Novel Explorations in Computational Science and Behavioral Management

Vol. 3, Issue 1, 2025, pp. 1-14

https://necsbm.shandiz.ac.ir

RESEARCH ARTICLE

Number of tables 03
Number of references 28
Number of figures 03

NECSBM

P-ISSN: 2981-1694 *E-ISSN: 2981-1015*
This is an open access article under the CC BY NC

The Effects of Climate Change and Technology Improvements on Economic Growth in Selected Developing Countries

Golsa Abbasi
M.A. Student of Economic in Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Mostafa Karimzadeh*
Assistant professor, Department of Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Hadi Esmaeil Pour Moghaddam
Assistant professor, Department of Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Article History

Received: 29 August, 2024
Revised: 10 November, 2024
Accepted: 25 November, 2024

Keywords

Climate change,
economic complexity,
PVAR,
ECI,
Economic Growth

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the effects of climate change shocks and economic complexity on economic growth, using the panel vector auto-regression model. In this research, the average temperature data and ECI (Economic Complexity Index), which is an indicator of technological progress (Mohammad Mahdi Ahmadian Divkhti et al., 2017), were used for MENA countries in 1995 to 2015. According to the analysis of variance decomposition of economic growth, we found that only 5% of changes in economic growth are related to climate change. So it can be resulted that the effect of climate change on economic growth is limited, but this effect is positive and significant. The effect of climate change shock (temperature changes) on the economic complexity index, according to the results of shock response functions is as follows: with the shock of temperature changes, the response of the economic complexity index is very high, positive and significant.

Published by Shandiz Institute of Higher Education

How to cite this article:
Abbasi, G. , Karimzadeh, M., & Esmaeil Pour Moghaddam, H. (2025). The Effects of Climate Change and Technology Improvements on Economic Growth in Selected Developing Countries. Novel Explorations in Computational Science and Behavioral Management, 2(2), 1-14.

https://doi.org/10.22034/necsbm.2024.475968.1079

openaccess

Extended Abstract

Introduction

Climate change represents one of the most pressing and multifaceted challenges facing the global community, especially for developing countries that are striving to achieve sustainable economic growth while grappling with environmental vulnerabilities. The increasing frequency and intensity of climate-related events such as temperature rises, extreme weather patterns, and irregular precipitation pose significant threats to socioeconomic stability. Among these climatic factors, rising temperatures have been particularly highlighted for their pervasive impact across key sectors like agriculture, infrastructure, energy, and public health.

* E-mail address: m.karimzadeh@um.ac.ir

CC BY NC

In parallel, another critical determinant of economic growth in the modern globalized world is the concept of *economic complexity*. This refers to the amount of productive knowledge embedded within an economy, often captured through the Economic Complexity Index (ECI), which measures the diversity and sophistication of a country's exports. A highly complex economy, characterized by advanced technological capabilities and diversified production systems, is believed to be more resilient to external shocks, including those emanating from climate disturbances.

This study investigates the simultaneous and interacting effects of climate change specifically temperature variations and economic complexity on economic growth in selected MENA (Middle East and North Africa) countries over a 21-year period (1995–2015). The research seeks to answer several key questions: How does climate change influence short- and long-term economic growth? What role does economic complexity play in moderating or amplifying the impact of climate change? Can advancements in technology and production systems compensate for the vulnerabilities induced by environmental stressors?

Given the MENA region's exposure to climate variability, particularly rising temperatures and water scarcity, and its strategic yet diverse economic structure, it provides a fertile context for examining these interactions. The study aims not only to quantify the individual and combined effects of climate and complexity variables on GDP growth but also to offer nuanced insights into the policy implications for countries seeking to achieve both environmental sustainability and economic resilience.

Research Methodology

To address the research objectives, the study adopts a robust macroeconomic modeling framework grounded in the extended Solow growth model. The theoretical underpinnings are adapted to incorporate environmental and structural economic factors, namely mean annual temperature (MT) as a proxy for climate change and the Economic Complexity Index (ECI) to represent technological advancement and productive diversity.

The empirical analysis is conducted using panel data for a group of MENA countries (including Iran, Saudi Arabia, Egypt, Morocco, Tunisia, Jordan, and others) over the period 1995–2015. The primary dependent variable is GDP per capita (LnGDP), while the key independent variables are MT and ECI. To control for potential endogeneity and dynamic interdependencies among variables, the study employs the Panel Vector Autoregression (Panel VAR) approach. This technique is well-suited for examining how shocks to one variable propagate through the system over time.

Pre-estimation diagnostics include stationarity tests using the Levin-Lin-Chu (LLC) method, ensuring that all variables are integrated of order zero. Model stability is assessed through the inspection of characteristic roots and impulse response functions (IRFs), which trace the reaction of endogenous variables to exogenous shocks over multiple periods. Furthermore, variance decomposition analysis is employed to determine the proportion of forecast error variance in economic growth attributable to shocks in each explanatory variable.

The estimation is executed in STATA 17 using the Generalized Method of Moments (GMM) to address issues related to heteroscedasticity, autocorrelation, and fixed effects. The GMM-PVAR model allows the researchers to derive reliable dynamic causal inferences from the data, making it possible to evaluate both short-term fluctuations and long-term equilibria.

Results and Discussion

The empirical findings reveal a complex and time-dependent relationship between climate change, economic complexity, and economic growth. The key insights can be categorized into three thematic areas:

1. Impact of Climate Change (Temperature Shock): The impulse response analysis indicates that an initial positive shock in temperature leads to a marginal and short-lived increase in economic growth. This counterintuitive result can be explained by temporary agricultural productivity boosts or adaptive economic behavior. However, the effects quickly dissipate and become neutralized in subsequent periods. The transitory nature of these gains suggests that any initial

benefits are outweighed by longer-term adverse impacts, such as reduced labor productivity, higher operational costs, infrastructure strain, and negative health outcomes.

The variance decomposition results show that temperature-related shocks explain a relatively small proportion of the variance in GDP growth less than 5% across all periods. This indicates that while climate change has statistically significant effects, its direct economic impact is overshadowed by more dominant structural factors, such as economic complexity.

2. Role of Economic Complexity: Economic complexity exhibits a dual effect on growth depending on the time horizon. In the short run, an increase in the ECI is associated with a slight decline in GDP growth. This negative effect likely reflects adjustment costs, capital reallocation, skill mismatches, and institutional lag as economies transition toward more complex production systems.

However, over the medium and long term, economic complexity contributes positively and significantly to growth. The impulse response functions reveal that the initial shock is absorbed within a few periods, after which the ECI consistently drives growth upward. This is in line with theoretical expectations: countries that produce and export more sophisticated and diversified goods are better equipped to sustain growth, innovate, and adapt to changing global and environmental conditions.

Variance decomposition further supports this dynamic: the ECI explains approximately 23% of GDP growth variance by the tenth period. This growing influence underscores the importance of structural transformation and innovation-driven growth in achieving long-term economic resilience.

3. Interaction Effects and Policy Implications: The interaction between temperature shocks and economic complexity yields additional insights. While climate change remains a constraint, the presence of a more complex economic structure appears to buffer some of its negative effects. In countries with higher ECI scores, the adverse impact of temperature increases on GDP is less pronounced. This suggests that technological capability and productive diversity enhance adaptive capacity.

Moreover, the results challenge the assumption that climate change uniformly hampers growth. Instead, its effects are mediated by institutional readiness, investment in R&D, education levels, and the ability to reallocate resources efficiently all of which are embedded within the concept of economic complexity.

Conclusion

This study contributes to the growing literature on the nexus between environmental sustainability and economic development by providing empirical evidence on the dual role of climate change and economic complexity in shaping growth trajectories in the MENA region. Several key conclusions emerge from the analysis:

- Temperature increases while initially neutral or mildly positive tend to have negative or null effects on economic growth in the medium term, reinforcing concerns about climate vulnerability.
- Economic complexity serves as a vital determinant of long-term growth and a potential mitigator of climate-related risks, though it requires time, investment, and institutional support to yield dividends.
- The interaction between climate change and complexity underscores the need for differentiated policy responses based on national capabilities and structural characteristics.

The study offers several policy recommendations:

- **Invest in Resilient Infrastructure**: Governments should prioritize infrastructure that can withstand climate shocks, particularly in energy, water, and transportation systems.
- **Promote Green Innovation**: Support for research and development, especially in clean technologies and climate-smart agriculture, is essential for enhancing economic complexity while reducing environmental stress.
- **Diversify the Economic Base**: Reducing reliance on resource-intensive and low-

complexity sectors can help buffer against external shocks and promote inclusive, sustainable growth.

- **Strengthen Institutional Capacities**: Effective governance, strategic planning, and adaptive regulation are critical to managing the complex interplay between climate and economic variables.

Ultimately, the pathway to sustainable growth in the face of climate uncertainty lies in fostering complex, knowledge-based economies that are agile, diversified, and resilient. The findings of this study provide a roadmap for MENA countries and other developing economies seeking to harmonize their economic and environmental goals.

کاوش‌های نوین در علوم محاسباتی و مدیریت رفتاری
دوره ۳، شماره ۱، ۱۴۰۴، ۱-۱۴
مقاله پژوهشی
https://necsbm.shandiz.ac.ir
NECSBM

اثرات تغییر اقلیم و پیشرفت تکنولوژی بر رشد اقتصادی در منتخبی از کشورهای درحال توسعه

گلسا عباسی
کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

مصطفی کریم زاده*
استادیار گروه اقتصاد دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

هادی اسماعیل‌پور مقدم
استادیار گروه اقتصاد دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

چکیده
تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی اثرات شوک تغییرات اقلیم و همچنین پیچیدگی اقتصادی، بر رشد اقتصادی با استفاده از مدل خود رگرسیون برداری پنلی است. در این تحقیق از داده‌های میانگین دما و شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) که شاخصی از پیشرفت فن‌آوری است، برای حوزه کشورهای منا در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ استفاده شده است. با بررسی تجزیه و تحلیل واریانس رشد اقتصادی مشخص شد تنها ۵ درصد تغییرات رشد اقتصادی مربوط به تغییرات اقلیم است. بنابراین می‌توان بیان نمود اثر تغییرات اقلیم بر رشد اقتصادی محدود است. اثرگذاری شوک تغییرات اقلیم (تغییرات دما) بر شاخص پیچیدگی اقتصادی با توجه به نتایج توابع واکنش ضربه‌ای، مشاهده شد که مثبت و معنادار است.

سابقه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۵

کلیدواژه‌ها:
الگوی خود بازگشت برداری پنل
تغییر اقلیم
پیچیدگی اقتصادی
رشد اقتصادی

Published by Shandiz Institute of Higher Education

استناد به مقاله:
عباسی، گلسا، کریم‌زاده، مصطفی و اسماعیل‌پور مقدم، هادی (۱۴۰۴). اثرات تغییر اقلیم و پیشرفت تکنولوژی بر رشد اقتصادی در منتخبی از کشورهای درحال‌توسعه. کاوش‌های نوین در علوم محاسباتی و مدیریت رفتاری، ۳ (۱)، ۱-۱۴.
https://necsbm.shandiz.ac.ir
https://doi.org/10.22034/necsbm.2024.475968.1079
openaccess

۱. مقدمه
امروزه مسئله حفاظت از محیط‌زیست و جلوگیری از تخریب آن یکی از مهم‌ترین مسائل موردتوجه در جامعه جهانی است. یکی از مقوله‌هایی که بر رشد اقتصادی اثرگذار است، محیط‌زیست و تغییرات اقلیمی است. از طرفی دستیابی به رشد اقتصادی بالا یکی از اهداف بسیاری از سیاست‌های اقتصادی‌اند. امروزه، از تغییر اقلیم، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی کشورها در دنیای اقتصادی محسوب می‌شود (لیاناراچچی و همکاران، ۲۰۱۶). تحقیقات نشان می‌دهد در دهه‌های آینده، تغییر اقلیم به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، پیامدهای بسیار زیان‌باری را به همراه خواهد داشت. از آن‌جا که مسئله تغییر اقلیم، یکی از مباحث دنیای جدید و زندگی مدرن است، به نظر می‌رسد برای از بین بردن اثرگذاری آن بر رشد اقتصادی و اقتصاد کشورها نیز باید از

* E-mail address: m.karimzadeh@um.ac.ir

ویژگی‌های دنیای مدرن مدد گرفت. بدین معنی که در میان عواملی که تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی کشورها داشته و موجب افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شوند، باید بر عوامل جدیدتر در دنیای مدرن جهت خنثی‌سازی اثر تغییر اقلیم تأکید کرد.

یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رشد اقتصادی و تولید ناخالص داخلی در کشورهای مختلف در دنیای امروز، بی‌شک ارتقاء سطح فن‌آوری است. به‌عبارت‌دیگر در دهه‌های اخیر، بشر با پیشرفت فن‌آوری توانسته است مسیر رشد اقتصادی را به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته که از سطوح بالای فن‌آوری برخوردار هستند، هموار نماید. تأثیر تغییر اقلیم علاوه بر بخش کشاورزی بر رشد اقتصادی هم دارای اهمیت فراوانی است. همچنین در بخش کشاورزی اثرگذاری مستقیم بر سطح فعالیت‌ها داشته است (زکریا فرجزاده، ۲۰۱۸). تاکنون اثر تغییر اقلیم و پیشرفت فن‌آوری بر رشد اقتصادی به‌طور هم‌زمان بررسی نشده است و چارچوب نظری و رابطه فرضی در این خصوص قبلاً مورد بررسی قرار نگرفته است. علاوه بر این، ادبیات شکاف قابل‌توجهی را ارائه می‌دهد که باید برای ارائه بینشی جدید به دانش مرتبط با محیط‌زیست پُر شود.

اهمیت و ضرورت مطالعه تقابل این دو اثر بر رشد اقتصادی از دغدغه تغییر اقلیم و تغییرات الگوی آب‌وهوایی و بارش ناشی می‌شود. در کنار این اثر، بحث پیشرفت فن‌آوری چه در بخش کشاورزی و چه در سایر بخش‌های اقتصادی حائز اهمیت است؛ زیرا فن‌آوری بیشتر به‌صورت غیرمستقیم و تقلیدی از کشورهای صاحب آن فن‌آوری وارد صنعت می‌شود و با این وجود بر تولید و رشد اقتصادی اثر می‌گذارد و با سرعت زیادی رو به رشد است. بنابراین، بررسی اثر متقابل پیشرفت فن‌آوری و تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی از این حیث حائز اهمیت ویژه است که در صورت مؤثر بودن پیشرفت فن‌آوری بر خنثی‌سازی اثر تغییر اقلیم، می‌تواند الگوی مناسبی را در اختیار تصمیم‌گیرندگان اقتصادی کشورها قرار دهد که از اثرات منفی تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های نگران‌کننده در زندگی بشر برای دهه‌های آتی به‌وسیله ارتقاء سطح فن‌آوری بکاهند.

۲. مبانی نظری

تغییر اقلیم به هرگونه تغییر در شرایط اقلیمی گفته می‌شود که با توجه به تغییرات در مقادیر میانگین یا تغییرپذیری در مشخصات اقلیمی تعیین می‌شود. این تغییرات با استفاده از آزمون‌های آماری و اطلاعات گردآوری‌شده در یک دوره زمانی مشخص که معمولاً بیش‌تر از ۱۰ سال در نظر گرفته می‌شود قابل‌اندازه‌گیری است. این تغییر اقلیم‌ها می‌تواند به‌صورت طبیعی و یا به دلیل دخالت بشر اتفاق افتاده باشد. تغییر دما و بارش دو شاخص مهم در بررسی تغییرات اقلیمی است (هیئت بین دولتی تغییر اقلیم، ۲۰۱۴). نرخ فزاینده تغییرات اقلیم جهانی که در این قرن مورد توجه قرارگرفته و پیش‌بینی می‌شود در قرن بعدی این تغییرات شتاب بیشتری بگیرد و بر بخش‌های مختلف مانند آب‌وهوا، گونه‌های زیستی، دریاها و آب‌های سطحی و زیرزمینی، جنگل‌ها و در نتیجه بر اقتصاد کشورها اثر بگذارد (شورت و نکلسب[1]، ۱۹۹۹).

از سوی دیگر نوسان دما براثر تغییر اقلیمی یکی از مهم‌ترین مباحث اقتصاد محیط زیست است. سازمان‌های بزرگ و بین‌المللی تلاش می‌کنند تا با همکاری کشورهای مختلف جهان سرعت افزایش دمای کره زمین را کُندتر کنند. معاهده پاریس در سال (۲۰۱۶) کشورهای جهان را ملزم می‌کند تا با وضع قوانینی مانند کاهش گازهای گلخانه‌ای و کمک مادی به کشورهای درحال‌توسعه مانع از افزایش دمای کره زمین شوند (عارف و علیجانی، ۱۳۹۷). بر اساس گزارش IPCC تغییرات اقلیمی در آینده موجب افزایش ۰/۲ درجه‌ای دمای کره زمین به ازای هر ۱۰ سال خواهد شد (اسمیت[2]، ۲۰۰۶).

افزایش دمای کره زمین در دهه‌های اخیر و ثبت حداکثر دما در ۱۵۰ سال گذشته به‌خصوص در دهه ۱۹۹۰ و رکورد گرم‌ترین سال جهان در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ و تغییرات بارش، هم‌خوانی با تغییرات در چرخه هیدرولوژی بزرگ‌مقیاس دارد. این امر تغییرات اقلیمی گسترده‌ای مانند تغییرات اتمسفری، تغییر در الگوهای بارش و مقادیر حدی و شدت‌های بارندگی را به وجود آورده است (عارف و علیجانی، ۱۳۹۷).

ملیسا دل و همکاران[3] (۲۰۱۲) با استفاده از نوسانات تاریخی دما میان کشورها، اثرات آن را بر مجموع پیامدهای اقتصادی شناسایی کردند. این بررسی سه نتیجه کلی داشته است. نخست، رشد اقتصادی در کشورهای فقیر با دمای بالاتر به طرز قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. دوم، دمای بالاتر نه‌تنها سطوح محصول، بلکه نرخ‌های رشد را نیز کاهش می‌دهد و سوم، بازه گسترده‌ای از تغییرات همانند کاهش محصولات کشاورزی، محصولات صنعتی و ثبات سیاسی با دمای بالاتر پدیدار خواهند شد. ویلیام نوردهاس[4] برنده جایزه نوبل در سال ۲۰۱۸، با استفاده از مدل رشد نئوکلاسیک DICE تأثیرات متقابل رشد اقتصادی و تغییرات اقلیمی و در نتیجه آن، افزایش سطح دما در سطح جهانی را نشان داد. او پیش‌بینی کرد که تا سال ۲۱۵۰، دمای کره زمین افزایش

[1] Short & Necklesb
[2] Smith
[3] Melissa Dell et al.
[4] William Nordhaus

۴ درجه سانتی‌گرادی را تجربه خواهد کرد که در نتیجه آن، خسارتی معادل ۱۵ تریلیون دلار به همراه خواهد داشت.

تاکنون الگوهای متعددی جهت توضیح رشد اقتصادی توسط اقتصاددانان ارائه گردیده است. یکی از اولین الگوهای ارائه شده در این زمینه الگو سولو[1] است. فرض اصلی الگو سولو در مورد تابع تولید آن است که دارای بازگشت ثابت نسبت به مقیاس با توجه به دو نهاده سرمایه و نیروی کار مؤثر است. فرض دوم آن است که سایر نهاده‌ها به‌جز سرمایه، کار و دانش نسبتاً بی‌اهمیت هستند (تقوی و همکاران، ۱۳۸۵). مدل رشد سولو یک مدل رشد اقتصادی با ویژگی‌های برون‌زا بودن و بلندمدت بودن و در چارچوب اقتصاد نئوکلاسیک است. این مدل تلاش می‌کند رشد اقتصادی بلندمدت را با بررسی انباشت سرمایه، رشد جمعیت یا نیروی کار و افزایش در بهره‌وری که به‌طور معمول پیشرفت فنی شناخته می‌شود، توضیح دهد. مدل استاندارد سولو پیش‌بینی می‌کند که در بلندمدت اقتصادها به حالت تعادل خود نزدیک می‌شوند و رشد دائمی تنها از طریق پیشرفت تکنولوژی قابل دست‌یابی است.

پیچیدگی اقتصادی بالا به معنای این است که ساختارهای تولیدی پیچیده‌تری از کالاها و خدمات ممکن است منجر به مصرف بیشتر انرژی و ظرفیت شود و به همین دلیل مشکلات محیطی ناپایدار فعلی را بیشتر تشدید کند. از سوی دیگر، پیچیدگی اقتصادی بالا ثروت بیشتری از دانش و مهارت‌ها را در فرآیند تولید نشان می‌دهد و این کشورها تجهیز و توانایی دارند که فرآیندهای تولید نوآورانه و محیط‌زیستی را اتخاذ کنند. بعضی از محققان ادعا کرده‌اند که کشورهایی با پیچیدگی اقتصادی بالاتر محصولاتی تولید می‌کنند که دارای فن‌آوری‌های پیچیده‌تری هستند، ارزش‌افزوده بالاتری دارند و به همین دلیل اقتصادی کارآمدتر دارند. به این معنا که به ازای هر واحد از گازهای گلخانه‌ای که منتشر می‌شود، ارزش اقتصادی بیشتری به دست می‌آید (سوارت و برینکمن[2]، ۲۰۲۰).

۳. پیشینه پژوهش

۱.۳. مطالعات خارجی

دل و همکاران[3] (۲۰۱۲) در مقاله‌ای با عنوان شوک‌های دما و رشد اقتصادی با استفاده از تغییرات دما، اثرات آن را بر مجموع پیامدهای اقتصادی شناسایی کردند. نتایج بررسی مذکور نشان می‌دهد دمای بالاتر نه‌تنها سطوح محصول، بلکه نرخ‌های رشد را نیز کاهش می‌دهد و همچنین بازه گسترده‌ای از تغییرات همانند کاهش محصولات کشاورزی، محصولات صنعتی و ثبات سیاسی با دمای بالاتر پدیدار خواهد شد. در مقاله مزبور داده‌های دما و بارش هر کشور از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۳ جمع‌آوری‌شده و مدل به روش داده‌های تابلویی تخمین زده شده است. در پژوهش آن‌ها نشان داده شده است که به ازای یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما، درآمد ملی ۸/۵ درصد کاهش می‌یابد.

اکسنبرگر و همکاران[4] (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای با عنوان تخمین اثر تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی: با احتساب ناهمگونی در تکنولوژی میان کشورها؛ اثر تغییر اقلیم را بر ۱۲۷ کشور بین سال‌های ۱۹۶۱تا ۲۰۰۲ تخمین زده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که تغییر اقلیم اثر معناداری بر تولید کشاورزی در کشورهای با درآمد متوسط و پایین داشته است. این اثرات منفی شامل اثر منفی افزایش دما بر محصول کشاورزی است و همچنین کاهش در بارندگی، تولید کشاورزی را کاهش خواهد داد.

ونگ و همکاران[5] (۲۰۱۸) نشان دادند که پیشرفت فن‌آوری منبع رشد اقتصادی است و تولید ناخالص داخلی را افزایش می‌دهد.آن‌ها با استفاده از روش FMOLS در سال‌های ۱۹۹۰تا ۲۰۱۸ تغییرات GDP را با پیشرفت فن‌آوری و سایر عوامل مورد بررسی قرار دادند.

نوردهاس[6](۲۰۱۸) با بررسی مداخله انسان‌ها در محیط طبیعی و آسیب رساندن به لایه اوزون با انتشار گازهای گلخانه‌ای به اثرات اقتصادی آن در بخش‌های مختلف ازجمله کشاورزی، جنگل‌داری و فعالیت‌های ساحلی پرداخته است. او با طراحی مدل‌های اقلیمی از اکوسیستم‌های غیر منتظره مانند بارندگی، سیل و گرمای طبیعی، اثرات آن بر بخش‌های مختلف اقتصاد را مورد مطالعه قرار داده است.

نصیر و همکاران[7] (۲۰۱۹) مطالعه‌ای را در آسیای شرقی انجام دادند تا پیامدهای اکولوژیکی بر رشد اقتصادی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و توسعه مالی در کشورهای آسیای شرقی را

[1] Solow
[2] Swart & Brinkmann

[3] Dell et al.
[4] Exenberger
[5] Wang et al.
[6] Nordhaus
[7] Nasir et al.

بررسی کنند. تحقیق مزبور با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۴ و با به‌کارگیری مجموعه‌ای از تکنیک‌های کمّی برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های تابلویی انجام شد. نتایج نشان داد که توسعه مالی و اقتصادی و همچنین سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، رابطه آماری معنی‌داری در بلندمدت با تخریب محیط‌زیست (انتشار CO_2) داشته است.

لیو و همکاران[1] (۲۰۲۰) تغییرات آب‌وهوای شهری را در چین از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ در چارچوب تحلیل جفت سیستم متقابل برای ارزیابی هماهنگی آن با رشد اقتصادی مورد بررسی قرار دادند. این دو جنبه به ترتیب با استفاده از شاخص‌های شدت تغییرات دمای سطحی شهرها و تولید ناخالص داخلی (GDP) نشان بررسی شدند. در مجموع ۲۵۹ شهر از دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۵ به روش سری‌های زمانی تجزیه‌وتحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد شهرهای ثروتمندتر در منطقه ساحلی شرقی به‌طور قابل‌توجهی نسبت به سایر شهرها در داخل کشور از لحاظ دمایی، تغییرات کم‌تری را با افزایش تولید ناخالص داخلی تجربه کرده‌اند.

وانگ و همکاران[2] (۲۰۲۱) تأثیر تحقیق و توسعه بر کاهش اثرات اقلیمی با تأکید بر رشد اقتصادی، بین دوره‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ را با چارچوبی چند متغیره در چین بررسی کردند. نتایج نشان داد که در بلندمدت، رشد سبز[3] (سیاست‌های سرمایه‌گذاری در ثبات رشد اقتصادی و هم‌زمان کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش تخریب منابع طبیعی است) به نوآوری فن‌آوری، تولید ناخالص داخلی، سرمایه انسانی، جهانی‌سازی اقتصادی و هزینه‌های تحقیق و توسعه بستگی دارد. علاوه براین، نوآوری‌های تکنولوژیکی تأثیر مثبتی بر رشد سبز دارند.

حسنف و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که پیشرفت تکنولوژیکی موجب افزایش مصرف انرژی تجدیدپذیر و کاهش آلودگی می‌شود و تولید ناخالص داخلی (GDP) و اندازه واردات را هم در بلندمدت و هم در کوتاه‌مدت افزایش می‌دهد.

رایحان (۲۰۲۳) بررسی نمود که چگونه تنوع آب و هوایی پایداری بخش جهانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به دلیل تغییرات آب و هوایی، بخش کشاورزی به‌شدت آسیب می‌بینند. این جریان الگوهای مصرف در سراسر جهان را مختل می‌کند، به‌ویژه در کشورهایی که کشاورزی برای اقتصاد و بهره‌وری آن‌ها نقش مهمی دارد. تغییرات آب و هوایی خطر ابتلا به غذا، آب و بیماری‌های ناقل و از دست دادن تنوع زیستی را می‌افزاید.

استرن و استیگلیتز (۲۰۲۳) اقدامات مدیریت تغییرات آب‌وهوا می‌تواند رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی را افزایش دهد. موانع بسیاری در بازارها وجود دارد که منجر به تضعیف عملکرد اقتصادی می‌شود. نتایج نشان داد که پرداختن به تغییرات آب و هوایی، این شکست‌ها را کاهش می‌دهد و انگیزه رسیدگی به آن‌ها را افزایش می‌دهد.

کیلی (۲۰۲۴) به بررسی تغییرات آب و هوایی بر سطح متوسط رشد اقتصادی پرداختند. نتایج نشان داد که رشد در معرض خطر تغییرات آب و هوایی زیادی است. تغییرات آب و هوایی ممکن است انقباضات اقتصادی را محتمل‌تر و شدیدتر کند و در نتیجه به‌طور قابل‌توجهی بر ثبات و رفاه اقتصادی و مالی تأثیر بگذارد.

دسمت و روسی هانسبرگ (۲۰۲۴) یافتند که در سراسر جهان با توجه به‌وفور زمین، اگر جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی بتوانند آزادانه در فضا حرکت کنند، هزینه‌های اقتصادی گرمایش جهانی تا حد زیادی کاهش می‌یابد. بنابراین، هزینه‌های اقتصادی تغییرات آب و هوایی ارتباط نزدیکی با این اصطکاک‌های فضایی دارد.

کالوژیانیدیس و همکاران (۲۰۲۴) بر اثرات تغییرات اقلیمی بر توسعه منطقه‌ای که بر اقتصادها، محیط‌ها و جوامع در سراسر جهان تأثیر می‌گذارد تمرکز کردند. نتایج، اهمیت رشد اقتصادی منطقه‌ای (تولید ناخالص منطقه‌ای)، کیفیت زیرساخت، پیشرفت تحصیلی، و محیط کسب‌وکار مساعد را بر توسعه منطقه‌ای نشان می‌دهد. همچنین، فرصت‌ها برای یکپارچگی و استراتژی‌های مشترک تغییرات آب و هوایی به‌طور مثبت بر توسعه منطقه‌ای تأثیر می‌گذارند. با این حال، موانعی نظیر پراکندگی نهادی، محدودیت منابع، اولویت‌های سیاسی و اقتصادی متناقض و مشارکت ناکافی ذینفعان، مانع تلاش‌های در مسیر تحقق این روند وجود دارند.

۲.۳. مطالعات داخلی

درگاهی و بهرامی غلامی (۱۳۹۰) عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای صنعتی و کشورهای اوپک را مورد بررسی قرار داده‌اند. در تحقیق مذکور از یک مدل اقتصادسنجی داده‌های تابلویی استفاده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در مورد کشور ایران، رابطه علّیت دوطرفه درآمد سرانه و انتشار سرانه کربن دی‌اکسید به اثبات رسیده است، به این معنا که سیاست‌های کاهش انتشار به کاهش تولید سرانه منجر می‌شود.

پژویان و لشکری‌زاده (۱۳۸۹) درپژوهشی با استفاده از روش داده-های تابلویی اثر رشد اقتصادی، تغییرات تکنیکی، ترجیحاتی و سیاسی بر میزان آلاینده‌های مهم هوا در ۵۶ کشور منتخب با

[1] Liu et al.
[2] Wang et al.
[3] Green Growth

سطوح توسعه‌یافتگی متفاوت از جمله ایران در دوره ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ را مورد آزمون قرار داده و یافته‌ها نشان می‌دهد به‌رغم تأثیر مثبت رشد اقتصادی بر میزان آلاینده‌ها، ارتقای سطح تکنولوژی در کاهش آلاینده‌های دی‌اکسید گوگرد و نیتروژن نقش مهمی داشته است.

غفاری اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی اثر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی بخش کشاورزی را در قالب یک مدل تعادلی مبتنی بر ماتریس حسابداری اجتماعی سال ۱۳۹۰ بررسی کردند. نتایج نشان داد با کاهش بارندگی تا سال ۲۰۳۰ میزان تولید، مصرف، صادرات و سرمایه‌گذاری بخش کشاورزی کاهش می‌یابد و بیشترین کاهش در بخش صادرات کشاورزی تخمین زده‌شده است. این در حالی است که واردات این بخش افزایش می‌یابد.

میرجلیلی و همکاران (۱۳۹۸) اثر تغییر اقلیم بر رشد تولید ناخالص داخلی در ۲۷ استان ایران را بررسی نمودند. همچنین نیروی کار، سرمایه‌گذاری و مصرف حامل‌های انرژی از دیگر متغیرهای کنترلی استفاده شده در تحقیق هستند. با تخمین مدل به روش داده‌های پانل برای سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳، نتایج حاکی از اثر منفی دما بر رشد تولید ناخالص داخلی با احتساب نفت و بدون نفت در استان‌ها است و همچنین افزایش در بارش، باعث افزایش در رشد تولید ناخالص داخلی می‌شود.

صالحی کمرودی و ابونوری (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های تابلویی ۳۱ استان در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳، نشان می‌دهد تغییرات اقلیم موجب کاهش سطح درآمد ملّی می‌شود. همچنین نوسانات فضایی و فصلی بارش می‌تواند رشد اقتصادی ایران را کاهش دهد.

ملکوتی‌خواه و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از داده‌های سری زمانی دوره ۱۳۹۵-۱۳۵۰ و در نظر گرفتن درجه حرارت برای تغییر اقلیم و در نظر گرفتن سرمایه‌های فیزیکی، انسانی، اجتماعی و محیط‌زیستی به بررسی موضوع پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد در ازای یک درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دما انتظار می‌رود تولید به میزان ۶/۶-۵ درصد کاهش یابد.

پارسا و همکاران (۱۴۰۰) تحقیقی را با استفاده از رویکرد پانل (منتخب کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته) انجام دادند. هدف ایشان بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر تخریب محیط‌زیست بود. پژوهش در سال ۱۳۹۸ با استفاده از داده‌های سری زمانی ۲۶ کشور منتخب درحال‌توسعه و ۱۷ کشور منتخب توسعه‌یافته، تأثیر عوامل اقتصادی مؤثر بر تخریب محیط‌زیست، طی دوره ۲۰۱۵-۱۹۹۵ موردبررسی قرارگرفته است. نتایج برآورد ضرایب مدل با استفاده از تکنیک حداقل مربعات سه مرحله‌ای با داده‌های تابلویی بیانگر آن است که وجود فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در کشورهای توسعه‌یافته قابل تأیید نیست، امّا در کشورهای در حال توسعه ضرایب متغیرهای تولید ناخالص داخلی و مجذور آن به ترتیب مثبت و منفی بوده که تأییدکننده وجود فرضیه زیست‌محیطی کوزنتس در این کشورها است.

رحیمی و همکاران (۱۴۰۰) در تحقیقی با عنوان اثر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی کشورهای MENAT با استفاده از داده‌های تابلویی برای ۱۳ کشور منتخب این حوزه با بهره‌گیری از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته نشان دادند افزایش سرمایه‌گذاری در تربیت نیروی انسانی نوآور و خلاق و گسترش پیچیدگی اقتصادی و شاخص‌های آن می‌تواند رشد اقتصادی بالاتری برای این منطقه به ارمغان آورد.

۴. روش‌شناسی تحقیق

مطالعه حاضر با توجه به هدف بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر رشد اقتصادی در سطح کلان از مدل تصریح‌شده توسط دل[1] کمک گرفته‌شده است. در این مقاله با یک رویکرد متفاوت، به‌جای شناسایی یک‌به‌یک مکانیسم‌ها و جمع‌پذیری آن‌ها، اثر دما برحسب درجه سانتی‌گراد را بر فعالیت‌های اقتصادی بررسی می‌کند. چارچوب تجربی مدل این تحقیق بر اساس مدل به کار گرفته‌شده در تحقیق باند[2] و همکاران اقتباس‌شده است که به‌صورت ذیل است:

$$Y_{it} = e^{\beta T_{it}} A_{it} L_{it} \qquad (۱)$$

$$\frac{\Delta A_{it}}{A_{it}} = g_i + \gamma T_{it} \qquad (۲)$$

که در آن Y تولید کل، L جمعیت فعال، A شاخص بهره‌وری و T شاخص تغییرات اقلیم است. بدین ترتیب معادله (۱) اثر تغییرات اقلیم بر تولید کل را نشان می‌دهد و معادله (۲) اثر تغییرات اقلیم بر بهره‌وری نیروی کار را نشان می‌دهد. از تابع تولید نسبت به زمان تفاضل و لگاریتم گرفته می‌شود که معادله رشد به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$g_{it} = g_i + (\beta + \gamma) T_{it} - \beta T_{it-1} \qquad (۳)$$

که در آن g_{it} نرخ رشد تولید سرانه، β اثر سطحی شوک‌های اقلیمی بر تولید و γ اثر رشد شوک‌های اقلیمی است. در معادله رشد (۳)، اثرات سطح و رشد تغییر اقلیم را نشان می‌دهد که نرخ

[1] Dell
[2] Bond

رشد را در دوره‌های اولیه شوک‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. مدل تعمیم‌یافته به‌صورت زیر است:

$$g_{it} = \theta_i + \theta_{it} + \sum_{j=0}^{L} \rho_j T_{it-j} + \varepsilon_{it} \quad (۴)$$

θ_i اثرات ثابت کشورها، θ_{it} اثرات ثابت زمان، ε_{it} خطای مدل و T_{it} متغیر اقلیم که شامل وقفه L است. بدین ترتیب این تحقیق به پیروی از مقاله دل (۲۰۰۸) و به‌منظور بررسی اثر تغییرات اقلیم و پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی از مدل رگرسیون زیر استفاده می‌شود:

$$GDP = f(CL, ECI) \quad (۵)$$

که در رابطه بالا، GDP بیانگر رشد تولید ناخالص داخلی سرانه است که آمارهای آن از سایت بانک جهانی استخراج‌شده است و هم‌چنین CL نشان‌دهنده تغییرات اقلیم است که در این تحقیق به تبعیت از مطالعات بتن[1](۲۰۱۸) از میانگین دما MT استفاده می‌شود که آمار آن از سایت بانک جهانی استخراج‌شده است و ECI بیانگر شاخص پیچیدگی اقتصادی است که از سایت اطلس[2] استخراج شده است و به تبعیت از مقاله ونگ[3] و همکاران (۲۰۲۲) به‌عنوان بهره‌وری استفاده می‌شود. آثار تکانه‌های تغییر اقلیم بر رشد تولید ناخالص داخلی (رشد اقتصادی) و شاخص پیچیدگی اقتصادی در کشورهای حوزه منا که شامل ایران، عمان، عربستان سعودی، مصر، مراکش، تونس و اردن است، در بازه زمانی (۱۹۹۵تا ۲۰۱۵) با استفاده از نرم‌افزار stata نسخه ۱۷ بررسی می‌شود.

۵. یافته‌های تحقیق

۱.۵. مانایی

آزمون‌های ریشه واحد مختلفی برای مانایی و عدم مانایی در داده‌های ترکیبی ارائه گردیده است. ازآن‌جا که آزمون ریشه واحد لوین لین چو[4] ترکیبی از روند زمانی و دیکی فولر تعمیم‌یافته است و در مقایسه با سایر آزمون‌ها مناسب‌تر است، لذا در این تحقیق از این آزمون استفاده شده است.

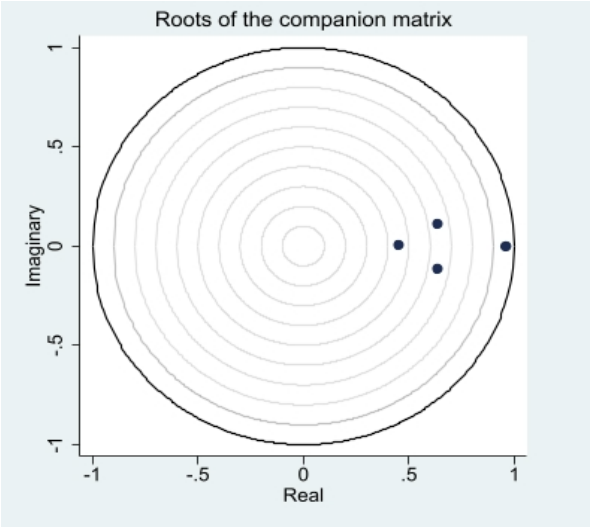
جدول ۱- نتایج آزمون ایستایی لوین، لین و چاو(LLC) در سطح

متغیرها	مقدار آماره	میزان احتمال	وضعیت ایستایی
LnGDP	-۴/۱۴	۰/۰۰	I(0)
MT	-۵/۱۷	۰/۰۰	I(0)
ECI	-۳/۲۶	۰/۰۰	I(0)
Lnl	-۱/۸۷	۰/۰۳	I(0)

با توجه به جدول ۱ تمام متغیرها در سطح ۵ درصد مانا هستند.

۲.۵. پایداری

در مدل Panel VAR قبل از شروع تخمین ابتدا باید از پایداری مدل اطمینان حاصل کرد، زیرا اگر مدل پایدار نباشد نمی‌توان به توابع واکنش ضربه‌ای اطمینان پیدا کرد. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود تمامی ریشه مشخصه‌ها در داخل دایره هستند که بیانگر ثبات و پایداری سیستم برآورد شده است.



شکل ۱- آزمون پایداری مدل

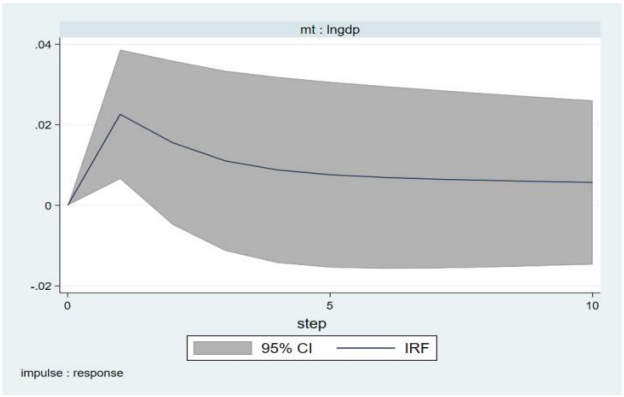
۳.۵. تحلیل توابع عکس‌العمل آنی

یکی از مهم‌ترین کاربردهای روش Panel VAR بررسی و تحلیل واکنش متغیرهای دیگر نسبت به شوک واردشده به یک متغیر است. به‌طوری‌که اثر یک شوک مشخص بر روی متغیر بررسی می‌گردد و نشان می‌دهد که اگر یک تغییر ناگهانی (شوک) در یک متغیر رخ دهد، اثر آن بر روی خود متغیر و دیگر متغیرها در طول دوره‌های مختلف زمانی به چه میزان خواهد بود. در این بخش مدل اصلی پانل ور با استفاده از روش گشتاور تعمیم‌یافته (GMM[5])که توسط ابریگو، لاو[6] (۲۰۱۶) پیشنهاد شده تخمین زده می‌شود.

شکل ۲، توابع عکس‌العمل آنی تغییرات اقلیم را در مقابل رشد اقتصادی وارد شده به‌اندازه یک انحراف معیار نشان می‌دهد. در این نمودار خط وسط بیانگر عکس‌العمل‌های آنی متغیر رشد اقتصادی (lngdp) تا ۱۰ دوره بوده و خطوط بالا و پایین، کرانه‌های مثبت و منفی برای انحراف معیار عکس‌العمل‌های آنی

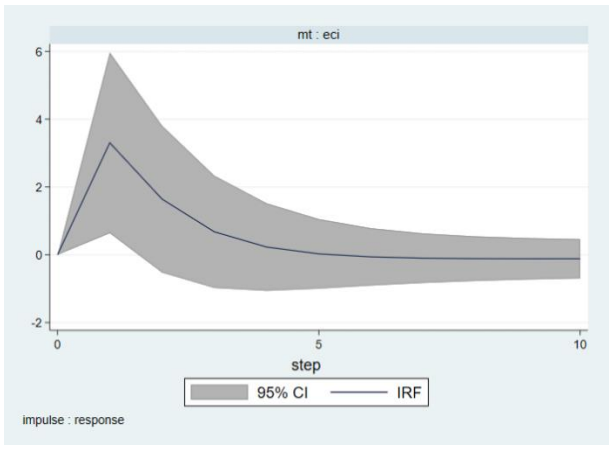
[1] Batton
[2] Atlas of economic complexity
[3] Wang
[4] Levin-Lin-Chu
[5] Generalized Method of Moment
[6] Abraigo, Lau

در سطح ۵ درصد است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود یک شوک تغییر اقلیم مثبت به میزان واحد منجر به افزایش رشد اقتصادی در دوره اول می‌شود و در ادامه این شوک خنثی می‌شود.

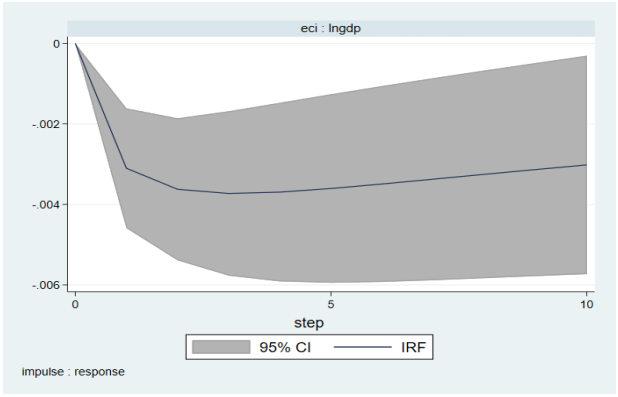


شکل ۲- توابع عکس‌العمل آنی تغییرات اقلیم در مقابل رشد اقتصادی

شکل ۳، توابع عکس‌العمل آنی تغییرات اقلیم را در مقابل شاخص پیچیدگی اقتصادی وارد شده به‌اندازه یک انحراف معیار نشان می‌دهد. در این نمودار خط وسط بیانگر عکس‌العمل‌های آنی متغیر شاخص پیچیدگی اقتصادی (eci) تا ۱۰ دوره بوده و خطوط بالا و پایین، کرانه‌های مثبت و منفی برای انحراف معیار عکس‌العمل‌های آنی در سطح ۵ درصد است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود یک شوک تغییر اقلیم مثبت به میزان واحد منجر به افزایش شاخص پیچیدگی اقتصادی می‌شود، امّا در ادامه این شوک خنثی می‌شود.



شکل ۳- توابع عکس‌العمل آنی تغییرات اقلیم در مقابل شاخص پیچیدگی اقتصادی



شکل ۴- توابع عکس‌العمل آنی شاخص پیچیدگی اقتصادی در مقابل رشد اقتصادی

شکل ۴، توابع عکس‌العمل آنی شاخص پیچیدگی اقتصادی را در مقابل رشد اقتصادی وارد شده به‌اندازه یک انحراف معیار نشان می‌دهد. در این نمودار خط وسط بیانگر عکس‌العمل‌های آنی متغیر رشد اقتصادی (lngdp) تا ۱۰ دوره بوده و خطوط بالا و پایین، کرانه‌های مثبت و منفی برای انحراف معیار عکس‌العمل‌های آنی در سطح ۵ درصد است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود یک شوک شاخص پیچیدگی اقتصادی مثبت به میزان واحد منجر به کاهش رشد اقتصادی در دوره اول در رشد اقتصادی می‌شود و سپس به سمت خنثی شدن پیش می‌رود.

۴.۵. تجزیه و تحلیل واریانس

تجزیه واریانس، خطای پیش‌بینی قدرت نسبی زنجیره علّیت گرنجر یا درجه برون‌زایی متغیرها در ماورای نمونه را اندازه‌گیری می‌کند. مقصود از تجزیه واریانس این است که مشخص شود به‌طور نسبی میزان سهم و اهمیت یک تکانه ناشی از متغیر، در تغییرات خودش و تغییرات سایر متغیرها چقدر است.

جدول ۲- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس شاخص ECI

دوره	ECI	MT	LnGDP
۱	۰/۹۸۸	۰/۰۱۱	۰
۲	۰/۹۴۷	۰/۰۴۰	۰/۰۱۲
۳	۰/۹۳۲	۰/۰۴۵	۰/۰۲۲
۴	۰/۹۲۳	۰/۰۴۵	۰/۰۳۱
۵	۰/۹۱۶	۰/۰۴۴	۰/۰۳۹
۶	۰/۹۰۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶
۷	۰/۹۰۳	۰/۰۴۳	۰/۰۵۳
۸	۰/۸۹۷	۰/۰۴۳	۰/۰۵۸
۹	۰/۸۹۲	۰/۰۴۳	۰/۰۶۴
۱۰	۰/۸۸۸	۰/۰۴۳	۰/۰۶۸

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، ۸۸ درصد از تغییرات ECI توسط خود ECI توضیح داده شده است امّا تغییر اقلیم تنها به میزان ثابت ۴ درصد در کل دوره ECI را توضیح می‌دهد. رشد اقتصادی در ابتدا صفر و در ادامه با یک رشد کُند به میزان ۶ درصد از تغییرات eci را توضیح می‌دهد.

جدول ۳- نتایج تجزیه و تحلیل واریانس شاخص LnGDP

دوره	LnGDP	ECI	MT
۱	۰/۹۸۵	۰/۰۱۴	۰/۰۰
۲	۰/۸۶۴	۰/۰۸۴	۰/۰۵۱
۳	۰/۸۱۰	۰/۱۳۴	۰/۰۵۵
۴	۰/۷۸۰	۰/۱۶۶	۰/۰۵۲
۵	۰/۷۶۱	۰/۱۸۸	۰/۰۴۹
۶	۰/۷۴۹	۰/۲۰۳	۰/۰۴۷
۷	۰/۷۴۰	۰/۲۱۴	۰/۰۴۵
۸	۰/۷۳۳	۰/۲۲۲	۰/۰۴۳
۹	۰/۷۲۸	۰/۲۲۹	۰/۰۴۲
۱۰	۰/۷۲۳	۰/۲۳۴	۰/۰۴۱

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، ۷۲ درصد از تغییرات LnGDP توسط خود LnGDP توضیح داده شده است، امّا تغییر اقلیم تنها به میزان ثابت ۵ درصد در کل دوره LnGDP را توضیح می‌دهد. پیچیدگی اقتصادی در ابتدا یک درصد و در ادامه با یک رشد متوسط به میزان ۲۳ درصد از تغییرات LnGDP را توضیح می‌دهد.

۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم، یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی کشورها در مسیر رشد اقتصادی در دنیای جدید محسوب می‌شود. اثر منفی تغییر اقلیم و تغییرات آب‌وهوایی و کاهش میزان بارش و افزایش دما به دلیل اثرگذاری بر بخش‌های مختلف اقتصادی ازجمله بخش کشاورزی و صنعت، در پژوهش‌های مختلفی مورد بررسی قرارگرفته است. هدف اصلی مطالعه حاضر ارزیابی اثرات شوک تغییرات اقلیم بر رشد اقتصادی و هم‌چنین پیچیدگی اقتصادی با استفاده از مدل پانل خود رگرسیون برداری است. در ادامه، آزمون مانایی پیش از برآورد مدل جهت اطمینان از کاذب نبودن برآوردها برای تک‌تک متغیرها انجام شد. سپس برآورد مدل انجام گرفت. در ادامه تابع واکنش مدل به شوک‌ها و تجزیه واریانس نیز محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس آزمون علّیت گرنجر برای بررسی تأثیرپذیری متغیرها از یکدیگر انجام شد. برخلاف نتایج مطالعه رحیمی و همکاران (۱۴۰۰) و مطالعه ملکوتی‌خواه و همکاران (۱۳۹۹)، اثرات پیچیدگی اقتصادی و تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی محدود به دوره‌های کوتاه‌مدت است و این اثرات کاهشی است؛ پیچیدگی اقتصادی به میزان تنوع و دانش انباشته شده در اقتصاد اشاره دارد و افزایش پیچیدگی معمولاً با رشد اقتصادی مثبت در بلندمدت مرتبط است. با این‌حال، در کوتاه‌مدت، تلاش برای ارتقاء پیچیدگی اقتصادی می‌تواند به منابع مالی و نیروی کار بیشتر نیاز داشته باشد و باعث کاهش رشد کوتاه‌مدت شود. همچنین، ایجاد صنایع جدید و تغییرات ساختاری نیازمند سرمایه‌گذاری و زمان است و ممکن است در کوتاه‌مدت بازدهی مستقیم نداشته باشد. تغییرات اقلیمی نیز می‌تواند اثرات قابل‌توجهی بر رشد اقتصادی در کوتاه‌مدت داشته باشد. رویدادهای اقلیمی شدید مانند سیل، خشکسالی و طوفان می‌توانند باعث کاهش تولید، تخریب زیرساخت‌ها و منابع طبیعی و افزایش هزینه‌های دولت در جهت بازسازی و امدادرسانی شوند. این هزینه‌ها معمولاً منابعی را که می‌توانستند در سرمایه‌گذاری‌های مولد استفاده شوند، جذب می‌کنند. تأثیرات پیچیدگی اقتصادی و تغییرات اقلیمی می‌توانند در کوتاه‌مدت به کاهش بهره‌وری منجر شوند، به‌ویژه در کشورهایی که پیچیدگی پایین دارند و یا به فعالیت‌های پُرمصرف از نظر انرژی و منابع طبیعی وابسته‌اند. این تعامل‌ها می‌توانند اثرات منفی کوتاه‌مدت بر رشد داشته باشند، امّا در صورت بهبود سازگاری با شرایط جدید، ممکن است در بلندمدت نتایج مثبت‌تری حاصل شود.

بنابراین، اثرات کاهشی پیچیدگی اقتصادی و تغییرات اقلیمی بر رشد اقتصادی در کوتاه‌مدت محدود بوده و در بلندمدت می‌توان با سیاست‌های مناسب این اثرات را کاهش داد. بر اساس یافته‌های مطالعه اخیر می‌توان توصیه‌های سیاستی زیر را ارائه داد:

تقویت زیرساخت‌ها و مقاوم‌سازی در برابر تغییرات اقلیمی: دولت‌ها و نهادهای اقتصادی می‌توانند سرمایه‌گذاری‌های بیشتری را به توسعه زیرساخت‌های مقاوم در برابر تغییرات اقلیمی اختصاص دهند. این شامل بهبود سیستم‌های آب‌رسانی، ساخت و مقاوم‌سازی زیرساخت‌های حمل‌ونقل و ارتقای سیستم‌های کشاورزی پایدار است.

پیشبرد سیاست‌های کاهش کربن و بهره‌وری انرژی: کاهش مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند وابستگی به منابع پرکربن را کاهش دهد و در نتیجه آسیب‌پذیری اقتصاد را در برابر تغییرات اقلیمی کمتر کند. این اقدام همچنین به کاهش هزینه‌ها در بلندمدت کمک می‌کند.

سرمایه‌گذاری در نوآوری و تحقیق و توسعه: افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه (R&D) و آموزش نیروی کار، می‌تواند پیچیدگی اقتصادی را افزایش دهد و در عین حال اقتصاد را برای

مواجهه با چالش‌های اقلیمی آماده‌تر کند. توسعه تکنولوژی‌های جدید و استفاده از فناوری‌های پیشرفته در بخش‌های کشاورزی، صنعتی و خدماتی می‌تواند به بهره‌وری بیشتر و کاهش آثار منفی تغییرات اقلیمی کمک کند.

تنوع‌بخشی به اقتصاد و کاهش وابستگی به صنایع پرکربن: کشورها به‌ویژه آن‌هایی که به صنایع استخراجی و منابع طبیعی وابسته‌اند، می‌توانند با تنوع‌بخشی به اقتصاد، وابستگی خود به بخش‌های آسیب‌پذیر در برابر تغییرات اقلیمی را کاهش دهند. توسعه صنایع دانش‌بنیان، خدمات و فناوری اطلاعات می‌تواند به کاهش این وابستگی و ایجاد فرصت‌های رشد پایدار کمک کند.

منابع

پژویان، جمشید و لشکری زاده، مریم (۱۳۸۹). بررسی عوامل تأثیرگذار بر رابطه میان رشد اقتصادی و کیفیت زیست‌محیطی. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*. https://ijer.atu.ac.ir/article_3962.html

تقوی، مهدی و محمدی، حسین (۱۳۸۵) . تأثیر سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در ایران. پژوهش‌نامه اقتصادی. https://joer.atu.ac.ir/article_3336.html

درگاهی، حسن و بهرامی غلامی، مینا (۱۳۹۰). عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصادهای منتخب کشورهای صنعتی و کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) و توصیه‌های سیاستی برای ایران. *نشریه اقتصاد محیط‌زیست و انرژی*. https://jiee.atu.ac.ir/article_2753.html

رحیمی، فرشته، سایه میری، علی، قاسمیان، نرگس و شایان، عبدالله (۱۴۰۰). اثر شاخص پیچیدگی اقتصادی بر رشد اقتصادی کشورهای MENA، *فصلنامه اقتصاد کاربردی*. https://sanad.iau.ir/Journal/jae/Article/803912/FullText

عارف، محمدرضا و علیجانی، بهلول (۱۳۹۷). بررسی تغییرات دما و بارش حوزه آبخیز یزد- اردکان با SDSM تحت شرایط تغییر اقلیم آینده. دو فصلنامه علمی- پژوهشی خشک بوم، ۸ (۱)، ۹۰-۱۰۰. https://www.sid.ir/paper/377613/fa

غفاری اسمعیلی، سید مرتضی؛ اکبری، احمد و کشیری کلایی، فاطمه (۱۳۹۷). اثر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی بخش کشاورزی ایران (رهیافت الگوی تعادل عمومی قابل‌محاسبه پویا). *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*، ۳۲ (۴)، ۳۴۳-۳۳۳. https://doi.org/10.22067/jead2.v32i4.69897

صالحی کمرودی، محسن و ابونوری، اسمعیل (۱۳۹۸). تأثیر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی ایران. *فصلنامه مطالعات علوم محیط زیست*. https://www.jess.ir/article_95550.html

ملکوتی خواه زهرا و فرج زاده، زکریا (۱۳۹۹). اثر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی ایران. *نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی*. https://doi.org/10.22067/jead2.v34i2.86135

میرجلیلی، سید حسین؛ آماده، حمید و متقیان فرد، مهدیس (۱۳۹۸). اثر تغییر اقلیم بر رشد تولید ناخالص داخلی در ۲۷ استان ایران (با استفاده از روش داده‌های پانل). *فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی*، ۳ (۵)، ۱۲۷-۱۵۲. https://eenr.atu.ac.ir/article_12479.html

Abrigo, Michael, & Inessa Love. (2016) Estimation of panel vector autoregression in Stata. *The Stata Journal* 16(3), 778-804. https://doi.org/10.1080/09652540010003663

Batten, S. (2018). Climate change and the macro-economy: a critical review. https://doi.org/10.2139/ssrn.3104554

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. http://dx.doi.org/10.1257/mac.4.3.66

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.

Exenberger, A., Pondorfer, A., & Wolters, M. H. (2014). Estimating the impact of climate change on agricultural production: accounting for technology heterogeneity across countries (No. 2014-16). *Working Papers in Economics and Statistics*.

Farajzadeh Z. 2018. Emissions tax in Iran: Incorporating pollution disutility in a welfare analysis. *Journal of Cleaner Production*, 186, 618-631. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.093

Hasanov, F. J., Khan, Z., Hussain, M., & Tufail, M. (2021). Theoretical framework for the carbon emissions effects of technological progress and renewable energy consumption. *Sustainable Development*, 29(5), 810-822. https://doi.org/10.1002/sd.2175

Kalogiannidis, S., Kalfas, D., Papaevangelou, O., Chatzitheodoridis, F., Katsetsiadou, K. N., & Lekkas, E. (2024). Integration of Climate Change Strategies into Policy and Planning for Regional Development: A Case Study of Greece. *Land*, 13(3), 268. Doi: https://doi.org/10.3390/land13030268

Kiley, M. T. (2024). Growth at risk from climate change. *Economic Inquiry*, 62(3), 1134-1151. https://doi.org/10.1111/ecin.13206

Liu, H., Huang, B., & Yang, C. (2020). Assessing the coordination between economic growth and urban climate change in China from 2000 to

2015. *Science of the total environment*, 732, 139283. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139283

Liyanaarachchi T.S., Naranpanawa A., & Bandara J.S. (2016). Impact of trade liberalisation on labour market and poverty in Sri Lanka. An integrated macro–micro modelling approach. *Economic Modelling*, 59, 102–115. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.07.008

Nasir, M. A., Huynh, T. L. D., & Tram, H. T. X. (2019). Role of financial development, economic growth & foreign direct investment in driving climate change: A case of emerging ASEAN. *Journal of environmental management*, 242, 131-141. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.112

Nordhaus, W. (2019). Climate change: The ultimate challenge for economics. *American Economic Review*, 109(6), 1991-2014. https://doi.org/10.1257/aer.109.6.1991

Raihan, A. (2023). A review of the global climate change impacts, adaptation strategies, and mitigation options in the socio-economic and environmental sectors. *Journal of Environmental Science and Economics*, 2(3), 36-58. https://doi.org/10.56556/jescae.v2i3.587

Short, F. T., & Neckles, H. A. (1999). The effects of global climate change on seagrasses. *Aquatic Botany*, 63(3-4), 169-196. https://doi.org/10.1016/S0304-3770(98)00117-X

Stern, N., & Stiglitz, J. E. (2023). Climate change and growth. *Industrial and Corporate Change*, 32(2), 277-303. https://doi.org/10.1093/icc/dtad008

Swart, J., & Brinkmann, L. (2020). *Economic complexity and the environment: evidence from Brazil*. In Universities and sustainable communities: meeting the goals of the agenda 2030 (pp. 3-45). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30306-8_1

Wang, K. H., Umar, M., Akram, R., & Caglar, E. (2021). Is technological innovation making world" Greener"? An evidence from changing growth story of China. *Technological Forecasting and Social Change*, 165, 120516. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120516

Wang, X., Sun, C., Wang, S., Zhang, Z., & Zou, W. (2018). Going green or going away? A spatial empirical examination of the relationship between environmental regulations, biased technological progress, and green total factor productivity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9), 1917. https://doi.org/10.3390/ijerph15091917