



<https://sppl.ui.ac.ir/?lang=en>

Spatial Planning

E-ISSN: 2476-3357

Document Type: Research Paper

Vol. 15, Issue 4, No.59, 2025, pp. 69- 90

Received: 06/06/2025

Accepted: 13/09/2025

Effects of Climate Change on Barley Yield in Isfahan Province

Abolghasem Bagheri *

Assistant professor, Department of Agriculture, Payam-e Noor University, Tehran, Iran
mmohsen55@pnu.ac.ir

Abstract

As climate change emerges as one of the most significant environmental and economic challenges of the 21st century, the agricultural sector—being highly climate-dependent—stands out as the most vulnerable to its effects. This study aimed to examine how climate change affected barley performance in Isfahan Province from 1996 to 2022. Using a mixed panel data approach, the research simultaneously assessed both technical and environmental factors influencing barley output over a 27-year period, incorporating spatial data from 19 counties. Operational data were sourced from the statistical reports of the Ministry of Agriculture Jihad, while climate data were obtained from the National Meteorological Organization. The final modeling was conducted using EViews12 software, employing the F-Limer and Hausman tests alongside the Generalized Least Squares (GLS) method. The results indicated that technical factors, such as labor, machinery, irrigation rates, and chemical fertilizer usage, positively and significantly impacted barley output. Conversely, increased rainfall had led to improved performance, while higher air temperatures had adversely affected yields. Additionally, the analysis confirmed that barley production exhibited increasing returns to scale. These findings suggested that food security and agricultural sustainability in Isfahan Province were seriously threatened by ongoing warming trends and declining rainfall in this arid and semi-arid region. Therefore, it is essential to implement climate adaptation strategies, develop efficient irrigation systems, and utilize resilient seeds and renewable energy sources to sustain agricultural productivity in the area.

Keywords: Barley Yield, Climate Change, Isfahan Province, Panel Data, Sustainable Agriculture.

Introduction

The agricultural sector is crucial for meeting the basic needs of societies and plays a vital role in economic development and food security programs. Among agricultural products, barley stands out as one of the most important crops for human consumption, livestock, and poultry. It ranks second only to wheat in terms of both cultivated area and production, with its output experiencing significant fluctuations over time due to economic, social, and climatic factors. Climate change poses a substantial risk to the agricultural sector as these changes can profoundly affect the production of agricultural products, food industries, and the overall value added by this

*Corresponding Author

Bagheri, A. (2025). The effects of climate change on barley yield in Isfahan Province. *Spatial Planning*, 15 (4), 69 - 90 .

2476-3357 © The Author(s).

Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).



10.22108/sppl.2025.145531.1852

sector. One of the key consequences of shifting weather patterns is their economic impacts. While nearly all economic sectors are influenced by climate, agriculture is the most climate-dependent with production affected by alterations in precipitation patterns, changes in planting and harvesting dates, temperature fluctuations, and evapotranspiration rates. The economic effects of climate change manifest through variations in yield, production, and supply of agricultural products, ultimately impacting food security. Additionally, long-term changes in climate parameters can significantly influence the farmers' profitability and income. Climate change also has a notable impact on water resources, which, in turn, affects agricultural production. In light of these considerations, the current study aimed to examine the impact of climate change on barley production with a particular emphasis on the geographical and climatic characteristics of the counties in Isfahan Province.

Materials & Methods

This study was classified as applied research based on its methodology. The necessary statistics and information were collected through documentary sources. Agricultural data were compiled from statistical tables and records provided by the Agricultural Jihad Organization of Isfahan Province for the years of 2006 to 2022. Additionally, data on rainfall and temperature were obtained from the Meteorological Organization of the province. The statistical population for this study consisted of 19 counties located in Isfahan Province, including Aran and Bidgol, Ardestan, Isfahan, Barkhor-e-Meimeh, Tiran and Karun, Khomeini Shahr, Khansar, Semrom, Shahreza, Fereydan, Fereydounshahr, Falavarjan, Kashan, Golpayegan, Lenjan, Mobarakeh, Naein, Najafabad, and Natanz. To investigate the climatic factors affecting barley production in Isfahan Province, the research model was fitted using the Generalized Least Squares (GLS) method and panel data within the EViews12 software environment.


Research Findings

The significance of the coefficients indicated that all were statistically significant at the 5% critical level. Additionally, the explanatory power of the model as represented by the R^2 value demonstrated that the explanatory variables accounted for approximately 87% of the variability in barley production per hectare. The F statistic obtained (149.21) further confirmed a good fit for the research model at a significance level of less than 1%. Since the model was specified in logarithmic form, the coefficient of each variable reflected its elasticity. Notably, the coefficient for irrigation showed a positive and significant effect on barley production, indicating that a 1% increase in irrigation led to a 0.22% increase in barley yield while assuming the all other factors remained constant. The coefficients for machinery, chemical fertilizer, and labor also exhibited positive and significant effects with barley yield increasing by 0.28, 0.24, and 0.27% for each 1% increase in these variables, respectively. Furthermore, the analyses of climatic variables revealed that temperature and precipitation had significant negative and positive effects on barley yield, respectively. Specifically, a 1% increase in temperature resulted in a 0.18% decrease in barley production per hectare, while a 1% increase in precipitation led to a 0.26% increase in production per hectare. The results also indicated that barley production in Isfahan Province exhibited increasing returns to scale with a scale elasticity of 1.09. This suggested that a simultaneous 1% increase in all variables resulted in a 1.09% increase in barley yield.

Discussion of Results & Conclusion

This study analyzed the effects of irrigation, capital (agricultural machinery), chemical fertilizers, seeds, and labor, as well as temperature and rainfall on barley production in the counties of Isfahan Province. The model's data demonstrated stability as confirmed by the panel data reliability test and a long-term relationship was established through the cointegration test. The F-Limer and Hausman tests indicated that the research model comprised panel data with fixed effects. Due to the presence of autocorrelation and heteroscedasticity, the Generalized Least Squares (GLS) estimation method was employed. The results revealed that capital, fertilizers, and labor positively influenced barley yield. In contrast, rainfall and temperature—acting as climate indicators—had a positive and negative effect on production, respectively. This underscored that while technical factors significantly impacted barley production, climate change also played a crucial role. Given the ongoing climate crisis and the escalation of global warming characterized by rising temperatures and declining precipitation trends in recent years the influence of climate on the future of agricultural production is critical. Further research in this area is essential. Additionally, since the increase in greenhouse gases—one of the primary contributors to global warming—adversely affects the production of temperature-sensitive crops like barley, it is recommended to facilitate a transition from fossil fuels to renewable energy sources, such as solar energy. Furthermore, considering the findings of this research and the lack of significance of the seed consumption variable, it is advisable to produce modified seeds that are resistant to climate stress on a large scale and ensure their availability to farmers. Lastly, comprehensive policies aimed at mitigating climate change should be implemented at the national level, including tree planting initiatives and protection of green spaces to reduce human-induced climate impacts.

اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد جو آبی در استان اصفهان

ابوالقاسم باقری* ، استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

mmohsen55@pnu.ac.ir

چکیده

در شرایطی که تغییر اقلیم به یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی قرن حاضر تبدیل شده است، بخش کشاورزی به‌عنوان بخش وابسته به اقلیم، آسیب‌پذیرترین حوزه در برابر این پدیده شناخته می‌شود. پژوهش حاضر با هدف تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد جو آبی در استان اصفهان طی دوره زمانی ۱۳۷۵ تا ۱۴۰۱ انجام شده است. این مطالعه با بهره‌گیری از روش داده‌های تابلویی ترکیبی، شامل اطلاعات مکانی از ۱۹ شهرستان و داده‌های زمانی در بازه ۲۷ ساله، به ارزیابی هم‌زمان متغیرهای فنی و اقلیمی تأثیرگذار بر تولید محصول جو پرداخته است. داده‌های اقلیمی از سازمان هواشناسی کشور و اطلاعات بهره‌برداری از منابع آماری وزارت جهاد کشاورزی گردآوری شد و مدل‌سازی نهایی با استفاده از آزمون‌های F لیمبر و هاسمن و روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS) در محیط نرم‌افزاری EViews 12 انجام گرفت. نتایج حاصل نشان داد متغیرهای فنی نظیر میزان آبیاری، مصرف کود شیمیایی، ماشین‌آلات و نیروی کار دارای تأثیر مثبت و معنادار بر عملکرد جو هستند. همچنین، افزایش دمای هوا منجر به کاهش عملکرد و افزایش بارش، موجب بهبود آن شده است. همچنین وجود بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس در تولید جو تأیید شد. یافته‌ها حاکی از آن‌اند که در اقلیم خشک و نیمه‌خشک استان اصفهان، تداوم روند گرمایش و کاهش بارندگی، تهدیدی جدی برای پایداری تولید و امنیت غذایی به‌شمار می‌رود؛ از این رو، اتخاذ راهبردهای سازگاری اقلیمی، توسعه سامانه‌های آبیاری کارآمد و بهره‌گیری از بذره‌های مقاوم و انرژی‌های تجدیدپذیر، ضرورتی انکارناپذیر برای حفظ بهره‌وری کشاورزی در این منطقه است.

واژه‌های کلیدی: عملکرد جو، تغییر اقلیم، استان اصفهان، داده‌های تابلویی، کشاورزی پایدار

*نویسنده مسئول

باقری، ابوالقاسم. (۱۴۰۴). اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد جو آبی در استان اصفهان، برنامه‌ریزی فضایی، ۱۵ (۴)، ۹۰-۶۹.



مقدمه

بخش کشاورزی منبع اصلی تأمین‌کننده نیازهای اصلی و اساسی جوامع بوده و بیشترین اهمیت را در برنامه‌های توسعه اقتصادی بر عهده دارد؛ در نتیجه، بخش کشاورزی تولید و عرضه مواد غذایی مورد نیاز جمعیت روزافزون کشورها و برقراری امنیت غذایی را به‌عنوان هدفی مهم، بر عهده دارد (صالح نیا و فلاحی، ۱۳۸۹).

در بین محصولات کشاورزی، جو یکی از غلات مهم زراعی در تأمین غذای انسان، دام و طیور است. این محصول پس از گندم، رتبه دوم را از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید در بین محصولات زراعی به خود اختصاص داده است (سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان، ۱۴۰۰). در کشور ایران، هرچند سابقه کشت جو، بسیار طولانی است؛ اما تولید این محصول طی دوره‌های مختلف و تحت تأثیر پدیده‌های اقتصادی، اجتماعی و شرایط متغیر آب‌وهوایی با نوسانات زیادی همراه بوده است (اسدپور و همکاران، ۱۳۹۴)؛ به‌ویژه، در عصر کنونی، استفاده بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و رشد جمعیت و فعالیت‌های فزاینده صنعتی، باعث بروز تغییر اقلیم در کره زمین شده است. افزایش رخدادهای آب‌وهوایی نظیر سیل، طوفان، امواج گرمایی، خشک‌سالی و غیره از عمده‌ترین آنها محسوب می‌شود (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۷). تغییر اقلیم به‌عنوان ریسک مهمی برای بخش کشاورزی شناخته می‌شوند؛ زیرا این تغییرات می‌تواند تأثیرات جدی بر تولید محصولات کشاورزی و صنایع غذایی و ارزش‌افزوده این بخش داشته باشد (Raihan & Tuspekova, 2022). به‌طور تقریبی، همه بخش‌های اقتصادی تحت تأثیر اقلیم قرار دارد؛ اما در این میان بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش به اقلیم است (Rosegrant et al., 2008)؛ به‌گونه‌ای که تولید محصولات کشاورزی تحت تأثیر تغییر اقلیم از راه تغییر در الگوی بارش، تغییر در تاریخ کاشت و برداشت، تغییر درجه حرارت و تبخیر و تعرق قرار می‌گیرد (Pearce, 1995; Lobell et al., 2011). اثرات اقتصادی تغییر اقلیم به‌صورت تغییر در عملکرد، تولید و عرضه محصولات کشاورزی و تأثیر آن بر امنیت غذایی آشکار می‌شود. ضمن اینکه تغییرات بلندمدت در پارامترهای اقلیمی، میزان سودآوری و درآمد کشاورزان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (change, 1995).

براساس گزارش‌ها هیئت بین‌المللی تغییر آب‌وهوا، منطقه خاورمیانه در آینده گرم‌تر و خشک‌تر می‌شود. مدل‌های برآورد تغییر آب‌وهوا نشان می‌دهند بارش موجود در منطقه خاورمیانه بیش از چهل میلی‌متر در سال کاهش می‌یابد (IPCC, 2023). ایران نیز به‌عنوان یکی از کشورهای این منطقه، با چالش‌های جدیدی مواجه خواهد شد. تغییر اقلیمی، بخش‌های اقتصادی کشور به‌خصوص بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (پناهی و اسمعیل درجانی، ۱۳۹۹). بر این اساس، در مطالعه جاری سعی شده است با تأکید بر موقعیت جغرافیایی و آب‌وهوایی شهرستان‌های استان اصفهان، تأثیر تغییر اقلیم بر میزان تولید جو، مورد بررسی قرار گیرد.

پیشینه نظری پژوهش

امروزه با اوج‌گیری فعالیت‌های انسانی، غلظت گازهای گلخانه‌ای افزایش یافته و باعث گرم‌شدن کره زمین و درنهایت، منجر به تغییراتی گسترده در آب‌وهوای جهان شده است (Janjua, 2014). تغییر اقلیم، یکی از موانع اصلی رشد اقتصادی و توسعه اجتماعی است (Stern, 2022). به خطر افتادن امنیت غذایی، افزایش فراوانی و شدت

بیماری‌ها و شکاف بین افراد ثروتمند و فقیر از دیگر پیامدهای آن است (Zhao & Liu, 2023). آب‌وهوا را می‌توان از اساسی‌ترین ساختار کره زمین دانست که تأثیر گسترده‌ای بر تمام جهان هستی و اقتصاد آن دارد. این تغییرات در بلندمدت عواقب جدی اقتصادی و اجتماعی در پی دارد و اثرات سوئی بر سیستم‌های زیست‌محیطی، کشاورزی، فعالیت‌های بشر و اقتصاد می‌گذارد (قهرمانی و قره‌خانی، ۱۳۸۹)؛ برای مثال، براساس گزارش‌های مجمع بین‌المللی تغییر اقلیم^۱ (IPCC) برای درجه حرارت مختلف گرمایش زمین در مطالعات مختلف، افزایش دمای کره زمین تا ۲ درجه سانتی‌گراد، خسارتی معادل ۱ تا ۷ درصد و تا ۳ درجه سانتی‌گراد، خسارتی معادل ۱ تا ۱۴ درصد بر تولید ناخالص داخلی به همراه دارد که پرداخت‌کننده بخش عمده آن کشورهای درحال توسعه به خاطر برخورداری از سطح پایین سرانه تولید ناخالص داخلی و فقر گسترده هستند (IPCC, 2014). افزایش دما به‌عنوان یکی از اثرات تغییر اقلیم از طریق تغییرات فیزیولوژیکی در گیاهان می‌تواند به کاهش عملکرد محصولات و تغییر در ترکیب محصولات منجر شود (Baul & Donald, 2015). علاوه بر این، افزایش دما می‌تواند باعث افت کیفیت محصولات شود که این موضوع نیز تأثیر منفی بر ارزش افزوده دارد (Ozdemir, 2022; Song et al., 2022). از طرف دیگر، تغییرات در الگوهای بارش، شامل افزایش خشک‌سالی در برخی مناطق و بارش‌های شدیدتر در دیگر مناطق به چالش‌های کمبود آب برای آبیاری منجر می‌شوند. شرایط خشک‌سالی ممکن است تأثیر محدودیت شدید بر آب موردنیاز برای آبیاری محصولات داشته باشد که به کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و کاهش ارزش افزوده این بخش می‌انجامد (Chandio et al., 2020).

شرایط آب‌وهوایی عامل تعیین‌کننده اصلی زمان، مکان و بهره‌وری تولید کشاورزی است (حسینی، نظری و عراقی‌نژاد، ۱۳۹۲). تأثیری که تغییرات اقلیمی برطرف عرضه در بخش کشاورزی دارد، از طریق تأثیر بر بهره‌وری، بازده و دسترسی به زمین و آب زراعی است (Huang et al., 2011). تغییرات اقلیمی می‌تواند از طریق کاهش بهره‌وری نیروی کار و سرمایه، بر تولید کل بخش کشاورزی، رفاه و کیفیت زندگی کشاورزان تأثیر بگذارد (Rahim & Borhan et al., 2013; Puay, 2017). با توجه به تحقیقات انجام‌شده تغییر اقلیم می‌تواند عامل اصلی کاهش عملکرد کشاورزی باشد (Zhao & Liu, 2023). کشاورزی یکی از بخش‌های مهم جامعه و تأمین‌کننده تولیدات غذایی جامعه است و با تأثیرپذیری از شرایط آب‌وهوای هر منطقه می‌تواند بر اقتصاد آن منطقه تأثیر بگذارد (واتقی و اسماعیلی، ۱۳۸۷). تغییر در عناصر اقلیمی از جمله دما و بارش و عوامل دیگر می‌تواند به‌طور مستقیم محصولات کشاورزی را تحت‌الشعاع قرار دهد و حتی فعالیت‌های انسانی و اقتصاد منطقه را دستخوش تغییرات کند (Isabel et al., 2020).

پیشینه تجربی پژوهش

در ارتباط با اثرات تغییر اقلیم بر تولیدات محصولات کشاورزی، مطالعاتی در داخل و خارج ایران انجام شده است. صالح‌نیا و فلاحی (۱۳۸۹) در پژوهش خود به بررسی و ارزیابی اثرات سیاست‌های قیمتی، عوامل محیطی و عوامل اقلیمی بر عملکرد گندم در استان خراسان رضوی و با استفاده از الگوی داده‌های تابلویی در دوره ۸۴-۱۳۷۱ پرداختند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد متغیرهای متوسط درجه حرارت حداقل، قیمت دوره قبل و بارندگی بهاره

^۱ . The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

به‌طور منحصربه‌فردی دارای اثرات مثبت و معنی‌دار و متغیر درجه - روز سرمائی نیز دارای اثر منفی و معنی‌دار بر عملکرد گندم بوده است.

نوروزیان و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی، تأثیر متغیرهای دما و بارش و سایر نهاده‌های کشاورزی شامل بذر، کود، سم و ماشین‌آلات را بر عملکرد محصول استراتژیک پنبه، ارزیابی کردند. نتایج آنها نشان داد افزایش دما در طول فصل رشد بر عملکرد پنبه اثر منفی می‌گذارد.

خالقی، بزازان و مدنی (۱۳۹۳) در مقاله خود تأثیر تغییر آب‌وهوا بر تولید بخش کشاورزی و سایر بخش‌ها و تولید ملی در ایران را بررسی کردند. در این مطالعه از الگوی اصلاح‌شده تقاضامحور در قالب ماتریس حسابداری اجتماعی (SAM)^۱ سال ۱۳۸۵ استفاده شد. نتایج نشان داد در اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی شده برای ایران در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵، تولید بخش کشاورزی ۵/۳۷- درصد کاهش می‌یابد. با توجه به روابط متقابل اقتصادی با بخش کشاورزی این اثر به‌صورت کاهش ۱/۶۴- درصد تولید بخش خدمات و ۲/۲۷- درصد تولید بخش ساختمان برآورد شده است. کاهش تولید ملی متناظر آن ۹/۵- درصد و کاهش درآمد عوامل تولید ۲۵/۵۴- درصد برآورد شده است.

اسدپورکردی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی اثرات اقلیمی بر تولید محصول استراتژیک جو ایران پرداختند. متغیرهای اقلیمی در این پژوهش انتشار سالانه CO₂ و مجموع بارش سالانه ایران است و متغیرهای سطح زیر کشت و مقدار بذر مصرفی به همراه سرمایه ثابت در ماشین‌آلات به‌عنوان شاخصی از فناوری انتخاب شدند. داده‌ها به‌صورت سالانه و برای یک دوره ۵۰ ساله و مدل با استفاده از الگوی خود رگرسیون با وقفه توزیعی برآورد شده است. نتایج این تحقیق نشان داد هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت متغیرهای اقلیمی به همراه سطح زیر کشت رابطه مثبت و معنی‌داری با تولید جو داشته و متغیرهای بذر و سرمایه ثابت در ماشین‌آلات معنی‌دار نشده است.

اسدپورکردی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از اطلاعات زراعی سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۷۱ و ۱۳۹۰-۱۳۹۱، به ارزیابی تأثیر متغیرهای اقلیمی بارش و دما به همراه متغیرهای فیزیکی کود، بذر، نیروی کار و ماشین‌آلات بر عملکرد پنبه‌آبی در ایران با استفاده از مدل رگرسیون با داده‌های ترکیبی پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد در کوتاه‌مدت متغیر دما به همراه متغیرهای فیزیکی شامل کود مصرفی، نیروی کار و ماشین‌آلات اثر مثبت و متغیر بذر، اثر منفی بر عملکرد داشته است. در بلندمدت تنها متغیر اقلیمی دما بر میزان عملکرد پنبه‌آبی به شکل غیرخطی تأثیر داشته است.

امیرنژاد و اسدپور (۱۳۹۶) در مطالعه خود به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم در ایران طی یک دوره پنجاه‌ساله با استفاده از مدل خودرگرسیون با وقفه توزیعی پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت متغیرهای اقلیمی به همراه سطح زیر کشت رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار با تولید گندم داشته و متغیرهای بذر و سرمایه ثابت در ماشین‌آلات معنی‌دار نشده است.

حلبیان و مؤذنی (۱۳۹۶) به بررسی میزان اثرگذاری پارامترهای اقلیمی از جمله بارش و دما بر عملکرد محصولات زراعی گندم و جو در بخش بن رود از توابع شرق اصفهان پرداختند. نتایج حاصل نشان داد با کاهش بارش و افزایش دما مقدار تولید کاهش می‌یابد.

^۱ Social Accounting Matrix (SAM) model.

کریمی فرد و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی تأثیر تغییرات اقلیم بر عملکرد محصولات گندم، برنج و جو در استان خوزستان بر مبنای داده‌های ترکیبی دوره ۱۳۹۲-۱۳۷۲ پرداختند. نتایج نشان داد تغییرات در شرایط آب‌وهوایی باعث کاهش در عملکرد گندم، برنج و جو به ترتیب به میزان ۰/۰۵ درصد، ۰/۰۳۲ درصد و ۰/۰۲۱ درصد شده است.

پناهی و اسمعیل درجانی (۱۳۹۹)، به بررسی اثر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی، در قالب یک الگوی اقتصادسنجی پانل با استفاده از تنوع سالانه دما و میزان بارش طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۰ برای تمام استان‌های ایران پرداختند. نتایج حاکی از آن است که دمای هوا رابطه منفی و معنادار و میزان بارش رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح ۵ درصد با رشد اقتصادی داشته است.

اکبری و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی و تبیین رابطه تغییر اقلیم و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو دیم در ایران پرداختند. در این راستا، داده‌های مورد نیاز از سازمان جهاد کشاورزی و سازمان هواشناسی کل کشور برای دوره زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ جمع‌آوری و با روش داده‌های پانل تحلیل شدند. بررسی اثرپذیری متغیرهای اقلیمی بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو نشان داد شاخص نمایه استاندارد بارش اثر منفی و معنی‌دار و کمینه دما اثر مثبت و معنی‌دار بر رشد بهره‌وری جو دیم دارد. همچنین، میزان رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو دیم در اثر تغییرپذیری‌های اقلیم به‌طور میانگین ۰/۰۸ درصد کاهش می‌یابد.

زارعی و همکاران (۱۴۰۱) در تحقیق خود به بررسی اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات گندم (آبی و دیم)، جو (آبی و دیم) و ذرت دانه‌ای با استفاده از تابع واکنش عملکرد در اقلیم و زیر اقلیم‌های کشور پرداختند. ایشان از داده‌های میانگین عملکرد کشت و تولید محصولات مورد بررسی، میانگین بارش، میانگین دما طی سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۴ استفاده کردند. نتایج نشان داد بیشترین ضریب واکنش عملکرد به بارش در اقلیم و زیر اقلیم نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک معتدل، خشک سرد، خشک گرم و خشک معتدل به ترتیب مربوط به گندم دیم، گندم آبی، گندم دیم، جو دیم، جو دیم و گندم دیم بوده است. افزون بر این، بیشترین ضریب واکنش عملکرد به دما در اقلیم و زیر اقلیم نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک گرم، نیمه‌خشک معتدل، خشک سرد، خشک گرم و خشک معتدل به ترتیب مربوط به گندم دیم، جو دیم، گندم آبی، گندم دیم، جو دیم و گندم دیم بوده است.

عربی و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر توسعه بخش کشاورزی ایران و رفاه خانوار و برنامه‌های دولت برای سازگاری با تغییر اقلیم پرداختند. در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از مدل تعادل عمومی محاسبه پذیر پویای بازگشتی^۱ (RDCGE) با استفاده از ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ استفاده شده است. نتایج نشان داد تغییر اقلیم، ارزش افزوده بخش کشاورزی و بخش صنعت و معدن را کاهش و ارزش افزوده بخش خدمات را افزایش و میزان رفاه خانوار را کاهش می‌دهد. همچنین براساس یافته‌ها، تغییر اقلیم منجر به کاهش ارزش افزوده اقتصاد ایران و رفاه خانوار خواهد شد.

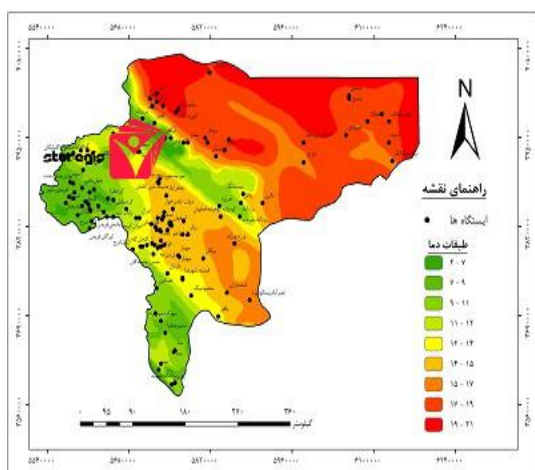
نیکلس به بررسی تغییرات آب‌وهوا روی عملکرد گندم در استرالیا پرداخت و نتیجه گرفت با افزایش یک درجه حرارت، عملکرد گندم به اندازه ۳ تا ۵ درصد افزایش می‌یابد (Nicholls, 1997). سلطانا با بررسی آسیب‌پذیری و

^۱ The Recursive Dynamic Computable General Equilibrium (RDCGE).

سازگاری تولید گندم به پدیده تغییر اقلیم در چهار ناحیه آب‌وهوایی پاکستان، نتیجه گرفتند افزایش درجه حرارت منجر به کاهش عملکرد محصول در نواحی خشک، نیمه‌خشک و نیمه مرطوب خواهد شد (Sultana, 2009).

جانجوا در مطالعه‌ای با عنوان تغییر اقلیم و تولید گندم در پاکستان به بررسی اثرات متغیرهای اقلیم بر تولید گندم پرداختند. نتایج نشان دادند تغییر اقلیم، تولید گندم در پاکستان را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد (Janjua, 2014). تکنوگیا و همکاران در مطالعه خود به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تولیدات محصولات کشاورزی در کشور ژاپن طی بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۶ با استفاده از داده‌های ترکیبی پویا پرداخته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد افزایش میانگین دما موجب کاهش تولیدات محصولات کشاورزی شده است (Tokunaga et al., 2015). مندلسن و وانگ به بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد سه محصول برنج، ذرت و گندم در کشور چین پرداختند. آنها دریافتند توابع نهاده‌ها نسبت به تغییر اقلیم، بسیار حساس بوده‌اند؛ به طوری که با تغییرات مطلوب اقلیمی، کشاورزان نهاده‌ها را افزایش داده‌اند (Mendelsohn & Wang, 2017). دی مدیرس و همکاران در مطالعه‌ای تأثیر عناصر اقلیمی در تولید نیشکر در ایالت پارابیا برزیل را از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ به روش تابع تولید با داده‌های تابلویی بررسی کردند. نتایج برآورد نشان داد متغیرهای بارندگی و دما به ترتیب اثرات معنی‌دار مثبت و منفی بر تولید داشته‌اند (DeMedeiros Silva et al., 2019).

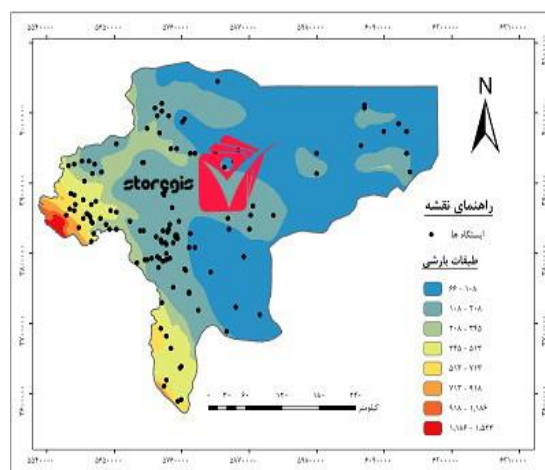
کادانالی و یالکینکایا اثرات تغییر آب‌وهوا بر رشد اقتصادی ۲۰ اقتصاد بزرگ جهان را در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ با استفاده از روش تابع تولید کاب - داگلاس بررسی کردند. شواهد به دست آمده از این مطالعه حاکی از آن است که اثر تغییرات آب‌وهوای بر رشد اقتصادی از نظر آماری منفی بوده است (Kadanaly & Yalcinkaya, 2020). لی در مطالعه‌ای به مرور مهم‌ترین عوامل اقلیمی تأثیرگذار بر تولید برنج و روش‌های اندازه‌گیری میزان تأثیر تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی در استان‌های ژاپن طی دوره ۲۰۲۰-۱۹۷۸ پرداخت. در این مطالعه از تابع تولید کاب - داگلاس با تحلیل داده‌های تابلویی برای توصیف رابطه بین عوامل تولید استفاده شد. براساس یافته‌های پژوهش، رابطه معکوس بین دما، بارش و سرعت باد بر تولید برنج وجود داشته است. در مقابل، مدت زمان تابش آفتاب بر تولید برنج، تأثیر مثبت داشته است (Li, 2023). چاما در مقاله خود، با استفاده از یک مجموعه داده تابلویی شامل ۴۳ کشور جنوب صحرای آفریقا از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۹، تأثیر تغییرات اقلیمی را بر تولیدات بخش کشاورزی بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهد تغییرات اقلیمی که با افزایش دما و کاهش بارندگی مشخص می‌شود، تأثیر مخربی بر تولیدات بخش کشاورزی داشته است (Chamma, 2024). براساس الگوهای ارائه شده در مطالعات پیشین که مبنای بسیاری از تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور است، پژوهش‌های متعددی در زمینه تأثیر تغییر اقلیم بر ارزش افزوده بخش کشاورزی انجام شده است؛ اما آنچه پژوهش حاضر را از سایر پژوهش‌ها متمایز می‌کند، بررسی عوامل تأثیرگذار اقلیمی بر عملکرد محصول جو در استان اصفهان، در چارچوب مدل‌های اقتصادسنجی و با استفاده از داده‌های تابلویی در شهرستان‌های مختلف این استان بوده است؛ بنابراین، پژوهش حاضر از نظر تمرکز منطقه‌ای با رویکرد جزئی‌نگر، کاربرد داده‌های تابلویی در سطح شهرستان در حوزه مطالعات اقلیم، استفاده از مدل GLS با دقت تخمین بالا و همچنین تحلیل بازدهی نسبت به مقیاس در تولید محصول جو دارای جنبه‌های نوآورانه است.



شکل ۳. میزان دما در استان اصفهان

(امیراحمدی و عباس‌نیا، ۱۳۸۹؛ حلییان و جهانگیری، ۱۳۹۴)

Figure3: Temperature in Isfahan Province



شکل ۴. میزان بارش در استان اصفهان

(امیراحمدی و عباس‌نیا، ۱۳۸۹؛ حلییان و جهانگیری، ۱۳۹۴)

Figure4: Amount of Precipitation in Isfahan Province

داده‌ها و متغیرهای مدل

پژوهش حاضر به لحاظ روش پژوهش از نوع پژوهش‌های کاربردی است. آمار و اطلاعات مورد نیاز پژوهش، به شیوه اسنادی جمع‌آوری شده است. بر این اساس، اطلاعات زراعی مورد نیاز از جداول آماری تنظیم شده و سالنامه‌های آماری ۱۴۰۱-۱۳۸۵ سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان و داده‌های مربوط به میزان بارندگی و دما از سازمان هواشناسی استان اصفهان گردآوری شده است. جامعه آماری این پژوهش شامل ۱۹ شهرستان‌های استان اصفهان است که از بین آنها ۱۹ شهرستان فعال در تولید جو آبی شامل (آران و بیدگل، اردستان، اصفهان، برخوار و میمه، تیران و کرون، خمینی شهر، خوانسار، سمیرم، شهرضا، فریدن، فریدونشهر، فلاورجان، کاشان، گلپایگان، لنجان، مبارکه، نائین، نجف‌آباد و نطنز) انتخاب شدند. به منظور بررسی عوامل تأثیرگذار اقلیمی بر تولید جو در استان اصفهان، مدل پژوهش با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته ۱ و داده‌های تابلویی ۲ در محیط نرم‌افزاری Eviews12 برآزش شد. داده‌های تابلویی در واقع ترکیبی از داده‌های مقطعی و سری زمانی است که در آن اطلاعات مربوط به داده‌های مقطعی در طول زمان مشاهده می‌شود.

در **جدول ۱**، متغیرهای به‌کاررفته در مدل و همچنین منابع داده‌ها معرفی شده است. از میانگین بارندگی و دمای سالانه شهرستان‌های مورد مطالعه به‌عنوان شاخص بارندگی و دما استفاده شد. در میان همه پارامترهای اقلیمی (مانند رطوبت، باد، ساعات آفتابی و ...)، دو متغیر دما و بارندگی بیشترین تأثیر و نوسان را دارند و معمولاً در داده‌های رسمی و بلندمدت از طریق سازمان‌های هواشناسی در دسترس هستند؛ بنابراین، انتخاب این دو شاخص، هم از نظر علمی و هم از نظر عملی، منطقی و قابل اتکا است. همچنین، در بیشتر مطالعات داخلی و بین‌المللی، دما و بارش به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی در تحلیل اثرات تغییر اقلیم به‌کار گرفته می‌شوند (IPCC, 2023).

¹ Generalized least Squares

² Panel Data

جدول ۱. متغیرهای مورد استفاده در مدل پژوهش

Table 1. Variables used in the research model

منبع	نماد	متغیر
سالنامه آماری سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان	Yb	تولید جو آبی در هکتار
سالنامه آماری سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان	Ir	آب مصرفی در هکتار
سالنامه آماری سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان	M	متوسط ساعات استفاده از ماشین‌آلات در هکتار
سازمان هواشناسی استان اصفهان	R	متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر)
سازمان هواشناسی استان اصفهان	T	متوسط دمای سالیانه (سانتی‌گراد)
سالنامه آماری سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان	F	متوسط مصرف کود شیمیایی در هکتار
سالنامه آماری سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان	S	متوسط مصرف بذر در هکتار
سالنامه آماری سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان	L	متوسط استفاده از نیروی کار در هکتار

داده‌های تابلویی

امروزه استفاده از داده‌های تابلویی در مطالعات اقتصادسنجی گسترش درخور ملاحظه‌ای یافته است؛ به طوری که از داده‌های تابلویی می‌توان برای مواردی که نمی‌توان مسائل را صرفاً به صورت سری زمانی یا برش‌های مقطعی بررسی کرد، بهره گرفت. برای اینکه در تخمین‌ها، رگرسیون کاذب ایجاد نشود، باید ابتدا از پایابودن متغیرها اطمینان حاصل کرد. آزمون لوین، لین و چو (LLC)^۱ برای بررسی پایایی متغیرها یا آزمون‌های ریشه واحد در داده‌های تابلویی است. برای تخمین مدل با داده‌های تابلویی، در ابتدا لازم است نوع داده‌های مدل رگرسیون از جهت تابلویی یا تلفیقی بودن مشخص شود که این کار با انجام آزمون اف لیمر صورت می‌گیرد. در نهایت برای انتخاب بین مدل‌های اثرات ثابت و اثرات تصادفی در داده‌های تابلویی، از آزمون تصریح هاسمن استفاده می‌شود (سوری، ۱۳۹۴).

از جمله فرض مهم کلاسیک در رگرسیون خطی این است که نخست، خودهمبستگی سریالی بین جملات اخلاص (پسماندها) وجود نداشته باشد و دوم، واریانس جملات اخلاص یکسان باشند. در صورت وجود خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی در مدل باید از روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS) استفاده کرد. در مدل GLS فرض می‌شود ماتریس کوواریانس خطاها که نشان‌دهنده خودهمبستگی و واریانس جملات اخلاص است، غیرقطری است. یکی از مزایای اصلی مدل‌های GLS این است که می‌تواند دقت تخمین‌ها را در مقایسه با مدل‌های OLS افزایش دهند. در شرایطی که داده‌ها به ویژه دارای مشکلات خودهمبستگی یا واریانس ناهمسانی باشند، استفاده از GLS می‌تواند باعث کاهش واریانس تخمین‌ها و بهبود دقت آنها شود (Green, 2003).

مدل پژوهش

در تبیین الگوی مورد برآورد با استفاده از مبانی تئوریک و همچنین مدل‌های معمول به کار گرفته شده در مطالعات تجربی پیشین (Li, 2023; Janjua et al, 2014; DeMedeiros Silva et al., 2019)؛ اسدپورکردی و همکاران، (۱۳۹۵)

^۱ Levin, Lin and Chui (LLC)

الگوی استفاده‌شده در پژوهش حاضر، به صورت رابطه ۱ است:

$$Y_{it}^b = f(Ir_{it}, M_{it}, T_{it}, R_{it}, F_{it}, S_{it}, L_{it}) \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه فوق؛ Y_b مقدار تولید جو (کیلوگرم در هکتار)، Ir متوسط آب مصرفی در هکتار (مترمکعب)، M متوسط ساعات استفاده از ماشین‌آلات در هکتار، T میانگین دمای سالانه (سانتی‌گراد)، R میانگین بارندگی (میلی‌متر)، F میزان مصرف کود شیمیایی (کیلوگرم در هکتار)، S میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) و L ساعات استفاده از نیروی کار در هکتار است. در این رابطه، i معرف شهرستان‌ها (۱۹ شهرستان) و t معرف دوره زمانی (۱۴۰۱-۱۳۸۵) است.

یافته‌های پژوهش

آزمون‌ها

خصوصیات آماری متغیرهای استفاده‌شده در مدل از نظر مانایی و احتمال وجود ریشه واحد در جدول ۲، بررسی شده است. مانایی متغیرها با آزمون پرکاربرد لوین، لین و چو، بررسی و نتایج حاصل از بررسی مانایی متغیرهای به‌کاررفته در مدل در جدول ارائه شده‌اند. نتیجه حاصل از بررسی مانایی متغیرهای به‌کاررفته در مدل نشان می‌دهد تمامی متغیرها به‌غیر از بذر مصرفی، در سطح مانا هستند؛ به این معنا که فرضیه صفر، مبنی بر نامانایی آنها یا وجود ریشه واحد در باقی‌مانده‌های رگرسیون در سطح رد می‌شود. متغیر بذر مصرفی با یک‌بار تفاضل‌گیری مانا شد. با توجه به احتمالات به‌دست‌آمده در آزمون فوق، فرضیه صفر رد می‌شود و متغیرهای مدل مانا هستند و رگرسیون حاصل از تخمین مدل کاذب نخواهد بود.

جدول ۲. نتایج حاصل از بررسی مانایی متغیرهای به‌کاررفته در مدل

Table2. Results from examining the stationarity of the variables used in the model

متغیرها	آماره (لوین-لین-چو)	احتمال	وضعیت پایایی
Y_b	-۸/۸۰۳۲	۰/۰۰۰۰	مانا
Ir	-۳/۶۴۶۹	۰/۰۰۰۰	مانا
M	-۶/۷۱۲۸	۰/۰۰۰۰	مانا
T	-۴/۴۰۵۱	۰/۰۰۰۰	مانا
R	-۴/۱۴۳۳	۰/۰۰۰۰	مانا
F	-۲/۳۵۹۲	۰/۰۰۹۲	مانا
$D(S)$	-۶/۶۹۶۱	۰/۰۰۰۰	مانا
L	-۲/۳۱۱۱	۰/۰۱۰۴	مانا

مأخذ: یافته‌های تحقیق

برای بررسی رابطه بلندمدت از آزمون هم‌انباشتگی داده‌های تابلویی استفاده می‌شود. در آزمون هم‌انباشتگی مسئله اساسی این است که اگرچه بسیاری از سری‌های زمانی اقتصادی دارای ریشه واحد هستند (عدم پایایی)، ممکن است ترکیب خطی این متغیرها در بلندمدت پایا باشد. آزمون هم‌انباشتگی کمک می‌کند روابط بلندمدت میان متغیرها شناسایی و برآورد شود. آزمون کائو از جمله آزمون‌های هم‌انباشتگی در داده‌های تابلویی است (نوفرستی، ۱۳۷۸). جدول ۳، نتایج آزمون کائو را برای داده‌های تابلویی نشان می‌دهد.

جدول ۳. نتایج آزمون هم‌انباشتگی کائو

Table3. Results of the Kao cointegration test

نوع آزمون	آماره آزمون	احتمال	نتیجه آزمون
آزمون کائو	۲/۹۲۱۴۸۵۱	۰/۰۰۰۰	وجود هم‌انباشتگی

مأخذ: یافته‌های تحقیق

در **جدول ۴**، ضرورت استفاده از داده‌های ترکیبی در برآورد مدل به وسیله آزمون F لیمر برای تعیین تجمعی یا تابلویی بودن مدل آزمون شده است. نتایج این آزمون، بیانگر عدم پذیرش فرضیه H_0 مبنی بر تجمعی بودن مدل و وجود ناهمگنی مقاطع است. به عبارت دیگر، نتایج این آزمون، حاکی از متفاوت بودن عرض از مبداهای مقاطع و مناسب بودن روش داده‌های تابلویی برای برآورد مدل است.

جدول ۴. نتایج آزمون F لیمر

Table4. Results of the F-limer test

Effect Test	آماره	درجه آزادی	P-value
Cross-section F	۷۲/۱۴۱۶	(۱۸/۲۷۵)	۰/۰۰۰۰
Cross-section χ^2	۵۳۰/۲۷۲۷	۱۸	۰/۰۰۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج آزمون هاسمن برای تعیین و انتخاب میان روش اثرات ثابت و تصادفی در **جدول ۵** آمده است. با توجه به مقدار آماره χ^2 و سطح معنی داری به دست آمده، فرضیه H_0 مبنی بر مناسب بودن اثرات تصادفی، رد می‌شود و بنابراین مدل اثرات ثابت، ترجیح داده می‌شود. بر این اساس، می‌توان اینگونه برداشت کرد که عواملی به جز متغیرهای تعریف شده (متغیرهای توضیحی)، بر میزان تولید جو در هر هکتار از اراضی شهرستان‌های مزبور، به طور متفاوت، اما با روند ثابت تأثیر گذارند.

جدول ۵. نتایج آزمون هاسمن

Table5. Hausman test results

Test Husman	آماره χ^2	درجه آزادی χ^2	P-value
Cross-section Random	۲۴/۵۳۶۴	۱۰	۰/۰۰۶۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بررسی فروض کلاسیک باعث می‌شود روش تخمین صحیحی انتخاب شود. بررسی خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی جملات اخلاص از جمله مهم‌ترین این فروض به شمار می‌رود. آزمون بریوش پاگان برای خودهمبستگی و آزمون LR برای واریانس ناهمسانی مورد بررسی قرار گرفته است (**گجراتی، ۱۳۷۷**). در واقع پس از تخمین اولیه مدل با روش OLS، برای بررسی فروض کلاسیک، آزمون‌های فوق برای تشخیص خودهمبستگی و ناهمسانی واریانس

بین واحدهای مقطعی انجام شد. نتایج هر دو آزمون حاکی از وجود خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی در مدل بودند ($P < 0.05$)؛ از این رو، به منظور رفع این نقایص و افزایش دقت آماری، مدل نهایی با استفاده از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS) برآورد شد. این روش با در نظر گرفتن ساختار واقعی خطاها، تخمین‌هایی سازگار و کاراتر نسبت به OLS ارائه می‌دهد. براساس نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۶، با توجه به مقدار آماره آزمون‌ها و سطح معنی‌داری، مدل با خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی مواجه است. بر این اساس، برای تخمین مدل، از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته استفاده شد.

جدول ۶. آزمون‌های فرض کلاسیک

Table 6. Tests of classical hypotheses

نتیجه آزمون	احتمال	آماره	نوع آزمون
وجود خودهمبستگی	۰/۰۰۰	۱۸/۴۱۵۴۳۲	آزمون برونش پاگان برای خودهمبستگی
وجود واریانس ناهمسانی	۰/۰۰۰	۲۱/۹۶۵۲۱۴	آزمون LR برای واریانس ناهمسانی

مأخذ: یافته‌های تحقیق

برآورد مدل پژوهش

مدل‌های GLS، یکی از روش‌های آماری پیچیده و قدرتمند است که به‌ویژه در تحلیل‌های اقتصادسنجی، تحلیل داده‌های تابلویی و سایر زمینه‌های آماری که در آنها مشکلاتی مانند خودهمبستگی یا واریانس ناهمسانی در داده‌ها وجود دارد، به کار می‌رود. این مدل‌ها به منظور اصلاح مشکلاتی مانند خودهمبستگی خطاها و واریانس غیرثابت در داده‌ها طراحی شده‌اند. نتایج نهایی تخمین الگوی مد نظر به روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۵، در جدول ۷ ارائه شده است.

در پژوهش حاضر، توابع ترانسلوگ، ترانسندنتال و کاب - داگلاس برآورد شدند که در نهایت، براساس معیار تعداد ضرایب معنی‌دار و مقدار آماره‌ی F محاسبه‌شده، تابع کاب داگلاس به‌عنوان تابع برتر انتخاب شد. نتایج برآورد این تابع به‌عنوان مناسب‌ترین مدل با توجه به معیارهای انتخاب تابع مناسب، در جدول ۷ ارائه شده است.

بررسی معناداری ضرایب نشان می‌دهد تمامی ضرایب از لحاظ آماری در سطح بحرانی ۵ درصد معنادارند. همچنین مقدار ضریب توضیح‌دهندگی مدل (R^2) نشان می‌دهد که متغیرهای توضیحی حدود ۸۷ درصد تغییرات تولید جو در هکتار را توضیح می‌دهند. آماره F به‌دست‌آمده (۱۴۹/۲۱) نیز بیانگر برازش خوب مدل پژوهش در سطح کمتر از یک درصد است. از آنجایی که مدل به‌صورت لگاریتمی به کار رفته است، ضریب هر متغیر نشان‌دهنده کشش آن متغیر خواهد بود. بر این اساس، ملاحظه می‌شود ضریب متغیر آبیاری اثر مثبت و معنادار بر تولید جو داشته است و بیانگر آن است با فرض ثابت بودن سایر عوامل، یک درصد افزایش در میزان آبیاری، افزایشی معادل ۰/۲۲ درصد در عملکرد جو را به همراه خواهد داشت.

جدول ۷. نتایج حاصل از برآورد مدل به روش GLS

Table 7. Results of model estimation using the GLS method

متغیرهای توضیحی	ضرایب تخمین	انحراف از معیار	آماره t	P-value
C	۹/۴۴۵۹***	۳/۳۰۳۷	۲/۶۴۸۴	۰/۰۰۰
lnIr	۰/۲۱۹۴***	۰/۰۷۰۱	۲/۹۵۰۰	۰/۰۰۳۴
lnM	۰/۲۸۰۸**	۰/۰۹۷۳	۱/۹۴۲۳	۰/۰۴۱۲
lnF	۰/۲۴۱۰**	۰/۱۰۴۹	۲/۱۵۵۰	۰/۰۳۲۲
lnS	۰/۲۰۲۴ ^{ns}	۰/۱۷۵۶	-۰/۸۳۵۵	۰/۴۲۱۲
lnL	۰/۲۷۴۴**	۰/۰۷۵۵	۲/۲۴۸۵	۰/۰۲۵۳
lnT	-۰/۱۸۷۴**	۰/۰۸۲۱	-۲/۲۵۸۰	۰/۰۲۴۷
lnR	۰/۲۶۱۲**	۰/۵۸۴۶	۲/۹۴۳۱	۰/۰۲۳۰
F آماره‌ی		P-value		R ²
۱۴۹/۲۱۳۶		۰/۰۰۰۰		۰/۸۷۶۸

***، ** و * به ترتیب معنادار در سطح یک، پنج و ده درصد

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ضریب تأثیر متغیرهای ماشین‌آلات، کود شیمیایی و نیروی کار نیز بر عملکرد جو مثبت و معناداری بوده است؛ به طوری که با افزایش یک درصد از این متغیرها، به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۲۴ و ۰/۲۷ درصد عملکرد جو افزایش می‌یابد. مطالعه‌ی اسدپور و همکاران (۱۳۹۵) و نوروزیان و همکاران (۱۳۹۲) نیز این موضوع را تأیید کرده است؛ به طوری که در این پژوهش‌ها نیز نهاده‌های فنی به عنوان ابزارهای کلیدی در افزایش عملکرد معرفی شده‌اند. در بین عوامل بررسی شده، تنها ضریب متغیر بذر مصرفی معنادار نشده است که با مطالعه اسدپورکردی و همکاران (۱۳۹۴) همسو بوده است. می‌توان نتیجه گرفت که تقریباً همه کشاورزان برای کاشت جو از میزان مشخصی بذر در واحد سطح استفاده کرده‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده، همه نهاده‌های بررسی شده در تابع عملکرد جو استان اصفهان، دارای کششی بین صفر و یک بوده‌اند که بر این اساس، مصرف این نهاده‌ها به شکل منطقی و در ناحیه دوم تولید بوده است. علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهد در تولید جو استان اصفهان بازده صعودی نسبت به مقیاس معادل ۱/۰۹ وجود دارد که بیانگر آن است با افزایش یک درصدی در کلیه متغیرها به طور هم‌زمان، عملکرد محصول جو، ۱/۰۹ درصد افزایش می‌یابد. براساس نتایج به دست آمده از بررسی متغیرهای اقلیم بر عملکرد جو، میزان دما و بارش به ترتیب اثر منفی و مثبت به شکل معناداری بر عملکرد جو داشته است؛ به طوری که در نتیجه یک درصد افزایش در میزان دما، تولید جو ۰/۱۸ درصد در هکتار، کاهش و در نتیجه یک درصد افزایش در میزان بارش، تولید جو ۰/۲۶ درصد در هکتار افزایش می‌یابد. یافته این پژوهش مبنی بر کاهش عملکرد جو با افزایش دما و کاهش بارندگی، با نتایج مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر اقلیم نظیر مطالعه کریمی‌فرد و همکاران (۱۳۹۷) و حلبیان و موذنی (۱۳۹۶) بر عملکرد گندم و جو، نوروزیان و همکاران (۱۳۹۲) بر عملکرد پنبه، Nicholls (1997) بر عملکرد گندم، Tokunaga (2015) بر تولیدات کشاورزی، DeMedeiros Silva et al. (2019) و Kadanaly (2020) بر عملکرد نیشکر و Li (2023) بر عملکرد برنج همسو است که در آنها نیز دمای بالا به عنوان عاملی منفی و بارندگی به عنوان عامل مثبت بر عملکرد غلات شناخته شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در عصر حاضر، تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از چالش‌های بزرگ جهانی، پیامدهای گسترده‌ای بر ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی جوامع انسانی به‌ویژه در بخش کشاورزی بر جای گذاشته است. کشاورزی، به‌عنوان بخشی کاملاً وابسته به شرایط اقلیمی، بیش از هر حوزه دیگری از نوسانات آب‌وهوایی تأثیر می‌پذیرد. پژوهش حاضر با هدف تحلیل اثرات تغییرات اقلیم بر تولید محصول استراتژیک جو در استان اصفهان، با بهره‌گیری از داده‌های تابلویی و روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته، گامی علمی و کاربردی در راستای شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد این محصول برداشته است. نتایج حاصل از برآورد مدل، گویای آن است که در میان نهاده‌های فنی، متغیرهای آبیاری، مصرف کود شیمیایی، نیروی کار و استفاده از ماشین‌آلات اثر مثبت و معناداری بر تولید جو داشته‌اند. تنها متغیر بذر مصرفی، اثر معناداری بر عملکرد نشان نداد که این موضوع می‌تواند ناشی از یکنواختی در میزان بذر مصرفی در سطح مزارع باشد. از نظر کشش تولید نسبت به نهاده‌ها، نتایج حاکی از بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس بود که این نشان می‌دهد هنوز ظرفیت‌های قابل توسعه‌ای در تولید جو در استان اصفهان وجود دارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مدیریت صحیح نهاده‌های تولید، نقش کلیدی در بهره‌وری و پایداری کشاورزی دارد. از سوی دیگر، تحلیل داده‌ها نشان داد که تغییر اقلیمی به‌ویژه افزایش دما و کاهش بارندگی، اثرات معنادار و چشمگیری بر تولید محصول جو در استان اصفهان داشته است. براساس تحلیل‌های آماری مشخص شد که افزایش دما اثری منفی و افزایش بارندگی اثری مثبت و معنادار بر عملکرد جو آبی داشته‌اند. به عبارت دیگر، افزایش دما به کاهش تولید و افزایش بارندگی به بهبود عملکرد این محصول منجر شده است. این نتیجه، ضمن تأیید حساسیت بالای محصول جو نسبت به متغیرهای اقلیمی، سیاست‌گذاران بخش کشاورزی در راستای تدوین برنامه‌های سازگار با اقلیم را ترغیب می‌کند.

در مجموع، پژوهش حاضر بر این نکته تأکید دارد که در کنار به‌کارگیری بهینه نهاده‌های فنی، مدیریت صحیح اثرات اقلیمی بر کشاورزی نیز باید در اولویت سیاست‌گذاری‌ها قرار گیرد. با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک استان اصفهان، گرم‌شدن هوا و کاهش بارش براساس روندهای افزایشی دما و کاهش بارش در سال‌های اخیر، می‌تواند به شدت امنیت غذایی، پایداری کشاورزی و تولید محصولات زراعی، به‌ویژه جو را با تهدید جدی مواجه کند. تغییر اقلیم، نه تنها یک پدیده زیست‌محیطی، یک چالش اقتصادی - اجتماعی جدی برای آینده کشاورزی محسوب می‌شود. بر این اساس و با توجه به بحران تغییر اقلیم، می‌توان اثرگذاری اقلیم برای آینده تولیدات بخش کشاورزی را مهم توصیف کرد و بررسی‌های بیشتر در این زمینه را پیگیری کرد؛ بنابراین، اتخاذ تدابیر راهبردی برای سازگاری با تغییر اقلیم امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. بر این اساس، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- توسعه سامانه‌های آبیاری کارآمد با توجه به شرایط کم‌آبی؛
- استفاده از بذرهای مقاوم به خشکی و گرما؛
- بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین کاربرد (انرژی خورشیدی) برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌جای سوخت‌های فسیلی؛

• حمایت‌های آموزشی و فنی از کشاورزان در راستای تطبیق با شرایط جدید اقلیمی؛

- تأکید بر اهمیت ترکیب مدیریت علمی منابع کشاورزی با راهبردهای اقلیمی؛
- لحاظ کردن تغییرات اقلیمی به عنوان یک عامل کلیدی در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت کشاورزی در سیاست‌گذاری‌های کلان و محلی.

این پژوهش با محدودیت‌هایی مانند عدم قطعیت در مدل‌های اقلیمی، کمبود داده‌های مزرعه، نادیده گرفتن ابعاد کیفی محصول و اثرات اجتماعی - اقتصادی کشاورزان مواجه بود. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از مدل‌های اقلیمی با لحاظ رویکردهای تلفیقی و ابعاد کیفی و رفتاری بهره‌برداران بهره گرفته شود.

منابع

- اسدپورکردی، مریم، امیرنژاد، حمید، و مجاوریان، سیدمجتبی (۱۳۹۴). بررسی اثرات بلندمدت و کوتاه‌مدت تغییر اقلیم بر تولید جو. دومین همایش یافته‌های نوین در محیط‌زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی.
<https://civilica.com/doc/411600>
- اسدپورکردی، مریم، امیرنژاد، حمید، و مجاوریان، سید مجتبی (۱۳۹۵). بررسی تأثیر بلندمدت و کوتاه‌مدت تغییر متغیرهای آب‌وهوایی بر عملکرد پنبه‌آبی. *اقتصاد کشاورزی*، ۱۰(۲)، ۱۱۱-۱۲۹.
<https://doi.org/10.22034/iaes.2016.19775>
- اکبری، سید محبوب اله، رضایی، اعظم، شیرانی بیدآبادی، فرهاد، و اشراقی، فرشید (۱۴۰۰). بررسی ارتباط تغییر اقلیم و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید جو دیم در ایران. *اقتصاد کشاورزی*، ۱۶(۱)، ۸۱-۹۷.
https://www.iranianjae.ir/article_252184.html
- امیراحمدی، ابوالقاسم، و عباس‌نیا، محسن (۱۳۸۹). ناحیه‌بندی آب‌وهوایی استان اصفهان با استفاده از روش‌های نوین آماری. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱(۱)، ۱۲-۲۳.
https://jargs.hsu.ac.ir/article_161259.html
- امیرنژاد، حمید، و اسدپور کردی، مریم (۱۳۹۶). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم ایران. *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۹(۳۵)، ۱۶۳-۱۸۲.
https://jae.marvdasht.iau.ir/article_2520.html
- بابائیان، ایمان، نجفی نیک، زهرا، زابل عباسی، فاطمه، حبیبی نوخندان، مجید، ادب، حامد، و ملبوسی، شراره (۱۳۸۷). ارزیابی تغییر آب‌وهوا شمال شرق ایران در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو. *مجله جغرافیا و توسعه*، ۱۶(۴)، ۴۱-۵۳.
<http://doi.org/10.22111/gdij.2009.1179>
- پناهی، حسین، و اسمعیل درجانی، نجمه (۱۳۹۹). بررسی اثر گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی بر رشد اقتصادی (مطالعه موردی: استان‌های ایران طی دوره ۱۳۹-۱۳۸۰). *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۲(۱)، ۷۹-۸۸.
<https://sid.ir/paper/360917/fa>
- حسینی، سید صفدر، نظری، محمدرضا، و عراقی‌نژاد، شهاب (۱۳۹۲). بررسی اثر تغییر آب‌وهوا بر بخش کشاورزی با تأکید بر نقش به‌کارگیری راهبردهای تطبیق در این بخش. *مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۴۴(۱)، ۲۱-۳۵.
<https://doi.org/10.22059/ijaedr.2013.36064>

حلبیان، امیرحسین، جهانگیری، ملیحه (۱۳۹۴). تعیین طبقات اقلیمی استان اصفهان به روش دمارتون با استفاده از GIS. کنفرانس بین‌المللی معماری، شهرسازی، عمران، هنر و محیط زیست، افق‌های آینده، نگاه به گذشته.

<https://civilica.com/doc/607526>

حلبیان، امیرحسین، و مؤذنی، سوسن (۱۳۹۶). اثر تغییر اقلیم بر میزان عملکرد گیاه گندم و جو (مطالعه موردی: دشت بن رود شهر اصفهان). چهارمین کنفرانس بین‌المللی علوم جغرافیایی. <https://civilica.com/doc/656271>

خالقی، سعیده، بزازان، فاطمه، و مدنی، شیما (۱۳۹۳). اثر تغییر آب‌وهوا بر تولید بخش کشاورزی و بر اقتصاد ایران (رویکرد ماتریس حسابداری اجتماعی). تحقیقات کشاورزی، ۷(۲۵)، ۳۱-۴۴.

https://jae.marvdasht.iau.ir/article_678.html

زارعی، نسیم، دوراندیش، آرش، بخشی، حسن علی، و صبوحی صابونی، محمود (۱۴۰۱). اثرگذاری‌های تغییر اقلیم بر عملکرد تولید محصول غلات عمده در ایران. اقتصاد کشاورزی، ۱۶(۲)، ۶-۲۲.

<https://doi.org/10.22034/IAES.2022.539359.1871>

سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان (۱۴۰۰). سالنامه آماری کشاورزی. معاونت آمار و اطلاعات.

<https://www.maj.ir>

سوری، علی (۱۳۹۴). اقتصادسنجی پیشرفته همراه با کاربرد Eviews و Stata. انتشارات نشر فرهنگ شناسی. صالح‌نیا، نرگس، و فلاحی، محمدعلی (۱۳۸۹). بررسی تأثیر عوامل اقلیمی و اقتصادی بر عملکرد گندم آبی با استفاده از الگوی داده‌های تابلویی. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴(۲)، ۳۷۵-۳۸۴.

<https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.3254>

عربی، مصطفی، لطفی‌پور، محمدرضا، قوامی، هادی، و کرامت‌زاده، علی (۱۴۰۲). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر توسعه بخش کشاورزی ایران و رفاه خانوار و برنامه‌های دولت برای سازگاری با تغییر اقلیم. مهندسی جغرافیای سرزمین، ۷(۴)، ۹۵۹-۹۷۷. <https://doi.org/10.22034/JGET.2023.297140.1331>

قهرمانی، نوذر، و قره‌خانی، ابودر (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در ایران. آبیاری و زهکشی ایران، ۴(۱)، ۳۱-۴۳. <https://www.magiran.com/p750137>

کریمی‌فرد، ساناز، مقدسی، رضا، یزدانی، سعید، و محمدی‌نژاد، امیر (۱۳۹۷). تأثیر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد محصولات کشاورزی در ایران (مطالعه موردی: استان خوزستان). فصلنامه اقتصاد کشاورزی، ۱۲(۲)، ۹۲-۱۱۰.

www.iranianjae.ir/article_32538.pdf

گجراتی، دامودار (۱۳۷۷). مبانی اقتصادسنجی (حمید ابریشمی، مترجم، ج. ۲). انتشارات دانشگاه تهران. نوروزیان، محمد، صبوحی، محمود، و پرهیزکاری، احمد (۱۳۹۲). تحلیل اقتصادی تغییر اقلیم بر عملکرد پنبه‌آبی در استان‌های منتخب. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱(۲)، ۷۳-۷۹. https://agrimet.ir/article_88221.html

نوفرستی، محمد (۱۳۷۸). ریشه واحد و هم‌جمعی در اقتصادسنجی. انتشارات رسا.

واتقی، الهه، و اسماعیلی، عبدالکریم (۱۳۸۷). بررسی اثر اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی ایران: روش ریکاردین (مطالعه موردی: گندم). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴۵)، ۲۵-۳۷.

<http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-952-fa.html>

References

- Agricultural Jihad Organization. (2021). *Agricultural statistics of Isfahan province*. <https://www.maj.ir> [In Persian]
- Akbari, S. M., Rezaei, A., Shirani Bidabadi, F., & Eshraghi, F. (2011). Studying the relationship between climate change and the growth of total factor productivity of rained barley production in Iran. *Agricultural Economics*, 16(1), 81-97. https://www.iranianjae.ir/article_252184.html [In Persian]
- Amirahmadi, A., & Abbasnia, M. (2010). Climatic zoning of Isfahan province using modern statistical methods. *Geographical Studies of Arid Regions*, 1(1), 12-23. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161259.html [In Persian]
- Amirnejad, H., & Asadpour kordi, M. (2017). Effects of Climate Change on Wheat Production in Iran. *Agricultural Economics Research*, 9(35), 163-182. https://jae.marvdasht.iau.ir/article_2520.html [In Persian]
- Arabi, M., Lotfipour, M. R., Ghavami, H., & Keramatzadeh, Al. (2023). Investigating the effects of climate change on the development of Iran's agricultural sector and household welfare and government programs for adaptation to climate change. *Land Geography Engineering*, 7(4), 959-977. <https://doi.org/10.22034/JGET.2023.297140.1331> [In Persian]
- Asadpour Kordi, M., Amirnejad, H., & Mojaverian, S. M. (2015). *Investigating the long-term and short-term effects of climate change on barley production*. The Second Conference on New Findings in Environment and Agricultural Ecosystems, Tehran. <https://civilica.com/doc/411600> [In Persian]
- Asadpourkordi, M., Amirnejad, H., & Mojaverian, S. M. (2016). Investigating the long-term and short-term effects of climate change on blue cotton yield. *Agricultural Economics*, 10(2), 111-129. <https://doi.org/10.22034/iaes.2016.19775> [In Persian]
- Babaiyan, I., Najafinik, Z., Zabolabbasi, F., Habibinokhandan, M., Adab, H., & Malbousi, Sh. (2008). Assessment of climate change in northeastern Iran during the period 2010 to 2039 using exponential downscaling of ECHO-G general atmospheric trend model data. *Journal of Geography and Development*, 16(4), 41-53. <http://doi.org/10.22111/gdij.2009.1179> [In Persian]
- Baul, T. K., & McDonald, M. (2015) Integration of Indigenous knowledge in addressing climate change. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 1(1), 20-27. <https://B2n.ir/gm9190>
- Borhan, H., Elsadig M. A., & Mizan, H. (2013). CO₂, quality of life and economic growth in East Asian. *Journal of Asian Behavioural Studies*, 3(8), 14-24. <http://dx.doi.org/10.21834/jabs.v3i6.237>
- Chamma, D. D. (2024). Climate change and economic growth in sub-Saharan Africa: an empirical analysis of aggregate and sector level growth. *Journal of Social and Economic Development*. <https://doi.org/10.1007/s40847-024-00377-x>
- Chandio, A. A., Jiang, Y., Rehman, A., & Rauf, A. (2020). Short and longrun impacts of climate change on agriculture: an empirical evidence from China. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12(2), 201-221. <http://dx.doi.org/10.1108/IJCCSM-05-2019-0026>
- Change, C. (1995). *Economic and Social Dimensions*. Cambridge University Press.
- deMedeiros Silva, W. K., de Freitas, G. P., Coelho Junior, L. M., de Almeida Pinto, P. A. L., & Abrahão, R. (2019). Effects of climate change on sugarcane production in the state of Paraíba (Brazil): a panel data approach. *Climatic change*, 154, 195-209. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02424-7>
- Ghahramani, N., & Gharekhani, A. (2010). Study of the temporal changes of wind speed in Iran. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 4(1), 31-43. <https://www.magiran.com/p750137> [In Persian]
- Green, W. (2003). *Econometric analysis*. New York University.
- Gujrati, D. (1998). *Fundamentals of Econometrics* (H. Abrishami, Trans.; Vol. 2). Tehran University Press. [In Persian]
- Halabian, A., & Jahangiri, M. (2015). *Determining the climatic zones of Isfahan province using the Demarton method using GIS*. International Conference on Architecture, Urban Planning, Civil Engineering, Art and Environment; Future Horizons, Looking Back., Tehran. <https://civilica.com/doc/607526> [In Persian]

- Halabian, A. H., & Moezani, S. (2017). *The effect of climate change on wheat and barley yield (Case study: Ban-Roud plain, Isfahan)*. The Fourth International Conference on Geographical Sciences, Shiraz. <https://civilica.com/doc/656271> [In Persian]
- Hosseini, S. S., Nazari, M. R., & Iraghinejad, Sh. (2013). Investigating the impact of climate change on the agricultural sector with emphasis on the role of applying adaptation strategies in this sector. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 44(1), 21-35. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2013.36064> [In Persian]
- Huang, H., von Lampe, M., & van Tongeren, F. (2011). Climate change and trade in agriculture. *Food Policy*, 36, S9-S13. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.10.008>
- IPCC. (2014). *The Fifth Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Working Group, I, Working Group II, and Working Group III.
- IPCC. (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Isabel, P., Fernando, H., José, C., Maria, F., Fernando, C., & Maria, M. (2020). Potential impacts of climate change on agriculture, A review. *Emirate Journal of Food and Agriculture*, 32(6), 397-407. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i6.2111>
- Janjua, P.Z., Samad, G., & Khan, N. (2014). Climate Change and Wheat Production in Pakistan; autoregressive distributed lag approach, NJAS – Wageningen. *Journal of Life Sciences*, 68, 13-19. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2013.11.002>
- Kadanaly, F., & Yalcinkay, E. (2020). Effects of Climate Change on Economic Growth: Evidence from 20 Biggest Economies of the World. *Journal for Economic Forecasting, Institute for Economic Forecasting*, (3), 93-118. <https://ideas.repec.org/arjr/romjef/vy2020i3p93-118.html>
- Karimifard, S., Maghdesi, R., Yazdani, S., & Mohammadinejad, A. (2018). The impact of climate variables on agricultural crop yields in Iran: A case study of Khuzestan Province. *Agricultural Economics*, 12(2), 92-110. www.iranianjae.ir/article_32538.pdf [In Persian]
- Khaleghi, S., Bazazan, F., & Madani, Sh. (2014). The impact of climate change on agricultural production and on the Iranian economy (social accounting matrix approach). *Journal of Agricultural Research*, 7(1), 31-44. https://jae.marvdasht.iau.ir/article_678.html [In Persian]
- Li, C. (2023). Climate change impacts on rice production in Japan: a Cobb-Douglas and panel data analysis. *Ecological Indicators*, 147, 110-128. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110008>
- Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042), 616-620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>
- Mendelsohn, R., & Wang, J. (2017). The impact of climate on farm inputs in developing countries agriculture. *Atmósfera*, 30(2), 77-86. <https://doi.org/10.20937/ATM.2017.30.02.01>
- Nicholls, N. (1997). Increased Australian wheat yield due to recent climate trend. *Journal of Nature*, 387, 484-485. <https://www.nature.com/articles/387484a0>
- Noferesti, M. (1999). *Unit Root and Cointegration in Econometrics*. Rasa Publications. [In Persian]
- Norouzian, M., Sabouhi, M., & parhizkari, A. (2013). Economic analysis of climate change on irrigated cotton yield in selected provinces. *Journal of Agricultural Meteorology*, 1(2), 73-79. https://agrimet.ir/article_88221.html [In Persian]
- Ozdemir, D. (2022). The impact of climate change on agricultural productivity in Asian countries: a heterogeneous panel data approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(6), 8205-8217. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16291-2>
- Panahi, H., & Esmaildarjani, N. (2019). Investigating the effect of global warming and climate change on economic growth (Case study: Iranian provinces during the period 2001-2018). *Environmental Science and Technology*, 22(1), 79-88. <https://sid.ir/paper/360917/fa> [In Persian]
- Pearce, W., Cline, R., Achanta, N., Fankhauser, S., Pachauri, K., Tol, J., & Vellinga, P. (1995). The Social Costs of Climate Change: Greenhouse Damage and the Benefits of Control. In P. Bruce, H. Lee, F. Haites (Eds.), *Climate Change 1995* (pp. 179-224) Economic and Social Dimensions, Cambridge University Press.
- Rahim, S., & Puay, T. G. (2017). The impact of climate on economic growth in Malaysia. *Journal of Advanced Research in Business and Management Studies*, 6(2), 108-119. <https://www.akademiabaru.com/submit/index.php/arbms/article/view/1225>

- Raihan, A., & Tuspekova, A. (2022). Dynamic impacts of economic growth, energy use, urbanization, tourism, agricultural value-added, and forested area on carbon dioxide emissions in Brazil. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 12(4), 794-814.
<https://doi.org/10.1007/s13412-022-00782-w>
- Rosegrant, M., Ewing, M., Yohe, G., Burton, I., Huq, S., & Valmonte-Santos, R. (2008). Climate Change and Agriculture Threats and Opportunities. *Federal Ministry for Economic Cooperation and Development*, 1–36. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20093167427>
- Salehnia, N., Fallahi, M. A. (2010). Investigating the effect of climatic and economic factors on irrigated wheat yield using panel data model. Case study: Khorasan Razavi Province. *Journal of Water and Soil*, 24(2), 375-384. <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.3254> [In persian]
- Song, Y., Zhang, B., Wang, J., & Kwek, K. (2022). The impact of climate change on China's agricultural green total factor productivity. *Technological Forecasting and Social Change*, 185, 122054. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122054>
- Stern, N. (2022). A Time for Action on Climate Change and a Time for Change in Economics. *Economics Journal*, 132(644), 1259–1289. <https://doi.org/10.1093/ej/ueac005>
- Sultana, H., Ali N., Iqbal M. M., & Khan, A. M. (2009). Vulnerability and adaptability of wheat production in different climatic zones of Pakistan under climate change. *Journal of Climatic Change*, 94, 123– 142. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9559-5>
- Suri, A. (2015). *Advanced econometrics with the use of Eviews and Stata*. (fourth edition). Farhangology Publishing.. [In persian]
- Tokunaga, S., Okiyama M., & Ikegawa M. (2015). Dynamic panel data analysis of the impacts of climate change on agricultural production in japan. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 49(2), 149-157. <http://dx.doi.org/10.6090/jarq.49.149>
- Vaseghi, E., & Esmaeli, A. (2008). Investigating the economic impact of climate change on Iran's agricultural sector: Ricardian method (case study: wheat). *Journal of Agricultural Sciences and Technologies and Natural Resources*, 12(45), 25-37. <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-952-fa.html> [In persian]
- Zarei, N., Doorandish, A., Bakhshi, H. A., & Sabohi Sabouni, M. (2013). The effects of climate change on the production performance of major cereal crops in Iran. *Agricultural Economics*, 16(2), 6-22. <https://doi.org/10.22034/IAES.2022.539359.1871> [In persian]
- Zhao, Y., & Liu, S. (2023). Effects of Climate Change on Economic Growth: A Perspective of the Heterogeneous Climate Regions in Africa. *Sustainability*, 15(9), 7136.
<https://doi.org/10.3390/su15097136>

