است. رابطه ۱، نشان‌دهنده تابع هدف و روابط ۳ تا ۱۱، قیدهای لحاظ شده در مدل هستند. تابع هدف، سود ناخالص سالانه به‌دست آمده از کل فعالیت‌های زراعی شهرستان جیرفت را بیشینه می‌نماید. قیدهای مدل بیانگر این موضوع هستند

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

که کل منابع اختصاص یافته بین فعالیت‌های تولیدی نمی‌تواند بیش‌تر از کل منبع‌ها 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 به‌ترتیب برای هر یک از سم‌ها علفکش، حشره‌کش، قارچ‌کش و کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس تکرار می‌شود.

به‌طور کلی در آغاز با استفاده از تحلیل‌های رگرسیونی اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات منتخب در دوره ۱۴۰۱-۱۳۷۰ بررسی شد. آنگاه با استفاده از مدل گردش عمومی HasGEM3 تغییرپذیرهای اقلیم دشت جیرفت تحت سناریوهای سری ۸/۵، ۴/۵، ۲/۶ RCP موجود در جدیدترین گزارش هیئت بین‌دولی تغییر اقلیم (گزارش پنجم) برای دوره‌های (۲۰۴۵-۲۰۱۱)، (۲۰۶۵-۲۰۴۶)، (۲۰۷۹-۲۰۶۶) و (۲۰۹۹-۲۰۸۰) پیش‌بینی شد. در پایان با به‌کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت الگوی کشت منطقه شبیه‌سازی و اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر الگوی کشت در دوره‌های یاد شده بررسی شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی

تولید داده توسط مدل LARS-WG طی سه مرحله واسنجی داده‌ها تدوین مدل برای دوره آماری پایه، ارزیابی مدل و در نهایت تولید داده‌های اقلیمی برای دوره آینده صورت می‌گیرد. در مرحله نخست برای اجرای مدل، داده‌های اقلیمی دمای کمینه، دمای بیشینه و میزان بارندگی جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل‌های لازم صورت گرفته و نتایج در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مقادیر متوسط متغیرهای اقلیمی شهرستان جیرفت طی دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۹

Table 1- Average values of climatic variables of Jiroft Plain during the statistical period of 1989-2018

پارامتر	ژانویه	فوریه	مارس	آپریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دمای کمینه	6.3	6.5	9.5	15.5	19.7	22.4	25.6	26.7	23.6	18.5	14.1	10.2
دمای بیشینه	16.5	17.2	23.6	29.6	36.8	42.4	43.2	43	40.3	34.1	29.7	22.4
بارش	71.5	33.9	6	6.5	0.3	0	0	0	2.5	13.5	25.5	29.8

در مرحله دوم از پیش‌بینی پارمترهای اقلیمی توسط مدل LARS-WG با استفاده از آماره‌های ضریب تعیین، جذر میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق که به‌ترتیب نشان‌دهنده درجه ارتباط بین دو متغیر (مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده) مقدار متوسط خطا و تفاوت مقدار به‌دست آمده از آزمایش‌ها و مدل هستند به ارزیابی مدل پرداخته شد. در این راستا آماره‌های مربوطه در جدول ۲ آمده است.

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

Table 2- Values of LARS-WG model evaluation statistics in the statistical period of 1989-2010

آماره	دمای کمینه	دمای بیشینه	بارش
ضریب تعیین (R^2)	0.78	0.81	0.00015
میانگین خطای مطلق (MAE)	3.47	3.25	0.88
جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)	4.29	4.28	4.55
خطای میانگین مربعات (MSE)	0.75	0.92	0.94

بعد از ارزیابی و مورد تایید قرار گرفتن مدل LARS-WG توسط آماره‌های ضریب تعیین و شاخص‌های خطاسنجی به تولید داده‌های روزانه و تحت سناریوهای RCP 2.6, 4.5, 8.5 موجود در جدیدترین گزارش هیئت بین دولی تغییر اقلیم و برای دوره‌های (۲۰۴۵-۲۰۱۱)، (۲۰۶۵-۲۰۴۶)، (۲۰۷۹-۲۰۶۶) و (۲۰۹۹-۲۰۸۰) پرداخته شده است. سپس از خروجی مدل‌ها میانگین‌گیری شده و مقادیر ماهانه متغیرها در دوره‌های ذکر شده به‌دست آمد.

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

جدول ۳- مقدار پیش‌بینی شده پارامترهای اقلیمی در دوره (۲۰۴۵-۲۰۱۱)

Table 3- Predicted value of climatic parameters in the period (2011-2045)

دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	جولای	ژوئن	مه	آپریل	مارس	فوریه	ژانویه	سناریو	پارامتر
9.72	13.69	19.02	24.08	27.77	29.47	27.55	24.26	19.38	15.21	10.99	9.02	RCP2.6	دمای کمینه
10.11	14.09	19.10	23.87	27.60	29.30	27.43	24.16	19.15	14.87	10.73	8.83	RCP4.5	
10.29	14.18	19.38	24.31	27.84	29.29	27.31	24.17	19.42	15.28	11.18	9.23	RCP8.5	
22.54	28.05	34.67	40.16	43.60	44.94	44.27	40.64	34.62	23.90	23.64	20.35	RCP2.6	دمای بیشینه
22.34	28.25	34.91	40.04	43.14	44.66	44.40	41.05	34.93	28.71	22.94	19.60	RCP4.5	
22.68	28.40	35.16	40.49	43.57	44.55	43.67	40.52	35.09	29.34	23.64	20.18	RCP8.5	
1.20	0.33	0.19	0.12	0.09	0.05	0.05	0.26	0.49	0.94	1.41	1.16	RCP2.6	بارندگی
1.80	0.41	0.11	0.07	0.10	0.04	0.04	0.22	0.46	1.02	1.21	1.59	RCP4.5	
1.75	0.37	0.14	0.11	0.14	0.04	0.06	0.28	0.51	1.07	1.20	1.56	RCP8.5	

جدول ۴- مقدار پیش‌بینی شده پارامترهای اقلیمی در دوره (۲۰۶۵-۲۰۴۶)

Table 4- Predicted value of climatic parameters in the period (2046-2065)

دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	جولای	ژوئن	مه	آپریل	مارس	فوریه	ژانویه	سناریو	پارامتر
10.89	15.13	20.32	25.22	28.52	29.91	27.67	24.66	19.51	15.40	11.40	9.76	RCP2.6	دمای کمینه
11.65	16.07	20.98	25.77	29.10	30.70	28.39	25.13	20.00	15.49	11.53	10.04	RCP4.5	
12.25	16.59	21.78	26.74	29.99	31.27	28.88	25.83	20.72	16.53	12.53	11.09	RCP8.5	
23.66	29.58	36.31	41.41	44.22	45.26	44.68	41.08	34.58	28.61	23.34	20.41	RCP2.6	دمای بیشینه
24.56	30.26	36.57	41.80	44.72	45.83	45.28	41.87	35.55	29.38	24.05	21.33	RCP4.5	
24.52	30.63	37.42	42.44	45.24	46.28	45.61	42.26	36.21	30.11	24.39	21.22	RCP8.5	
1.55	0.27	0.04	0.17	0.16	0.05	0.05	0.32	0.75	1.58	1.64	2.11	RCP2.6	بارندگی
1.27	0.38	0.16	0.10	0.09	0.07	0.10	0.27	0.45	1.12	1.07	1.09	RCP4.5	
1.63	0.51	0.03	0.14	0.13	0.06	0.05	0.30	0.58	1.15	1.55	2.20	RCP8.5	

جدول ۵- مقدار پیش‌بینی شده پارامترهای اقلیمی در دوره (۲۰۷۹-۲۰۶۶)

Table 5- Predicted value of climatic parameters in the period (2066-2079)

دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	جولای	ژوئن	مه	آپریل	مارس	فوریه	ژانویه	سناریو	پارامتر
10.36	15.12	20.42	25.30	28.56	30.08	27.70	24.25	19.29	14.88	11.14	9.32	RCP2.6	دمای کمینه
11.52	16.02	21.20	26.27	29.67	30.78	28.51	25.44	20.20	16.02	12.02	10.51	RCP4.5	
14.07	18.51	23.58	28.38	31.51	32.65	30.12	26.80	21.60	17.51	13.80	12.81	RCP8.5	
23.29	29.48	36.27	41.47	44.40	45.43	44.58	40.89	34.82	29.01	23.38	20.42	RCP2.6	دمای بیشینه
25.09	30.75	37.16	42.22	45.24	46.23	45.50	41.94	35.72	30.11	24.78	21.95	RCP4.5	
26.26	32.38	39.15	44.13	46.80	47.66	46.96	43.23	36.54	30.33	24.69	22.45	RCP8.5	
1.64	0.18	0.22	0.14	0.03	0.05	0.11	0.25	0.52	1.04	1.45	1.53	RCP2.6	بارندگی
1.00	0.15	0.04	0.19	0.09	0.03	0.04	0.32	0.80	1.06	1.06	1.12	RCP4.5	
1.77	0.23	0.03	0.23	0.09	0.03	0.05	0.32	0.88	1.51	2.18	2.60	RCP8.5	

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

Table 6- Predicted value of climatic parameters in the period (2080-2099)

دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	جولای	ژوئن	مه	آپریل	مارس	فوریه	ژانویه	سناریو	پارامتر
10.66	15.11	20.35	25.29	28.69	30.03	27.87	24.68	19.82	15.49	10.99	9.24	RCP2.6	دمای کمینه
12.09	16.30	21.50	26.63	30.01	31.32	29.11	25.92	20.90	16.48	12.30	10.64	RCP4.5	
15.84	20.50	25.84	30.48	33.36	34.42	32.02	28.37	23.18	18.90	15.01	14.03	RCP8.5	
23.49	29.14	35.72	41.26	44.34	45.27	44.77	41.86	35.82	29.74	23.52	20.47	RCP2.6	دمای بیشینه
24.73	30.49	37.21	42.74	45.73	46.77	46.25	42.89	36.51	30.65	25.03	21.93	RCP4.5	
27.35	33.52	40.55	45.76	48.31	49.06	48.24	44.51	37.69	31.47	26.02	23.85	RCP8.5	
1.39	0.31	0.28	0.12	0.10	0.06	0.06	0.20	0.51	1.09	1.43	1.18	RCP2.6	بارندگی
1.43	0.34	0.19	0.11	0.11	0.07	0.06	0.25	0.62	1.22	1.22	1.10	RCP4.5	
2.07	0.42	0.32	0.14	0.12	0.06	0.08	0.27	0.69	1.60	2.45	2.00	RCP8.5	

طبق گزارش مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی که با عنوان گزارشات ارزیابی تغییر اقلیم انتشار یافته است، افزایش جهانی دما و رخداد تغییر اقلیم با بهره‌گیری از داده‌های اندازه‌گیری شده دمای سطح خشکی‌ها و آب‌های جهان، تأیید شده است. امروزه مدل‌های گردش عمومی جو، قوی‌ترین ابزار برای تولید سناریوهای اقلیمی هستند. برای ریزمقیاس‌نمائی داده‌های اقلیمی نیز از بین روش‌های

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

ریزمقیاس‌نمائی، بیش‌تر از مدل‌های آماری استفاده می‌شود. یکی از دلایل استفاده از این مدل‌ها، همانند مدل به‌کار رفته در این تحقیق، عملکرد سریع و آسان آن‌ها نسبت به سایر مدل‌ها است. با توجه به نتایج به‌دست آمده؛ به‌طور کلی دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۴۵–۲۰۱۱ روند افزایشی نسبت به دوره پایه دارد. هم‌چنین دمای بیشینه نیز در سناریوهای یاد شده و در طول دروه مورد بررسی روند افزایشی دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده؛ دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۶۵–۲۰۴۶ روند افزایشی نسبت به دوره پایه دارد. هم‌چنین دمای بیشینه نیز در سناریوهای یاد شده و در طول دروه مورد بررسی روند افزایشی دارد. بارش نیز در سناریوهای مورد بررسی برای دوره زمانی ۲۰۴۵–۲۰۱۱ کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست آمده؛ دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۷۹–۲۰۶۶ روند افزایشی نسبت به دوره پایه دارد. هم‌چنین دمای بیشینه نیز در سناریوهای یاد شده و در طول دروه مورد بررسی روند افزایشی دارد. بارش نیز در سناریوهای مورد بررسی برای دوره زمانی ۲۰۴۵–۲۰۱۱ کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست آمده؛ دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۹۹–۲۰۸۰ روند افزایشی نسبت به دوره پایه دارد. هم‌چنین دمای بیشینه نیز در سناریوهای یاد شده و در طول دروه مورد بررسی روند افزایشی دارد. بارش نیز در سناریوهای مورد بررسی برای دوره زمانی ۲۰۴۵–۲۰۱۱ کاهش می‌یابد.

در مرحله بعد با استفاده از شاخص هرست به بررسی پیش‌بینی‌پذیر بودن متغیرهای اقلیمی پرداخته می‌شود. سپس روند تغییر و معنی-داری این متغیرها بر متوسط عملکرد محصولات زراعی منتخب منطقه مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در مرحله بعد با استفاده از مدل‌های LARS-WG تحت سناریوهای RCP 2.6, 4.5, 8.5 و ریزمقیاس نمایی مدل مولد LARS-WG تغییرات اقلیمی شهرستان جیرفت در طول دوره کاشت هر محصول در بازه‌های (۲۰۴۵–۲۰۱۱)، (۲۰۶۵–۲۰۴۶)، (۲۰۷۹–۲۰۶۶) و (۲۰۹۹–۲۰۸۰) محاسبه می‌شود. در مرحله آخر با استفاده از نتایج تغییرات اقلیم پیش‌بینی شده و با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، اثر سناریوهای تغییر اقلیم بر الگوی کاشت شهرستان جیرفت مورد بررسی قرار گرفت. در این بخش به بررسی الگوی کشت فعلی شهرستان جیرفت و اثرات تغییر پارامترهای اقلیمی پیش‌بینی شده تحت سناریوها و الگوهای اقلیمی متفاوت در بازه‌های (۲۰۴۵–۲۰۱۱)، (۲۰۶۵–۲۰۴۶)، (۲۰۷۹–۲۰۶۶) و (۲۰۹۹–۲۰۸۰) در مرحله قبل، بر الگوی کشت فعلی خواهیم پرداخت. در این راستا از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و نرم‌افزار GAMS25 استفاده شده است. در جدول سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات منتخب زراعی و مصرف نهاده‌ها به تفکیک در سال زراعی ۱۴۰۱–۱۴۰۰ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از آزمون نمای هرست

در این قسمت با استفاده از مقدار شاخص هرست، پیش‌بینی‌پذیر بودن متغیرهای اقلیمی دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش شهرستان جیرفت در طول دروه آماری ۲۰۱۸–۱۹۸۶ مورد بررسی قرار گرفت و نتایج مربوط به این آزمون در جدول ۴ گزارش شده است. با توجه به این موضوع که مقدار محاسباتی شاخص هرست برای هر سه متغیر ۰/۵<H<۱ توان نتیجه گرفت که سری‌های زمانی موجود داوم‌دار، دارای حافظه طولانی و با احتمال تکرار در آینده هستند. لذا متغیرهای اقلیمی دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش قابل پیش‌بینی هستند.

جدول ۴- مقدار نمای هرست برای پارامترهای اقلیمی

Table 4- Value of Hurst view for climatic parameters

نام متغیر	مقدار نمای هرست
دمای کمینه	0.84
دمای بیشینه	0.67
بارش	0.70

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

جدول ۵- سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات منتخب زراعی و مصرف نهاده‌ها به تفکیک در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰
Table 5- Cultivated area, production and yield of selected agricultural products and consumption of inputs separately in the agricultural year 2021-2022

ردیف	محصول	سطح زیر کاشت (زمین-هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	تولید (تن)	هزینه تولید در هکتار (میلیون ریال)-سرمایه	جمع کل هزینه تولید (میلیون ریال)	قیمت عمده فروشی هر کیلوگرم (ریال)	درآمد ناخالص کل (میلیون ریال)	میزان سود خالص (میلیون ریال)	نرخ بازدهی سرمایه (درصد)	آب مورد نیاز در هکتار (مترمکعب)	کود شیمیایی مورد نیاز (کیلوگرم در هکتار)	سموم شیمیایی (لیتر در هکتار)	نیروی کار (نفر-روز- هکتار)	ماشین‌آلات (ساعت در هکتار)
1	سیب زمینی	13984	38000	531392	1320	1845888	82000	43574144	25115264	136	3210	900	10	68	24
2	پیاز	16424	54000	886896	1130	18559120	36000	31928256	13369136	72	2650	850	10	240	18

نتایج پارامترهای تابع هدف به‌منظور واسنجی مدل بر اساس روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، از طریق تبدیل تابع هدف برنامه‌ریزی خطی به برنامه‌ریزی غیرخطی نشان داد که تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مقادیر سطح زیر کشت مشاهده شده در سال پایه و مقادیر حاصل از واسنجی مدل برنامه‌ریزی موجود وجود ندارد. بنابراین واسنجی مدل با دقت بالایی انجام شده است و در حقیقت پارامترهای غیرخطی به نحوی برآورد شده‌اندکه باز تولید 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 شبیه‌سازی شده است. این مزیت کمک می‌کند تا شبیه‌سازی رفتار بهره‌برداران واقع‌گرایانه و انعطاف‌پذیر باشد و در این شرایط می‌توان با تغییر شرایط و تعریف سناریوهای مختلف به شبیه‌سازی و تحلیل سیاست‌های مختلف کشاورزان پرداخت. در نهایت با توجه به مقایسه سطوح فعالیت‌ها و مقادیر تابع هدف در دو وضعیت مذکور، می‌توان عنوان نمود که روش به کار رفته توانایی بالایی در تولید وضعیت پایه دارد و نتایج حاصل از واسنجی مدل قابل قبول است. بنابراین در ادامه می‌توان از مدل واسنجی شده برای شبیه‌سازی و تحلیل شرایط اقلیمی پیش‌بینی شده استفاده کرد. برای بررسی اثرات تغییر اقلیمی بر الگوی کشت بدین‌صورت عمل شد که از اطلاعات اقلیمی پیش‌بینی شده در بخش‌های قبل در قالب سناریوهای تغییر اقلیم در دوره کاشت تا برداشت هر محصول جهت بررسی اثرات آن بر الگوی کشت فعلی مورد بررسی 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 تعدیل شده و دیگر معیارهای موجود در مدل به انتخاب الگو با بهترین شکل تابعی برازش داده شده، برای تعیین ارتباط بین عملکرد و متغیرهای اقلیمی پرداخته شد. بر این مبنا محصولات مختلف یا دارای شکل تابعی خطی بوده و یا شکل تابعی درجه دو دارند. در ادامه ارتباط متغیرهای اقلیمی دما و بارش و تأثیرپذیری‌های آن‌ها بر میانگین عملکـرد محصولات شهرستان جیرفت، طی دوره ۳۰ ساله ۱۳۷۱-۱۴۰۰ بررسی و نتایج در جدول ۶ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول زیر متغیر بارش اثر منفی و متغیر دما اثری مثبت بر عملکرد محصولات پیاز و ذرت دانه ای دارند. متغیرهای دما و بارش ارتباط معکوسی با عملکرد جو، لوبیا، نخود، عدس، ماش، یونجه و کدو ارتباط مستقیمی با عملکرد محصول گوجه فرنگی دارند. عملکرد محصولات گندم، سیب زمینی و هندوانه ارتباط مثبتی با متغیر اقلیمی بارش و ارتباط معکوسی با دما دارند. در محصولات هندوانه، پیاز و سیب زمینی مشاهده می‌شود بارش سال قبل بر عملکرد آن‌ها اثر منفی داشته و برای محصولات یونجه و بادمجان بارش سال قبل اثر مثبتب بر عملکرد سال کنونی آن‌ها داشته است. بدین معنا که کشاورزان و زمین تحت نظارت آن‌ها تحت تاثیر بارش‌های سال قبل بوده و این بارش‌ها بر تصمیم‌گیری زارعات تاثیر داشته است. نتایج آزمون F در جهت نیکویی برازش الگو و برازندگی ضریب تعیین تعدیل شده نیز نشان می‌دهد مقدار Prob آماره F نشان می‌دهد که کل تابع‌های رگرسیونی انجام شده معنی‌دار هستند. بالا بـودن مقدار ضریب تعیین تعدیل شده پس از برآورد تابع‌ها، گویای آن است که متغیرهای دما و بارش توانسته‌اند در برخی مواقع درصد بالایی تا ۸۲ درصد از تغییرپذیری‌های متغیر وابسته را توضیح دهند.

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

جدول ۶- تاثیر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر عملکرد محصولات زراعی جیرفت

Table 6- The effect of climatic variables of temperature and precipitation on the yield of Jiroft crops

محصول	عرض از مبدا	بارش	دما	توان دوم دما	AR
سیب‌زمینی	-514.39	0.004	-1.68		0.31
پیاز	-1280.57	-0.009	3.39		0.49

با توجه به جدول فوق ملاحظه می‌شود، در تابع مربوط به عملکرد محصول سیب زمینی در منطقه جیرفت، ضریب متغیر بارش سالانه برابر ۰/۰۰۴ و ضریب متغیر متوسط دمای سالانه برابر ۱/۶۸- است. از لحاظ آماری ضریب متغیر متوسط دمای سالانه عرض از مبدا در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و ضریب متغیر بارش در سطح ده درصد معنی‌دار است. ملاحظه می‌شود که با یک واحد افزایش در بارش سالانه، عملکرد محصول به میزان ۰/۰۰۴ واحد افزایش پیدا می‌کند. این در حالی است که یک واحد افزایش در دمای متوسط سالانه ۱/۶۸ واحد عملکرد محصول سیب زمینی را کاهش می‌دهد. متغیرهای توضیحی مدل توانسته‌اند حدود ۸۲ درصد از تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند که نشان دهنده تاثیر زیاد متغیرهای اقلیمی بر عملکرد سیب زمینی است. در تابع مربوط به محصول پیاز نیز، ضریب متغیر بارش برابر ۰/۰۰۹- و ضریب متغیر متوسط دمای سالانه برابر ۳/۳۹ است. ضریب هر دو متغیر از لحاظ آماری متفاوت از صفر بوده و دارای اثر معنی‌دار بر عملکرد محصول پیاز در منطقه جیرفت هستند. ضریب تعیین تعدیل شده این تابع برابر ۷۲ درصد است، به‌عبارت دیگر مدل دارای قدرت توضیح دهندگی بالایی بوده و حدود ۸۱ درصد از تغییرات متغیر عملکرد محصول پیاز توسط دو متغیر بارش سالانه و متوسط دمای سالانه توضیح داده می‌شود. آمار دوربین واتسون همیشه مقداری بین ۰ تا ۴ خواهد داشت. مقدار ۲/۰ نشان می‌دهد که هیچ همبستگی خودکاری در نمونه شناسایی نشده است. مقادیر از ۰ تا کم‌تر از ۲ به خود همبستگی مثبت و مقادیر از ۲ تا ۴ به معنای خود همبستگی منفی است. برحسب نتایج ستون آخر جدول ۷، همبستگی وجود ندارد.

جدول ۷- آماره‌های مدل رگرسیونی

Table 7- Regression model statistics

محصول	ضریب تعیین (R^2)	ضریب تعیین تعدیل شده (R^2)	احتمال	دوربین واتسون
سیب‌زمینی	0.82	0.77	0.0000	2.09
پیاز	0.81	0.76	0.0000	2.14

در مرحله آخر با استفاده از نتایج پارامترهای اقلیمی پیش‌بینی شده و با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر عملکرد، تولید، هزینه، درآمد ناخالص، سود و الگوی کشت شهرستان جیرفت بررسی شد. قبل از هر مساله باید ابتدا خوبی مدل ایجاد شده نشان داده شود. پس از ورود داده‌های مورد مطالعه در نرم‌افزار، باید مدل طراحی شده واسنجی شود. در جدول زیر نشان داده شده است که آیا داده‌های سطح زیرکشت سال پایه با اطلاعات به‌دست آمده از مدل مطابقت دارند یا خیر.

جدول ۸- اعتبارسنجی مدل PMP شهرستان جیرفت

Table 8- Validation of Jiroft PMP model

محصول	سطح زیر کاشت پایه (هکتار)	سطح زیر کشت محاسباتی
سیب زمینی	13984	13984.001
پیاز	16424	16424.002

همان‌طور که در جدول ۸، مشاهده می‌شود، مدل طراحی شده توسط محقق واسنجی بوده و به‌خوبی می‌تواند بیانگر داده‌های حقیقی باشد. لذا می‌توان از این مدل برای بررسی و تحلیل سناریوهای مختلف استفاده نمود. نتایج تغییر در عملکرد، سطح زیر کشت و سود

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

ناخالص کشاورزان به همراه عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، سطح زیرکشت پایه (هکتار) و سود ناخالص فعلی کشاورزان (میلیون ریال) در جدول‌های ۹ تا ۱۱ ارائه شده است.

جدول ۹- تغییرات سطح زیر کشت محصولات منتخب براساس پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

Table 9- Changes in the cultivated area of selected crops based on HadCM3 model predictions

محصول	سناریو	تغییرات سطح زیر کشت (درصد)			
		دوره			
		2011-2045	2046-2065	2066-2079	2080-2099
سیب‌زمینی	RCP2.6	5.72	7.29	11.04	14.80
	RCP4.5	5.41	8.22	11.04	14.17
	RCP8.5	19.39	6.97	8.54	11.35
پیاز	RCP2.6	-2.34	-3.00	-4.57	-6.14
	RCP4.5	-.2.21	-3.39	-4.57	-5.88
	RCP8.5	-7.64	-2.87	-3.52	-4.70

جدول ۱۰- تغییرات عملکرد محصولات منتخب براساس پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

Table 10- Performance changes of selected products based on HadCM3 model predictions

محصول	سناریو	تغییرات عملکرد (درصد)			
		دوره			
		2011-2045	2046-2065	2066-2079	2080-2099
سیب‌زمینی	RCP2.6	0.91	0.82	0.76	0.69
	RCP4.5	0.85	0.76	0.71	0.70
	RCP8.5	0.77	0.73	0.70	0.69
پیاز	RCP2.6	2.29	2.12	1.98	1.86
	RCP4.5	2.37	2.20	2.05	1.84
	RCP8.5	2.48	2.24	2.06	1.85

جدول ۱۱- تغییرات مقدار تولید محصولات منتخب براساس پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

Table 11- Changes in the amount of production of selected products based on HadCM3 model predictions

محصول	سناریو	تغییرات تولید (درصد)			
		دوره			
		2011-2045	2046-2065	2066-2079	2080-2099
سیب‌زمینی	RCP2.6	-4.1	-13.4	-18.9	-27.1
	RCP4.5	-11.3	-21.0	-27.4	-6.25
	RCP8.5	-9.1	-27.3	-1.31	-30.2
پیاز	RCP2.6	55.2	51.3	47.0	42.6
	RCP4.5	56.8	53.0	49.0	42.2
	RCP8.5	56.4	54.0	49.6	43.2

بنابر نتایج جدول ۱۲ درآمد ناخالص کشاورزان منطقه مورد بررسی در هر چهار دوره زمانی مورد بررسی ۲۰۱۱–۲۰۴۵، ۲۰۴۶–۲۰۶۵، ۲۰۶۶–۲۰۷۹ و ۲۰۸۰–۲۰۹۹ و همچنین تحت هر سه سناریو اقلیمی سری RCP8.5, RCP4.5, RCP2.6 افزایش پیدا می‌کند. بیش‌ترین افزایش تحت سناریو RCP2.6 در دوره ۲۰۸۱–۲۱۰۰ و به میزان ۴۳/۷ درصد و همچنین کم‌ترین افزایش تحت سناریو RCP2.6 در دوره ۲۰۵۱–۲۰۷۰ و به میزان ۵۲/۱ درصد رخ خواهد داد.

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

جدول ۱۲- تغییرات سطح درآمد ناخالص کل محصولات منتخب براساس پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

Table 12- Changes in the level of total gross income of selected products based on HadCM3 model predictions

محصول	سناریو	تغییرات سطح درآمد ناخالص (درصد)			
		دوره			
		2011-2045	2046-2065	2066-2079	2080-2099
	RCP8.5	43.54	19.42	17.71	18.69
سیب‌زمینی	RCP2.6	-4.07	-13.39	-18.88	-27.14
	RCP4.5	-11.25	-21.02	-27.36	-25.59
	RCP8.5	-9.05	-27.32	-31.13	-30.15
پیاز	RCP2.6	55.21	51.29	47.03	42.61
	RCP4.5	56.78	52.98	48.97	42.20
	RCP8.5	56.38	53.99	49.61	43.23

جدول ۱۳. تغییرات کل هزینه تولید محصولات منتخب براساس پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

Table 13- Changes in total production cost of selected products based on HadCM3 model predictions

محصول	سناریو	تغییرات کل هزینه تولید (درصد)			
		دوره			
		2011-2045	2046-2065	2066-2079	2080-2099
سیب‌زمینی	RCP2.6	5.41	6.79	9.94	12.89
	RCP4.5	5.13	7.60	9.94	12.41
	RCP8.5	16.24	6.52	7.87	10.20
پیاز	RCP2.6	-2.40	-3/09	-4.79	-6.54
	RCP4.5	-2.26	-3.51	-4.79	-6.25
	RCP8.5	-8.27	-2.95	-3.65	-4.93

جدول ۱۴- تغییرات سود خالص محصولات منتخب براساس پیش‌بینی‌های مدل HadCM3

Table 14- Net profit changes of selected products based on HadCM3 model predictions

محصول	سناریو	تغییرات سود خالص (درصد)			
		دوره			
		2011-2045	2046-2065	2066-2079	2080-2099
	RCP8.5	37.63	19.73	22.99	28.24
سیب‌زمینی	RCP2.6	5.41	6.79	9.94	12.89
	RCP4.5	5.13	7.60	9.94	12.49
	RCP8.5	16.24	6.52	7.87	10.20
پیاز	RCP2.6	-2.40	-3.09	-4.79	-6.54
	RCP4.5	-2.26	-3.51	-4.79	-6.25
	RCP8.5	-8.27	-2.95	-3.65	-4.93
	RCP4.5	-1.34	-2.07	-2.90	-3.61
	RCP8.5	-5.70	-1.75	-2.15	-2.88

با توجه به نتایج به‌دست آمده عملکرد، سطح زیرکشت، تولید و سود خالص می‌توان گفت، محصول بعدی سیب زمینی است. با تغییرات اقلیم در شهرستان جیرفت عملکرد و تولید محصول سیب زمینی در همه دوره‌ها کاهش می‌یابد به‌طوری‌که تولید این محصول حتی به مقدار ۳۰ درصد نیز در سناریوی RCP8.5 در سال ۲۰۹۹–۲۰۸۰ کاهش می‌یابد. این در حالی است که با وجود این کاهش به‌دلیل افزایش در سطح زیرکشت سیب زمینی در دو سناریوی اول سود کشاورزان تا ۱۲ درصد نسبت به سال پایه نیز افزایش می‌یابد. در سناریوی آخر به‌دلیل کاهش در سطح زیرکشت سیب زمینی سود خالص این محصول برای کشاورزان نیز کاهش می‌یابد. برای محصول پیاز عملکرد در هر سه سناریو کاهشی است. این مساله منجر می‌شود تولید نیز در هر سه مورد کاهشی باشد. این دو مورد به همراه کاهش در سطح زیرکشت باعث می‌شود سود خالص حاصل از این محصول با تغییرات اقلیم در هر دو سناریو برای کشاورزان کاهش می‌یابد. در سناریوی سوم سطح زیرکشت در دوره آخر نسبت به دوره اول پیش‌بینی سطح زیرکشت کمتر کاهش می‌یابد. این مساله با وجود کاهش در عملکرد و تولید، سود کشاورزان را کم‌تر کاهش می‌دهد. به‌طوری که سود خالص کشاورزان از حدود ۸ درصد کاهش به حدود ۵ درصد کاهش می‌رسد.

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

با توجه به نتایج به‌دست آمده؛ به‌طور کلی دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۴۵–۲۰۱۱ روند افزایشی نسبت به دوره پایه دارد. همچنین دمای بیشینه نیز در سناریوهای یاد شده و در طول دروه مورد بررسی روند افزایشی دارد. بارش نیز در سناریوهای مورد بررسی برای دوره زمانی ۲۰۴۵–۲۰۱۱ کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست آمده؛ دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۶۵–۲۰۴۶ روند افزایشی نسبت به دوره پایه دارد. همچنین دمای بیشینه نیز در سناریوهای یاد شده و در طول دروه مورد بررسی روند افزایشی دارد. بارش نیز در سناریوهای مورد بررسی برای دوره زمانی ۲۰۴۵–۲۰۱۱ کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست آمده؛ دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۷۹–۲۰۶۶ روند افزایشی نسبت به دوره پایه دارد. همچنین دمای بیشینه نیز در سناریوهای یاد شده و در طول دروه مورد بررسی روند افزایشی دارد. بارش نیز در سناریوهای مورد بررسی برای دوره زمانی ۲۰۴۵–۲۰۱۱ کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست آمده؛ دمای کمینه در هر سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در دوره زمانی ۲۰۹۹–۲۰۸۰ روند افزایشی نسبت به دوره پایه دارد. همچنین دمای بیشینه نیز در سناریوهای یاد شده و در طول دروه مورد بررسی روند افزایشی دارد. بارش نیز در سناریوهای مورد بررسی برای دوره زمانی ۲۰۴۵–۲۰۱۱ کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

طبق گزارش مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی که با عنوان گزارشات ارزیابی تغییر اقلیم انتشار یافته است، افزایش جهانی دما و رخداد تغییر اقلیم با بهره‌گیری از داده‌های اندازه‌گیری شده دمای سطح خشکی‌ها و آب‌های جهان، تأیید شده است. امروزه مدل‌های گردش عمومی جو، قوی‌ترین ابزار برای تولید سناریوهای اقلیمی هستند. برای ریزمقیاس‌نمائی داده‌های اقلیمی نیز از بین روش‌های ریزمقیاس‌نمائی، بیش‌تر از مدل‌های آماری استفاده می‌شود. یکی از دلایل استفاده از این مدل‌ها، همانند مدل به کار رفته در این تحقیق، عملکرد سریع و آسان آن‌ها نسبت به سایر مدل‌ها است. افزایش دما و تابش در منطقه مورد مطالعه می‌تواند افزایش تبخیر و تعرق، کاهش بارش‌های برفی و افزایش بارش‌های رگباری و سیل‌آسا را در منطقه به دنبال داشته باشد که این امر همراه با کاهش بارش در سطح منطقه می‌تواند موجب کاهش ذخیره و تأمین منابع آبی را به دنبال داشته باشد. افزایش دمای حداکثر نیز می‌تواند باعث کاهش دوره رشد محصولات کشاورزی و در نتیجه کاهش عملکرد محصول شود همچنین با افزایش میانگین دمای حداقل عملکرد محصولاتی که در دوره رشد و محصول دهی نیاز به سرما دارد، کاهش می‌یابد. توجه به این نتایج کاهش ذخایر هیدرولوژیکی در دوره های آینده بر اثر افزایش شدت تبخیر و تعرق و کاهش بارندگی، تهدیدی غیرقابل انکار است. از جمله تمهیداتی که به کاهش اثرات ناگوار این تغییرات آب و هوایی می‌توان در نظر گرفت تقویت پوشش گیاهی منطقه جهت ذخیره و نفوذ باران به سفرهای آب زیرزمینی و ایجاد راهکارهای سازگار با شرایط آب و هوایی جدید توسط مسئولان و سیاست‌گذاران این حوزه است. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند کمک فراوانی به حل چالش‌های مدیران و برنامه‌ریزان منابع آب در دوره‌های آتی نماید. بنابراین، با توجه به این موضوع و نیز آگاهی از اثرات منفی مستقیم و غیر مستقیم تغییر اقلیم بر بخش‌های مختلف اعم از کشاورزی، منابع آبی، منابع طبیعی، محیط زیست، بهداشت، صنعت و اقتصاد، برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و راهبردی برای مدیریت شرایط جدید، امری اجتناب ناپذیر بوده، ضروری به نظر می‌رسد. در این بررسی ابتدا به بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی دما و بارش و تاثیرگذاری‌های آن‌ها بر میانگین عملکرد محصولات زراعی 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، تاثیر سناریوهای تغییر اقلیم بر الگوی کشت شهرستان بررسی شد. نتایج تحلیل رگرسیونی نشان داد که تغییر اقلیم اثر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب منطقه مورد بررسی دارد. در نهایت سناریوهای تغییر اقلیم در دوره کاشت تا برداشت هر محصول 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 اثرات این سناریوها بر عملکرد و الگوی کشت کنونی با کمک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت بررسی شد. نتایج نشان داد پارامترهای اقلیمی دما و بارش تاثیر معنی‌داری بر عملکرد محصولات منتخب دارد. همچنین با اعمال پیش‌بینی تغییرپذیری‌های اقلیم در مدل الگوی کشت همه محصولات منتخب در دوره‌های (۲۰۴۵–۲۰۱۱)، (۲۰۶۵–۲۰۴۶)، (۲۰۷۹–۲۰۶۶) و (۲۰۹۹–۲۰۸۰) بر اساس پیش‌بینی‌های مدل HasGEM3 تحت تاثیر سناریوهای مختلف اقلیمی قرار می‌گیرند. با توجه بـه نتایج به‌دست آمده در این بررسی و اثبات تاثیرگذاری پارامترهای اقلیمی بر عملکرد محصولات و همچنین پرهیز ناپذیر بودن رخداد تغییرپذیری‌های اقلیمی ضرورت دارد سیاست‌گزاران و تصمیم‌گیران بخش کشاورزی برای استفاده از اثرگذاری‌های مثبت و کاهش و رویارویی با اثر

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

گذاری‌های منفی این پدیده از پیش‌بینی‌های دوره‌های مورد بررسی اقلیمی در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های خود استفاده کنند. پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده افزون بر سناروهای اقلیمی، از سناریوهای اقتصادی مانند سیاست‌های قیمتی محصولات کشاورزی نیز جهت بررسی اثر تغییرات اقلیمی استفاده شود. هم‌چنین وارد کردن پیشرفت فن‌آوری نیز جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش برگرفته از رساله دکتری محمد جواد مهدی‌زاده دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی گرایش منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه زابل انجام شده است.

مشارکت نویسندگان: بخش‌های مختلف مقاله به‌طور مساوی توسط نویسندگان انجام و نگاشته شده است.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: این مقاله قسمتی از رساله دکتری محمد جواد مهدی‌زاده دانشجوی دکتری دانشگاه زابل است.

منابع

۱. بابائیان، ایمان، نجفی نیک، زهرا، زابل عباسی، فاطمه، حبیبی نوخندان، مجید، ادب، حامد، و ملبوسی، شراره. (۱۳۸۸). ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۳۹–۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHOG. *جغرافیا و توسعه*، ۷ (۱۶)، ۱۵۲–۱۳۵. **doi.org/10.22111/gdij.2009.1179**

۲. پناهی، حسین، اسمعیل دریجانی، نجمه. (۱۳۹۹). بررسی اثر گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی بر رشد اقتصادی، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*. ۲۲ (۱)، ۸۸–۷۹. **doi.org/10.30495/jest.2020.22073.3114**

۳. جهانگیر، محمدحسین، روزبهانی، فاطمه. (۱۴۰۱). تخمین بلندمدت تغییرات عوامل اقلیمی ایستگاهی تحت مدل CanESM2 (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک بروجرد). *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲ (۴)، ۵۲–۳۷. **doi.org/10.22098/mmws.2022.10479.1085**

۴. زهره‌وندی، حسن، خورشید دوست، علی محمد، ساری صراف، بهروز. (۱۳۹۹). چشم‌انداز تغییرات اقلیمی در غرب ایران بر اساس سناریوهای واداشت تابشی و ریزمقیاس گردانی مدل آماری SDSM. *جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱۰ (۴۱)، ۱۴–۱. **https://dorl.net/dor/20.1001.1.22286462.1399.11.1.1.5**

۵. شیردلی، عظیم، خانی تملیه، ذبیح‌الله، فخیمی، پریسا، خانی تملیه، سکینه، و میرعباسی نجف‌آبادی، رسول. (۱۴۰۱). ارزیابی تغییر اقلیم و اثرات آن بر عملکرد گوجه فرنگی در دشت ابهر. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲ (۱)، ۷۵–۶۳. **doi.org/10.22098/mmws.2022.9429.1041**

۶. کرامت‌زاده، علی، چیذری، امیرحسین، و شرزه‌ای، غلامعلی. (۱۳۹۰). نقش بازار آب در تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رهیافت برنامه‌ریزی اثباتی (PMP) (مطالعه موردی: اراضی پایین دست سد شیرین دره بجنورد). *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۴۲(۲)، ۴۴–۲۹. **https://journals.ut.ac.ir/article_23225_2329.html**

۷. نوفرستی، محمد. (۱۳۹۵). ریشه واحد و همجمعی در اقتصادسنجی. انتشارات رسا.

۸. ولیقلی‌زاده، علی. (۱۳۹۸). تبیین اثرات اقتصادی تغییرات اقلیمی در حیات جوامع انسانی. *فضای جغرافیایی*، ۱۹(۶۷)، ۱۹۸–۱۶۱. **http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-3412-en.html**

References

1. Babaeian, E., Nagafineik, Z., Zabolabasi, F., Habeibei, M., Adab, H., & Malbisei, S. (2009). Climate change assessment over Iran during 2010-2039 by using statistical downscaling of ECHO-G model. *Geography and Development*, 7(16), 135-152. doi.org/10.22111/gdij.2009.1179 [In Persian].
2. Bibi, F., & Rahman, A. (2023). An Overview of Climate Change Impacts on Agriculture and Their Mitigation Strategies. *Journal of Agriculture*, 13(8), 1508. https://www.mdpi.com/2077-0472/13/8/1508
3. Dwi Nugroho, A., Yoga Prasada, I., & Lakner, Z. (2023). Comparing the effect of climate change on agricultural competitiveness in developing and developed countries. *Journal of Cleaner Production*, 406: 137139. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623012970

[DOR: 20.1001.1.24235970.1403.12.2.9.4]

4. Farajzadh, Z., Ghorbanian, E., & Tarazkar, M. (2022). The shocks of climate change on economic growth in developing economies: Evidence from Iran. *Journal of Cleaner Production*, 372, 133687. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622032644
5. Fawzy, S., Osman, A. I., Doran, J., & Rooney, D. W. (2020). Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters*, *18*, 2069-2094. https://web.archive.org/web/20201104162926id_/https://pureadmin.qub.ac.uk/ws/files/215658230/Strategies.pdf
6. Howitt, R. E. (1995). Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77, 329-342. https://www.jstor.org/stable/1243543
7. Jahangir, M. H., & Rouzbahani, F. (2022). Long-term estimation of changes in station climate parameters under the CanESM2 model (Case study: Boroujerd synoptic station). *Water and Soil Management and Modeling*, *2*(4), 37-52. doi.org/10.22098/mmws.2022.10479.1085 [In Persian].
8. 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 (2), 29-44. https://journals.ut.ac.ir/article_23225_2329.html [In Persian].
9. Kwon, M., & Sungjang, H. (2019). Changes in Future Drought with HadGEM2-AO Projections. *Water*, 11, (2), 312.
10. Kwon, Minsung; Sung, Jang H. (2019). "Changes in Future Drought with HadGEM2-AO Projections" *Water*, 11 (2), 312.
11. Nguyen, N., Ozarska, B., & Fergusson, M. (2018). Comparison of two dye uptake measurement methods for dyed wood veneer assessment. European *Journal of Wood and Wood Products*, 76, 1757–1759 doi.org/10.1007/s00107-018-1344-6.
12. Nofarsti, M. (2015). The root of unity and collectiveness in econometrics. *Rasa Publications*.
13. Panahi, H., Esmaeel Darijani, D. N. (2020). Effects of global warming and climate changes on economic growth (case study: Iran provinces during 2002-2012). *Environmental Science and Technology, 22 (1), 88-79.* doi.org/10.30495/jest.2020.22073.3114 [In Persian].
14. Rezaie, H., Garebaghi, P., Khani Temeliyeh, Z., & Mirabbasi-Najafabadi, R. (2022). Monthly flow analysis of Sefidrood River using Chaos theory. *Water and Soil Management and Modelling*, *2*(1), 27-41. doi.org/10.22098/mmws.2021.9431.1043 [In Persian].
15. Semenov, M. A. (2007). Developing of high-resolution UKCUP02-based climate change scenarios in the UK. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144:127.
16. Shirdeli, A., Khani Temeliyeh, Z., Fakhimi, P., Khani Temeliyeh, S., & Mirabbasi-Najafabadi, R. (2022). Evaluation of climate change and its effects on tomato yield in Abhar Plain. *Water and Soil Management and Modelling*, *2*(1), 63-75. doi.org/10.22098/mmws.2022.9429.1041[In Persian].
17. Valigholizadeh, A. (2019). Explaining the Economic Impacts of Climate Change on the Life of Human Societies. *Geographic Space*, *19*(67), 161-198. http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-3412-en.html [In Persian].
18. Zohrevandi, H., Khorshid Dost, A. M., & Sari Saraf, B. (2021). Climate change perspective in western Iran based on radiation induction scenarios and micro-scaling of SDSM statistical model. *Geography (Regional Planning)*, 10(41), 1-14. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22286462.1399.11.1.1.5 [In Persian].