Vol. 13, No. 52, Winter (2025)
مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)
Scientific Association of Regional Development Economics

Applied Economics Studies, Iran (AESI)
P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X
Journal Homepage: https://aes.basu.ac.ir/
Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.
Publisher: Bu-Ali Sina University. *All rights reserved.*
Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the ***Creative Commons****.* **(© The Author(s))**

Bu-Ali Sin University

Investigating the Effect of Climate Change on the Growth of the Gross Domestic Product of Iran's Provinces in Different Periods of Time

Lotfali Azari[1], Ali Akbar Naji Meidani[2], Narges Salehnia[3]

Type of Article: Research
https://dx.doi.org/10.22084/aes.2024.29480.3701
Received: 2024.06.16; Revised: 2024.07.29; Accepted: 2024.09.07
Pp: 9-39

Abstract

The extent of the effects and consequences of climate change on various dimensions of human life today has made this phenomenon more than an environmental issue and highlighted its economic aspects with regard to its effects on economic development, poverty, inequality and prosperity. Economic analysis of climate change, especially in different time periods, requires estimates at national and local levels. In view of conducting some limited and mostly partial studies on the economic impact of changing weather conditions in Iran, in this article using the economic production data and new calculation of weather variables for the provinces of the country between 2000 to 2020, it has been possible to estimate the impact of climate change on different time scales by using annual panel model and long difference model. The results show that there is a negative effect of changes in temperature and precipitation simultaneously and with a delay of one year on the production of Iranian provinces, although the value of these coefficients is very low. In addition, these changes affect short-term production and long-term growth. However, it can be claimed that there is no long-term effect between precipitation levels and changes in production, unlike temperature levels. Also, a significant negative effect of intermittent changes in temperature on production can be seen, and a positive effect can be extracted regarding intermittent changes in precipitation. In the regression of the long difference, there was no evidence that the temperature level (or the amount of precipitation) has an effect on the production of the provinces in long periods, although the change in precipitation has a greater influence in longer periods, and unlike temperature, its effect It is not rejected in shorter periods of time either.

Keywords: Climate Change, Economic Impacts, Climate Effects.
JEL Classification: Q54, Q51, O44, O13.

1. Ph.D. Candidate in Economics, Department of Economics, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran (Corresponding Author), ***Email:*** naji@um.ac.ir.
3. Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Administrative and Economic Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Citations: Azari, L.; Naji Meidani, A. A. & Salehnia, N., (2025). "Investigating the Effect of Climate Change on the Growth of the Gross Domestic Product of Iran's Provinces in Different Periods of Time". *Journal of Applied Economics Studies in Iran,* 13(52): 9-39. doi: 10.22084/aes.2024.29480.3701
Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_5692.html?lang=en

1. Introduction

Climate change as a result of human activities and especially the emission of greenhouse gases can be introduced as the most important factor in global warming since the beginning of the industrialization process (IPCC, 2013). It is important to understand the relationship between climate and economic results, especially when predicting the effects of global warming (Newell et al., 2021). Weather conditions can play a vital role in directing human economic activities, and accordingly, these effects are considered to be inseparable components of climate change, with the explanation that the effects will not be the same in different geographical areas. And depending on the region, it can appear as an opportunity or a threat. According to the growing trend of global studies in the field of climate change, in this article, according to the domestic needs of Iran, the effectiveness of this phenomenon has been investigated in order to help the country's policy makers and decision makers in the low-cost transition of this process. In terms of sustainable exit from environmental conflicts and as a result, it helps to reduce economic threats in Iran's territorial future.

2. Materials and methods

The main focus in this article is to investigate and analyze the effects of local climate change and its conditions in different time scales in the provinces of Iran, while using a comprehensive set of data related to the provinces' gross domestic product. Country and climate data with full and extensive provincial coverage and a long-time scale from 2000 to 2020 using combined annual panel model and long difference model, as a practical method to investigate and analyze the effects of water change and Air is focused on economic production. The impact of climate change includes the impact on economic activity indicators and the effects that are based on the criteria of changes in the welfare of economic factors - producers, consumers and investors - due to market effects (Callaway et al., 2011). we consider a stylized Ramsey-type growth model. In general, with the modeling done, economic growth is affected by the following variables; 1) the immediate (or short-run) climate effect, 2) the transitory impact and 3) the long-term productivity growth rate (Dell et al., 2012; Kalkuhl & Wenz, 2020). In the current literature on economic effects of climate change, several different types of equations are proposed: Linear effects on the surface, nonlinear effects on the surface, nonlinear effects in the first-lag and finally nonlinear effects in positive and negative deviation from long-term weather conditions. There are also differences in how to model unobserved time heterogeneities. In this article, various characteristics of the recent literature are compared to determine which model best explains the effect of climate variables on the economic production of Iran's provinces.

3. Data

Temperature and precipitation data are extracted from the Climatic Research Unit of the University of East Anglia in the United Kingdom. Also, the gross domestic product of the provinces was extracted from the database of Iran Statistics Center and other data used according to the case from Iran Statistics Center, the digital maps of the height of the whole country in the Comprehensive Weather and Climatology Database of Iran and the Ministry of Energy.

4. Discussion

In this article, while focusing on the uncertainty of common models, research at the provincial level in Iran, which faces significant heterogeneity in climate and weather conditions and levels of development, has contributed to the progress of this field of study. Also, by using a comprehensive set of economic activity data at the provincial level with complete coverage at the national level, the relationship between economic production and weather conditions at different time scales has been analyzed. In order to measure the accuracy and strength of different models for using mixed data, while performing various tests, choosing the method of mixed data and then choosing the presence of fixed effects was accepted. In the estimation of annual models, the independent variables provided the best explanation for the dependent variable and most of them were at an acceptable level of significance. The results show the negative effect of changes in weather conditions on the production of Iran's provinces. In the estimation of the long difference models, the seven-year time periods were selected and analyzed, and some auxiliary variables were also considered according to the position of the provinces, which can be argued that the change in weather conditions did not bring adaptation over.

5. Conclusion

In this article, by using a comprehensive set of economic activity data at the provincial level with complete coverage at the national level, the relationship between economic production and weather conditions at different time scales has been analyzed. The results of this research, in line with the studies of Newell et al., (2021) and Olper et al. (2021), confirm the significant uncertainty of the current models and show the negative effect of temperature and precipitation changes simultaneously and with a delay of one year on the production of Iran's provinces, although the amount of these coefficients is very low. Economic sectors in the provinces are more dependent on temperature than precipitation,

which is the reason for the influence of temperature fluctuations on other sectors beyond agriculture, such as services, housing, construction, energy, and industry. etc. referred to rain. However, a significant negative effect of intermittent changes in temperature on production can be seen and a positive effect can be extracted regarding intermittent changes in precipitation. Although no evidence was found for continuous growth effects according to the models, higher final effects of temperature are reported compared to the models of Burke, Hsiang and Miguel (2015) and Kalkuhl and Wenz (2020). By using the regression of long difference, no evidence was found that the temperature level (or the amount of rainfall) affects the production of the provinces in long periods. In this context, it can be claimed that the expectations formed or the change in the situation compared to the previous periods have the ability to have a greater influence on the decision of economic and production activists in Iran.

Acknowledgments

The authors consider it necessary to express their gratitude to the staff and referees of the Iranian Applied Economic Studies Quarterly for improving and enriching the text of the article.

Observation Contribution

The authors declare that due to the fact that this article is extracted from a doctoral dissertation, the writing of the article was the responsibility of the first author and its guidance was the responsibility of the second and third authors.

Conflict of Interest

The authors declare the absence of conflict of interest by observing the ethical principles of publication in reference.

مطالعات اقتصادی کاربردی ایران
Quarterly Journal of Applied Economics Studies, Iran (AESI)
سال سیزدهم، شمارهٔ ۵۲، زمستان ۱۴۰۳

فصلنامهٔ علمی مطالعات اقتصادیِ کاربردی ایران
شاپای چاپی: ۲۵۳۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: X۴۷۲-۲۳۲۲
وب‌سایت نشریه: https://aes.basu.ac.ir
نشریهٔ گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقالهٔ چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر این‌که حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

بررسی اثر تغییر اقلیم بر رشد تولید ناخالص داخلی استان‌های ایران در دوره‌های زمانی مختلف*

لطفعلی آذری[۱]، علی‌اکبر ناجی‌میدانی[۲]، نرگس صالح‌نیا[۳]

نوع مقاله: پژوهشی
شناسهٔ دیجیتال: https://dx.doi.org/10.22084/aes.2024.29480.3701
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۷، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۷
صص: ۳۹-۹

چکیده

گستردگی آثار و پیامدهای تغییرات آب و هوا بر ابعاد مختلف زندگی بشر امروزی، این پدیده را از یک مسأله محیط‌زیستی فراتر برده و جنبه‌های اقتصادی آن را با توجه به اثرات آن بر توسعهٔ اقتصادی، فقر، نابرابری و رفاه برجسته کرده است. تحلیل اقتصادی تغییرات آب و هوا به‌ویژه در دوره‌های زمانی مختلف به برآوردهایی در سطوح ملی و محلی نیاز دارد. نظر به انجام برخی مطالعات محدود و عمدتاً بخشی در زمینهٔ تأثیر اقتصادی تغییر شرایط آب و هوایی در ایران، در این پژوهش با بهره‌برداری از داده‌های تولید اقتصادی و محاسبهٔ جدید از متغیرهای آب و هوا برای استان‌های کشور بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹، این امکان فراهم شده است که تأثیر تغییر آب و هوا در مقیاس‌های زمانی مختلف با استفاده از رگرسیون‌های ترکیبی (پانل) سالانه و تفاضل طولانی تخمین زده شود. نتایج نشان می‌دهد اثر منفی تغییرات دما و بارش هم‌زمان و با تأخیر یک ساله بر تولید استان‌های ایران وجود دارد؛ هرچند مقدار این ضرایب بسیار کم است. هم‌چنین یک اثر منفی قابل‌توجه از تغییرات باوقفهٔ دما بر تولید نیز قابل مشاهده است و اثر مثبت درخصوص تغییرات باوقفهٔ بارش قابل استخراج است. در رگرسیون تفاضل طولانی شواهدی مبنی‌بر تأثیرگذاری سطح دما (یا میزان بارندگی) بر تولید استان‌ها در دوره‌های طولانی یافت نشد؛ هرچند تغییر بارندگی، قدرت تأثیرگذاری بیشتری در دوره‌های طولانی‌مدت‌تر به‌همراه دارد و برخلاف دما، تأثیرگذاری آن در دوره‌های زمانی کوتاه‌تر نیز رد نمی‌شود.

کلیدواژگان: تغییر آب و هوا، اثرات اقلیم، تأثیرات اقتصادی.
طبقه‌بندی JEL: Q54, Q51, O44, O13.

*. این مقاله برگرفته از رسال دکترای نویسندهٔ اول در دانشگاه فردوسی مشهد است.

۱. دانشجوی دکترای علوم اقتصادی، گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
Email: Lotfaliazari@mail.um.ac.ir
۲. دانشیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (نویسندهٔ مسئول)
Email: naji@um.ac.ir
۳. دانشیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
Email: n.salehnia@um.ac.ir

ارجاع به مقاله: آذری، لطفعلی؛ ناجی‌میدانی، علی‌اکبر؛ و صالح‌نیا؛ نرگس، (۱۴۰۳). «بررسی اثر تغییر اقلیم بر رشد تولید ناخالص داخلی استان‌های ایران در دوره‌های زمانی مختلف». مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۳(۵۲): ۹-۳۹. doi: 10.22084/aes.2024.29480.3701
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_5692.html

۱. مقدمه

تغییر آب و هوا به‌عنوان پیامد ناشی از فعالیت انسان و به‌طور ویژه، حاصل انتشار گازهای گلخانه‌ای را می‌توان مهم‌ترین عامل گرم شدن کره‌زمین از آغاز فرآیند صنعتی‌شدن تاکنون معرفی کرد. در صورتی‌که اقدامی برای کاهش کربن در سطح جهان انجام نشود و رشد اقتصادی محدود نگردد، این احتمال وجود دارد که میانگین دمای جهانی در پایان قرن بین ۲/۶ تا ۴/۸ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش‌یابد (هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم[۱]، ۲۰۱۳). انتظار می‌رود با شتاب تغییرات آب و هوای جهانی، بر تعداد و شدت رویدادهای شدید آب و هوایی نیز افزوده شود (رحمستورف و کومو[۲]، ۲۰۱۱). شناخت مطلوب رابطهٔ بین اقلیم و نتایج اقتصادی به‌ویژه در زمان پیش‌بینی اثرات گرمایش جهانی حائز اهمیت است (نیول و همکاران[۳]، ۲۰۲۱). در سالیان اخیر هم در سطح جهانی و هم در سطح کشورها، تعداد فزاینده‌ای از شواهد اقتصادسنجی جمع‌آوری شده است که تغییرات تصادفی متغیرهای آب و هوا را به نتایج اقتصادی مرتبط می‌کنند (دل و همکاران[۴]، ۲۰۱۴؛ کلستاد و همکاران[۵]، ۲۰۲۰). ثابت شده است نوسانات دما و حد نهایی شاخص‌های آب و هوا، تأثیر قابل‌توجهی بر فعالیت‌های اقتصادی (دل و همکاران، ۲۰۱۴؛ بورک و همکاران[۶]، ۲۰۱۵)، رفاه انسان (پاتز و همکاران[۷]، ۲۰۰۵؛ شیانگ و همکاران[۸]، ۲۰۱۳؛ دشنیز[۹]، ۲۰۱۴) و عملکرد اکوسیستم (هویگ–گولدبرگ و برونو[۱۰]، ۲۰۱۰ و هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم، ۲۰۱۴) دارند؛ بنابراین شرایط آب و هوایی می‌تواند نقش حیاتی در جهت‌دهی به فعالیت‌های اقتصادی انسان داشته باشد و بر این‌اساس، این تأثیرات از اجزای جدانشدنی تغییر اقلیم محسوب می‌شود، با این توضیح که تأثیرگذاری در مناطق مختلف جغرافیایی یکسان نخواهد بود و به فراخور هر منطقه می‌تواند در نقش فرصت یا تهدید ظاهر شود.

تغییر اقلیم بر همهٔ جنبه‌های زندگی و فعالیت انسان اثرگذار است که یکی از مهم‌ترین آن، تأثیر بر سلامت است. هم‌چنین شرایط آب و هوایی قابلیت تأثیرگذاری متفاوت بر مناطق با اقلیم‌های متنوع را دارد. مطالعات انجام شده مبین وجود رابطهٔ غیرقابل انکار بین بخش‌هایی از اقتصاد به‌غیر از کشاورزی، امنیت غذایی، بهداشت و انرژی با آب و هوا است؛ به‌طوریکه شرایط آب و هوایی حتی بر ساختمان‌سازی، تفریح، کیفیت زندگی و برخی کالاهای غیربازاری نیز اثر دارد (مسترز و مک‌میلیان[۱۱]، ۲۰۰۱؛ مندلسون و همکاران[۱۲]، ۲۰۰۱؛ چانگ[۱۳]، ۲۰۰۲؛ لیندکوئیست[۱۴]، ۲۰۱۵؛ لیمباخ و همکاران[۱۵]، ۲۰۱۷). برای طراحی سیاست‌های بهینه به‌منظور کاهش اثرات و مقابله با پدیدهٔ تغییر اقلیم و هم‌چنین طراحی توافق‌نامه‌های فرامنطقه‌ای و بین‌المللی برای تقویت و توسعهٔ همکاری در

---

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
[2] Rahmstorf and Coumou
[3] Newell, Prest and Sexton
[4] Dell, Jones & Olken
[5] Kolstad, Moore & Frances
[6] Burke, Hsiang & Miguel
[7] Patz et al.
[8] Hsiang, Burke & Miguel
[9] Deschenes
[10] Hoegh-Guldberg & Bruno
[11] Masters & McMillan
[12] Mendelsohn, Dinar & Sanghi
[13] Chang
[14] Lindquist
[15] Leimbach et al.

زمینهٔ کاهش انتشار جهانی، درک کاملی از کاهش هزینه‌ها و مزایای تغییر اقلیم ضروری است (کلکول و ونز[1]، ۲۰۲۰). شرایط اقلیمی قابلیت تأثیرگذاری در اشکال مختلف مستقیم و غیرمستقیم را بر بخش‌ها و زیربخش‌های گوناگون اقتصاد دارا می‌باشد که با مدنظر قرار گرفتن این‌که کشور پهناور ایران در پهنه‌بندی هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم، در زمرهٔ مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته و مجموعهٔ اطلاعات و داده‌های هواشناسی و هم‌چنین پیش‌بینی‌ها، مبین وقوع رخداد تغییر اقلیم، به‌ویژه در چند دههٔ اخیر و استمرار این وضعیت در ایران است، اهمیت این پژوهش بیش از پیش روشن می‌شود.

از نوآوری‌های مهم در ادبیات نوظهور مربوط به بررسی تأثیر اقتصادی تغییرات اقلیم، استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی مبتنی‌بر داده‌های ترکیبی (پانل) کوتاه‌مدت یعنی تغییر سالانهٔ متغیرهای آب و هوا، به‌منظور جداسازی بهتر رابطهٔ (علّی) دما– تولید است (دشنیز و گرین استون[2]، ۲۰۰۷؛ دل و همکاران، ۲۰۱۴؛ شیانگ[3]، ۲۰۱۶؛ بلانک و اشلنکر[4]، ۲۰۱۷؛ آف‌هامر[5]، ۲۰۱۸). بیشتر این ادبیات روبه‌توسعه بر رابطهٔ جهانی بین متغیرهای آب و هوا و متغیرهای سطح کلان اقتصاد مانند تولید ناخالص داخلی سرانه تمرکز دارند که در این‌زمینه می‌توان به مطالعات «دل» و همکاران[6] (۲۰۱۲)؛ «پرتیس»[7] و همکاران، (۲۰۱۸) و «نیول» و همکاران، (۲۰۲۱) اشاره داشت؛ هرچند نقدهایی به‌دلایل مختلف بر مطالعات و تحلیل‌های موجود درمورد تأثیر تغییرات آب و هوا وارد شده است؛ ازجمله، درنظر گرفته نشدن شرایط متوسط اقلیمی و یا عدم لحاظ روند این متغیرها.

باتوجه به روند رو به توسعهٔ مطالعات جهانی در زمینهٔ تغییر اقلیم، هرچند بخش عمده‌ای از مطالعات به علل و عوامل شکل‌گیری این پدیده پرداختند که نظر به این‌که انتشار آلاینده‌ها و پیامدهای زیست‌محیطی و در ادامه تأثیرات اقتصادی آن، مشکل جهانی و عمدتاً فرامرزی است؛ لذا رفع آن نیز عزم جهانی و فراسرزمینی طلب می‌کند. در این پژوهش بنا به نیاز داخلی برای کشور ایران، تأثیرپذیری از این پدیده مورد بررسی قرار گرفته است تا به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران کشور در گذار کم‌هزینه از این فرآیند از حیث خروج پایدار از ناترازی‌های محیط زیستی و درنتیجه کاهش تهدیدهای اقتصادی در آیندهٔ سرزمینی ایران کمک کند. به‌همین‌دلیل، تمرکز اصلی در این پژوهش، بررسی و تحلیل تغییرات آب و هوای محلی و شرایط آن در مقیاس‌های زمانی مختلف به‌منظور رفع نواقص مطالعات قبلی در این‌زمینه است؛ لذا ضمن بهره‌گیری از مجموعهٔ جامع از داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی استان‌های کشور و اطلاعات آب و هوا در سطح کلیهٔ استان‌های کشور و مقیاس زمانی طولانی از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ با استفاده از رگرسیون‌های ترکیبی (پانل) سالانه و تفاضل طولانی، به‌عنوان روشی کاربردی به بررسی و تحلیل اثرات تغییر آب و هوا بر تولید اقتصادی پرداخته می‌شود. در این پژوهش پس از مقدمه، ادبیات موضوع و مبانی نظری به‌همراه پیشینهٔ پژوهش ارائه می‌شود و در ادامه نسبت به طراحی الگوی مدل و تحلیل تجربی و نهایتاً ارائه تفصیلی نتایج و یافته‌های پژوهش اقدام شده است.

---

[1] Kalkuhl & Wenz
[2] Deschenes & Greenstone
[3] Hsiang
[4] Blanc & Schlenker
[5] Auffhammer
[6] Dell, Jones & Olken
[7] Pretis et al.

۲. مبانی نظری

معمولاً به‌منظور بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی در مطالعات مربوط، مسیرهایی مدنظر قرار می‌گیرد؛ ازجمله، تبعات ناشی از شرایط نامساعد آب و هوا که منجر به تخریب اکوسیستم و در ادامهٔ آن آسیب بر رشد اقتصادی می‌شود. علاوه‌بر این، تخصیص بیشتر منابع به‌منظور برطرف‌سازی یا محدودسازی تبعات گرمایش زمین یا سایر پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم، منجر به محدودیت و کاهش منابع موردنیاز برای سرمایه‌گذاری در سایر زیرساخت‌ها می‌شود. هم‌چنین، شکل‌گیری عدم قطعیت در تصمیمات سرمایه‌گذاران و فعالان اقتصادی به‌دلیل این‌که عوامل تولید به‌ویژه در بخش کشاورزی تمایل به سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های کم‌خطر، اما کم‌بازده دارند که این مسأله در مواجهه با شرایط آب و هوایی غیرقابل پیش‌بینی، از دیگر کانال‌های اثرگذار بر تولید است (باباتونده و آدفبی[1]، ۲۰۰۵؛ علی[2]، ۲۰۱۲). واضح است تغییر آب و هوا بر رشد بلندمدت مناطقی که اقتصادشان بیشتر به این شرایط وابسته است، تأثیرگذاری بیشتری دارد. مدل‌سازی برای بررسی کلیهٔ این اثرات، ازجمله چالش‌هایی است که محققان در این‌زمینه با آن مواجه هستند و این موضوع وقتی برای برآوردهای طولانی‌مدت صورت می‌گیرد، بیشتر می‌شود؛ به‌نحوی‌که ارائه یک الگوی تغییر فنی و هدایت‌شده از رشد اقتصادی و بهره‌وری انرژی به‌منظور مطالعهٔ تأثیر سیاست‌های کاهش تغییرات آب و هوا بر مصرف انرژی ضرورت دارد (کیسی[3]، ۲۰۲۴).

براساس مطالعات انجام شده، در هر دو دیدگاه خرد و کلان اقتصادی، اثرگذاری تغییرات آب و هوا بر تولید از طریق تأثیر بر میزان تولیدات، وضعیت نهادها، تشکیل سرمایه، وضعیت سلامت جامعه، نیروی کار و غیره قابل‌اثبات است (داسگوپتا و همکاران[4]، ۲۰۱۷؛ نیولو همکاران، ۲۰۲۱). تأثیر تغییر اقلیم شامل تأثیر بر شاخص فعالیت‌های اقتصادی و علاوه‌بر آن تأثیراتی است که براساس معیارهای تغییر در رفاه عوامل اقتصادی –تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و سرمایه‌گذاران– به‌دلیل تأثیرات بازار صورت می‌گیرد (کلاوی و همکاران[5]، ۲۰۱۱).

پیش‌بینی‌های جهانی آسیب‌های تغییر اقلیم بر وضعیت کلان اقتصادی، معمولاً تأثیر میانگین دمای سالانه و ملی را در افق‌های طولانی‌مدت در نظر می‌گیرند (دسمت و روسی هانسبرگ[6]، ۲۰۲۴) و تابع آسیب مورداستفاده برای ارزیابی تأثیر اقتصادی تغییرات دما یکی از گمانه‌زنانه‌ترین مؤلفه‌های مدل‌های ارزیابی یکپارچه تغییرات آب و هوا است (ابرهارد[7]، ۲۰۲۴).

برآوردهای فعلی نشان می‌دهد، تغییرات آب و هوا احتمالاً تأثیر محدودی بر اقتصاد و رفاه انسان در قرن ۲۱ خواهد داشت؛ درواقع، تأثیر اولیه تغییر آب و هوا ممکن است مثبت باشد؛ با این‌حال، در دراز مدت تأثیرات منفی بر تأثیرات مثبت غالب است. تأثیرات منفی در کشورهای فقیرتر، گرم‌تر و پایین‌تر به‌طور قابل‌توجهی بیشتر خواهد بود، کاهش فقر مکمل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان وسیله‌ای برای کاهش اثرات تغییرات آب و هوایی است. اگرچه تغییرات آب و هوایی ممکن است بر نرخ رشد اقتصاد جهانی تأثیر بگذارد و افراد بیشتری را در دام فقر

---

[1] Babatunde & Adefabi
[2] Ali
[3] Casey
[4] Dasgupta et al.
[5] Callaway et al.
[6] Desmet and Rossi-Hansberg
[7] Eberhardt

بیاندازد، اما تعیین کمّیت این تأثیرات هم‌چنان دشوار است. برخلاف باور عمومی، نزد بسیاری افراد، انجام برخی اقدامات قوی‌تر در مورد تغییرات آب و هوا ممکن است رشد اقتصادی و حتی رفاه اجتماعی را تا حدودی افزایش دهد؛ اما به‌دلیل شکست‌های متعدد بازار که باعث می‌شوند عملکرد اقتصادی کمتر از حد مطلوب باشد، پرداختن به تغییرات آب و هوایی، گزند این شکست‌ها را کاهش می‌دهد (استرن و استیگلیتز[1]، ۲۰۲۳؛ تول[2]، ۲۰۲۴).

مطالعات انجام‌شده در بخش کشاورزی نشان می‌دهد؛ اثرات تغییر اقلیم برای کشورهایی که در نیمهٔ میانی عرض جغرافیایی قرار دارند، احتمالاً برای بیشتر قرن مفید بوده و فقط در اواخر قرن مضر خواهد بود؛ هرچند اثرات منفی بر کشاورزی در کشورهای آفریقایی، آمریکای لاتین و چین خواهد داشت. اندازهٔ کلی این تأثیر کمتر از تجزیه و تحلیل‌های قبلی است که به خاطر سازگاری پیش‌بینی شده است (بهرامی، ۱۴۰۰).

بر این‌اساس تبعات و پیامدهای ناشی از پدیدهٔ تغییر اقلیم در طول زمان جدی هستند. این پدیده خود را در تولیدات کمتر و درنتیجه مقادیر رشد پایین‌تر نشان می‌دهد. این وضعیت در ادامه بر سطح رفاه اقتصادی و نهایتاً فقر نیز تأثیرگذار خواهد بود و به‌همین‌دلیل در مراحل بعدی منجر به محدودیت در سطوح درآمدی خانوارها و سطح سلامت جامعه و نیروی کار خواهد شد. با توجه به این‌که تولیدات اقتصادی به کیفیت نیروی کار، ظرفیت‌های فیزیکی سرمایه به‌عنوان کیفیت محیطی و هم‌چنین سرمایه در دسترس اقتصاد برای تولید بستگی دارد، طبیعی است که با تحت‌تأثیر قرارگرفتن این موارد طی یک‌سال، رشد تولیدات آن سال با آسیب مواجه می‌شود.

۳. پیشینهٔ پژوهش

وجه اشتراک اغلب مطالعات مربوط به بررسی پیامدهای تغییر اقلیم در سطح جهان، بیان آثار و پیامدهای ناگزیر اقتصادی آن است که حوزهٔ تحقیقاتی بکری در این‌زمینه پیش‌روی محققان قرار داده است. با این‌وجود در داخل کشور، برخی از مطالعات جزئی و عمدتاً محدود به بخش کشاورزی انجام شده، هرچند خلأ محسوسی در تدوین و ارائه مطالعات جامع تأثیرگذاری این پدیده فراتر از بخش کشاورزی آشکار است؛ هرچند بخش عمدهٔ مطالعات، بر تأثیر بر بخش کشاورزی تمرکز دارد؛ ازجمله مطالعات: «چانگ» (۲۰۰۲)، «دشنیز» و «گرین استون» (۲۰۰۷)، «باریوس» و همکاران[3] (۲۰۰۸)، «گویترس»[4] (۲۰۰۹)، «آف‌هامر» و «اشلنکر»[5] (۲۰۱۴) و «اولپر» و همکاران[6] (۲۰۲۱). اما در مطالعاتی دیگر، «براون» و «لال»[7] (۲۰۰۶)، یک مدل رگرسیون برای بررسی چگونگی ارتباط تولید ناخالص داخلی سرانهٔ کشورها با مجموعه‌ای از ویژگی‌های آب و هوایی ایجاد کردند؛ طبق نتایج آنان، نوسانات بارش به‌عنوان یکی از بارزترین و مهم‌ترین نمودهای تغییر اقلیم، موجبات کاهش تولید ناخالص داخلی را فراهم می‌آورد. «گری» و «سادف»[8] (۲۰۰۶) نشان‌دادند رخدادهای سیل و خشکسالی در کشور اتیوپی، زمینهٔ کاهش یک–سوم رشد اقتصادی این کشور را فراهم آورده است؛ هم‌چنین «علی» (۲۰۱۲) برای کشور اتیوپی و الشناوی،

---

[1] Stern & Stiglitz
[2] Tol
[3] Barrios, Ouattara & Strobl
[4] Guiteras
[5] Auffhammer & Schlenker
[6] Olper et al.
[7] Brown & Lal
[8] Grey & Sadoff

«روبینسون» و «ویلنبوکل»[1] (۲۰۱۶) برای کشور مصر در مطالعاتی مشابه دریافتند که رشد اقتصادی در این دو کشور از تغییرات میزان بارندگی به‌صورت منفی تأثیرپذیر است. «بورک» و همکاران (۲۰۱۵) نشان‌دادند شرایط آب و هوایی می‌تواند تأثیر عمیقی بر عملکرد جوامع بشری پیشرفته داشته باشد، درحالی‌که تأثیر آن بر فعالیت‌های اقتصادی تاحدودی متناقض گزارش شده است. «هریس» و همکاران[2] (۲۰۱۵) ابعاد مختلف خسارات اقتصادی ناشی از تغییر آب و هوا را در آمریکا شامل بخش‌های کشاورزی، جنگل‌زدایی، از بین رفتن گونه‌ها، افزایش سطح آب دریا، تولید برق، سلامت، مهاجرت، مخاطرات آب و هوایی و غیره را بررسی کردند. نتایج مطالعهٔ دیگری برای کشور برزیل نیز توسط «تبالدی» و «بیودین»[3] (۲۰۱۶) انجام شده است که اثرات منفی تأثیرپذیری تولید اقتصادی در مناطق مختلف آن کشور را از تغییرات آب و هوا نشان می‌دهد. «کلکول» و «ونز» (۲۰۲۰)، شواهدی پیدا کردند که سطح بهره‌وری و رشد بهره‌وری در حد بالایی از دما متأثر است. «اولپر» و همکاران (۲۰۲۱) اثر تغییرات آب و هوا را برای مناطق مختلف کشور ایتالیا تا پایان قرن بررسی کردند و اثرگذاری ناچیز بر تولید ناخالص داخلی سرانه را نتیجه گرفتند؛ هرچند طبق نتایج آنان، تغییرات آب و هوا زیان‌های مهمی در بخش کشاورزی برجا خواهد گذاشت. در مطالعات دیگری ازجمله توسط: دل و همکاران (۲۰۱۴) چگونگی تأثیر دما، بارش و طوفان بر نتایج اقتصادی، «پاتز» و همکاران (۲۰۰۵) ارتباط بیماری‌های انسانی رایج با نوسانات آب و هوایی، «کارلتون» و «شیانگ»[4] (۲۰۱۶) اثرات آب و هوا بر سلامت، اقتصاد، درگیری، مهاجرت و جمعیت‌شناسی مورد بحث قرار گرفته است. از ایرادهای اساسی این مطالعات، بررسی تجمیعی اثرات در سطح ملی است که چون معمولاً تجزیه و تحلیل در سطوح ملی یا فراتر از سطح ملی انجام می‌شود، هنگام میانگین‌گیری از متغیرهای آب و هوا در سطح کشور، به‌طور طبیعی بخشی از اطلاعات و داده‌های مفید درنظر گرفته نمی‌شود و اگر کشور پهناور یا آب و هوای آن در مناطق مختلف جغرافیایی، متفاوت و ناهمگن باشد، این موضوع می‌تواند تأثیرگذاری بیشتری داشته باشد (بورک و تانوتاما[5]، ۲۰۱۹؛ اولپر و همکاران، ۲۰۲۱). «دسمت» و «روسی هانسبرگ» (۲۰۲۴) با استفاده از یک رویکرد تجربی که یک حد پایین قوی برای تداوم تأثیرات بر رشد اقتصادی ارائه می‌کند، نتیجه گرفتند که اقتصاد جهانی متعهد به کاهش درآمد ۱۹٪ طی ۲۶ سال آینده مستقل از انتخاب‌های انتشار آتی است. خسارات متحمل‌شده عمدتاً از طریق تغییرات در دمای متوسط ایجاد می‌شود، اما درنظر گرفتن اجزای آب و هوایی بیشتر تخمین‌ها را تقریباً ۵۰٪ افزایش می‌دهد و منجر به ناهمگونی منطقه‌ای قوی‌تر می‌شود. تلفات برای همهٔ مناطق به‌جز مناطقی که در عرض‌های جغرافیایی بسیار بالا قرار دارند، پیش‌بینی می‌شود؛ که در آن کاهش تغییرات دما مزایایی را به‌همراه دارد. بیشترین تلفات در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر در مناطقی با انتشارات تاریخی تجمعی کمتر و درآمد کنونی کمتر صورت می‌گیرد. «بارتز» و «تافتام»[6] (۲۰۲۳) نیز پیامدهای بلندمدت خطرات فیزیکی تغییرات آب و هوایی (یعنی تغییرات بارندگی) و اثرات کلان اقتصادی آن را در یک کشور درحال‌توسعه مانند آرژانتین مورد مطالعه قرار دادند که در آن، تأثیر تغییرات بارندگی بر ذخایر ارزی، کنترل فعالیت‌های اقتصادی، جریان سرمایه و بازپرداخت

[1] Elshennawy, Robinson & Willenbockel
[2] Harris, Brian & Annr
[3] Tebaldi & Beaudin
[4] Carleton & Hsiang
[5] Burke & Tanutama
[6] Bortz & Toftum

بدهی مطالعه شده است. طبق نتایج کاهش بارندگی در ژانویه (عمدتاً) و فوریه به‌طور قابل‌توجهی با انباشت ذخایر کمتر توسط بانک مرکزی ارتباط داشته است. نتایج مطالعهٔ انجام شده توسط ابرهارد (۲۰۲۴) مشخص کرده است که در کشورهای کم‌درآمد یا با دمای بالا، افزایش دائمی یک درجهٔ سانتی‌گراد دما با کاهش درآمد سرانه حدود ۱/۳٪ در کوتاه‌مدت و ۸/۵٪ در بلندمدت همراه است.

مبانی نظری و تجربی برای این‌گونه عملکردها مستمراً مورد نقدهایی نیز واقع شده است؛ به‌طور نمونه، «پیندیک»[1] (۲۰۱۳)، «فارمر» و همکاران[2] (۲۰۱۵)، «استرن» (۲۰۱۶) و «آفهامر» (۲۰۱۸) نقدهایی بر مدل‌های ارزیابی و بنیان‌های ضعیف نظری و تجربی و موضوعات کلیدی عدم قطعیت، تجمع، ناهمگونی و پیامدهای توزیعی، تغییرات تکنولوژیکی و مهم‌تر از همه، توابع واقع‌بینانهٔ آسیب برای تأثیر اقتصادی پیامدهای فیزیکی تغییرات آب و هوا در زمینهٔ مدل‌های اقتصادی تغییر آب و هوا وارد کردند.

در ایران نیز اغلب مطالعات تأکید بر تأثیرگذاری بر بخش کشاورزی و یا نگاه ویژه به امنیت غذایی دارد؛ ازجمله، «جعفری» و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثرگذاری تغییر اقلیم بر امنیت غذایی و قابلیت تأثیرگذاری بلندمدت آن بر سودآوری و سطح درآمد کشاورزان، «خالقی» و همکاران (۱۳۹۴) ضمن بررسی تأثیرپذیری تولید بخش کشاورزی و اقتصاد ایران از تغییر اقلیم و ارتباط معنادار بین دما و بارش با تولید بخش کشاورزی، و «سلیمانی‌نژاد» و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی اثرات منفی دما و مثبت بارش بر ارزش‌افزودهٔ بخش کشاورزی، در این‌زمینه مطالعاتی انجام دادند. «صالحی‌کمرودی» و «ابونوری» (۱۳۹۸) برای دورهٔ زمانی ۹۳-۱۳۷۹ نشان‌دادند؛ تغییر اقلیم، قابلیت آن را دارد که سطح درآمد سرانهٔ خانوارهای ایرانی را کاهش دهد؛ هرچند مطابق یافته‌های آنان، شواهدی از تأثیر بر رشد اقتصادی مشاهده نشده است. در پژوهشی دیگر، «میرجلیلی» و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی اثر متغیرهای اقلیمی دما و بارش بر رشد تولید ناخالص داخلی ۲۷ استان ایران با بهره‌گیری از متغیرهای کنترلی با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳پرداخته‌اند که مطابق یافته‌های آنان، دما دارای اثر منفی و بارش با اثر مثبت بر رشد تولید ناخالص داخلی با احتساب نفت و بدون نفت در استان‌ها گزارش شده است. بهرامی (۱۴۰۰) در مقاله‌ای با مروری بر حدود پنجاه مقاله با موضوع مرتبط، اثرات تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی را بررسی کرده که طبق یافته‌های وی، ادعا شده تأثیر تغییر اقلیم بر اقتصاد جهانی طی ۵۰ سال آینده احتمالاً اندک خواهد بود و بزرگترین تهدیدی که تغییر اقلیم برای رشد اقتصادی بلندمدت ایجاد می‌کند، ناشی از تلاش‌های احتمالی بیش از حد برای کاهش گازهای گلخانه ای خواهد بود. در برخی بررسی‌های مصداقی نیز در مطالعهٔ «اکبری» و همکاران (۱۳۹۹) با تأکید بر تأثیرگذاری امنیت غذایی در کیفیت زندگی به‌عنوان یک شاخص درخورتوجه برای ارزیابی توسعهٔ اقتصادی کشور، بر سیاست‌های هدفمند در به تعادل رسیدن گروه‌های پرخطر جامعه تأکید داشتند؛ هم‌چنین «سالم» و «جباری» (۱۴۰۱) نیز با تحلیل و بررسی اثر بلایای طبیعی بر الگوی مصرف خانوار در ایران، نشان‌دادند؛ خانوارها در استان‌هایی که شوک‌های ناشی از سیل را تجربه می‌کنند، مصرف خود را از تمام گروه‌های خوراکی کاهش می‌دهند.

وجه‌تمایز برجستهٔ این مطالعه با سایر مطالعات مشابه قبلی، ضمن بهره‌گیری از نقاط قوت آن مطالعات، در بررسی و تحلیل موضوع مبتنی‌بر داده‌های با پوشش گسترده جغرافیایی در کلیه استان‌ها و دورهٔ زمانی ۲۱ ساله و

[1] Pindyck
[2] Farmer

مقیاس‌های زمانی سالانه و میان‌مدت (۷ ساله) به‌منظور سنجش سازگاری و مقایسهٔ تطبیقی بین آن‌ها است.

٤. روش پژوهش

در مطالعات نظری به‌منظور بررسی تأثیر اقتصادی تغییر آب و هوا، مدل رشد رمزی[1] مدنظر قرار می‌گیرد. در این الگو، تولید ناخالص داخلی (Y) به‌صورت $Y = \varphi F(K.AL)$ درنظر گرفته می‌شود که در آن F تابع تولید نئوکلاسیک و همگن از درجهٔ یک است و K، A و L به‌ترتیب موجودی سرمایه، بهره‌وری نیروی کار و تعداد نیروی کار است که در آن جمعیت به‌جای تعداد نیروی کار به‌کار گرفته می‌شود؛ هم‌چنین $\varphi \equiv \varphi(T)$ که توسط «نوردهاوس»[2] معرفی شده، خسارات اقتصادی را برروی بهره‌وری کل نشان می‌دهد؛ در نتیجه، یک تغییر دائمی در میانگین دما (T)، کاهش مصرف بلندمدت را با ضریب $(1-\varphi)$ به‌همراه دارد. سایر متغیرهای آب و هوا، ازجمله بارش نیز مانند میانگین دما در این مدل وارد می‌شوند. تولید و مصرف سرانه در بلندمدت در مدل رمزی، با نرخ رشد بهره‌وری نیروی‌کار افزایش می‌یابند؛ درحالی‌که در مدل‌های رشد برون‌زا، این نرخ یک پارامتر است؛ در مدل‌های رشد درون‌زا بیشتر با پارامترهای ساختاری مربوط به هزینه‌های نوآوری، ساختار بازار، ترجیحات و فناوری توضیح داده می‌شود.

٤-١. الگوی پژوهش

در مدل‌های رشد درون‌زا، گرمایش زمین می‌تواند از طریق انگیزه‌های تحقیق و نوآوری بر رشد تأثیر گذارد (بارو و سالای‌مارتین[3]، ۲۰۰۳؛ استرن[4]، ۲۰۱۳؛ کلکول و ونز، ۲۰۲۰)؛ بنابراین تمرکز در تأثیر تغییرات آب و هوا بر کانال‌های رشد متداول، $g_A \equiv g_A(T)$ است. با مدنظر قرار گرفتن رابطهٔ یادشده:

$$\frac{\partial F}{\partial (AL)} = \frac{F - \frac{\partial F}{\partial K}K}{AL} \qquad (۱)$$

مطابق قضیهٔ «اولر»[5] و استفاده از لگاریتم تولید ناخالص داخلی، از مدل (۱) نتیجه‌گیری می‌شود:

$$\begin{aligned}\frac{dLn(Y)}{dt} &= \frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)}\dot{T} + \frac{1}{F}\left(\frac{\partial F}{\partial K}\frac{dK}{dt} + \frac{\partial F}{\partial (AL)}\frac{d(AL)}{dt}\right)\\ &= \frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)}\dot{T} + \frac{1}{F}\left(\frac{\partial F}{\partial K}\frac{dK}{dt} + \left(F - \frac{\partial F}{\partial K}K\right)\frac{dLn(AL)}{dt}\right)\\ &= \frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)}\dot{T} + \emptyset\frac{1}{K}\frac{dK}{dt} + (1-\emptyset)g_{AL}\end{aligned} \qquad (۲)$$

در این معادله $\dot{T}$ مشتق زمانی T و $\emptyset = \frac{\partial F}{\partial K}\frac{K}{F}$ است. تغییرات موجودی سرمایه با I، نرخ استهلاک با δ به‌صورت $\frac{dK}{dt} = I - \delta K = sY - \delta K$ و نرخ پس‌انداز s با $0 \le s \le 1$ است؛ بنابراین رشد سرانه با استفاده از معادلهٔ (۲) به‌شرح زیر نوشته می‌شود:

---

[1] Ramsey
[2] Nordhaus
[3] Barro & Sala-i Martin
[4] Stern
[5] Euler's Theorem

$$g_y = \frac{dLn(Y)}{dt} = \frac{dLn\left(\frac{Y}{L}\right)}{dt} = \frac{dLn(Y)}{dt} - g_L$$
$$= \frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)}\dot{T} + \emptyset\left(s\frac{Y}{K} - \delta\right) + (1-\emptyset)(g_A(T) + g_L) - g_L \quad (۳)$$

این معادله نیز با تجزیه به سه جزء به‌شرح زیر قابل ارائه است:

$$g_y = \frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)}\dot{T} + \emptyset\left(s\frac{Y}{K} - \delta - g_L - g_A(T)\right) + g_A(T) \quad (۴)$$

در معادلهٔ (۴) رشد، تحت‌تأثیر متغیرهای پیش‌رو واقع می‌شود؛ ۱) تأثیر فوری (یا آنی) تغییر در دما از طریق تأثیر در سطح بهره‌وری یا $\frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)}\dot{T}$، ۲) تأثیر زودگذر (ناپایدار) بر نرخ رشد برای همگرایی به نرخ رشد بلندمدت اقتصاد یا عبارت $\emptyset\left(s\frac{Y}{K} - \delta - g_L - g_A(T)\right)$ و ۳) نرخ رشد بلندمدت[1] یا عبارت $g_A(T)$. (دل همکاران، ۲۰۱۲؛ کلکول و ونز، ۲۰۲۰).

برای تشخیص این‌که تأثیرگذاری $\Psi(T)$ صرفاً یک تأثیر زودگذر (ناپایدار) است؛ اگر درنظر گرفته شود که اقتصاد در مسیر رشد متعادل بلندمدت قرار دارد، یعنی مسیری که در آن موجودی سرمایهٔ سرانه و تولید با نرخ رشد بلندمدت g_A رشد می‌کنند، با $\frac{dK}{dt} = I - \delta K = sY - \delta K$ به‌دست می‌آید که $\Psi(T) = 0$؛ بنابراین رشد زودگذر وجود ندارد، بلکه رشد فقط در نرخ رشد بلندمدت (یعنی در امتداد مسیر رشد متعادل بلندمدت) است. اگر تولید به خاطر تغییر دما کاهش‌یابد، Y به‌طور غیرمنتظره‌ای کاهش می‌یابد؛ درحالی‌که K توسط تصمیمات سرمایه‌گذاری قبلی تعیین می‌شود؛ بنابراین $\Psi(T)$ با Y پایین‌تر منفی می‌شود (بورک و همکاران، ۲۰۱۵؛ کلکول و ونز، ۲۰۲۰). چون اقتصاد باید اکنون به سطح پایین‌تر از سرمایهٔ مؤثر $\frac{K}{AL}$ همگرا شود، در این‌شرایط باید موجودی سرمایه بیش از حد خود را که در انتظار سطح بهره‌وری بالاتری ایجاد شده، کاهش دهد. این عدم سرمایه‌گذاری موقت باعث کاهش تولید ناخالص داخلی نیز خواهد شد؛ با این‌حال، نرخ رشد بلندمدت اقتصاد دوباره توسط $g_A(T)$ تعیین می‌شود و تنها از طریق کانال اثر مسیر رشد متعادل تغییر می‌کند؛ یعنی اگر $g_A(T)$ در ازای تغییرات در دما تغییر کند.

معمولاً یکی از مشکلات کلیدی که در بهره‌برداری از معادلات استخراج‌شده از معادلهٔ (۴) رخ می‌دهد، این است که اساساً یک نظریهٔ غالب در این‌زمینه وجود ندارد که چگونگی اثرگذاری متغیرهای آب و هوا بر نتایج اقتصادی را نشان دهد که در این‌زمینه می‌توان به مطالعات انجام‌شده توسط دل و همکاران (۲۰۱۴) و نیول و همکاران (۲۰۲۱) اشاره داشت. در ادبیات کنونی موضوعات مربوط به اثرات اقتصادی تغییر شرایط آب و هوا، چند نوع معادلهٔ مختلف مورد پیشنهاد است. با شروع از متغیر وابسته، مهم‌ترین تفاوت‌ها بین مشخصات در سطح مانند «دریوژینا» و «شیانگ»[2] (۲۰۱۷)، «داسگوپتا» و همکاران (۲۰۱۷) و برخی دیگر از پژوهشگران و مشخصات در نرخ رشد مانند مطالعات دل و همکاران (۲۰۱۲)، بورک و همکاران (۲۰۱۵) و پرتیس و همکاران (۲۰۱۸) شروع می‌شود. با توجه به متغیرهای آب و هوا (دما و بارش)، نیز چند گزینه وجود دارد؛ اثرات خطی در سطح مانند مطالعات دل و همکاران (۲۰۱۲)، اثرات غیرخطی در سطح در مطالعات بورک و همکاران (۲۰۱۵) و پرتیس و همکاران

1 Balanced growth path (BGP)
2 Deryugina & Hsiang

(۲۰۱۸)؛ هم‌چنین اثرات غیرخطی در وقفه‌های اول توسط نیول و همکاران (۲۰۲۱) و درنهایت اثرات غیرخطی در انحراف مثبت و منفی از شرایط آب و هوایی بلندمدت توسط «کان» و همکاران[1] (۲۰۲۱)؛ هم‌چنین تفاوت‌هایی نیز در رابطه با نحوهٔ مدل‌سازی ناهمگونی‌های زمانی مشاهده نشده وجود دارد، مانند اثرات ثابت زمان توسط دریوژینا و شیانگ (۲۰۱۷). در این پژوهش، مشخصات مختلفی از ادبیات اخیر با هم مقایسه می‌شوند تا مشخص شود کدام مدل به بهترین‌وجه تأثیر متغیرهای آب و هوا را بر تولید اقتصادی استان‌های ایران توضیح می‌دهد.

مدل‌های مطرح در این قسمت، چارچوبی مشخص برای تعیین معادلهٔ رگرسیون رشد فراهم می‌آورد که منعکس‌کنندهٔ شرایط کلیدی معادلهٔ (۴) در یک مفهوم گسسته زمانی است (جایی‌که $\Delta T = \dot{T}$ نشان‌دهندهٔ تغییر دما بین دو دوره است). با مدنظر قراردادن معادلهٔ (۴) و تعریف روابط $G(T) := \frac{\varphi'(T)}{\varphi(T)}$ و $\Delta T = \dot{T}$ و $F(T) := \Psi(T) + g_A(T)$ معادلهٔ (۵) به‌شرح زیر استخراج می‌شود:

$$g_y = G(T)\Delta T + F(T) \qquad (۵)$$

بنابراین در یک مدل تجربی باید فرضیه‌های زیر آزمون شود:

۱) تغییر ناگهانی در شرایط آب و هوا، ΔT، تغییر همزمان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد.

۲) تأثیری که مشروط به شرایط غالب آب و هوایی (گذشته) T است (از طریق $G(T)$).

۳) اثر شرایط غالب آب و هوایی T بر تغییرات زودگذر و بلندمدت (از طریق $F(T)$).

۲-٤. مدل ترکیبی (پانل) سالانه

برای سنجش تأثیرگذاری متغیرهای آب و هوا بر تولید اقتصادی، الگوهای زیر مبتنی‌بر مطالعات قبلی انجام شده توسط دل و همکاران (۲۰۱۲)، بورک و همکاران (۲۰۱۵) و کلکول و ونز (۲۰۲۰) در مدل‌سازی مدنظر قرار گرفته است. علائم و نمادهای قبلی در ادامهٔ انجام مدل‌سازی در این پژوهش به‌کار گرفته شده است. در حالت کلی $T_{i.t} = (T_{i.t}, P_{i.t})$ به‌عنوان بردار سطوح متوسط دمای سالانهٔ (سانتی‌گراد) و مقادیر کل بارندگی سالانه (میلی‌متر) در سال t در استان i (از این به‌بعد به‌عنوان «آب و هوای سالانه» نامیده می‌شود) تعریف می‌شود. برای تعیین فرم‌های تابع در مدل‌های رگرسیون بعدی، خطی‌سازی $G(T) = \alpha + \beta T$ و تابع درجهٔ دوم $F(T) = \gamma_1 T + \gamma_2 T^2$ به‌عنوان مدل ترجیحی درنظر گرفته می‌شود. بر این‌اساس، الگوی کلی معادلهٔ رگرسیون بر پایهٔ معادلهٔ استخراج شده از معادلهٔ (۴) به‌شرح زیر است:

$$g_{it} = \alpha\Delta T_{it} + \beta T_{it}\Delta T_{it} + \gamma T_{it} + \theta T_{it}^2 + \varepsilon_{it} \qquad (۶)$$

در این‌رابطه متغیرها و پارامترهای تعریف‌شده عبارتنداز: g_{it} : تغییر لگاریتمی تولید ناخالص داخلی بدون نفت به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ برای استان i ام، T_{it} : بردار معرف شرایط آب و هوای سالانه (بردار میانگین دمای سالانه برحسب درجهٔ سانتی‌گراد و مقدار کل بارندگی سالانهٔ برحسب میلی‌متر در سال t در استان i ام)، $\Delta T_{it} = T_{it} - T_{it-1}$: تغییر شرایط آب و هوا (بارندگی و دما) در سال t نسبت به سال $t-1$ در استان i ام، در ادامه ضمن تفکیک بردار معرف شرایط آب و هوایی به اجزای آن شامل دما و بارش، برای این الگوی کلی، شش مدل تفصیلی به‌شرح زیر برآورد می‌شود:

1 Kahn et al.

مدل اول: مدل کاملاً خطی از تأثیر تغییرات هم‌زمان و با وقفهٔ یک‌ساله در متغیرهای آب و هوا که ضرایب β ، γ و θ مستثنی شدند و صرفاً تأثیرات خطی را نشان می‌دهد.

مدل دوم: مدل هم‌زمان خطی و درجهٔ دوم از تأثیر متغیرهای آب و هوا که ضرایب α و β مستثنی شدند.

مدل سوم: برآورد با ویژگی‌های متقابل و خطی از تأثیر تغییرات هم‌زمان و با وقفهٔ یک‌ساله در متغیرهای آب و هوا که در این مدل ضریب θ مستثنی شده است.

مدل چهارم: مشابه مدل سوم با این تفاوت که تأثیر تغییرات شرایط آب و هوا درجهٔ دوم نیز به مدل اضافه شده است؛ در این مدل هیچ‌کدام از ضرایب α ، β ، γ و θ مستثنی نشدند.

مدل پنجم: برگرفته از مدل سوم با این تفاوت که دما و بارش با وقفه در مدل وارد می‌شوند.

مدل ششم: برگرفته از مدل چهارم است با این تفاوت که دما و بارش با وقفه در مدل وارد می‌شوند.

۳-٤. مدل تفاضل طولانی

برای سنجش سازگاری تغییرات آب و هوا، میانگین حداقل دو دورهٔ زمانی به تفکیک با دورهٔ اخیر (فراتر از یک سال) مورد بررسی واقع می‌شوند، مبتنی‌بر مطالعات بورک و امریک (۲۰۱۶)[1] و کلکول و ونز (۲۰۲۰) مدل‌سازی در قالب‌های زیر انجام شده است. الگوی کلی معادله برپایهٔ معادلهٔ (۴) به‌شرح زیر است:

$$g_i = \alpha\Delta T_i + \beta T_i\Delta T_i + \gamma T_i + \theta T_i^2 + \varepsilon_i \qquad (۷)$$

g_i : لگاریتم تغییرات در متوسط تولید ناخالص داخلی استان طی دوره، ΔT_i : تغییر میانگین شرایط آب و هوا (بارندگی و دما) طی دوره، T_i : میانگین شرایط آب و هوا (بارندگی و دما) طی دوره که معادلهٔ تفصیلی آن پس از تفکیک متغیرهای دما و بارش و درنظر گرفتن سه دوره به تفکیک سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۷۹ و ۱۳۹۲-۱۳۸۶ و ۱۳۹۹-۱۳۹۳ به‌شکل زیر قابل بازنویسی است:

$$g_{it} = \alpha_1\Delta T_i + \alpha_2\Delta P_i + \beta_1 T_i\Delta T_i + \beta_2 P_i\Delta P_i + \gamma_1 T_i + \gamma_2 P_i + \theta_1 T_i^2 + \theta_2 P_i^2 + \varepsilon_i \qquad (۸)$$

در ادامه برای این الگوی کلی، چهار مدل به‌شرح زیر برآورد شده است.

مدل اول: مدل با ویژگی‌های متقابل خطی و درجهٔ دوم از تأثیر تغییرات هم‌زمان در میانگین شرایط آب و هوا طی یک دوره است.

مدل دوم: مشابه مدل اول با این تفاوت که به‌منظور درنظر گرفتن اثرات همگرایی در رشد اقتصادی، لگاریتم تولید در ابتدای دورهٔ نخست به مدل اضافه شده است.

مدل سوم: برآورد مدل کاملاً خطی از تأثیر تغییر آب و هوا در دورهٔ طولانی بدون اثرات متقابل که در این مدل ضرایب β ، γ و θ در معادلهٔ (۷) مستثنی شدند.

مدل‌های اول تا سوم برای تغییرات بین دورهٔ ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۹ در مقابل ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲ نیز در قالب مدل‌های چهارم تا ششم نیز برآورد شده است؛ به‌منظور تخمین مدل‌ها از نسخهٔ ۱۲ نرم‌افزار ایویوز[2] استفاده شده است.

---

[1] Burke & Emerick
[2] Eviews

٤-٤. معرفی متغیرها و نحوهٔ گردآوری اطلاعات

اطلاعات مربوط به دما و بارش از اطلاعات واحد تحقیقات آب و هوایی وابسته به دانشگاه آنگلیای شرقی[1] در بریتانیا استخراج شده است؛ همچنین تولید ناخالص داخلی استان‌ها از پایگاه اطلاعاتی مرکز آمار ایران و سایر داده‌های مورداستفاده نیز حسب مورد از مرکز آمار ایران، نقشه‌های رقومی ارتفاع کل کشور در پایگاه جامع هوا و اقلیم‌شناسی ایران و وزارت نیرو استخراج و مورداستفاده قرار گرفته است. خلاصهٔ آمارهای مربوط به داده‌ها که در مدل سالانه مورداستفاده قرار گرفته در جدول (۱) ارائه شده است؛ بیشترین مقدار تولید ناخالص داخلی بدون نفت به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ مربوط به استان تهران در سال ۱۳۹۹ و کمترین مقدار آن مربوط به استان ایلام در سال ۱۳۷۹ است؛ علاوه‌بر این، بیشترین سرانهٔ این متغیر متعلق به استان بوشهر در سال ۱۳۹۵ و کمترین آن متعلق به استان سیستان و بلوچستان در سال ۱۳۷۹ است.

جدول ۱: خلاصهٔ آمارها- داده‌های ترکیبی سالانه برای استفاده در مدل ترکیبی (پانل) سالانه

Tab. 1: Summary statistics - annual panel data for use in the annual panel model

متغیر	تعداد مشاهدات	میانگین	میانه	بیشترین مقدار	کمترین مقدار	انحراف معیار
تولید ناخالص داخلی بدون نفت به قیمت ثابت (میلیون ریال)	۶۳۰	۱۵۴	۷۷/۴۱۴	۲۰۰۰	۱۱/۵۲۹	۲۶۴
تولید ناخالص داخلی سرانه بدون نفت به قیمت ثابت (میلیون ریال)	۶۳۰	۵۵/۲۵۴	۴۸/۱۹۲	۳۲۹/۹۸۴	۱۷/۴۸۴	۳۳/۳۵۶
تغییر سالانهٔ تولید ناخالص داخلی سرانه بدون نفت به قیمت ثابت (درصد)	۶۰۰	۳/۶۶۸	۲/۹۱۹	۵۶/۳۳۳	-۱۸/۰۸۴	۷/۳۵۳
میانگین سالانهٔ دما (سانتی‌گراد)	۶۳۰	۱۶/۲۴۹	۱۵/۸۸۳	۲۵/۷۰۵	۸/۸۵۶	۴/۲۹۳
تغییر میانگین سالانهٔ دما (سانتی‌گراد)	۶۰۰	۰/۰۱۷	۰/۰۱۰	۲/۱۴۳	-۱/۸۶۶	۰/۸۲۲
کل بارش سالانه (میلی‌متر)	۶۳۰	۲۶۵/۸۶۸	۲۶۳/۸۵۵	۹۴۳/۳۵۷	۲۶/۵۳۴	۱۱۸/۳۶۴
تغییر بارش سالانه (میلی‌متر)	۶۰۰	۳/۴۲۰	۰/۵۷۰	۴۹۱/۲۱۱	-۳۷۶/۸۸۹	۹۰/۶۷۶
تعداد استان	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰

(مأخذ: محاسبات تحقیق).

کمترین میانگین سالانهٔ دما در استان زنجان در سال ۱۳۹۰ با ۸/۸ درجهٔ سانتی‌گراد و بیشترین آن در استان بوشهر در سال ۱۳۹۶ با ۲۵/۷ درجه رخ داده است. بارش سالانه نیز مقدار ۲۶/۵ میلی‌متر در سال ۱۳۸۲ در استان سیستان‌وبلوچستان کمترین و در سال ۱۳۹۹ در استان گیلان با ۹۴۳/۳ میلی‌متر بالاترین میزان ثبت شده است؛ هم‌چنین به‌شرح اطلاعات جدول (۲) خلاصهٔ آمار به تفکیک سه دورهٔ زمانی هفت ساله نیز ارائه شده است.

[1] Climate Research Unit (CRU) of the University of East Anglia

جدول ۲: خلاصهٔ آمارها-داده‌های تفاضل طولانی برای استفاده در مدل تفاضل طولانی

Tab. 2: Summary statistics-long difference data for use in the long difference model

متغیر	تعداد مشاهدات	میانگین	میانه	بیشترین مقدار	کمترین مقدار
تغییر در لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانه بدون نفت به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ در دوره ۹۹-۱۳۹۳ نسبت به دورهٔ ۸۵-۱۳۷۹	۳۰	۰/۱۹۵	۰/۱۶۲	۰/۷۰۹	۰/۰۷۵
تغییر در لگاریتم تولید ناخالص داخلی سرانهٔ بدون نفت به قیمت ثابت سال ۱۳۹۰ در دوره ۹۹-۱۳۹۳ نسبت به دورهٔ ۹۲-۱۳۸۶	۳۰	۰/۰۶۶	۰/۰۴۹	۰/۲۹۱	۰/۰۰۷
میانگین دما در دورهٔ ۸۵-۱۳۷۹ (سانتی‌گراد)	۳۰	۱۶/۰۵۲	۱۵/۶۹۱	۲۴/۳۸۰	۹/۸۲۵
میانگین دما در دورهٔ ۹۲-۱۳۸۶ (سانتی‌گراد)	۳۰	۱۶/۰۵۰	۱۵/۶۰۸	۲۴/۴۹۷	۹/۸۵۴
میانگین بارش در دورهٔ ۸۵-۱۳۷۹ (میلی‌متر)	۳۰	۲۷۴/۳۳۴	۲۹۲/۵۹۳	۴۴۷/۸۰۸	۶۸/۶۶۱
میانگین بارش در دورهٔ ۹۲-۱۳۸۶ (میلی‌متر)	۳۰	۲۴۵/۹۵۷	۲۵۱/۹۷۵	۳۸۹/۱۲۱	۸۵/۲۶۱
تغییر میانگین دما در دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ نسبت به دورهٔ ۸۵-۱۳۷۹	۳۰	۰/۵۹۲	۰/۶۰۴	۱/۰۱۸	۰/۰۹۲
تغییر میانگین دما در دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ نسبت به دورهٔ ۹۲-۱۳۸۶	۳۰	۰/۵۹۴	۰/۶۰۲	۰/۹۹۲	۰/۲۵۱
تغییر میانگین بارش در دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ نسبت به دورهٔ ۸۵-۱۳۷۹	۳۰	۲/۹۸۱	۰/۵۱۴	۱۰۶/۱۱۲	-۶۶/۹۰۴
تغییر میانگین بارش در دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ نسبت به دورهٔ ۹۲-۱۳۸۶	۳۰	۳۱/۳۵۸	۳۵/۰۶۳	۱۲۳/۳۷۸	-۷/۹۹۴
میانگین ارتفاع از سطح دریا (متر)	۳۰	۱۳۲۱/۲۱۵	۱۳۴۱/۳۵۶	۲۲۹۳/۴۵۲	۳۱۱/۴۷۴
طول رودخانه‌های دائمی (کیلومتر)	۳۰	۲۵۴۴/۳۶۷	۱۹۹۵	۷۰۷۵	۱۷۲

(مأخذ: محاسبات تحقیق).

بالاترین میانگین دمای سالانه در دورهٔ هفت‌سالهٔ ۸۵-۱۳۷۹ مربوط به استان هرمزگان با ۲۴/۳۸ درجه سانتی‌گراد و در دورهٔ ۹۲-۱۳۸۶ مربوط به استان بوشهر با ۲۴/۴ درجه بوده، درحالی‌که کمترین میانگین دما در هر دو دوره در استان زنجان به وقوع پیوسته است. درمورد وضعیت بارندگی نیز هرچند در استان سیستان‌وبلوچستان در هر دو دوره کمترین میانگین بارندگی اتفاق افتاده، اما در دورهٔ ۸۵-۱۳۷۹ استان لرستان با ۴۴۷/۸ میلی‌متر و در دورهٔ ۹۲-۱۳۸۶ استان اردبیل با ۳۸۹/۱ میلی‌متر بالاترین میانگین بارش را داشتند.

۵ . نتایج و بحث

۵-۱. آزمون‌ها

برای سنجش صحت و قوت مدل‌های مختلف برای استفاده از داده‌های ترکیبی، از آمارهٔ F استفاده می‌شود که به F لیمر[1] مشهور است و این امکان را فراهم می‌آورد تا از بین رگرسیون تلفیقی[2] و ترکیبی یکی انتخاب شود. نتایج آزمون لیمر برای شش مدل موردنظر در بخش داده‌های ترکیبی (پانل) سالانه در جدول (۳) آورده شده است.

[1] Limer F
[2] Pooled

جدول ۳: نتایج آزمون معنی‌داری اثرات گروهی برای مدل‌های ترکیبی (پانل) سالانه

Tab. 3: The results of the significance test of group effects for annual panel models

مدل	(۱)	(۲)	(۳)	(٤)	(٥)	(٦)
آمارهٔ F	۵۱/۵۵۶۸۰۳	۴۰/۹۴۹۲۸۴	۱۲۹/۵۰۱۸۷۷	۶۴/۶۳۸۳۸۱	۶۸/۷۱۷۴۷۳	۶۵/۹۲۰۹۵۲
سطح احتمال	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰

(مأخذ: محاسبات تحقیق).

با مقایسهٔ نتایج و درنظر گرفتن آمارهٔ F لیمر، انتخاب روش داده‌های ترکیبی (اثرات ثابت، اثرات تصادفی[1]) نسبت به حداقل مربعات معمولی[2] ارجحیت دارد و فرضیهٔ صفر (H_0) رد و روش ترکیبی انتخاب می‌شود. [فرض H_0، یعنی آزمون فرض یکسان بودن عرض از مبدأها رد شده است.] پس از این‌که نتیجهٔ عدم استفاده از روش‌های تلفیقی و یا ترکیبی حاصل شد، با مدنظر قرار گرفتن این‌که مدل‌های آثار ثابت و تصادفی دارای تفاوت‌هایی هستند، ناگزیر باید بین این دو مدل، انتخاب یک روش صورت پذیرد. برای این‌منظور از آزمون «هاسمن»[3] استفاده می‌شود. در آزمون هاسمن، فرضیهٔ صفر این است که هیچ ارتباطی بین جزء اخلال مربوط به عرض از مبدأ و متغیرهای توضیحی وجود ندارد و مطرح‌کنندهٔ این است که در تخمین معادلات باید اثرات تصادفی را درنظر گرفت. نتایج به‌دست آمده در آزمون هاسمن (آمارهٔ χ^2 در جدول ۴) حاکی از انتخاب اثرات تصادفی برای تخمین هر شش مدل است.

جدول ٤: نتایج آزمون هاسمن برای انتخاب روش در الگوی ترکیبی (پانل) سالانه

Tab. 4: Results of the Hausman test for method selection in the panel annual model

مدل	(۱)	(۲)	(۳)	(٤)	(٥)	(٦)
آمارهٔ χ^2	۳۳/۴۳۳۶۲۵	۲۹/۹۵۴۹۶۲	۱۳۰/۹۵۷۳۴۷	۱۳۷/۷۲۴۹۴۵	۱۲۱/۰۶۶۵۷۵	۱۲۷/۱۱۸۰۶۷
سطح احتمال	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۰

(مأخذ: محاسبات تحقیق).

طبق نتایج، به‌دلیل این‌که مقدار آمارهٔ خی–دو (χ^2) در تمامی تصریح‌های مورد بررسی، بیش از مقدار بحرانی جدول می‌باشند، فرضیهٔ صفر مبنی‌بر وجود اثرات تصادفی رد و فرضیهٔ مقابل مبنی‌بر وجود اثرات ثابت پذیرفته می‌شود.

از آنجا که مدل رگرسیونی مورداستفاده در این پژوهش، با استفاده از داده‌های ترکیبی (پانل) برآورد شده است، لذا برای اطمینان از صحت نتایج حاصل در مراحل بعد، پایایی متغیرهای رگرسیون با استفاده از آزمون‌های ریشهٔ واحد «لوین» و همکاران[4] LLC، «ایم» و همکاران[5] IPS، دیکی‌فولر تعمیم‌یافته[6] ADF و دیکی‌فولر PP آزمون

[1] Fixed effects, Random effects
[2] Ordinary Least Square
[3] Hausman
[4] Levin et al.
[5] Im et al.
[6] Augmented Dickey Fuller Test

شده است. نتایج حاصل از تخمین ریشهٔ واحد برای متغیرهای مورداستفاده ناشی از آزمون‌های مختلف عمدتاً دلالت‌بر وجود ریشهٔ واحد در سطح اطمینان ۹۹٪ برای متغیرها در سطح دارند؛ از سوی دیگر، فرض وجود ریشهٔ واحد برای تفاضل متغیرهای یادشده، باقدرت رد می‌شود.

۲-۵. برآورد مدل‌های سالانه

در ابتدا برمبنای معادلهٔ (۶)، رگرسیون مبتنی‌بر ساختار داده‌های ترکیبی (پانل) سالانه اجرا می‌شود. نتایج به‌شرح جدول (۵) ارائه شده است. به‌منظور تصریح مدل‌های برآورد شده مبنی‌بر این‌که آیا تخمین‌های انجام گرفته توانسته است با متغیرهای مستقل به‌درستی و جامع، متغیر وابسته را توضیح دهد؛ و این‌که از دقت برآوردها در تخمین مدل مطمئن باشیم و اطمینان نسبی از دسترسی به مدل بهینه، مبتنی‌بر فروض کلاسیک و افزودن متغیرها به مدل در چارچوب مبانی نظری این مطالعه، حسب مورد آزمون‌های لازم انجام شد. نتایج بیان‌گر این است که متغیرهای مستقل، بهترین توضیح را برای متغیر وابسته ارائه دادند و اغلب آن‌ها در سطح معنی‌داری قابل‌قبولی قرار گرفتند.

به‌شرح اطلاعات جدول (۵)؛ مدل (۱) برآورد رابطهٔ خطی از تغییرات دما و بارش شامل تغییرات هم‌زمان و وقفهٔ یک‌ساله است. در این مدل، صرفاً اثرات فوری (آنی) خطی تولید را ازطریق تغییر آب و هوا ارائه می‌کند که در بخش نخست معادلهٔ (۴) مشخص شده است. هر چهار متغیر در سطح ۹۹٪ معنی‌دار می‌باشند که بیانگر اثر منفی تغییرات دما و بارش هم‌زمان و با تأخیر یک‌ساله بر تولید استان‌های ایران است؛ هرچند مقدار این ضرایب بسیار کم است (به ستون ۱ در جدول ۵ مراجعه شود.)

در مدل (۲) تأثیر هم‌زمان خطی و درجهٔ دوم متغیرهای دما و بارش بر تولید نشان داده شده است. در این مدل، کانال تأثیرگذاری فوری (آنی) نادیده گرفته شده و اتکاء بر تأثیرگذاری کانال‌های (۲) و (۳) معادلهٔ (۴) یعنی اثرات زودگذر (ناپایدار) و رشد متعادل است. تأثیر قابل‌توجه هر چهار متغیر نشان می‌دهد تغییر دما و بارش بر تولید اقتصادی زودگذر (ناپایدار) و رشد بلندمدت متعادل از طریق معادلات $\psi(T)$ و $g_A(T)$ در معادلهٔ (۴) تأثیرگذار است. با این‌حال، هنگامی‌که سطوح دما و بارش درجهٔ دوم در مدل‌های بعدی با شرایط اثرات متقابل درنظر گرفته می‌شوند (مدل‌های ۴ و ۶)، ضرایب بدون وقفهٔ دما و درجهٔ دوم آن معنی‌دار نیستند؛ درحالی‌که ضرایب با وقفهٔ یک‌سالهٔ دما با معنی‌داری در سطح ۹۹٪ در مدل (۶) مواجه است؛ هرچند این موضوع برای بارش وجود ندارد و درنظر گرفتن سطوح بارش و درجهٔ دوم آن در مدل‌های با اثرات متقابل با معنی‌داری همراه نیست، می‌توان ادعا کرد اثر بلندمدتی بین سطوح بارش با تغییرات تولید برخلاف سطوح دما برقرار نیست که می‌تواند ناشی از دو موضوع ارزیابی شود؛ این‌که سطوح بارش تأثیر خود را در کوتاه‌مدت در اقتصاد ایران، به‌ویژه ازطریق تأثیر بر بخش کشاورزی نشان می‌دهد تا سایر بخش‌ها یا این‌که دامنه بررسی بیش از دو دهه که در این پژوهش مدنظر بوده است، زمان کافی برای سنجش این تأثیرپذیری را طبق این الگوها در اقتصاد ایران فراهم نمی‌کند.

در برآوردهای مبتنی‌بر مدل‌های (۳) تا (۶)، تأخیرهای هم‌زمان و با وقفهٔ یک‌ساله در تغییرات دما و بارش مدنظر قرار گرفته است؛ هرچند این مدل‌ها با تأخیر بیشتر نیز برآورد شدند، اما تغییرات با تأخیر یک‌ساله، ضریب تعیین تعدیل‌یافته $(\overline{R}^2)$ را افزایش می‌دهد؛ درحالی‌که افزودن تأخیرهای بیشتر، اثرات بسیار جزئی و قابل‌اغماض بر این شاخص دارد. بررسی تکمیلی مشخص نمود. در مدل‌های پیش‌رو ضریب دمای هم‌زمان و تأخیری معنی‌دار

است، اما ضرایب هم‌زمان و تأخیری بارش در موارد محدودی با معنی‌داری همراه است؛ البته درخصوص هر دو متغیر دما و بارش، تأخیرهای بیشتر از یک‌سال، معنی‌دار نیست یا به‌ندرت معنی‌دار می‌شوند. این موضوع بیانگر این است که معمولاً اثرات زودگذر (ناپایدار) تا دو سال طول می‌کشد و در طول زمان به مرور ضعیف‌تر شده و از نظر آماری ناچیز و اندک می‌شوند یا در تحلیل دیگر می‌توان به سازگاری این تغییرات در بخش‌های اقتصاد ایران پس از دو سال اشاره داشت.

در مدل (۳) هرچند ضرایب دما و بارش همزمان معنی‌دار نمی‌باشند، اما ضرایب متقابل هم درخصوص دما و هم بارش با معنی‌داری بالایی همراه است؛ به‌عبارت بهتر، اثرات متقابل هم‌زمان و با تأخیر یک‌سالهٔ دما در سطح بالای ۹۹٪ و با تأثیرگذاری معکوس معنی‌دار است؛ درحالی‌که این اثر برای بارش صرفاً درخصوص اثر هم‌زمان با علامت مثبت معنی‌دار است و برای وقفهٔ یک‌ساله با معنی‌داری همراه نیست. مدل (۴) که درواقع تکمیل‌شدهٔ مدل (۳) است، بیانگر این است که با افزودن شرایط آب و هوایی درجهٔ دوم، تقریباً همهٔ متغیرهای مدل بی‌معنی می‌شوند و صرفاً اثرات متقابل تأخیری دما در سطح ۹۵٪ با علامت منفی معنی‌دار است. مدل‌های (۵) و (۶) همان مدل‌های برآورد شده در الگوهای (۳) و (۴) است که در آن از وقفهٔ دما و بارش برای T_{it} استفاده شده است. در این الگوها، تأخیرهای مختلفی برای T_{it} وΔT_{it} هم برای دما و هم بارش درنظر گرفته شد که تغییرات آب و هوا مشروط به دمای سال‌های قبل و اثرات نرخ رشد براساس دمای سال‌های قبلی محاسبه شده است. در مدل (۵) معنی‌داری اثرات تغییرات بارش نسبت به اثرات تغییرات دما بر تولید کمتر است؛ با این‌حال، یک اثر منفی قابل‌توجه از تغییرات باوقفهٔ دما بر تولید قابل مشاهده است و اثر مثبت درخصوص تغییرات باوقفهٔ بارش قابل استخراج است. تغییرات در بارش منجر به تأثیر مثبت تولیدات استان‌های ایران در سال بعد می‌شود که با مدنظر قراردادن وابستگی غالب اقتصاد به بخش کشاورزی و تأثیرپذیری تولیدات استان‌ها از این بخش و سایر بخش‌هایی که مستقیماً با این بخش درحال مبادله هستند، این نتیجه دور از انتظار نیست، ازجمله این‌که معمولاً با تغییر مثبت بارش، به‌دلیل انتظارات مثبت خروج از خشکسالی، در سال بعد مساحت زیرکشت محصولات دیم افزایش می‌یابد؛ هرچند شواهدی برای اثرات رشد مداوم طبق الگوها پیدا نشد اما مدل انتخابی، اثرات نهایی بالاتر دما را نسبت به مدل‌های بورک و همکاران (۲۰۱۵) و کلکول و ونز (۲۰۲۰) گزارش می‌کند.

جدول ۵: نتایج برآورد مدل‌های ترکیبی (پانل) سالانه به تفکیک شش الگوی موردنظر

Tab. 5: The estimation results of annual combined models panel by separating the six desired patterns

	(۱)	(۲)	(۳)	(٤)	(٥)	(٦)
ΔT	−۰/۰۰۵۴۵***		−۰/۰۰۹۴۳*	−۰/۰۰۵۷۶	۰/۰۲۲۹۸***	۰/۰۲۶۸۹***
	(−۵/۸۴۸۶۹)		(−۱/۷۶۶۲۲)	(−۰/۲۷۲۷۵)	(۳/۶۵۶۰۹)	(۴/۰۸۳۲۷)
$L\Delta T$	−۰/۰۰۵۰۳***		۰/۰۰۰۲۹	۰/۰۰۶۰۰	۰/۰۰۹۴۰	−۰/۰۱۳۰۹***
	(−۵/۰۷۵۸۰)		(۰/۰۶۸۸۵)	(۰/۶۲۸۲۶)	(۱/۵۳۳۷۶)	(−۷/۴۴۷۳۰)
$T \times \Delta T$			−۰/۰۰۱۰۸***	−۰/۰۰۱۱۷	−۰/۰۰۱۵۵***	−۰/۰۰۱۷۴***
			(−۳/۹۲۴۹۳)	(−۰/۸۳۷۱۰)	(−۳/۷۰۸۲۸)	(−۳/۹۶۳۴۰)
$T \times L\Delta T$			−۰/۰۰۰۹۳***	−۰/۰۰۱۲۶**	−۰/۰۰۱۴۵***	
			(−۳/۳۳۲۶۷)	(−۱/۹۲۲۹۵)	(−۳/۴۸۵۸۴)	

T		۰/۰۰۹۵۰* (۱/۷۱۲۱۷)	۰/۰۲۵۵۶*** (۵/۱۶۴۲۴)	۰/۰۲۸۶۴ (۰/۹۸۲۰۰)	۰/۰۲۲۵۰*** (۳/۲۰۳۲۸)	۰/۰۶۶۱۱*** (۵/۰۷۱۳۹)
T^2		−۰/۰۰۰۵۲*** (−۲/۸۸۴۴۵)		−۰/۰۰۰۲۲ (−۰/۲۳۲۷۲)		−۰/۰۰۱۳۴*** (−۳/۳۲۵۳۰)
ΔP	−۰/۰۰۰۰۳*** (−۳/۸۷۲۹۲)		−۰/۰۰۰۱۳*** (−۴/۳۸۹۲۵)	−۰/۰۰۰۰۹۲ (−۰/۹۸۸۲۷)	−۰/۰۰۰۱۱** (−۲/۳۹۸۳۱)	−۰/۰۰۰۰۵۵ (−۱/۳۵۷۴۳)
LΔP	−۰/۰۰۰۰۲*** (−۲/۷۰۳۴۰)		−۰/۰۰۰۰۶۶** (−۲/۳۵۱۱۸)	−۰/۰۰۰۰۷۴ (−۱/۴۲۲۳۱)	−۰/۰۰۰۱۲*** (−۳/۰۵۷۲۳)	−۰/۰۰۰۰۵*** (−۳/۶۲۵۸۶)
P × ΔP			۰/۰۰۰۰۰۰۱*** (۲/۸۲۱۸۰)	−۰/۰۰۰۰۰۰۱ (−۰/۰۴۲۱۲)	۰/۰۰۰۰۰۰۲** (۲/۰۸۸۹۷)	۰/۰۰۰۰۰۱ (۰/۹۶۹۵۰)
P × LΔP			۰/۰۰۰۰۰۰۳ (۰/۴۳۸۳۳)	۰/۰۰۰۰۰۰۲۰ (۰/۱۳۲۹۸)	۰/۰۰۰۰۰۰۱۷* (۱/۷۲۳۲۸)	
P		−۰/۰۰۰۱۸*** (−۵/۱۷۸۹۰)	۰/۰۰۰۰۴۳ (۱/۱۹۷۳۷)	−۰/۰۰۰۰۶ (−۰/۴۱۶۳۶)	۰/۰۰۰۰۶۳ (۱/۳۱۶۹۳)	۰/۰۰۰۰۵۵ (۰/۶۷۴۰۳)
P^2		۰/۰۰۰۰۰۰۱*** (۳/۷۷۳۳۴)		۰/۰۰۰۰۰۰۱ (۰/۷۷۸۷۰)		۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ (۰/۲۸۹۹۹)
مشاهدات	۵۴۰	۶۰۰	۵۴۰	۵۴۰	۵۴۰	۵۴۰
آب و هوا	ندارد	همزمان	همزمان	همزمان	با وقفه	با وقفه
سال‌ها	۱۳۷۹-۹۹	۱۳۷۹-۹۹	۱۳۷۹-۹۹	۱۳۷۹-۹۹	۱۳۷۹-۹۹	۱۳۷۹-۹۹
اثرات ثابت	استان	استان	استان	استان	استان	استان

آمارهٔ t داخل پرانتز درج شده است. $*** P < 0.01$ و $** P < 0.05$ و $* P < 0.10$

(منبع: محاسبات تحقیق).

۳-۵. برآورد مدل‌های تفاضل طولانی

با عنایت به عدم امکان جداسازی اثرات زودگذر با رشد متعادل در مدل‌های ترکیبی سالانه و تخمین تأثیرات این دو به‌طور مشترک، به‌منظور تفکیک این اثرات نیاز به الگوسازی متفاوتی است؛ علاوه‌بر این، در مدل‌های ترکیبی (پانل) سالانه از تغییر آب و هوای سالانهٔ استان‌ها استفاده می‌شود و هم‌چنین اثرات ثابت استان‌ها، شرایط آب و هوایی بلندمدت و تغییرات آن را تحلیل می‌کند که بررسی این تغییرات به درک تأثیر گرمایش تدریجی استان‌ها مرتبط است؛ به عبارت دیگر، مدل‌های ترکیبی سالانه ممکن است بسیاری از سرمایه‌گذاری‌های انجام گرفته برای سازگاری و یا پاسخ‌گویی به تغییرات تدریجی اقلیم را دست‌کم بگیرد و این‌گونه سرمایه‌گذاری‌ها ممکن است در آن مدنظر قرار نگیرد. یکی از راهکارهای رفع این مشکل و غلبه‌بر این محدودیت، بهره‌گیری از رگرسیون مقطعی مربوط به تغییر تولید در دوره‌های زمانی طولانی‌تر از یک‌سال است؛ به‌طوری‌که بورک و امریک (۲۰۱۶) و کلکول و ونز (۲۰۲۰) در مطالعات خود، این شیوهٔ بررسی و تحلیل را تحت عنوان –مدل تفاضل طولانی– به‌کار بردند. اساساً این الگو همان رگرسیون تعمیم‌یافته با رویکرد تفاضل طولانی است که ابتدا توسط بورک و امریک پیشنهاد شده و سپس توسط کلکول و ونز ضرایب β، γ_1 و γ_2 به مدل اضافه شده است. مدل تفاضل طولانی پیشنهادی برای این برآوردها، الگوی معرفی شده در معادلهٔ (۸) است. باتوجه به اطلاعات موجود برای متغیرهای موردنظر در این پژوهش و نظر به این‌که قرار است مقایسهٔ تطبیقی برای اطلاعات موردنظر در حداقل سه مقطع زمانی طولانی برای مقایسه انجام شود، با توجه به داده‌های در دسترس، حداکثر تعداد سال‌هایی که در سه دوره برای مقایسهٔ دورهٔ سوم با دو دورهٔ قبل امکان‌پذیر است، هفت‌سال می‌باشد؛ لذا دوره‌های زمانی هفت‌ساله مبنای انتخاب و تحلیل

قرار گرفت و مشابه رگرسیون ترکیبی (پانل)، شرایط آب و هوایی درنظر گرفته می‌شود که در آن T_i به سطوح دما و بارش در دورهٔ قبلی اشاره دارد. هم‌چنین ضرایب α و β چگونگی تغییر در تولید اقتصادی سرانه را با شرایط آب و هوایی مورد تخمین قرار می‌دهند. برخلاف مدل ترکیبی (پانل) سالانه، انتظار می‌رود اثر زودگذر در مدل تفاضل طولانی به‌دلیل این‌که دوره‌های زمانی طولانی‌تر از یک‌سال درنظر گرفته شده است، به‌طور نسبی کمتر باشد؛ بنابراین ضرایب γ_1 و γ_2 به‌عنوان ضرایبی تفسیر خواهند شد که نشان می‌دهند چگونه تغییر بلندمدت تولید، یعنی همان مسیر رشد تعادلی، تحت‌تأثیر شرایط آب و هوایی قرار می‌گیرد.

متغیرهای انتخاب‌شده به‌عنوان متغیرهای کمکی استانی باتوجه به موقعیت و برخورداری از منابعی که ممکن است بر تولید تأثیرگذار باشد، در χ_1 درنظر گرفته شده است؛ علاوه‌بر این، برمبنای مدل گزینش‌شده در داده‌های ترکیبی (پانل) سالانه، اثرات ثابت استان‌ها استخراج و در مدل مقطعی وارد شد که در هیچ‌کدام از الگوها معنی‌دار نشد و به‌همین دلیل از معادلات حذف گردید؛ هم‌چنین به تبعیت از مطالعهٔ انجام‌شده توسط کلکول و ونز (۲۰۲۰)، طول نوار ساحلی دریایی به تفکیک استان‌ها نیز استخراج شد (در هفت استان ساحلی) اما متغیر مربوط در مدل‌های برآوردشده با معنی‌داری مواجه نشد و از مدل حذف گردید.

نتایج برآوردها به تفکیک در جدول (۶) ارائه شده است. ستون‌های (۱) تا (۳) به مدل‌هایی اشاره دارد که در آن تغییرات دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ نسبت به دورهٔ ۸۵-۱۳۷۹ ارائه شده و ستون‌های (۴) تا (۶) نیز نتایج تخمین را برای تغییرات بین دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ با دورهٔ ۹۲-۱۳۸۶ نشان می‌دهد. باتوجه به این‌که رگرسیون‌های مقطعی رشد به‌طور قوی نشان می‌دهد، به‌دلیل اثرات رشد همگرایی، رشد به‌طور منفی با سطوح اولیه تولید ناخالص داخلی مرتبط است؛ یعنی در مفهوم کلی، کشورهای فقیرتر تمایل دارند با نرخ‌های رشد سریع‌تری نسبت به اقتصادهای ثروتمندتر رشد کنند (منکیو و همکاران، ۱۹۹۲)[1]. بر این‌اساس مدل‌های (۲) و (۵) شامل عبارتی تحت عنوان لگاریتم تولید اولیه مربوط به سال آغازین دوره مورد بررسی، است. این عبارت برای مدنظر قرار دادن اثرات رشد همگرایی به مدل اضافه شده و ضرایب مربوط به این متغیر ازجمله ضرایب مهم در این برآوردها هستند. این ضریب برای مقایسهٔ دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ نسبت به دورهٔ ۸۵-۱۳۷۹ معنی‌دار نبوده، اما برای تغییرات بین دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ با دورهٔ ۹۲-۱۳۸۶ در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار است.

طبق نتایج، هرچند ضریب دما در مدل‌های برآورد شده معنی‌دار نیست، اما شواهد حاکی از تأثیرگذاری تغییرات دمای متوسط دورهٔ هفت‌ساله نسبت به دو دورهٔ قبل از آن است؛ درحالی‌که شواهدی مبنی‌بر تأثیرگذاری این‌شرایط برای یک دورهٔ قبل مشاهده نمی‌شود. بر این‌اساس، می‌توان استدلال نمود نه‌تنها تغییر شرایط آب و هوا به مرور انطباق و سازگاری به‌همراه نداشته؛ بلکه این تغییر در حالتی که متأثر از تغییر دما باشد، با تأثیرگذاری بیشتری در دوره‌های بعدی همراه است و اثرات آن در دوره‌های طولانی‌تر خود را نشان خواهد داد. بررسی تکمیلی مؤید آن است که هرچند تغییر میانگین دمای سالانه بین دو دورهٔ تقریباً یکسان است در دورهٔ نخست میانگین دمای سالانهٔ استان‌ها ۱۶/۰۵۲ درجه و در دورهٔ میانی ۱۶/۰۵۰ درجه (تغییرات دما بین دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ با دورهٔ ۸۵-۱۳۷۹ در حدود افزایش ۰/۵۹۲ درجهٔ سانتی‌گراد و بین دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ با دورهٔ ۹۲-۱۳۸۶ افزایش در حدود ۰/۵۹۴ درجهٔ

[1] Mankiw et al.

سانتی‌گراد) اما تأثیرگذاری تغییر دما بر تغییر تولید در مقایسه با دورهٔ قدیمی‌تر با شواهد بیشتری همراه است. این موضوع احتمال این‌که تغییر اندک دما بین دو دوره در تأثیرگذاری این تفاوت نقش دارد را رد می‌کند؛ بنابراین به‌جز ضریب دما، سایر ضرایب مربوط به دما شامل تغییرات دما ΔT_i، اثرات متقابل $T_{i.t-1} \times \Delta T_i$ و مجذور دما T_i^2 بین دورهٔ ۹۹–۱۳۹۳ با دورهٔ ۸۵–۱۳۷۹ در سطح ۹۹٪ معنی‌دار هستند و این موضوع شواهد مناسبی را برای اثبات تأثیرگذاری رگرسیون‌های با تفاضل طولانی در ارائه اثرات تغییرات بلندمدت ناشی از شرایط آب و هوا بین دورهٔ ۹۹–۱۳۹۳ با دورهٔ ۸۵–۱۳۷۹ نشان می‌دهد.

تحلیل نتایج به‌دست آمده درمورد بارندگی، وضعیت به نسبت متفاوتی را نسبت به دما ارائه می‌کند؛ به این ترتیب که کلیه ضرایب بارندگی P_i، تغییرات بارندگی ΔP_{it}، اثرات متقابل بارندگی $P_{i.t-1} \times \Delta P_i$ و مجذور بارندگی P_i^2 برای مقایسهٔ بین دورهٔ ۹۹–۱۳۹۳ با دورهٔ ۸۵–۱۳۷۹ در سطح بالا معنی‌دار است، درحالی‌که برای مقایسهٔ بین دورهٔ ۹۹–۱۳۹۳ با دورهٔ ۸۶–۱۳۸۶ در برخی موارد این ضرایب معنی‌دار نیستند. این موضوع نیز تأثیرگذاری تغییر شرایط آب و هوا را در دورهٔ طولانی‌تر گواهی می‌کند؛ به‌عبارت دیگر، تغییر بارندگی، قدرت تأثیرگذاری بیشتری در دوره‌های طولانی‌مدت‌تر به‌همراه دارد؛ هرچند برخلاف دما، تأثیرگذاری آن در دوره‌های زمانی کوتاه‌تر نیز رد نمی‌شود.

جدول ٦: نتایج برآورد مدل‌های تفاضل طولانی به تفکیک سه الگوی موردنظر

Tab. 6: Estimation results of long difference models by separating the three desired models

	(۱)	(۲)	(۳)	(٤)	(٥)	(٦)
ΔT	۱/۹۶۷۲۲***	۱/۹۱۸۰۹**	۰/۰۸۶۳۰**	۰/۲۴۸۴۵	−۰/۲۳۱۲۱	۰/۱۸۶۱۰***
	(۲/۵۷۶۱۲)	(۲/۵۴۴۸۴)	(۲/۵۶۳۷۲)	(۰/۹۸۹۹۳)	(−۰/۵۷۵۳۷)	(۳/۳۵۱۶۶)
$T \times \Delta T$	−۰/۱۸۴۲۱***	−۰/۱۸۰۲۴***		−۰/۰۲۶۵۴	۰/۰۰۵۸۴	
	(−۲/۸۵۵۰۶)	(−۰۲/۸۳۰۶۶)		(−۱/۴۳۸۳۸)	(۰/۲۲۵۳۷)	
T	۰/۰۲۳۰۲	۰/۰۱۰۴۷		۰/۰۲۹۷۴	−۰/۰۲۲۲۹	
	(۰/۴۵۶۱۵)	(۰/۲۰۶۳۵)		(۱/۲۶۸۵۹)	(−۰/۶۳۳۳۵)	
T^2	۰/۰۰۷۰۴***	۰/۰۰۷۰۶***		۰/۰۰۰۰۹۸	۰/۰۰۱۵۰*	
	(۲/۸۰۴۰۰)	(۲/۸۵۱۱۴)		(۰/۱۴۹۱۴)	(۱/۸۸۴۶۶)	
ΔP	−۰/۰۰۸۸۰**	−۰/۰۰۸۲۶**	−۰/۰۰۲۴۶**	−۰/۰۰۲۹۸	−۰/۰۱۲۵۵***	−۰/۰۰۱۳۷**
	(−۲/۳۸۹۴۶)	(−۲/۲۶۰۱۳)	(−۲/۴۶۹۹۳)	(−۰/۸۶۱۲۴)	(−۳/۵۳۴۰۵)	(−۲/۰۷۴۶۰)
$P \times \Delta P$	۰/۰۰۰۰۳۷***	۰/۰۰۰۰۳۴***		۰/۰۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۰۵۰***	
	(۲/۸۸۸۵۷)	(۲/۶۲۳۴۷)		(۰/۸۲۸۱۶)	(۳/۳۳۲۷۳)	
P	۰/۰۱۵۲۹***	۰/۰۱۵۴۴***		۰/۰۰۲۸۳**	۰/۰۰۳۷۹***	
	(۳/۵۴۸۷۸)	(۳/۶۳۲۷۹)		(۲/۵۳۶۳۲)	(۲/۹۷۱۲۴)	
P^2	−۰/۰۰۰۰۱۹***	−۰/۰۰۰۰۲۰***		−۰/۰۰۰۰۰۴۳**	−۰/۰۰۰۰۰۸۰***	
	(−۳/۳۶۰۹۷)	(−۳/۵۳۸۱۳)		(−۱/۹۲۰۵۶)	(−۲/۶۱۶۱۵)	
لگاریتم GRP اولیه		−۰/۰۰۲۲۴			۰/۲۲۱۹۸**	
		(−۱/۲۴۷۷۲)			(۲/۳۷۰۱۲)	

میانگین ارتفاع از سطح دریا	۱/۲۶۱۹۶*** (۳/۵۸۸۲۳)	۱/۱۷۲۲۳*** (۳/۳۱۱۰۷)	-۰/۱۶۳۷۰*** (-۳/۲۰۴۸۳)	۰/۰۲۱۹۶ (۰/۱۸۱۷۳)	۰/۲۸۳۶۴** (۲/۲۰۰۹۲)	-۰/۱۳۹۶۰** (-۲/۱۴۳۶۲)
مجموع طول رودخانه‌های دائمی	۰/۴۶۴۵۴*** (-۸/۷۳۱۷۲)	-۰/۴۴۶۶۰*** (-۸/۲۱۳۵۵)	-۰/۰۰۰۸۳ (-۰/۰۵۰۹۸)	-۰/۰۶۹۹۲** (-۲/۲۱۳۵۴)	-۰/۱۳۲۹۶*** (-۴/۲۷۵۴۴)	-۰/۰۲۸۹۷ (-۱/۲۳۷۲۶)
دوره‌ها	۱۳۹۳-۹۹ درمقابل ۱۳۷۹-۸۵	۱۳۹۳-۹۹ درمقابل ۱۳۷۹-۸۵	۱۳۹۳-۹۹ درمقابل ۱۳۷۹-۸۵	۱۳۹۳-۹۹ درمقابل ۱۳۸۶-۹۲	۱۳۹۳-۹۹ درمقابل ۱۳۸۶-۹۲	۱۳۹۳-۹۹ درمقابل ۱۳۸۶-۹۲
مدت (سال)	۷ سال	۷ سال	۷ سال	۷ سال	۷ سال	۷ سال
وقفه (دوره)	۲	۲	۲	۱	۱	۱

آمارهٔ t داخل پرانتز درج شده است. $*** P < 0.01$ و $** P < 0.05$ و $* P < 0.10$

(منبع: محاسبات تحقیق).

٦. نتیجه‌گیری

درک ابعاد مختلف تأثیر اقتصادی و اجتماعی تغییر شرایط آب و هوایی، هرچند یگ گام پیچیده است، اما در تدوین توصیه‌های سیاستی کاربردی و صحیح در ابعاد فراملی، ملی و محلی ضروری به‌نظر می‌رسد. این زمینهٔ مطالعاتی با هدف بهبود تخمین‌های مربوط به آسیب‌های حاصل از تغییر شرایط آب و هوا، بستر روبه توسعه‌ای را برای تجزیه و تحلیل فراهم آورده است و در دو دههٔ اخیر مطالعات اقتصادسنجی متعددی به چگونگی تأثیر نوسانات دما و بارش بر نتایج مختلف اقتصادی و اجتماعی برای ارزیابی تأثیر گرم‌شدن آیندهٔ زمین بر اقتصاد یا بخش‌های خاصی در اقتصاد در جوامع محلی یا فراملی پرداختند؛ با این‌حال، ابزارهای اقتصادسنجی فعلی مورداستفاده برای بررسی تأثیر اقتصادی آب و هوا در مواردی با عدم قطعیت مربوط به مدل‌های تجربی به‌کارگرفته شده و نمونه‌گیری در داده‌های مورد استفاده، مواجه هستند. در این پژوهش، ضمن تمرکز بر عدم قطعیت مدل‌های رایج، پژوهش در سطح استانی در ایران که با ناهمگونی قابل‌توجهی در اقلیم و شرایط آب و هوا و سطوح توسعه یافتگی مواجه است، به پیشرفت این زمینهٔ مطالعاتی کمک شده است؛ هم‌چنین با استفاده از یک مجموعهٔ جامع از داده‌های فعالیت اقتصادی در سطح استان‌ها با پوشش کامل در سطح ملی، به تجزیه و تحلیل رابطهٔ بین تولید اقتصادی و شرایط آب و هوا در مقیاس‌های زمانی مختلف پرداخته شده است.

نتایج این پژوهش همسو با مطالعات نیول و همکاران (۲۰۲۱) و اولپر و همکاران (۲۰۲۱) عدم قطعیت قابل‌توجه مدل‌های فعلی را تأیید می‌کند؛ با این‌حال، انتخاب براساس ابزارهای اقتصادسنجی استانداردتر (یعنی اهمیت متغیرهای دما و بارش و اثرات خطی در مقابل غیرخطی) نشان می‌دهند اثر منفی تغییرات دما و بارش هم‌زمان و با تأخیر یک‌ساله بر تولید استان‌های ایران وجود دارد؛ هرچند مقدار این ضرایب بسیار کم است. علاوه‌بر این، تغییر دما و بارش بر تولید زودگذر (ناپایدار) و رشد بلندمدت متعادل نیز تأثیرگذار است؛ با این‌حال، می‌توان ادعا کرد اثر بلندمدتی بین سطوح بارش با تغییرات تولید برخلاف سطوح دما برقرار نیست. هم‌چنین معمولاً اثرات زودگذر (ناپایدار) دما و بارش بر تولید تا دو سال طول می‌کشد و در طول زمان به مرور ضعیف‌تر شده و از نظر آماری ناچیز و اندک می‌شوند. در مدل‌های توسعه داده شده مشخص گردید؛ معنی‌داری اثرات تغییر بارش نسبت به تغییر دما

بر تولید کمتر است؛ به عبارت دیگر، بخش‌های اقتصادی در استان‌ها نسبت به دما وابستگی بالاتری دارند تا بارش، که از دلایل آن می‌توان قدرت تأثیرگذاری نوسانات دما بر سایر بخش‌ها فراتر از بخش کشاورزی، ازجمله بخش‌های خدمات، مسکن، ساختمان، انرژی، صنعت و غیره نسبت به بارش اشاره داشت؛ با این‌حال، یک اثر منفی قابل‌توجه از تغییرات باوقفهٔ دما بر تولید قابل مشاهده است و اثر مثبت درخصوص تغییرات باوقفهٔ بارش قابل استخراج است. هرچند شواهدی برای اثرات رشد مداوم طبق الگوها پیدا نشد، اما اثرات نهایی بالاتر دما نسبت به مدل‌های بورک و همکاران (۲۰۱۵) و کلکول و ونز (۲۰۲۰) گزارش می‌شود.

با بهره‌گیری از رگرسیون تفاضل طولانی به‌منظور بررسی این‌که آیا نتایج حاصل از مدل ترکیبی (پانل) سالانه به مقیاس‌های زمانی طولانی‌تر نیز قابل‌تعمیم است یا خیر؟ شواهدی مبنی‌بر تأثیرگذاری سطح دما (یا میزان بارندگی) بر تولید استان‌ها در دوره‌های طولانی یافت نشد. این نکته از این حیث درخور توجه است که بخش‌های اقتصادی در ایران، به‌ویژه در دوره‌های بلندمدت، بیشتر متأثر از انتظارات ناشی از تغییرات دما یا تغییرات بارش هستند تا سطح این متغیرها؛ به‌عبارت دیگر، می‌توان ادعا کرد انتظارات شکل‌گرفته و یا تغییر وضعیت نسبت به دوره‌های قبل، قابلیت تأثیرگذاری بیشتری بر تصمیم فعالان اقتصادی و تولید در ایران را دارند. در این‌زمینه نتایج مشخص نمود، نه‌تنها تغییر شرایط آب و هوا به مرور انطباق و سازگاری به همراه نداشته، بلکه این تغییر در حالتی که متأثر از تغییر دما باشد، با تأثیرگذاری بیشتری در دوره‌های بعدی همراه است و اثرات آن در دوره‌های طولانی‌تر خود را نشان خواهد داد. بررسی تکمیلی شواهد مناسبی را برای اثبات تأثیرگذاری رگرسیون‌های با تفاضل طولانی در ارائه اثرات تغییرات بلندمدت ناشی از شرایط آب و هوا بین دورهٔ ۹۹-۱۳۹۳ با دورهٔ ۸۵-۱۳۷۹ نشان می‌دهد؛ هرچند تحلیل نتایج به‌دست آمده درمورد بارندگی، وضعیت به نسبت متفاوتی را نسبت به دما ارائه می‌کند و تأثیرگذاری تغییر شرایط آب و هوا را در دورهٔ طولانی‌تر گواهی می‌کند؛ به‌عبارت دیگر، تغییر بارندگی، قدرت تأثیرگذاری بیشتری در دوره‌های طولانی‌مدت‌تر به‌همراه دارد؛ هرچند برخلاف دما، تأثیرگذاری آن در دوره‌های زمانی کوتاه‌تر نیز رد نمی‌شود.

در تجزیه و تحلیل انجام‌گرفته در این پژوهش، هم‌چنان برخی نکات وجود دارد که توجه به آن در مطالعات مربوط ضروری است؛ نخست این‌که با توجه به عدم قطعیت در مدل‌ها، نتایج به‌دست آمده، به‌ویژه در تفسیر اندازهٔ تخمین تغییرات آب و هوای آینده باید با احتیاط مدنظر قرار گیرد. دوم این‌که تا چه حد این توابع واقعاً تأثیر آب و هوا و نه فقط تغییرات آب و هوای کوتاه‌مدت را منعکس می‌کنند.

پیشنهاد می‌شود تجزیه و تحلیل‌های تجربی در مطالعات آینده علاوه‌بر گسترش مدل‌ها در راستای دستیابی به مدل‌سازی صریح و سازگار مبتنی‌بر تئوری موجود به‌منظور تمایز بهتر بین اثرات رشد در مقابل اثرات سطح در راستای سنجش اثرات کوتاه‌مدت در مقابل اثرات بلندمدت نیز توسعه یابند. بدیهی است تکامل مدل‌سازی و بررسی‌های تجربی جدید قادر خواهد بود، تفکیک تأثیرات آب و هوا و نه فقط تغییرات آب و هوا را به‌نحو مناسب‌تری به تصویر بکشد. علاوه‌بر این، باتوجه به این‌که تجزیه و تحلیل انجام شده در این پژوهش مبتنی‌بر سوابق گذشته آب و هوا است؛ بنابراین نمی‌تواند رویدادهای شدید بالقوه‌ای که خارج از این محدوده واقع می‌شوند، اما ممکن است توسط تغییرات آب و هوایی سال‌های آینده ایجاد شوند را ثبت کند. هم‌چنین مدنظر قرار دادن اصول ملاحظات اقلیمی و پیامدهای ناشی از تغییرات آب و هوایی در فرآیند توسعهٔ اقتصادی کشور در ابعاد ملی و محلی و به‌طور

مشخص ورود آن در قوانین به‌منظور نهادینه‌سازی محدودیت‌های پیش‌رو در راهبردهای ملی توسعهٔ پایدار کشور در کنار تدوین بسته‌های سیاستی شامل اقدامات مقابله‌ای و سازگاری با پدیدهٔ تغییر اقلیم ضرورت دارد.

سپاسگزاری

نویسندگان برخود لازم می‌دانند از دست‌اندرکاران و داوران فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران برای بهبود و غنی‌سازی متن مقاله تشکر و قدردانی کنند.

درصد مشارکت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند با توجه به این‌که این مقاله از رسالهٔ دکتری استخراج شده است، نگارش مقاله برعهدهٔ نویسندهٔ اول و راهنمایی آن بر عهدهٔ نویسندگان دوم و سوم قرار داشته است.

تضاد منافع

نویسندگان با رعایت اصول اخلاقی انتشار در ارجاع، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

کتابنامه

– اکبری، محمدرضا؛ پیش‌بهار، اسماعیل؛ و دشتی، قادر، (۱۳۹۹). «شناسایی عوامل موثر بر ناامنی غذایی خانوارهای روستایی ایران: کاربرد الگوی لاجیت ترتیبی تعمیم‌یافته». *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۹ (۳۵): ۹۱-۱۲۵. https://doi.org/10.22084/aes.2020.21656.3058

– بهرامی، علی، (۱۴۰۰). «اثر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی». *دوازدهمین کنفرانس ملی اقتصاد کشاورزی*، دانشگاه کردستان، سنندج. https://civilica.com/doc/1798470

– جعفری، شایسته؛ جلالی‌نسب، محمد؛ و ایروانی، هوشنگ، (۱۳۹۳). «ارزیابی اثرات اقتصادی تغییر اقلیم در بخش کشاورزی». *همایش ملی تغییر اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی*، همدان. https://civilica.com/doc/282442.

– خالقی، سعیده؛ بزازان، فاطمه؛ و مدنی، شیما، (۱۳۹۴). «اثر تغییر اقلیم بر تولید بخش کشاورزی و بر اقتصاد ایران (رویکرد ماتریس حسابداری اجتماعی)». *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۷ (۲۵): ۱۳۵-۱۱۳. dor: 20.1001.1.20086407.1394.7.25.6.1

– سالم، علی‌اصغر؛ و جباری، لیلا، (۱۴۰۱). «بررسی اثر بلایای طبیعی بر الگوی مصرف خانوار در ایران با استفاده از مدل تفاضل در تفاضل». *مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۱۱ (۴۲): ۴۷-۸۲. https://doi.org/10.22084/aes.2022.25884.3418

– سلیمانی‌نژاد، س.؛ دوراندیش، الف.؛ و نیکوکار، الف.، (۱۳۹۵). «شناسایی عوامل اقتصادی و اقلیمی اثرگذار بر ارزش افزوده بخش کشاورزی ایران». *مجموعه مقالات دهمین کنفرانس دوسالانه اقتصاد کشاورزی ایران*. https://sid.ir/paper/877539/fa

– صالحی کمرودی، محسن؛ و ابونوری، اسمعیل، (۱۳۹۸). «تأثیر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی ایران». *مطالعات*

علوم محیط زیست، ۴(۳): ۱۲۲-۱۶۱۴. https://www.jess.ir/article_95550.html

– لیندکوئیست، سون، (۲۰۱۵). *مبارزه با تغییرات آب و هوایی، برنامه توسعه سازمان ملل متحد*. ترجمهٔ محمدحسن فطرس و جواد براتی (چاپ دوم ۱۳۹۴)، همدان، دانشگاه بوعلی‌سینا.

– میرجلیلی، سید حسین؛ آماده، حمید؛ و متقیان‌فرد، مهدیس، (۱۳۹۸). «اثر تغییر اقلیم بر رشد تولید ناخالص داخلی در ۲۷ استان ایران (با استفاده از روش داده‌های پانل)». *اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی*، ۳ (۵): ۱۵۲-۱۲۷. https://doi.org/10.22054/eenr.2019.12479

- Akbari, M. R.; Pishbahar, I. & Dashti, Q., (2019). "Identifying factors affecting food insecurity of rural households in Iran: the application of the generalized ordinal logit model". *Iranian Applied Economic Studies Quarterly,* 9(35): 91-125, https://doi.org/10.22084/aes.2020.21656.3058 (In Persian).

- Ali, S. N., (2012). "Climate change and economic growth in a rain-fed economy: how much does rainfall variability cost Ethiopia?". https://doi.org/10.2139/ssrn.2018233.

- Auffhammer, M., (2018). "Quantifying Economic Damages from Climate Change". *Journal of Economic Perspectives,* 32 (4): 33–52, https://doi.org/10.1257/jep.32.4.33.

- Auffhammer, M. & Schlenker, W., (2014). "Empirical studies on agricultural impacts and adaptation". *Energy Econ.,* 46: 555-561. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.09.010.

- Babatunde, M. A. & Adefabi, R. A., (2005). "Long run relationship between education and economic growth in Nigeria: Evidence from the Johansen's cointegration approach". In: *Regional conference on education in west Africa*.

- Bahrami, A., (2021). "Effect of Climate Change on Economic Growth". *12th National Conference on Agricultural Economics*, University of Kurdistan, Sanandaj. https://civilica.com/doc/1798470. (In Persian).

- Barrios, S., Ouattara, B. & Strobl, E., (2008). "The impact of climatic change on agricultural production: Is it different for Africa?". *Food policy,* 33(4): 287-298., https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2008.01.003.

- Barro, R. J. & Sala-i-Martin, X., (2003). *Economic Growth.* vol. 1. MIT Press Books.

- Blanc, E. & Schlenker, W., (2017). "The use of panel models in assessments of climate impacts on agriculture". *Rev. Environ. Econ. Policy*., 11(2): 258-279. https://EconPapers.repec.org/RePEc:oup:renvpo:v:11:y:2017:i:2:p:258-279.

- Bortz, P. G. & Toftum, N., (2023). "Changes in rainfall, agricultural exports and reserves: macroeconomic impacts of climate change in Argentina". *Journal of Environmental Economics and Policy:* 243-258, https://doi.org/10.1080/21606544.2023.2236987.

- Brown, C. & Lall, U., (2006). "Water and economic development: The role of variability and a framework for resilience". *Natural Resources Forum,* 30: 306–317, https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2006.00118.x.

- Burke, M. & Emerick, K., (2016). "Adaptation to Climate Change: Evidence from US Agriculture". *American Economic Journal: Economic Policy,* 8(3): 106–40, https://doi.org/10.1257/pol.20130025.

- Burke, M., Hsiang, S. M. & Miguel, E., (2015). "Global non-linear effect of temperature on economic production". *Nature*, 527: 75-77, 235–239, https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080614-115430.

- Burke, M. & Tanutama, V., (2019). "Climate constraints on aggregate economic output". *NBER Working Paper No.* 25779. https://doi.org/10.3386/w25779.

- Callaway, J. M., et al., (2011). "Assessing the Economic Impact of Climate Change: National Case Studies by the United Nations Development Program". https://www.researchgate.net/publication/256086760

- Carleton, T. A. & Hsiang, S. M., (2016). "Social and economic impacts of climate". *Science*, 353 (6304): aad9837, https://doi.org/10.1126/science.aad9837.

- Casey, G., (2024). "Energy Efficiency and Directed Technical Change: Implications for Climate Change Mitigation Get Access Arrow". *The Review of Economic Studies,* 91: 192–228, https://doi.org/10.1093/restud/rdad001.

- Chang, C., (2002). "The Potential impact of climate change on Taiwan's agriculture". *Agricultural Economics*, 27 (1): 51-64. https://doi.org/10.1016/S0169-5150(01)00060-3.

- Dasgupta, S., Bosello, F., De Cian, E. & Mistry, M., (2017). *Global Temperature Effects on Economic Activity and Equity: A Spatial Analysis.* CMCC Working paper. https://www.rff.org/publications/working-papers/global-temperature-effects-on-economic-activity-and-equity-a-spatial-analysis/

- Dell, M., Jones, B. F. & Olken, B. A., (2012). "Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century". *American Economic Journal: Macroeconomics,* 4(3): 66-95. https://doi.org/10.1257/mac.4.3.66.

- Dell, M., Jones, B. F. & Olken, B. A., (2014). "What do we learn from the weather? The new climate-economy literature". *J. Econ. Lit.*, 52: 740-798, https://doi.org/10.1257/jel.52.3.740

- Deryugina, T. & Hsiang, S. M., (2017). "The Marginal Product of Climate (NBER)". *Working Paper Series no. 24072,* Cambridge, MA. https://EconPapers.repec.org/RePEc:nbr:nberwo:24072.

- Deschenes, O., (2014). "Temperature, human health, and adaptation: a review of the empirical literature". *Energy Econ.*, 46: 606–619, https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.10.013.

- Deschenes, O. & Greenstone, M., (2007). "The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather". *American Economic Review,* 97(1): 354-385, https://doi.org/10.1257/aer.102.7.3761.

- Desmet, K. & Rossi-Hansberg, E., (2024). "Climate Change Economics over Time and Space". *Annual Review of Economics,* 16, https://doi.org/10.1146/annurev-economics-072123-044449.

- Eberhardt, M., (2024). "Climate change and economic prosperity: Evidence from a flexible damage function". *Journal of Environmental Economics and Management,* 125: 102974, https://doi.org/10.1016/j.jeem.2024.102974.

- Elshennawy, A., Robinson, S. & Willenbockel, D., (2016). "Climate change and economic growth: An intertemporal general equilibrium analysis for Egypt". *Economic Modelling,* 52: 681-689. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.10.008.

- Farmer, J. D., Hepburn, C., Mealy, P. & Teytelboym, A., (2015). "A third wavein the economics of climate change". *Environ. Resour. Econ.*, 62 (2): 329–357, https://doi.org/10.1007/s10640-015-9965-2.

- Grey, D. & Saddoff, C., (2006). *Water for Growth and Development.* A Theme Document of the 4th World Water Forum. World Bank. https://pt.ircwash.org/sites/default/files/WWC-2006-Thematic.pdf.

- Guiteras, R., (2009). "The impact of climate change on Indian agriculture". Manuscript, Department of Economics, University of Maryland, College Park, Maryland.

- Harris Jonathan M., Roach, B. & Codur, A-M., (2015). *The Economic of global climate change*. Global developmemt and environment instisie, Tufts University. https://www.bu.edu/eci/2023/04/24/the-economics-of-global-climate-change/

- Hoegh-Guldberg, O. & Bruno, J. F., (2010). "The Impact of Climate Change on the World's Marine Ecosystems". *Science,* 328: 1523-1528, https://doi.org/10.1126/science.1189930.

- Hsiang, S., (2016). "Climate Econometrics". *Ann. Rev. Resour. Econ.*, 8: 43-75, https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100815-095343.

- Hsiang, S. M., Burke, M. & Miguel, E., (2013). "Quantifying the influence of climate on human conflict". *Science*, 341. https://doi.org/10.1126/science.1235367.

- IPCC., (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* IPCC, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- IPCC., (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Jafari, Sh., Jalalinasab, M. & Irvani, H., (2014). "Evaluation of the economic effects of climate change in the agricultural sector". *National Conference on Climate Change and Engineering Sustainable Development of Agriculture and Natural Resources,* Hamedan. https://civilica.com/doc/282442. (In Persian).

- Kahn, M. E., Mohaddes, K., Ng, R. N.C., Pesaran, M. H., Raissi, M. & Yang, J.-Ch., (2021). "Long-term macroeconomic effects of climate change: A cross-country analysis". *Energy Economics, Elsevier,* 104(C), https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105624.

- Kalkuhl, B, M. & Wenz, L., (2020). "The impact of climate conditions on economic production, Evidence from a global panel of regions". *Journal of Environmental Economics and Management,* 103: 102-360, https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102360.

- Khaleghi, S., Bazazan, F. & Madani, Sh., (2014). "The Effects of Climate Change on Agricultural Production and Iranian Economy". *Agricultural Economics Research,* 7(25): 113-135. https://doi.org/20.1001.1.20086407.1394.7.25.6.1. (In Persian).

- Kolstad, C. D. & Moore, F. C., (2020). "Estimating the impact of climate change using weather observation". *Review of Environmental Economics and Policy,* 14 (1): 1-24, https://doi.org/10.1093/reep/rez024.

- Leimbach, M., Kriegler, E., Roming, N. & Schwanitz, J., (2017). "Future growth patterns of world regions–A GDP scenario approach". *Global Environmental Change,* 42: 215-225. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.02.005.

- Lindquist, S., (2015). *Combating climate change, United Nations Development Program*. Translated by: Mohammad Hassan Fotros & Javad Barati (2nd edition 2015), Hamadan, Bu-Ali Sina University. (In Persian).

- Mankiw, N. G., Romer, D. & Weil, D. N., (1992). "A contribution to the empirics of economic growth". *Q. J. Econ.,* 107 (2): 407–437, https://doi.org/10.2307/2118477.

- Masters, W. A. & McMillan, M. S., (2001). "Climate and Scale in Economic Growth". *Journal of Economic Growth.,* 6:167-186. http://journals.kluweronline.com/issn/1381-4338/contents.

- Mendelsohn, R., Dinar, A. & Sanghi, A., (2001). "The effect of development on the climate sensitivity of agriculture". *Environment and Development Economics,* 6(1): 85–101. http://www.jstor.org/stable/44378882.

- Mirjalili, S. H., Amade, H. & Mottaghianfard, M., (2018). "The effect of climate change on the growth of gross domestic product in 27 provinces of Iran (using the panel data method". *Quarterly Journal of Environment and Natural Resources Economics,* (5)3: 152-127. https://doi.org/10.22054/eenr.2019.12479, (In Persian).

- Newell, G. R., Prest, B. C. & Sexton, E. S., (2021). "The GDP temperature relationship: implications for climate change damages". *J. Environ. Econ. Manag.*, 108: 1-26. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102445.

- Olper, A., Maugeri, M., Manara, V. & Raimondi, V., (2021), "Weather, climate and economic outcomes: Evidence from Italy". *Ecological Economics,* 189: 107-156, https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107156.

- Patz, J., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., et al., (2005). "Impact of regional climate change on human health". *Nature,* 438: 310–317, https://doi.org/10.1038/nature04188.

- Pindyck, R. S., (2013). "Climate Change Policy: What Do the Models Tell Us?". *Journal of Economic Literature,* 51 (3): 860–72. https://doi.org/10.1257/jel.51.3.860.

- Pretis, F., Schwarz, M., Tang, K., Haustein, K. & Myles, R. A., (2018). "Uncertain impacts on economic growth when stabilizing global temperatures at 1.5◦ C or 2◦ C warming, Philos". *Trans. R. Soc, A. A.*, 376: 20160460, https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0460.

- Rahmstorf, S. & Coumou, D., (2011). "Increase of extreme events in a warming world". *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.*, 108 (44): 4709–4714, https://doi.org/10.1073/pnas.110176610.

- Salehi Komroudi, M. & Abounoori, E., (2019). "The Impact of Climate Change on Iranian Economic Growth". *Journal of Environmental Science Studies,* 4(3): 1614-1622. https://www.jess.ir/article_95550.html. (In Persian).

- Salem, A. & Jabari, L., (2022). "Investigating the effect of natural disasters on household consumption patterns in Iran using the difference-in-differences model". *Iranian Applied Economic Studies Quarterly,* (42)11: 47-82, https://doi.org/10.22084/aes.2022.25884.3418, (In Persian).

- Soleimaninejad, S., Dourandish, A. & Nikoukar, A., (2016). "Identification of Economic and Climatic Factors Affecting the Agricultural Sector in Iran". *The 10th Biennial Conference of Iran's Agricultural Economics,* May, 2016. Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. https://sid.ir/paper/877539/fa, (In Persian).

- Stern, N., (2013). "The Structure of Economic Modeling of the Potential Impacts of Climate Change: Grafting Gross Underestimation of Risk onto Already Narrow Science Models". *Journal of Economic Literature,* 51 (3): 838–59, https://doi.org/10.1257/jel.51.3.838.

- Stern, N., (2016). "Economics: current climate models are grossly misleading". *Nature*, 530 (7591): 407–409, https://doi.org/10.1038/530407a.

- Stern, N. & Stiglitz, J. E., (2023). "Climate change and growth". *Industrial and Corporate Change,* 32: 277–303. https://doi.org/10.1093/icc/dtad008.

- Tebaldi, E. & Beaudin, L., (2016). "Climate change and economic growth in Brazil". *Applied Economics Letters,* 23(5): 337-381. https://doi.org/10.1080/13504851.2015.1076141.

- Tol, R. S. J., (2024). "A meta-analysis of the total economic impact of climate change". *Energy Policy,* 185. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113922.

- https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/

- https://data.irimo.ir/