Journal of Program and Development Research Research Article
https://doi.org/10.22034/pbr.2025.521999.1526

Dynamics of Globalization, Economic Complexity, and Carbon Dioxide Emissions in OPEC Member Countries: A Network Analysis in Crisis Periods

Saeed Kianpoor*
Marim Darbidi**
Reza Shamsollahi***
Yalda Mostafapour****

Received: 2025/05/10 Accepted: 2025/09/22 Vol.6, No.23, Autumn 2025

Abstract

This study investigates the dynamics of globalization, economic complexity, and carbon dioxide emissions in OPEC member countries using network analysis during critical periods, including the global financial crisis, the China crisis, the COVID-19 pandemic, the Russia-Ukraine war, and the Silicon Valley Bank crisis. Employing the quantile vector autoregressive (QVAR) panel method and a network connectedness approach, the roles of carbon dioxide emissions, globalization index, economic complexity index, and composite economic index in transmitting and receiving fluctuations were examined. The findings reveal that in OPEC countries, carbon dioxide emissions, economic complexity, and the composite economic index act as primary transmitters of fluctuations, while the globalization index consistently serves as a key receiver, indicating the high vulnerability of these economies to global shocks. The interaction between the globalization index and economic complexity forms the strongest link in the volatility network, and a U-shaped pattern in variable connectedness confirms increased interactions during crisis conditions. These results highlight the importance of economic and environmental interactions in oil-rich economies and can assist OPEC policymakers in designing sustainable strategies.

Keywords: globalization, economic complexity, carbon dioxide emissions, OPEC countries

Classification JEL: D22,E16,E23

* Assistant Professor, Department of Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran, (Corresponding Author). Email: s_kianpoor@pnu.ac.ir

** PhD in Economics, Razi University of Kermanshah, Kermanshah, Iran.

*** PhD Student in Econometrics, Razi University of Kermanshah, Kermanshah, Iran.

**** PhD in Economics, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

Extended abstract

1.Introduction

In the era of globalization, economies worldwide face the dual challenge of fostering economic growth while addressing environmental degradation, particularly carbon dioxide (CO2) emissions. This issue is amplified in oil-rich nations, where reliance on fossil fuels exacerbates environmental vulnerabilities amid recurring global crises. The Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) members, as major energy exporters, play a pivotal role in global energy dynamics and climate change mitigation efforts, such as achieving net-zero emissions by 2050. However, the interplay between globalization, economic complexity, and CO2 emissions in these economies remains underexplored, especially during crisis periods that heighten economic interdependencies and environmental risks. This study addresses a critical research gap by examining the dynamic interactions among globalization (measured by the KOF index), economic complexity (ECI), CO2 emissions, and a composite economic indicator (CEI) in selected OPEC countries—Iran, Libya, Saudi Arabia, United Arab Emirates, Algeria, Gabon, and Guinea—over the period 2006–2023. Existing literature often focuses on linear relationships between economic growth (e.g., GDP) and emissions, overlooking qualitative aspects like economic complexity and globalization's multifaceted effects (scale, technique, and composition). Studies such as Hidalgo and Hausmann (2009) highlight economic complexity as a predictor of productive capabilities and emissions, while Nan et al. (2022) discuss spatial spillovers of CO2 due to global interconnections. Yet, few analyses employ network approaches to capture volatility transmissions in OPEC during specific crises: the global financial crisis (2008–2010), China crisis (2014–2017), COVID-19 pandemic (2019–2022), Russia-Ukraine war (2021–2023), and Silicon Valley Bank crisis (2022–2023). Motivated by the need to inform sustainable policies in oil-dependent economies, this research investigates how these variables transmit and receive fluctuations, revealing vulnerabilities to global shocks. By integrating ecological unequal exchange theory (Hornborg, 1998) and pollution haven hypothesis (Leonard and Christen, 1992), it provides a unified framework for

understanding economic-environmental interactions, emphasizing the U-shaped pattern of connectedness in crises and the potential for green diversification.

2.Method

This empirical study adopts a panel quantile vector autoregressive (QVAR) approach combined with network connectedness analysis, based on the Diebold-Yilmaz framework (2012, 2014), to examine volatility spillovers among variables in varying market conditions (quantiles 0.25, 0.50, and 0.75). The sample comprises annual data from 2006 to 2023 for seven OPEC countries selected for their economic diversity, data availability, and comparability with prior studies (e.g., Adjei et al., 2022). Data sources include the World Bank for CO2 emissions and GDP, the KOF Swiss Economic Institute for globalization index, and the Observatory of Economic Complexity for ECI. A composite economic indicator (CEI) is constructed as the average of standardized GDP and electricity consumption to capture industrial and productive activities while avoiding multicollinearity. Preprocessing involves first- and second-order differencing for stationarity (confirmed via Augmented Dickey-Fuller tests), standardization to eliminate scale effects, and correlation checks. The QVAR model estimates conditional quantiles, enabling analysis of asymmetric dependencies. Spillover indices (total, directional, and net) are derived from generalized forecast error variance decomposition (GFEVD). Network graphs visualize connections using NetworkX, with rolling-window analysis (100-day window, 10-step horizon) for dynamic insights. Robustness is tested with alternative windows (150 days) and horizons (5 steps). This methodology is apt for capturing non-linear crisis dynamics in interconnected economies, ensuring replicability through standard econometric tools.

3.Results and Discussion

The empirical findings reveal that in OPEC countries, CO2 emissions, ECI, and CEI act as primary transmitters of volatility, while the KOF globalization index consistently serves as a receiver, underscoring these economies' vulnerability to external shocks. Network analysis shows the strongest linkage between KOF and ECI, with a U-shaped connectedness pattern: higher interactions in extreme quantiles (0.25 and 0.75) during

crises, and lower in median (0.50) conditions. Total connectedness index (TCI) peaks at 58.7 in low quantiles and 49.3 in high ones, confirming amplified economic-environmental ties in turbulent periods. During specific crises, patterns vary: in the global financial crisis, CO2 and ECI transmit strongly; in the China crisis, ECI-KOF links dominate; COVID-19 sees CO2 as a key transmitter amid reduced trade; the Russia-Ukraine war highlights ECI's role; and the Silicon Valley Bank crisis emphasizes ECI-CO2 connections. These results align with prior studies (e.g., Nan et al., 2022) on spatial CO2 spillovers but extend them by quantifying network dynamics in OPEC, contrasting with linear EKC-based analyses (Pata, 2021). Novel contributions include the dual pathways of ECI (positive via green tech, negative via carbon-intensive industries) and globalization's pollution haven effects, explaining why oil-dependent economies experience heightened emissions in crises. Broader implications highlight the need for decoupling growth from emissions through complexity-driven innovation, differing from findings in non-oil economies (Taghvaee et al., 2022).

4. Conclusion

This study advances understanding of globalization, economic complexity, and CO2 emissions in OPEC by demonstrating their networked volatility transmissions, particularly in crises, with implications for sustainable development. Key contributions include validating a U-shaped connectedness pattern and identifying KOF as a persistent receiver, informing theories like ecological modernization (Wang et al., 2019). Policy-wise, OPEC nations should prioritize green diversification, regional carbon standards, and resilience-building against global shocks—e.g., investing in renewables to shift ECI toward low-carbon paths. Limitations include reliance on annual data, potentially missing short-term dynamics, and focus on select OPEC members. Future research could incorporate higher-frequency data, extend to non-OPEC oil economies, or integrate AI for predictive modeling. Ultimately, these insights underscore the urgency of balancing economic complexity with environmental goals for OPEC's long-term viability.

Funding

There is no funding support.

Conflicts of Interest Authors

The authors declare no conflict of interest.

Authors' Contribution

The authors contributed to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the journal officials and referees.

فصلنامهٔ پژوهش‌های برنامه و توسعه/ مقالهٔ پژوهشی https://doi.org/10.22034/pbr.2025.521999.1526

پویایی‌های جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای عضو اوپک: تحلیل شبکه‌ای در دوره‌های بحرانی

سعید کیان‌پور *
مریم داربیدی **
رضا شمس‌الهی ***
یلدا مصطفی‌پور ****

سال ششم، شمارهٔ ۲۳، پاییز ۱۴۰۴ تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۱

چکیده

این مطالعه به بررسی پویایی‌های جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای عضو اوپک بااستفاده از تحلیل شبکه‌ای در دوره‌های بحرانی، شامل بحران مالی جهانی، بحران چین، همه‌گیری کووید-۱۹، جنگ روسیه و اوکراین و بحران بانک سیلیکون‌ولی می‌پردازد. با بهره‌گیری از روش پانل بردار خودرگرسیونی کوانتایل و رویکرد تحلیل اتصال شبکه‌ای، نقش متغیرهای انتشار دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصاد ترکیبی در انتقال و دریافت نوسانات بررسی شد. یافته‌ها نشان داده است که در کشورهای عضو اوپک، متغیرهای انتشار دی‌اکسید کربن، پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصاد ترکیبی به‌عنوان انتقال‌دهندگان اصلی نوسانات عمل می‌کنند؛ درحالی‌که شاخص جهانی‌شدن به‌طور مداوم دریافت‌کنندهٔ کلیدی است که بیانگر آسیب‌پذیری بالای این اقتصادها دربرابر شوک‌های جهانی است. تعامل بین شاخص جهانی‌شدن و پیچیدگی اقتصادی قوی‌ترین ارتباط را در شبکهٔ نوسانات تشکیل می‌دهد و الگوی U شکل در اتصال متغیرها، افزایش تعاملات در شرایط بحرانی را تأیید می‌کند. این نتایج بر اهمیت تعاملات اقتصادی و زیست‌محیطی در اقتصادهای نفت‌خیز تأکید داشته و می‌تواند به سیاست‌گذاران اوپک در طراحی استراتژی‌های پایدار کمک کند.

واژه‌های کلیدی: جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصاد، انتشار دی‌اکسید کربن، کشورهای اوپک

طبقه‌بندی JEL: D22,E16,E23

---

* استادیار گروه اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، (نویسندهٔ مسئول). Email: s_kianpoor@pnu.ac.ir
** دکترای اقتصاد، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
*** دانشجوی دکترای اقتصادسنجی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.
**** دکترای اقتصاد، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

مقدمه

اگرچه کشورها در عصر جهانی‌شدن، با فرصت‌ها و چالش‌های متعددی ازجمله ایجاد تعادل میان رشد اقتصادی و تعهدات زیست‌محیطی مواجه‌اند؛ اما وجود بحران‌های اقتصادی و ژئوپلیتیکی، به‌ویژه در سال‌های اخیر، لزوم درک و شناسایی ارتباط بین پویایی‌های جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن را بیش‌ازپیش آشکار ساخته است. این مسئله از این جهت دارای اهمیت است که علایم تهدیدکنندهٔ حیات انسان آشکار شده و نسل حاضر و آینده را به‌دلیل آلودگی‌های زیست‌محیطی با تهدید مواجهه ساخته است (کیاس و سامی[1]، ۲۰۱۶)؛ تهدیداتی که از آغاز صنعتی‌شدن در دههٔ ۱۹۷۰ و با افزایش مصرف انرژی به‌شدت افزایش یافته و منجر به مشکلات زیست‌محیطی جدی‌ای نظیر افزایش دمای هوا، تغییر الگوی بارش، سیل، خشکسالی و مهم‌ترین آن، انتشار گازهای گلخانه‌ای؛ به‌خصوص دی‌اکسید کربن شده است (بهرامی‌نیا و همکاران، ۱۴۰۲). مسئلهٔ پیچیده این است که هیچ مصالحه‌ای درزمینهٔ حفاظت از محیط زیست یا پیشرفت اقتصادی وجود ندارد؛ بنابراین، برای آینده‌ای سالم‌تر، شناسایی عناصری که در آلودگی محیط زیست نقش دارند، حیاتی است (افروز و همکاران[2]، ۲۰۲۴). بااینکه متغیرهای کلان اقتصادی ازجمله مصرف سوخت فسیلی، رشد جمعیت و سرمایه‌گذاری بر زوال محیطی تأثیر می‌گذارند؛ اما به‌نظر می‌رسد شناسایی اثرات جهانی‌شدن و پیچیدگی اقتصادی بر انتشار کربن با چالش‌های بیشتری همراه باشد.

مفهوم پیچیدگی اقتصادی که توسط هیدالگو و هاسمن[3] (۲۰۰۹) برای نشان‌دادن توانایی‌های یک کشور درمورد تولید مطرح شده است، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی درمورد ساختار تولیدی یک کشور (مانند سطح ثروت جامعه، پیشرفت اقتصادی، نابرابری درآمد و انتشار گازهای گلخانه‌ای را پیش‌بینی کند (ادجی و همکاران[4]، ۲۰۲۲) را ارایه دهد (نان و همکاران، ۲۰۲۲)؛ این امر درحالی است که

1. Kias & Sami
2. Afroz et al.
۳. Hidalgo & Hasman
4. Adjei et al.

مطالعات پیشین به‌طور معمول به بررسی اثر رشد اقتصادی (تولید ناخالص داخلی (GDP) و تولید ناخالص داخلی سرانه) بر محیط زیست پرداخته‌اند و اندازه‌گیری مبتنی بر تولید ناخالص داخلی تنها جنبه‌های «کمّی» توسعهٔ اقتصادی را به‌جای جنبه‌های «کیفی» دربر می‌گیرد. درنتیجه، شاخص‌های ترکیبی پیچیدگی اقتصادی و جهانی‌شدن، پدیدهٔ پیچیده‌ای هستند که بدون درنظرگرفتن جنبه‌های مختلف آن، نتایج روشنی میسر نخواهد شد. علاوه بر اثرات مبهم متغیرهای یادشده در شرایط فعلی جهانی‌شدن و افزایش تعامل بین‌کشوری، فرض عدم تأثیر انتشار گازهای گلخانه‌ای در یک کشور، دست‌کم بر کشورهای همسایه، غیرواقعی به‌نظر می‌رسد. ازاین‌رو، ممکن است سرریز فضایی انتشار CO_2 در بین کشورها به‌عنوان پیامدی از ارتباطات درمیان اقتصادها ایجاد شود (نان و همکاران ، ۲۰۲۲). براساس مطالعات اخیر، قسمت عمده‌ای از انتشار کربن، ناشی از پیشرفت سریع اقتصادی کشورهای درحال توسعه است (افروز و همکاران، ۲۰۲۴). درمیان کشورهای درحال توسعه، کشورهای عضو اوپک با داشتن مزیتی نسبی در منابع سوخت‌های فسیلی، نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر و درنتیجه، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و رسیدن به اهداف انتشار کربن صفر در سال ۲۰۵۰ خواهند داشت؛ بااین‌حال، با وجود مطالعات گسترده در زمینهٔ تأثیر رشد اقتصادی بر انتشار کربن، بررسی تعاملات پویا و شبکه‌ای بین جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن؛ به‌ویژه در کشورهای اوپک و در دوره‌های بحرانی‌ای مانند بحران مالی جهانی، همه‌گیری کووید-۱۹ و جنگ روسیه و اوکراین، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه بااستفاده از روش پانل بردار خودرگرسیونی کوانتایل (QVAR) و تحلیل شبکه‌ای، این شکاف را پر می‌کند و به بررسی این تعاملات در کشورهای اوپک طی بازهٔ زمانی ۲۰۲۳- ۲۰۰۶ می‌پردازد.

سازمان‌دهی مقاله این‌گونه است: در بخش دوم، ادبیات موضوع درارتباط با تأثیر جهانی‌شدن و پیچیدگی اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن پرداخته می‌شود. در بخش سوم، خلاصه‌ای از مطالعات تجربی داخلی و خارجی ارائه می‌شود. در بخش چهارم، به توصیف متغیرها و روش‌شناسی پرداخته شده است. در بخش پنجم، یافته‌های تجربی و تجزیه و تحلیل داده‌ها ارائه می‌شود. بحث، نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی در بخش پایانی بررسی خواهد شد.

مبانی نظری

در این بخش مفاهیم مرتبط با جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و دیدگاه‌های نظری درخصوص تأثیر جهانی‌شدن بر انتشار دی‌اکسید کربن، تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن و تعاملات پویای جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن ارائه می‌شود.

جهانی‌شدن فرآیندی اجتناب‌ناپذیر و ناگریز است که به‌منزلهٔ بین‌المللی‌شدن و ازبین‌بردن مرزهای جغرافیایی است. امروزه جهانی‌شدن آشکارترین روندها در همگرایی کشورها است که مهمترین بُعد آن، اقتصادی است. پدیدهٔ جهانی‌شدن مخالفان و موافقان بسیاری دارد. موافقان بر این باورند که جهانی‌شدن، افزایش بهره‌وری در سطح جهانی را به‌دنبال داشته و مخالفان معتقدند جهانی‌شدن تنها به‌نفع کشورهای پیشرفته بوده و به‌همین دلیل فاصلهٔ بین کشورهای فقیر و غنی افزایش پیدا می‌کند. واژهٔ جهانی‌شدن در سال‌های اخیر یکی از پرکاربردترین واژه‌های عرصهٔ سیاست‌گذاری اقتصادی، فرهنگی و سیاسی داخلی و بین‌المللی کشورها و نیز موضوع بحث‌های آکادمیک و ژورنالیستی بوده است. به‌رغم کاربرد گسترده‌ای که واژهٔ جهانی‌شدن در بیش‌از یک‌دههٔ گذشته پیدا کرده، هنوز معنا و مفهوم آن همچنان مناقشه‌آمیز است و بسته به اینکه از چه زاویه و با چه نگرشی به آن نگریسته شود، معنا و مفهوم متفاوتی پیدا خواهد کرد. ظهور واژه‌های مختلفی چون جهانی‌سازی و جهان‌گرایی در بسیاری از جوامع، ازجمله ایران، بیانگر همین امر است.

چارچوب نظری یکپارچه: تعامل جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در یک شبکهٔ پیچیده و پویا با یکدیگر تعامل دارند. جهانی‌شدن ازطریق اثرات مقیاس، فناوری و ترکیب (نان و همکاران، ۲۰۲۲) بر انتشار کربن تأثیر می‌گذارد؛ درحالی‌که پیچیدگی اقتصادی به‌عنوان معیاری از ظرفیت تولیدی و نوآوری، می‌تواند اثرات مثبت (ازطریق فناوری‌های سبز) یا منفی (ازطریق صنایع کربن‌محور) بر محیط زیست داشته باشد (هیدالگو و هاسمن، ۲۰۰۹). در اقتصادهای نفت‌خیز اوپک، این تعاملات تحت‌تأثیر وابستگی به منابع نفتی و آسیب‌پذیری به شوک‌های جهانی تقویت می‌شوند. نظریه‌های مبادلهٔ نابرابر بوم‌شناختی (هورنبرگ، ۱۹۹۸) و

بهشت‌آلودگی (لئوناردو کریستن، ۱۹۹۲) بیان می‌کنند که جهانی‌شدن می‌تواند انتشار کربن را با انتقال صنایع آلاینده به کشورهای با استانداردهای زیست‌محیطی پایین، افزایش دهد. درمقابل، نظریهٔ مدرنیزاسیون اکولوژیکی (وانگ و همکاران، ۲۰۱۹) پیشنهاد می‌کند که انتشار کربن می‌تواند با افزایش پیچیدگی اقتصادی و انتقال فناوری‌های پاک کاهش یابد. این چارچوب نظری یکپارچه، پایه‌ای برای تحلیل تعاملات شبکه‌ای در این مطالعه را فراهم می‌کند و نشان می‌دهد که چگونه جهانی‌شدن و پیچیدگی اقتصادی به‌صورت پویا بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای اوپک تأثیر می‌گذارند.

مفهوم جهانی‌شدن

جهانی‌شدن ازطریق سه مکانیسم اصلی بر انتشار دی‌اکسید کربن تأثیر می‌گذارد: اثر مقیاس، اثر فناوری و اثر ترکیب. اثر مقیاس بیان می‌کند که افزایش تجارت بین‌المللی ناشی از جهانی‌شدن می‌تواند انتشار کربن را با افزایش تولید و مصرف انرژی، افزایش دهد (نان و همکاران، ۲۰۲۲). بااین‌حال، اثر فناوری ازطریق انتقال فناوری‌های پاک به کشورهای درحال توسعه، می‌تواند انتشار کربن را کاهش دهد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۹). اثر ترکیب نیز نشان‌دهندهٔ تغییر ساختار اقتصادی به‌سمت بخش‌های کم‌آلاینده‌ای مانند خدمات است که در مراحل پیشرفتهٔ توسعه رخ می‌دهد (اولوکاک و همکاران، ۲۰۲۰). در کشورهای اوپک، اثر مقیاس به‌دلیل وابستگی به صنایع نفتی غالب است؛ اما پتانسیل اثر فناوری ازطریق سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد. این مکانیسم‌ها در چارچوب نظری یکپارچهٔ مطالعه، تعامل پویای جهانی‌شدن با انتشار کربن را توضیح می‌دهند.

تأثیر جهانی‌شدن بر انتشار دی‌اکسید کربن

اثرات زیست‌محیطی جهانی‌شدن در سه بُعد عمدهٔ اثر مقیاس، اثر تکنیک و اثر ترکیب قابل توضیح است.

اثر مقیاس: اثر مقیاس، بیانگر تأثیر تجارت بین‌المللی بر سطح تولید است. از دیدگاه اثر مقیاس، جهانی‌شدن ازطریق افزایش تجارت بین‌الملل می‌تواند بر رشد و توسعهٔ اقتصادی کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته تأثیرگذار باشد؛ اما ازسوی دیگر می‌تواند با افزایش مصرف انرژی، اثرات مخربی بر کیفیت محیط زیست نشان دهد. براساس اصل قیاس در شرایطی که جهانی‌شدن اقتصاد ازطریق آزادسازی

تجاری منجر به افزایش فعالیت‌های تولیدی شود، کیفیت محیط زیست را کاهش خواهد داد (نان و همکاران ،۲۰۲۲). به‌طورمعمول این اثر، در مراحل اولیهٔ فرآیند رشد اقتصادی ظاهر می‌شود. در مرحلهٔ بعد که درآمد سرانه با افزایش رشد اقتصادی به‌حد معینی می‌رسد، اقتصاد دچار تحول ساختاری می‌شود. با این تحول، اثر آلایندهٔ رشد اقتصادی بر محیط زیست شروع به کاهش می‌کند؛ زیرا اقتصادها تجربه کرده‌اند که با افزایش سطح درآمد، ساختار اقتصاد از بخش صنعتی به بخش خدمات تغییر می‌کند و سهم فعالیت‌های اقتصادی‌ای که محیط زیست را کمتر آلوده می‌کنند به‌تدریج در تولید افزایش می‌یابد. در نهایت، در مرحلهٔ بلوغ رشد اقتصادی، اثر فناورانه رخ می دهد (اولوکاک و همکاران[۱]، ۲۰۲۰).

اثر فناوری: اثر فناوری به انتقال فناوری سازگار با محیط زیست اشاره دارد. به‌عبارت دیگر، جهانی‌شدن اقتصاد منجر به ورود سرمایه‌های خارجی در کشورهای درحال توسعه می‌شود. ازاین‌رو، انتقال فناوری سازگار با محیط زیست سبب تسهیل دست‌یابی به فناوری‌های نوین و پاک شده و درنتیجه، کیفیت محیط زیست را بهبود می‌بخشد. درنهایت، تسهیل گرایش‌های همگن‌سازی می‌تواند سبب کاهش نرخ داده به ستانده شود. همچنین، براساس نظریهٔ مدرنیزاسیون اکولوژیکی و نظریهٔ سیاست جهانی، نهادینه‌سازی فرهنگ و شیوه‌های حفاظت زیست‌محیطی درنهایت می‌تواند انتشار کربن را کاهش دهد (وانگ و همکاران[۲]،۲۰۱۹)؛ علاوه‌براین، آزادسازی تجاری منجر به افزایش درآمد شده و بنابراین، تقاضای مردم برای استفاده از تکنولوژی‌های پاک افزایش یافته و از این طریق منجر به کاهش آلودگی هوا و افزایش محیط زیست می‌شود (لیوبیکنی و همکاران [۳]، ۲۰۱۹).

نظریهٔ ترکیب: براساس نظریهٔ ترکیب، بازبودن تجارت بر ساختار فناوری بر انتشار دی‌اکسید کربن تأثیرگذار است. چون تولید در بخش‌های مختلف اقتصادی متفاوت است، بنابراین، بر انتشار دی‌اکسید کربن هم تأثیر متفاوتی برجای می‌گذارند. بنابراین، جهانی‌شدن می‌تواند ابزار مهمی برای شناسایی و دستیابی به پایداری زیست‌محیطی باشد که نحوه و شدت تأثیر آن بر محیط زیست، به‌بزرگی اثرات ترکیب، تکنیک، مقیاس و برآیند آنها بستگی دارد (نان و همکاران،۲۰۲۲).

۱. Olocac

۲. Wang et al.

۳. Liubicki et al.

اهمیت پیچیدگی اقتصادی از آن جهت است که نشان‌دهندهٔ توانایی یک کشور در تولید محصولات پیچیده و دانش‌بنیان است. این پیچیدگی نه‌تنها بر رشد اقتصادی و سطح درآمد کشورها تأثیر می‌گذارد؛ بلکه به‌طور مستقیم با رفاه اجتماعی و کیفیت زندگی شهروندان نیز مرتبط است. به‌عبارت دیگر، کشورهای با اقتصاد پیچیده‌تر، معمولاً از بهره‌وری بالاتر، نوآوری بیشتر و درنتیجه، رفاه اجتماعی بالاتری برخوردارند.

مفهوم: پیچیدگی اقتصادی

پیچیدگی اقتصادی، به‌عنوان معیاری از دانش و فناوری نهفته در ساختار تولیدی (هیدالگو و هاسمن، ۲۰۰۹)، از دو مسیر متضاد بر انتشار دی‌اکسید کربن تأثیر می‌گذارد. مسیر مثبت ازطریق توسعهٔ فناوری‌های سبز و نوآوری‌های پایدار، مانند انرژی‌های تجدیدپذیر، انتشار کربن را کاهش می‌دهد (نیگو، ۲۰۱۹). مسیر منفی، به‌ویژه در کشورهای نفت‌خیز اوپک، ازطریق تمرکز بر صنایع استخراجی کربن‌محور، انتشار آن را افزایش می‌دهد (کان و گزگور، ۲۰۱۷). این دوگانگی در چارچوب نظری یکپارچهٔ مطالعه، به‌عنوان محرک اصلی تعاملات شبکه‌ای بین پیچیدگی اقتصادی و انتشار کربن درنظر گرفته شده است. وابستگی به منابع نفتی در کشورهای اوپک باعث می‌شود که مسیر منفی غالب باشد؛ اما سیاست‌های تنوع‌بخشی اقتصادی می‌توانند مسیر مثبت را تقویت کنند.

مکانیسم‌های تأثیرگذاری پیچیدگی اقتصاد بر انتشار دی‌اکسید کربن

ـ تأثیر پیچیدگی اقتصاد بر کاهش انتشار دی‌اکسید کربن:

پس‌از مطالعهٔ هیدالگو و هاسمن (۲۰۰۹) که رابطهٔ بین درآمد و پیچیدگی اقتصادی را مطالعه کرده‌اند، ادبیات جدید اقتصادی شروع به بررسی روابط بین پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن کرده‌اند که این مطالعات نشان می‌دهند پیچیدگی اقتصادی ازطریق مکانیسم‌های مختلف، بر انتشار دی‌اکسید کربن تأثیرات متفاوتی هم دارد. یکی از کانال‌های پیچیدگی اقتصادی‌ای که بر انتشار کربن تأثیر می‌گذارد، فناوری است. اگر فناوری‌های مورداستفاده در فرآیند تولید، سازگار با محیط زیست مثل انرژی‌های تجدیدپذیر و وسایل نقلیهٔ الکترونیکی باشند، انتشار گازهای گلخانه‌ای؛ به‌خصوص دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد. ازسوی دیگر، اگر فناوری‌های مورداستفاده در فرآیند تولید مثل سوخت‌های فسیلی باشند، انتشار

دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد (دوگان و همکاران[1]،۲۰۲۱). وو و همکاران[2] (۲۰۱۸)، فعالیت‌های اقتصادی کارآمد و مولد می‌توانند بر کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و بهبود کیفیت محیط زیست مؤثر باشند (هی و همکاران[3]، ۲۰۲۱). آووری[4] (۲۰۱۹)، پیچیدگی اقتصادی ازطریق نوآوری‌های تکنولوژیکی بر کاهش انتشار دی‌اکسید کربن تأثیرگذار است (یو و همکاران[5] ،۲۰۲۲). ناگو و همکاران[6] (۲۰۱۹)، افزایش پیچیدگی اقتصادی ازطریق استفادهٔ بیشتر نوآوری و گسترش تولیدات فناورانه مثل انرژی‌های تجدیدپذیر باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شوند (محمدی و همکاران،۱۴۰۲). پیچیدگی اقتصادی ازطریق فعالیت‌های تحقیق و توسعه که باعث تولید محصولات دوستدار محیط زیست و افزایش تولیدات با فناوری بالا می‌شوند، مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهد (نگو[7]،۲۰۲۰). فناوری‌های جدید ازطریق جایگزینی فناوری‌های قدیمی باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود (کاگلار[8]،۲۰۲۲). ورود تکنولوژی‌های جدید می‌تواند جایگزین فناوری‌های قدیمی‌تر شده و ازاین‌طریق، انتشار دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد. در اقتصادهای توسعه‌یافته با به‌کارگیری سیاست‌هایی مثل کاهش سوخت‌های فسیلی، به انتشار دی‌اکسید کربن اقدام می‌کنند. تکنولوژی بالای عوامل تولید می‌تواند سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای را ازطریق افزایش بهره‌وری انرژی کاهش دهد. بسیاری از مطالعات نشان داده است که افزایش پیچیدگی اقتصادی باعث کاهش مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. به‌طورکلی این مطالعات رابطهٔ بین پیچیدگی اقتصادی و انتشار کربن را متقارن فرض کرده‌اند (خان و همکاران[9] ،۲۰۲۲).

اگر تحولات ساختاری و پیشرفت تکنولوژی در اقتصاد به‌نفع فناوری‌های تولید سازگار با محیط زیست باشند، انتشار گازهای گلخانه‌ای؛ به‌خصوص انتشار دی‌اکسید

۱. Dogan et al.
۲. Wo et al.
۳. He et al.
۴. Avorty et al.
۵. Yu et al.
۶. Nago et al.
۷. Nego et al.
۸. Kaglera
۹. Khan et al.

کربن کاهش می‌یابد (احمد و همکاران[1]، ۲۰۲۲). نوآوری‌های فناوری و شاخص‌های تشویق‌کنندهٔ توسعهٔ فناوری مانند سرمایهٔ انسانی و هزینه‌های تحقیق و توسعه، بر کاهش دی‌اکسید کربن تأثیرگذار است. همچنین در کشورهای توسعه‌یافته پیچیدگی اقتصادی ازطریق توسعهٔ مدل‌های توسعهٔ سبز بر کاهش دی‌اکسید کربن مؤثر است. پیچیدگی اقتصادی از تنوع محصولات صادراتی منجر به کاهش دی‌اکسید کربن می‌شود (پاتا[2]، ۲۰۲۱).

ـ تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر افزایش انتشار دی‌اکسید کربن:

گرومن و کروکر[3] (۱۹۹۱)، اگر فناوری بدون تغییر باشد، در اقتصادهای درحال توسعه منجر به افزایش آلودگی هوا و انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. با افزایش فرآیند تولید، از منابع انرژی بیشتری استفاده می‌شود؛ به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه که در تولید از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند، انتشار دی‌اکسید کربن افزایش می‌یابد (بشیر و همکاران[4]، ۲۰۲۲).

ـ تأثیر غیرخطی و آستانه‌ای پیچیدگی اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن:

در کشورهای درحال توسعه با افزایش پیچیدگی اقتصادی، سطح انتشار دی‌اکسید کربن تا رسیدن به سطح خاصی از توسعه افزایش می‌یابد؛ اگر تحولات ساختاری و افزایش تولیدات مبتنی بر دانش، مهارت و فناوری باشد، باعث کاهش انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود. در مراحل اولیهٔ توسعهٔ اقتصای، فرآیند تولید متکی به فعالیت‌های سادهٔ اقتصادی‌ای مثل کشاورزی است که آلودگی زیست‌محیطی کمتری دارد. در مراحل بعدی توسعهٔ اقتصادی که با تولیدات صنعتی و تنوع محصولات همراه است، سطح پایین شاخص پیچیدگی اقتصادی، تخریب محیط زیست و انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش می‌دهد که بعداز عبور از آستانه‌ای خاص، افزایش پیچیدگی اقتصادی ازطریق توسعهٔ تکنولوژی و افزایش سرمایهٔ انسانی منجر به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن و بهبود کیفت محیط زیست می‌شود (لعل‌خضری و آشنا، ۱۴۰۰).

---

۱. Ahamd et al.

۲. Pata et al.

3. Gorman & Keroger

4. Bashier et al.

ـ تعاملات پویای جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن:
چارچوب نظری یکپارچه: جهانی‌شدن و اثرات زیست‌محیطی براساس نظریه‌های مبادلهٔ اکولوژیک نابرابر (هورنبرگ[1]، ۱۹۹۸) و بهشت‌آلودگی (لئونارد و کریستن[2]، ۱۹۹۲):

جهانی‌شدن اقتصادی با جابه‌جایی صنایع آلاینده به کشورهایی با استانداردهای محیط زیستی پایین‌تر (نظیر اوپک)، انتشار دی‌اکسید کربن را افزایش می‌دهد (کول و همکاران[3]، ۲۰۱۷).

شواهد تجربی نشان می‌دهد ابعاد اجتماعی-فرهنگی جهانی‌شدن (مانند گسترش فناوری‌های پاک) می‌تواند اثرات مثبتی داشته باشد (شهباز و همکاران[4]، ۲۰۲۰).

پیچیدگی اقتصادی: محرک دوگانه، مطابق چارچوب شبکهٔ محصولات (هیدالگو و هاسمن[5]، ۲۰۰۹):

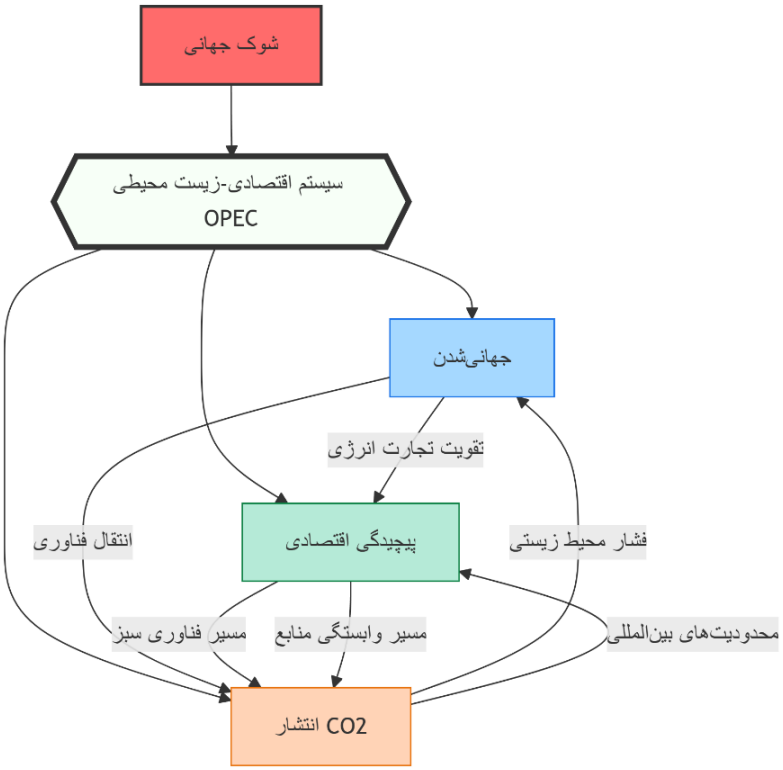
مسیر مثبت: اقتصادهای با پیچیدگی بالا، با توسعهٔ فناوری‌های سبز (مثل انرژی‌های تجدیدپذیر)، انتشار CO_2 را کاهش می‌دهند (نیگو[6]، ۲۰۱۹).

مسیر منفی: در کشورهای متکی بر منابع (نظیر اوپک)، پیچیدگی اقتصادی اغلب مبتنی بر صنایع استخراجی است که شدت کربن را افزایش می‌دهد (کان و گزگور[7]، ۲۰۱۷).

انتشار دی‌اکسید کربن به‌عنوان بازخورد شبکه‌ای: طبق نظریهٔ سرریز فضایی آلودگی (شائو[8] و همکاران، ۲۰۱۹):

انتشار دی‌اکسید کربن در اقتصادهای نفتی تحت‌تأثیر شوک‌های جهانی از کانال‌های تجاری/مالی قرار می‌گیرد.

1. Hornberg
2. Leonard & Keristen
3. Cole et al.
4. Shabaz et al.
5. Hidalgo
6. Neagu
7. Can & Gosgor
8. Shao et al.



شکل ۱. مدل مفهومی تعاملات شبکه‌ای در بحران‌ها: چارچوب پویایOPEC

منبع: یافته‌های پژوهش

استدلال نظری پشتیبان یافته‌ها

۱. الگوی-U شکل اتصال

در بحران‌ها، کاهش پیچیدگی اقتصادی + افزایش وابستگی به نفت ⟶ تشدید انتشار دی‌اکسید کربن (هاو[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

۲. نقش دریافت‌کنندگی جهانی‌شدن:

اقتصادهای تک‌محصولی اوپک در بحران‌ها به‌عنوان گیرندهٔ شوک‌های جهانی عمل می‌کنند (تقوی[2] و همکاران، ۲۰۲۲).

۳ اتصال قوی: ECI-KOF

1. Hao et al.
2. Taghvaee et al.

پیچیدگی مبتنی بر منابع در اوپک، جهانی‌شدن را به تقویت صنایع استخراجی سوق می‌دهد (العیوتی[1]، ۲۰۲۳).

پیشینهٔ پژوهش

در این بخش خلاصه‌ای از مطالعات تجربی داخلی و خارجی در دو بخش ارائه می‌شود. در بخش اول، مطالعات تجربی خارجی و داخلی درخصوص تأثیر جهانی‌شدن بر انتشار دی‌اکسید کربن و در بخش دوم، مطالعات تجربی داخلی و خارجی درخصوص تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن ارائه می‌شود.

جدول ۱. خلاصهٔ مطالعات تجربی انجام‌گرفته در داخل و خارج کشور

محقق یا محققان	نمونه و دوره	روش و تکنیک	نحوهٔ اثرگذاری
الف) مطالعاتی که تأثیر جهانی‌شدن بر انتشار دی‌اکسید کربن را گزارش کرده‌اند:			
موسوی و همکاران (۱۳۹۲)	ایران ۱۳۸۷-۱۳۵۹	خودتوضیح برداری	افزایش انتشار دی‌اکسید کربن
درویشی و همکاران (۱۴۰۰)	ایران ۱۳۹۷-۱۳۵۷	حداقل مربعات تعمیم‌یافتهٔ پویا	افزایش انتشار دی‌اکسید کربن
زروکی و همکاران (۱۴۰۱)	ایران ۱۳۹۶-۱۳۵۸	خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی	افزایش انتشار دی‌اکسید کربن
مقدسی و همکاران (۱۴۰۱)	کشورهای درحال توسعه ۲۰۱۹-۱۹۹۵	روش اثرات ثابت	کاهش انتشار دی‌اکسید کربن
فرهنگ و همکاران (۱۴۰۳)	ایران ۲۰۲۱-۱۹۷۱	تحلیل موجک	افزایش انتشار دی‌اکسید کربن
نگوین و لی [2] (۲۰۲۰)	ویتنام ۲۰۱۶-۱۹۹۰	خودرگرسیونی با وقفه‌های توزیعی	افزایش انتشار دی‌اکسید کربن
وانگ و شهباز[3] (۲۰۲۰)	کشورهای G7 ۲۰۱۷-۱۹۹۶	CS-ARDL	افزایش انتشار دی‌اکسید کربن
کای هی و همکاران[1] (۲۰۲۱)	منتخب کشورها ۲۰۱۸-۱۹۹۰	پانل	کاهش انتشار دی‌اکسید کربن

1. Al-Ayouty et al.
1. Nguyen & Le
2. Wang et al

محقق یا محققان	نمونه و دوره	روش و تکنیک	نحوهٔ اثرگذاری
ادجی و همکاران[2] (۲۰۲۲)	منتخب آفریقا ۲۰۱۸-۱۹۹۰	حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح‌شده	افزایش انتشار دی‌اکسید کربن
اچامپونگ[3] (۲۰۲۲)	غنا ۲۰۱۹-۱۹۹۵	خودرگرسیون غیرخطی	افزایش انتشار دی‌اکسید کربن
آئودی و همکاران[4] (۲۰۲۵)	کشورهای عضو بریکس ۲۰۲۰-۱۹۹۰	پانل چندک	افزایش انتشار دی‌اکسید کربن
ب) مطالعاتی که تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن را گزارش کرده‌اند:			
عزیزی و همکاران (۱۳۹۸)	منتخبی از کشورها طی دورهٔ ۲۰۱۷-۱۹۹۲	حداقل مربعات معمولی پویا	کاهش انتشار دی‌اکسید کربن
لعل‌خضری و آشنا (۱۴۰۰)	ایران طی دورهٔ ۱۳۹۸-۱۳۵۰	خود رگرسیون با وقفه‌های توزیعی غیرخطی	کاهش انتشار دی‌اکسید کربن
خاکی و همکاران (۱۴۰۰)	کشورهای منتخب صادرکنندهٔ نفت طی دورهٔ ۲۰۱۹-۱۹۹۵	رگرسیون انتقال ملایم پانلی	کاهش انتشار دی‌اکسید کربن
سپهوند و همکاران (۱۴۰۰)	کشورهای منا ۲۰۱۸-۲۰۰۲	حداقل مربعات دومرحله‌ای	کاهش انتشار دی‌اکسید کربن
محمدی و همکاران (۱۴۰۱)	در کشورهای درحال توسعه ۲۰۱۹-۲۰۰۰	گشتاورهای تعمیم‌یافته	کاهش انتشار دی‌اکسید کربن
صادقی و اره‌کش سلمانی (۱۴۰۲)	ایران ۱۳۹۹-۱۳۹۸	تصحیح خطای برداری	عدم تأثیرگذاری
نیگو[5] (۲۰۱۹)	منتخب کشورهای اروپایی	۲۰۱۷ -۱۹۹۵	کاهش انتشار دی‌اکسید کربن

3. He, K et al
4. Adjei et al
5. Acheampong
4 . Audi et al
5. Nego

محقق یا محققان	نمونه و دوره	روش و تکنیک	نحوهٔ اثرگذاری
قیوم و همکاران[1] (۲۰۲۱)	منتخبی از کشورهای با درآمد بالا و درآمد پایین ۲۰۱۵- ۱۹۹۵	گشتاورهای تعمیم‌یافته	اثرات غیرمستقیم
لاورد و همکاران[2] (۲۰۲۱)	کشورهای گروه بریکس ۲۰۱۵- ۱۹۹۰	حداقل مربعات معمولی اصلاح‌شده	کاهش انتشار دی‌اکسید کربن
پاتا[3] (۲۰۲۱)	آمریکا ۲۰۱۶- ۱۹۸۰	رگرسیون آستانه‌ای	رابطهٔ u معکوس بین پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن
خزری و همکاران[4] (۲۰۲۲)	۲۹ کشور آسیایی ۲۰۱۸-۲۰۰۰	پانل	افزایش انتشار دی‌اکسید کربن
العیوتی (۲۰۲۳)	کشورهای کم‌درآمد و با درآمد متوسط ۲۰۱۵-۱۹۶۰	پانل	در کشورهای کم‌درآمد اثر مثبت و اثر منفی بر درآمد متوسط
ارسلان و همکاران[5] (۲۰۲۳)	کشورهای کم‌درآمد و با درآمد بالا ۲۰۱۸- ۱۹۹۴	گشتاورهای تعمیم‌یافته	در کشورهای کم‌درآمد، اثر مثبت و کشورهای با درآمد متوسط، اثر منفی

منبع: بررسی‌های تحقیق

مرور مطالعات نشان می‌دهد که تأثیر جهانی‌شدن و پیچیدگی اقتصادی بر انتشار کربن متناقض است و به شرایط اقتصادی، سطح توسعه‌یافتگی و روش‌شناسی بستگی دارد. بااین‌حال، کمترمطالعه‌ای به بررسی تعاملات پویا و شبکه‌ای این متغیرها در کشورهای اوپک و در دوره‌های بحرانی پرداخته است که این شکاف توسط مطالعهٔ حاضر پر می‌شود.

1. Ghaium et al.
2. Laward
3. Pata
4. Khezri et al.
5. Arsalan et al.

الگو و روش‌شناسی

این پژوهش به‌منظور بررسی پویایی‌های اتصال بین متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی (شامل انتشار دی‌اکسید کربن(CO2) ، شاخص جهانی‌شدن(kof) ، شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) و یک شاخص اقتصادی ترکیبی (CEI)) از یک رویکرد جامع و پیشرفته استفاده می‌کند. برای این منظور، از روش پانل بردار خودرگرسیونی کوانتایل بهره گرفته شده است که براساس چارچوب ییلماز و دیبولد[1] (۲۰۱۲و ۲۰۱۴) توسعه یافته و امکان تحلیل اتصال در کوانتایل‌های مختلف (مانند ۲۵، ۵۰ و ۷۵) را فراهم می‌کند. این روش به‌ما اجازه می‌دهد تا اثرات سرریز بین متغیرها را در شرایط مختلف، ازجمله دوره‌های بحرانی‌ای مانند بحران مالی جهانی (۲۰۱۰-۲۰۰۸)، بحران چین (۲۰۱۷-۲۰۱۴)، همه‌گیری کووید-۱۹ (۲۰۲۲-۲۰۱۹)، جنگ روسیه و اوکراین (۲۰۲۳-۲۰۲۱) و بحران بانک سیلیکون‌ولی (۲۰۲۳-۲۰۲۲) بررسی کنیم.

پیش‌پردازش داده‌ها و تخمین نوسانات

پیش‌پردازش داده‌ها

داده‌های اولیه برای هر کشور به‌صورت سالانه جمع‌آوری شده و شامل متغیرهای CO2(انتشار دی‌اکسید کربن)، kof (شاخص جهانی‌شدن)، Electric (مصرف برق)، GDP (تولید ناخالص داخلی) و ECI (شاخص پیچیدگی اقتصادی) هستند. ابتدا، یک شاخص اقتصادی ترکیبی[2] با میانگین‌گیری از متغیرهای Electric و GDP ایجاد شد. شاخص اقتصادی ترکیبی[3] به‌منظور ارائهٔ یک معیار جامع از فعالیت اقتصادی طراحی شده است. این شاخص از میانگین سادهٔ دو متغیر کلیدی اقتصادی؛ یعنی تولید برق (Electric) و تولید ناخالص داخلی(GDP) ، محاسبه می‌شود:

$$\text{Composite Economic Indicatort}=\frac{\text{Electrict}+\text{GDP}}{2} \qquad (۱)$$

دلیل انتخاب متغیرها:

تولید برق (Electric) به‌عنوان معیاری از زیرساخت‌های صنعتی و مصرف انرژی و

۱. Yilmaz & Diebold

۲. Economic Indicator

۳. Composite Economic Indicator

تولید ناخالص داخل (GDP) به‌عنوان شاخص استاندارد رشد اقتصادی، انتخاب شدند. ترکیب این دو متغیر امکان ارائهٔ یک شاخص جامع را فراهم می‌کند که هم جنبه‌های زیرساختی و هم جنبه‌های تولیدی اقتصاد را دربر می‌گیرد.

مزیت استفاده از شاخص ترکیبی: این شاخص با کاهش ابعاد داده‌ها، از هم‌خطی[1] بین متغیرهای اقتصادی جلوگیری و درعین‌حال، اطلاعات کلیدی را حفظ می‌کند. همچنین باتوجه به ماهیت کشورهای عضو اوپک که اقتصادشان به‌شدت به تولید انرژی وابسته است، تولید برق به‌عنوان یک متغیر مکمل برایGDP، اطلاعات ارزشمندی درمورد فعالیت‌های صنعتی ارائه می‌دهد.

پس‌از محاسبهٔ شاخص اقتصادی ترکیبی، متغیرهای Electric و GDP از مجموعهٔ داده‌ها حذف شدند تا از هم‌خطی و پیچیدگی غیرضروری در مدل جلوگیری شود. در این پژوهش، برای بررسی تأثیر جهانی‌شدن و پیچیدگی اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن، منتخبی از کشورهای صادرکنندهٔ نفت عضو اوپک، شامل ایران، لیبی، عربستان سعودی، امارات متحدهٔ عربی، الجزایر، گابن و گینه انتخاب شدند. انتخاب این کشورها براساس چند معیار کلیدی صورت گرفته است: نخست، این کشورها نمایندهٔ تنوع اقتصادی و جغرافیایی درمیان اعضای اوپک هستند؛ به‌طوری‌که شامل اقتصادهای بزرگ تولیدکنندهٔ نفت (مانند عربستان سعودی و امارات)، کشورهای با تولید متوسط (مانند ایران و الجزایر) و کشورهای با تولید کمتر؛ اما وابستگی بالا به نفت (مانند گابن و گینه) می‌شوند. دوم، این کشورها ازنظر دسترسی به داده‌های معتبر و کامل برای متغیرهای موردمطالعه (انتشار دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی) در بازهٔ زمانی ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۳ مناسب بودند که این امر تحلیل دقیق و قابل اعتمادی را امکان‌پذیر ساخت. سوم، انتخاب این کشورها با الهام از مطالعهٔ آدجی و همکاران (۲۰۲۲) انجام شد که بر اقتصادهای نفت‌خیز با ویژگی‌های مشابه تمرکز داشته و نتایج قابل مقایسه‌ای ارائه کرده است. درنهایت، این ترکیب از کشورها امکان بررسی تعاملات پویا بین جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در اقتصادهای نفت‌محور با سطوح مختلف توسعه و وابستگی به درآمدهای نفتی را فراهم می‌کند.

۱. Multicollinearity

$$Co2_{it} = \beta_0 + \beta_1 Kof_{it} + \beta_2 ECI_{it} + \beta_3 CEi_{it} + u_{it} \qquad (۲)$$

براساس رابطهٔ (۲)

Co2= میزان انتشار دی‌اکسید کربن (متغیر وابسته مدل)

متغیرهای مستقل:

Kof= شاخص جهانی‌شدن[1] (شاخص جهانی‌شدن kof، توسط مؤسسهٔ اقتصادی kof، سوئیس توسعه داده شده است. این شاخص میزان جهانی‌شدن کشورها را در بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی بررسی می‌کند. جهانی‌شدن اقتصادی شامل تجارت بین‌المللی، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و جریان‌های مالیه است. جهانی‌شدن اجتماعی شامل ارتباطات فرهنگی، تبادل اطلاعات و مهاجرت است. جهانی‌شدن سیاسی مشارکت در سازمان‌های بین‌المللی، معاهدات و فعالیت‌های دیپلماتیک را اندازه‌گیری می‌کند).

ECI=شاخص پیچیدگی اقتصادی (شاخص پیچیدگی اقتصادی، معیاری است که نشان‌دهندهٔ میزان دانش و مهارت انباشته‌شده در یک اقتصاد است که ازطریق تنوع و پیچیدگی محصولات تولیدی یا صادراتی یک کشور سنجیده می‌شود. این مفهوم بیان می‌کند که اقتصادهای پیچیده‌تر، توانایی تولید محصولاتی را دارند که به دانش تخصصی‌تر و تعاملات نهادی پیشرفته‌تری نیاز دارند؛ به‌عبارت دیگر، پیچیدگی اقتصادی نه‌تنها به تعداد محصولات تولیدی؛ بلکه به این موضوع بستگی دارد که چه تعداد کشور دیگر قادر به تولید همان محصولات هستند (فراگیری). این شاخص معمولاً به‌عنوان ابزاری برای پیش‌بینی رشد اقتصادی و توسعهٔ بلندمدت استفاده می‌شود).[2]

متغیر کنترلی:

CEI= شاخص ترکیبی اقتصاد

دورهٔ زمانی این پژوهش ۲۰۲۳-۲۰۰۶ است.

برای اطمینان از ایستایی (stationarity) سری‌های زمانی، تفاوت‌گیری مرتبهٔ اول و دوم به‌صورت رابطهٔ (۳) اعمال شده است.

1. Kof.ethz.ch/en/forecasts and indicators/indicators/kof-globalisation. indx
2. atlas.hks.havard.edu/rnking

$$\Delta \mathrm{ECI}_{i.t} = (\mathrm{ECI}_{i.t} - \mathrm{ECI}_{i.-1}) - (\mathrm{ECI}_{i.t-1} - \mathrm{ECI}_{i.t-2}).$$
$$\Delta \mathrm{CO2}_{i.t} = \mathrm{CO2}_{i.t} - \mathrm{CO2}_{i.t-1}. \qquad (۳)$$
$$\Delta \mathrm{kof}_{i.t} = \mathrm{kof}_{i.t} - \mathrm{kof}_{i.t-1}$$

$$\Delta \text{ Economic Indicator}_{i.t} = \text{Economic Indicator}_{i.t} - \text{Economic Indicator}_{i.t-1}$$

که در آن، i نشان‌دهندهٔ کشور و t نشان‌دهندهٔ زمان است. برای بررسی هم‌خطی (multicollinearity) بین متغیرها، ماتریس همبستگی[۱] و شاخص عامل تورم واریانس[۲] محاسبه شده‌اند (دیبولد[۳]، ۲۰۱۲).

تخمین نوسانات:

برای تحلیل اتصال، ابتدا داده‌ها استانداردسازی شدند تا اثرات مقیاس حذف شوند. استانداردسازی بااستفاده از رابطهٔ (۴) انجام شد:

$$z_{i.t} = \frac{x_{i.t} - \mu_i}{\sigma_i}. \qquad (۴)$$

که در آن،xi,t مقدار اولیهٔ متغیر،μi میانگین و σi انحراف معیار متغیر برای هر کشور است. این فرآیند استانداردسازی به بهبود عملکرد مدل QVAR کمک می‌کند.

اتصال کوانتایل:[۴]

برای تحلیل اتصال در کوانتایل‌های مختلف، از مدل QVAR استفاده شده است که به‌صورت رابطهٔ (۵) تعریف می‌شود:

$$y_{i.t} = c_i(\tau) + \sum_{l=1}^{p} B_{i.l}(\tau) y_{i.t-l} + e_{i.t}(\tau)$$
$$t = 1. \ldots . T. \qquad (۵)$$

که در آن، yi,tبردار متغیرهای وابسته (شامل سری‌های CO2، kof، Economic Indicator و ECI برای هر کشور (i، ci(τ)و (ei,t(τ به‌ترتیب بردارهای ثابت و خطا در کوانتایل τ، و Bi,l(τ) ماتریس ضرایب تأخیری در کوانتایل τ هستند. فرض می‌شود باقی‌مانده‌ها از حد کوانتایل جمعیتی فراتر نمی‌روند؛

۱. correlation matrix

۲. Variance Inflation Factor - VIF

3. Diebold

۴. Quantile Connectedness

یعنی $Q_\tau(e_{i.t} \mid y_{i.t-1}.\ldots.y_{i.t-p}) = 0$. کوانتایل شرطی τام؛ پاسخ به‌صورت رابطهٔ (۶) تخمین زده می‌شود:

$$Q_\tau(y_{i.t} \mid y_{i.t-1}.\ldots.y_{i.t-p}) = c_i(\tau) + \sum_{l=1}^{p} \hat{B}_{i.l}(\tau) y_{i.t-l} \qquad (۶)$$

این روش امکان تحلیل وابستگی‌های غیرخطی و نامتقارن بین متغیرها را در کوانتایل‌های مختلف (۲۵، ۵۰ و ۷۵) فراهم می‌کند و به‌ویژه برای بررسی رفتار متغیرها در شرایط عادی و بحرانی مناسب است (دیبولد،۲۰۱۴).

شاخص‌های سرریز:

برای محاسبهٔ شاخص‌های سرریز، از چارچوب Diebold و Yilmaz (2012, 2014)استفاده شده است. ابتدا، مدل QVAR به‌صورت یک فرآیند میانگین متحرک بی‌نهایت مرتبه طبق رابطهٔ (۷) بازنویسی شد:

$$y_{i.t} = \mu_i(\tau) + \sum_{s=0}^{\infty} A_{i.s}(\tau) e_{i.t-s}(\tau). t = 1.\ldots.T. \qquad (۷)$$

که در آن، $\mu_i(\tau)$ و ماتریس‌های $A_{i.s}(\tau)$به‌صورت بازگشتی تعریف می‌شوند. سپس، بااستفاده از تجزیهٔ واریانس، خطای پیش‌بینی تعمیم‌یافتهٔ سهم هر متغیر در واریانس خطای پیش‌بینی متغیر دیگر طبق رابطهٔ (۸) محاسبه شد:

$$\theta_{ij}^{g}(H) = \frac{\sigma_{jj}^{-1} \sum_{h=0}^{H-1} \left(e_i' A_{i.h} \Sigma_i e_j\right)^2}{\sum_{h=0}^{H-1} \left(e_i' A_{i.h} \Sigma_i A_{i.h}' e_i\right)} \qquad (۸)$$

که در آن، Σi ماتریس واریانس-کوواریانس خطاها برای کشور i، σjjعنصر قطری jام ماتریس Σi و eiبردار انتخاب با مقدار ۱ در عنصر iام و ۰ در سایر عناصر است. برای استانداردسازی، مقادیر نرمال‌سازی‌شده به‌صورت رابطهٔ (۹) محاسبه شدند:

$$\tilde{\theta}_{ij}^{g}(H) = \frac{\theta_{ij}^{g}(H)}{\sum_{j=1}^{N} \theta_{ij}^{g}(H)} \qquad (۹)$$

شاخص کل اتصال طبق رابطهٔ (۱۰) برای کوانتایل τ به‌صورت زیر تعریف شده است:

$$\mathrm{TCI}_i(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1.i\neq j}^{N} \tilde{\theta}_{ij}^{g}(\tau)}{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} \tilde{\theta}_{ij}^{g}(\tau)} \times 100 \qquad (۱۰)$$

همچنین، شاخص‌های سرریز جهت‌دار شامل (سرریز به سایر متغیرها)، (سرریز از سایر متغیرها) و شاخص خالص سرریز، به‌ترتیب به‌صورت رابطهٔ (۱۱) محاسبه شدند:

$$S_{i\to\cdot(\tau)} = \frac{\sum_{j=1.i\neq j}^{N} \tilde{\theta}_{ij}^{g}(\tau)}{\sum_{j=1}^{N} \tilde{\theta}_{ij}^{g}(\tau)} \times 100$$

$$S_{i\leftarrow\cdot(\tau)} = \frac{\sum_{j=1.i\neq j}^{N} \tilde{\theta}_{ji}^{g}(\tau)}{\sum_{j=1}^{N} \tilde{\theta}_{ji}^{g}(\tau)} \times 100.$$

$$\mathrm{NS} = (\tau) = S_{i\to\cdot(\tau)-S_{i\leftarrow\cdot}(\tau)} \qquad (۱۱)$$

برای تحلیل پویایی‌های زمانی، از رویکرد پنجرهٔ غلتان با طول پنجرهٔ ۱۰۰ روز و افق پیش‌بینی ۱۰ روز استفاده شده است. انتخاب تأخیرهای مدل بااستفاده از معیار اطلاعات شوارتز انجام شد (دیبولد، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۴).

تحلیل شبکه:

برای تجسم و تحلیل اتصال بین متغیرها، از تحلیل شبکه استفاده شده است. گراف جهت‌دار بااستفاده از کتابخانهٔ NetworkX ایجاد شد که در آن، گره‌ها[۱] نشان‌دهندهٔ متغیرها (CO2، kof، Economic Indicator و ECI) و یال‌ها[۲] نشان‌دهندهٔ سرریزهای نوسانات هستند. اندازهٔ گره‌ها براساس مجموع سرریزهای "TO"و"FROM" و رنگ گره‌ها براساس شاخص خالص سرریز[۳] تعیین شد (گره‌های سبز برای انتقال‌دهندگان(NET > 0) و گره‌های صورتی برای دریافت‌کنندگان (NET < 0)). وزن یال‌ها بااستفاده از مقادیر GFEVD محاسبه شد و یال‌های قوی‌تر (بالاتر از صدک ۹۰ام) با رنگ تیره‌تر نمایش داده شدند.

تحلیل شبکه برای کل نمونه و دوره‌های بحرانی خاص (شامل بحران مالی جهانی، بحران چین، همه‌گیری کووید-۱۹، جنگ روسیه و اوکراین و بحران بانک سیلیکون‌ولی) انجام شد. همچنین، برای بررسی استحکام[۴] نتایج، تحلیل با اندازه‌های مختلف پنجره (۱۰۰ و ۱۵۰ روز) و افق‌های پیش‌بینی (۵ و ۱۰ روز) تکرار شده است (دیبولد،۲۰۱۲ و ۲۰۱۴).

۱. nodes
۲. edges
۳. NET
۴. robustness

یافته‌های پژوهش

آمار توصیفی

جدول ۱. آمار توصیفی

متغیر	تعداد مشاهدات	میانگین	انحراف معیار	حداقل	میانه	حداکثر
CO2	۴۹۶۶۴	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۳۸۵	-۰/۰۰۳۰۲۱	۰/۰۰۰۰۲۴	۰/۰۰۳۱۰۶
kof	۴۹۶۶۴	۰/۰۰۰۳۷۸	۰/۰۱۶۷۱	-۰/۱۲۳۱۰۵	-۰/۰۰۰۱۶۳	۰/۰۸۸۳۹۷
ECI	۴۹۶۶۴	-۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۹۱۷۳۸	-۰/۰۰۸۲۰۰۴	۰	۰/۰۰۵۴۸۷۲
CEI	۴۹۶۶۴	-۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵۴۵	-۰/۰۰۲۷۳۷	۰/۰۰۰۰۱۹	۰/۰۰۲۷۴۷

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۱، آمار توصیفی متغیرهای موردمطالعه شامل CO2 (انتشار دی‌اکسید کربن)، kof (شاخص جهانی‌شدن)، ECI (شاخص پیچیدگی اقتصادی) و CEI (شاخص اقتصادی ترکیبی) را پس‌از پیش‌پردازش و تفاوت‌گیری ارائه می‌دهد. این جدول تعداد مشاهدات، میانگین، انحراف معیار، حداقل، میانه و حداکثر هر متغیر را برای ۴۹۶۶۴ مشاهده نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، متغیر CO2 دارای میانگین ۰/۰۰۰۰۱۶ و انحراف معیار ۰/۰۰۰۳۸۵ است، درحالی‌که متغیر ECI کمترین نوسان را با انحراف معیار ۰/۰۰۰۰۹۱۷۳۸ دارد. این اطلاعات به درک بهتر توزیع داده‌ها و آماده‌سازی آنها برای تحلیل‌های بعدی کمک می‌کند.

مانایی متغیرها

یکی از آزمون‌هایی که برای بررسی مانایی متغیرهای سری‌زمانی مورداستفاده قرار می‌گیرند، دیکی‌فولر تعمیم‌یافتهٔ پایایی متغیرهای مدل بررسی‌شده است. نتایج مربوط به آزمون مانایی متغیرها در جدول (۲) ارائه شده است.

براساس نتایج آزمون مانایی دیکی‌فولر، برای برخی کشورها مانند ایران، بیشتر متغیرها (به‌جز CEI) ایستا هستند (p-value کمتر از ۰/۰۵)، درحالی‌که چندین متغیر برای کشورهایی مانند امارات و عربستان سعودی، غیرایستا هستند. به‌عنوان مثال، متغیر CO2 در الجزایر با p-value برابر ۰/۱۳۷۵ غیرایستا است؛ اما متغیر ECI در همهٔ کشورها ایستا است. این نتایج تأیید می‌کنند که داده‌ها پس‌از تفاوت‌گیری، برای تحلیل‌های بعدی مناسب هستند.

جدول۲ . آزمون ریشهٔ واحد (ADF) برای هر کشور

کشور	CO2	Kof	ECI	CEI
الجزایر	(غیر ساکن) ۰/۱۳۷۵	(ساکن) ۰/۰۲۴۷	(ساکن) ۰/۰۰۰۰	(ساکن) ۰/۰۰۸۱
گابن	(ساکن) ۰/۰۰۶۲	(ساکن) ۰/۰۱۴۲	(ساکن) ۰/۰۰۰۰	(غیر ساکن) ۰/۱۵۴۶
ایران	(ساکن) ۰/۰۳۷۰	(ساکن) ۰/۰۱۸۷	(ساکن) ۰/۰۰۰۰	(ساکن) ۰/۰۳۲۰
لیبی	(ساکن) ۰/۰۱۰۰	(غیر ساکن) ۰/۰۹۴۳	(ساکن) ۰/۰۰۰۰	(ساکن) ۰/۰۰۶۶
گینه	(غیر ساکن) ۰/۲۳۸۹	(ساکن) ۰/۰۴۹۰	(ساکن) ۰/۰۰۰۰	(غیر ساکن) ۰/۰۶۲۵
عربستان سعودی	(غیر ساکن) ۰/۳۴۵۷	(ساکن) ۰/۰۴۰۰	(ساکن) ۰/۰۰۰۰	(غیر ساکن) ۰/۰۷۷۱
امارات	(غیر ساکن) ۰/۰۷۶۵	(غیر ساکن) ۰/۰۷۸۳	(ساکن) ۰/۰۰۰۰	(غیر ساکن) ۰/۲۷۲۸
ونزوئلا	(غیر ساکن) ۰/۱۴۹۴	(ساکن) ۰/۰۱۴۳	(ساکن)۰/۰۰۰۰	(ساکن) ۰/۰۴۲۳

منبع: محاسبات پژوهش

نتایج شاخص سرریز

جدول ۳، شاخص‌های سرریز نوسانات را در کوانتایل ۲۵ام (شرایط پایین) نشان می‌دهد. این جدول شامل شاخص کل اتصال(TCI) ، سرریز به سایر متغیرها (TO) ، سرریز از سایر متغیرها (FROM)، سرریز خالص (NET) و جدول تجزیهٔ واریانس خطای پیش‌بینی (FEVD) است و میزان اتصال بین متغیرها را در شرایط پایین بررسی می‌کند.

جدول ۳. انتقال نوسانات در چارک ۲۵ام

	CO2	kof	ECI	CEI	FROM
CO2	۷۱/۰۵۲	۱۲/۲۴۳	۰/۱۱۰	۱۰/۵۴۲	۳۶/۴۶۰
Kof	۱۹/۱۷۱	۷۰/۱۶۶	۰/۱۱۰	۱۰/۵۵۴	۳۲/۳۲۱
ECI	۲۹/۸۲۱	۲۴/۳۱۷	۳۴/۶۵۲	۱۱/۲۱۱	۱۳/۷۱۶
CEI	۱۹/۷۴۳	۲۲/۵۵۹	۱۹/۹۹۲	۳۷/۷۰۷	۱۷/۵۰۳
TO	۲۵/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	TCI=۴۵/۰۹
NET	-۱۱/۴۶۰	-۷/۳۲۱	۱۱/۲۸۴	۷/۴۹۷	

منبع: محاسبات پژوهش

توجه: شاخص‌های سرریز Quantile از تجزیهٔ واریانس براساس پیش‌بینی‌های ۱۰ مرحله‌ای محاسبه می‌شوند. تجزیهٔ واریانس خطای پیش‌بینی اساسی براساس یک FIVAR ده‌بعدی مرتبهٔ ۱ است که توسط AIC نشان داده شده است.

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که در شرایط بحرانی پایین (کوانتایل ۲۵ام)، شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) به‌عنوان انتقال‌دهندهٔ اصلی نوسانات عمل می‌کند که با وابستگی شدید اقتصادهای نفت‌خیز اوپک به ساختارهای تولیدی پیچیده هم‌خوانی دارد. این نقش برجستهٔ ECI می‌تواند به‌دلیل تمرکز این کشورها بر صنایع استخراجی باشد که در شرایط ناپایدار بازار، نوسانات را به سایر متغیرها؛ به‌ویژه انتشار دی‌اکسید کربن (CO2)، منتقل می‌کند. دریافت‌کنندگی بالای CO2 در این کوانتایل نشان‌دهندهٔ تأثیرپذیری محیط زیست از شوک‌های اقتصادی است که با نظریهٔ مبادلهٔ نابرابر بوم‌شناختی (هورنبرگ، ۱۹۹۸) سازگار است. این یافته‌ها در شرایط بحرانی بر ضرورت سیاست‌گذاری برای کاهش وابستگی به صنایع کربن‌محور تأکید می‌کنند.

جدول ۴. انتقال نوسانات در چارک ۵۰ام

	CO2	Kof	ECI	Economic_Indicator	FROM
CO2	۹۹/۹۹۹	0/001	۰/۰۰۰	0/000	۳۶/۵۳۳
kof	۱۰/۹۳۲	۸۹/۰۶۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۲۵/۲۹۷
ECI	۷/۸۸۹	۵/۷۸۲	۸۶/۳۲۹	۰/۰۰۰	۲۴/۴۱۳
Economic	۲۷/۳۱۲	۶/۳۳۷	۱۱/۳۲۳	۵۵/۰۲۹	۱۳/۷۵۷
TO	۲۵/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	TCI=17/39
NET	-۱۱/۵۳۳	-0/297	۰/۵۸۷	۱۱/۲۴۳	

منبع: محاسبات پژوهش

توجه: شاخص‌های سرریز Quantile از تجزیهٔ واریانس بر اساس پیش‌بینی‌های ۱۰ مرحله‌ای محاسبه می‌شوند. تجزیهٔ واریانس خطای پیش‌بینی اساسی (FEVD) براساس یک FIVAR ده‌بعدی مرتبهٔ ۱ است که توسط AIC نشان داده شده است.

جدول ۴، الگوهای سرریز نوسانات را در کوانتایل ۵۰ام برای متغیرهای دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی در کشورهای اوپک نشان می‌دهد. شاخص کل اتصال برابر با ۱۷/۳۹ است. در شرایط عادی بازار (کوانتایل ۵۰ام)، کاهش شاخص کل اتصال (TCI=17/39) نسبت به کوانتایل ۲۵ام نشان‌دهندهٔ کاهش تعاملات بین متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی است. شاخص اقتصادی ترکیبی (CEI) به‌عنوان انتقال‌دهندهٔ اصلی عمل می‌کند که می‌تواند به نقش محوری فعالیت‌های صنعتی و تولید ناخالص داخلی در اقتصادهای

اوپک مرتبط باشد. در این شرایط دریافت‌کنندگی CO2 نشان‌دهندۀ تأثیرپذیری مداوم انتشار کربن از عوامل اقتصادی است، حتی در غیاب بحران‌های شدید. این یافته با نظریۀ مدرنیزاسیون اکولوژیکی هم‌خوانی دارد که بیان می‌کند اثرات زیست‌محیطی رشد اقتصادی در مراحل میانی توسعه، کاهش می‌یابد؛ اما همچنان قابل‌توجه است.

تحلیل و مقایسه: کاهش سطح اتصال در کوانتایل ۵۰ام نسبت به کوانتایل ۲۵ام (جدول ۳) نشان می‌دهد که در شرایط عادی بازار، تعاملات بین متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی در کشورهای اوپک کمتر است. نقش انتقال‌دهندگی شاخص اقتصادی ترکیبی می‌تواند به وابستگی این کشورها به فعالیت‌های صنعتی و تولید ناخالص داخلی مرتبط باشد که در شرایط غیربحرانی نوسانات کمتری را به محیط زیست منتقل می‌کند. درمقابل، دریافت‌کنندگی دی‌اکسید کربن بیانگر تأثیرپذیری بالای انتشار کربن از عوامل اقتصادی در این شرایط است.

جدول ۵. انتقال نوسانات در چارک ۷۵ام

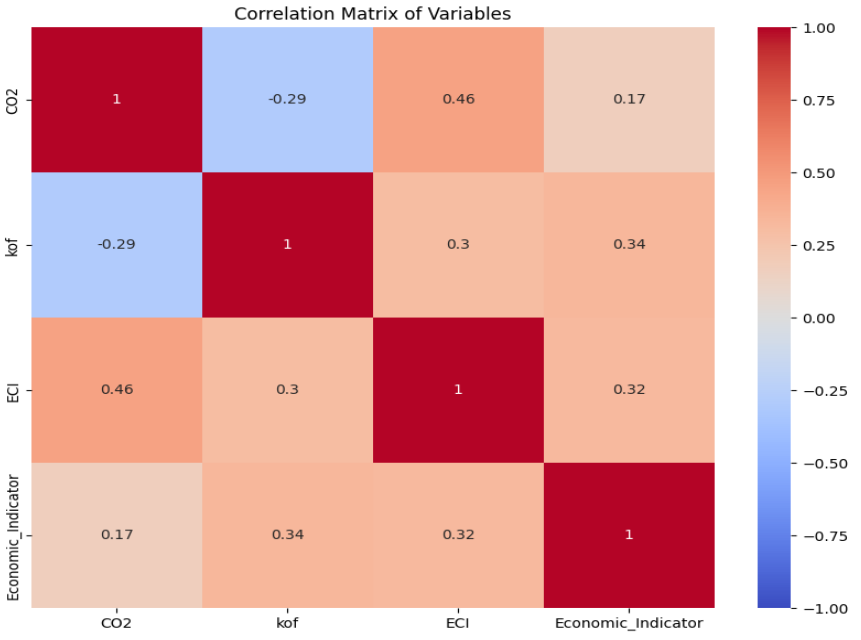
	CO2	kof	ECI	CEI	FROM
CO2	79/154	۰/۰۴۵	۱۶/۳۸۹	۴/۴۱۳	۲۸/۳۲۳
Kof	۶/۵۸۴	۷۲/۶۶۱	۱۶/۳۷۲	۴/۳۸۶	۲۴/۲۴۹
ECI	۵/۹۳۱	۸/۴۵۵	۸۰/۹۶۰	۴/۶۵۶	۳۷/۱۴۵
Economic	۲۱/۶۲۴	۱۵/۸۳۷	۳۴/۸۶۲	۲۷/۶۸۰	۱۰/۲۸۴
TO	۲۵/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	۲۵/۰۰۰	TCI=34/89
NET	-۳/۳۲۳	۰/۷۵۱	-12/145	۱۴/۷۱۶	

منبع: محاسبات پژوهش

توجه: شاخص‌های سرریز Quantile از تجزیۀ واریانس براساس پیش‌بینی‌های ۱۰ مرحله‌ای محاسبه می‌شوند. تجزیۀ واریانس خطای پیش‌بینی اساسی (FEVD) براساس یک FIVAR ده‌بعدی مرتبۀ ۱ است که توسط AIC نشان داده شده است.

جدول ۵، الگوهای سرریز نوسانات را در کوانتایل ۷۵ام برای متغیرهای دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی در کشورهای اوپک نشان می‌دهد. شاخص کل اتصال برابر با ۳۴/۸۹ است که بیانگر افزایش وابستگی بین متغیرها در شرایط بحرانی نسبت به شرایط عادی (کوانتایل

۵۰ام) است. شاخص اقتصادی ترکیبی به‌عنوان انتقال‌دهندهٔ اصلی نوسانات عمل می‌کند؛ درحالی‌که شاخص پیچیدگی اقتصادی به‌طورعمده دریافت‌کننده است. تحلیل تجزیهٔ واریانس خطای پیش‌بینی (FEVD) نشان می‌دهد که شاخص اقتصادی ترکیبی بیشترین سرریز را از شاخص پیچیدگی اقتصادی دریافت می‌کند. در شرایط بحرانی بالا (کوانتایل ۷۵ام)، افزایش شاخص کل اتصال (TCI=34/89) نسبت به کوانتایل ۵۰ام نشان‌دهندهٔ تشدید تعاملات در دوره‌های ناپایدار است. شاخص اقتصادی ترکیبی (CEI) همچنان انتقال‌دهندهٔ اصلی است؛ درحالی‌که شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) به‌عنوان دریافت‌کننده ظاهر می‌شود. این تغییر نقش ECI می‌تواند به حساسیت ساختارهای تولیدی به شوک‌های خارجی، مانند نوسانات قیمت نفت یا اختلالات تجارت جهانی، مرتبط باشد. قوی‌ترین ارتباط بین CEI و ECI نشان‌دهندهٔ پیوند عمیق بین فعالیت‌های اقتصادی و پیچیدگی تولیدی در اقتصادهای نفت‌خیز است. این نتایج بر نیاز به سیاست‌های تنوع‌بخشی اقتصادی برای کاهش اثرات زیست‌محیطی تأکید دارند.

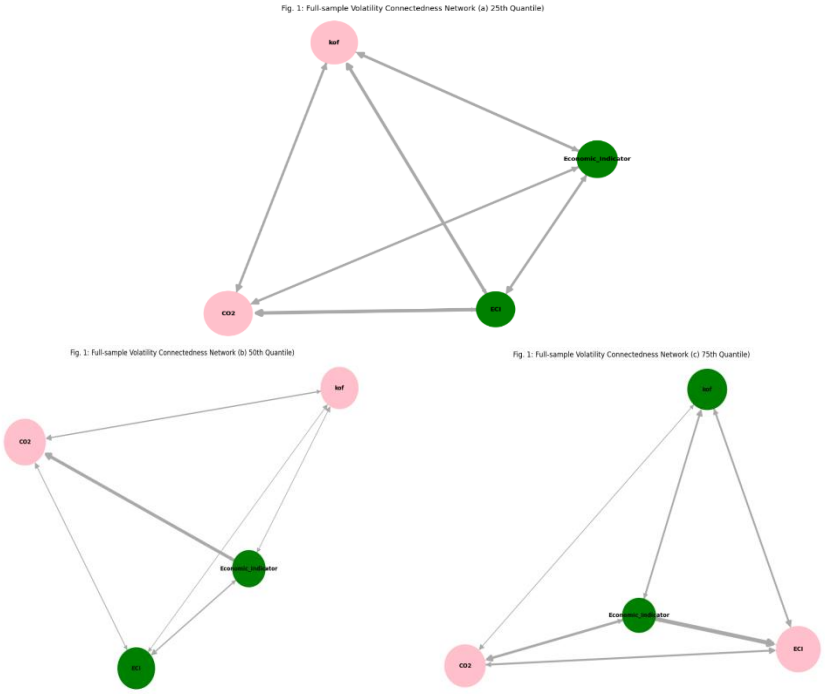


شکل ۲. ماتریس همبستگی

منبع: محاسبات پژوهش

شـکل ۲ همبسـتگی بـین متغیرهـای CO2 ، kof، ECI و CEI را پـس‌از پیش‌پردازش داده‌ها نشان می‌دهد. این ماتریس نشان می‌دهـد کـه متغیـر CO2 بـا ECIهمبستگی مثبت و نسبتاً قوی (۰/۴۶۰۳۹۹) دارد؛ درحالی‌که با kof همبستگی منفی (۰/۲۸۹۸۶۷-) مشـاهده می‌شـود کـه می‌توانـد نشـان‌دهندۀ تـأثیر معکـوس جهانی‌شدن بر انتشار دی‌اکسید کربن باشد. همچنین، CEIبا kof و ECI همبسـتگی مثبت و متوسطی (به‌ترتیب ۰/۳۳۷۸۰۰ و ۰/۳۲۱۷۵۸) دارد که نشان‌دهندۀ ارتبـاط مثبت بین این شاخص اقتصادی و جهانی‌شدن و پیچیدگی اقتصادی است. این شکل به بررسی اولیۀ روابط بین متغیرها و شناسایی الگوهـای هم‌خطـی احتمـالی قبـل‌از تحلیل‌های پیشرفته‌تر کمک می‌کند.

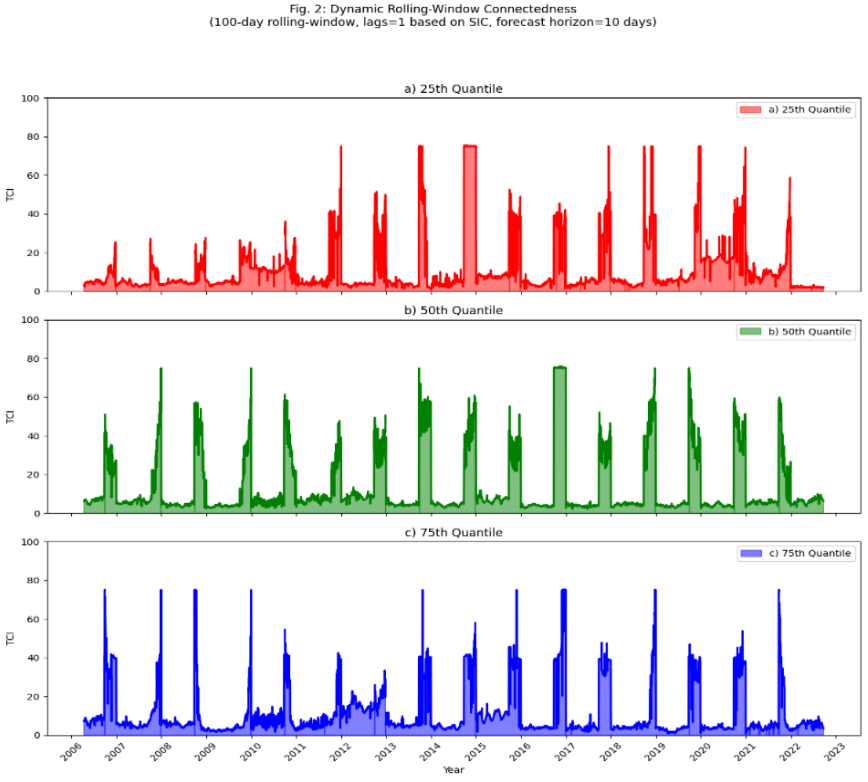
در ادامه، شکل ۳ ارائه شده است که شبکۀ اتصال نوسانات بین متغیرهای CO2، kof، CEI و ECI را در کـل نمونـه بـرای کوانتایل‌هـای ۲۵ام، ۵۰ام و ۷۵ام نشـان می‌دهد. این شکل بااستفاده از گره‌ها و یال‌ها، ساختار کلی اتصال بین متغیرها را در شرایط مختلف (کوانتایل‌ها) تجسم می‌کند.



شکل ۳. شبکۀ اتصال نوسانات بین متغیرها

منبع: محاسبات پژوهش

شکل ۳ به‌وضوح الگوی Uشکل اتصال را تأیید می‌کند؛ به‌طوری‌که تعاملات در کوانتایل‌های ۲۵ام و ۷۵ام قوی‌تر از کوانتایل ۵۰ام است. در شرایط بحرانی (کوانتایل‌های ۲۵ام و ۷۵ام)، شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) و شاخص اقتصادی ترکیبی (CEI) به‌عنوان انتقال‌دهندگان کلیدی عمل می‌کنند؛ درحالی‌که شاخص جهانی‌شدن (KOF) به‌طور مداوم دریافت‌کننده است. این الگو با نظریهٔ بهشت‌آلودگی (لئوناردو کریستن، ۱۹۹۲) هم‌خوانی دارد که بیان می‌کند اقتصادهای نفت‌خیز دربرابر شوک‌های جهانی آسیب‌پذیرترند. قوی‌ترین ارتباط بین ECI و CO2 در کوانتایل ۲۵ام نشان‌دهندهٔ تأثیر ساختارهای تولیدی پیچیده بر انتشار کربن در شرایط بحرانی است.



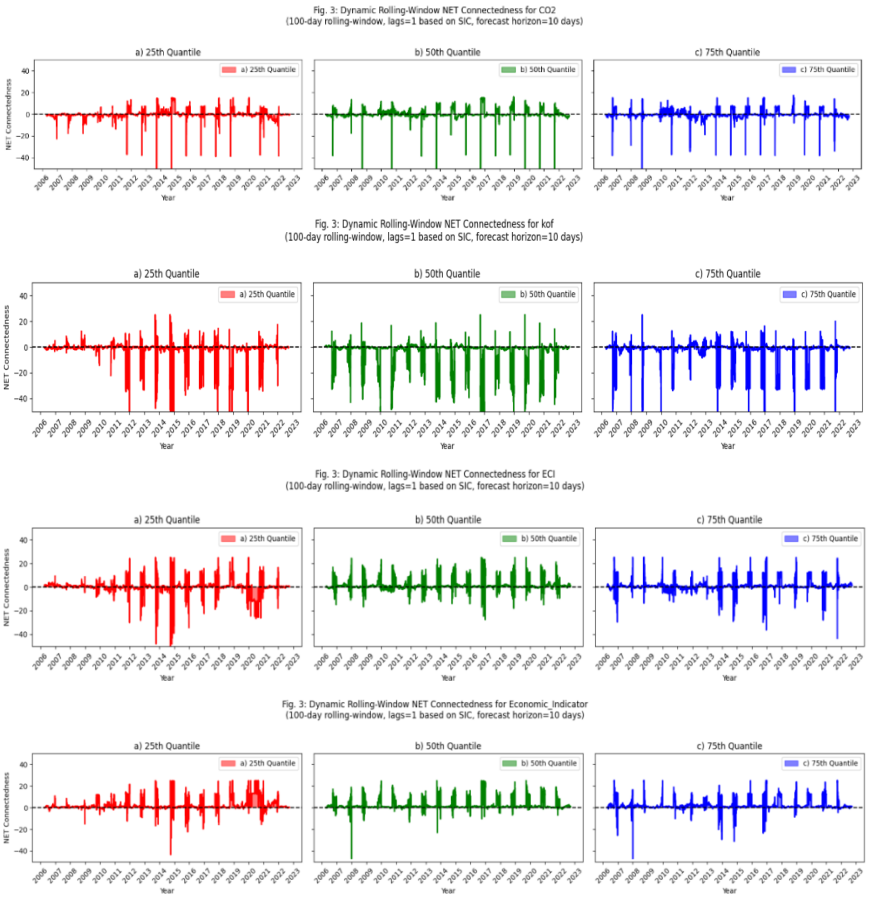
شکل ۴. پویایی‌های زمانی شاخص کل اتصال(TCI) - اتصال پویا نورد-پنجره

منبع: محاسبات پژوهش

شکل ۴ تغییرات زمانی شاخص کل اتصال بین دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی را در کشورهای منتخب اوپک در سه کوانتایل ۲۵ام (شرایط پایین)، ۵۰ام (شرایط متوسط) و ۷۵ام (شرایط بالا) بااستفاده از رویکرد پنجرهٔ غلتان نشان می‌دهد. در شرایط پایین، اتصال در سال ۲۰۱۴ به‌اوج می‌رسد و در سال ۲۰۱۳ کمترین میزان را دارد. در شرایط متوسط، اوج اتصال در سال ۲۰۱۶ و کمینهٔ آن در سال ۲۰۱۷ مشاهده می‌شود. در شرایط بالا، اتصال در سال ۲۰۱۶ به حداکثر می‌رسد؛ اما در سال ۲۰۲۰ به کمترین میزان می‌رسد.

تحلیل و مقایسه: این شکل تأیید می‌کند که اتصال بین متغیرهای اقتصادی و زیست‌محیطی در دوره‌های بحرانی (مانند ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶) به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد که با الگوی Uشکل مطالعه هم‌خوانی دارد. کاهش اتصال در سال ۲۰۲۰ در کوانتایل ۷۵ام ممکن است به اختلالات ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹ مرتبط باشد که به‌طور موقت تعاملات اقتصادی را کاهش داد. درمقایسه با کوانتایل ۵۰ام، کوانتایل‌های ۲۵ام و ۷۵ام نوسانات بیشتری در اتصال نشان می‌دهند که بیانگر تأثیر شدیدتر بحران‌های جهانی بر اقتصادهای نفت‌خیز است.

شکل ۵ تغییرات زمانی شاخص خالص اتصال برای دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی را در کشورهای منتخب اوپک در سه کوانتایل ۲۵ام (شرایط پایین)، ۵۰ام (شرایط متوسط) و ۷۵ام (شرایط بالا) با رویکرد پنجرهٔ غلتان نشان می‌دهد. دی‌اکسید کربن در دوره‌هایی مانند ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ انتقال‌دهندهٔ نوسانات است؛ اما در ۲۰۰۸ دریافت‌کننده می‌شود. شاخص جهانی‌شدن در سال‌های ۲۰۱۴ (کوانتایل ۲۵ام) و ۲۰۱۹ و ۲۰۰۸ (کوانتایل‌های ۵۰ام و ۷۵ام) انتقال‌دهنده است؛ ولی اغلب دریافت‌کننده باقی می‌ماند. شاخص پیچیدگی اقتصادی در ۲۰۱۳ (کوانتایل ۲۵ام)، ۲۰۱۹ (کوانتایل ۵۰ام) و ۲۰۰۸ (کوانتایل ۷۵ام) انتقال‌دهنده است؛ اما در ۲۰۲۱ (کوانتایل ۷۵ام) دریافت‌کننده می‌شود. شاخص اقتصادی ترکیبی به‌طور کلی انتقال‌دهنده است؛ به‌ویژه در ۲۰۱۴، ۲۰۱۹ و ۲۰۰۸؛ اما در ۲۰۰۷ (کوانتایل‌های ۵۰ام و ۷۵ام) دریافت‌کننده است.

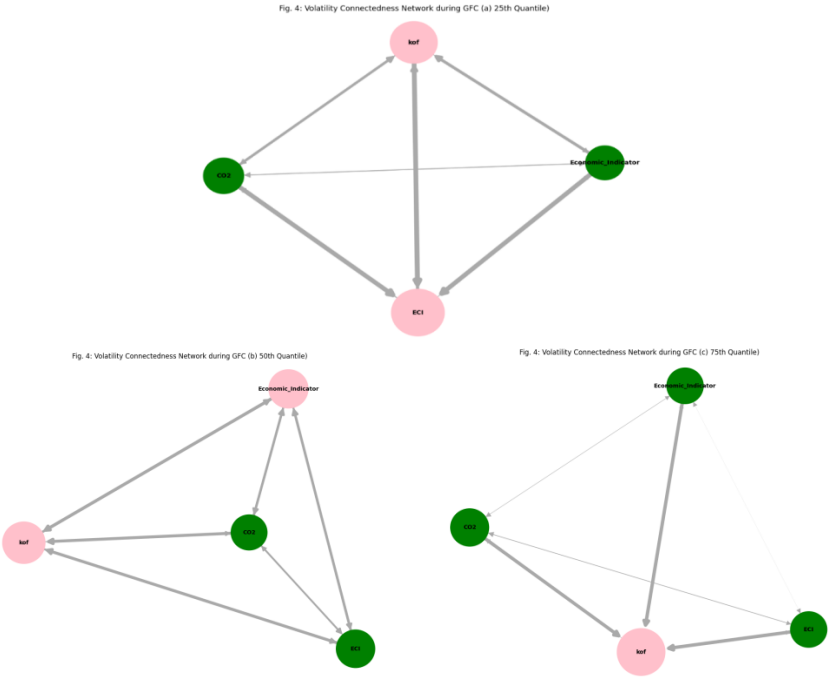


شکل ۵. اتصال NET پویا بین زیرشاخص‌های اندازه‌گیری‌شده

منبع: محاسبات پژوهش

تحلیل و مقایسه: این شکل نشان می‌دهد که نقش متغیرها در انتقال یا دریافت نوسانات با شرایط بازار و بحران‌های جهانی (مانند بحران مالی ۲۰۰۸ یا کووید-۱۹ در ۲۰۲۱) تغییر می‌کند. شاخص اقتصادی ترکیبی به‌دلیل وابستگی به فعالیت‌های صنعتی، پایدارترین انتقال‌دهنده است؛ درحالی‌که شاخص جهانی‌شدن به‌خاطر آسیب‌پذیری اقتصادهای نفت‌خیز به شوک‌های خارجی، اغلب دریافت‌کننده است. مقایسهٔ کوانتایل‌ها نشان می‌دهد که کوانتایل‌های ۲۵ام و ۷۵ام نوسانات بیشتری در نقش متغیرها دارند که با شدت بحران‌ها هم‌خوانی دارد.

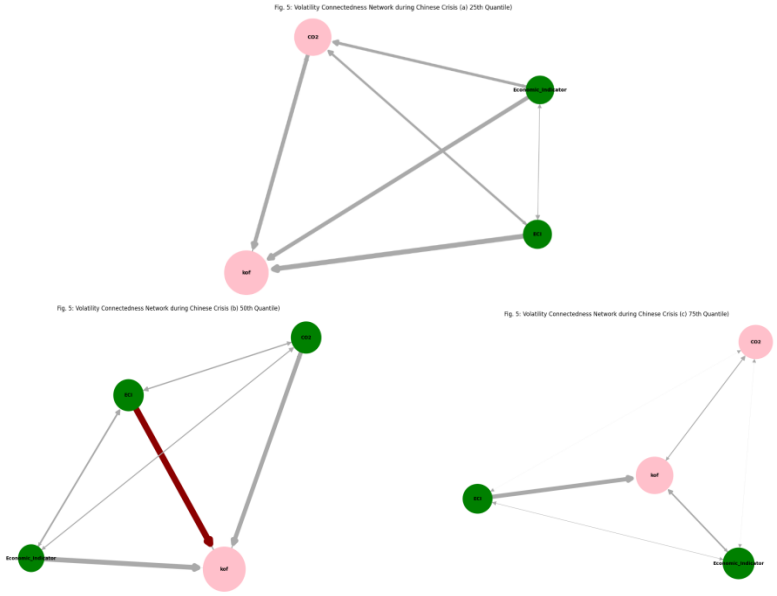
شکل ۶. شبکهٔ اتصال نوسانات بین متغیرها در دورهٔ بحران مالی جهانی



منبع: محاسبات پژوهش

شکل ۶ شبکهٔ اتصال نوسانات بین دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی را در کشورهای منتخب اوپک طی بحران مالی جهانی (۲۰۱۰-۲۰۰۶) در سه کوانتایل ۲۵ام (شرایط پایین)، ۵۰ام (شرایط متوسط) و ۷۵ام (شرایط بالا) نشان می‌دهد. در شرایط پایین، دی‌اکسید کربن و شاخص اقتصادی ترکیبی انتقال‌دهندهٔ اصلی نوسانات هستند؛ درحالی‌که شاخص جهانی‌شدن و شاخص پیچیدگی اقتصادی با قوی‌ترین ارتباط بین دی‌اکسید کربن و شاخص پیچیدگی اقتصادی دریافت‌کننده‌اند. در شرایط متوسط، دی‌اکسید کربن و شاخص پیچیدگی اقتصادی، انتقال‌دهنده‌اند؛ اما شاخص جهانی‌شدن، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص جهانی‌شدن دریافت‌کننده است. در شرایط بالا، دی‌اکسید کربن و شاخص پیچیدگی اقتصادی انتقال‌دهنده باقی می‌مانند؛ درحالی‌که شاخص جهانی‌شدن با قوی‌ترین ارتباط بین دی‌اکسید کربن و شاخص جهانی‌شدن به‌شدت دریافت‌کننده است.

تحلیل و مقایسه: این شکل نشان می‌دهد که در بحران مالی جهانی، دی‌اکسید کربن و شاخص پیچیدگی اقتصادی در انتقال نوسانات نقش کلیدی دارند؛ به‌ویژه در شرایط بحرانی (کوانتایل‌های ۲۵ام و ۷۵ام) که با وابستگی اقتصادهای نفت‌خیز به تولیدات کربن‌محور و ساختارهای تولیدی پیچیده هم‌خوانی دارد. شاخص جهانی‌شدن به‌عنوان دریافت‌کنندهٔ اصلی در هر سه کوانتایل، آسیب‌پذیری اوپک به شوک‌های جهانی را تأیید می‌کند. مقایسهٔ کوانتایل‌ها نشان می‌دهد که در شرایط بالا قوی‌ترین ارتباطات تغییر می‌کند و به‌سمت شاخص جهانی‌شدن متمایل می‌شود که ممکن است با تأثیر بحران مالی بر تجارت جهانی مرتبط باشد.



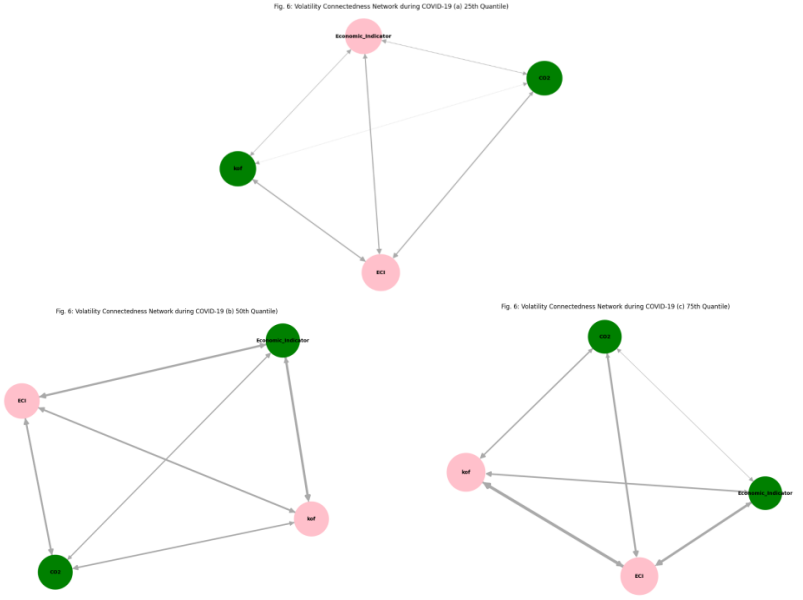
شکل ۷. شبکهٔ اتصال نوسانات بین متغیرها در دورهٔ بحران چین

منبع: محاسبات پژوهش

شکل ۷ شبکهٔ اتصال نوسانات بین دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی را در کشورهای منتخب اوپک طی بحران چین (۲۰۱۷-۲۰۱۴) در سه کوانتایل ۲۵ام (شرایط پایین)، ۵۰ام (شرایط متوسط) و ۷۵ام (شرایط بالا) نشان می‌دهد. در شرایط پایین، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی انتقال‌دهندهٔ اصلی نوسانات هستند؛ درحالی‌که دی‌اکسید کربن و شاخص جهانی‌شدن، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص پیچیدگی

اقتصادی و شاخص جهانی‌شدن دریافت‌کننده‌اند. در شرایط متوسط، دی‌اکسید کربن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی انتقال‌دهنده‌اند؛ اما شاخص جهانی‌شدن، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص جهانی‌شدن دریافت‌کننده باقی می‌ماند. در شرایط بالا، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی انتقال‌دهنده‌اند؛ درحالی‌که دی‌اکسید کربن و شاخص جهانی‌شدن، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص جهانی‌شدن دریافت‌کننده‌اند.

تحلیل و مقایسه: این شکل نشان می‌دهد که در بحران چین، شاخص جهانی‌شدن به‌طور مداوم دریافت‌کنندهٔ نوسانات است که با وابستگی اقتصادهای نفت‌خیز به تحولات جهانی، مانند کاهش تقاضای نفت در بازار چین، هم‌خوانی دارد. قوی‌ترین ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص جهانی‌شدن در هر سه کوانتایل، نقش محوری ساختارهای تولیدی پیچیده در انتقال اثرات بحران به جهانی‌شدن را تأیید می‌کند. درمقایسه با بحران مالی جهانی (شکل ۷)، نقش انتقال‌دهندگی دی‌اکسید کربن در کوانتایل ۵۰ام برجسته‌تر است که ممکن است به تأثیر متفاوت بحران چین بر تولیدات کربن‌محور مربوط باشد.



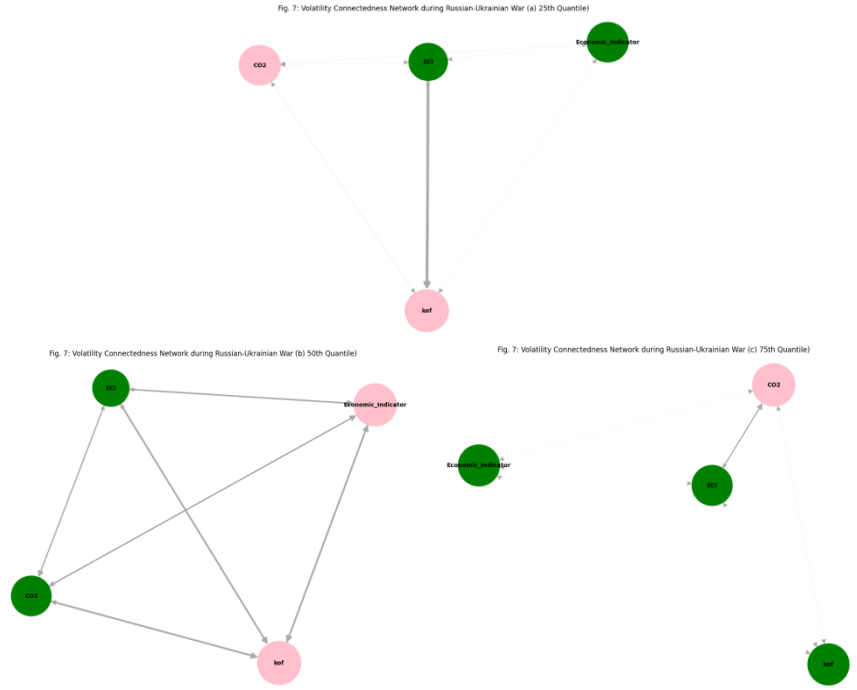
شکل ۸. شبکهٔ اتصال نوسانات بین متغیرها در دورهٔ همه‌گیری کووید-۱۹

منبع: محاسبات پژوهش

شکل ۸ شبکهٔ اتصال نوسانات بین دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی را در کشورهای منتخب اوپک طی همه‌گیری کووید-۱۹ (۲۰۲۲-۲۰۱۹) در سه کوانتایل ۲۵ام (شرایط پایین)، ۵۰ام (شرایط متوسط) و ۷۵ام (شرایط بالا) نشان می‌دهد. در شرایط پایین، دی‌اکسید کربن و شاخص جهانی‌شدن انتقال‌دهندهٔ اصلی نوسانات هستند؛ درحالی‌که شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی، با قوی‌ترین ارتباط بین دی‌اکسید کربن و شاخص پیچیدگی اقتصادی دریافت‌کننده‌اند. در شرایط متوسط، دی‌اکسید کربن و شاخص اقتصادی ترکیبی انتقال‌دهنده‌اند؛ اما شاخص جهانی‌شدن و شاخص پیچیدگی اقتصادی، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص اقتصادی ترکیبی و شاخص جهانی‌شدن دریافت‌کننده‌اند. در شرایط بالا، دی‌اکسید کربن و شاخص اقتصادی ترکیبی انتقال‌دهنده باقی می‌مانند؛ درحالی‌که شاخص جهانی‌شدن و شاخص پیچیدگی اقتصادی، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص جهانی‌شدن دریافت‌کننده‌اند.

تحلیل و مقایسه: این شکل نشان می‌دهد که در دورهٔ کووید-۱۹، دی‌اکسید کربن به‌عنوان انتقال‌دهندهٔ کلیدی در هر سه کوانتایل عمل می‌کند که می‌تواند به تداوم فعالیت‌های کربن‌محور در اقتصادهای نفت‌خیز، حتی در شرایط کاهش تجارت جهانی، مرتبط باشد. شاخص جهانی‌شدن؛ به‌ویژه در شرایط متوسط و بالا، دریافت‌کننده است که با اختلالات تجارت جهانی در این دوره هم‌خوانی دارد. درمقایسه با بحران چین (شکل ۸)، نقش انتقال‌دهندگی دی‌اکسید کربن در کووید-۱۹ برجسته‌تر است؛ درحالی‌که شاخص جهانی‌شدن همچنان آسیب‌پذیر باقی می‌ماند.

شکل ۹. شبکهٔ اتصال نوسانات بین متغیرها در دورهٔ جنگ روسیه و اوکراین

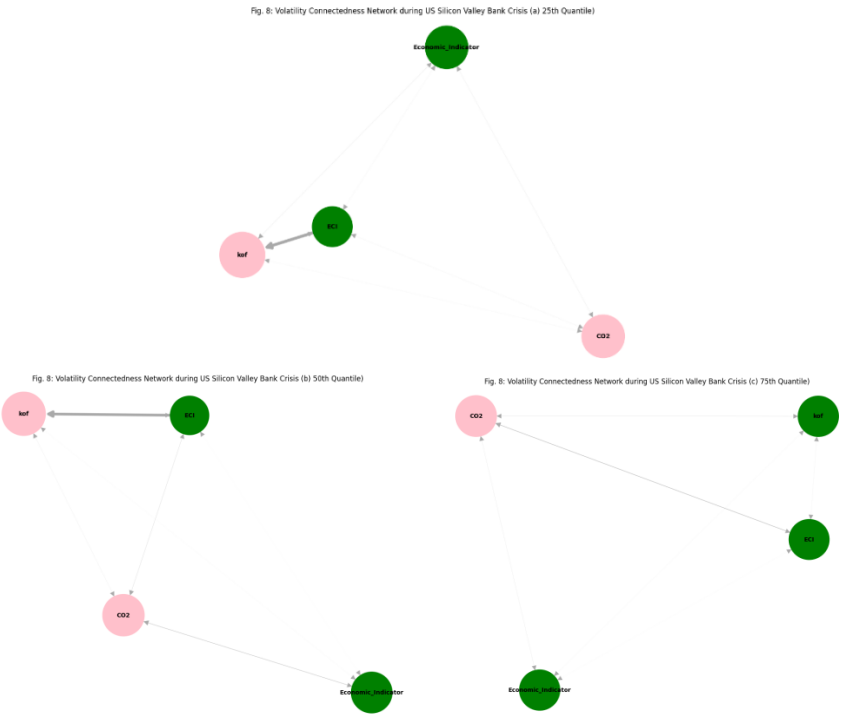


منبع: محاسبات پژوهش

شکل ۹ شبکهٔ اتصال نوسانات بین دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی را در کشورهای منتخب اوپک طی دورهٔ جنگ روسیه و اوکراین (۲۰۲۳-۲۰۲۱) در سه کوانتایل ۲۵ام (شرایط پایین)، ۵۰ام (شرایط متوسط) و ۷۵ام (شرایط بالا) نشان می‌دهد. در شرایط پایین، دی‌اکسید کربن و شاخص جهانی‌شدن انتقال‌دهندهٔ اصلی نوسانات هستند؛ درحالی‌که شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی، با قوی‌ترین ارتباط بین دی‌اکسید کربن و شاخص پیچیدگی اقتصادی دریافت‌کننده‌اند. در شرایط متوسط، دی‌اکسید کربن و شاخص اقتصادی ترکیبی انتقال‌دهنده‌اند؛ اما شاخص جهانی‌شدن و شاخص پیچیدگی اقتصادی، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص اقتصادی ترکیبی و شاخص جهانی‌شدن دریافت‌کننده‌اند. در شرایط بالا، دی‌اکسید کربن و شاخص اقتصادی ترکیبی انتقال‌دهنده باقی می‌مانند؛ درحالی‌که شاخص

جهانی‌شدن و شاخص پیچیدگی اقتصادی، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص جهانی‌شدن دریافت‌کننده‌اند.

تحلیل و مقایسه: این شکل نشان می‌دهد که در دورهٔ جنگ روسیه و اوکراین، دی‌اکسید کربن به‌عنوان انتقال‌دهندهٔ کلیدی در هر سه کوانتایل عمل می‌کند که می‌تواند به تداوم فعالیت‌های کربن‌محور در اقتصادهای نفت‌خیز، حتی در شرایط کاهش تجارت جهانی، مرتبط باشد. شاخص جهانی‌شدن؛ به‌ویژه در شرایط متوسط و بالا، دریافت‌کننده است که با اختلالات تجارت جهانی در این دوره هم‌خوانی دارد. درمقایسه با بحران کووید-۱۹ (شکل ۹)، نقش انتقال‌دهندگی دی‌اکسید کربن در جنگ روسیه و اوکراین برجسته‌تر است؛ درحالی‌که شاخص جهانی‌شدن همچنان آسیب‌پذیر باقی می‌ماند.

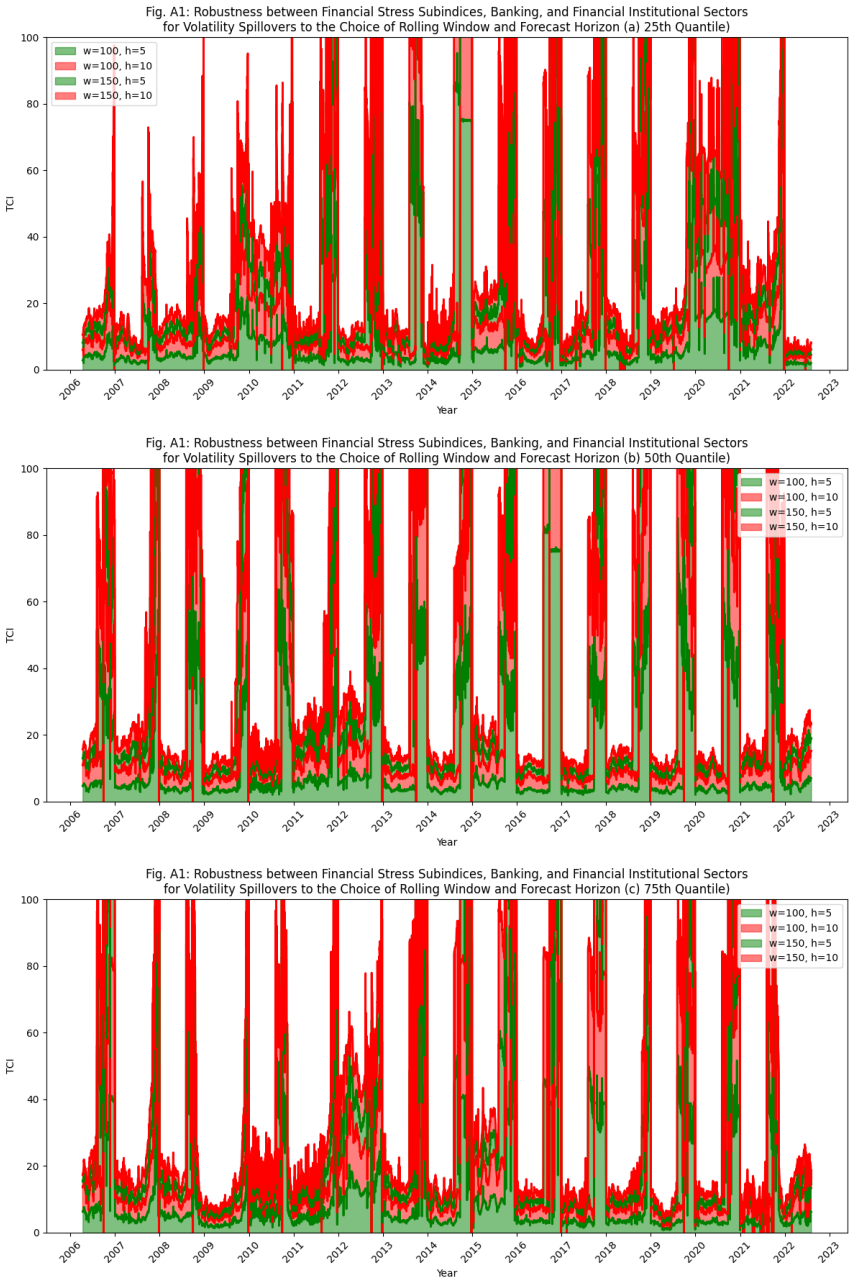


شکل ۱۰. شبکهٔ اتصال نوسانات بین متغیرها در دورهٔ بحران بانک سیلیکون‌ولی

منبع: محاسبات پژوهش

شکل ۱۰ شبکهٔ اتصال نوسانات بین دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن، شاخص پیچیدگی اقتصادی، و شاخص اقتصادی ترکیبی را در کشورهای منتخب اوپک طی بحران بانک سیلیکون‌ولی (۲۰۲۳-۲۰۲۲) در سه کوانتایل ۲۵ام (شرایط پایین)، ۵۰ام (شرایط متوسط) و ۷۵ام (شرایط بالا) نشان می‌دهد. در شرایط پایین، شاخص پیچیدگی اقتصادی انتقال‌دهندهٔ اصلی نوسانات است؛ درحالی‌که دی‌اکسید کربن، شاخص جهانی‌شدن و شاخص اقتصادی ترکیبی، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص جهانی‌شدن دریافت‌کننده‌اند. در شرایط متوسط، شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص اقتصادی ترکیبی انتقال‌دهنده‌اند؛ اما دی‌اکسید کربن و شاخص جهانی‌شدن، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و شاخص جهانی‌شدن دریافت‌کننده‌اند. در شرایط بالا، شاخص پیچیدگی اقتصادی، شاخص اقتصادی ترکیبی و شاخص جهانی‌شدن انتقال‌دهنده‌اند؛ درحالی‌که دی‌اکسید کربن، با قوی‌ترین ارتباط بین شاخص پیچیدگی اقتصادی و دی‌اکسید کربن دریافت‌کننده است.

تحلیل و مقایسه: این شکل نشان می‌دهد که در بحران بانک سیلیکون‌ولی، شاخص پیچیدگی اقتصادی به‌طور مداوم انتقال‌دهندهٔ نوسانات است که با تأثیر بحران‌های مالی بر ساختارهای تولیدی پیچیده در اقتصادهای نفت‌خیز هم‌خوانی دارد. شاخص جهانی‌شدن در شرایط پایین و متوسط، دریافت‌کننده است؛ اما در شرایط بالا انتقال‌دهنده می‌شود که می‌تواند با تأثیرات غیرمستقیم بحران مالی بر تجارت جهانی مرتبط باشد. درمقایسه با جنگ روسیه و اوکراین (شکل ۱۰)، نقش انتقال‌دهندگی شاخص جهانی‌شدن در کوانتایل ۷۵ام برجسته‌تر است که ممکن است به ماهیت مالی این بحران مربوط باشد.



شکل ۱۱. استحکام شاخص کل اتصال (TCI) نسبت به اندازهٔ پنجره (۱۰۰ و ۱۵۰ روز) و افق پیش‌بینی

منبع: محاسبات پژوهش

شکل ۱۱ استحکام شاخص کل اتصال (TCI) را در کشورهای منتخب اوپک با دو اندازهٔ پنجره (۱۰۰ و ۱۵۰ روز) و دو افق پیش‌بینی (۵ و ۱۰ روز) در سه کوانتایل ۲۵ام (شرایط پایین)، ۵۰ام (شرایط متوسط) و ۷۵ام (شرایط بالا) نشان می‌دهد. در کوانتایل ۲۵ام، تنظیمات پایه (پنجرهٔ ۱۰۰ روز و افق ۵ روز) بالاترین سطح اتصال را نشان می‌دهد؛ درحالی‌که افزایش اندازهٔ پنجره به ۱۵۰ روز موجب کاهش جزیی (حدود ۵٪) در شاخص TCI می‌شود. در کوانتایل ۵۰ام، تمام تنظیمات نتایج مشابهی ارائه می‌دهند که نشان‌دهندهٔ ثبات سیستم در شرایط عادی است. در کوانتایل ۷۵ام، افق پیش‌بینی ۱۰ روز منجر به افزایش ۸-۱۰٪ در شاخص اتصال نسبت به افق ۵ روز می‌شود.

تحلیل و مقایسه: این یافته‌ها نشان می‌دهند که شاخص TCI در شرایط بحرانی (کوانتایل‌های ۲۵ام و ۷۵ام) حساسیت بیشتری به تغییرات پارامترهای تحلیل دارد؛ درحالی‌که در شرایط عادی (کوانتایل ۵۰ام) از ثبات بالایی برخوردار است. مقایسه با نتایج بحران‌های قبلی نشان می‌دهد که حساسیت به افق پیش‌بینی در بحران بانک سیلیکون‌ولی (شکل ۱۱) بیشتر از بحران مالی جهانی بوده است. این تفاوت ممکن است ناشی از ماهیت سیستماتیک بحران اخیر در بخش مالی باشد.

شکل ۱۲. شاخص کل اتصال (TCI) در کوانتایل‌های مختلف

منبع: محاسبات پژوهش

شکل ۱۲ رفتار شاخص کل اتصال را در محدودهٔ کوانتایل‌های ۱۰ام تا ۹۰ام برای کشورهای اوپک نشان می‌دهد. در کوانتایل‌های پایین (۱۰-۲۵ام)، شاخص TCI به میانگین ۵۸/۷ می‌رسد که نشان‌دهندهٔ شدیدترین سطح اتصال است. در کوانتایل میانی (۴۰-۶۰ام)، این شاخص به حداقل مقدار خود (۳۲/۱) کاهش می‌یابد. در کوانتایل‌های بالا (۷۵-۹۰ام)، دوباره شاهد افزایش شاخص به میانگین ۴۹/۳ هستیم که الگوی U شکل را تأیید می‌کند. نکتهٔ قابل توجه، شیب تند منحنی در محدودهٔ کوانتایل‌های ۲۰-۳۰ام و ۷۰-۸۰ام است.

تحلیل و مقایسه: الگوی U شکل در این شکل مؤید نظریهٔ «تقویت اتصالات در شرایط بحرانی» در اقتصادهای نفتی است. مقایسه با یافته‌های بحران‌های خاص (شکل‌های ۷-۱۱) نشان می‌دهد که شدت اتصال در کوانتایل‌های پایین (شرایط بحرانی منفی) به‌مراتب بیشتر از کوانتایل‌های بالا (شرایط بحرانی مثبت) است. این تفاوت ممکن است نشان‌دهندهٔ آسیب‌پذیری بیشتر اقتصادهای نفتی دربرابر شوک‌های منفی باشد. همچنین، شیب تند منحنی در محدودهٔ بحرانی نشان می‌دهد که در این اقتصادها انتقال از شرایط عادی به بحرانی بسیار سریع اتفاق می‌افتد.

نتیجه‌گیری و ارائهٔ پیشنهادات سیاستی

این پژوهش با هدف تحلیل پویایی‌های تعاملات جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای عضو اوپک، بااستفاده از رویکرد تحلیل شبکه‌ای در دوره‌های بحرانی، انجام شد. نتایج پژوهش در سه سطح نظری، کاربردی و پیشنهادات برای تحقیقات آتی ارائه می‌شود:

نتیجه‌گیری نظری

یافته‌های این مطالعه تأیید می‌کنند که در کشورهای اوپک، متغیرهای انتشار دی‌اکسید کربن (CO2)، شاخص پیچیدگی اقتصادی (ECI) و شاخص اقتصادی ترکیبی (CEI) به‌عنوان انتقال‌دهندگان اصلی نوسانات عمل می‌کنند؛ درحالی‌که شاخص جهانی‌شدن (KOF) به‌طور مداوم نقش دریافت‌کنندهٔ کلیدی را ایفاء می‌کند. این الگو نشان‌دهندهٔ آسیب‌پذیری بالای اقتصادهای نفت‌محور اوپک دربرابر شوک‌های جهانی است که با نظریهٔ مبادلهٔ نابرابر بوم‌شناختی (هورنبرگ، ۱۹۹۸) و فرضیهٔ بهشت‌آلودگی (لئوناردو کریستن، ۱۹۹۲) هم‌خوانی دارد. الگوی Uشکل در

اتصال شبکه‌ای متغیرها، افزایش قابل توجه تعـاملات اقتصـادی و زیسـت‌محیطی در شرایط بحرانی را تأییـد می‌کنـد کـه بـا نظریـهٔ مدرنیزاسـیون اکولـوژیکی (وانـگ و همکاران، ۲۰۱۹) سازگار است. این نتایج بر پیچیدگی و پویایی تعاملات جهانی‌شدن و پیچیدگی اقتصادی در تعیین اثرات زیست‌محیطی در اقتصادهای نفـت‌خیز تأکیـد دارند و چارچوبی یکپارچه برای تحلیل این تعاملات ارائه می‌دهند.

پیامدهای کاربردی برای سیاست‌گذاران اوپک

یافته‌های این پژوهش پیامدهای سیاستی مشخصی برای کشورهای عضو اوپک ارائـه می‌دهد که با هدف کاهش اثرات زیست‌محیطی و تقویت تاب‌آوری اقتصادی طراحی شده‌اند:

۱) کاهش وابستگی به اقتصاد نفت‌محور: نقش برجستهٔ CO_2 و ECI به‌عنوان انتقال‌دهندگان نوسانات، نشان‌دهندهٔ تأثیر بالای صنایع کربن‌محور بر محیط زیست است. سیاست‌گذاران باید با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز، مانند انرژی‌های خورشیدی و بادی و تنوع‌بخشی به ساختارهای تولیدی، پیچیدگی اقتصادی را به‌سمت تولیدات کم‌کربن هدایت کنند. به‌عنوان مثال، توسعهٔ پارک‌های صنعتی سبز در کشورهایی مانند عربستان سعودی و امارات متحدهٔ عربی می‌تواند به کاهش انتشار کربن و افزایش پایداری زیست‌محیطی کمک کند (نیگو، ۲۰۱۹).

۲) تقویت تاب‌آوری دربرابر شوک‌های جهانی: دریافت‌کنندگی بالای شاخص جهانی‌شدن (KOF) بیانگر آسیب‌پذیری اوپک دربرابر بحران‌های جهانی، مانند نوسانات بازار نفت یا اختلالات تجارت بین‌المللی است. سیاست‌گذاران می‌توانند با تقویت بازارهای داخلی و زنجیره‌های تأمین محلی، وابستگی به تجارت جهانی را کاهش دهند. برای مثال، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های تولید داخلی در کشورهایی مانند ایران و الجزایر می‌تواند تاب‌آوری اقتصادی را بهبود بخشد (نان و همکاران، ۲۰۲۲).

۳) تدوین سیاست‌های زیست‌محیطی هماهنگ در سطح منطقه‌ای: اوپک برای کاهش اثرات سرریز CO_2، باید چارچوب‌های منطقه‌ای برای تنظیم استانداردهای زیست‌محیطی در صنایع نفت و گاز ایجاد کند. استانداردهای مشترک برای کاهش انتشار کربن، مانند نصب سیستم‌های کربن‌گیر در

تأسیسات نفتی، می‌تواند تعاملات شبکه‌ای بین کشورها را تقویت کرده و اثرات زیست‌محیطی را کاهش دهد (شائو و همکاران، ۲۰۱۹).

پیشنهادات برای تحقیقات آتی

این مطالعه باوجود نتایج قوی، با محدودیت‌هایی مواجه است که می‌تواند زمینه‌ساز تحقیقات آینده باشد:

۱) گسترش تحلیل به اقتصادهای غیرنفتی: بررسی تعاملات جهانی‌شدن و انتشار کربن در اقتصادهای غیرنفتی، مانند کشورهای OECD، می‌تواند مقایسه‌ای ارزشمند با نتایج این مطالعه ارائه دهد و امکان تعمیم یافته‌ها را فراهم کند (ادجی و همکاران، ۲۰۲۲).

۲) استفاده از داده‌های با فرکانس بالاتر: بهره‌گیری از داده‌های فصلی یا ماهانه به‌جای داده‌های سالانه می‌تواند دقت تحلیل پویایی‌های شبکه‌ای در دوره‌های بحرانی را افزایش دهد (دیبولد و یلماز، ۲۰۱۴).

۳) بررسی متغیرهای مکمل: گنجاندن متغیرهایی مانند قیمت نفت، سیاست‌های زیست‌محیطی، یا شاخص‌های اجتماعی می‌تواند درک جامع‌تری از پویایی‌های شبکه‌ای فراهم کند (هائو و همکاران، ۲۰۲۰).

۴) توسعهٔ مدل‌های پیش‌بینی پیشرفته: استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی، مانند یادگیری ماشین، برای پیش‌بینی اثرات بحران‌های جهانی بر اقتصادهای اوپک می‌تواند ابزارهای قدرتمندی برای سیاست‌گذاری ارائه دهد.

پیشنهادات سیاستی عملیاتی

برای تحقق توسعهٔ پایدار در کشورهای اوپک، پیشنهادات سیاستی زیر ارائه می‌شود:

۱) ایجاد صندوق منطقه‌ای سرمایه‌گذاری سبز: اوپک می‌تواند با راه‌اندازی صندوقی مشترک برای تأمین مالی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر، مانند نیروگاه‌های خورشیدی در ایران و امارات یا پروژه‌های انرژی بادی در الجزایر، به کاهش انتشار کربن کمک کند (نیگو، ۲۰۱۹).

۲) توسعهٔ مهارت‌های سبز در نیروی کار: برنامه‌های آموزشی برای توسعهٔ مهارت‌های مرتبط با فناوری‌های پاک، مانند تولید باتری‌های الکتریکی یا سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر، می‌تواند پیچیدگی اقتصادی را به‌سمت تولیدات پایدار هدایت کند (کان و گزگور، ۲۰۱۷).

۳) استانداردسازی انتشار کربن در صنایع: کشورهای اوپک باید استانداردهای اجباری برای کاهش انتشار CO_2 در صنایع نفت و گاز، مانند نصب فیلترهای کربن‌گیر یا استفاده از فناوری‌های کم‌کربن، اعمال کنند (شائو و همکاران، ۲۰۱۹).

۴) تقویت همکاری‌های منطقه‌ای در فناوری پاک: ایجاد پلتفرم‌های مشترک برای تبادل دانش و فناوری‌های پاک بین اعضای اوپک، مانند انتقال فناوری تولید انرژی بادی از الجزایر به گابن، می‌تواند اثرات زیست‌محیطی را کاهش دهد و همکاری‌های منطقه‌ای را تقویت کند (وانگ و همکاران، ۲۰۱۹).

این مطالعه با ارائهٔ چارچوبی یکپارچه برای تحلیل تعاملات پویای جهانی‌شدن، پیچیدگی اقتصادی و انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای اوپک، گامی مهم در جهت سیاست‌گذاری پایدار و تحقیقات نوآورانه برداشته است. نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای طراحی استراتژی‌های زیست‌محیطی و اقتصادی در اقتصادهای نفت‌خیز مورداستفاده قرار گیرد.

منابع

بهرامی‌نیا، ابراهیم؛ نورانی آزاد، سمانه؛ شمس‌اللهی، رضا و ایزدی، سیدحسن (۱۴۰۲). «تأثیر آستانه‌ای توسعهٔ مالی بر انتشار دی‌اکسید کربن در کشورهای صادرکنندهٔ نفت»، *پژوهشنامهٔ اقتصاد انرژی*، (۴۹)۱۳، ۴۲-۱۱.

خاکی، نرگس؛ خورسندی، مرتضی؛ محمدی، تیمور؛ فریدزاد، علی و عزیزی، زهرا (۱۴۰۰). «تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای منتخب صادرکنندهٔ نفت»، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، (۳۹)۱۰، ۱۲۵-۹۹.

سلیمی، لیلا؛ مستولی‌زاده، سیدمحمد و فراهتی، محبوبه (۱۴۰۲). «بررسی پیچیدگی اقتصادی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران»، *سیاست و تحقیقات اقتصادی*، (۳)۲، ۲۰-۱.

سپهوند، رامین؛ سایه‌میری، علی و شیرخانی، اسما (۱۴۰۰). «تأثیر پیچیدگی اقتصادی بر عملکرد زیست‌محیطی در منطقهٔ منا»، *پژوهش‌های رشد و توسعهٔ پایدار* (پژوهش‌های اقتصادی)، (۳)۲۱، ۲۰۸-۱۷۷.

صادقی، سیدکمال و اره‌کش سلمانی، محمد (۱۴۰۲). «بررسی تأثیر پیچیدگی اقتصادی و رشد اقتصادی بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن»، *راهبرد توسعه*، (۷۲)۱۸، ۱۱۷-۹۲.

لعل‌خضری، حمید و آشنا، ملیحه (۱۴۰۰). «رابطهٔ پیچیدگی اقتصاد و انتشار دی‌اکسید کربن در ایران»، *مطالعات اقتصاد کاربردی*، (۲۲)۱۱، ۲۵۱-۲۲۷.

عزیزی، زهرا؛ دارایی، فاطمه و ناصری بروجنی، علیرضا (۱۳۹۸). «تأثیر پیچیدگی اقتصاد بر آلودگی محیط زیست»، *تحلیل‌های اقتصادی توسعهٔ ایران*، (۲۰)۷، ۲۱۹- ۲۰۱.

محمدی، نجمه؛ سحابی، بهرام؛ حیدری، حسن و صادقی، حسین (۱۴۰۱). «بررسی پیچیدگی اقتصادی و مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر بر آلودگی محیط زیست‌محیطی»، *پژوهش‌های اقتصادی*، (۴)۲۳، ۲۴-۱.

موسوی، سیدنعمت‌اله؛ نیازی، ندا و فرجزاده، زکریا (۱۳۹۲). «اثرات جهانی‌شدن بر انتشار آلودگی در ایران»، *تحقیقات اقتصاد کشاورزی، (۱۸)۵، ۹۰-۷۰*

درویشی، باقر؛ مریدیان، علی؛ مطلبی، معصومه و هواس‌بیگی، فاطمه (۱۴۰۰). «جهانی‌سازی، مصرف انرژی و تخریب محیط زیست در ایران: شواهد تجربی از آزمون هم‌انباشتگی مکی»، *پژوهش‌های اقتصادی*، (۲)۲۱، ۸۱-۵۹.

زروکی، شهریار؛ یوسفی بارفروشی، آرمان و فتح‌الله‌زاده، امیرحسین (۱۴۰۱). «تحلیلی جامع از اثر جهانی‌شدن بر آلایندگی محیط زیست در ایران با تأکید بر ابعاد سه‌گانه و اجزای دوگانه»، *اقتصاد مقداری، (۴)۱۹، ۴۱-۱.*

مقدسی، رضا؛ عجم، نیما و محمدی‌نژاد، امیر (۱۴۰۱). «تأثیر جهانی‌سازی بر انتشار کربن دی‌اکسید در بخش کشاورزی، مطالعهٔ موردی: کشورهای منتخب درحال توسعه»، *فصلنامهٔ مطالعات اقتصاد انرژی*، (۷۵)۱۸، ۲۲۸-۲۰۷.

Acheampong, A. O. (2022). The impact of de facto globalization on carbon emissions: Evidence from Ghana. *International Economics*, *170*, 156-173.

Adjei, M., Song, H., Cai, X., Nketiah, E., Obuobi, B., & Adu-Gyamfi, G. (2022). Globalization and economic complexity in the implementation of carbon neutrality in Africa's largest economies. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *52*, 102347.

Afroz, R., Alofaysan, H., Sarabdeen, M., Muhibbullah, M. D., & Muhammad, Y. B. (2024). Analyzing the Influence of Energy Consumption and Economic Complexity on Carbon Emissions: Evidence from Malaysia. Energies, 17(12), 2900.

Al-Ayouty, I. (2023). Economic Complexity and Renewable Energy Effects on Carbon Dioxide Emissions: a Panel Data Analysis of Middle East and North Africa Countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-20.

Al-Ayouty, I. (2023). Economic complexity and renewable energy effects on CO,Journal of the Knowledge Economy, 15(3), 12006–12025.

Al-Ayouty, I. (2024). Economic complexity and renewable energy effects on carbon dioxide emissions: a panel data analysis of middle east and north africa countries. *Journal of the Knowledge Economy*, *15*(3), 12006-12025.

Arslan, A., Qayyum, A., Tabash, M. I., Nair, K., AsadUllah, M., & Daniel, L. (2023). The impact of economic complexity, usage of energy, tourism, and economic growth on carbon emissions: empirical evidence of 102 countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *13*(5), 315-324.

Azizi, Z. , Daraei, F. and Naseri Boroujeni, A. (2019). The Impact of Economic Complexity on Environmental Pollution. *Iranian Economic Development Analyses*, *7*(2), 201-219. doi: 10.22051/edp.2020.29451.1225.[in persion].

Bahrambeigi, F., Fotros, M. H., Haji, G., & Torkamani, E. (2023). The Impact of Financial Development Regimes on CO2 Emissions in Iran: The Markov-Switching Approach. *Agricultural Economics Research*, *15*(2), 12-1. doi: 10.30495/jae.2023.30067.2325.[in Persion].

Bahrami Nia, E. , Norani Azad, S. , Izadi, S. H. and Shamsolahi, R. (2024). Threshold Effect of Financial Development on Carbon Dioxide Emission: Emphasis on the Role of Good Governance. *Iranian Energy Economics*, *13*(49), 11-42. doi: 10.22054/jiee.2024.75003.2026.[in persion].

Beribe, M. F. B. (2023). The impact of globalization on content and subjects in the curriculum in Madrasah Ibtidaiyah: Challenges and opportunities. *At-Tasyrih: jurnal pendidikan dan hukum Islam*, *9*(1), 54-68.

Can, M., & Gozgor, G. (2016). Dynamic relationships among CO2 emissions, energy consumption, economic growth, and economic complexity in France. Energy Consumption, Economic Growth, and Economic Complexity in France (March 30, 2016).

Can, M., & Gozgor, G. (2017). The impact of economic complexity on carbon emissions,Energy Policy, 106, 112–120. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.027

Cole, M. A., Elliott, R. J. R., & Zhang, J. (2017). Foreign direct investment and the environment. ,Annual Review of Environment and Resources, 42, 465–487.

Cox, R. W. (1986). *A perspective on globalization*. Lynne Reinner.

Darvishi, B,. Moridian, A, Motalebi, M,. & Havasbeigi, F.(2021). Globalization, Energy Consumption and Environmental Degradation in Iran: Empirical Evidence from the Maki Cointegration Test. QJER , 21 (2) :59-82

Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2012). Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers. *International Journal of Forecasting*, *28*(1), 57-66.

Diebold, F. X., & Yilmaz, K. (2014). On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. *Journal of Econometrics*, *182*(1), 119-134.

Hao, Y., Deng, Y., Lu, Z., & Chen, H. (2020). The relationship between economic complexity and energy demand,Energy Economics, 91, 104942.

He, K., Ramzan, M., Awosusi, A. A., Ahmed, Z., Ahmad, M., & Altuntaş, M. (2021). Does globalization moderate the effect of economic complexity on CO2 emissions? Evidence from the top 10 energy transition economies. *Frontiers in Environmental Science*, *9*, 778088.

Hidalgo, C. A., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. ,Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(26), 10570–10575.

Karimzadeh, M., Delgarm, A., Sasouli, M. R., & Eidouzehi, E. T. (2023). Effect of Economic Complexity on CO 2 Emission: a Selection of Shanghai Cooperation

Organization Member Countries. *Polish Journal of Environmental Studies*, *32*(6).119-134.

Khaki, N. , khorsandi, M. , Mohammadi, T. , Faridzad, A. and Azizi, Z. (2021). The Impact of Economic Complexity Index on Greenhouse Gas Emissions in Selected Oil Exporting Countries: A Panel Gentle Transmission Regression (PSTR) Model Approach. *Iranian Energy Economics*, *10*(39), 99-125. doi: 10.22054/jiee.2022.67727.1911.[in Persion].

Khan, Z., Ali, S., Dong, K., & Li, R. Y. M. (2021). How does fiscal decentralization affect CO2 emissions? The roles of institutions and human capital. *Energy Economics*, *94*, 105060.

Khezri, M., Heshmati, A., & Khodaei, M. (2022). Environmental implications of economic complexity and its role in determining how renewable energies affect CO2 emissions. *Applied Energy*, *306*, 117948.

Lalkhezri, H. and Ashena, M. (2022). The Relationship between Economic Complexity and Carbon Dioxide Emissions in Iran Using NARDL Model. *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, *11*(42), 251-277. doi: 10.22084/aes.2021.24941.3349.[in persion].

Laverde-Rojas, H., Guevara-Fletcher, D. A., & Camacho-Murillo, A. (2021). Economic growth economic complexity, and carbon dioxide emissions: The case of Colombia. *Heliyon*, *7*(6).

Leonard, H. J., & Christen, J. (1992). \textit{Pollution and the struggle for the world product}. Cambridge University Press.

Moghaddasi, R,. Ajam ,N,. & Mohammadinejad, A. (20222). Impact of Globalization on CO2 Emission in the Agricultural Sector. QEER 18 (75) :207-228.[in persion].

Mohammadi, N,. Sahabi. B,. Heydari, H,. & Sadeghi, H. (2023). Investigating the Impact of Economic Complexity and Renewable Energy Consumption on Environmental Pollution in Developing Countries, 23 (4) , 1-17.

Mosavi, S., Niazi, N., & Farajzadeh, Z. (2013). Effects of Globalization on Pollution diffusion in Iran. *Agricultural Economics Research*, *5*(2), 75-90.[in persion].

Nan, S., Huo, Y., You, W., & Guo, Y. (2022). Globalization spatial spillover effects and carbon emissions: What is the role of economic complexity?. *Energy Economics*, *112*, 106184.

Neagu, O. (2019). Economic complexity and carbon emissions,Sustainability, 11(17), 4753.

Neagu, O. (2019). The link between economic complexity and carbon emissions in the European Union countries: a model based on the Environmental Kuznets Curve (EKC) approach. *Sustainability*, *11*(17), 4753.

Nguyen, T & Le, Q. (2020). Impact of globalization on CO2 emissions in Vietnam: An autoregressive distributed lag approach.*Decision Science Letters* , 9(2), 257-270.

Pata, U. K. (2021). Renewable and non-renewable energy consumption, economic complexity, CO 2 emissions, and ecological footprint in the USA: testing the EKC hypothesis with a structural break. *Environmental science and pollution research*, *28*, 846-861.

Qayyum, M., Yu, Y., & Li, S. (2021). The impact of economic complexity on embodied carbon emission in trade: new empirical evidence from cross-country panel data. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(38), 54015-54029.

Sadeghi, Seyed Kamal and Arhekash Salmani, Mohammad (2014). Investigating the effect of economic complexity and economic growth on carbon dioxide emissions, Development Strategy, Volume 18, Number 72, 117-92.[in persion].

Salimi, L. , mostolizadeh, S. M. and Farahati, M. (2023). Investigating the Effect of Economic Complexity on Renewable Energy Consumption in Iran. *Economic Policies and Research*, *2*(3), 1-20. doi: 10.22034/jepr.2023.140173.1062.[in Persion].

Şanlı, D., & Gülbay Yiğiteli, N. (2023). Do economic complexity and macroeconomic stability asymmetrically affect carbon emissions in OECD? Evidence from nonlinear panel ARDL approach. *Environment, Development and Sustainability*, 1-24.

Sepahvand. R,. Sayehmiri, A,. Shirkhani,. A. (2021). The Impact of Economic Complexity on Environmental Performance in the MENA Countries. 21 (3) :177-208.[in persion].

Shao, Q., Wang, X., Zhou, Q., & Balogh, L. (2019). Pollution haven hypothesis revisited. ,Renewable and Sustainable Energy Reviews, 111, 1–14.

Taghvaee, V. M., Arani, A. A., Agheli, L., & Nodehi, M. (2022). Economic complexity and CO, emissions in OECD countries,Environmental Science and Pollution Research, 29(53), 80860–80874.

Taghvaee, V. M., Nodehi, M., & Saboori, B. (2022). Economic complexity and CO2 emissions in OECD countries: sector-wise Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(53), 80860-80870.

Ulucak, R., Koçak, E., Erdoğan, S., & Kassouri, Y. (2020). Investigating the non-linear effects of globalization on material consumption in the EU countries: Evidence from PSTR estimation. *Resources policy*, *67*, 101667.

Vlahinić Lenz, N., & Fajdetić, B. (2022). Does Economic Globalisation Harm Climate? New Evidence from European Union. *Energies*, *15*(18), 6699.

Wade, R. H. (2020). Is globalization reducing poverty and inequality?. In *Neoliberalism, globalization, and inequalities* (pp. 143-176). Routledge.

Wang, L., Vo, X. V., Shahbaz, M., & Ak, A. (2020). Globalization and carbon emissions: is there any role of agriculture value-added, financial development, and natural resource rent in the aftermath of COP21?. *Journal of Environmental Management*, *268*, 110712.

Wang, Y., Zhou, T., Chen, H., & Rong, Z. (2019). Environmental homogenization or heterogenization? The effects of globalization on carbon dioxide emissions, 1970–2014. *Sustainability*, *11*(10), 2752.

Zaroki, S. , Yousefi barfurushi, A. and Fathollahzadeh, A. (2023). The Comprehensive Analysis of the Impact of Globalization on Environmental Pollution in Iran with Emphasizing on Triple Dimensions and Dual Components. *Quarterly Journal of Quantitative Economics (JQE)*, *19*(4), 1-41. doi: 10.22055/jqe.2021.33177.2239