Golestan University

Journal of the Climate Change Research

Scientific Journal of Golestan University
Vol. 5, No. 20, Winter 2024

The Impact of Climate Change on Cereal Production and Food Security in Iran

Mahmoud Haji Rahimi[1]*, Fereshteh Sharifii[2], Mohammad Ali Asaadi[3]

[1] Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Kurdistan University, Kurdistan, Iran, Email: mhajirahimi@uok.ac.ir
[2] Master's Student, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Kurdistan University
[3] PhD Graduate in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-8-8
Accepted: 2024-9-24

Keywords:
ARDL model
Time series pattern
Climate change
Food security

ABSTRACT

The increasing global population and rising food demand have placed immense pressure on the environment, leading to increased exploitation of natural resources, pollution, and ultimately, climate change. This study aims to investigate the short-term and long-term impacts of climate change indicators on cereal production in Iran. To achieve this, an Autoregressive Distributed Lag (ARDL) model was estimated using annual time series data from 2000 to 2023. The estimation results revealed that cultivated area, precipitation, and chemical fertilizer consumption had a positive and significant impact on cereal production in Iran, both in the short and long run. While technological improvement did not significantly affect cereal production in the short term, they had a positive and significant impact in the long run, indicating the beneficial influence of mechanization and modern production methods. In contrast to technological change, the positive impact of energy consumption was significant in the short term but insignificant in the long term. More importantly, the results showed that increasing temperature and CO2 emissions, as indicators of climate change, had a negative and significant impact on cereal production in Iran, both in the short and long run. These findings serve as a serious warning about the detrimental effects of climate change on the country's food security. Based on the results, it is recommended that efforts to manage climate change in Iran be strengthened, and that the country actively participate in international efforts and agreements in this regard. Based on the results, it is recommended that, given the importance of land in ensuring food security and the challenges associated with the productivity of fragmented lands, policymakers should develop a comprehensive plan for land consolidation in agriculture. Additionally, further fragmentation of agricultural lands should be prevented to enhance productivity and sustainability of production, ensuring long-term production capacity.

Cite this article: Haji Rahimi, M., Sharifii, F., Asaadi, M.A. (2024). The Impact of Climate Change on Cereal Production and Food Security in Iran. Journal of the Climate Change research, 5 (20), 65-78.

©The author(s)
Publisher: Golestan University
Doi: 10.30488/CCR.2024.472319.1238

نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی

فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال پنجم/ شماره مسلسل بیستم/ زمستان ۱۴۰۳ / صفحات: ۷۸-۶۵

بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر روند تولید غلات و امنیت غذایی در ایران

محمود حاجی رحیمی[1*]، فرشته شریفی[2]، محمدعلی اسعدی[3]

[1] استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران، رایانامه: mhajirahimi@uok.ac.ir

[2] دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران

[3] فارغ التحصیل دکترای اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۳

واژه‌های کلیدی:
مدل ARDL
الگوی سری زمانی
تغییرات آب و هوایی
امنیت غذایی

چکیده

تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان و افزایش تقاضای روزافزون، فشار فزاینده‌ای بر محیط‌زیست وارد کرده که منجر به استفاده بیشتر از منابع طبیعی، آلودگی آب و هوا و در نهایت تغییرات اقلیمی شده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیرات کوتاه مدت و بلند مدت شاخص‌های تغییر اقلیم بر تولید غلات در ایران، انجام شد. برای این منظور، یک مدل خودرگرسیون برداری با وقفه توزیعی (ARDL) با استفاده از داده‌های سالانه سری زمانی طی دوره ۲۰۲۳-۲۰۰۰ برآورد شد. نتایج حاصل از تخمین مدل نشان داد متغیرهای سطح زیرکشت، میزان بارش و مصرف کود شیمیایی در بلندمدت و کوتاه‌مدت تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تولید غلات در ایران در طول دوره مورد مطالعه داشته‌اند. نتایج همچنین حاکی از عدم تأثیر معنی‌دار متغیر بهبود تکنولوژی بر تولید غلات در کوتاه‌مدت بود، اما در بلندمدت تغییر تکنولوژی و استفاده از روش‌های مکانیزه و نوین تولید تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تولید غلات داشته است. متغیر مصرف انرژی در کوتاه مدت تأثیر مثبت و معنی‌دار داشته و در بلند مدت معنی‌دار نبود. همچنین، نتایج نشان داد افزایش دما و انتشار CO_2 به عنوان شاخص‌های تغییر اقلیم، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت تأثیر منفی و معنی‌دار بر تولید غلات در ایران در طول دوره مورد بررسی داشته‌اند؛ که این نتایج می تواند به عنوان یک هشدار جدی در ظهور آثار مخرب تغییر اقلیم بر امنیت غذایی کشور در نظر گرفته شود. براساس نتایج، توصیه می‌شود با توجه به اهمیت زمین در تأمین امنیت غذایی و چالش‌های مرتبط با بهره‌وری اراضی قطعه‌قطعه‌شده، ضروری است سیاست‌گذاران طرحی جامع برای یکپارچه‌سازی اراضی کشاورزی تدوین کنند. همچنین، باید از تفکیک بیشتر زمین‌های کشاورزی جلوگیری شود تا بهره‌وری و پایداری تولید ارتقا یابد و توان تولید در بلندمدت حفظ شود.

استناد: حاجی رحیمی، محمود؛ شریفی، فرشته؛ اسعدی، محمدعلی (۱۴۰۳). بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر روند تولید غلات و امنیت غذایی در ایران. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۵ (۲۰)، ۷۸-۶۵.

Doi: 10.30488/CCR.2024.472319.1238

ناشر: دانشگاه گلستان

© نویسندگان.

مقدمه

جمعیت جهان در سال ۲۰۲۲ از مرز هشت میلیارد نفر گذشت و پیش‌بینی‌های سازمان ملل متحد حاکی از آن است که این رقم تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۹/۷ میلیارد نفر خواهد رسید (UN, 2023). این افزایش چشمگیر جمعیت، چالش‌های عمده‌ای را در زمینه تأمین غذا و حفاظت از محیط‌زیست ایجاد می‌کند. طبق پیش‌بینی برنامه هفتم توسعه کشور، جمعیت ایران در سال ۱۴۳۰ به ۱۰۵ میلیون نفر خواهد رسید که نیازمند تولید حدود ۱۸۰ میلیون تن غذا خواهد بود (لایحه برنامه هفتم توسعه، ۱۴۰۲). این افزایش تقاضا برای مواد غذایی، فشار زیادی بر منابع طبیعی و تولیدات کشاورزی کشور وارد می‌کند، به‌ویژه در شرایطی که تغییرات اقلیمی چالش‌های بزرگی را بر سر راه تولیدات کشاورزی ایجاد کرده است. (آهنی و افشارکاظمی، ۱۴۰۰). این رویکرد، منجر به استفاده گسترده‌تر از سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی کشاورزی و تخریب جنگل‌ها و مراتع می‌شود.

افزایش فعالیت‌های انسانی سبب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن شده است که نتیجه آن جذب بیشتر امواج فروسرخ و در نهایت، افزایش دمای کره زمین و تغییرات اقلیمی گسترده است (Janjua et al., 2014). این تغییرات اقلیمی اثرات متفاوتی بسته به مناطق جغرافیایی دارند و در برخی مناطق، از جمله ایران که در ناحیه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، تأثیرات منفی بیشتری برجای می‌گذارند (علیپور و همکاران، ۱۳۹۳). به‌دنبال این تغییرات، نیاز به ایجاد تعادل بین رشد اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست بیش از پیش احساس می‌شود. با توجه به افزایش تقاضای غذایی و فشارهای مضاعف بر منابع طبیعی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تلاش برای افزایش تولیدات کشاورزی نیز افزایش یافته است. این در حالی است که کشورهای فقیرتر بیشترین آسیب را از تغییرات اقلیمی تجربه می‌کنند، اگرچه کشورهای توسعه‌یافته نیز در برابر این تغییرات مصون نیستند (اخوان کاظمی و همکاران، ۱۳۹۸). در این میان، بخش کشاورزی علاوه بر نقش حیاتی در تأمین امنیت غذایی، می‌تواند از طریق کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و به‌کارگیری روش‌های پایدارتر، به بهبود وضعیت محیط‌زیست و کاهش ناامنی‌های غذایی کمک کند. این تلاش‌ها می‌تواند به ایجاد سیستمی پایدارتر در کشاورزی منجر شود که با کاهش فشار بر منابع طبیعی، امنیت غذایی جهانی را نیز تقویت می‌کند (Porfirio, 2018).

ایران به‌عنوان کشوری واقع در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان با چالش‌های فراوانی از جمله کمبود منابع آبی، نوسانات شدید دما و تغییرات الگوی بارش‌ها مواجه است. با وجود برخورداری از منابع عظیم انرژی، سرانه مصرف انرژی در کشور، به‌ویژه در بخش کشاورزی، حدود ۳ برابر میانگین جهانی است (World Bank, 2022). این میزان بالای مصرف انرژی، همراه با تلاش برای افزایش تولیدات کشاورزی، نیاز به توجه بیشتر به پیامدهای تغییرات اقلیمی و اتخاذ سیاست‌های مناسب برای حرکت به‌سوی توسعه پایدار را دوچندان کرده است (عباسی، ۱۳۹۴). از سوی دیگر، غلات نقشی کلیدی در تأمین امنیت غذایی و سبد مصرفی ایرانیان دارند. در چنین شرایطی، بررسی اثرات عوامل محیط‌زیستی بر تولید غلات در ایران اهمیتی ویژه دارد. ایران که در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد، بیشتر در معرض تشدید اثرات تغییرات اقلیمی است و شناسایی این اثرات بر تولید غلات به‌منظور پیشگیری از کاهش تولید و تضمین امنیت غذایی ضروری به نظر می‌رسد. عواملی همچون بارندگی، دما، انتشار دی‌اکسید کربن، مصرف انرژی، سطح زیرکشت، استفاده از کود و تکنولوژی، همگی بر عملکرد محصولات کشاورزی تأثیرگذار هستند. درک دقیق این اثرات می‌تواند به سیاست‌گذاران و کشاورزان کمک کند تا راهبردهای کارآمدی را برای افزایش بهره‌وری، کاهش آثار منفی محیط‌زیستی و تضمین امنیت غذایی تدوین و اجرایی کنند.

پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد غلات دارد، اما این

تـأثیرات مـی‌تواننـد متفـاوت و گـاه متنـاقض باشـند. مطالعات داخلی در ایران، مانند پژوهش‌های مـوززی و همکاران (۱۳۹۹)، جنت صادقی و همکـاران (۱۳۹۷) و امیرنژاد و اسدپور کردی (۱۳۹۶) عموماً نشان داده‌انـد که افزایش دما اثر منفی و افزایش بارش اثر مثبـت بـر عملکـرد محصـولات دارد، هرچنـد ایـن اثـرات بـرای محصولات دیم و آبی می‌تواند متفاوت باشد. همچنـین پژوهش‌های بین‌المللـی نیـز نتـایج مشـابهی را نشـان مـی‌دهنـد. پژوهش‌هـایی کـه توسـط Köprücü and Acaroğlu (2023)، Chandio et al. (2022)، Koondhar et al. (2021) و Chandio et al. (2020) در کشورهایی مانند ترکیـه، بنگـلادش و چـین انجـام شده، تأیید می‌کنند که عوامل اقلیمی مانند دما، بارش و انتشار CO_2، همچنین عوامل تولید مانند سـطح زیـر کشت، میـزان اسـتفاده از کودهـای شـیمیایی، میـزان مصـرف انـرژی در ماشـین آلـات و تجهیـزات تولیـد، تأثیرات متفاوتی بر عملکرد و تولید غلات دارند.

در پـژوهش شـایان‌مهـر و همکـاران (۱۴۰۰)، بـه بررسی تغییر اقلیم و پیامدهای آن بر امنیت غـذایی در منطقه خراسان با استفاده از مدل داده‌هـای ترکیبـی و رویکرد تابع تولید تصـادفی جاسـت و پـاپ پرداختنـد. نتایج نشان داد که که متغیرهای دمای بیشینه، دمـای کمینه و بارش اثر معنـی‌داری بـر عملکـرد محصـولات مـورد بررسـی دارد. همچنـین در خـارج کشـور نیـز می‌توان به مطالعـه Asfew &Bedemo (2022) اشـاره کرد که بـه بررسـی تـأثیر تغییـر آب و هـوا بـر تولیـد محصولات غلات در اتیوپی با استفاده از رویکـرد مـدل اتورگرسیو با وقفه توزیعی (ARDL) پرداختنـد. نتـایج حاصل از مدل وجود یک رابطه بلندمدت را بین تولیـد محصولات غلات، متغیرهای تغییر اقلیم (دما وبارش) و سایر متغیرهـای‌مسـتقل را توجیـه می‌کنـد. بـارش در بلندمدت و کوتاه‌مدت تأثیر مثبت و معنی‌داری برتولید محصولات غلات دارد، در حـالی کـه تغییـر دمـا تـأثیر منفی معنی‌داری دارد. در بلندمدت، تولیـد محصـولات غلا ت به طور مثبت و قابل توجهی تحت تـأثیر زمـین های زراعی، مصرف کود و انتشار دی اکسید کربن بود. در پژوهش Koondhar et al (2021)، به بررسی رشد سبز تولید غذای غلات تحـت محـدودیت‌هـای انتشـار کربن کشاورزی: بینش جدیدی از مدل‌های ARDL و VECMپرداختند. نتایج نشان داد که رابطه بلندمـدت و کوتاه‌مدت نشان می‌دهد که افزایش سـطح کاشـت و شاخص تولید غذا باعث افزایش تولید غلات مـی‌شـود. در حالی که انتشار کـربن کشـاورزی تنهـا اثـر منفـی قابل‌توجه کوتاه‌مدت را تأیید می‌کند.

جمع‌بنـدی مطالعـات انجام‌شـده در زمینـه تـأثیر تغییرات اقلیمی بر تولید غلات نشان می‌دهد کـه ایـن پدیده بـه‌طور کلـی اثـرات پیچیـده و چندگانـه‌ای بـر عملکرد این محصولات دارد. به‌طور کلی، افـزایش دمـا معمولاً با کاهش عملکرد غلات همراه اسـت، در حـالی که افزایش بارندگی می‌تواند اثرات مثبتی داشته باشـد. با این وجود، این اثرات می‌تواند برای محصولات دیـم و آبی متفاوت باشد. همچنین، سایر عوامل اقلیمی ماننـد انتشار دی‌اکسید کربن و شرایط تولیـدی نظیـر سـطح زیرکشت، مصرف کـود و انـرژی نیـز نقـش مهمـی در تعیین میزان تولید غلات ایفـا می‌کننـد. ایـن تنـوع در اثرات اقلیمی نشان‌دهنده پیچیدگی روابط بین اقلیم و تولید غلات است که نیازمند بررسی دقیق‌تر و جـامع‌تر است. با این وجود، خلأهـای پژوهشـی قابـل‌توجهی در این زمینه مشـاهده مـی‌شـود. اکثـر مطالعـات داخلـی به‌طور محـدود تنهـا بـه بررسـی یـک یـا دو جنبـه از تـأثیرات تغییـرات اقلیمـی پرداخته‌انـد. همچنـین، در سطح ملی و بین‌المللی، با وجود تنوع شرایط مکـانی و اقلیمی، کمتر به ارزیابی جـامع تـأثیر ترکیـب عوامـل مختلف مانند کـود، سـطح زیرکشـت، و تکنولـوژی بـر تولید غلات توجه شـده اسـت. پـژوهش حاضـر تلـاش می‌کند با ارائه تحلیلی جامع از تأثیرات کوتـاه‌مـدت و بلندمدت تغییرات اقلیمی بر تولید غلات در سطح ملی، تصویری کامل‌تر از این اثرات بر کشاورزی ایـران ارائـه دهد. این رویکرد، برآوردی کلـی از تـأثیرات اقلـیم بـر تولید غلات در کشور فراهم می‌کند که می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های کلان و برنامه‌ریزی‌های مرتبط با تغییرات اقلیمی در بخش کشاورزی باشد.

روش تحقیق

این پژوهش از داده‌های سری زمانی برای دوره ۲۰۲۳-۲۰۰۰ بهره می‌گیرد که از منابع معتبری همچون پایگاه اطلاعاتی بانک جهانی و مرکز آمار ایران استخراج شده‌اند. به منظور تحلیل روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرهای مستقل و عملکرد غلات، از رویکرد خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL[1]) که توسط Pesaran et al. (1999) معرفی شده، استفاده شد. این روش برای نمونه‌های با حجم کوچک، کارایی بالاتری نسبت به سایر روش‌های متداول اقتصادسنجی از خود نشان می‌دهد. مزیت قابل توجه رویکرد ARDL، امکان در نظر گرفتن وقفه‌های بهینه متفاوت برای هر متغیر در مراحل مختلف تخمین مدل است. علاوه بر این، برخلاف سایر روش‌های هم‌انباشتگی که مستلزم یکسان بودن درجه انباشتگی متغیرها هستند، روش ARDL قابلیت کاربرد برای متغیرهایی با درجات متفاوت انباشتگی را دارا می‌باشد. این ویژگی‌ها، انعطاف‌پذیری و کاربردپذیری بیشتری را در تحلیل روابط اقتصادی پیچیده فراهم می‌آورد (اسعدی و همکاران، ۱۴۰۱).

استفاده از رویکرد ARDL در این پژوهش، امکان بررسی دقیق‌تر اثرات متغیرهای مستقل بر عملکرد غلات را در افق‌های زمانی مختلف فراهم می‌سازد و به درک عمیق‌تری از پویایی‌های موجود در این حوزه منجر می‌شود. این تحقیق بر مبنای چارچوب نظری و مطالعه تجربی Köprücü & Acaroğlu (2023) استوار است که به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد غلات پرداخته‌اند. با استناد به این پژوهش و تطبیق آن با شرایط ایران، متغیرهای تأثیرگذار بر عملکرد غلات شناسایی و در مدل تحقیق گنجانده شده‌اند. بر این اساس، مدل مفهومی پژوهش به صورت زیر تبیین می‌شود:

$$Food = f(land, fert, tech, CO_2, ec, rain, temp) \quad (۱)$$

این مدل، ترکیبی از عوامل اقلیمی و تکنولوژیکی را در بر می‌گیرد که بر اساس مبانی نظری و شواهد تجربی، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد غلات دارند. استفاده از این چارچوب نظری و تجربی، ضمن تقویت پایه‌های علمی تحقیق، امکان مقایسه نتایج با مطالعات مشابه در سایر کشورها را نیز فراهم می‌آورد. واحد متغیرهای معادله (۱) در جدول (۱) بیان شده است و تمام متغیرها به‌صورت لگاریتمی وارد مدل شده اند. به‌طور کلی، انتظار می‌رود که افزایش سطح زیرکشت، مصرف کود شیمیایی و تکنولوژی، تأثیر مثبت و معناداری بر تولید غلات داشته باشند. از سوی دیگر، افزایش دما و انتشار دی‌اکسیدکربن ممکن است تأثیر منفی بر عملکرد غلات داشته باشند، در حالی که بارندگی به‌عنوان یک عامل کلیدی می‌تواند تأثیرات متنوعی داشته باشد که بسته به شرایط جوی و زمان، مثبت یا منفی است. با استفاده از لگاریتم طبیعی، مدل خطی را می توان به صورت زیر نوشت:

$$Lfood_t = \beta_0 + \beta_1(Lland)_t + \beta_2(Lfert)_t + \beta_3(Ltech)_t + \beta_4(Lco_2)_t + \beta_5(Lec)_t + \beta_6(Lrain)_t + \beta_7(Ltemp)_t + u_t \quad (۲)$$

در معادله (۲)، جزء u_t تأثیر سایر متغیرهای تأثیرگذار بر تولید غلات را نشان می‌دهد. برای ارزیابی اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت متغیرهای تعریف‌شده بر تولید غلات، می‌توان معادله (۱) را در قالب مدل ARDL به صورت معادله (۳) ارائه نمود:

$$\Delta(\ln food)_t = \beta_0 + \beta_1 (Lfood)_{t-i} + \beta_2 (Lland)_{t-i} + \beta_3 (Lfert)_{t-i} + \beta_4 (Ltech)_{t-i} + \beta_5 (Lco_2)_{t-i} + \beta_6 (Lec)_{t-i} + \beta_7(lrain)_{t-i} + \beta_8 (ltemp)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_I \Delta (Lfood)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_2 \Delta (Lland)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_3 \Delta (Lfert)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_4 \Delta (Ltech)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_5 \Delta (Lco2)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_6 \Delta (Lec)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_7 \Delta (lnrain)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \gamma_8 \Delta (lntemp)_{t-i} + u_t \quad (۳)$$

در معادله فوق، پارامترهای β ضریب پویایی کوتاه‌مدت و γ ضریب بلندمدت برای تولید غلات است. همچنین، Δ بیانگر تفاضل مرتبه اول و U_t نشانگر جمله اخلال مدل است که نشان‌دهنده سایر عوامل مؤثر بر میزان تولید غلات در نمونه تحت بررسی است.

۱. Autoregressive Distributed lag

جدول ۱: متغیرها، واحد اندازه‌گیری و منابع داده

کد	متغیرها	واحد اندازه‌گیری	منبع	اثر مورد انتظار بر تولید غلات
lnFood	تولید غلات (دیم و آبی)	تن متریک	بانک جهانی	
lnland	سطح زیرکشت غلات (دیم و آبی)	هکتار	بانک جهانی	+
lnfert	مصرف کود شیمیایی	کیلوگرم در هکتار	بانک جهانی	+
lntech	تکنولوژی	اسب بخار در هکتار	وزارت‌جهادکشاورزی	+
$lnCO_2$	انتشار دی‌اکسیدکربن بخش کشاورزی	کیلو تن	سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)	–
lnec	مصرف انرژی بخش کشاورزی	میلیون تن بشکه معادل نفت خام	وزارت‌جهادکشاورزی	+
lnrain	میانگین بارندگی	میلی‌متر	سازمان‌هواشناسی	+
lntemp	میانگین دما	درجه سلسیوس	سازمان‌هواشناسی	–

قبل از تخمین هر مدلی، بررسی وضعیت ایستایی متغیرها ضروری است. در این پژوهش، برای این منظور از آزمون‌های ریشه واحد دیکی‌فولر تعمیم‌یافته (ADF) و فیلیپس-پرون (PP) استفاده شده است. تعیین طول وقفه بهینه از طریق فرمول $(P+1)^k$ محاسبه می‌شود، که در آن P حداکثر وقفه بهینه و k تعداد متغیرهاست. برای انتخاب وقفه بهینه، معیارهای مختلفی از جمله شوارتز-بیزین (SBC)، آکائیک (AIC) و حنان-کوئین (HQC) وجود دارد. با توجه به حجم کم داده‌ها در این تحقیق، معیار شوارتز-بیزین (SBC) به عنوان معیار مناسب‌تر برای تعیین وقفه بهینه انتخاب شده است. پس از مشخص شدن وضعیت ایستایی متغیرها، آزمون وجود یا عدم وجود رابطه بلندمدت با استفاده از آزمون باند[1] که توسط Pesaran et al. (2001) معرفی شده، انجام می‌گیرد. فرضیه صفر این آزمون، عدم وجود رابطه بلندمدت میان متغیرهاست که به شرح زیر بیان می‌شود:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = 0 \quad (۴)$$
$$H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq \beta_6 = \beta_7 \neq 0$$

وقتی‌که وجود رابطه تعادلی بلندمدت اثبات گردید (رد فرضیه صفر)، در مرحله بعدی، مدل ARDL بلندمدت به‌صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود:

$$Lfood = \varphi_0 \sum_{i=0}^{p} \varphi_1 (Lfood)_{t-i} + \sum_{i=0}^{p} \varphi_2 (Lland)_{t-i} + \sum_{i=0}^{p} \varphi_3 (Lfert)_{t-i} + \sum_{i=0}^{p} \varphi_4 (Ltech)_{t-i} + \sum_{i=0}^{p} \varphi_5 (Lco2)_{t-i} + \sum_{i=0}^{p} \varphi_6 (Lec)_{t-i} + \sum_{i=0}^{p} \varphi_7 (Lrain)_{t-i} + \sum_{i=0}^{p} \varphi_8 (Ltemp)_{t-i} + \varepsilon_t \quad (۵)$$

مرحله آخر، بررسی رابطه کوتاه‌مدت بین متغیرها و محاسبه سرعت تعدیل عدم تعادل‌های کوتاه‌مدت در هر دوره برای رسیدن به تعادل بلندمدت است. مدل تصحیح خطا (ECM) برای متغیرهای این معادله به‌صورت زیر است:

$$\Delta(Lfood)_t = \lambda_0 + \sum_{i=1}^{p} \lambda_1 \Delta(Lfood)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \lambda_2 \Delta(Lland)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \lambda_3 \Delta(Lfert)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \lambda_4 \Delta(Ltech)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \lambda_5 \Delta(Lco2)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \lambda_6 \Delta(Lec)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \lambda_7 \Delta(Lrain)_{t-i} + \sum_{i=1}^{p} \lambda_8 \Delta(Ltemp)_{t-i} + \theta ecm_{t-1} + u_t \quad (۶)$$

در رابطه (۶)، λ_1 تا λ_7 ضرایب پویای کوتاه‌مدت مدل به بلندمدت، ecm باقیمانده[2] حاصل از برآورد رابطه بلندمدت و θ سرعت تعدیل (ضریب تصحیح خطا) است که سرعت تعدیل به تعادل بلندمدت را نشان

1. Bounds Test

2.Residual

می‌دهد و باید بین صفر و منفی یک بوده و ازنظر آماری معنی‌دار باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمون بررسی ریشه واحد در جدول (۲) ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که تمامی متغیرها به جز سطح زیرکشت و میانگین بارش، در سطح مانا نیستند. پس، آزمون تفاضل مرتبه اول مجدداً برای متغیرهای مدل انجام گردید که نتایج آن، حاکی از مانا بودن تمام متغیرها در تفاضل مرتبه اول است. این بدان معنی است که متغیرهای مربوطه تحت تأثیر یک وقفه قبل از دوره مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر، با توجه به اینکه مرتبه ایستایی متغیرها متفاوت بوده، مدل ARDL بهترین مدل برای برآورد در این زمینه می‌باشد. همچنین، تعیین وقفه بهینه به‌طور خودکار توسط نرم‌افزار ایویوز تشخیص داده شد.

جدول ۲. نتایج دیکی-فولر تعمیم‌یافته (ADF) و فیلیپ و پرون (PP) بر اساس آزمون ریشه واحد

متغیرها	ADF		PP		نتیجه
	سطح	تفاضل مرتبه اول	سطح	تفاضل مرتبه اول	
lnFood	-۲/۳۸	-۵/۸۴*	-۲/۴	-۷/۳۹*	I(1)
lnland	-۳/۵۹**	-۷/۵۵*	-۳/۶**	-۹/۸۸*	I(0)
lnfert	-۲/۰۵	-۷/۳۹*	-۲/۰۵	-۷/۳۵*	I(1)
lntech	۱/۶۸	-۶/۹۲*	۱/۵۸	-۶/۹۳*	I(1)
$lnCO_2$	-۰/۲۷	-۴/۴۸*	-۰/۲۸	-۴/۴۲*	I(1)
lnec	۱/۸۹	-۸/۱۶*	۱/۵۸	-۸/۳۲*	I(1)
lnrain	-۴/۲۸*	-۷/۱*	-۴/۲۷*	-۹/۸۸*	I(0)
lntemp	-۲/۵۹	-۵/۹۳*	-۲/۳۹	-۷/۴۴*	I(1)

مأخذ: یافته‌های تحقیق (* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده سطح معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد)

در این پژوهش، برای بررسی وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها، از آزمون تست باند استفاده شده که این آزمون توسط Pesaran et al (2001) ارائه شده است. نتایج حاصل از این آزمون در جدول (۳) ارائه شده است. از آنجایی که مقدار آماره F محاسباتی (۶/۳۴) بزرگتر از مقدار کرانه بالا است، فرض عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها با اطمینان ۹۹ درصد رد می‌شود؛ بنابراین، رابطه بلندمدت بین متغیرها وجود دارد.

جدول ۳: نتایج آزمون کرانه‌ها برای وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها

ارزش بحرانی	کران پایین I(۰)		کران بالا I(۱)		آماره F
	پسران	نارایان	پسران	نارایان	
٪۱	۳/۱۳	۳/۳۷	۴/۶۴	۴/۸۸	۶/۳۲
٪۵	۲/۶۱	۲/۷۸	۳/۵۷	۳/۹۲	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از تخمین پارامترهای بلندمدت مدل ARDL در جدول (۴) ارائه شده است. این نتایج به شرط بررسی رابطه بلندمدت و هم‌انباشتگی بین متغیرها است. براساس این نتایج، اثرات متغیرهای سطح زیرکشت (land)، سطح تکنولوژی (tech) و میانگین بارش (rain) بر تولید غلات در سطح ۱ درصد معنی‌دار و مثبت شد. نتایج تحلیل نشان می‌دهد که سطح زیرکشت و میزان بارندگی دو عامل کلیدی در

تولید غلات هستند. ضریب برآوردی برای متغیر زمین (سطح زیرکشت) با مقدار ۱/۰۴، بزرگترین ضریب در میان تمامی متغیرهاست. این یافته بیانگر اهمیت حیاتی گسترش سطح زیرکشت در افزایش تولید غلات است. به عبارت دیگر، افزایش یک درصدی در سطح زیرکشت، منجر به افزایش بیش از یک درصدی در تولید غلات می‌شود، که نشان‌دهنده بازده صعودی نسبت به مقیاس است. پس از سطح زیر کشت، بارندگی با ضریب ۰/۴۱ دومین عامل مؤثر بر تولید غلات است. که همسو با نتیجه Pickson & Boateng (2022) می‌باشد. این یافته‌ها اهمیت مدیریت منابع آب و زمین را در بهبود تولید غلات برجسته می‌کند و می‌تواند راهنمای مفیدی برای سیاست‌گذاری‌های کشاورزی باشد. به بیان دیگر، حصول این نتیجه مبنی بر نقش گسترده و مهم آب در رشد و نمو گیاهان است که با تأمین آب مورد نیاز گیاه، انجام فرآیندهای فتونستزی، انتقال املاح و مواد غذایی و همچین نقش آن در تنظیم دما بیشترین اثرگذاری را در مراحل رشد گیاهان دارد. که این نتایج همسو با نتایج Mwaura, Shoko et al (2019) and Okoboi (2014), Asfew and Bedemo (2022) و Koondhar (2021) می‌باشد.

لازم به ذکر است، دلایل متعددی برای اینکه چرا ضریب سطح زیرکشت بیشتر از بارندگی برآورد شده است، می تواند وجود داشته باشد. اولاً، افزایش سطح زیرکشت به‌طور مستقیم به افزایش تولید می‌انجامد و تأثیر آن حتی در شرایط مختلف اقلیمی هم پایدار است. در واقع، گسترش زمین‌های زیرکشت می‌تواند منجر به استفاده بیشتر از تکنولوژی‌های نوین و مدیریت بهتر منابع آب شود که در نهایت تولید را افزایش می‌دهد. ثانیاً، گرچه آب از عوامل کلیدی تولید است و تأثیرات آن در مناطق خشک ایران به‌طور مستقیم دیده می‌شود، اما باید توجه داشت که بارندگی به‌تنهایی ممکن است تحت تأثیر عوامل غیرقابل‌کنترل محیطی قرار گیرد، در حالی که مدیریت صحیح سطح زیرکشت قابلیت بیشتری برای بهبود تولید دارد. بنابراین، نتیجه‌گیری در مورد اینکه چرا اثر سطح زیرکشت از اثر بارندگی بزرگتر است، به دلیل تأثیر پایدارتر و قابل کنترل‌تر سطح زیرکشت است که نشان‌دهنده بازده صعودی نسبت به مقیاس در سیستم‌های کشاورزی ایران می‌باشد.

تکنولوژی نیز با ضریب مثبت و معنادار، سومین عامل مهم است که اهمیت به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته مانند ادوات مدرن کشاورزی، بذرهای اصلاح شده و سیستم‌های نوین آبیاری را نشان می‌دهد. این یافته‌ها بر ضرورت یک رویکرد چندجانبه برای افزایش تولید غلات تأکید می‌کنند، که شامل گسترش سطح زیرکشت، بهبود مدیریت منابع آب و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین کشاورزی است. همچنین نتایج حاصل از جدول مربوطه نشان می‌دهد که انتشار گاز دی‌اکسیدکربن (CO_2) اثر منفی بر تولید غلات در کوتاه‌مدت و بلندمدت داشته است. عمده ترین دلایل کاهش تولید غلات در اثر افزایش انتشار کربن‌دی‌اکسید را می‌توان به تغییرات فتوسنتزی گیاهان، افزایش تنش گرمایی، کاهش جذب عناصر غذایی، افزایش بیماری‌ها و آفات ناشی از افزایش حساسیت گیاهان نسبت داد (Garrett et al., 2016). این نتیجه هم‌راستا با نتایج Chandio et al (2020)، Eshete et al (2020)، Oureshi et al (2016), Adesete et al (2023), Sossou et al (2020) و Rusmayandi et al (2023) می‌باشد. شایان ذکر است، افزایش دی‌اکسید کربن به‌تنهایی می‌تواند اثر مثبتی بر فتوسنتز گیاهان داشته باشد، اما اثر منفی این گاز بر تولید غلات در این پژوهش ناشی از عوامل دیگری است که به‌طور غیرمستقیم از غلظت بالای دی‌اکسید کربن ناشی می‌شوند. این عوامل شامل تغییرات اقلیمی شدیدتر و بروز پدیده‌های اکستریم است. افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در جو منجر به گرم‌تر شدن زمین می‌شود، که به نوبه خود وقایع اکستریمی مانند خشکسالی‌های طولانی‌مدت، کاهش بارش، و افزایش دما را تشدید می‌کند.

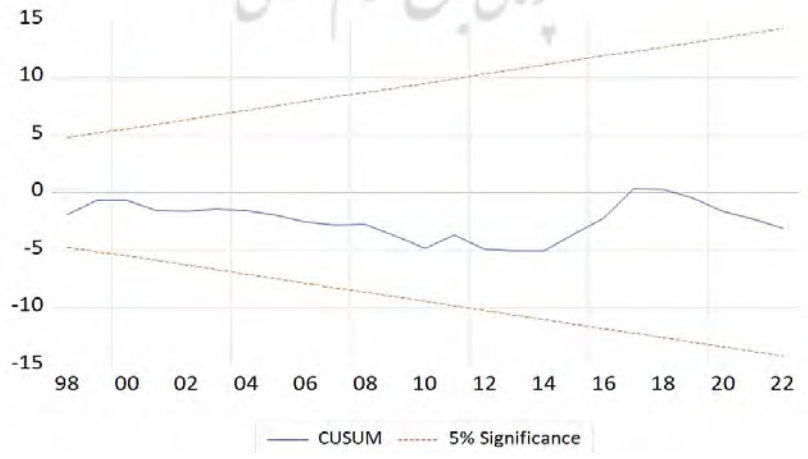
دیگر نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد، متغیر مصرف کود (fert) در سطح ۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار است. اثر مثبت مصرف کود بر تولید غلات عمدتاً به تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش عملکرد محصول و بهبود مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا

برمی‌گردد. در ایران، به دلیل کمبود حاصلخیزی خاک، استفاده از کودهای شیمیایی نقش مهمی در تأمین عناصر ضروری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم ایفا می‌کند، که برای رشد و توسعه بهینه گیاهان حیاتی هستند. این مساله به عنوان یکی از علل اصلی اثر مثبت و معنی‌دار مصرف کود در تولید غلات در ایران شناخته می‌شود (Massah and Azadegan, 2016).

متغیر مصرف کود (fert) در سطح ۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار بود. اثر مثبت کود بر تولید غلات ناشی از تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش عملکرد و مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا است. این نتیجه همسو با نتیجه Pickson & Boateng (2022) می‌باشد. اثر دما نیز بر تولید غلات منفی بوده که نتیجه ای مشابه مطالعات Warsame et al. (2021)، Chandio et al. (2022), Khan et al (2019) و Adesete et al (2023) داشته است. از جمله دلایل آن می‌توان به کاهش عملکرد محصولات که ناشی از خشکسالی است، افزایش آفات و بیماری‌ها در اثر بالا رفتن دما، تغییر الگوی بارندگی و افزایش تبخیر آب از خاک و گیاهان نسبت داد.

در این پژوهش بررسی مدل تصحیح خطا به منظور تعدیل عدم تعادل‌های کوتاه‌مدت به سمت تعادل بلندمدت در جدول (۴) انجام شده است. این عدم تعادل ناشی از اثر تأخیری متغیرهاست، زیرا برخی متغیرها ممکن است در کوتاه مدت با تأخیر اثرگذار باشند، در حالی که در بلندمدت، متغیرها اثر آنی و همزمان دارند. در بررسی نتایج این مدل، نتایج کوتاه مدت تقریباً هم جهت با نتایج بلندمدت است، با این تفاوت که در کوتاه مدت، اثر متغیرهای تکنولوژی و دما از نظر آماری بر تولید غلات معنی‌دار نبودند، در صورتی که این دو متغیر در بلندمدت اثر معنی داری داشتند. این امر می‌تواند ناشی از زمان لازم برای اثرگذاری این متغیرها بر تولید غلات باشد که در کوتاه مدت این اثر معنی دار نیست اما در بلندمدت معنی‌دار می شود.

ضریب تصحیح خطا (ECM) برابر با ۰/۲۸ بدست آمده است که نشان می‌دهد، در هر دوره، ۲۸ درصد از عدم تعادل تولید غلات در کوتاه مدت به سمت رابطه بلندمدت تعدیل می‌شود. این ضریب نشان می دهد که چه میزان از انحراف از تعادل بلندمدت در هر دوره تعدیل می شود. بنابراین، اثر یک شوک بر تولید غلات ۳ دوره زمان طول می‌کشد تا رابطه کوتاه مدت کاملاً در راستای رابطه بلندمدت قرار گیرد. تمامی پارامترهای برآوردی مدل تصحیح خطا در تفاضل مرتبه اول هستند، زیرا مدل تصحیح خطا بر پایه روابط تفاضلی استوار است. از آنجایی که در کوتاه مدت اثر متغیرها به صورت تأخیری ظاهر می شد، تمامی ضرایب برآوردی در کوتاه مدت کوچکتر از ضرایب بلندمدت هستند که این امر نیز ناشی از تفاوت در زمان اثرگذاری متغیرها در کوتاه مدت و بلندمدت است.

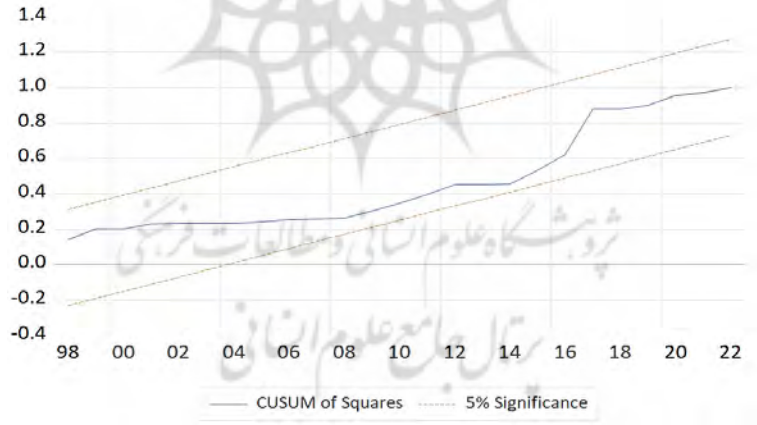


شکل ۱: مجموع تجمعی جملات پسماند بازگشتی (CUSUM) تابع تولید غلات

جدول ۴. نتایج تخمینی مدل ARDL (ضرایب بلندمدت و کوتاه مدت)

متغیرها	ضرایب	آماره t
برآورد ضرایب بلندمدت:		
C	۲/۰۵	۱/۹۱***
lnland	۱/۰۴	۵/۶۴*
lnfert	۰/۲۸	۲/۰۴**
lntech	۰/۲۲	۲/۹۷*
$lnCO_2$	-۰/۱۶	-۱/۹۸**
lnec	۰/۳۶	۱/۲۸
lnrain	۰/۴۱	۳/۲۶*
lntemp	-۰/۱۲	-۱/۸۲***
برآورد ضرایب کوتاه‌مدت:		
C	۱/۲۲	۱/۵
Δlnland	۰/۸۱	۳/۹۲*
Δlnfert	۰/۱۹	۳/۶۹*
Δlntech	۰/۱۴	۱/۳۲
$\Delta lnCO_2$	-۰/۱۳	-۲/۶۴**
Δlnec	۰/۲۸	۲/۴۴*
Δlnrain	۰/۳۲	۲/۳۷**
Δlntemp	-۰/۰۷	-۱/۴۱
ECM (-1)	-۰/۲۸۴	-۴/۶۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*، ** و *** به ترتیب معنی دار در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد)



شکل ۲: مجموع تجمعی مربعات جمالت پسماند بازگشتی (CUSUMQ) تابع تولید غلات

در این بخش برای بررسی ثبات مدل از آماره‌ها و نمودارهای مجموع پسماندهای بازگشتی (عطفی) استانداردشده (CUSUM) و مجموع تجمعی مربعات پسماندهای بازگشتی استانداردشده (CUSUMSQ) استفاده شده است. طبق توضیحات ارائه شده که بر پایه پژوهش بهمنی‌اسکویی و همکاران (۱۳۹۷) است، اگر نمودارهای CUSUM و CUSUMSQ یکی از باندهای طرفین را در سطح ۵ درصد قطع کنند، مدل از ثبات لازم برخوردار نخواهد بود. به بیان دیگر، این آزمون‌ها برای بررسی ثبات ضرایب رگرسیونی در طول زمان استفاده می‌شوند. اگر نمودارها از باندهای اطمینان خارج شوند، نشان می‌دهد که ضرایب در طول زمان ثابت نبوده‌اند و مدل از ثبات ساختاری برخوردار نیست. با توجه به نمودارهای شکل‌های (۱) و

(۲)، از آنجایی که هر دو نمودار در محدوده اطمینان قرار دارند و باندهای طرفین را قطع نکرده‌اند، نتیجه گرفته می‌شود که پارامترهای برآورد شده برای تابع تولید غلات در سطح ۵ درصد از ثبات ساختاری لازم برخوردار بوده و شکستی مشاهده نمی‌گردد. بنابراین، مدل به درستی تبیین شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

عوامل محیط زیستی مانند تغییرات اقلیمی، دما و میزان کربن دی‌اکسید تأثیر قابل توجهی بر عملکرد غلات دارند. این عوامل می‌توانند رشد، فتوسنتز، دوره رسیدگی و در نهایت میزان تولید محصولات کشاورزی را به طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تأثیر قرار دهند. در این راستا، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر عوامل محیط‌زیستی بر عملکرد غلات در ایران طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ انجام شده است. برای تحلیل داده‌ها، از مدل خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL) استفاده شده که امکان بررسی روابط کوتاه‌مدت و بلندمدت بین متغیرها را فراهم می‌کند. قبل از تخمین مدل، آزمون ریشه واحد با استفاده از روش‌های فیلیپس پرون و دیکی فولر تعمیم یافته انجام شده تا از مانایی متغیرها اطمینان حاصل شود. همچنین، پایداری ضرایب مدل با استفاده از آزمون‌های CUSUM و CUSUMQ مورد بررسی و تأیید قرار گرفته است. نتایج آزمون بانـد نشان داد که رابطه بلندمدت معناداری بین متغیرهای مورد مطالعه وجود دارد.

نتایج حاصل از تخمین مدل نشان داد متغیرهای سطح زیرکشت، میزان بارش و مصرف کود شیمیایی در بلندمدت و کوتاه‌مدت تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تولید غلات در ایران در طول دوره مورد مطالعه داشته‌اند. نتایج همچنین حاکی از عدم تأثیر معنی‌دار متغیر بهبود تکنولوژی بر تولید غلات در کوتاه‌مدت بود، اما در بلندمدت تغییر تکنولوژی و استفاده از روش‌های مکانیزه و نوین تولید تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تولید غلات داشته است؛ که نشان می‌دهد هرچند سرعت مکانیزاسیون و تغییر تکنولوژی در مجموع کند بوده اما در بلند مدت بر افزایش بهره‌وری و تولید غلات مؤثر بوده است. بر خلاف تغییر تکنولوژی، تأثیر مثبت متغیر مصرف انرژی در کوتاه مدت معنی دار و در بلند مدت فاقد معنی آماری بوده است، که نشان از مصرف بی رویه انرژی در تولید غلات در ایران دارد. مهمتر از این موارد، نتایج نشان داد افزایش دما و انتشار CO_2 به عنوان شاخص‌های تغییر اقلیم، هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت تأثیر منفی و معنی دار بر تولید غلات در ایران در طول دوره مورد بررسی داشته‌اند؛ که این نتایج می تواند به عنوان یک هشدار جدی در ظهور آثار مخرب تغییر اقلیم بر امنیت غذایی کشور در نظر گرفته شود.

براساس نتایج به‌دست‌آمده، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های مدیریت تغییرات اقلیمی در ایران تقویت و نهادینه شوند و کشور با مشارکت فعال‌تری در معاهدات بین‌المللی مرتبط با این موضوع همکاری کند. با توجه به تأثیرات منفی و معنی‌دار دی‌اکسیدکربن و دما بر تولید غلات، لازم است اقدامات مؤثری برای کاهش این اثرات منفی اجرایی شود. از جمله این اقدامات می‌توان به تدوین استانداردهای کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن، ترویج استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و گسترش همکاری‌های بین‌المللی اشاره کرد. همچنین، با توجه به نقش حیاتی زمین در تأمین امنیت غذایی و با توجه به اینکه زمین‌های کشاورزی قطعه‌قطعه‌شده، بهره‌وری لازم را ندارند، توصیه می‌شود سیاست‌گذاران طرحی جامع برای یکپارچه‌سازی اراضی کشاورزی تدوین کرده و از تفکیک زمین‌های کشاورزی بر اساس استانداردهای مربوطه جلوگیری کنند. از طرفی، به دلیل اهمیت آب در تولید غلات، سیاست‌گذاران باید برای کاهش خطرات مزارع دیم، به ویژه با توجه به تنوع الگوهای بارندگی در کشور، برنامه‌ریزی‌های مناسب را انجام دهند. ایجاد زیرساخت‌های آبیاری و تجهیز زمین‌های کشاورزی به سیستم‌های نوین آبیاری از جمله اقدامات ضروری در این زمینه است. به دلیل عدم دسترسی به داده‌های تفکیکی مربوط به انتشار دی‌اکسیدکربن در بخش

کشاورزی برای تولیدات آبی و دیم، امکان بررسی دقیق اثر تغییرات اقلیمی به تفکیک این دو نوع تولید فراهم نبود. لذا در تحقیقاتی آتی، پیشنهاد می‌شود که علاوه بر این تفکیک، نقش فناوری‌های مختلف در تولید غلات نیز بررسی شده تا نتایج قابل اعتمادتر و دقیق‌تری ارائه شود.

منابع

۱. اخوان کاظمی، م.، سادات حسینی، ت.، و بهرامی‌پور، ف. (۱۳۹۸). تحلیل تاثیر تغییرات اقلیمی بر امنیت بین‌المللی. نامه پژوهشی روابط بین‌الملل، ۱۲(۴۶)، ۹-۳۹.

۲. اسعدی، م. ا.، سلیمی، س.، و قادرزاده، ح. (۱۴۰۱). بررسی اثرات تغییرات ساختاری و رشد اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن در ایران: کاربرد مدل ARDL. انسان و محیط‌زیست، ۲۰(۴)، ۱۴۷-۱۶۳.

۳. امیرنژاد، ح.، و اسدپورکردی، م. (۱۳۹۶). اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم در ایران. تحقیقات اقتصاد کشاورزی ایران، ۹(۳۵)، ۱۶۳–۱۸۲.

۴. آهنی، م. و افشارکاظمی، م. (۱۴۰۰). تبیین جایگاه ایران در جهان بر اساس توسعه پایدار: رویکردی زیست‌محیطی. پایداری، توسعه و محیط‌زیست، ۲(۲)، ۳۵-۵۲.

۵. بهمنی‌اسکویی، م.، حالیچی‌اوغلو، ف.، و محمدیان، ا. (۱۳۹۷). بررسی اثرات نامتقارن تغییرات نرخ ارز بر تولید داخلی در ترکیه. تغییر و بازسازی اقتصادی، ۵۱، ۹۷-۱۱۲.

۶. جنت صادقی، م.، شاهنوشی‌فروشانی، ن.، دانشور کهکی، م.، دوراندیش، ا.، و محمدی، ح. (۱۳۹۷). ارزیابی عوامل موثر بر عملکرد محصولات کشاورزی استراتژیک (گندم و جو) در استان خراسان رضوی. اقتصاد کشاورزی، ۱۲(۲)، ۱۱۱-۱۳۴.

۷. شایان مهر، س.، شاهنوشی، ن.، صبوحی، م.، و رستگاری، ش. (۱۴۰۰). تغییر اقلیم و پیامدهای آن بر امنیت غذایی در منطقه خراسان. اقتصاد کشاورزی، ۱۵(۴)، ۹۵-۱۲۸.

۸. عباسی، ا. (۱۳۹۴). پیش‌بینی مصرف انرژی در بخش کشاورزی ایران. اقتصاد مالی، ۹(۳۲)، ۸۱-۱۰۲.

۹. علیپور، ا.، موسوی، ش.، و خلیلیان، س. (۱۳۹۳). ارزیابی انتشار دی‌اکسیدکربن حاصل از توسعه کشاورزی در ایران. اقتصاد کشاورزی، ۸(۱)، ۶۳-۸۱.

۱۰. معززی، ف.، یاری، غ. ر.، موسوی، ش. ح.، و باقری، م. (۱۳۹۹). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی در دشت همدان-بهار با تأکید بر بهره‌وری آب و امنیت غذایی. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۴(۳)، ۳۰۵-۳۲۳.

۱۱. قانون برنامه هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران. ۱۴۰۲.

12. Adesete, A.A., Olanubi, O.E., & Dauda, R.O. (2023). Climate change and food security in selected Sub-Saharan African Countries. *Environment, Development and Sustainability*, *25*(12), 14623-14641.

13. Asfew, M., & Bedemo, A. (2022). Impact of climate change on cereal crops production in Ethiopia. *Advances in Agriculture*, *2022*(1), 2208694.

14. Chandio, A. A., Jiang, Y., Fatima, T., Ahmad, F., Ahmad, M., & Li, J. (2022). Assessing the impacts of climate change on cereal production in Bangladesh: evidence from ARDL modeling approach. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 14(2), 125-147.

15. Chandio, A. A., Ozturk, I., Akram, W., Ahmad, F., & Mirani, A. A. (2020). Empirical analysis of climate change factors affecting cereal yield: evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*, 11944-11957.

16. Eshete, Z. S., Mulatu, D. W., & Gatiso, T. G. (2020). CO_2 emissions, agricultural productivity and welfare in Ethiopia. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12(5), 687-704.

17. Garrett, K. A., Nita, M., De Wolf, E. D., Esker, P. D., Gomez-Montano, L., & Sparks, A. H. (2021). Plant pathogens as indicators of climate change. In *Climate change* (pp. 499-513). Elsevier.

18. Janjua, P. Z., Samad, G., & Khan, N. (2014). Climate change and wheat production in Pakistan: an autoregressive distributed lag approach. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, *68*, 13-19.

19. Khan, A., Ali, S., Shah, S. A., Khan, A., & Ullah, R. (2019). Impact of climate change on maize productivity in Khyber

Pakhtunkhwa, Pakistan. *Sarhad Journal of Agriculture*, *35*(2), 594-601.

20. Koondhar, M. A., Udemba, E. N., Cheng, Y., Khan, Z. A., Koondhar, M. A., Batool, M., & Kong, R. (2021). Asymmetric causality among carbon emission from agriculture, energy consumption, fertilizer, and cereal food production–a nonlinear analysis for Pakistan. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *45*, 101099.
21. Köprücü, Y., & Acaroğlu, H. (2023). How cereal yield is influenced by eco-environmental factors? ARDL and spectral causality analysis for Turkey. *Cleaner Environmental Systems*, *10*, 100128.
22. Massah, J., & Azadegan, B. (2016). Effect of chemical fertilizers on soil compaction and degradation. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, *47*(1), 44-50.
23. Mwaura, F. M., & Okoboi, G. (2014). Climate variability and crop production in Uganda. *Journal of Sustainable Development*, *7*(2), 159-172.
24. Pesaran, H. M., Shin, Y. (1999). An autoregressive distributed-lag modelling approach to cointegration analysis. In: Strøm, S. (Ed.), Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: the Ragnar Frisch Centennial Symposium. Econometric Society Monographs. Cambridge University Press, Cambridge, 371–413.
25. Pesaran, H. M., Shin, Y., Smith. R. J. (2001). Bounds Testing Approaches To The Analysis Of Level Relationships, *Journal of Applied Econometrics, 16(*3), 289-326.
26. Pickson, R. B., & Boateng, E. (2022). Climate change: a friend or foe to food security in Africa?. *Environment, Development and Sustainability*, 1-26.
27. Porfirio, L. L., Newth, D., Finnigan, J. J., & Cai, Y. (2018). Economic shifts in agricultural production and trade due to climate change. *Palgrave Communications*, 4(1).
28. Rusmayandi, G., Hertini, E. S., Harahap, M. A. K., & Nugroho, R. J. (2023). Climate change, agricultural production, food security, and livelihoods of rural communities in rural districts: A qualitative approach. *West Science Interdisciplinary Studies*, *1*(03), 102-110.
29. Shoko, R. R., Belete, A., & Chaminuka, P. (2019). Maize yield sensitivity to climate variability in South Africa: application of the Ardl-Ecm approach. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, *54*(4), 363-371.
30. Sossou, S., Igue, C. B., & Diallo, M. (2019). Impact of climate change on cereal yield and production in the Sahel: case of Burkina Faso. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, *37*(4), 1-11.
31. UN. (2023). United Nations. Http:// www.un.org/en.
32. Warsame, A. A., Sheik-Ali, I. A., Ali, A. O., & Sarkodie, S. A. (2021). Climate change and crop production nexus in Somalia: an empirical evidence from ARDL technique. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(16), 19838-19850.
33. World Bank. (2022). World Development Indicators DataBank. https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators.
34. C:\Users\soleimani\Downloads\World Development Indicators | DataBank. https:\databank.worldbank.org\source\world-development-indicators

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی