-- Iranian Journal of Economic Research---------
Volume 29, Issue 101, Winter 2025, 237-280
ijer.atu.ac.ir
https://doi.org/10.22054/ijer.2025.80119.1286

ATU PRESS

eISSN:2476-6445 ISSN: 1726-0728 Accepted: 15/2/2025 Revised: 24/11/2024 Received: 2/6/2024 Original Research

Institutional Economics in Environmental Policy Formulation: The Effects of the Internet, Democratic Process, and Government Services Delivery on CO_2 Emissions: Panel Quantile Model Approach

Narges Salehnia* Associate Professor, Department of Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Najmeh Sourinaseri Ph.D. Candidate in Economics, Department of Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Vahid Rezaei Ph.D. Candidate in Economics, Department of Economics, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

Environmental pollution is one of the most pressing challenges of our time, manifesting in various forms that pose significant risks to both human health and the planet. In this context, the Internet, and institutional economics indexes like government services, and the democratic process— as three key pillars of modern society—play a crucial role in addressing pollution and conserving the environment. Each of these factors, both directly and indirectly, influences the level of pollutant emissions and environmental degradation, making it essential to understand their effects in order to adopt effective solutions. The advent of the Internet has transformed communication, information dissemination, and governance structures across the globe. At the same time, the democratic process is evolving, with a growing emphasis on transparency, citizen participation, and accountability. Moreover, government services delivery, now increasingly facilitated by digital technologies, has undergone significant improvements aimed at enhancing productivity and providing easier access to government services. Despite these improvements, the environmental

* Corresponding Author: n.salehnia@um.ac.ir

How to Cite: Salehnia, N., Souri Naseri, N. & Rezaei, V. (2025). Institutional Economics in Environmental Policy Formulation: The Effects of the Internet, Democratic Process, and Government Services Delivery on CO2 Emissions: Panel Quantile Model Approach. *Iranian Journal of Economic Research*, *29*(101), 237-280.

consequences—particularly in terms of CO_2 emissions—have gained attention. Therefore, in this study, using the institutional economics approach, the impact of the Internet, democratic process, and government service provision on CO2 emissions in 63 countries during 2000 to 2020 is examined through the quantile panel method. The results showed that increased internet penetration globally had a positive and significant effect on CO_2 emissions at all quantile levels, except for the 0.95 level. The index of government services delivery exhibited a negative relationship with CO_2 emissions only at the 0.25 and 0.5 quantile levels. Finally, the democratic process showed no meaningful relationship with CO_2 emissions at any quantile level.

1. Introduction

Today's world faces a multitude of environmental challenges, including climate change, water scarcity, air pollution, and biodiversity loss. Climate change, particularly global warming driven by carbon dioxide emissions from fossil fuel combustion, is widely recognized as one of the most significant threats to sustainable development. It not only causes environmental damage but also imposes substantial economic and health costs. In this context, transitioning to a low-carbon economy is essential, and it is of utmost importance to understand the determinants of carbon emissions. Over the past three decades, the global spread of information and communication technologies (ICT) has accelerated dramatically, becoming a key driver of transformation, growth, and innovation. The Internet, as a flagship outcome of the scientific and technological revolution, has gradually ushered human society into the digital age.

Despite these advancements, the role of social structures, governance frameworks, and the delivery of public services remains critical in managing environmental issues. Democratic processes, which emphasize transparency, citizen participation, and accountability can help shape informed environmental policies. Moreover, efficient and digitalized delivery of government services can reduce environmental footprints by decreasing paper consumption and unnecessary travel, whereas inefficient systems may exacerbate pollutant emissions. Consequently, strong political commitments, combined with stringent environmental regulations and improved governmental efficiency, are essential to achieving sustainable development and controlling climate change. In light of these challenges, the present study aimed to examine the simultaneous effects of the growth of the Internet, efficiency of government services delivery, and democratic governance on CO_2 emissions in 63 countries during the period 2000–2020. The objective was to provide a

comprehensive understanding of the structural differences and heterogeneous effects of macroeconomic and institutional factors on pollutant emissions, while offering policy recommendations for effective environmental regulation.

2. Materials and Methods

To accurately assess the effects of the variables, this study employed a panel quantile regression model with fixed effects—a sophisticated econometric tool that allows for the analysis of effects of explanatory variables across the entire distribution of the dependent variable, in this case, CO_2 emissions. Collected from authentic international sources (particularly the World Bank), the data included key economic indicators such as GDP growth, urbanization rates, the proportion of renewable energy consumption, fossil fuel consumption, and the net flow of foreign direct investment. Additionally, the analysis relied on the indices measuring the quality of democratic governance and government services delivery. While the former is based on criteria such as freedom of expression and political stability, the latter encompasses administrative efficiency, regulatory quality, the rule of law, and corruption control. Before model estimation, the dataset underwent rigorous statistical testing, including checks for normality, correlation, and cointegration. Moreover, the variables were transformed into their natural logarithms to ensure homogeneity and consistency. One of the advantages of using the panel quantile regression model is its robustness to outliers and its ability to capture the differential effects of variables at both the lower and upper quantiles of CO_2 emissions. In other words, the effects of Internet penetration or the efficiency of government services delivery may differ between countries with relatively low versus high emission levels. Therefore, the chosen model proved to be well-suited to identify structural differences and heterogeneous effects across nations, yielding statistically robust estimates of the key drivers of pollutant emissions.

3. Results and Discussion

The empirical findings from the panel quantile regression model revealed that an increase in Internet penetration was associated with a statistically significant and positive effect on CO_2 emissions across most quantiles. In particular, at the lower quantiles of emissions, the rise in Internet usage—driven by the energy demands of digital infrastructure and data centers—leads to a marked increase in energy consumption and, consequently, in carbon dioxide emissions. This finding aligns closely with previous research, which suggests that while advancements in ICT improve economic efficiency, they also

considerably increase energy consumption. In contrast, the index of government services delivery exhibited a negative relationship with CO_2 emissions in certain quantiles. This implies that improvements in the efficiency and quality of government services deliver—achieved through institutional reforms and enhanced transparency—can help reduce energy consumption and mitigate pollutant emissions. In effect, policies aimed at streamlining government operations appear to play a vital role in counteracting the adverse environmental effects associated with technological expansion.

Moreover, while the democratic governance index tends to reduce emissions, its effect was not statistically significant. This indicates that merely having democratic structures, without comprehensive institutional reforms, may be insufficient to generate meaningful improvements in environmental quality. Furthermore, control variables such as GDP growth and urbanization rates were found to have a positive and significant effect on CO_2 emissions across most quantiles. This finding reinforces the idea that economic growth and concentrated urban development, when not managed with environmental considerations, can drive increased energy consumption and higher levels of greenhouse gas emissions. In contrast, the share of renewable energy consumption consistently demonstrated a negative effect on emissions, highlighting the critical importance of transitioning to clean energy sources to mitigate environmental degradation. As anticipated, fossil fuel consumption had a strong positive effect on CO_2 emissions across all quantiles.

A key finding of the study is the observed heterogeneity in the effects of economic and institutional variables on CO_2 emissions. For instance, in countries with relatively low emission levels, an increase in Internet penetration tends to have a more significant negative effect on the environment, whereas in countries with higher emission levels, this effect is diminished. These variations highlight the importance of tailored regional policies, as uniform policy measures may not produce equally effective outcomes across different contexts.

4. Conclusion

According to the findings, in the digital age, the growing use of the Internet is a significant driver of increased energy consumption and higher CO_2 emissions. Yet, improvements in the quality and efficiency of government services delivery can effectively counterbalance this trend by reducing overall emissions. From a policy perspective, the research suggests that a comprehensive strategy—one that promotes clean technologies, optimizes energy use within the ICT sector, and implements institutional reforms to enhance public service delivery—

is essential for achieving substantial reductions in carbon emissions and fostering sustainable development. The study demonstrated that countries experiencing rapid growth in Internet penetration should prioritize investments in renewable energy infrastructure and energy consumption optimization. Additionally, improving government performance through increased transparency, accountability, and stringent environmental regulations can significantly reduce pollutant emissions. In other words, environmental policies should be crafted to support both technological and economic progress while simultaneously mitigating adverse environmental effects. Moreover, the research highlights the importance of considering structural heterogeneity among countries. Uniform policy measures may not be equally effective across different national contexts, making it essential to develop region-specific, tailored strategies that account for each country's unique economic, institutional, and environmental conditions. Ultimately, the study offers valuable insights for policymakers and economic decision-makers, providing a foundation for the development of long-term strategies aimed at reducing emissions and building a resilient, green economy.

In sum, the present study suggests that addressing contemporary environmental challenges requires aligning technological progress with institutional reforms and improved public service efficiency to achieve sustainable development and protect the environment. Policymakers are encouraged to incorporate environmental considerations into their broader development plans and to leverage green technologies as essential tools for reducing pollutant emissions. By doing so, a coherent and integrated approach to economic and environmental policy can be established, balancing the demands of growth with the imperative of environmental protection.

Keywords: Internet, Democratic Process, Government Services Delivery, CO_2, Panel Quantile

JEL Classification: O13, O31, O38, Q53, Q55

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۱۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۹/۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷

ISSN:۱۷۲۶-۰۷۲۸

eISSN:۲۴۷۶-۶۴۴۵

-- پژوهش‌های اقتصادی ایران ---------

دوره ۲۹، شماره ۱۰۱، زمستان ۱۴۰۳، ۲۳۷-۲۸۰

ijer.atu.ac.ir

https://doi.org/10.22054/ijer.2025.80119.1286

تحلیل نقش اقتصاد نهادی در تنظیم سیاست‌های زیست‌محیطی: تأثیر اینترنت، روند دموکراتیک و ارائه خدمات دولت بر انتشار CO_2 کاربرد مدل پانل کوانتایل (مطالعه موردی: نمونه جهانی)

نرگس صالح‌نیا* دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

نجمه سوری ناصری دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

وحید رضائی دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

آلودگی زیست‌محیطی از بزرگ‌ترین چالش‌های عصر حاضر است که سلامت انسان و سیاره زمین را به خطر انداخته است. در این میان، اینترنت و شاخص‌های اقتصاد نهادی مانند ارائه خدمات دولت و روند دموکراتیک به‌عنوان سه عنصر کلیدی در توسعه اقتصادی دنیای مدرن، نقشی حیاتی در مقابله با آلودگی و حفظ محیط زیست ایفا می‌کنند. هر کدام از این عوامل به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر میزان انتشار آلاینده‌ها و تخریب محیط زیست تأثیر می‌گذارند. ظهور اینترنت انقلابی در ارتباطات، انتشار اطلاعات و ساختارهای حکومتی در سراسر جهان ایجاد کرده است. هم‌زمان، روند دموکراتیک با تأکید فزاینده بر شفافیت، مشارکت شهروندان و پاسخگویی در حال تکامل است. علاوه بر این، ارائه خدمات دولتی، تسهیل شده توسط فناوری‌های دیجیتال، با هدف بهره‌وری و دسترسی بهتر و آسان‌تر به خدمات دولتی، تحول قابل توجهی داشته است. بااین‌حال، در میان این پیشرفت‌ها، پیامدهای زیست‌محیطی، به‌ویژه از نظر انتشار CO_2، توجه را به خود جلب کرده است. ازاین‌رو در این پژوهش، با بهره‌گیری از رویکرد اقتصاد نهادی، تأثیر اینترنت، روند دموکراتیک و ارائه خدمات دولتی بر انتشار CO_2 در ۶۳ کشور در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ از طریق روش پانل کوانتایل مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که افزایش ضریب نفوذ اینترنت در جهان در همه سطوح کوانتایل به جزء سطح ۰/۹۵ تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار CO_2 دارد. شاخص ارائه خدمات دولت فقط در سطوح کوانتایل ۰/۲۵ و ۰/۵ رابطه منفی با انتشار آلایندگی CO_2 دارد. روند دموکراتیک در تمام سطوح رابطه بی‌معنی با انتشار آلودگی ناشی از CO_2 دارد.

کلمات کلیدی: اینترنت، روند دموکراسی، خدمات دولت، CO_2، پنل کوانتایل

طبقه‌بندی JEL: Q55، Q53، O38، O31، O13.

* نویسنده مسئول: n.salehnia@um.ac.ir

۱. مقدمه

جهان امروز با چالش‌های زیست‌محیطی متعددی مانند تغییرات آب‌وهوایی، کمبود آب، آلودگی هوا و ازبین‌رفتن تنوع زیستی مواجه است. تغییر اقلیم، به‌ویژه گرمایش جهانی ناشی از انتشار دی‌اکسیدکربن حاصل از سوخت‌های فسیلی، یکی از مهم‌ترین تهدیدات توسعه پایدار محسوب می‌شود. این مسئله نه تنها زیرساخت‌ها را تحت تأثیر قرار داده بلکه هزینه‌های اقتصادی و بهداشتی چشمگیری ایجاد کرده است. در نتیجه، حرکت به سمت اقتصاد کم‌کربن ضروری است و شناسایی عوامل مؤثر بر انتشار کربن اهمیت زیادی دارد.

در سه دهه گذشته، استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در جهان به‌طور چشمگیری افزایش‌یافته است و به محرک اولیه تحول، رشد و اختراع اجتماعی تبدیل شده است (Awan, et al., 2022). اینترنت به‌عنوان دستاورد کلیدی انقلاب علمی و فناورانه جدید به‌عنوان یک نیروی مهم برای توسعه صنعتی در سراسر جهان تبدیل و باعث شده است که جامعه انسانی به‌تدریج به‌سوی دوره دیجیتال حرکت کند (Zhang, et al., 2020).

درحالی‌که تمرکز اغلب بر نوآوری‌های تکنولوژیکی و تولید انرژی پاک است، نقش ساختارهای اجتماعی و نهادهای اقتصادی با ایجاد چارچوب‌های قانونی و نهادی مؤثر، با تأثیرگذاری بر رفتارها و تصمیم‌گیری‌ها، نقش کلیدی در تدوین و اجرای سیاست‌های زیست‌محیطی ایفا می‌کنند (Ménard, 2011; Vatn, 2009). ازاین‌رو حکمرانی و نحوه ارائه خدمات دولتی[1] در مدیریت مسائل اقتصادی-زیست‌محیطی بسیار اهمیت دارد. فرایندهای دموکراتیک[2] با مشارکت شهروندان و بحث عمومی می‌توانند سیاست‌های زیست‌محیطی آگاهانه را تسهیل کنند (Payne, 1995). ضعف نهادی و حکمرانی ناکارآمد از عوامل کلیدی مشکلات زیست‌محیطی هستند (Kinda, 2011). در این میان، خدمات دولتی کارآمد و دیجیتال می‌توانند با کاهش مصرف کاغذ و سفرهای غیرضروری، ردپای زیست‌محیطی را به حداقل برسانند، درحالی‌که سیستم‌های ناکارآمد منجر به افزایش آلاینده‌ها می‌شوند (Yasmeen, et al., 2022; Zhang, et al., 2020). بر این اساس، تعهدات سیاسی قوی، همراه با مقررات زیست‌محیطی و بهبود کارایی دولت، برای دستیابی

1. Delivery of Government Services
2. Democratic Process

به توسعه اقتصادی پایدار و کنترل تغییرات اقلیمی ضروری است (Acheampong, et al., 2022).

با توجه به موارد فوق درک عوامل تعیین‌کننده انتشار کربن یک مبنای تجربی برای مبارزه مؤثر با گرمایش جهانی فراهم می‌کند. ازاین‌رو، سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که استفاده از اینترنت و شاخص‌های اقتصادی نهادی مانند روند دموکراتیک و ارائه خدمات دولت چه تأثیری بر انتشار کربن داشته است؟ همچنین این تأثیر با توجه به مقایسه بین گروهی کشورهای مورد مطالعه در چندک‌های مختلف انتشار در کنار سایر متغیرهای اقتصادی مانند تولید ناخالص داخلی، سرمایه گذاری مستقیم خارجی و انواع مصارف انرژی به چه نحوی تغییر می‌کند؟ برای از بین بردن این روابط پیچیده، این مطالعه از مدل پانل چندک استفاده می‌کند. این رویکرد آماری اجازه می‌دهد تا تأثیر اینترنت و شاخص‌های اقتصاد نهادی مانند روند دموکراتیک و ارائه خدمات دولتی را بر انتشار CO2 در سطوح مختلف انتشار (چندک‌ها) در یک مجموعه داده‌های پانل بررسی کند. این رویکرد درک دقیق‌تری را در مقایسه با روش‌های سنتی فراهم می‌کند که فقط اثرات متوسط را تجزیه و تحلیل می‌کنند.

سایر بخش‌های این مطالعه به شرح زیر است: بخش ۲ مروری کوتاه بر مبانی نظری ارائه می‌دهد. بخش ۳ روش‌شناسی و تصریح مدل را مورد بحث قرار می‌دهد. بخش ۴ یافته‌های مربوط به نتایج رگرسیون پانل کوانتایل را بیان می‌کند و بخش ۵ خلاصه و نتیجه‌گیری این مطالعه را ارائه می‌دهد.

۲. مبانی نظری

تا اوایل دهه ۱۹۹۰، پیامدهای زیست‌محیطی فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) به‌طور جدی مورد مطالعه قرار نگرفته بود. از آن زمان به بعد، با رویکرد تحلیل اقتصادی، پژوهش‌ها بر روی اثرات انرژی‌بر ICT آغاز شد. صلاح‌الدین و همکاران[1] (۲۰۱۶)، کوهن و همکاران[2] (۱۹۹۸) و جاکینن و همکاران[3] (۱۹۹۸) از جمله نویسندگانی بودند که برای اولین بار روابط زیست‌محیطی فناوری اطلاعات و ارتباطات را از منظر اقتصاد نظری و مفهومی بررسی کردند. استفاده از اینترنت می‌تواند از سه جهت اصلی بر انتشار گاز کربن تأثیرگذار باشد:

1. Salahuddin, M., et al.
2. Cohen, S., et al.
3. Jokinen, P., et al.

بهبود کارایی تولید، افزایش بهره‌وری در مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های انرژی در کل اقتصاد کلان. به‌ویژه در زمینه افزایش کارایی تولید، جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل منابع از طریق فناوری‌های اینترنتی به عنوان یکی از اجزای اساسی در ایجاد و بهینه‌سازی فرایندهای اقتصادی و تجاری در عصر اقتصاد دیجیتال محسوب می‌شود (Mastykash, et al., 2018). سه کانال اصلی انتقال از فناوری اطلاعات و ارتباطات به انتشار دی‌اکسیدکربن عبارتند از:

۱- کانال مصرف انرژی: افزایش استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند تأثیر مستقیمی بر مصرف انرژی داشته باشد. از یک سو فناوری اطلاعات و ارتباطات باعث بهبود کارایی انرژی و کاهش هزینه‌های تولید انرژی تجدیدپذیر در اقتصاد می‌شود که این خود به کاهش انتشار آلایندگی کمک می‌کند اما استفاده از اینترنت از سوی دیگر باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود که می‌تواند منجر به افزایش انتشار CO2 شود.

۲- کانال بازبودن تجارت: فناوری اطلاعات و ارتباطات، هزینه‌ها و محدودیت‌های مرتبط با تجارت کالاهای مرتبط با انتشار CO2 در اقتصاد را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، اینترنت اطلاعاتی را در مورد مکان عوامل تولید در دسترس قرار می‌دهد و به‌راحتی می‌تواند تجارت بین‌المللی این کالاها را افزایش داده و منجر به رشد اقتصادی از جانب تقاضا شود.

۳- کانال توسعه مالی: نقش کانال مالی در انتقال اثرات اینترنت به انتشار آلایندگی مبهم است. افزایش توسعه بخش مالی اقتصاد از طریق افزایش دسترسی به اعتبار برای شرکت‌ها و خانواده‌ها و بهبود عملکرد اقتصادی از طریق بهبود تسهیلات مالی و ایجاد رقابت بین بخش‌های مالی رسمی و غیررسمی می‌شود (Avom, et al., 2020).

رشد سریع در استفاده از ICT هرچند منجر به بهبود در بهره‌وری و کارایی انرژی در اقتصاد کشورها شده است اما تأثیرات آن بر محیط‌زیست هنوز به‌طور دقیق مشخص نیست (Fettweis & Zimmermann, 2008). ازاین‌رو، از زمان معرفی اینترنت و فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و پررنگ شدن نقش اقتصاد دیجیتال، تأثیر آن بر مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای موضوع مورد بحث و بررسی قرار گرفته است (Hilty, 2008)؛ چراکه با گسترش استفاده از اینترنت و تکنولوژی‌های مرتبط، مصرف انرژی به‌طور چشمگیری در اقتصاد کشورها با درجات توسعه‌یافتگی متفاوت، افزایش‌یافته است. این موضوع اهمیت بسیاری در ارتباط با انتشار CO2، تغییرات آب‌وهوا و محیط‌زیست دارد. از نظر تئوری، ICT یکی از منابعی است که در افزایش سطح انتشار CO2 در ارتباط با تولید

ماشین‌آلات و دستگاه‌های ICT، مصرف انرژی و بازیافت زباله‌های الکترونیکی نقش دارد. علاوه بر این، با افزایش استفاده از اینترنت و شبکه‌های ارتباطی، ترافیک داده، تعداد و اندازه مراکز داده و استفاده از تجهیزات ارتباطی در سطح اقتصاد نیز افزایش‌یافته است. همچنین، این امر به افزایش مصرف انرژی و انتشار CO2 منجر می‌شود. بااین‌حال، انتظار می‌رود فناوری اطلاعات و ارتباطات با توسعه اقتصادی شهرهای هوشمندتر، سیستم‌های حمل‌ونقل، شبکه‌های برق، فرایندهای صنعتی و دستاوردهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، انتشار CO2 را در مقیاس اقتصاد جهانی کاهش دهد (An Hign, et al., 2017).

مطالعه امری[1] (۲۰۱۸) بیان می‌کند به دلیل اینکه تقاضا برای ICT به‌سرعت در حال افزایش است، ازاین‌رو صنعت ICT به‌شدت مصرف انرژی در اقتصاد را افزایش داده و منجر به افزایش انتشار گازهای دی‌اکسیدکربن شده است. افزایش نفوذ ICT چه از نظر کاربران اینترنت و چه از نظر مشترکین تلفن همراه با افزایش انتشار کربن و سطح آلودگی بالاتر است؛ چراکه فناوری اطلاعات و ارتباطات منجر به افزایش تولید و ارزش افزوده اقتصادی در بخش صنعت و مصرف انرژی می‌شود (Avom, et al., 2020).

مطالعه صلاح‌الدین و همکاران (۲۰۱۶) برای کشورهای OECD نشان می‌دهد که دولت‌های OECD برای گسترش استفاده از ICT، به‌ویژه اینترنت، سرمایه‌گذاری می‌کنند. استفاده از اینترنت به‌عنوان متغیر اصلی ICT، اقتصادهای کشورهای OECD در ۲۰ سال گذشته بوده است. این اقتصادها دارای بالاترین سطح مصرف انرژی در جهان هستند و حدود ۸۰٪ از تولید برق هنوز از منابع غیرقابل‌تجدید تأمین می‌شود. بنابراین، گسترش مصرف برق مرتبط با ICT به‌شدت افزایش یافته که به‌طور قابل‌توجهی بر انتشار کربن تأثیر داشته است. چن و همکاران[2] (۲۰۲۲) نشان می‌دهند توسعه اینترنت و اقتصاد دیجیتال، باعث افزایش انتشار کربن می‌شود که از دیدگاه آنها دو دلیل ممکن برای توضیح این یافته وجود دارد: اول، رشد انفجاری اقتصاد منجر به سرمایه‌گذاری منابع بیشتر در زیرساخت اینترنت و افزایش مصرف انرژی در مراکز داده شده است که بر انتشار کربن تأثیر می‌گذارد. دوم، استفاده گسترده از اینترنت به‌عنوان یک عامل اصلی در زندگی اجتماعی و اقتصادی، نیازمند مصرف

1. Amri, F.
2. Chen, F., et al.

بیشتر انرژی است و این مصرف انرژی منجر به افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن به عنوان اثر خارجی در اقتصاد می‌شود.

بااین‌حال، بخشی از ادبیات حاضر تأثیر مثبت توسعه اینترنت را بر اقتصاد سبز نشان می‌دهد؛ چراکه اینترنت استاندارد می‌تواند ارائه خدمات را بهبود بخشد، کارایی و شفافیت کسب‌وکار را افزایش و هزینه‌های تولید در بخشهای مختلف اقتصاد را کاهش دهد که این موارد می‌تواند باعث کارآمدتر شدن مصرف انرژی و کاهش انتشار آلایندگی‌های ناشی از آن شود (Kuang, et al., 2022).

وو و ژانگ[1] (۲۰۲۰) دریافتند که اینترنت فناوری چین و پلتفرم اینترنت به‌طور قابل توجهی بهره‌وری کل عوامل سبز جنگل‌داری اقتصاد این کشور در کوتاه‌مدت را بهبود بخشیده است.

لی و همکاران[2] (۲۰۲۰) اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های اینترنت انرژی[3] را که توسط دولت چین اجرا شده است، ارزیابی کرده‌اند. اینترنت انرژی با استفاده از فناوری اینترنت اشیا باعث ارتقا و خودکارسازی زیرساخت‌های برق برای تولیدکنندگان و تولیدکنندگان انرژی در اقتصاد می‌شود. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهدکه این اقدام، کیفیت هوای شهر آزمایشی و شهرهای اطراف را بهبود بخشیده است.

خونتیا و همکاران[4] (۲۰۱۸) دریافتند که سرمایه‌گذاری سبز فناوری اطلاعات به‌طور مثبت با تأثیر سود بالاتر همراه است و این ارتباط تا حدی با کاهش مصرف انرژی تجهیزات فناوری اطلاعات انجام می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، با استفاده از فناوری اینترنت می‌توان شدت انرژی صنعتی را از طریق پیشرفت‌های فنی و تعدیل ساختاری کاهش داد که باعث حفظ انرژی، کاهش انتشار آلایندگی و در نتیجه توسعه اقتصاد سبز می‌شود.

می و همکاران[5] (۲۰۱۷) استدلال می‌کنند که استفاده از اینترنت فرایند تولید را خودکار می‌کند که باعث افزایش کارایی تولید و کاهش مصرف انرژی می‌شود و در نتیجه در کاهش آلایندگی ناشی از انتشار کربن مؤثر است.

---

1. Wu, L. & Zhang, Z.
2. Li, L., et al.
3. Internet of Energy (IoE)
4. Khuntia, J., et al.
5. May, G., et al.

وو و همکاران[1] (۲۰۲۱) بیان می‌کنند که در مرحله اولیه پیشرفت تکنولوژی، اغلب مردم فقط به رشد اقتصادی توجه و از آلودگی محیط‌زیست غفلت می‌کنند. هنگامی که آلودگی به سطح معینی می‌رسد، سیاست‌گذاران محیط‌زیست، تولیدکنندگان را مجبور می‌کنند که از فناوری تولید پاک (مانند فناوری کم‌کربن)، انرژی پاک (انرژی جدید) و تجهیزات تصفیه آلودگی (قابل بازیافت و تجدیدپذیر) استفاده کنند تا کارایی استفاده از منابع را بهبود بخشند، در نتیجه آلودگی محیط‌زیست در اقتصاد کاهش و کیفیت محیطی افزایش می‌یابد.

جنبه سوم مطالعات بیانگر یک رابطه غیرخطی بین انتشار CO2 و اینترنت است. به بیان دیگر، تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر محیط‌زیست با یک منحنی U شکل معکوس شبیه به منحنی کوزنتس محیطی در ادبیات اقتصاد محیط زیست توصیف شده است. چنین رابطه‌ای نشان می‌دهد که تخریب محیط زیست در ابتدا با پذیرش فناوری اطلاعات و ارتباطات تا آستانه مشخصی افزایش می‌یابد. پس از این آستانه، افزایش پذیرش فناوری اطلاعات و ارتباطات، تخریب محیطی را در اقتصاد کاهش می‌دهد که نشان می‌دهد سطوح بالاتر نفوذ فناوری اطلاعات و ارتباطات با کاهش تخریب محیط‌زیست در بلندمدت همراه است.

مطالعه لی و همکاران[2] (۲۰۲۳) بیانگر یک رابطه U شکل معکوس بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار CO2 است. شواهد بیشتر نشان می‌دهد که رابطه U شکل معکوس بین فناوری اطلاعات و ارتباطات و انتشار CO2 به دلیل ناهمگونی شاخص‌های اقتصادی بین کشورها به‌ویژه تفاوت در مقررات زیست‌محیطی آنها ایجاد می‌شود.

دانش و همکاران[3] (۲۰۱۹) نشان می‌دهند در کشورهای با سطح توسعه اقتصادی بالا و متوسط، فناوری اطلاعات و ارتباطات منجر به کاهش انتشار CO2 و در کشورهای با اقتصاد کمتر توسعه‌یافته باعث افزایش CO2 می‌شود.

لی و همکاران[4] (۲۰۲۳) نشان می‌دهند که اقتصاد دیجیتال تأثیر U شکل معکوس بر انتشار کربن چین دارد. به این صورت که در ابتدا، انتشار کربن را افزایش می‌دهد اما بعداً آنها را مهار می‌کند. اثر کاهش انتشار کربن پس از رسیدن اقتصاد دیجیتال به نقطه عطف U معکوس

1. Wu, H., et al.
2. Li, X., et al.
3. Danish, Zhang, J., et al.
4. Lei, X., et al.

در مناطق توسعه‌یافته‌تر از نظر اقتصادی، قابل توجه‌تر است. ساختار انرژی و کارایی مصرف انرژی در اقتصاد، دو عامل کلیدی هستند که از طریق آن اقتصاد دیجیتال بر انتشار کربن چین تأثیر می‌گذارد.

از سوی دیگر، در کنار زیرساخت‌های فناوری و تکنولوژی تولید، شاخص‌های اقتصاد نهادی مانند روندهای دموکراتیک و اثربخشی دولت، در کنترل آلودگی زیست‌محیطی و گرمایش جهانی نقشی اساسی دارند. حکمرانی و نحوه مدیریت دولت‌ها در اقتصاد نیز تأثیر مستقیمی بر مسائل زیست‌محیطی دارد. دولت‌هایی که از ساختارهای دموکراتیک بهره‌مند هستند، معمولاً در پیاده‌سازی سیاست‌های پایدار موفق‌تر عمل می‌کنند. شفافیت و پاسخگویی در چنین نظام‌هایی، شهروندان را قادر می‌سازد تا اطلاعات زیست‌محیطی را بررسی کرده و بر سیاست‌های اقتصادی دولت تأثیر بگذارند. در مقابل، ضعف در حاکمیت و وجود فساد می‌تواند منجر به سوءمدیریت منابع طبیعی و تخریب محیط‌زیست در اقتصاد شود. همچنین، قوانین و مقررات زیست‌محیطی قوی و کارآمد، نقش اساسی در کاهش انتشار آلاینده‌ها دارند. به‌عنوان نمونه، دولت‌هایی که از بوروکراسی دیجیتال و سیستم‌های بدون کاغذ استفاده می‌کنند، نه‌تنها بهره‌وری خدمات دولتی را افزایش داده بلکه ردپای زیست‌محیطی در اقتصاد را نیز کاهش داده‌اند.

در واقع، به دلیل وجود شکست بازار ناشی از عوامل خارجی و عدم تقارن اطلاعاتی در اقتصاد، دولت‌ها خود را موظف می‌کنند که در بازار دخالت کنند و اصلاحات لازم را انجام دهند. دولت اصلاحات را از طریق مداخله در اقتصاد انجام می‌دهد که اصطکاک بازار را کاهش می‌دهد و کارایی تخصیص منابع را بهبود می‌بخشد. مداخله دولت در اقتصاد، علاوه بر کاهش مشکلات ناشی از شکست‌های بازار، انگیزه‌ای درونی برای توسعه خدمات تولیدی ایجاد می‌کند. این مداخله، تولیدکنندگان را تشویق می‌کند تا با بهینه‌سازی ساختار هزینه‌ها، بهره‌وری اقتصادی خود را افزایش داده و خدمات باکیفیت‌تری ارائه دهند. از سوی دیگر، دولت با سرمایه‌گذاری در علم، فناوری و آموزش، زیرساخت‌های لازم برای رشد اقتصادی پایدار و ارتقای کیفیت زندگی را فراهم می‌کند. این اقدامات نه تنها به بهبود عملکرد بخش تولیدی کمک می‌کند، بلکه موجب تقویت مهارت‌ها، نوآوری و افزایش رقابت‌پذیری در سطح اقتصاد کلان می‌شود (Yan, et al., 2022). بنابراین توانایی یک دولت برای مقابله با

تهدیدات زیست‌محیطی و تغییرات آب‌وهوا به شدت با محیط‌های دموکراتیک مرتبط است (OECD, 2022).

مطالعات اولیه در مورد نقش نهادهای سیاسی و حاکمیتی اقتصاد در انتشار CO2 و محیط زیست، بیشتر معطوف به اثرات دموکراسی بر محیط زیست است.

مطالعات پاین[1] (۱۹۹۵)، لافرتی و مادوکرافت[2] (۱۹۹۶) و میدلارسکی[3] (۱۹۹۸) ازجمله اولین مطالعات مربوط به دموکراسی و اقتصاد محیط زیست هستند.

از نظر پاین (۱۹۹۵) پنج ویژگی دموکراسی شامل ۱) آزادی‌های مدنی و حقوق سیاسی ۲) پاسخگویی رژیم ۳) یادگیری سیاسی ۴) بین‌الملل‌گرایی[4] و ۵) بازارهای باز در اقتصاد منجر به این می‌شود که دموکراسی‌ها منجر به بهبود محیط زیست می‌شود. از نظر او دولت‌های دموکراتیک ذاتاً پاسخگوی شهروندان خود هستند. ازاین‌رو ضرورت انتخاب (یا انتخاب مجدد) آنها منجر به سطح پاسخگویی به افکار عمومی را تضمین می‌کند. میدلارسکی (۱۹۹۸) تأثیر دموکراسی به عنوان یکی از ابعاد مهم اقتصاد نهادی را که با استفاده از سه شاخص مختلف اندازه‌گیری می‌شود، بر روی چندین معیار حفاظت و تخریب محیط زیست، از جمله دی‌اکسیدکربن مطالعه می‌کند. نتایج مطالعه او نشان داد که دموکراسی منجر به تخریب محیط زیست می‌شود.

بنابراین بیشتر مطالعات مرتبط با مبانی نظری اقتصاد نهادگرایی، نقش دموکراسی را مورد ارزیابی قرار می‌دهند و کمتر به بررسی اثر روند دموکراتیک بر انتشار CO2 پرداخته‌اند. لذا این بخش به ادبیات شاخص‌های روند دموکراتیک یعنی صدا و پاسخگویی و ثبات سیاسی و اثر آن بر انتشار CO2 پرداخته شده است. شاخص «صدا و مسئولیت‌پذیری» سطح مشارکت شهروندان در فرآیندهای اقتصاد سیاسی مانند انتخاب دولت و نیز تضمین آزادی‌های بنیادین شامل بیان، تشکل‌ها و استقلال رسانه‌ها را ارزیابی می‌کند. در مقابل، شاخص «ثبات سیاسی و عدم خشونت» در اقتصاد، به سنجش ادراک جامعه از ریسک فروپاشی نهادهای حکومتی، تغییرات ناگهانی در ساختار قدرت یا بروز خشونت‌های سازمان‌یافته با انگیزه‌های سیاسی از جمله تروریسم می‌پردازد.

---

1. Payne, R.A.
2. Lafferty, W.M. & Meadowcroft, J.
3. Midlarsky, M.
4. Internationalism

هرچند که ارتباط بین شاخص‌های اقتصاد نهادگرایی و فرایند دموکراتیک و محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است بااین‌حال، نمی‌توان با قطعیت تعیین کرد که آیا فرایند مطلوب یا مضری بر شرایط ایجاد می‌کند. برخی از دیدگاه‌ها معتقدند که ثبات سیاسی و فرایند دموکراتیک می‌تواند کیفیت زیست‌محیطی اقتصاد یک کشور را بهبود بخشد و منجر به توسعه اقتصاد پایدار شود؛ درحالی‌که برخی دیگر استدلال می‌کنند که ممکن است کیفیت محیط زیست را بهبود نبخشد یا حتی ممکن است آن را بدتر کند. از نظر تجربی، نتایج مختلط هستند.

مطالعات نظری اولیه در زمینه اقتصاد نهادگرایی، نشان می‌دهد که روند دموکراتیک می‌تواند به‌طور مستقیم بر کیفیت محیطی مانند کاهش انتشار کربن و آلودگی تأثیر بگذارد. در کشورهای دموکراتیک، گروه‌های محیط زیست در اطلاع‌رسانی و سازمان‌دهی ساکنان برای حفاظت از محیط زیست بهتر عمل می‌کنند. آنها از مردم حمایت می‌کنند که به روشی کم‌کربن سفر کنند، مصرف کنند و زندگی کنند (Ren, et al., 2020) . علاوه بر این حکومت‌های دموکراتیک ممکن است جریان بهتر اطلاعات را ترویج کنند، از مقررات زیست‌محیطی حمایت کنند و دانش عمومی در مورد مسائل طبیعی را بهبود بخشند (Midlarsky, 1998).

مطالعات ژانگ و همکاران[1] (۲۰۲۴)، شبانی و همکاران[2] (۲۰۲۴) و آدامز و آچامپونگ[3] (۲۰۱۹) مؤید این موضوع هستند که رابطه منفی بین روند دموکراتیک و انتشار CO2 است و وجود حکمرانی خوب می‌تواند منجر به حفظ محیط زیست شود که این خود مؤید تأثیر اجتناب‌ناپذیر ابعاد اقتصاد نهادگرایی بر اقتصاد محیط زیست است.

برعکس، نظریه‌های فوق، برخی از جنبه‌های حکمرانی و اقتصاد نهادگرایی ممکن است به دلیل احتمال به بن‌بست رسیدن بین کسب‌وکارها و سازمان‌های زیست‌محیطی، بر کیفیت محیطی تأثیر منفی بگذارد که منجر به عدم تصمیم‌گیری و یا حذف عوامل حفاظت‌کننده محیط زیست شود (Ghosh, et al., 2023). چهارچوب نظری استدلال‌های مربوط به اینکه چرا فرایندهای دموکراتیک ممکن است مانع حفاظت از محیط‌زیست شود عبارتند از:

1. Zhang, S., et al.
2. Shabani, Z., et al.
3. Adams, S. & Acheampong, A.

۱) مردم خواهان حفاظت از محیط زیست در اقتصاد هستند اما برای آنها نیازهای دیگرشان اولویت دارد.

۲) تقاضای کافی برای حفاظت از محیط زیست و مقایسه با سایر چیزهایی که افراد خودخواه می‌خواهند، وجود ندارد.

۳) به دلیل نیاز به انتخاب مجدد توسط مردم، رهبران دموکراتیک برای اولویت دادن به حفاظت از محیط زیست به بهای منافع دیگر، کار دشواری خواهند داشت.

۴) رهبران غیردموکراتیک می‌توانند این تصمیمات را بدون حمایت عموم مردم اتخاذ کنند (Brenna, 2015).

مطالعه صداوی و همکاران[1] (۲۰۲۴) نشان می‌دهد که ثبات سیاسی صدا و پاسخگویی در کشورهای MENA[2] نه تنها منجر به کاهش انتشار CO2 نشده است بلکه وجود فرایند دموکراتیک منجر به افزایش انتشار CO2 در اقتصاد می‌شود.

گروه سوم از مطالعات به بررسی رابطه غیرخطی بین فرایند دموکراتیک و انتشار CO2 در اقتصاد پرداخته‌اند.

کارتال و همکاران[3] (۲۰۲۳) طی بررسی اثر ثبات سیاسی بر انتشار CO2 در بریتانیا به این نتیجه دست یافتند که ثبات سیاسی اثرات نامتقارن بر انتشار CO2 دارد و ازاین‌رو سیاست‌گذاران باید تلاش‌های بیشتری را برای دستیابی به ثبات سیاسی به منظور حمایت از نوآوری‌ها و فناوری‌های دوستدار محیط زیست برای کاهش اثرات منفی ریسک سیاسی- اقتصادی اختصاص دهند.

آدبایو و همکاران[4] (۲۰۲۲) دریافتند که وجود ریسک سیاسی، کیفیت محیطی را برای نروژ، سوئد، کانادا و سوئیس افزایش می‌دهد. اما ریسک سیاسی کیفیت محیط را در استرالیا، آلمان و دانمارک کاهش می‌دهد.

آیهان و همکاران[5] (۲۰۲۳) اثر نامتقارن عدم قطعیت سیاست اقتصادی و ثبات سیاسی بر CO2 با در نظر گرفتن مصرف انرژی و رشد اقتصادی را در کشورهای G7 مورد بررسی قرار می‌دهند. یافته‌ها نشان می‌دهد رابطه ثبات سیاسی با شاخص انتشار CO_2 از الگویی

1. Sadaoui, N., et al.
2. Middle East and North Africa
3. Kartal, M., et al.
4. Adebayo, T., et al.
5. Ayhan, F., et al.

ناهمگون در بین کشورهای مورد مطالعه تبعیت می‌کند؛ به‌گونه‌ای که در برخی اقتصادها، افزایش ثبات سیاسی به کاهش چشمگیر انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر شده، حال آنکه در کشورهای دیگر، این متغیر اثر افزایشی بر آلایندگی محیط زیستی را نشان می‌دهد.

دولت‌ها علاوه بر نقش حکمرانی از طریق انواع خدمات، می‌توانند نقش مهمی در مبارزه با آلودگی‌های زیست‌محیطی از طریق مقررات مربوط به آب‌وهوای پاک در اقتصاد (شامل استانداردهای کیفیت هوا برای آلاینده‌های خاص، الزامات کنترل آلودگی برای منابع آلودگی و ممنوعیت یا محدودیت استفاده از مواد شیمیایی یا فناوری‌های مضر)، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه فناوری‌های پاک، سرمایه‌گذاری در حمل‌ونقل عمومی، تشویق افراد از طریق یارانه‌ها به استفاده از راه‌حل‌های مناسب برای حفاظت از محیط زیست، اعمال مالیات‌های مربوط به محیط زیست و افزایش هزینه انتشار آلودگی و... داشته باشند. به‌طور کلی، مقررات زیست‌محیطی به منظور کاهش اثر منفی اثرات خارجی فعالیت‌های اقتصادی بر محیط زیست، در نظر گرفته شده است.

حاکمیت قانون یکی از ابعاد حکمرانی و شاخص ارائه خدمات دولت در اقتصاد است که در قالب یک سیستم قضایی کارآمد، حقوق مالکیت تعریف می‌شود. وجود حاکمیت قانون می‌تواند اثرات شکست بازار را به حداقل برساند. لذا نظام حاکمیتی می‌تواند اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر کیفیت محیط زیست داشته باشد (Abid, 2016). علاوه بر این، دولت و سازمان‌های کارآمد می‌تواند به ترویج تحقیق و توسعه فناوری‌های سبز و نهایتاً رشد سبز اقتصاد کمک کند تا محیطی پاک را ترویج می‌کند .این بدان معناست که دولت می‌تواند از طریق سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه و اجرای مؤثر استراتژی‌های اقتصادی، آلودگی‌های زیست‌محیطی را کاهش دهد (Salman, et al., 2019). اگر قوانین زیست‌محیطی مانند سیاست قیمت‌گذاری کربن همراه با سیاست‌های کاهش مصرف انرژی باشد، اثرگذاری آن در اقتصاد را افزایش می‌دهد (Sarfraz, et al., 2021).

فیشر و نیوول[1] (۲۰۰۸) سیاست‌های مختلف زیست‌محیطی را برای کاهش دی‌اکسیدکربن ارزیابی کرده‌اند. از نظر آنها کارآمدترین سیاست، قیمت‌گذاری انتشار گازهای گلخانه‌ای است و پس از آن استاندارد عملکرد انتشار، مالیات بر سوخت‌های فسیلی،

1. Fischer, C. & Newell, R.

الزامات سهم انرژی‌های تجدیدپذیر، حمایت مالی از انرژی‌های تجدیدپذیر و حمایت از تحقیق و توسعه در اقتصاد است.

نوس و همکاران[1] (۲۰۲۰) با بررسی مقررات زیست‌محیطی بر آلودگی زیست‌محیطی مانند انتشار گاز CO2 در کشورهای اتحادیه اروپا نشان دادند که مقررات زیست‌محیطی به‌طور مؤثر انتشار گاز CO2 را در درازمدت کاهش می‌دهد. علاوه بر این، سیاست‌های اقتصادی که از منابع انرژی تجدیدپذیر حمایت می‌کنند، انتشار گاز CO2 را در کوتاه‌مدت و بلندمدت کاهش می‌دهند.

احمد[2] (۲۰۲۰) و آسونگو و اودیامبو[3] (۲۰۲۰) نشان می‌دهند که سیاست‌های سختگیرانه زیست‌محیطی و حاکمیت نهادی (شامل کنترل فساد و حاکمیت قانون)، انتشار CO2 در اقتصاد را تعدیل می‌کنند.

بااین‌حال، مقررات زیست‌محیطی بیش از حد سختگیرانه ممکن است اثرات زیست‌محیطی متفاوتی داشته باشد؛ دیدگاه‌های متفاوتی از محققان در این زمینه وجود دارد. برخی از یافته‌های تحقیقاتی از نظریه «پارادوکس سبز[4]» در اقتصاد حمایت می‌کنند که مقررات زیست‌محیطی سختگیرانه در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مؤثر نیستند بلکه تولیدکنندگان انرژی برای جلوگیری از هزینه‌های بیشتر، استخراج انرژی را تسریع می‌کنند که منجر به نتیجه معکوس سیاست‌های زیست‌محیطی در اقتصاد می‌شود (Yirong, 2022 & Tavares & Robaina, 2023).

جایچاندران[5] (۲۰۱۵) علاوه بر نقش سیاست‌گذاری اقتصادی دولت در کاهش آلایندگی‌های زیست‌محیطی استدلال می‌کند که با بهبود اثربخشی دولت، مانند اتخاذ سیاست‌های مناسب و پایدار، اجرای قوانین معقول و افزایش هزینه‌های غیرقانونی، دولت‌ها تمایل دارند به‌طور مؤثر سیاست‌های حفاظت از محیط زیست و رشد اقتصادی پایدار را اتخاذ کنند.

1. Neves, S., et al.
2. Ahmed, K.
3. Asongu, S. & Odhiambo, N.
4. Green Paradox
5. Jayachandran, S.

کشورهایی که دولت‌های کارا را حفظ می‌کنند (بوروکراسی حداقلی، خدمات عمومی کارآمد، یکپارچگی مالی و مدیریت بهتر منابع عمومی) می‌توانند از تولیدکنندگان در مورد انتشار آلایندگی اطمینان حاصل کنند و قوانین و مقررات دولتی مربوط به انتشار CO2 را به‌طور مؤثرتر اجرا کنند (Pushak, et al., 2007 & Abid, 2016).

سان و هیوانگ[1] (۲۰۲۰) و چن و همکاران (۲۰۲۲) با تأکید نقش شهرنشینی بر انتشار کربن نتیجه می‌گیرند که اثرات غیرمستقیم ناشی از مداخله سیاست دولت، به تدوین اقدامات مؤثر اقتصادی برای کاهش تخریب محیط زیست کمک می‌کند و افزایش کارآمدی دولت به‌عنوان یک تغییردهنده، منجر به کاهش اثرات منفی شهرنشینی بر افزایش انتشار کربن می‌شود.

علاوه بر نقش اقتصاد فناوری اطلاعات و ارتباطات و شاخص‌های حکمرانی در انتشار کربن، مرور مطالعات بر نقش رشد تولید ناخالص داخلی اقتصاد آسلام و همکاران[2] (۲۰۲۱) و حق و همکاران[3] (۲۰۲۴)، مطالعات آچامپونگ و همکاران[4] (۲۰۲۲)، کائو و همکاران[5] (۲۰۲۳) و ماوجی[6] (۲۰۲۳) بر نقش انرژی‌های تجدیدپذیر و سوخت‌های فسیلی لی و ژائو[7] (۲۰۲۳) و باتنگ و همکاران[8] (۲۰۲۴) بر نقش سرمایه‌گذاری خارجی در انتشار کربن تأکید می‌کنند. ازاین‌رو عواملی مانند رشد اقتصادی، سوخت‌های فسیلی، انرژی تجدیدپذیر و سرمایه‌گذاری خارجی نیز به‌عنوان متغیرهای کنترلی وارد مدل شده‌اند.

با توجه به اهمیت جنبه‌های حکمرانی و شاخص‌های اقتصاد نهادگرایی در انتشار CO2، در این مطالعه از شاخص روند دموکراتیک و شاخص ارائه خدمات دولت براساس مطالعات هلیول و هوانگ[9] (۲۰۰۸) استفاده شده است. شاخص روند دموکراتیک نشان‌دهنده عملکرد اصول و شیوه‌های دموکراتیک است که توسط حاکمیت قانون پشتیبانی می‌شود. همچنین جنبه‌هایی مانند ثبات سیاسی و پاسخگویی را شامل می‌شود. شاخص ارائه خدمات دولت در اقتصاد، اشاره به اثربخشی و کارایی دولت در ارائه خدمات به شهروندان دارد که شامل

1. Sun, W. & Huang, C.
2. Aslam, B., et al.
3. Haq, Z., et al.
4. Acheampong, A., et al.
5. Cao, J., et al.
6. Mawejje, J.
7. Lee, C. & Zhao, Y.
8. Boateng, E., et al.
9. Helliwell, J.F. & Huang, H.

جنبه‌هایی مانند اثربخشی دولت، کیفیت قوانین و مقررات، حاکمیت قانون و کنترل فساد می‌شود.

با توجه به اینکه انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی پدیده‌ای چندبعدی است که از تعامل عوامل اقتصادی، جمعیتی، فناورانه و نهادی تأثیر می‌پذیرد، در این مطالعه به جای استفاده از روش‌های متداول داده‌های تابلویی که در بسیاری از مطالعات بین‌کشوری برای شناسایی عوامل مؤثر بر انتشار CO2 به کار رفته است، از رویکرد رگرسیون پانل کوانتایل بهره گرفته شده است تا ارتباط میان انتشار CO2 و سایر متغیرها در سطوح مختلف انتشار بررسی شود. این موضوع از چند جنبه حائز اهمیت است: جنبه نخست به گسترش بحث منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (EKC[1]) به عنوان یکی از نظریات قوی اقتصادی بازمی‌گردد. این منحنی بیان می‌کند که رابطه میان انتشار آلاینده‌ها و رشد اقتصادی به‌صورت غیرخطی و به شکل U وارونه است اما این رابطه ممکن است در سطوح مختلف انتشار CO2 متفاوت باشد. رویکرد پانل کوانتایل امکان تحلیل دقیق‌تر این تفاوت‌ها را فراهم می‌کند (Cheng, et al., 2021 & Wang, 2013). همچنین این رویکرد رگرسیون کوانتایل برای پرداختن به مشکلاتی که ممکن است به‌شدت بر دقت تخمین تأثیر بگذارد، از جمله نقاط پرت و توزیع غیرنرمال نیز مفید است (Powell, 2022).

مطالعات آوان و همکاران[2] (۲۰۲۲)، آدبایو و آچامپونگ[3] (۲۰۲۲) و وی و اولا[4] (۲۰۲۲) به بررسی اثر متغیرهای مختلف بر انتشار کربن با استفاده از مدل‌های پانل کوانتایل پرداخته‌اند. این مطالعات با بهره‌گیری از این روش توانسته‌اند نگاهی دقیق‌تر به رابطه میان متغیرهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی با انتشار CO2 در سطوح مختلف انتشار ارائه دهند. نتایج این تحقیقات نشان داده است که تأثیر عوامل مختلف مانند رشد اقتصادی، مصرف انرژی، توسعه فناوری و سیاست‌های زیست‌محیطی در سطوح مختلف انتشار (از کمترین تا بیشترین کوانتایل‌ها) متفاوت است. این امر اهمیت استفاده از رویکرد رگرسیون کوانتایل را برای تحلیل ناهمگنی تأثیر متغیرها در شرایط مختلف کشورها یا مناطق برجسته

1. Environmental Kuznets Curve
2. Awan, A., et al.
3. Adebayo, T.S. & Acheampong, A.
4. Wei, L. & Ullah, S.

می‌سازد و بینش‌های جدیدی برای تدوین سیاست‌های مناسب در جهت کاهش انتشار کربن فراهم می‌کند.

۳. روش‌شناسی و تصریح مدل

در این بخش ابتدا به معرفی متغیرهای به‌کار گرفته در مدل پرداخته می‌شود و سپس در بخش روش‌شناسی پژوهش، مدل رگرسیون پانل کوانتایل معرفی می‌شود.

۳-۱. معرفی متغیرها و مدل پژوهش

این پژوهش با استفاده از یک مدل رگرسیون پانل کوانتایل اثر ثابت به بررسی اثر اینترنت، و شاخص‌های اقتصاد نهادگرایی مانند روند دموکراتیک و ارائه خدمات دولت بر انتشار کربن می‌پردازد. داده‌های انتشار CO2، نرخ رشد اقتصادی، نفوذ اینترنت، جمعیت شهری، انرژی تجدیدپذیر و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از داده‌های بانک جهانی[1] و داده‌های مصرف سوخت فسیلی از پایگاه جهانی داده‌های ما[2] برای دوره ۲۰۲۰-۲۰۰۰ و ۶۳ کشور که با توجه به داده‌های موجود متغیرها و دوره مورد مطالعه انتخاب شده اند، استفاده شده است. نام کشورها به همراه توزیع کشورها از لحاظ انتشار دی‌اکسیدکربن در جدول ۱ ذکر شده است.

کشورهایی مانند چین، هند و ایالات متحده بالاترین انتشار دی‌اکسیدکربن را در جهان دارند و نشان‌دهنده این است که این کشورها سهم قابل‌توجهی از انتشار جهانی CO2 را دارند. کشورهایی مانند اسپانیا، کانادا و استرالیا در دسته‌های میانی قرار دارند. این کشورها ممکن است اقدامات خوبی در جهت کنترل انتشار CO2 انجام داده باشند اما همچنان سهم قابل‌توجهی در سطح جهانی دارند. کشورهای کوچکتری مانند اسلوونی، لوکزامبورگ و لتونی در پایین‌ترین کوانتایل انتشار کربن قرار دارند که نشان‌دهنده انتشار کم CO2 نسبت به سایر کشورها است.

1. World Bank.
2. Ourworldindata

جدول ۱. توزیع کشورها ازلحاظ انتشاردی اکسیدکربن

نام کشور	کوانتایل	نام کشور	کوانتایل	نام کشور	کوانتایل
اسلوونی	۰/۰۵	شیلی	۰/۵	لهستان	۰/۷۵
لتونی	۰/۰۵	کلمبیا	۰/۵	اسپانیا	۰/۷۵
لوکزامبورگ	۰/۰۵	فنلاند	۰/۵	ترکیه	۰/۷۵
بلغارستان	۰/۲۵	یونان	۰/۵	اوکراین	۰/۷۵
کرواسی	۰/۲۵	مجارستان	۰/۵	امارات متحده عربی	۰/۷۵
دانمارک	۰/۲۵	کویت	۰/۵	برزیل	۰/۹۵
ایرلند	۰/۲۵	مراکش	۰/۵	کانادا	۰/۹۵
اردن	۰/۲۵	فیلیپین	۰/۵	آلمان	۰/۹۵
لبنان	۰/۲۵	پرتغال	۰/۵	اندونزی	۰/۹۵
نیوزلند	۰/۲۵	سوئد	۰/۵	ایران	۰/۹۵
نروژ	۰/۲۵	آرژانتین	۰/۷۵	ایتالیا	۰/۹۵
سنگاپور	۰/۲۵	استرالیا	۰/۷۵	مکزیک	۰/۹۵
جمهوری اسلواکی	۰/۲۵	چک	۰/۷۵	فدراسیون روسیه	۰/۹۵
سوئیس	۰/۲۵	مصر	۰/۷۵	عربستان سعودی	۰/۹۵
ترینیداد و توباگو	۰/۲۵	فرانسه	۰/۷۵	آفریقای جنوبی	۰/۹۵
اتریش	۰/۵	قزاقستان	۰/۷۵	انگلستان	۰/۹۵
بنگلادش	۰/۵	مالزی	۰/۷۵	چین	بالای ۹۵/۰
بلاروس	۰/۵	هلند	۰/۷۵	هند	بالای ۹۵/۰
بلژیک	۰/۵	پاکستان	۰/۷۵	ایالات متحده آمریکا	بالای ۹۵/۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شاخص‌های اقتصاد نهادی روند دموکراتیک و ارائه خدمات دولت براساس مطالعه هلیول و هوانگ (۲۰۰۸) با استفاده از شاخص‌های حکمرانی یعنی حق اظهارنظر و پاسخ‌گویی، ثبات سیاسی، کارایی دولت، کیفیت قوانین و مقررات، حاکمیت قانون و کنترل فساد استخراج شده است. شاخص روند دموکراتیک از میانگین شاخص‌های حق اظهارنظر

و پاسخ‌گویی و ثبات سیاسی و شاخص ارائه خدمات دولت از میانگین شاخص‌های کارایی دولت، کیفیت قوانین و مقررات، حاکمیت قانون و کنترل فساد ساخته شده است. جدول ۲ تعریف متغیرهای وابسته و مستقل به‌کاررفته در پژوهش را توصیف می‌کند.

جدول ۲. معرفی متغیرهای مدل

نام متغیر	شرح متغیرها	معیار سنجش
$CO2$	آلودگی محیط زیست	انتشار کربن (kt)
INT	نفوذ اینترنت	افرادی که از اینترنت استفاده می‌کنند (درصدی از جمعیت)
GDP	سطح تولید	تولید ناخالص داخلی (نرخ رشد)
REC	انرژی تجدیدپذیر	مصرف انرژی تجدیدپذیر (درصدی از کل انرژی)
FEC	انرژی فسیلی	مصرف انرژی فسیلی (کیلووات‌ساعت)
TUP	شهرنشینی	کل جمعیت شهری (درصدی از کل جمعیت)
FDI	سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	جریان خالص ورودی سرمایه خارجی (درصدی از تولید ناخالص داخلی)
GDM	روند دموکراتیک	ترکیبی از ۲ شاخص حق اظهارنظر و پاسخ‌گویی و ثبات سیاسی
LGDE	شاخص ارائه خدمات دولت	ترکیبی از ٤ شاخص کارایی دولت، کیفیت قوانین و مقررات، حاکمیت قانون و کنترل فساد

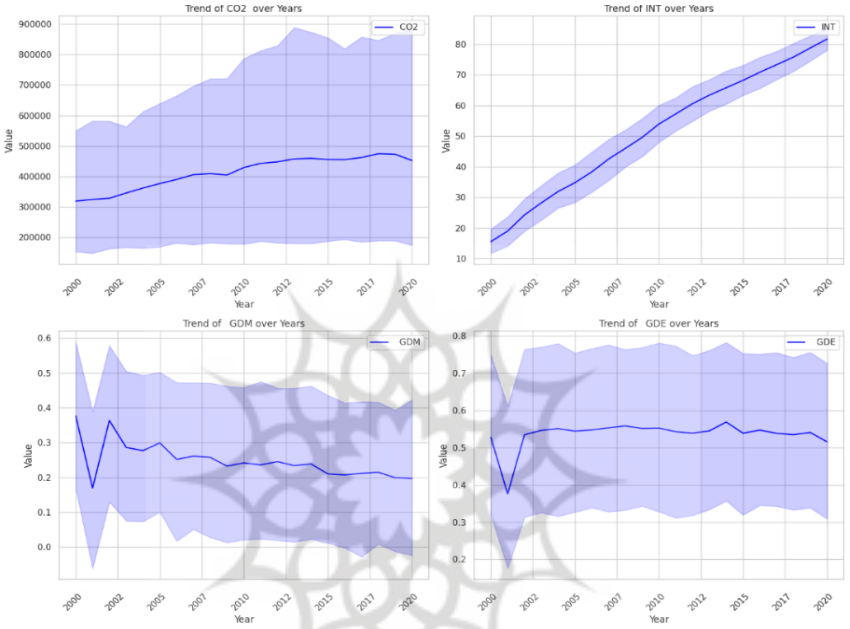
مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۱ روند متغیرهای CO2، درصد افرادی که از اینترنت استفاده می‌کنند و زیرشاخص‌های حکمرانی یعنی روند دموکراتیک و ارائه خدمات دولت را برای دوره ۲۰۲۰-۲۰۰۰ نشان می‌دهد.

نمودار روند CO2 نشان می‌دهد که طی این دوره مورد مطالعه (۲۰۲۰-۲۰۰۰) در حالت کلی روند صعودی است. کاهش انتشار کربن‌دی‌اکسید (CO2) در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۲۰ به ترتیب ناشی از بحران مالی ۲۰۰۸ و رکود بزرگ در آن دوره و شیوع جهانی ویروس کرونا (COVID-19) بوده است. همچنین این نمودار نشان می‌دهد که انتشار CO2 در کشورهای مختلف، ناهمگنی بالایی دارد. نمودار روند نفوذ اینترنت (INT) طی دوره مورد مطالعه صعودی است و همچنین کشورهای مختلف از لحاظ درصد افرادی که از اینترنت استفاده می‌کنند نسبتاً از همگنی برخوردارند. نمودارهای روند دموکراتیک (GDM) نشان می‌دهد که روند دموکراتیک در جهان بدتر شده است. همچنین نمودار ارائه خدمات دولت

در اقتصاد (GDE) از سال ۲۰۰۵ به بعد روند ثابتی را نشان می‌دهد. نمودار مربوط به شاخص‌های حکمرانی نشان‌دهنده تفاوت بالای کشورها از لحاظ نهادهای سیاسی و حکمرانی حاکم بر آن‌ها و سطح خدماتی که دولت‌ها در اقتصاد آن‌ها ارائه می‌دهند، است.

نمودار ۱. روند متغیرهای اصلی مدل (۲۰۲۰-۲۰۰۰)



مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به اینکه داده‌ها دارای مقیاس‌های مختلف هستند، برای هموارسازی داده‌ها و ارائه یافته‌های سازگارتر، داده‌ها به فرم لگاریتم طبیعی تبدیل می‌شوند. با توجه به مطالب فوق می‌توان مدل را به‌صورت رابطه (۱) تصریح کرد:

$$Q_{y_{it}}(\tau \mid \alpha_i, \xi_t, x_{it}) = \alpha_i + \xi_t + \beta_{1\tau} LINT_{it} + \beta_{2\tau} GDP_{it} + \beta_{3\tau} LREC_{it} + \quad (۱)$$
$$+\beta_{4\tau}\mathrm{LFEC_{it}} + \beta_{5\tau}\mathrm{LTUP_{it}} + \beta_{6\tau}\mathrm{LFDI_{it}} + \beta_{7\tau}\mathrm{LGDM_{it}} + \beta_{8\tau}\mathrm{LGDE_{it}}$$

۳-۲. روش‌شناسی پژوهش

تکنیک‌های رگرسیون سنتی بر روی اثرات میانگین تمرکز می‌کنند و تأثیر یک متغیر کمکی را بر میانگین شرطی متغیر وابسته تعیین می‌کند که ممکن است منجر به تخمین کمتر یا بیش

از حد ضریب مربوطه یا حتی ناتوانی در تشخیص روابط مهم شود (Binder & Coad, 2011). اکثر متغیرهای اقتصادی معمولاً دارای نقاط پرت و توزیع غیرنرمال هستند (Lin & Xu, 2018). در نتیجه، تخمین این مدل‌ها ممکن است نتایج جعلی به همراه داشته باشد؛ ازاین‌رو ایده رگرسیون چندکی توسط کونکر و باست[1] (۱۹۷۸) ارائه شد. مدل رگرسیون کوانتایل (چندک) امکان تعیین تأثیر یک متغیر کمکی بر کل توزیع‌های شرطی متغیر وابسته را فراهم می‌کند. تخمین رگرسیون چندک نسبت به پرت و توزیع نامتقارن قوی است.

مدل رگرسیون کوانتایل، برای چندک τ ام متغیر وابسته y_i که تابع خطی از متغیر توضیحی x_i است، به‌صورت رابطه (۲) است.

$$Q_{y_i}(\tau \mid x_i) = x_i^T \beta_\tau \qquad (۲)$$

هرچند رگرسیون چندکی نسبت به داده‌های پرت مقاوم است و به فروضی مانند نرمال بودن جملات خطا و یکسان بودن واریانس جملات خطا حساس نیست و در صورت وجود ناهمسانی واریانس، قوی‌تر و قابل‌اتکاتر است (مظهری و همکاران، ۱۳۹۸ و جباری و سالم، ۱۴۰۲)، بااین‌حال یک محدودیت رگرسیون کوانتایل این است که ناهمگونی مشاهده نشده اقتصاد یک کشور را در نظر نمی‌گیرد. ناهمگونی مشاهده نشده به تفاوت‌های بین اقتصادکشورها اشاره دارد که توسط متغیرهای مشاهده شده در تجزیه و تحلیل ثبت نشده است. به‌عنوان مثال، ممکن است تفاوت‌هایی در عوامل اقتصاد نهادی، عوامل فرهنگی، یا سایر ویژگی‌های غیرقابل‌مشاهده وجود داشته باشد که می‌تواند بر رابطه بین متغیرهای مورد علاقه تأثیر بگذارد. برای رفع این محدودیت، در این مقاله از روش کوانتایل پنل با اثرات ثابت استفاده می‌شود. این روش امکان تخمین اثرات متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته در کوانتایل‌های مختلف را فراهم می‌کند و درعین‌حال ناهمگونی مشاهده نشده کشورهای در تجزیه و تحلیل را نیز در نظر می‌گیرد (Zhu, et al., 2016). مدل رگرسیون کوانتایل با اثر ثابت به‌صورت رابطه (۳) خواهد بود.

$$Q_{y_{th}}(\tau_k \mid \alpha_i, x_{it}) = \alpha_i + x_{it}^{'} \beta(\tau_k) \qquad (۳)$$

بااین‌حال، مدل رگرسیون کوانتایل با اثرات ثابت در پنل دارای معایب خاص خود است. وقتی تعداد افراد یا واحدهای مشاهده به بی‌نهایت میل می‌کند، تعداد اثرات ثابت که با α_i

1. Koenker, R. & Bassett Jr, G.

نشان داده می‌شوند به‌صورت ناپایداری افزایش می‌یابد؛ بدین معنا که نتایج و تخمین‌های به‌دست آمده براساس داده‌های مختلف مشابه و سازگار نیست و نتایج به‌طور معناداری تغییر می‌کند. ناپایداری در تخمین اثرات ثابت به این دلیل است که با افزایش تعداد مقاطع، مدل ممکن است به‌طور غیرقابل پیش‌بینی به تغییرات در داده‌ها واکنش نشان دهد و این می‌تواند دقت تخمین‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین برخی از اثرات ثابت ممکن است ناشناخته یا غیرقابل مشاهده باشند اما همچنان بر تخمین‌های مدل تأثیر می‌گذارند. کونکر[1] (۲۰۰۴) برای حل این مسئله یک عبارت جریمه برای پارامترهای اضافی پیشنهاد می‌کند تا اثرات اضافی پارامترها را کاهش دهد. این به معنای ترکیب بهترین تعداد پارامترها و کاهش پیچیدگی مدل است. همچنین برای تخمین مدل از روش‌های کمینه‌سازی پارامترهای مدل (شامل هم اثرات متغیرهای مستقل و هم اثرات ثابت ناشناخته) برای بهینه‌سازی استفاده می‌شود.

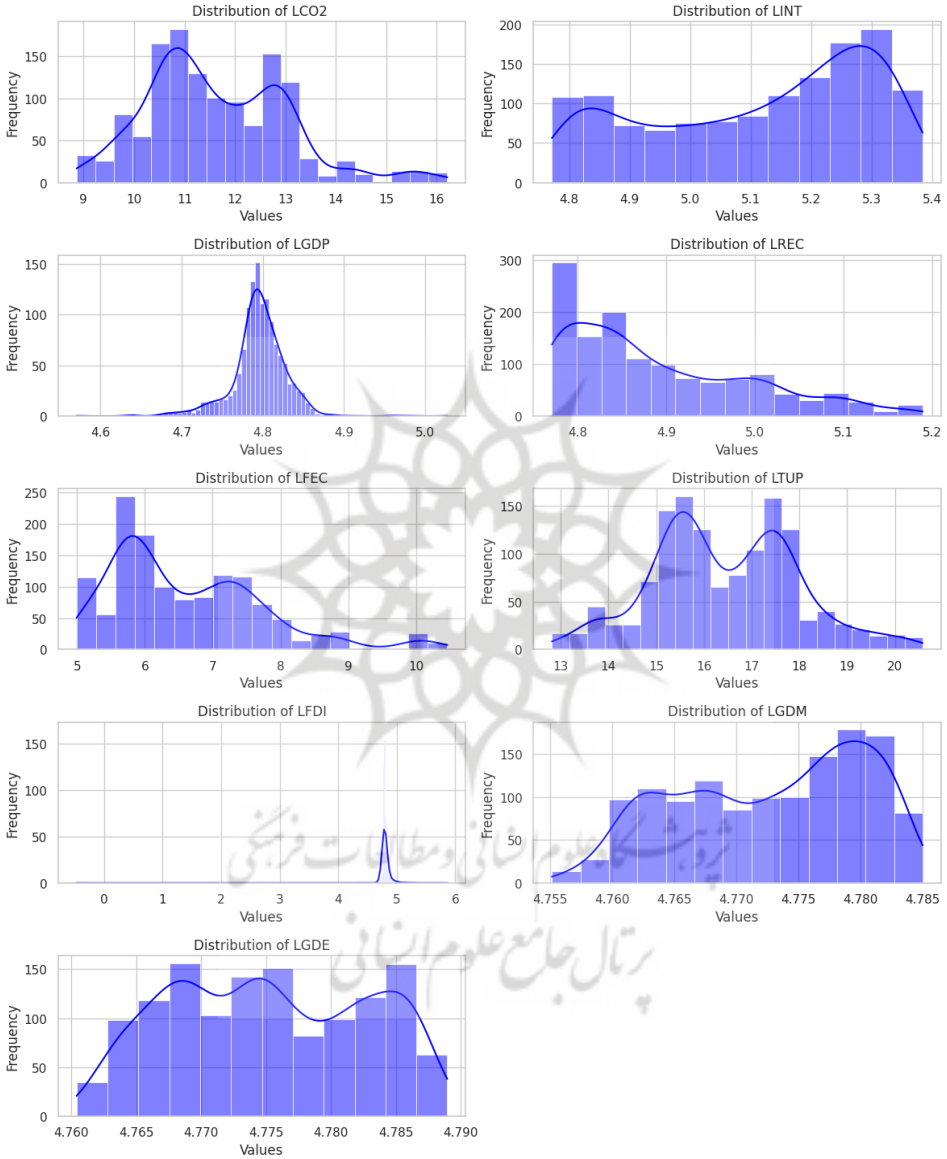
$$\min_{(\alpha,\beta)} \sum_{k=1}^{K} \sum_{t=1}^{T} \sum_{i=1}^{N} w_k \rho_{\tau_k}\left(y_{it} - \alpha_i - x_{it}^{T}\beta(\tau_k)\right) + \lambda \sum_{i}^{N} |\alpha_i| \qquad (۴)$$

در رابطه (۴) عبارت i نشان‌دهنده کشورهای مورد مطالعه، N نشان‌دهنده تعداد کل کشورها است. T نشان‌دهنده تعداد مشاهدات در هر کشور، K بیانگر کوانتایل‌ها است که داده‌ها را به گروه‌های مختلف تقسیم می‌کنند و x نشان‌دهنده ماتریس متغیرهای توضیحی مورد استفاده در مدل رگرسیون است. تابع زیان کوانتایل که به‌صورت ρ_{τ_k} نشان داده می‌شود، معیاری از تفاوت بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده در یک کوانتایل خاص است. وزن نسبی که به‌صورت w_k نشان داده می‌شود، وزن داده شده به هر کوانتایل در تخمین اثر ثابت است که سهم هر کوانتایل را در تخمین کلی کنترل می‌کند. λ پارامتر کنترل است که برای کنترل اثرات فردی در تخمین β (ضریب متغیرهای توضیحی) استفاده می‌شود (Zhu, et al., 2016).

1. Koenker, R.

٤. برآورد مدل

نمودار ۲. توزیع متغیرها



مأخذ: یافته‌های پژوهش

برای بررسی اثرات متغیرهای اینترنت و شاخص‌های اقتصاد نهادی روند دموکراتیک و شاخص ارائه خدمات دولت بر انتشار CO2 در این بخش ابتدا نرمال بودن متغیرها پیش از انجام برآورد مدل اقتصادسنجی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه، همبستگی مقطعی، مانا بودن متغیرها و آزمون هم‌انباشتگی نیز مورد بررسی قرار می‌گیرند. جدول ۳ بیانگر آماره‌های توصیفی و نمودار ۲ بیانگر نمودارهای توزیع فراوانی است.

جدول ۳. آمار توصیفی متغیرها

متغیر	میانگین	میانه	واریانس	انحراف معیار	دامنه تغییرات	چولگی	کشیدگی
LCO2	۱۱/٦٤۱	۱۱/۳۸۳	۲/۰۰۷	۱/٤۱۷	۷/۳٤۸	۰/٦۳۸	۰/٤٤٤
LINT	۵/۱۱٦	۵/۱۵۹	۰/۰۳٤	۰/۱۸۳	۰/٦۱۳	-۰/٤۲٦	-۱/۱٦۸
LGDP	٤/۷۹۵	٤/۷۹٦	۰/۰۰۱	۰/۰۳٤	۰/٤۵۷	-۰/۳۸٦	٦/۰۰۵
LREC	٤/۸۹۱	٤/۸۵۷	۰/۰۱۱	۰/۱۰٤	۰/٤۱۸	۰/۸٤۵	-۰/۲۱٤
LFEC	٦/٦۰۹	٦/۲۹۳	۱/۲۷۷	۱/۱۳۰	۵/٤٦٦	۱/۰۲۰	۰/۹۳۸
LTUP	۱٦/٤۳۱	۱٦/۲۲۸	۲/۳۰۳	۱/۵۱۷	۷/۷٦٦	۰/۱۷۱	-۰/۲۰۵
LFDI	٤/۸۰۳	٤/۷۹۲	۰/۰۲۷	۰/۱٦٤	٦/۳۳٤	-۲٤/۹۸۷	۸۱۷/۳۲۳
LGDM	٤/۷۷۳	٤/۷۷٤	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷	۰/۰۳۰	-۰/۲۹۲	-۱/۱۵۷
LGDE	٤/۷۷۵	٤/۷۷۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷	۰/۰۲۹	۰/۰۳۷	-۱/۱۷۸

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به نمودار ۲ و آماره چولگی در جدول ۳، این آماره بیانگر معیاری از عدم تقارن داده‌ها است. مقادیر این آماره در جدول ۳ نشان می‌دهد که داده‌ها نامتقارن و نسبت به توزیع نرمال دارای انحراف هستند. مقدار آماره چولگی برای داده‌های LINT، LGDP،LFDI و LGDM منفی است و نشان‌دهنده این است که این داده‌ها اغلب در سمت چپ توزیع هستند. سایر متغیرها دارای چولگی مثبت یا چوله به راست هستند. با توجه به اینکه متغیر وابسته LCO2 دارای توزیع غیرنرمال است، انتظار می‌رود نتایج آزمون کوانتایل نسبت به نتایج آزمون OLS قوی‌تر باشند.

قبل از انجام آزمون مانایی پانل دیتا، باید آزمون وابستگی بین مقاطع به‌منظور انتخاب آزمون ریشه واحد مناسب انجام شود. چرا که آزمون‌های ریشه واحد مرسوم پانلی (مانند Levin, Lin & Chui، Im, Pesaran & Shin، Hadri و...) فرض می‌کنند بین مقاطع

استقلال وجود دارد. در صورت وجود عدم استقلال مقاطع، احتمال وقوع نتایج ریشه واحد کاذب را افزایش خواهد داد (Pesaran, 2007 & Barbieri, 2009). ازاین‌رو به‌منظور بررسی وابستگی بین مقاطع از آزمون وابستگی بین مقاطع پسران استفاده شده است. نتایج آزمون استقلال مقطعی جدول ۴ نشان می‌دهد هیچ‌گونه وابستگی بین مقاطع وجود ندارد و لذا می‌توان از آزمون‌های ریشه واحد مرسوم پانلی استفاده کرد.

جدول ٤. آزمون استقلال مقطعی پسران

مقدار آماره	احتمال
٤/٩٤	۰/۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

برای بررسی مانایی متغیرها از آماره Fisher-ADF استفاده شده که توسط مادلا و وو[1] (۱۹۹۹) پیشنهاد شده است. نتایج آزمون مانایی در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. آزمون ریشه واحد Fisher-ADF (سطح)

نام متغیر	آماره	chi-squared	احتمال
LCO۲		۱/۲۸	۰/۱۰
LINT		۲۲/٥٤	۰/۰۰
LGDP		۱۱/۸٥	۰/۰۰
LREC		-۲/۰۸	۰/۹۸
LFEC		-۰/۲۹	۰/٦۱
LTUP		٤۸/۸٤	۰/۰۰
LFDI		۳٤/۸٤	۰/۰۰
LGDM		۱٤/۷٥	۰/۰۰
LGDE		٦/۸۲	۰/۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

متغیرهای LCO2، LREC و LFEC در سطح ۵ درصد معنادار نیستند. ازاین‌رو برای حل نامانایی این متغیرها از آنها تفاضل مرتبه اول گرفته می‌شود. نتایج آزمون ریشه واحد

1. Maddala, G.S. & Wu, S.

Fisher-ADF تفاضل مرتبه اول متغیرهای LCO2، LREC و LFEC در جدول ۶ نشان می‌دهد که این متغیرها با یک بار تفاضل‌گیری در سطح ۵ درصد معنادار شده‌اند.

جدول ٦. آزمون ریشه واحد Fisher-ADF (تفاضل مرتبه اول)

نام متغیر	آماره chi-squared	احتمال
LCO۲	۱۰/٦۷	۰/۰۰
LREC	٦/۳۵	۰/۰۰
LFEC	۱۱/٤٦	۰/۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به وجود متغیرها با درجه مانایی متفاوت در الگو، لازم است تا قبل از برآورد الگوی اقتصادسنجی به بررسی هم‌انباشتگی کل الگو پرداخته شود تا از برازش یک الگوی جعلی خودداری گردد و رابطه بلندمدت بین متغیرهای مستقل و توضیحی مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از آزمون کائو[1] (۱۹۹۹) استفاده شده است. جدول ۷ نتایج آزمون هم‌انباشتگی کائو را نشان می‌دهد. با توجه به معنی‌دار بودن آزمون در سطح ۵ درصد، هم‌انباشتگی کل الگو قابل رد کردن نیست و مشکل برآورد جعلی وجود نخواهد داشت. علاوه بر این، نتایج تأیید می‌کند که ارتباط بلندمدت متغیرهای مورد مطالعه نیز وجود دارد.

جدول ۷. آزمون هم‌انباشتگی Kao

برآوردگرها	آماره F	سطح احتمال
Modified Dickey–Fuller t	-۲/۰٤	۰/۰۲
Dickey–Fuller t	-۲/۰۳	۰/۰۲
Augmented Dickey–Fuller t	۱٦/۲۹	۰/۰۰
Unadjusted modified Dickey–Fuller t	-۲/۸۹	۰/۰۰
Unadjusted Dickey–Fuller t	-۲/۵۱	۰/۰۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

1. Kao, C.

نتایج رگرسیون پانل کوانتایل

جدول ۸. نتایج برآورد مدل اقتصادسنجی

کوانتایل		۰/۰۵			۰/۲۵			۰/۵۰	
متغیرها	ضریب	آماره t	احتمال	ضریب	آماره t	احتمال	ضریب	آماره t	احتمال
LINT	۰/۱۵	۲/۶۰	۰/۰۱	۰/۱۳	۳/۸۵	۰/۰۰	۰/۱۱	٤/۸٤	۰/۰۰
LGDP	۰/۲۵	۱/۳۷	۰/۱۷	۰/۲۰	۱/۸۸	۰/۰٦	۰/۱٦	۲/۱۹	۰/۰۳
LREC	-۲/٤٦	-۷/۹۵	۰/۰۰	-۲/۳۹	-۱۳/۳۸	۰/۰۰	-۲/۳٤	-۱۸/۸۷	۰/۰۰
LFEC	۰/۸٤	۱۱/۰۵	۰/۰۰	۰/۸۱	۱۸/۵٤	۰/۰۰	۰/۷۹	۲٦/۰۷	۰/۰۰
LTUP	۰/۲۰	۲/٦٦	۰/۰۱	۰/۲۱	٤/۷۸	۰/۰۰	۰/۲۲	۷/۰۷	۰/۰۰
LFDI	-۰/۰۲	-۱/۸۱	۰/۰۷	-۰/۰۲	-۲/٤۸	۰/۰۱	-۰/۰۲	-۲/۸٦	۰/۰۰
LGDM	-۲/٤۰	-۰/٦۸	۰/۵۰	-۰/۹۱	-۰/٤٤	۰/٦٦	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۸۸
LGDE	-۳/۸۰	-۰/۸۱	۰/٤۲	-٤/٤۱	-۱/٦۲	۰/۱۱	-٤/۸٦	-۲/۵۸	۰/۰۱
کوانتایل		۰/۷۵			۰/۹۵				
متغیرها	ضریب	آماره t	احتمال	ضریب	آماره t	احتمال			
LINT	۰/۱۰	۳/۳۲	۰/۰۰	۰/۰۸	۱/٦۹	۰/۰۹			
LGDP	۰/۱۳	۱/۳۵	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۵٦	۰/۵۸			
LREC	-۲/۲۹	-۱٤/٦۸	۰/۰۰	-۲/۲٤	-۸/۸۸	۰/۰۰			
LFEC	۰/۷۷	۲۰/۲٤	۰/۰۰	۰/۷۵	۱۲/۲۰	۰/۰۰			
LTUP	۰/۲۲	۵/۷۵	۰/۰۰	۰/۲۳	۳/٦٦	۰/۰۰			
LFDI	-۰/۰۱	-۱/۷٤	۰/۰۸	-۰/۰۱	-۰/۷۱	۰/٤۸			
LGDM	۱/۲۷	۰/۷۱	۰/٤۸	۲/٤۷	۰/۸٦	۰/۳۹			
LGDE	-۵/۲۹	-۲/۲۳	۰/۰۳	-۵/۷۸	-۱/۵۱	۰/۱۳			

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج برآورد اثر سطح نفوذ اینترنت و شاخص‌های اقتصاد نهادی روند دموکراتیک و ارائه خدمات دولت بر انتشار آلایندگی CO_2 در جدول ۸ ارائه شده است. بیان این نکته ضروری

است که در ادبیات رگرسیون کوانتایل، عموماً معادله در سطح دهک‌ها برآورد می‌شود که در این پژوهش در کوانتایل‌های مختلف ۰/۰۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۰/۹۵ محاسبات صورت‌گرفته است.

نتایج جدول ۸ نشان می‌دهد که استفاده از اینترنت در سطوح کوانتایل‌های ۰/۰۵، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵تأثیر مثبت و معنی‌داری بر انتشار CO2 دارد که بیشترین تأثیر آن در سطح کوانتایل ۰/۰۵ است. یعنی در سطح چندک ۰/۰۵، به‌ازای یک واحد افزایش در افزایش استفاده از اینترنت، آلایندگی ناشی از CO2 به میزان ۰/۱۵ افزایش می‌یابد. با افزایش سطح کوانتایل میزان اثرگذاری اینترنت بر CO2 کاهش می‌یابد؛ بنابراین این نتایج در راستای مطالعات آووم و همکاران[1] (۲۰۲۰) و امری (۲۰۱۸) است زیرا مراکز داده، شبکه‌های ارتباطی و تجهیزات مرتبط با ICT به‌طور مداوم در اقتصاد انرژی مصرف می‌کنند. این مصرف انرژی معمولاً از منابع فسیلی مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ تأمین می‌شود که باعث انتشار CO2 می‌شود.

شاخص ارائه خدمات دولت در سطوح کوانتایل ۰/۲۵ و ۰/۵ رابطه منفی با انتشار آلایندگی CO2 دارد. این مسئله بیانگر این است که خدمات دولت‌ها در راستای کاهش انتشار آلایندگی نتیجه‌بخش بوده است و دولت‌ها با ترویج استفاده از انرژی‌های پاک در اقتصاد، تشویق به استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی، تنظیم استانداردهای زیست‌محیطی، سرمایه‌گذاری در حمل‌ونقل عمومی و تحقیقات در فناوری‌های اقتصاد سبز، توانسته‌اند تأثیر مثبتی در مدیریت محیط زیست و کاهش آلایندگی داشته باشند. این نتایج در راستای یافته‌های سارفراز و همکاران[2] (۲۰۲۱) و فیشر و نیوول (۲۰۰۸) است.

شاخص روند دموکراتیک هر چند رابطه منفی با انتشار CO2 دارد اما رابطه آن‌ها معنادار نیست. این نشان می‌دهد که وجود یک دولت دموکراتیک (که معمولاً با ارزش‌هایی همچون حقوق شهروندی و مشارکت مردمی همراه است) ممکن است به‌تنهایی برای کاهش آلایندگی در اقتصاد کافی نباشد.

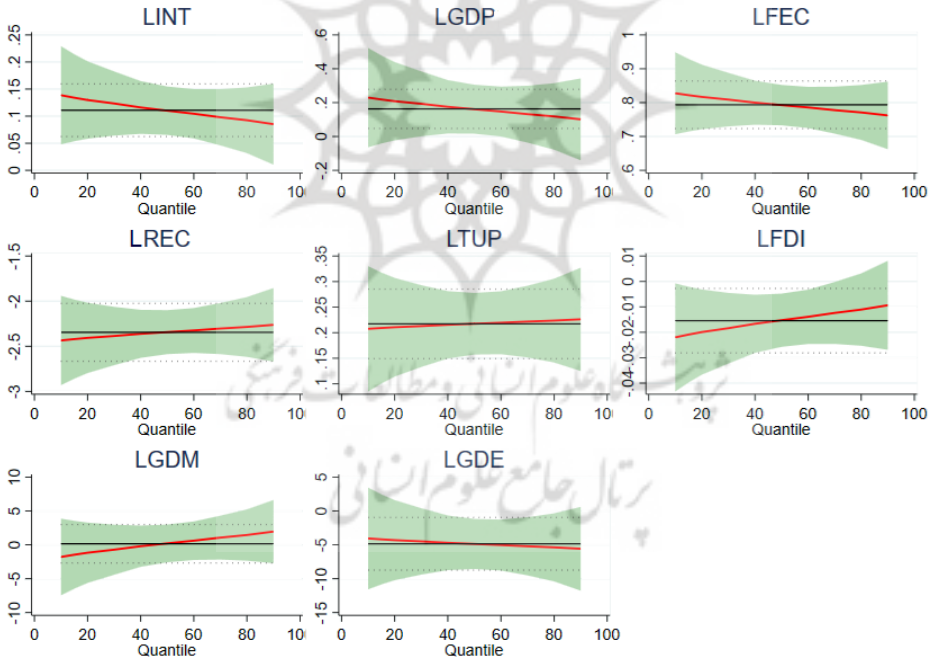
رشد تولید ناخالص داخلی اقتصاد هرچند بر انتشار آلایندگی تأثیر مثبت دارد اما فقط در سطح کوانتایل ۰/۵ یعنی مقادیر میانی و متوسط انتشار این متغیر بر انتشار CO2 تأثیر دارد و

1. Avom, D., et al.
2. Sarfraz, M., et al.

سایر سطوح کوانتایل هرچند تأثیر مثبت دارد اما رابطه آن‌ها معنادار نیست. مصرف انرژی تجدیدپذیر در تمام سطوح کوانتایل تأثیر منفی و معناداری بر انتشار CO2 دارد. یعنی با افزایش استفاده از انرژی‌های پاک انتظار می‌رود سطح آلودگی ناشی از CO2 کاهش یابد اما برخلاف مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر، مصرف سوخت‌های فسیلی در تمام سطوح دارای رابطه مثبت و معنادار با انتشار آلایندگی است.

جمعیت شهری مانند مصرف سوخت‌های فسیلی در تمام سطوح کوانتایل تأثیر مثبت و معناداری بر انتشار CO2 دارد و با افزایش جمعیت شهری انتظار می‌رود CO2 افزایش یابد. سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در اقتصاد در سطوح کوانتایل ۰/۰۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ دارای رابطه منفی و معنادار با انتشار CO2 است که این نتیجه می‌تواند بیانگر این باشد که سرمایه‌گذاری خارجی امکان ورود تکنولوژی‌های کم‌کربن را فراهم می‌کند.

نمودار ۳. تأثیر متغیرهای توضیحی بر CO2 در سطوح مختلف کوانتایل



مأخذ: محاسبات پژوهش

نمودار ۳ اثرگذاری هر یک از متغیرها را بر انتشار CO2 در کوانتایل‌های مختلف نشان می‌دهد. میزان اثرگذاری مثبت LINT، LFEC و LGDP بر انتشار CO2 با افزایش کوانتایل، کاهش می‌یابد اما میزان اثرگذاری مثبت متغیر LTUP بر CO2 با افزایش سطح کوانتایل افزایش می‌یابد. تأثیر منفی متغیرهای LRCE، LFDI و LGDE بر انتشار CO2 با افزایش سطوح کوانتایل افزایش می‌یابد.

٤-١. آزمون ضرایب بین کوانتایلی و استحکام ضرایب مدل

در نهایت برای بررسی اینکه آیا تفاوتی میان ضرایب رگرسیون برای دو یا چند کوانتایل مختلف یک متغیر مستقل وجود دارد و اینکه آیا نتایج مدل دارای پایداری و قدرت تعمیم‌پذیری است، از آزمون‌های ضرایب بین کوانتایلی و استحکام مدل استفاده می‌شود.

برای کنترل اینکه ضرایب روی متغیر وابسته درکوانتایل‌های مختلف مقدار یکسانی دارند آزمون آماری والد محاسبه می‌شود (Aldieri & Vinci, 2017). فرضیه‌های این آزمون بیان می‌کنند که آیا تفاوت معنی‌داری بین ضرایب در کوانتایل‌های مختلف وجود دارد یا خیر که در این پژوهش برابری ضرایب کوانتایل‌های ۰/۰۵، ۰/۵ و ۰/۹۵ متغیرها بررسی شده است.

جدول ۹. آزمون برابری ضرایب بین کوانتایل‌ها

متغیر	آماره آزمون F	احتمال
LINT	۲۲/٤٥	۰/۰۰
LGDP	٤/۸۲	۰/۰۰
REC	۲۲/۹٦	۰/۰۰
LFEC	۱٤/٥٤	۰/۰۰
LTUP	۲۳/٥۳	۰/۰۰
LFDI	۰/۳٥	۰/۷۰
LGDM	۱٤/۳۸	۰/۰۰
LGDE	۱۱/۷٥	۰/۰۰

مأخذ: محاسبات پژوهش

آزمون والد برابری ضریب در کوانتایل‌های مختلف است که نشان می‌دهد فرضیه صفر ضریب برابری در سطح ۰/۰۵ برای تمام متغیرها بجز LFDI رد می‌شود. به‌عبارت‌دیگر ضرایب متغیرها بین کوانتایل‌ها با هم برابر نیستند.

برای بررسی استحکام مدل در این پژوهش از آزمون‌های حذفی برای بررسی پایداری مدل استفاده شده است. در این آزمون‌ها، برخی از داده‌ها حذف شده و سپس مدل با داده‌های باقی‌مانده مجدداً برازش می‌شود تا اثرات حذف داده‌ها بر نتایج مدل ارزیابی شود. برای این منظور متغیر LFDI از مدل حذف می‌شود و مجدداً مدل برازش می‌شود و آزمون والد برابری بین ضرایب مجدد برای مدل جدید انجام می‌شود. نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد که با حذف متغیر کنترلی LFDI، با توجه به اینکه احتمال کمتر از سطح معنی‌داری ۰/۰۵ است، فرضیه مربوطه رد می‌شود و این نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در ضرایب بین کوانتایل‌های مورد نظر پس از حذف LFDI وجود دارد و این نتایج استحکام مدل را تأیید می‌کند.

جدول ۱۰. نتایج آزمون استحکام مدل

متغیر	آماره آزمون F	احتمال
LINT	۲۷/۵۳	۰/۰۰
LGDP	٤/۹۰	۰/۰۱
LREC	۱۷/۷۸	۰/۰۰
LFEC	۱۳/۸٤	۰/۰۰
LTUP	۲۵/۰٤	۰/۰۰
LGDM	۱٤/۷۱	۰/۰۰
LGDE	۱۵/۳۸	۰/۰۰

مأخذ: محاسبات پژوهش

۵. خلاصه و نتیجه‌گیری

استفاده روزافزون از اینترنت در زندگی روزمره به افزایش مصرف انرژی در اقتصاد منجر شده است. مصرف برق فراوان مراکز داده، تولید و دفع زباله‌های الکترونیکی، استخراج ارزهای دیجیتال، فعالیت‌های آنلاین، تجارت الکترونیکی و تأثیرات غیرمستقیم مانند تولید سخت‌افزار و زیرساخت‌ها و استفاده روزافزون از دستگاه‌های متصل به اینترنت مانند

تلفن‌های هوشمند، تبلت‌ها و دستگاه‌های خانگی هوشمند است که نیازمند باتری یا برق برای عملکرد خود هستند که همگی به افزایش مصرف انرژی منجر شده است.

علاوه بر این، خدمات دولت در یک جامعه با روندهای دموکراتیک که بازتابی از اقتصاد نهادی تلقی می‌شوند، می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر مصرف انرژی و سطح آلودگی در اقتصاد کشورها داشته باشند. به‌عنوان مثال، دولت‌ها اغلب نقش مهمی در توسعه اقتصادی و اجرای سیاست‌های انرژی پایدار دارند که به کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کنند. این شامل ارائه تشویق‌ها و تسهیلات مالی برای استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، ترویج استفاده از وسایل نقلیه عمومی و ایجاد استانداردها و مقررات زیست‌محیطی برای صنایع و کسب‌وکارهای اقتصاد می‌شود. در نتیجه، نقش دولت در تدوین و اجرای سیاست‌های مناسب در زمینه محیط زیست برای کاهش مصرف انرژی و آلودگی بسیار حیاتی است.

بنابراین، با توجه به ظهور اقتصاد دیجیتال و افزایش نفوذ اینترنت در جهان و نقش قوانین و مقررات زیست‌محیطی در این مطالعه اثر افزایش نفوذ اینترنت، و شاخص‌های اقتصاد نهادی روند دموکراتیک و ارائه خدمات دولت بر انتشار کربن با استفاده از داده‌های ۶۳ کشور برای دوره ۲۰۲۰- ۲۰۰۰ و با به‌کارگیری مدل پنل کوانتایل مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج بیانگر این است که به‌طور کلی، با افزایش استفاده از اینترنت و تکنولوژی‌های مرتبط، مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز افزایش می‌یابد. افزایش ارائه خدمات دولتی می‌تواند منجر به کاهش آلایندگی شود. علاوه بر این رشد تولید ناخالص داخلی، افزایش جمعیت شهری و استفاده از سوخت‌های فسیلی تأثیر مثبتی بر انتشار آلایندگی ناشی از CO_2 دارد. از طرف دیگر سرمایه‌گذاری خارجی و انرژی تجدیدپذیر رابطه عکس با انتشار CO_2 دارند.

بنابراین، ازآنجاکه اینترنت و فناوری‌های ارتباطی تأثیرات منفی بر مصرف انرژی و انتشار CO_2 دارند، لازم است تا راهکارها و سیاست‌های مناسبی برای کاهش این تأثیرات اتخاذ شود. از طرف دیگر با توجه به رابطه مثبت خدمات دولت در کاهش آلایندگی، با افزایش ارائه خدمات از طرف دولت و اتخاذ سیاست‌های اقتصادی می‌توان به کاهش مصرف انرژی و انتشار CO_2 در صنعت اینترنت و فناوری‌های ارتباطی دست یافت و محیط زیست را حفظ کرد. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش مصرف انرژی، بازیافت و استفاده

مجدد از دستگاه‌های الکترونیکی، انتخاب گزینه‌های پایدارتر برای فعالیت‌های آنلاین، بهینه‌سازی مصرف انرژی در مراکز داده، تشویق به تولید تجهیزات ارتباطی کم‌مصرف، استفاده از فناوری‌های پاک و مسئولیت‌پذیری مشترک از سوی شرکت‌ها، دولت‌ها و مصرف‌کنندگان، قوانین و مقررات سخت‌گیرانه برای محدودکردن میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات سبک زندگی فردی، می‌تواند به کاهش آلایندگی و حفاظت از محیط زیست و توسعه پایدار اقتصادی کمک کند.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

ORCID

Narges Salehnia https://orcid.org/0000-0002-7505-5335

Najmeh Sourinaseri https://orcid.org/0009-0001-5083-6055

Vahid rezaei https://orcid.org/0009-0005-6411-1484

منابع

مظهری آوا، مریم، فتاحی، شهرام و سهیلی، کیومرث. (۱۳۹۸). بررسی عوامل مؤثر بر فشار بازار ارز در کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته: رویکرد پنل کوانتایل. *پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۲۷ (۹۲)، ۲۲۷-۲۵۶. SID. https://sid.ir/paper/364141/fa

جباری، لیلا و سالم، علی‌اصغر . (۱۴۰۲). بررسی اثر غیرخطی تغییر ساختار اشتغال بر انتشار دی‌اکسید کربن در استان‌های ایران با استفاده از مدل پنل کوانتایل. *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۸ (۹۶)، ۱۲۳-۱۶۲ . doi: 10.22054/ijer.2022.64527.1051

References

Abid, M. (2016). Impact of economic, financial, and institutional factors on CO2 emissions: evidence from sub-Saharan Africa economies. *Utilities Policy*, 41, 85-94. https://doi.org/1016/10/j.jup.06/2016.009

Acheampong, A.O., Opoku, E.E.O. & Dzator, J. (2022). Does democracy really improve environmental quality? Empirical contribution to the environmental politics debate. *Energy Economics*, 109, 105942. https://doi.org/1016/10/j.eneco.105942/2022

Adams, S. & Acheampong, A.O. (2019). Reducing carbon emissions: the role of renewable energy and democracy. *Journal of Cleaner Production*, 240, 118245. https://doi.org/1016/10/j.jclepro.118245/2019

Adebayo, T.S. & Acheampong, A.O. (2022). Modelling the globalization-CO2 emission nexus in Australia: evidence from quantile-on-quantile approach. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(7), 9867-9882. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-16368-y

Adebayo, T.S., Saint Akadiri, S., Uhunamure, S.E., Altuntaş, M. & Shale, K. (2022). Does political stability contribute to environmental sustainability? Evidence from the most politically stable economies. *Heliyon*, *8*(12). https://doi.org/1016/10/j.heliyon.2022.e12479

Ahmed, K. (2020). Environmental policy stringency, related technological change and emissions inventory in 20 OECD countries. *Journal of Environmental Management*, 274, 111209. https://doi.org/1016/10/j.jenvman.111209/2020

Aldieri, L. & Vinci, C.P. (2017). Quantile regression for panel data: an empirical approach for knowledge spillovers endogeneity. *International Journal of Economics and Finance*, *9*(7). doi: 5539/10/ijef.v9n7p106

Amri, F. (2018). Carbon dioxide emissions, total factor productivity, ICT, trade, financial development, and energy consumption: testing environmental Kuznets curve hypothesis for Tunisia. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 33691-33701. https://doi.org/1007/10/s11356-018-3331-1

An Hign, D., Gholami, R. & Shirazi, F. (2017). ICT and environmental sustainability. *Telematics and Informatics*, *34*(4), 85-95. https://dl.acm.org/doi/abs/1016/10/j.tele.01/2017.001

Aslam, B., Hu, J., Shahab, S., Ahmad, A., Saleem, M., Shah, S.S.A. & et al. (2021). The nexus of industrialization, GDP per capita and CO2 emission in China. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101674. https://doi.org/1016/10/J.ETI.101674/2021

Asongu, S.A. & Odhiambo, N.M. (2020). Governance, CO2 emissions and inclusive human development in sub-Saharan Africa. *Energy Exploration & Exploitation*, *38*(1), 18-36. https://doi.org/1177/10/0144598719835594

Avom, D., Nkengfack, H., Fotio, H.K. & Totouom, A. (2020). ICT and environmental quality in Sub-Saharan Africa: Effects and transmission channels. *Technological Forecasting and Social Change*, 155, 120028. https://doi.org/1016/10/j.techfore.120028/2020

Awan, A., Abbasi, K.R., Rej, S., Bandyopadhyay, A. & Lv, K. (2022). The impact of renewable energy, internet use and foreign direct investment on carbon dioxide emissions: A method of moments quantile analysis. *Renewable Energy*, 189, 454-466. https://doi.org/1016/10/j.renene.03/2022.017

Awan, A., Kocoglu, M., Banday, T.P. & Tarazkar, M.H. (2022). Revisiting global energy efficiency and CO2 emission nexus: fresh evidence from the panel quantile regression model. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(31), 47502-47515.

https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-022-19101-5

Ayhan, F., Kartal, M.T., Kılıç Depren, S. & Depren, Ö. (2023). Asymmetric effect of economic policy uncertainty, political stability, energy consumption, and economic growth on CO2 emissions: evidence from G-7 countries. *Environmental Science and Pollution Research, 30*(16), 47422-47437. https://link.springer.com/article/1007/10/s11356-023-25665-7

Barbieri, L. (2009). Panel unit root tests under cross-sectional dependence: An overview. *Journal of Statistics: Advances in Theory and Applications, 1*(2), 117158.https://www.researchgate.net/publication/267090484_Panel_Unit_Root_Tests_under_Cross-sectional_Dependence_An_Overview

Binder, M. & Coad, A. (2011). From Average Joe's happiness to Miserable Jane and Cheerful John: Using quantile regressions to analyze the full subjective well-being distribution. *Journal of Economic Behavior & Organization, 79*(3), 275-290. https://doi.org/1016/10/j.jebo.02/2011.005

Boateng, E., Annor, C.B., Amponsah, M. & Ayibor, R.E. (2024). Does FDI mitigate CO2 emissions intensity? Not when institutional quality is weak. *Journal of Environmental Management*, 354, 120386. https://doi.org/1016/10/j.jenvman.120386/2024

Brenna, K.A. (2015). Democracy and Climate Change The relationship between democracy and CO2-emissions (Master's thesis). http://urn.nb.no/URN:NBN:no-53168

Cao, J., Zhang, J., Chen, Y., Fan, R., Xu, L., Wu, E. & Wu, S. (2023). Current status, future prediction and offset potential of fossil fuel CO2 emissions in China. *Journal of Cleaner Production*, 139207. https://doi.org/1016/10/j.jclepro.139207/2023

Cheng, C., Ren, X., Dong, K., Dong, X. & Wang, Z. (2021). How does technological innovation mitigate CO2 emissions in OECD countries? Heterogeneous analysis using panel quantile regression. *Journal of Environmental Management*, 280, 111818. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111818

Chen, F., Liu, A., Lu, X., Zhe, R., Tong, J. & Akram, R. (2022). Evaluation of the effects of urbanization on carbon emissions: The transformative role of government effectiveness. *Frontiers in Energy Research*, 10, 848800. https://doi.org/3389/10/fenrg.848800/2022

Cohen, S., Demeritt, D., Robinson, J. & Rothman, D. (1998). Climate change and sustainable development: towards dialogue. *Global Environmental Change, 8(4)*, 341-371. https://doi.org/1016/10/S0959-3780(98)00017-X

Danish, Baloch, M.A., Mahmood, N. & Zhang, J.W. (2019). Effect of natural resources, renewable energy and economic development on CO2 emissions in BRICS countries. *Sci. Total Environ*. 678, 632–638. https://doi.org/1016/10/J. SCITOTENV.05/2019.028

Danish, Zhang, J., Wang, B. & Latif, Z. (2019). Towards cross-regional sustainable development: The nexus between information and communication technology, energy consumption, and CO2 emissions. *Sustainable Development, 27*(5), 990-1000.

https://doi.org/1002/10/sd.2000

Fischer, C. & Newell, R.G. (2008). Environmental and technology policies for climate mitigation. *Journal of Environmental Economics and Management, 55*(2), 142-162. https://doi.org/10.1016/j.jeem.2007.11.001

Ghosh, S., Hossain, M.S., Voumik, L.C., Raihan, A., Ridzuan, A.R. & Esquivias, M.A. (2023). Unveiling the spillover effects of democracy and renewable energy consumption on the environmental quality of BRICS countries: A new insight from different quantile regression approaches. *Renewable Energy Focus*, 46, 222-235. https://doi.org/1016/10/j.ref.06/2023.004

Jabbari, L. & Salem, A.A. (2023). Investigating the nonlinear effect of employment structure change on carbon dioxide emissions in Iran's provinces using the quantile panel model. *Iranian Economic Research*, *28*(96), 123-162. https://doi.org/10.22054/ijer.2022.64527.1051 [in Persian]

Jayachandran, S. (2015). The Roots of Gender Inequality in Developing Countries. *Annu. Rev. Econ.* 7, 63–88. doi:1146/10/annurev-economics-080614-115404

Jokinen, P., Malaska, P. & Kaivo-Oja, J. (1998). The environment in aninformation society': A transition stage towards more sustainable development?. *Futures, 30*(6), 485-498. https://doi.org/1016/10/S0016-3287(98)00054-8

Haq, Z.U., Mehmood, U., Tariq, S. & Mariam, A. (2024). The impacts of globalization and GDP on Co2 emissions: do technological innovation and renewable energy lower some burden in saarc countries. *Journal of the Knowledge Economy*, *15*(3), 1–24. https://link.springer.com/article/10.1007/s13132-023-01704-z

Helliwell, J.F. & Huang, H. (2008). How's your government? International evidence linking good government and well-being. *British Journal of Political Science*, *38*(4), 595-619. https://doi.org/10.1017/S0007123408000306

Hilty, L.M. (2008). Information technology and sustainability: essays on the relationship between ICT and sustainable development. BoD–Books on Demand.

Fettweis, G. & Zimmermann, E. (2008). ICT energy consumption—Trends and challenges. In Proceedings of the 11th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (pp. 1-6). Lapland, Finland.https://www.vodafone-chair.org/pbls/legacy/gerhard-fettweis/ICT_Energy_Consumption_-_Trends_and_Challenges.pdf

Kao, C. (1999). Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data. *Journal of Econometrics*, *90*(1), 1-44. https://doi.org/1016/10/S0304-4076(98)00023-2

Kartal, M.T., Kılıç Depren, S. & Kirikkaleli, D. (2023). Asymmetric effect of political stability on production-based CO2 emissions in the UK: long-run evidence from nonlinear ARDL and frequency domain causality. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(12), 33886-33897. https://doi.org/1007/10/s11356-022-24550-z

Khuntia, J., Saldanha, T.J., Mithas, S. & Sambamurthy, V. (2018). Information technology and sustainability: Evidence from an emerging economy. *Production and Operations Management, 27*(4), 756-773. https://journals.sagepub.com/doi/abs/1111/10/poms.12822

Kinda, S. (2011). Democratic institutions and environmental quality: effects and transmission channels. Available at SSRN 2714300. http://dx.doi.org/2139/10/ssrn.2714300

Koenker, R. (2004). Quantile regression for longitudinal data. *Journal of Multivariate Analysis, 91*(1), 74-89. https://doi.org/1016/10/j.jmva.05/2004.006

Koenker, R., & Bassett Jr., G. (1978). Regression quantiles. econometrica. *Journal of the Econometric Society*, 46, 33-50. https://doi.org/2307/10/1913643

Kuang, H., Akmal, Z. & Li, F. (2022). Measuring the effects of green technology innovations and renewable energy investment for reducing carbon emissions in China. *Renewable Energy*, 197, 1-10. https://doi.org/1016/10/j.renene.06/2022.091

Lafferty, W.M. & Meadowcroft, J. (1996). Democracy and the Environment: Congruences and Conflict-Preliminary Reflections (Book). econpapers.repec.org

Lee, C.C. & Zhao, Y.N. (2023). Heterogeneity analysis of factors influencing CO2 emissions: the role of human capital, urbanization, and FDI. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 185, 113644. https://doi.org/1016/10/j.rser.113644/2023

Lei, X., Ma, Y., Ke, J. & Zhang, C. (2023). The non-linear impact of the digital economy on carbon emissions based on a mediated effects model. *Sustainability, 15*(9), 438. https://doi.org/3390/10/su15097438.

Li, L., Zheng, Y., Zheng, S. & Ke, H. (2020). The new smart city programme: Evaluating the effect of the internet of energy on air quality in China. *Science of The Total Environment*, 714, 136380. https://doi.org/1016/10/j.scitotenv.136380/2019

Li, X., Zhang, C. & Zhu, H. (2023). Effect of information and communication technology on CO2 emissions: an analysis based on country heterogeneity perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 192, 122599. https://doi.org/1016/10/j.techfore.122599/2023

Lin, B. & Xu, B. (2018). Factors affecting CO2 emissions in China's agriculture sector: A quantile regression. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 15-27. https://doi.org/1016/10/j.rser.05/2018.065

Maddala, G.S. & Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and statistics, 61*(S1), 631-652. https://doi.org/1111/10/1468-0610/0084s1631

Mazaheri Ava, M., Fattahi, Sh. & Soheili, K. (2019). Investigating the factors affecting exchange market pressure in developing and developed countries: A quantile panel approach. *Economic Research and Policies, 27*(92), 227-256. SID. https://sid.ir/paper/364141/fa [in Persian]

Mastykash, O., Peleshchyshyn, A., Fedushko, S., Trach, O. & Syerov, Y. (2018, September). Internet social environmental platforms data representation.

In 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT) (Vol. 1, pp. 199-202). IEEE. doi**:** 1109/10/STC-CSIT.8526586/2018

Mawejje, J. (2023). Renewable and nonrenewable energy consumption, economic growth, and CO2 emissions in Eastern and South African countries: the role of informality. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(28), 72575-72587. 1007/10/s11356-023-27549-2

May, G., Stahl, B., Taisch, M. & Kiritsis, D. (2017). Energy management in manufacturing: From literature review to a conceptual framework. *Journal of cleaner production*, 167, 1464-1489. https://doi.org/1016/10/j.jclepro.10/2016.191

Ménard, C. (2011). A new institutional economics perspective on environmental issues. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, *1*(1), 115-120. https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.04.002

Midlarsky, M.I. (1998). Democracy and the environment: an empirical assessment. *Journal of Peace Research*, *35*(3), 341-361. https://doi.org/1177/10/0022343398035003005

Neves, S.A., Marques, A.C. & Patrício, M. (2020). Determinants of CO2 emissions in European Union countries: does environmental regulation reduce environmental pollution? *Economic Analysis and Policy*, 68, 114-125. https://doi.org/1016/10/j.eap.09/2020.005

OECD (2022). Building Trust and Reinforcing Democracy: Preparing the Ground for Government Action, OECD PublicGovernance Reviews, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/1787/10/76972a4a-en

Payne, R.A. (1995). Freedom and the environment. *J. Democracy*, 6, 41. https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/jnlodmcy6&div=55&id=&page=

Pesaran, M.H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, *22*(2), 265-312. doi: 2139/10/ssrn.457280

Powell, D. (2022). Quantile regression with nonadditive fixed effects. *Empirical Economics*, *63*(5), 2675-2691. https://link.springer.com/article/10.1007/s00181-022-02216-6

Pushak, T., Tiongson, E.R. & Varoudakis, A. (2007). Public finance, governance, and growth in transition economies: Empirical evidence from 1992-2004. *World Bank Policy Research*, Working Paper, (4255). https://ssrn.com/abstract=995076

Ren, Y., Liu, L., Zhu, H. & Tang, R. (2020). The direct and indirect effects of democracy on carbon dioxide emissions in BRICS countries: evidence from panel quantile regression. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(26), 33085-33102. https://doi.org/1007/10/s11356-020-09167-4

Sadaoui, N., Zabat, L., Sekrafi, H. & Abid, M. (2024). The moderating role of natural resources between governance and CO2 emissions: Evidence from MENA countries. *Energy & Environment*, *35*(3), 1597-1615.https://doi.org/1177/10/0958305X221141389

Salahuddin, M., Alam, K. & Ozturk, I. (2016). The effects of Internet usage and economic growth on CO2 emissions in OECD countries: A panel investigation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1226-1235. https://doi.org/1016/10/j.rser.04/2016.018

Salman, M., Long, X., Dauda, L. & Mensah, C.N. (2019). The impact of institutional quality on economic growth and carbon emissions: Evidence from Indonesia, South Korea and Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118331. https://doi.org/1016/10/j.jclepro.118331/2019

Sarfraz, M., Ivascu, L. & Cioca, L.I. (2021). Environmental regulations and CO2 mitigation for sustainability: panel data analysis (PMG, CCEMG) for BRICS nations. *Sustainability*, *14*(1), 72. https://doi.org/3390/10/su14010072

Shabani, Z.D., Shahnazi, R. & Sadati, S.M. (2024). The effects of spatial spillover of good governance and renewable energy on CO2 emissions. *Environment, Development and Sustainability*, 2024, 1-38.. 1007/10/s10668-023-04335-1

Sun, W. & Huang, C. (2020). How Does Urbanization Affect Carbon Emission Efficiency? Evidence from China. *J. Clean. Prod.* 272, 122828. doi:1016/10/j.jclepro.122828/2020

Tavares, A.R. & Robaina, M. (2023). Drivers of the green paradox in Europe: an empirical application. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(15), 42791-42812. https://link.springer.com/article/1007/10/s11356-021-16856-1

Vatn, A. (2009). Governing the environment: the institutional economics approach. Economia delle fonti di energia e dell'ambiente. Fascicolo 1, 2009, 1000-1026. http://doi.org/10.3280/EFE2009-001005

Wang, K.M. (2013). The relationship between carbon dioxide emissions and economic growth: quantile panel-type analysis. *Quality & Quantity*, 47, 1337-1366. doi 10.1007/s11135-011-9594-y

Wei, L. & Ullah, S. (2022). International tourism, digital infrastructure, and CO2 emissions: fresh evidence from panel quantile regression approach. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(24), 36273-36280. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-18138-2

Wu, H., Xue, Y., Hao, Y. & Ren, S. (2021). How does internet development affect energy-saving and emission reduction? Evidence from China. *Energy Economics*, 103, 105577. https://doi.org/1016/10/j.eneco.105577/2021

Wu, L. & Zhang, Z. (2020). Impact and threshold effect of Internet technology upgrade on forestry green total factor productivity: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122657. https://doi.org/1016/10/j.jclepro.122657/2020

Yan, J., Yang, X., Nie, C., Su, X., Zhao, J. & Ran, Q. (2022). Does government intervention affect CO2 emission reduction effect of producer service agglomeration? Empirical analysis based on spatial Durbin model and

dynamic threshold model. *Environmental Science and Pollution Research, 29*(40), 61247-61264. https://doi.org/1007/10/s11356-022-20143-y

Yasmeen, R., Tao, R., Shah, W.U.H., Padda, I.U.H. & Tang, C. (2022). The nexuses between carbon emissions, agriculture production efficiency, research and development, and government effectiveness: Evidence from major agriculture-producing countries. *Environmental Science and Pollution Research, 29*(34), 52133-52146. https://doi.org/1007/10/s11356-022-19431-4

Yirong, Q. (2022). Does environmental policy stringency reduce CO2 emissions? *Evidence from High-Polluted Economies. J. Clean. Prod.* 341, 130648. https://doi. org/1016/10/j.jclepro.130648/2022

Zhang, F., Deng, X., Phillips, F., Fang, C. & Wang, C. (2020). Impacts of industrial structure and technical progress on carbon emission intensity: Evidence from 281 cities in China. *Technological Forecasting and Social Change,* 154, 119949. https://doi.org/1016/10/j.techfore.119949/2020

Zhang, S., Xie, W., Sun, S., Wu, F. & Xue, Y. (2024). Nexus of green energy innovation, governance quality, and CO2 emissions in natural resource sector: The role of sustainable human development. *Resources Policy*, 88, 104493. https://doi.org/1016/10/j.resourpol.104493/2023

Zhang, W., Li, G., Uddin, M.K. & Guo, S. (2020). Environmental regulation, foreign investment behavior, and carbon emissions for 30 provinces in China. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119208. http://dx.doi.org/1016/10/j.jclepro.119208/2019.

Zhu, H., Duan, L., Guo, Y. & Yu, K. (2016). The effects of FDI, economic growth and energy consumption on carbon emissions in ASEAN-5: evidence from panel quantile regression. *Economic Modelling*, 58, 237-248. https://doi.org/1016/10/j.econmod.05/2016.003

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناد به این مقاله: صالح‌نیا، نرگس، سوری ناصری، نجمه و رضائی، وحید. (۱۴۰۳). تحلیل نقش اقتصاد نهادی در تنظیم سیاست‌های زیست‌محیطی: تأثیر اینترنت، روند دموکراتیک و ارائه خدمات دولت بر انتشار CO2 کاربرد مدل پانل کوانتایل (مطالعه موردی: نمونه جهانی). *پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۲۹ (۱۰۱)، ۲۳۷-۲۸۰.

Iranian Journal of Economic Research is licensed under a Creative Commons Attribution.NonCommercial 4.0 International License.