Agricultural Economics and Development
Vol.31, No.122, Summer 2023

Research Paper

The Effect of Climatic Variables and the Role of Sanctions in Agricultural Production

A. Rajabalinejad [1], N. Nozari [2], B. Rahimi Badr [3]

Received: 4 October, 2022 Accepted: 13 February, 2023

Introduction: Over the last fifty years, on average, the world has seen one incident per day related to climate change, climate and water hazards, and the number of disasters and natural disasters around the world has increased fivefold. The agricultural sector is the most dependent on the climate, and climate changes in Iran with a hot and dry climate have had significant impacts on agricultural production systems.

Materials and methods : In this study, using the Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS) model of econometric method, the effects of climatic variables of temperature and precipitation and the amount of carbon dioxide (CO_2) emissions along with the effect of the sanctions on the total agricultural production of Iran during 1971-2019 and the variables of chemical fertilizer and cultivated area as well as the fixed capital in the machinery of the agricultural sector as an indicator of technology were investigated. According to the definition of climate change, which is a change in weather conditions over a period of time, using the FMOLS model can be beneficial in investigating this phenomenon.

1. PhD Student in Economics and Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2. Corresponding Author and Assistant Professor, Department of Economics and Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran (nnozari@kiau.ac.ir).
3. Assistant Professor, Department of Economics and Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

DOI: 10.30490/AEAD.2023.360203.1469

Results and Discussion: According to the results of this model, the concerned variables had significant relations with production. The climatic variable of average annual temperature had a non-linear relationship in the form of an inverted U with production. Similarly, the precipitation variable was found to have a non-linear, curve-shaped relationship with production. The physical variables of cultivated area, fertilizer, and production interruption had direct relations with the production. The CO_2 variable and the livestock variable of the sanctions had negative effects on the agricultural production of the country.

Conclusion: Considering the phenomenon of climate change and global warming, and the results of this research confirming the effectiveness of production in relation to climate variables (temperature and precipitation), the use of temperature-resistant cultivars and varieties is recommended as a useful and effective way of dealing with climate change. The sanctions variable had a negative effect on the agricultural production of the country, highlighting the importance of the effect of sanctions on the amount of agricultural production and its role in food security.

Keywords: *Agricultural Economics, Climate Change, Sanctions, Iran, CO_2.*

JEL Classification: Q1, Q5, Q54

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۱، شماره ۱۲۲، تابستان ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

اثر متغیرهای اقلیمی و نقش تحریم‌ها در میزان تولیدات زراعی ایران

عبدالله رجبعلی‌نژاد[۱]، نیو نوذری[۲]، بیتا رحیمی بدر[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۲۴/ ۱۱/ ۱۴۰۱

چکیده

در سال‌های اخیر، موضوع تغییرات آب‌وهوایی ناشی از گرمایش زمین به یک نگرانی عمده و چالش مهم در سراسر جهان مبدل شده، که نیازمند اقدام جامع و متقابل است؛ و در این میان، کشاورزی وابسته‌ترین بخش به اقلیم به‌شمار می‌رود. ایران، با توجه به اقلیم گرم‌وخشک آن، در خطر آسیب‌های جهانی این تغییرات بوده و تحریم‌های همه‌جانبه نیز بر بخش کشاورزی تأثیر داشته است. در پژوهش حاضر، با استفاده از مدل اقتصادسنجی حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS)، به بررسی اثرات متغیرهای اقلیمی دما و بارش و میزان انتشار دی‌اکسید کربن (CO_2) به‌همراه اثر تحریم بر کل تولیدات زراعی ایران طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۸ پرداخته و از متغیرهای کود شیمیایی و سطح زیر کشت و همچنین، از سرمایه ثابت در ماشین‌آلات بخش کشاورزی به‌عنوان شاخصی از فناوری استفاده شد. نتایج نشان داد که همه متغیرها اثر معنی‌دار بر تولید داشته‌اند و همچنین، متغیر اقلیمیِ متوسطِ دمای سالانه و مجموع بارش سالانه ارتباط

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد و مدیریت، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

۲- نویسندهٔ مسئول و استادیار گروه اقتصاد و مدیریت، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران. (nnozari@kiau.ac.ir)

۳- استادیار گروه اقتصاد و مدیریت، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

DOI: 10.30490/AEAD.2023.360203.1469

غیرخطی با تولید پیدا کرده و معنی‌داری آن به‌صورت U معکوس است. افزون بر این، متغیرهای کود و سطح زیر کشت اثر مثبت و متغیرهای دی‌اکسید کربن (CO_2) و اثر تحریم رابطه منفی بر کل تولیدات زراعی ایران داشته‌اند. از یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان در ارائه برنامه‌های راهبردی برای سیاست‌گذاران در مواجه با تغییرات اقلیمی سود جست که از آن میان، بر پایهٔ پیشنهادهای پژوهش حاضر، دولت می‌تواند به سرمایه‌گذاری بیشتر در مکانیزاسیون بخش کشاورزی و اعطای تسهیلات و اعتبارات با اولویت آموزش کشاورزان و نیز استفاده از ارقام و واریته‌های مقاوم به دما به‌صورت منطقه‌ای در برابر پدیده تغییر اقلیم بپردازد.

کلیدواژه‌ها: *تغییر اقلیم، کل تولیدات زراعی، تحریم، اقتصاد کشاورزی، ایران، دی‌اکسید کربن (CO_2).*

طبقه‌بندی JEL : Q1, Q5, Q54

مقدمه

بنا به تعریف هیئت بین‌دولتی تغییرات آب‌وهوایی[۱]، تغییر اقلیم عبارت است از «تغییر برگشت‌ناپذیر در متوسط شرایط آب‌وهوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلندمدت از اطلاعات مشاهده یا ثبت‌شده در آن منطقه مورد انتظار است» (IPCC, 2007). گرم شدن کره زمین می‌تواند از طریق تغییر در دما، دی‌اکسید کربن، رواناب، یخبندان، بارش و اثر متقابل این عناصر، تأثیرات قابل توجهی بر اقتصاد کشاورزی داشته باشد (Wani et al., 2020). تغییرات اقلیمی می‌تواند خطر طغیان را در مقیاس‌های بزرگ منطقه‌ای و زمانی به‌شدت تغییر داده و با تغییر در میزان بارندگی و دما که از مهم‌ترین ویژگی‌های تغییرات اقلیمی است، خطر وقایع غیرقابل پیش‌بینی و سیل را افزایش دهد (Guo et al., 2020). از این‌رو، تغییرات اقلیمی از چالش‌های مهم جهانی است که نیاز به اقدام جامع و متقابل دارد (FAO, 2022). این تغییرات اثرات مهمی بر بخش‌های مختلف اقتصادی از جمله بخش کشاورزی داشته است. بیان اثر تغییر اقلیم بر کشاورزی پیچیده است و افزایش سطوح دی‌اکسید کربن، تغییرات دما و تغییرات الگوی بارش می‌توانند اثرات مهمی بر کشاورزی جهانی بگذارند (Badalzadeh and Danesh Shahraki, 2014).

جهان در طول پنجاه سال اخیر، به‌طور متوسط، روزانه شاهد یک حادثه مرتبط با تغییرات آب‌وهوا، اقلیم و مخاطرات آب بوده و میزان بلایا و حوادث طبیعی در سراسر جهان پنج برابر شده است. در حال حاضر، تغییرات اقلیمی بر همه مناطق روی کره زمین به طرق مختلف از جمله فصول

۱- هیئت بین‌دولتی تغییرات آب‌وهوایی (تغییر اقلیم)Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ؛ سازمانی وابسته به سازمان ملل متحد برای ارزیابی علوم مرتبط با تغییرات آب‌وهوایی.

گرم طولانی‌تر و فصول سرد کوتاه‌تر، تأثیر گذاشته است و در دهه‌های آینده، این روند افزایش خواهد یافت (WMO, 2021).

کشور جمهوری اسلامی ایران دارای اقلیم گرم‌وخشک غالب است و در بسیاری از مناطق زراعی، در شرایط کم‌آبی و تنش آبی قرار داشته و این در حالی است که بخش کشاورزی ایران بیش از هشت درصد تولید ناخالص داخلی (GDP) را در اختیار دارد (MAJ, 2020). ایران، به‌دلیل ساختار بوم‌شناختی خاص خود، بیش از سایر اقلیم‌ها نسبت به تغییرات محیطی حساس است و آسیب‌پذیری بیشتری دارد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که در این مناطق، وقوع تغییرات اقلیمی اثرات قابل ملاحظه بر نظام‌های تولید کشاورزی به‌همراه داشته باشد (Amirnejad and Asadpour Kordi, 2017).

کشاورزی یکی از بخش‌های مهم اقتصادی جامعه جهانی است و تغییرات آب‌وهوا تأثیری عمیق بر زیست‌بوم‌های کشاورزی و تهدیدهای جدی برای امنیت غذایی، سلامت انسان و حفاظت از محیط زیست دارد. تقریباً همهٔ بخش‌های اقتصادی از اقلیم تأثیر می‌پذیرند، اما بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش به اقلیم است (Sivakumar, 2021). اهمیت تغییرات آب‌وهوایی در بخش کشاورزی بیش از بخش‌های دیگر است، چراکه با اوج‌گیری فعالیت‌های انسانی، غلظت گازهای گلخانه‌ای افزایش یافته، باعث گرم شدن کره زمین و در نهایت، تغییرات وسیع در آب‌وهوای جهان خواهد شد. این تغییرات ممکن است با توجه به هر منطقه، اثرات مثبت، خنثی و حتی منفی بر بخش کشاورزی داشته باشد (Janjua et al., 2014). انتشار مداوم گازهای گلخانه‌ای باعث گرم شدن بیشتر و تغییرات در سامانهٔ آب‌وهوایی خواهد شد و تهدید جدی برای امنیت غذایی، سلامت انسان و حفاظت از محیط زیست پدید می‌آورد (Sivakumar, 2021). بهره‌وری کشاورزی، از طریق تغییر در الگوی بارش، تغییر در تاریخ کاشت و برداشت، افزایش درجه حرارت و نیز تبخیر و تعرق، از تغییر اقلیم تأثیر می‌پذیرد. اثرات اقتصادی تغییر اقلیم به‌صورت تغییر در عملکرد، تولید و عرضه محصولات کشاورزی و تأثیر آن بر امنیت غذایی و همچنین، تغییرات بلندمدت در پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار بر سودآوری و درآمد کشاورزان آشکار می‌شود (Amirnejad and Asadpour Kordi, 2017).

در میان پژوهشگران تغییرات آب‌وهوایی، یک اجماع روشن در دو موضوع کلیدی وجود دارد، یکی آنکه تغییر اقلیم جهانی[1] اتفاق خواهد افتاد و دلیل آن افزایش ۰/۸ درجه سانتی‌گراد میانگین دمای زمین از اوایل قرن بیستم است که موجب حوادث طبیعی مربوط به آب‌وهوا مانند طوفان، سیل، خشکسالی، و موج گرما می‌شود (Jayatilleke and Yiyong, 2014) و دیگر آنکه کشاورزی و عمدتاً تولید مواد غذایی به تغییرات آب‌وهوایی وابسته است، چراکه دمای بیش از حد و یا آب ناکافی

1. Global Climate Change (GCC)

می‌تواند رشد محصول را قطع کند و باعث کاهش بازدهی شود و همچنین، سیل و خشکسالی چه‌بسا به نابودی محصول در زمان برداشت بینجامد (Gornall et al., 2010). بنابراین، بخش کشاورزی هم از نظر اقتصادی و هم از نظر فیزیکی از تغییر عوامل آب‌وهوایی مانند درجه حرارت و بارش آسیب‌پذیر است (Benhin, 2008) و تغییر در الگوی این دو متغیر می‌تواند عملکرد محصول را در طول زمان برداشت کاهش دهد (Ben Zaied, 2013).

مطابق پیش‌بینی فائو، تقاضا برای غلات تا هفتاد درصد در سال ۲۰۵۰ افزایش خواهد یافت و این میزان در کشورهای کمترتوسعه‌یافته و کم‌درآمد دو برابر خواهد شد (FAO, 2012). از سوی دیگر، تغییرات آب‌وهوایی، به‌دلیل آسیب شدید آن به منابع طبیعی، محیط زیست، سلامت انسان، امنیت غذایی و فعالیت‌های اقتصادی، بزرگ‌ترین تهدید برای توسعه پایدار شناخته شده است (Rahimi et al., 2019). بنابراین، با در نظر گرفتن روند افزایش تقاضا و ضرورت دستیابی به توسعه پایدار در بخش کشاورزی، برنامه‌ریزی در راستای تطبیق برنامه‌های محلی برای مهار تأثیرات ناشی از تغییرات اقلیمی کاملاً لازم و ضروری و از اهداف مطالعهٔ حاضر است.

افزون بر تأثیر تغییرات اقلیمی بر بخش کشاورزی، عامل تحریم نیز می‌تواند بر بخش‌های مختلف اقتصادی از جمله بخش کشاورزی ایران اثرگذار باشد (Madani, 2021).

بر این اساس، نوفرستی و سزاوار (Nofarsti and Sezavar, 2021)، در یک الگوی اقتصادسنجی کلان با داده‌های ترکیبی با تواتر متفاوت و شاخص سری زمانی با تواتر بالا که دربرگیرنده تمام تحریم‌های اقتصادی علیه ایران است، شدت تحریم‌های اعمال‌شده در طول زمان را نشان دادند. به‌منظور ارزیابی اثرات تحریم بر اقتصاد ایران، شبیه‌سازی پویا توسط الگو در سناریوی عدم وجود تحریم صورت گرفت و نتایج آن با واقعیت مقایسه شد. بر اساس یافته‌های این تحقیق، رفع کامل تحریم‌ها اثراتی همچون افزایش تقاضای کل، افزایش سرمایه‌گذاری، افزایش تولید، کاهش واردات کالا و افزایش صادرات کالا را به‌دنبال خواهد داشت. در نتیجه، اقتصاد مبتنی بر تولید صنعتیِ کشاورزی ایران، با بحران ناشی از تحریم‌ها روبه‌رو شده، اعمال این تحریم‌ها در حوزه بانکی و تجارت خارجی که مانع از واردات کالاهای اساسی مورد نیاز می‌شد، باعث تشدید این بحران در بخش کشاورزی خواهد شد (IMF, 2019).[1] همچنین، تحریم‌ها در مقابل ورود ماشین‌آلات صنعتی و

۱- صندوق بین‌المللی پول در گزارش «چشم‌انداز اقتصادی جهان» نرخ رشد تولید ناخالص داخلی ایران (تغییر درصد سالانه) در سال ۲۰۱۹ را به‌دلیل تأثیرات ناشی از تشدید تحریم‌های آمریکا منفی ۹/۵ درصد پیش‌بینی کرده بود، که منفی ۶/۵ درصد به‌وقوع پیوست. بدترین سال اقتصاد ایران پس از جنگ تحمیلی، سال ۲۰۱۲ بود که تولید ناخالص داخلی (GDP) کشور منفی ۷/۷ درصد نسبت به سال قبل از آن کوچک‌تر شد. صندوق بین‌المللی پول نرخ تورم در ایران (تغییر درصد سالانه) طی سال ۲۰۱۹ را ۳۵/۷ درصد پیش‌بینی کرده بود، که به ۴۱ درصد رسید. در طول دوره مورد مطالعه بیشترین تغییر درصد سالانه نرخ تورم در سال ۲۰۱۳ به میزان ۳۴/۷ درصد بوده که بخش کشاورزی نیز از آن تأثیر پذیرفته است (www.imf.org).

فناوری‌های روز، بذر و سایر امکانات مورد نیاز بخش کشاورزی اعمال شده و از سوی دیگر، با مسدود ساختن عملیات بانکی، راه تبادلات تجاری برای تأمین کالاهای اساسی مختل شده است تا سیاست فشار حداکثری در تحریم‌های همه‌جانبه در ابعاد گوناگون به‌صورت اجتماعی، بانکی و اقتصادی علیه کشور ایران انجام شود.

زراعت از زیربخش‌های مهم کشاورزی در جهان محسوب می‌شود که تحت تأثیر مستقیم تغییرات اقلیم قرار دارد. بر این اساس، مطالعهٔ حاضر در پی پاسخ بدین پرسش‌هاست: «آیا کل تولیدات زراعی ایران تحت تأثیر متوسط دمای سالانه قرار دارد؟»، «آیا مجموع بارندگی سالانه ایران بر کل تولیدات زراعی کشور اثرگذار است؟»، «آیا انتشار سالانه گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) بر میزان کل تولیدات زراعی ایران اثرگذار است؟» و «آیا تحریم‌ها بر اقتصاد کشاورزی ایران تأثیر داشته است؟».

طیفی گسترده از مطالعات علوم زراعی و زراعت، اقتصاد توسعه و اقتصاد کشاورزی در زمینه تغییر اقلیم و تأثیرات تغییر آب‌وهوا بر تولیدات کشاورزی صورت گرفته است. در مطالعات داخلی و نشریات خارجی، تأثیر تغییرات اقلیم بر بخش کشاورزی بیشتر محدود به یک منطقه (در سطح استان) و با استفاده از روش‌های مختلف مانند روش‌های ریکاردین[1]، رشد[2]، برنامه‌ریزی ریاضی[3] و یا ترکیبی از آنها و روش‌های گردش عمومی[4] و تعادل عمومی[5] بوده است.

در نگاه کلی، خوشه‌بندی مناطق آب‌وهوایی کشاورزی[6] ایران، بر اساس بیش از پنجاه متغیر اقلیمی، نشان می‌دهد که در صورت تحقق پیش‌بینی‌های اقلیمی، تعداد پهنه‌های اقلیمی- کشاورزی ایران از دوازده ناحیه در شرایط فعلی به نُه ناحیه در سال ۲۰۵۰ کاهش خواهد یافت، که باعث تغییراتی در ساختار نظام‌های زراعی می‌شود، به‌گونه‌ای که علاوه بر کاهش عملکرد، جابه‌جایی مکانی گونه‌های زراعی، احتمال حذف برخی گونه‌ها یا حتی معرفی گونه‌های جدید یا فراموش‌شده را به‌دنبال خواهد داشت (Koocheki et al., 2015).

نتایج مطالعه صالحی کمرودی و شاکری بستان‌آباد (Salehi Komroudi and Shakeri Bostanabad, 2019)، در بررسی تأثیر تغییرات اقلیم روی تولیدات کشاورزی در استان آذربایجان

1. Ricardian
2. Growth
3. Mathematical Programming
4. General Circulation Model (GCM)
5. Computable General Equilibrium (CGE)
6. agroclimatic

شرقی با استفاده از رهیافت داده‌های پانل و الگوی سری زمانی، نشان داد که با افزایش یک درصدی دمای هوا، میزان تولید محصولات زراعی ۱/۸۴ درصد کاهش می یابد؛ همچنین، با کاهش یک درصدی میزان بارندگی سالانه، مصرف غذا ۰/۱۱ درصد کاهش می‌یابد.

مطالعه خالقی و همکاران (Khaleghi et al., 2015)، برای سنجش اثر تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی ایران با الگوی ماتریس حسابداری اجتماعی و با استفاده از مدل‌سازی داده‌های دما و بارش در یک دوره چهل‌ساله (۱۳۷۹-۱۳۴۰) بر اساس هشت سناریو، نشان داد که در اثر تغییر اقلیم پیش‌بینی‌شده برای ایران در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵، تولید کشاورزی ۵/۳۷ درصد کاهش می‌یابد.

بر پایهٔ نتایج مطالعهٔ امیرنژاد و اسدپور کردی (Amirnejad and Asadpour Kordi, 2017) در زمینهٔ تأثیر متغیرهای اقلیمی انتشار سالانه گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) و مجموع بارش سالانه ایران بر متغیرهای سطح زیر کشت، مقدار بذر مصرفی و سرمایه ثابت در ماشین‌آلات که با استفاده از الگوی خودرگرسیونی با وقفه توزیعی برای یک دوره پنجاه‌ساله برآورد شد، هم درکوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، متغیرهای اقلیمی به‌همراه سطح زیر کشت رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار با تولید گندم داشته و رابطهٔ این متغیرها با متغیرهای بذر و سرمایه ثابت در ماشین‌آلات معنی‌دار نشده است؛ همچنین، ضریب متغیرهای اقلیمی CO_2 و بارش در بلندمدت، به‌ترتیب، ۰/۳۸ و ۰/۲۱ و در کوتاه مدت، ۰/۲۲ و ۰/۱۲ به‌دست آمده است، بدین معنی که در بلندمدت، با افزایش یک درصد در متغیرهای اقلیمی، با فرض ثابت بودن سایر شرایط، کمتر از یک درصد (به‌ترتیب، ۰/۳۸ و ۰/۲۱ درصد) بر مقدار تولید گندم افزوده می‌شود که در کوتاه‌مدت نیز دارای تفسیری مشابه است.

سلیمانی‌نژاد و همکاران (Soleimaninejad et al., 2016)، با به‌کارگیری داده‌های فصلی دوره ۹۱-۱۳۷۱ و روش خودتوضیح یا وقفه‌های توزیعی[1]، تأیید کردند که متغیرهای اقلیمی دما و بارش، به‌ترتیب، اثرات منفی و مثبت بر ارزش افزوده بخش کشاورزی دارند.

نتایج تحقیق حسینی و همکاران (3Hosseini et al., 201)، در «بررسی اثر تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی با تأکید بر نقش به‌کارگیری راهبردهای تطبیق»، نشان دادند که تا نیمه‌های قرن حاضر، تغییر اقلیم به کاهش بارش‌ها و افزایش مقدار پارامترهای دمایی حوضه (سد زاینده‌رود) منجر می‌شود، که نتیجه مستقیم این تغییرات کاهش منابع آب سطحی حوضه، به‌ترتیب، در حدود ۳/۴ و ۸/۱ درصد تا افق ۱۴۲۰ و ۱۴۵۰ خواهد بود؛ همچنین، نتایج الگوی اقتصادی نشان داد که در بدترین حالت (به‌کار نگرفتن راهکارها ی تطبیق)، پیامد این تغییرات برای بخش کشاورزی حوضه کاهش حدود ۱۸ و ۳۲ درصد در سود ناخالص، به‌ترتیب، تا سی و شصت سال آینده خواهد بود.

1. Auto-Regressive Distributed Lag (ARDL)

همچنین، نتایج مطالعه تأثیر تغییر جهانی اقلیم بر شاخص‌های اقلیمی کشاورزی ایران برای سال ۱۴۳۰ شمسی (۲۰۵۰ میلادی) که بر اساس سناریوی استاندارد IPCC توسط دو مدل گردش عمومی مورد ارزیابی قرار گرفت، نشان داد که میانگین دمای سالانه مناطق مختلف کشور تا سال هدف بین ۳/۵ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد، در حالی که میانگین بارش سالانه بین هفت تا چهارده درصد کاهش خواهد یافت (Koocheki et al., 2015).

در مجموع، طی سال‌های اخیر، مطالعات متعددی در خصوص اثر تغییرات اقلیمی بر بخش کشاورزی صورت گرفته که برای نمونه، می‌توان به مطالعات صالحی کمرودی و شاکری بستان‌آباد (Salehi Komroudi and Shakeri Bostanabad, 2019)، امیرنژاد و اسدپور کردی (Amirnejad and Asadpour Kordi, 2017)، سلیمانی‌نژاد و همکاران (Soleimaninejad et al., 2016)، خالقی و همکاران Khaleghi et al., 2015() و حسینی و همکاران (,.Hosseini et al 3201) اشاره کرد که در هر کدام از این مطالعات، اثر تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی بررسی شده و نتایج حاکی از مشاهده اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش (به‌ترتیب، با اثرات منفی و مثبت) بر ارزش افزوده در بخش کشاورزی است. همچنین، چنان‌که پیش‌تر نیز گفته شد، نتایج مطالعات امیرنژاد و اسدپور کردی (Amirnejad and Asadpour Kordi, 2017) نشان داد که هم درکوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، متغیرهای اقلیمی به‌همراه سطح زیر کشت رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار با تولید گندم داشته و متغیرهای بذر و سرمایه ثابت در ماشین‌آلات معنی‌دار نشده است.

تفاوت مطالعهٔ حاضر با مطالعات پیشین در این است که تولیدات کل زراعی کشور در یک مقطع زمانی نزدیک به پنجاه‌ساله در نظر گرفته شده و متغیرهای اصلی دما، بارش و گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) مورد بررسی قرار گرفته و ارتباط معنی‌دار دما و بارش بر تولیدات کشاورزی، همانند مطالعات پیش‌گفته، دیده شده است.

همچنین، در مطالعات خارجی نیز می‌توان به مطالعات آتاوانیچ و مک‌کارل (Attavanich and McCarl, 2011)، آلام (Alam, 2013)، داسگوبتا و همکاران (Dasgubta et al., 2013)، بن زاید (Ben Zaied, 2013)، بنلاچ گونزالس و همکاران (Benlloch-Gonzalez et al., 2014)، جانجوآ و همکاران (Janjua et al., 2014)، اونوجا و آچیکه (Onoja and Achike, 2014)، آلاگیده‌ده و همکاران (Alagidede et al., 2014)، خانال و همکاران (Khanal et al., 2014)، جایاتیلک و یی‌یونگ (Jayatilleke and Yiyong, 2014)، چن و همکاران (Chen et al., 2015)، توکوناگا و همکاران (Tokunaga et al., 2015) و لیننلوئک و همکاران (Linnenluecke et al.,

2019) اشاره کرد که در مطالعات خود، به بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر بخش کشاورزی پرداختند. برای نمونه، لیننلوئک و همکاران (Linnenluecke et al., 2019) به بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر تولید نیشکر استرالیا پرداختند و نتایج این پژوهش نشان داد که انتشار گاز CO_2 و دما اثر منفی بر تولید نیشکر داشته است.

چن و همکاران (Chen et al., 2015)، در مطالعه‌ای با عنوان اثرات تغییرات آب‌وهوایی بر کشاورزی، به بررسی اثرات متغیرهای اقلیمی حداقل، حداکثر و متوسط دما و بارش بر تولید محصولات سویا و ذرت در چین پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که یک ارتباط غیرخطی میان تولید محصولات سویا و ذرت با متغیرهای اقلیمی تحقیق وجود دارد که این ارتباط غیرخطی به‌صورت U وارونه بوده است.

آلام (Alam, 2013)، در مطالعه خود با نام تغییر اقلیم، بهره‌وری کشاورزی و رشد اقتصادی در هند، به بررسی رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت بین انتشار دی‌اکسید کربن، بهره‌وری کشاورزی و رشد اقتصادی پرداخت که در آن، انتشار دی‌اکسید کربن از عوامل تغییرات اقلیمی در نظر گرفته شده بود؛ و برآوردها نشان داد که هم در بلندمدت و هم در کوتاه‌مدت، یک رابطه مثبت و معنی‌دار بین تولیدات کشاورزی و رشد اقتصادی در این کشور وجود دارد و تأثیر گاز گلخانه‌ای CO_2 بر رشد اقتصادی منفی و در بلندمدت، معنی‌دار بوده است.

بن زاید (Ben Zaied, 2013) به بررسی اثرات اقلیمی بارش و دمای سالانه بر بخش کشاورزی تونس با استفاده از روش پانل پویا و مدل حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده[1] پرداخت و اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش را یک بار بر تولید غلات و بار دیگر بر کل تولیدات کشاورزی تونس برآورد کرد؛ نتایج نشان داد که هم در بلندمدت و هم در کوتاه‌مدت، دمای سالانه اثر منفی و متغیر اقلیمی بارش سالانه اثر مثبت چه بر تولید غلات و چه بر کل تولیدات کشاورزی تونس داشته است.

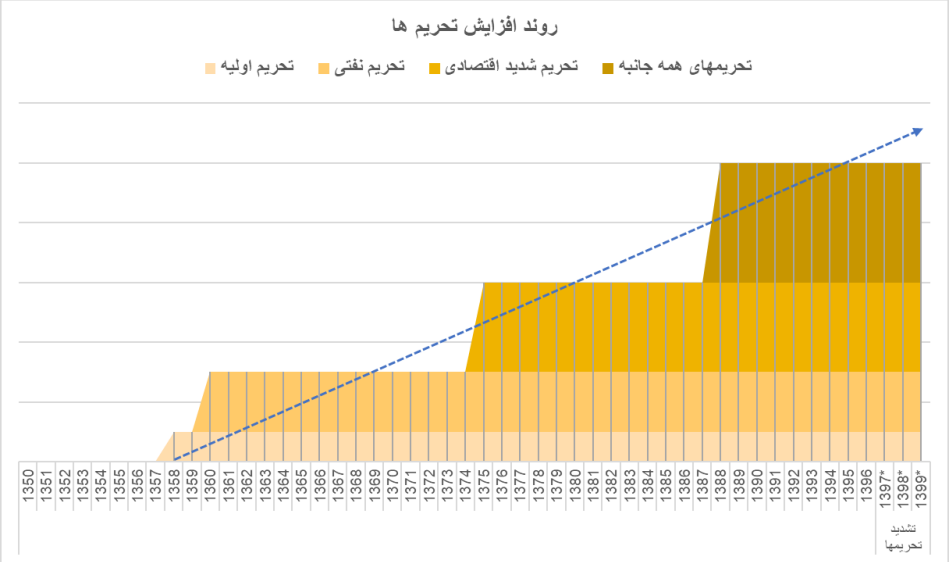
بنلاچ گونزالس و همکاران (Benlloch-Gonzalez et al., 2014) به بررسی اثر افزایش انتشار گاز CO_2 به‌همراه افزایش دما بر رشد نظام ریشهٔ دو رقم گندم بهاره پرداختند؛ نتایج نشان داد که افزایش غلظت CO_2 به‌تنهایی باعث افزایش ریشه و ساقه می‌شود، اما این اثر مثبت هنگامی که گیاهان در شرایط دمای بالا رشد داده شوند، کاهش خواهد یافت.

جمع‌بندی مطالعات یادشده، هم در بلندمدت و هم در کوتاه‌مدت، اثرات منفی دمای سالانه را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که تأثیر گاز گلخانه‌ای CO_2 بر رشد اقتصادی منفی و در بلندمدت،

1. Fully Modified Ordinary Least Squares (FMOLS)

معنی‌دار است؛ متغیر اقلیمی بارش سالانه نیز اثر مثبتی بر تولیدات کشاورزی در کوتاه‌مدت و بلندمدت داشته است.

اقتصاد کشاورزی ایران، هم‌زمان با بحران دیگری روبه‌رو بوده، که ناشی از تحریم‌های همه‌جانبه به‌ویژه در حوزه بانکی و تجارت خارجی است. این تحریم‌ها از سال ۱۳۵۸ توسط آمریکا آغاز شد و در یک روند فزاینده، طی سه مرحله، به تحریم‌های همه‌جانبه منجر شده و بر بخش کشاورزی کشور تأثیرگذار بوده است (نمودار ۱). در نتیجه، دریافت فناوری‌های نوین و نوسازی ماشین‌آلات بخش کشاورزی با مشکل مواجه شده و به تأثیرات منفی بر اقتصاد کشاورزی و درآمد کشاورزان در بخش صادرات منجر شده، که خود به تعمیق دامنه تأثیرات اقلیمی و تشدید آن در مناطق آسیب‌دیده و یا بحرانی انجامیده است.



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۱- روند فزاینده تحریم‌ها پس از پیروزی انقلاب اسلامی

مهرعلیزاده و همکاران (Mehralizadeh et al., 2020) به ارائهٔ گزارش تحریم شرکت‌های کشت‌وصنعت توسعه نیشکر و صنایع جانبی و راهکارهای مقابله با آن پرداختند. بر این اساس، تحریم‌ها به پنج حوزهٔ عملکردی تقسیم‌بندی شده و اثرات منفی تحریم و همچنین، راهکار برون‌سازمانی آنها

مورد بررسی قرار گرفته است؛ این حوزه‌های عملکردی عبارت‌اند از: منابع انسانی، منابع مـالی، مـدیریت، تجهیزات و ماشین‌آلات و سرانجام، مواد اولیه و نهاده‌ها. از نکات مهم تأثیرات منفی تحریم‌ها عبارت‌انـد از: عدم امکان تأمین قطعات خاص از خارج کشور که گاه موجب تعطیلی خط تولید می‌شود، عدم امکـان تأمین انواع نهاده‌ها و مواد اولیه از خارج کشور، و عدم امکان دریافـت ارز حاصـل از صـادرات و کـاهش بهره‌مندی از دانش به‌روز در بخش کشاورزی.

با توجه به پیشینهٔ پژوهش‌های داخلی و خارجی مرتبط، آنچه به‌عنوان متغیرهای مهم اقلیمـی در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته، متغیرهای دما و بارش بوده که در تحقیق حاضـر نیـز از همین دو متغیر اقلیمی مهم به‌همراه متغیر اقلیمی گاز CO_2 استفاده شده است. همچنین، در تحقیـق حاضر، اثر تحریم بر تولیدات زراعی کشور نیز با روش حـداقل مربعـات معمـولی کـاملاً اصـلاح‌شـده (FMOLS) و به‌عنوان متغیر «دامی» بررسی می‌شود. علاوه بر این، در اکثر مطالعات صورت‌گرفته در خصوص اقلیم، یک یا چند محصول بررسی شده است که در تحقیق حاضر، بـا در نظـر گـرفتن کـل تولیدات زراعی کشور، اثرات اقلیم در یک بازه زمانی مطمئن و همچنین، دورهٔ تحریم بررسـی خواهـد شد تا نتایج آن بتواند در تصمیم‌گیری‌های متولیان امر مفید واقع شود.

در سطح بین‌المللی، نشست کاپ ۲۷ در سال ۲۰۲۲ لازم دانست که سطح انتشار CO_2 تا سال ۲۰۳۰ نسبت‌به سال ۲۰۱۰، به‌میزان ٪۴۵ کاهش یابد تا به هدف محدودیت افزایش‌دما به ۱٫۵ درجه سانتیگراد برسد. اما به دلیل آنکه تنظیم سیاست‌های اقلیمی بین‌المللی، در پرتو منافع‌ملی و سیاست داخلی کشورها است؛ موضوعاتی مانند سیاست‌داخلی، رشداقتصادی، سرمایه‌داری و اعتبار - بین‌المللی، در کانون توجه دیپلماسی زیست‌محیطی کشورهای قدرتمند صنعتی، قرار دارد. بنابراین توصیه می‌شود سیاست اقلیمی جمهوری اسلامی ایران در پرتو یک نگاه جامع، تمامی وجوه مربوط به سیستم تغییرات اقلیمی و اجزای آن را در نظر گیرد و به صورت متوازن و هوشمند در مقابله جدی برای کاهش اثرات اقلیمی در سطح ملی، با همراهی منطقه‌ای و همکاری‌های بین‌المللی، اقدام نماید (Rajabalinejad, 2023).

مواد و روش‌ها

در مدل حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS)، تابع تولید انتخاب شده است که رابطه بین نهاده مصرف‌شده و ستاده تولیدشده را در سطوح مختلف مصرف نهاده نشان می‌دهد. شکل کلی تابع تولید به‌صورت رابطه (۱) است (Amirnejad and Asadpour Kordi, 2017):

$$Y = f(X_1, X_2, ..., X_n) \quad (۱)$$

که در آن، Y مقدار تولید و X عوامل تولید (به‌ترتیب، انواع متنوع نیروی کار، سرمایه و مواد) است. حال، اگر در تولید یک محصول، علاوه بر عوامل تولیدی مدیریت‌شده، عوامل تولیدی غیرقابل مدیریت هم در نظر گرفته شود، آنگاه تابع تولید به‌صورت رابطه (۲) خواهد بود:

$$Y=f(X_1, X_2, X_3) \quad (۲)$$

که در آن، X_1 برداری از نهاده‌های تولیدی مدیریت‌شده مانند سطح زیر کشت، کود، بذر و سایر نهاده‌های فیزیکی، X_2 برداری از نهاده‌های تولیدی غیرقابل مدیریت مانند عوامل اقلیمی (دما، بارش و ...) و X_3 سطح فناوری به‌کاررفته است. در مطالعهٔ حاضر، رابطه (۲) به‌صورت رابطه (۳) تصریح می‌شود (Amirnejad and Asadpour Kordi, 2017Janjua et al., 2014 ;):

$$Ly_t = F(〚Lrain〛_t.\ 〚〚Lrain〛\ ^2〛_t\ .\ 〚Ltem〛_it\ .\ 〚〚Ltem〛^2〛_t\ .Ly_t\ (-1).\ 〚Lfert〛_t\ .\ 〚Lland〛_t\ .\ 〚Ltecno〛_t\ .\ 〚Lco2〛_t.dom \quad (۳)$$

که در آن، Ly_t لگاریتم طبیعی کل تولیدات زراعی کشور، $Lrain_t$ لگاریتم طبیعی مجموع بارش سالانه، $Lrain2_t$ لگاریتم طبیعی توان دوم مجموع بارش سالانه، $Ltemp_t$ لگاریتم طبیعی متوسط دمای سالانه، $Ltemp2_t$ لگاریتم طبیعی توان دوم متوسط دمای سالانه، $Ly_t(-1)$ وقفهٔ تولید، $Lfert_t$ لگاریتم طبیعی کل کود شیمیایی مصرفی، $Lland_t$ لگاریتم طبیعی سطح زیر کشت، $Ltecno_t$ لگاریتم طبیعی تشکیل سرمایه ثابت ناخالص در ماشین‌آلات و لوازم کسب‌وکار بر بخش کشاورزی به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۳ (به‌عنوان شاخص فناوری در بخش کشاورزی)، $Lco2_t$ لگاریتم طبیعی انتشار سالانه دی‌اکسید کربن کشور است؛ همچنین، Dom متغیر دامی برای تحریم[۱]

۱- تحریم ایران از سال ۱۳۵۸ توسط امریکا آغاز گردید و طی یک روند تصاعدی، با تحریم نفتی در سال ۱۳۵۹، تحریم شدید اقتصادی از سال ۱۳۷۴ و تحریم های همه‌جانبه از سال ۱۳۸۷ تاکنون ادامه یافته است. در مطالعهٔ حاضر، با تمرکز بر شدت تحریم‌های اقتصادی، متغیر دامی تحریم از سال ۱۳۷۴ در نظر گرفته شده است.

است، بدین ترتیب که در سال‌های بعد از ۱۳۷۴، عدد یک و قبل از آن، عدد صفر در نظر گرفته شده است.

لازم به ذکر است که در تابع رابطه (۳) برای نشان دادن رابطه میان متغیرهای اقلیمی دما و بارش با کل تولیدات محصولات زراعی کشور، با توجه به مطالعات پیشین، از توان دوم این متغیرها استفاده شده است تا تنها برآورد رابطه به‌صورت خطی نباشد و برآوردی دقیق‌تر حاصل شود.

برای بررسی رابطه بین عوامل تابع تولید، از روش حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده استفاده شده، چراکه این الگو روشی برای بررسی روابط بلندمدت بین متغیرهای وابسته و توضیحی مدل است و با توجه به تعریف تغییر اقلیم، که تغییر شرایط آب‌وهوایی در طول یک دوره زمانی است، استفاده از روش FMOLS می‌تواند در بررسی این پدیده سودمند باشد (Ben Zaid, 2014).

این روش توسط فیلیپس و هانسن (Phillips and Hansen, 1990) در داده‌های سری زمانی مطرح شده است و با اعمال اصلاحاتی در روش حداقل مربعات معمولی، از آن استفاده می‌شود؛ این اصلاحات عبارت‌انداز: تصحیح تورش و تصحیح درون‌زایی (Dehmardeh et al., 2010). در مطالعهٔ حاضر، به‌منظور تشریح این روش، معادله رگرسیون به‌صورت رابطه (۴) در نظر گرفته می‌شود:

$$\llbracket \quad t = 1. \ldots . T \quad Y \rrbracket _t = \alpha + \beta X_t + \varepsilon_t \qquad (۴)$$

که در آن، Y متغیر وابسته و X متغیر مستقل است، با فرض اینکه ارتباط بین متغیر مستقل و وقفهٔ آن به‌صورت رابطه (۵) باشد:

$$X_t = X_t + u_t \qquad (۵)$$

بنا به تعریف کائو و چیانگ (Kao and Chiang, 2000)، برآوردگر FMOLS معادله رگرسیونی رابطه (۴) به‌صورت رابطه (۶) است که مشکل درون‌زایی و همبستگی سریالی روش حداقل مربعات معمولی (OLS) را تصحیح می‌کند:

$$\hat{\beta}_{FMOLS} = \left[\sum_{t=1}^{T}\left((X)_{it} - \overline{(X)}_i\right)\left((X)_{it} - \overline{(X)}_i\right)'\right]^{-1} \times \left[\sum_{t=1}^{T}\left((X)_{it} - (\bar{X}_i)\right)(Y)^{+}_{it} - T\hat{\Delta}^{+}_{\varepsilon\mu}\right] \qquad (۶)$$

که در آن، $\hat{\Delta}^{+}{}_{\varepsilon\mu}$ جزء تصحیح همبستگی سریالی و $(Y)^{+}{}_{t}$ تغییر شکل‌یافتهٔ متغیر Y_t برای دستیابی به تصحیح درون‌زایی است (Kao and Chiang, 2000).

از آنجا که در مدل کاربردی رابطه (۳) از توان دوم متغیرهای دما و بارش استفاده شده است، برای محاسبه کشش و نقطه حداکثر یا حداقل این متغیرها، از رابطه (۷) استفاده می‌شود (Hosseninasab and Paykari, 2012):

$$\hat{\eta}_{ij} = \frac{\partial \mathrm{LnY}}{\partial \mathrm{LnX}} = \hat{\beta}_1 + 2\hat{\beta}_2 \mathrm{LnX} \qquad (۷)$$

که در آن، $\hat{\eta}_{ij}$ کشش متغیرهای اقلیمی، Y متغیر وابسته (عملکرد محصولات منتخب)، X متغیر مستقل (متغیرهای اقلیمی دما و بارش)، $\hat{\beta}_1$ مقدار ضریب LnX، و $\hat{\beta}_2$ مقدار ضریب LnX^2 است. همچنین، با توجه به مدل کاربردی رابطه (۳)، در صورت وجود نقاط حداکثر یا حداقل، برای محاسبه این نقاط در الگوی لگاریتمی، از رابطه (۸) استفاده می‌شود (Hosseninasab and Paykari, 2012):

$$T = exp\left(\frac{-\alpha_1}{2\alpha_2}\right) \qquad (۸)$$

که در آن، نقطه حداکثر یا حداقل، α_1 ضریب توان اول متغیرهای اقلیمی دما یا بارش و α_2 ضریب توان دوم متغیرهای اقلیمی دما یا بارش است.

همچنین، با توجه به مدل کاربردی رابطه (۳)، کشش تغییرات تولید (متغیر وابسته) نسبت به تغییرات متغیرهای اقلیمی (متغیر مستقل) از رابطه (۹) به‌دست می‌آید (Hosseninasab and Paykari, 2012):

$$\hat{\eta}_{ij} = \frac{\partial \mathrm{LnY}}{\partial \mathrm{LnX}} = \hat{\beta}_1 + 2\hat{\beta}_2 \mathrm{LnX} \qquad (۹)$$

که در آن، $\hat{\eta}_{ij}$ کشش متغیرهای اقلیمی، Y متغیر وابسته (تولید)، X متغیر مستقل (متغیرهای اقلیمی دما و بارش)، $\hat{\beta}_1$ مقدار ضریب LnX و $\hat{\beta}_2$ مقدار ضریب LnX^2 است.

داده‌های مطالعهٔ خاضر به‌صورت سری زمانی و برای دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۵۰ است. برای جمع‌آوری داده‌ها، از اطلاعات مربوط به بانک جهانی (میزان انتشار سالانه دی‌اکسید کربن، سطح زیر

کشت و کل کود شیمیایی مصرفی)، سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)[1] (کل تولیدات زراعی)، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (تشکیل سرمایه ثابت در ماشین‌الات بخش کشاورزی) و سازمان هواشناسی کشور (دما و بارش) تهیه شده و برای برآورد مدل نیز از نرم‌افزار Eviews9 استفاده شده است.

نتایج و بحث

برای آشنایی با متغیرهای مورد استفاده در مطالعه، ویژگی‌های آماری متغیرهای مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. در این جدول، مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار متغیرها خلاصه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های آماری متغیرهای مورد استفاده در مطالعه برای کل تولید کشور

نام متغیر	شرح متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
Y	تولید (تن)	۱۷۷۴۲۴۸۸	۸۰۴۵۰۴۸۵	۴۹۰۰۶۰۷۲/۶۵	۱۹۳۰۱۷۰۱/۶۳
TEMP	متوسط دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	۱۶/۱	۱۹	۱۷/۴۳	۰/۷۷
RAIN	مجموع بارش سالانه (میلی‌متر)	۱۸۶/۱۸	۷۲۱	۴۰۵/۶۳	۱۴۰/۳۳
LAND	سطح زیر کشت (هکتار)	۴۵۹۵۴	۶۴۷۸۷	۵۷۳۳۰/۰۲	۷۰۷۸/۴۹
FERT	کل کود شیمیایی مصرفی (کیلوگرم/ هکتار)	۱۱/۳۶	۱۲۶/۷۸	۶۲/۳۹	۲۶/۸۰
TECNO	تشکیل سرمایه *	۳/۷۴	۱۰۹۳۶۵/۹	۱۳۱۳۵/۸۰	۲۴۳۷۴/۱۵
CO2	میزان انتشار سالانه دی‌اکسید کربن (درصد استفاده/ هکتار)	۱۰۱۸۸۳/۹۲	۶۲۹۲۹۰	۳۱۴۹۷۵/۲۰	۱۷۸۳۸۶/۸۲

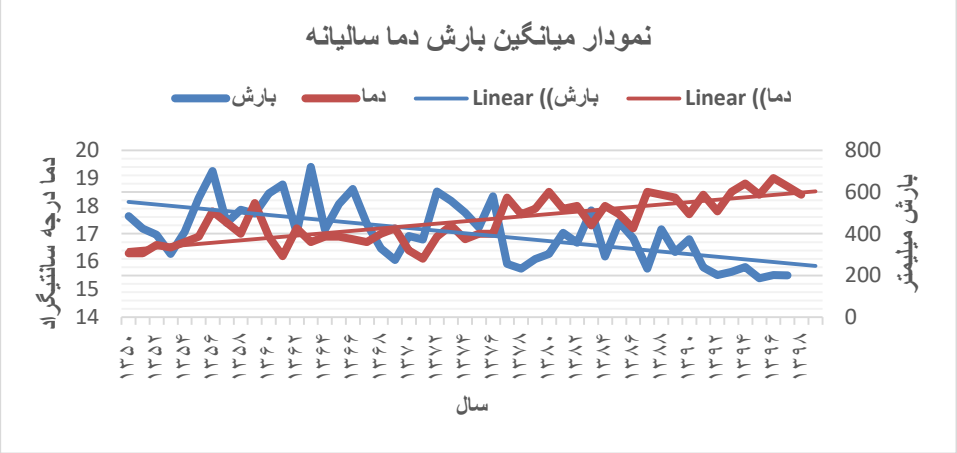
* تشکیل سرمایه ثابت ناخالص در ماشین‌آلات و لوازم کسب‌وکار در بخش کشاورزی به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۳ (میلیارد ریال)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ارقام موجود در جدول ۱ نشان می‌دهد که حداقل و حداکثر تولیدات زراعی کشور طی دوره مورد بررسی (۱۳۵۰ تا ۱۳۹۸)، به‌ترتیب، برابر با ۱۷۷۴۲۴۸۸ و ۸۰۴۵۰۴۸ تن در سال است. بیشینه

1. Food and Agricultural Organization (FAO)

سطح زیر کشت در ایران ۶۴۷۸۷ هکتار در سال ۱۳۷۷ و کمینهٔ آن طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۲ بیش از ۴۵۹۵۴ هکتار بوده است. همچنین، حداکثر متوسط دمای سالانه نوزده درجه سانتی‌گراد مربوط به سال ۱۳۹۶ و حداقل دما ۱۶/۱ درجه سانتی‌گراد مربوط به سال ۱۳۶۱ است. برای متغیر بارش نیز حداکثر مجموع بارش سالانه ۷۲۱ میلی‌متر مربوط به سال ۱۳۵۶ و کمترین آن مربوط به سال ۱۳۹۵ با ۱۸۶/۱۸ میلی‌متر است. بیشترین میزان انتشار سالانه دی‌اکسید کربن در کل کشور ۶۲۹۲۹۰ تن در سال ۱۳۹۷ و کمترین آن در سال ۱۳۵۰ به میزان ۱۰۱۸۸۳ تن بوده است.



نمودار ۲- میانگین بارش و دمای سالانه دورهٔ مورد مطالعه

در نمودار ۲، مشاهده می‌شود که در مورد میانگین بارش و دمای سالانه دورهٔ مورد مطالعه، تغییرات دما، از سال ۱۳۷۶، روند افزایشی داشته است و به سمت بالای نمودار حرکت می‌کند، در حالی که همزمان میانگین میزان بارش‌های سالانه در کشور با روند کاهشی مواجه شده است. کاهش میزان بارندگی خود عاملی برای شدت یافتن متقابل دما و آثار جانبی آن بر محیط زیست و کشاورزی خواهد بود و از سوی دیگر، افزایش میانگین دمای فصلی می‌تواند دوره رشد بسیاری از محصولات کشاورزی را کاهش دهد و از این‌رو، از میزان عملکرد بکاهد؛ همچنین، در درازمدت، تغییر اقلیمی می‌تواند از چند طریق مانند کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی از نظر بهره‌وری، نرخ رشد، فتوسنتز و نرخ تعرق، در دسترس بودن رطوبت و ... بر کشاورزی تأثیرگذار باشد (Mahato, 2014).

در ادامه، پیش از برآورد مدل، ابتدا ایستایی متغیرها با بهره‌گیری از آزمون‌های پرکاربرد دیکی- فولر تعمیم‌یافته در سطح و تفاضل مرتبه اول بررسی شده، که خلاصه نتایج این دو آزمون در جدول ۲ برای لگاریتم متغیرهای مورد بررسی آمده است.

جدول ۲- نتایج ایستایی برای متغیرهای در سطح و تفاضل مرتبه اول

متغیر	در سطح		تفاضل مرتبه اول	
	آزمون دیکی- فولر تعمیم‌یافته		آزمون دیکی- فولر تعمیم‌یافته	
	آماره t	احتمال	آماره t	احتمال
LY	-۱/۹۲	۰/۳۲	-۷/۴۳***	۰/۰۰۰
Lrain	-۱/۷۰	۰/۴۲	-۱۰/۵۸***	۰/۰۰۰
Lrain2	-۱/۷۵	۰/۳۹	-۱۰/۶۷***	۰/۰۰۰
LtempP	-۰/۹۹	۰/۷۴	-۸/۷۸***	۰/۰۰۰
Ltemp2	-۰/۹۷	۰/۷۵	-۸/۵۵***	۰/۰۰۰
LfertT	-۱/۸۸*	۰/۰۷	-۶/۸۷***	۰/۰۰۰
Lland	-۰/۷۶	۰/۱۲	-۶/۹۵***	۰/۰۰۰
Ltecno	-۰/۳۸	۰/۹۰	-۸/۲۰***	۰/۰۰۰
Lco2	-۰/۶۷	۰/۸۴	-۵/۲۸***	۰/۰۰۰

* و ***، به‌ترتیب، معنی‌داری در سطح ده و یک درصد مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به نتایج آزمون‌های ریشه واحد در جدول ۲، به‌طور خلاصه، همه متغیرهای الگو در سطح احتمال یک درصد، نامانا و حاوی یک ریشه واحد بوده‌اند، به‌گونه‌ای که تفاضل مرتبه اول آنها در سطح یک درصد در تمامی موارد مانا یا I(1) هستند. تخمین مدل در حالت نامانا بودن متغیرها منجر به ایجاد رگرسیون کاذب در مدل می‌شود که برای جلوگیری از اتکا به رگرسیون کاذب، می‌توان از روش‌های تفاضل‌گیری و آزمون هم‌انباشتگی بهره گرفت. بنابراین، اگر با وجود متغیرهای نامانا در مدل، بین آنها هم‌انباشتگی برقرار باشد، نتایج برآورد الگو قابل اعتماد خواهد بود.

در پژوهش حاضر، برای بررسی آزمون هم‌انباشتگی در الگو، از روش یوهانسون استفاده شده است. در این آزمون، فرضیه صفر عدم وجود هم‌انباشتگی یا رابطه بلندمدت است، که نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

روش پیشنهادی بدین صورت است که هر پنج الگو، به‌ترتیب، از مقیدترین حالت (الگوی اول) تا نامقیدترین حالت (الگوی پنجم) برآورد می‌شود. سپس، آزمون فرضیه وجود صفر بردار هم‌جمعی

(r=0)، به‌ترتیب، در آنها صورت می‌گیرد. اگر بر اساس کمیت‌های بحرانی آماره آزمون اثر[1] این فرضیه رد شد، آنگاه در مرحله دوم، آزمون فرضیه صفر r=1 بار دیگر از مقیدترین تا نامقیدترین حالت انجام می‌شود. به همین ترتیب، این آزمون برای دو بردار هم‌جمعی r=2 و بیشتر نیز انجام می‌پذیرد. توقف آزمون‌ها زمانی صورت می‌گیرد که فرضیه صفر پذیرفته شود؛ در این هنگام، تعداد بردارهای هم‌جمعی تعیین‌شده به‌صورت یکجا مشخص می‌شود. در عمل، از آنجا که حالت اول و حالت پنجم محتمل است، می‌توان این دو الگو را در نظر نگرفت و به برآورد سه الگوی دیگر پرداخت (Nofarsti and Sezavar, 2021).

بر اساس روش یادشده، نخست، انتخاب الگوی ششم مناسب است که خلاصه‌ای از هر پنج الگو را گزارش می‌کند،چراکه بدین ترتیب، می‌توان از روی خروجی به‌دست‌آمده، الگوی مناسب را تعیین کرد. بنابراین، با بررسی خروجی الگوی ششم، به‌ترتیب، از الگوی دوم تا چهارم که تعداد بردارهای همگرایی ارائه‌شده از طریق آماره آزمون اثر (trace) و آماره آزمون حداکثر مقدار ویژه[2] (max) را ارائه می‌کنند، الگویی که کمترین بردار را ارائه دهد، به‌عنوان الگوی مناسب برای برآورد بردار همگرایی انتخاب می‌شود. در نتیجه طی کردنِ مراحل یادشده، الگوی سوم که با عرض از مبدأ و بدون روند بود، انتخاب و نتایج آن در جدول ۳ گزارش شده است؛ این نتایج نشان می‌دهد که حداقل یک بردار هم‌انباشتگی در الگوی مورد نظر وجود دارد.

جدول ۳- نتایج آزمون یوهانسون

تعداد معادلات هم‌انباشتگی	مقدار ویژه	آماره آزمون اثر	حد بحرانی ۰/۰۵	Probe
صفر*	۰/۷۷	۲۴۶/۸۵	۱۹۷/۳۷	۰/۰۰۰
یک	۰/۶۰	۱۷۹/۰۷	۱۵۹/۵۲	۰/۰۸۷
دو	۰/۵۷	۱۲۳/۴۸	۱۲۵/۶۱	۰/۱۹۷
سه	۰/۴۶	۸۴/۱۳	۹۶/۷۵	۰/۲۴۰

* عدم وجود هم‌انباشتگی رد می‌شود. مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج جدول ۳، در سطح معنی‌داری یک درصد، بر وجود یک بردار همگرا دلالت دارد. پس از اثبات وجود هم‌انباشتگی در الگو، به تخمین رابطه بلندمدت پرداخته می‌شود. برای برآورد الگوی

1. trace
2. eigenvalue

بلندمدت، روش‌های گوناگون وجود دارد که در مطالعهٔ حاضر، چنان‌که پیش‌تر گفته شد، از روش حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS) استفاده شده است. نتایج برآورد الگوی FMOLS در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴- نتایج الگوی FMOLS

متغیر	مقدار ضریب	انحراف معیار	آماره t	ارزش احتمال
Ltemp	۳۶/۸۲**	۱۴/۱۸	۲/۵۹	(۰/۰۱)
Ltemp2	-۶/۵۳**	۲/۴۸	-۲/۶۲	(۰/۰۱)
Lrain	۰/۷۷*	۰/۴۰	۱/۹۰	(۰/۰۶)
Lrain2	-۰/۰۶*	۰/۰۳	-۱/۸۳	(۰/۰۷)
LY(-1)	۰/۴۲***	۰/۰۴	۱۰/۲۳	(۰/۰۰)
Lfert	۰/۰۳**	۰/۰۱	۲/۶۰	(۰/۰۱)
Lland	۰/۱۹***	۰/۰۴	۳/۹۶	(۰/۰۰)
Ltecno	۰/۱۰***	۰/۰۰۷	۱۳/۷۷	(۰/۰۰)
Lco2	-۰/۱۲۷***	۰/۰۳	-۳/۵۶	(۰/۰۰)
Dom	-۰/۰۵**	۰/۰۱	-۳/۰۱	(۰/۰۰)
C	-۴۶/۷۳**	۱۹/۹۱	-۲/۳۴	(۰/۰۲)
		$\bar{R}^2$= 96	R^2= 97	

*، ** و ***، به‌ترتیب، معنی‌داری در سطح ده، پنج و یک درصد مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به نتایج برآورد (جدول ۴)، ضریب تعیین برآوردشده ۰/۹۷ به‌دست آمده، که بیانگر تبیین ۹۷ درصد از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیر توضیحی مدل است؛ همچنین، در این الگو، متغیرها ارتباط معنی‌دار با تولید دارند. متغیر اقلیمی متوسط دمای سالانه ارتباط غیرخطی با تولید پیدا کرده و با توجه به علامت ضرایب توان اول و دوم متغیر متوسط دمای سالانه، این ارتباط غیرخطی به‌صورت U وارونه است؛ در واقع، متغیر اقلیمی دما دارای نقطه بیشینه است، بدن ترتیب که پیش از دمای بیشینه افزایش دما منجر به افزایش تولید شده و پس از آن، باعث کاهش تولید می‌شود که با توجه به رابطه (۸)، نقطه بیشینهٔ دمای سالانه تولید برابر با ۱۶/۷۸ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمده است؛ به دیگر سخن، تا قبل از دمای ۱۶/۷۸ درجه سانتی‌گراد، افزایش متوسط دمای سالانه منجر به افزایش عملکرد شده و بعد از دمای ۱۶/۷۸ درجه سانتی‌گراد افزایش دما منجر به کاهش عملکرد می‌شود. همچنین، با توجه به رابطه (۹)، کشش متغیر اقلیمی متوسط دمای سالانه، طبق برآورد، حدود ۰/۵ به‌دست آمده است، بدین معنی که با فرض ثابت بودن سایر شرایط، نیم درصد افزایش در

میانگین متوسط دمای سالانه برای کشور در دوره ۴۸ سال منجر به افـزایش ۰/۵ درصـدی میـانگین کل تولیدات زراعی سالانهٔ کشور می‌شود. همچنین، اثر دما بر تولید محصولات بیش از بارش است. با توجه به نتایج متغیر بارش نیز مانند دما، این متغیر رابطهٔ غیرخطی کوهانی‌شکل با تولید پیدا کرده که با توجه به ضرایب توان اول و دوم و رابطه (۸)، بیشینهٔ بارندگی برابر با ۶۱۴ میلی‌متر بـه‌دسـت امـده است؛ به دیگر سخن، متوسط بارندگی سالانه تا مقدار ۶۱۴ میلی‌متر باعث افزایش تولید و پـس از ان، منجر به کاهش تولید محصولات زراعی طی دوره مورد بررسی می‌شود. کشش متغیر بارش نیز طبـق محاسبات، برابر با ۰/۰۵ بوده است. همچنین، متغیرهای فیزیکی سطح زیر کشت، کود و وقفـهٔ تولیـد ارتباط مستقیم با تولید داشته و کشش این سه متغیر، به‌ترتیب، ۰/۱۹، ۰/۰۳ و ۰/۴۲ اسـت؛ یعنـی، بـا فرض شرایط ثابت، با یک درصد افزایش در سطح زیر کشـت و کـود، کـل تولیـدات زراعـی کشـور، به‌ترتیب، ۰/۱۹ و ۰/۰۳ درصد افزایش خواهد یافت. البته، متغیر گاز دی‌اکسید کـربن (CO_2) و متغیـر دامی تحریم اثر منفی بر تولیدات زراعی کشور داشته‌اند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تغییرات آب‌وهوایی که از دوره‌های گذشته نیز وجود داشته، در چند دهه اخیر، به‌دلیـل شـدت گرفتن آن در نتیجهٔ فعالیت‌های بشری، نگرانی‌هایی را در سطح بین‌المللی بـه‌وجـود آورده و تـأثیرات فراوان بر تولیدات کشاورزی در سراسر جهان داشته است. در واقع، امـروزه، تغییـراقلیم از مهـم‌تـرین مشکلات زیست‌محیطی در جهان بوده و اهمیت آن در بخش کشاورزی بیش از بخـش‌هـای دیگـر است و از آنجا که نظام تولید کشاورزی کشور، نسبت به تغییر فناوری و سرمایه، انعطاف‌پذیری کمـی دارد، حساسیت و آسیب‌پذیری این بخش نسبت به تغییر اقلـیم بیشـتر اسـت. در مطالعـهٔ حاضـر، بـه بررسی اثرات متغیرهای اقلیمی متوسط دمای سالانه، مجموع بارش سالانهٔ ایران و انتشار سالانه گـاز دی‌اکسید کربن (CO_2) به‌همراه متغیرهـای کـود شـیمیایی، سـطح زیـر کشـت و سـرمایه ثابـت در ماشین‌آلات به‌عنوان شاخصی برای فناوری پرداخته شده و همچنین، از متغیر دامی برای بررسـی اثـر تحریم‌ها علیه کشورمان استفاده شده است. برای رسیدن بداین هدف مهم، از روش حـداقل مربعـات معمولی کاملاً اصلاح‌شده (FMOLS) استفاده شده است. با توجه نتایج بـه‌دسـت‌آمـده، فقـط متغیـر اقلیمی بارش ارتباط معنی‌دار با تولید پیدا نکرده و ارتباط متغیرهای دیگر با کل تولیدات زراعی کشـور معنی‌دار شده است، به‌گونه‌ای که متغیر اقلیمی متوسط دمای سالانه ارتباط غیرخطـی بـا تولیـد پیـدا کرده و با توجه به علامت ضرایب توان اول و دوم متغیر متوسط دمای سالانه، این ارتبـاط غیرخطـی

به‌صورت U وارونه است. در واقع، متغیر اقلیمی دما دارای نقطه بیشینه است، بدین ترتیب که قبل از دمای بیشینه (که طبق نتایج مطالعه، این دما ۱۶/۷۸ به‌دست آمده است)، افزایش دما منجر به افزایش تولید شده و بعد از آن، باعث کاهش تولید می‌شود. در نتیجه، افزایش مستمر دما می‌تواند به کاهش تولید و در نهایت، کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح منجر شود، که خود اثر مستقیم بر الگوی اقتصاد کشاورزی و به‌ویژه امنیت غذایی دارد. ارتباط معنی‌دار دما و بارش بر تولیدات کشاورزی در تحقیقات لیننلوئک و همکاران (Linnenluk et al., 2019)، امیرنژاد و اسدپور کردی (Amiranjad and Asadpour Kordi, 2017)، بنلاچ گونزالس و همکاران (Benlach et al., 2015)، بن زاید (Ben Zaied, 2014)، زرعکانی و همکاران (Zarakani et al., 2014)، مؤمنی و زیبایی (Momeni and Zibaei, 2013)، علیجانی و همکاران (Alijani et al., 2012) و نیز سلطانا و همکاران (Sultana et al., 2010) نیز دیده شده است.

همچنین، نتایج نشان داد که انتشار سالانه گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) اثر منفی بر تولید داشته، که این ارتباط معنی‌دار با نظریه‌های علمی نیز سازگار و با نتایج رحمان و همکاران Rehman et al. 2022)، لیننلوئک و همکاران (Linnenluk et al., 2019)، امیرنژاد و اسدپور کردی (Amiranjad and Asadpour Kordi, 2017)، آتاوانیچ و مک‌کارل (Attavanich and McCarl, 2011) نیز همسو است. از آنجا که یکی از مهم‌ترین عوامل گرم شدن زمین افزایش گازهای گلخانه‌ای و از آن جمله افزایش بیش از حد گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) است و این عامل باعث تأثیرات اقلیمی و همان افزایش دما می‌شود، که خود به کاهش تولید محصولات زراعی حساس به دما می‌انجامد، دولت باید از انتشار بیش از حد این گازها جلوگیری کند؛ و در همین راستا، توصیه می‌شود که به‌جای استفاده از سوخت‌های فسیلی، از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر مانند انرژی‌های خورشیدی و بادی در سطح وسیع در کشور استفاده شود و برای جذب بیشتر گاز دی‌اکسید کربن (CO_2) توسط منابع طبیعی، از نابودی جنگل‌ها و برداشت بی‌رویه درختان جنگلی جلوگیری شده و در کشور، طرح‌های درختکاری اجرا و نهادینه شود. از نتایج دیگر مطالعهٔ حاضر، اثر مثبت سرمایه ثابت در ماشین‌الات بخش کشاورزی به‌عنوان شاخص فناوری است و در همین ارتباط، پیشنهاد می‌شود که دولت با سرمایه‌گذاری بیشتر و مکانیزاسیون در بخش کشاورزی و اقدامات گسترده‌تر از جمله ارائهٔ تسهیلات و اعتبارات دولتی و آموزش کشاورزان در راستای استفاده صحیح از ماشین‌آلات، زمینه‌های لازم را برای افزایش تولیدات زراعی کشور فراهم سازد. همچنین، طبق نتایج پژوهش حاضر، متغیر دامی تحریم اثر منفی بر تولیدات زراعی کشور داشته، که نشان‌دهندهٔ اهمیت اثر تحریم بر میزان

تولیدات کشاورزی است و این اثر می‌تواند با تأثیر منفی بر تراز تجـاری کشـور در بخـش کشـاورزی، منجر به بروز مشکل در امنیت غذایی شود.

به‌طور کلی، از آنجا که پدیده تغییر اقلیم و گرمایش جهـانی در حـال رخ دادن اسـت و نتـایج تحقیق حاضر نیز تأثیرپذیری تولید از متغیرهای اقلیمی (دما و بارش) را تأیید کرده اسـت، اسـتفاده از ارقام و واریته‌های مقاوم به دما نیز می‌تواند در مقابله با پدیده تغییر اقلیم مفید و مؤثر باشد.

منابع

1. Alagidede, P., Adu, G. and Frimpong, P.B. (2014). The effect of climate change on economic growth, evidence from Sub-Saharan Africa. World Institute for Development Economics Research (WIDER) Working Paper 2014/017, Helsinki: UNU-WIDER. Available at https://doi.org/10.35188/UNU-WIDER/2014/738-7.
2. Alam, Q. (2013). Climate change, agricultural productivity and economic growth in India: the bounds test analysis. *International Journal of Applied Research and Studies*, 2(11): 1-14.
3. Alijani, F., Karbasi, A.R. and Mozafari Masan, M. (2012). Investigating the effect of temperature and rainfall on the yield of water wheat in Iran. *Agricultural Economics and Development*, 19(76): 143-166. (Persian)
4. Amirnejad, H. and Asadpour Kordi, M. (2017). Investigating the effects of climate change on wheat production in Iran. *Agricultural Economics Research*, 9(35): 163-182. (Persian)
5. Attavanich, W. and McCarl, B. (2011). The effect of climate change, CO_2 fertilization, and crop production technology on crop yields and its economic implications on market outcomes and welfare distribution. 2011 Annual Meeting, 24-26 July, 2011.
6. Badalzadeh, A. and Danesh Shahraki, A.R. (2014). Effects of climate change on agriculture and horticulture. National Conference on Climate Change and Engineering for Sustainable Development of

Agriculture and Natural Resources, Hamedan. Available at https://civilica.com/doc/282314/. (Persian)

7. Ben Zaied, Y. (2013). Long run versus short run analysis of climate change impacts on agriculture. University of Rennes, Economic Research Forum Working Papers, 808.
8. Benhin, J.K.A. (2008). South African crop farming and climate change: an economic assessment of impacts. *Global Environmental Change*, 18: 666-678.
9. Benlloch-Gonzalez, M., Bochicchio, R. and Berger, J. (2014). High temperature reduces the positive effect of elevated CO_2 on wheat root system growth. *Field Crops Research*, 165: 71-79.
10. Chen, Sh., Chen, X. and Xu, J. (2015). Impacts of climate change on agriculture: evidence from China. *Journal of Environmental Economics and Management*, 76: 105-124. DOI: 10.1016/j.jeem.2015.01.005.
11. Dasgubta, P., Bhattacharjee, D. and Kumari, A. (2013). Socio-economic analysis of change impact on food grain production in Indian States. *Environment development*, 8: 5-21.
12. Dehmardeh, N., Safdari, M. and Shahiki Tash, M. (2010). The effect of macro indicators on income distribution in Iran (1974-2007). *Commercial Research Quarterly*, 14(54): 25-55. (Persian)
13. FAO (2012). How to feed the world in 2050. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization (FAO). Available at https://www.fao.org/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf.
14. FAO (2022). FAO strategic framework. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization (FAO). Available at https://www.fao.org/about/strategy-programme-budget/strategic-framework/en/.
15. Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Robin, C., Joanne, C., Kate, W. and Wiltshire, A. (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365(1554).

16. Guo, Y., Wu, Y., Wen, B., Huang, W., Ju, K., Gao, Y. and Li, S. (2020). Floods in China, COVID-19, and climate change. *Lancet Planet Health*, 4(10): e443-e444. DOI: 10.1016/S2542-5196(20)30203-5.
17. Hoseini, S.S., Nazari, M.R. and Araghinejad, Sh. (2013). Investigating the impacts of climate on agricultural sector with emphasis on the role of adaptation strategies in this sector. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 44(1): 1-16. DOI: 10.22059/ijaedr.2013.36064. (Persian)
18. IMF (2019). IMF annual report 2019. Washington D.C.: The International Monetary Fund (IMF). Available at http//www.imf.org/external/pubs/ft/ar/2019/eng/index.htm.
19. IPCC (2007). The definition of climate change. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Available at https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf.
20. Janjua, P.Z., Samad, G. and Khan, N. (2014). Climate change and wheat production in Pakistan: An autoregressive distributed lag approach. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 68(1): 13-19. DOI: 10.1016/j.njas.2013.11.002.
21. Jayatilleke, S.B. and Yiyong, C. (2014). The impact of climate change on food crop productivity, food prices and food security in South Asia. *Economic Analysis and Policy*, 44: 451-465.
22. Kao, C. and Chiang, M.H. (2000). On the estimation and inference of a cointegrated regression in panel data. *Advances Econometrics*, 15: 179-222.
23. Khaleghi, S., Bazzazan, F. and Madani, Sh. (2015). The effect of climate change on the production of the agricultural sector and on Iran's economy (social accounting matrix approach). *Agricultural Economics Research*, 7(25): 113-135. (Persian)
24. Khanal, A.R., Mishra, A.K. and Bhattarai, M. (2014). Weather risk and cropping intensity: a non-stationary and dynamic panel modeling

approach. 2014 Annual Meeting, 27-29 July, 2014, Minneapolis, Minnesota 170603, Agricultural and Applied Economics Association.

25. Koocheki, A., Nasiri Mahalati, M. and Jafari, L. (2015). Evaluation of climate change effect on agricultural production of Iran: 1. Predicting the future agroclimatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(4): 651-664. DOI: 10.22067/gsc.v13i4.51156. (Persian)
26. Linnenluecke, M.K., Nucifora, N. and Thompson, N. (2018). Implications of climate change for the sugarcane industry. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9(1): e498.
27. Madani, K. (2021). Have international sanctions impacted Iran's environment? *World*, 2(2): 231-252.
28. Mahato, A. (2014). Climate change and its impact on agriculture. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4): 1-6.
29. MAJ (2020). The role of the agricultural sector in increasing resilience against sanctions and enhancing Iran's economic growth. Tehran: Ministry of Agriculture-Jahad (MAJ). Available at https://dolat.ir/detail/341383. (Persian)
30. Mehralizadeh, Y., Hashemi, L. and Heybatolahpour, Z. (2020). Report on dealing with the sanction of sugarcane development companies and related industries. Industrial Management Organization, Khuzestan Representative Office.
31. Momeni, S. and Zibaei M. (2013). Potential effects of climate change on agriculture in Fars province. *Agricultural Economics and Development (Agricultural Sciences and Industries)*, 27(3): 169-179. DOI: 10.22067/JEAD2.V0I0.29418. (Persian)
32. Nofarsti, M. and Sezavar, M. (2021). Development of a macro econometric model with different frequency composite data in order to evaluate the effect of sanctions imposed on Iran's economy. *Econometric Modeling*, 6(1): 131-161. (Persian)

33. Onoja, A. and Achike, A.I. (2014). Effects of climate change, poverty and macroeconomic policies on agricultural trade performance in Nigeria. *British Journal of Environment and Climate Change*, 4: 66-82.
34. Phillips, P.C. and Hansen, B.E. (1990). Statistical inference in instrumental variables regression with I(1) processes. *The Review of Economic Studies*, 57(1): 99-125.
35. Rahimi, J., Malekian, A. and Khalili, A. (2019). Climate change impacts in Iran: assessing our current knowledge. *Theoretical and Applied Climatology*, 135: 545-564. (Persian)
36. Rajabalinejad, A. (2023). "Environmental Diplomacy and Climate Change (Integral view for Sustainable policymaker)". Foreign Policy Quarterly: 2-2023.
37. Rehman, A., Ma, H., Ozturk, I. and Ahmad, M.I. (2022). Examining the carbon emissions and climate impacts on main agricultural crops production and land use: updated evidence from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(1): 868-882.
38. Salehi Komroudi, M. and Shakeri Bostanabad, R. (2019). The impact of climate change on agricultural production and food security in East Azarbaijan province. *Journal of Environmental Science Studies*, 4(3): 1801-1809. (Persian)
39. Sivakumar, M. (2021). Climate change, agriculture adaptation, and sustainability. In: Climate resilience and environmental sustainability approaches, pp. 87-109, Springer. DOI: 10.1007/978-981-16-0902-2_6.
40. Soleimaninejad, S., Dourandish, A. and Nikookar, A. (2016). Identifying the economic and climatic factors affecting the added value of Iran's agricultural sector. The 10th Biennial Conference on Agricultural Economics of Iran, 11 May, 2016, Kerman Advanced Technology Graduate University. (Persian)

41. Sultana, H., Ali, N., Iqbal, M. and Khan, A.M. (2009). Vulnerability and adaptability wheat production in different climatic zones of Pakistan under climate change. *Climatic Change*, 94: 123-142.
42. Tokunaga, S., Okiyama, M. and 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.
43. Wani, S.A., Mahdi, S.S., Samoon, S.A., Hassan, G. and Dar, S.A. (2020). Climate change-its impact on agriculture. *Journal of Phytology*, 2(10): 82-86.
44. WMO (2021). WMO: New climate report is a clarion call for urgent action. Available at https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-new-climate-report-clarion-call-urgent-action.
45. Zarakani, F., Kamali, G. and Chizari, A. (2014). The effect of climate change on the economy of rain fed wheat (a case study in Northern Khorasan). *Journal Of Agroecology*, *6*(2): 301-310. DOI: 10.22067/jag.v6i2.39370. (Persian)