

The Relationship Between Trade Freedom, Energy Consumption and Economic Growth in Developing Countries

Samaneh Abedi 

Associate Professor, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Fateme Naeimi 

PhD Student, Faculty of Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Extended Abstract

Introduction

Economic growth in developing countries has been increasingly examined in relation to energy consumption and trade openness, as these factors critically shape production capacity, technological diffusion, and environmental outcomes. Trade openness enhances access to international markets, foreign capital, and advanced technologies, thereby stimulating economic expansion. However, it may simultaneously elevate energy demand and environmental pressures, particularly in developing economies characterized by energy-intensive production structures. Consequently, the nexus among trade openness, energy consumption, and economic growth remains theoretically ambiguous and empirically contested. Elucidating the causal linkages among these variables is essential for formulating evidence-based sustainable development policies in the developing world. Accordingly, this study investigates the dynamic interactions and causal relationships among trade openness, energy consumption, and economic growth within a panel of selected developing countries.

Method

This study employs an unbalanced panel dataset comprising 20

* Corresponding Author: fatemenaeimi99@gmail.com

How to Cite: Abedi, S., Naeimi, F. (2025). The Relationship Between Trade Freedom, Energy Consumption and Economic Growth in Developing Countries. *Journal of Environmental and Natural Resource Economics*, 5(12), pp. 149-180. DOI: 10.22054/EENR.2026.90929.224

Original Research

Accept: 13 January 2026

Revise: 13 January 2026

Receive: 05 January 2026

ISSN: 2538-4791

eISSN: 2538-483X

developing countries over the period 2000–2024, with all variables sourced from the World Development Indicators (WDI) database. Economic growth is measured by the annual growth rate of real gross domestic product (GDP). Trade openness is operationalized as the ratio of the sum of exports and imports to GDP. Energy consumption is quantified as per capita energy use (kilograms of oil equivalent). Energy prices are incorporated as a control variable to account for cost-induced variations in consumption patterns.

Prior to estimation, panel unit root tests specifically the Augmented Dickey–Fuller (ADF) and Levin–Lin–Chu (LLC) tests are conducted to assess the stationarity properties of the variables. Long-run cointegrating relationships among the variables are subsequently estimated using the dynamic ordinary least squares (DOLS) estimator, which addresses endogeneity and serial correlation in cointegrated panels. To examine short-run causal dynamics, the study applies both the panel Granger causality test and the Toda–Yamamoto causality procedure. The latter approach ensures robustness against potential misspecification arising from non-stationarity and cointegration by augmenting the VAR order beyond the true integration order of the variables.

Results

The dynamic ordinary least squares (DOLS) estimation results reveal that trade openness exerts a positive and statistically significant influence on both economic growth and energy consumption in developing countries. Enhanced trade integration stimulates production expansion and consequently elevates energy demand. In contrast, energy consumption demonstrates a negative and statistically significant effect on economic growth, reflecting systemic inefficiencies in energy utilization and the predominance of energy-intensive production structures that constrain productivity gains per unit of energy input.

Causality analysis identifies bidirectional Granger causality between trade openness and economic growth, indicating a mutually reinforcing feedback relationship wherein trade expansion drives growth while growing economies further liberalize trade. Furthermore, a unidirectional causal relationship running from energy consumption to economic growth is detected, suggesting that energy

availability functions as a prerequisite input for economic activity. Bidirectional Granger causality is also observed between trade openness and energy consumption, implying that trade liberalization increases energy demand while heightened energy consumption facilitates greater participation in international trade.

Conclusion

The findings indicate that while trade openness exerts a positive effect on economic growth in developing economies, it concurrently elevates energy consumption. Inefficient energy utilization may partially offset the growth dividends generated by trade liberalization, thereby undermining the net welfare gains from integration into global markets. Consequently, policymakers should integrate trade openness strategies with complementary measures including energy efficiency improvements, rationalization of energy pricing mechanisms, and targeted investments in clean energy technologies. Integrated trade–energy policy frameworks are essential for reconciling economic expansion with environmental sustainability, thereby curbing energy intensity and alleviating environmental pressures in developing countries.

Keywords: Trade freedom, Energy Consumption, Economic Growth, Developing Countries, Panel data

JEL Classification: Q43, F43, O40, O13.



رابطه بین آزادی تجاری، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه

سمانه عابدی  دانشیار، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

فاطمه نعیمی  دانشجوی دکتری، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

در سال‌های اخیر، آزادی تجاری به عنوان یکی از عوامل کلیدی توسعه اقتصادی در کشورهای در حال توسعه مطرح شده است، اما تعامل آن با مصرف انرژی و رشد اقتصادی همچنان مورد بحث باقی مانده است. تجارت بین‌المللی دسترسی به فناوری‌های پیشرفته را تسهیل می‌کند، اما به طور هم‌زمان فعالیت‌های تولیدی را افزایش می‌دهد که خود منجر به افزایش مصرف انرژی و نهایتاً بروز چالش‌های زیست محیطی می‌شود. در مطالعه با استفاده از داده‌های پانل مربوط به ۲۰ کشور در حال توسعه طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۴ و روش تخمین حداقل مربعات معمولی پویا برای روابط بلندمدت و آزمون‌های علیت گرنجر پانلی و تودا-یاماموتو به بررسی رابطه علی میان آزادی تجاری، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب در حال توسعه پرداخته شد. نتایج نشان داد که مصرف انرژی و آزادی تجاری اثر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی دارند، در حالی که تأثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی منفی و قیمت انرژی بر مصرف انرژی و آزادی تجاری مثبت است. آزمون‌های علیت رابطه دوطرفه میان آزادی تجاری و رشد اقتصادی (گرنجر) و یک طرفه از آزادی تجاری به رشد اقتصادی (تودا-یاماموتو در سطح ۹۰ درصد) و همچنین رابطه یک طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی را تأیید می‌کند؛ رابطه دوطرفه میان آزادی تجاری و مصرف انرژی تنها در گرنجر تأیید شد. یافته‌ها حاکی از آن است که اعمال سیاست‌گذاری‌های هماهنگ تجاری و انرژی جهت دستیابی به رشدی پایدار اهمیت بسزایی دارد. این نتایج همچنین راهنمای مناسبی را برای سیاست‌گذاران کشورهای در حال توسعه جهت حفظ تعادل میان تجارت آزاد و اهداف زیست محیطی فراهم می‌آورد.

کلیدواژه‌ها: آزادی تجاری، مصرف انرژی، رشد اقتصادی، کشورهای در حال توسعه، داده‌های پانل.

طبقه‌بندی JEL: Q43, F43, O40, O13

* نویسنده مسئول: fatemenaeimi99@gmail.com

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، رشد اقتصادی پایدار به عنوان هدف اصلی توسعه در کشورهای در حال توسعه مطرح شده است. این کشورها برای دستیابی به سطوح بالاتر تولید و رفاه به منابع انرژی وابسته‌اند اما منابع انرژی فسیلی محدود و آلاینده هستند (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۲۴). هم‌زمان، آزادی تجاری با گسترش صادرات و واردات، دسترسی به بازارهای جهانی، فناوری‌های نوین و سرمایه‌گذاری خارجی را تسهیل می‌کند و نقش مهمی در تحریک رشد اقتصادی دارد (گراسمن و هلپمن، ۱۹۹۴).

ادبیات اقتصادی نشان می‌دهد که رابطه میان آزادی تجاری، مصرف انرژی و رشد اقتصادی پیچیده است. از یک‌سو، تجارت آزاد با انتقال فناوری‌های کارآمد، شدت مصرف انرژی را کاهش می‌دهد (اثر فنی) و ساختار تولید را به سمت صنایع کم‌انرژی تغییر می‌دهد (اثر ترکیبی) (آنتوایلر ۳ و همکاران، ۲۰۰۱). از سوی دیگر، افزایش مقیاس فعالیت‌های اقتصادی (اثر مقیاس) اغلب مصرف انرژی را بالا می‌برد و انتشار گازهای گلخانه‌ای را افزایش می‌دهد، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که گاهی به عنوان «پناهگاه آلودگی» عمل می‌کنند (خان، ۲۰۲۱؛ زرن و آکوش، ۲۰۲۰).

مطالعات اخیر پانلی در اقتصادهای نوظهور و در حال توسعه تأیید می‌کنند که آزادی تجاری اغلب با مصرف انرژی رابطه مثبت دارد، اما تأثیر آن بر رشد اقتصادی بسته به سطح توسعه و ترکیب انرژی متفاوت است (جیوزیک ۶ و همکاران، ۲۰۲۵؛ چن ۷ و همکاران، ۲۰۲۲). آزمون‌های علیت مانند گرنجر پانلی و تودا-یاماموتو در پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهند که روابط اغلب دوطرفه یا یک‌طرفه هستند، اما نتایج متناقض است. برای نمونه، در برخی موارد مصرف انرژی علت اصلی رشد است، در حالی که در موارد دیگر تجارت

1 International Energy Agency (IEA)

2 Grossman & Helpman

3 Antweiler

4 Khan

5 Zeren & Akkuş

6 Jóźwik

7 Chen

آزاد محرک مصرف انرژی و رشد است (نسرین و انور، ۱۴۰۱؛ کهو، ۲۰۲۱).

در کشورهای در حال توسعه که با محدودیت منابع انرژی و فشارهای زیست محیطی روبه‌رو هستند، درک رابطه علی این متغیرها و تأثیر آنها بر محیط زیست اهمیت زیادی دارد. افزایش تولید به دلیل افزایش جمعیت موجب افزایش نیاز به انرژی می‌شود. مصرف بالای سوخت‌های فسیلی به دلیل افزایش تقاضای انرژی، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای را در پی دارد. حجم تجارت خارجی نیز به نوعی می‌تواند کیفیت محیط زیست را تحت تأثیر قرار دهد؛ به این صورت که با باز شدن اقتصاد و ورود کالاهای سرمایه‌ای نپاک به کشور آلودگی محیط زیست شدت پیدا می‌کند. بنابراین ازلحاظ تئوریکی متغیرهای تولید ناخالص داخلی، جمعیت و حجم تجارت خارجی می‌توانند به نوعی کیفیت محیط زیست را تحت تأثیر قرار دهند (بی‌آبی و همکاران، ۱۳۹۶ و عابدی و متقی، ۱۴۰۳).

بیشتر مطالعات پیشین اثراتی مانند نوسانات قیمت انرژی و تغییرات سیاست‌های تجاری جهانی را در نظر نگرفته‌اند. همچنین، مدل‌های پیشرفته مانند حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) برای روابط بلندمدت و آزمون‌های علیت مقاوم در پانل‌های بزرگ (مانند ۲۰ کشور) کمتر با داده‌های به‌روز اعمال شده است. این خلأها ضرورت بررسی مجدد این روابط را در کشورهای منتخب در حال توسعه برجسته می‌کند.

هدف پژوهش حاضر، بررسی رابطه علی میان آزادی تجاری، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ۲۰ کشور منتخب در حال توسعه شامل کشورهای ایران، چین، هند، برزیل، اندونزی، پاکستان، نیجریه، بنگلادش، مکزیک، مصر، ترکیه، ویتنام، فیلیپین، تایلند، آفریقا جنوبی، الجزایر، آرژانتین، مالزی، کلمبیا و مراکش طی دوره زمانی ۲۰۲۴-۲۰۰۰ است. این مطالعه با روش‌های پانلی پیشرفته، به دنبال پاسخ به این سؤال است که آیا آزادی تجاری مصرف انرژی را افزایش می‌دهد و چگونه این روابط بر رشد پایدار تأثیر می‌گذارند تا سیاست‌های یکپارچه تجاری و انرژی پیشنهاد دهد.

1 Nasreen & Anwar

2 Keho

3 Dynamic Ordinary Least Squares

۲. پیشینه پژوهش

الف) پیشینه داخلی

بختیاری و نجفی (۱۳۹۰) در مطالعه خود رابطه علی میان بازبودن تجارت بین الملل، سرمایه انسانی و رشد اقتصادی ایران را در دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۵۹، با استفاده از آزمون علیت انگل-گرنجر و سامانه معادلات همزمان مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد یک رابطه علی یک طرفه بین رشد اقتصادی و بازبودن تجارت و سرمایه انسانی وجود دارد. از طرف دیگر، بین رشد اقتصادی و سرمایه انسانی نیز رابطه علی وجود دارد.

علی پور و قدکچی (۱۳۹۰) به بررسی اثرات و ارتباط علی بین توسعه تجارت خارجی و رشد اقتصادی در ایران با استفاده از الگوی خودرگرسیون برداری (VAR) ۱ و روش های توابع عکس العمل آنی و تجزیه واریانس طی دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۴۴ پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که ارتباط علی مثبتی بین توسعه تجارت و رشد اقتصادی وجود دارد که این ارتباط ناشی از تأثیر مثبت رشد واردات بر رشد جمع ارزش افزوده بخش های صنایع و معادن و کشاورزی و تأثیر مثبت رشد صادرات نفتی بر رشد ارزش افزوده بخش خدمات است. نتایج همچنین مؤید وجود ارتباط دوطرفه ای بین رشد واردات و رشد اقتصادی بدون نفت است.

محمدی و همکاران (۱۳۹۳) وجود رابطه علیت بین توسعه مالی، بازبودن تجاری و رشد اقتصادی در ایران و نروژ را با استفاده از مدل تصحیح خطای برداری (VECM) ۲ مورد بررسی قرار داده‌اند. دوره زمانی مورد مطالعه سال های ۱۳۸۸-۱۳۴۶ است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در اقتصاد ایران، شاخص های توسعه مالی و بازبودن تجاری علت کوتاه مدت رشد اقتصادی است. در بلندمدت نیز بین هر دو شاخص توسعه مالی و رشد اقتصادی رابطه علیت دوطرفه برقرار است. نتایج رابطه علیت در کشور نروژ نشان می‌دهد که در کوتاه مدت یک رابطه علیت یک طرفه از سمت رشد اقتصادی به سوی شاخص اعتبارات اعطایی به بخش خصوصی وجود دارد. همچنین در بلندمدت بین شاخص های اعتبارات

1 Vector autoregression

2 Vector error-correction model

اعطایی به بخش خصوصی و شدت تجاری رابطه دوطرفه وجود دارد و یک رابطه یک طرفه از سمت رشد اقتصادی به سمت شاخص اعتبارات اعطایی به بخش خصوصی نیز برقرار است.

مهدوی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی تأثیر آزادسازی تجاری بر رشد اقتصادی ۱۴ کشور خاورمیانه در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۶۹ با استفاده از مدل‌های پانل پویا (GMM) ۱، حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده (FMOLS) ۲ و حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که بین آزادسازی تجاری و رشد اقتصادی رابطه مثبت و معنی داری وجود دارد، به گونه‌ای که آزادسازی تجاری، تأثیر مثبتی بر رشد اقتصادی این کشورها داشته است و محدودیت‌های تجاری، سرعت رشد اقتصادی آن‌ها را کاهش می‌دهد. همچنین، طبق نتایج به دست آمده سرمایه، جمعیت فعال و سرمایه انسانی تأثیر مثبت و معنی داری بر رشد اقتصادی کشورها (متغیر وابسته) دارد؛ به عبارت دیگر نقش آموزش در ارتقای بهره‌وری نیروی انسانی و تأثیر آن بر رشد اقتصادی بر اساس نتایج تحقیق انکارناپذیر است. نتایج برآورد FMOLS و DOLS نیز مؤید نتایج GMM هستند و تنها تفاوت بین نتایج، ناشی از شدت اثرگذاری متغیرهای توضیحی بر متغیر وابسته است.

باقری (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای با استفاده داده‌های مربوط به سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۷۳ کشور ایران و روش‌های مارکوف سویچینگ، حداقل مربعات معمولی کاملاً تعدیل شده، حداقل مربعات معمولی پویا و روش یوهانسن به بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و انتشار آلودگی پرداخته است. نتایج حاکی از آن است که منحنی کوزنتس تأیید می‌شود و رشد اقتصادی ابتدا آلودگی را افزایش و در ادامه کاهش می‌دهد. همچنین نشان می‌دهد که مصرف انرژی، تولید ناخالص داخلی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی اثر مثبت و معنادار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن دارد، درحالی که آزادسازی تجارت اثر منفی بر مصرف انرژی و انتشار آلودگی دارد.

1 Generalized Method of Moments

2 The Fully Modified Ordinary Least Squares

مسیب‌زاده گوگرچین و همکاران (۱۴۰۳) اثر صنعتی‌سازی، توسعه اقتصادی، آزادسازی بازارهای مالی و تجاری را بر تولید گازهای گلخانه‌ای ۱ مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه با انجام رگرسیون چندکی (کوانتایل) ۲ بر روی داده‌های کشورهای BRICS و OPEC برای دوره ۱۴۰۰-۱۳۷۹ نشان داده می‌شود که مصرف انرژی و رشد بخش صنعتی منجر به افزایش گرمایش جهانی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن می‌شود. همچنین نتایج بیانگر آن است که در فرآیند رشد اقتصادی به دلیل استفاده از سوخت‌های فسیلی، آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش می‌یابد، جهانی شدن این اثرات را تشدید می‌کند و با حرکت به چارک‌های بالاتر، اثر جهانی شدن بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن مثبت و معنادارتر می‌شود.

لیانی و کرمی دهکردی (۱۴۰۴) به بررسی عوامل مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن) با تمرکز بر رشد بخش کشاورزی، مصرف انرژی، آزادسازی تجاری و رشد جمعیت در ۱۵ کشور خاورمیانه در بازه زمانی ۱۳۹۹-۱۳۷۹ با استفاده از روش‌های هم‌جمعی داده‌های ترکیبی، آزمون‌های ایستایی و هم‌جمعی و مدل VAR پنل برای بررسی علیت گرانجری پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که بین آزادسازی تجاری و انتشار گازهای گلخانه‌ای (به‌ویژه دی‌اکسید کربن و اکسید نیتروژن) رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد، به گونه‌ای که آزادسازی تجاری، با افزایش رشد اقتصادی و واردات کالاهای انرژی‌بر، انتشار این گازها را تشدید می‌کند.

ب) پیشینه خارجی

هالکوس و تزارمیس^۳ (۲۰۱۴) در مطالعه خود اثر مصرف برق از انرژی تجدیدپذیر در سطوح رشد اقتصادی در اقتصادهای در حال توسعه و در حال ظهور را برای دوره ۲۰۱۱-۱۹۹۰ مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد در کشورهای در حال توسعه سطح مصرف برق تولیدشده از انرژی‌های تجدیدپذیر نمی‌تواند به تولید ناخالص بالاتر منجر

1 Greenhouse gas

2 Quantile Regression

3 Halkos & Tzeremes

شود، درحالی که برای کشورهای پیشرفته سطح مصرف برق تولیدشده از انرژی‌های تجدیدپذیر باعث افزایش رشد تولید ناخالص داخلی می‌شود.

نسرین و انور^۱ (۲۰۱۴) رابطه علی بین مصرف انرژی، آزادی تجاری و رشد اقتصادی را در ۱۵ کشور آسیایی طی سال‌های ۲۰۱۱-۱۹۸۰ با روش داده‌های ترکیبی مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ارتباط مثبت و معناداری بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آزادی تجاری و ارتباط منفی و معنادار بین قیمت انرژی و مصرف انرژی وجود دارد. همچنین رابطه علی دوطرفه‌ای بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی و همچنین بین آزادی تجاری و مصرف انرژی در کشورهای مورد مطالعه وجود دارد.

بن جبلی و بن یوسف^۲ (۲۰۱۵) به بررسی رابطه علیت گرنجر بین تولید، مصرف انرژی (تجدیدپذیر و غیر تجدیدپذیر) و تجارت بین‌الملل در ۶۹ کشور طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۰ پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت یک رابطه دوطرفه بین تولید و تجارت (صادرات و واردات) و یک رابطه دوطرفه بین تجارت و منابع غیر تجدیدپذیر انرژی وجود دارد. همچنین نتایج تحقیق حاکی از وجود یک رابطه یک‌طرفه از منابع انرژی تجدیدپذیر به تجارت و نیز وجود یک رابطه بلندمدت بین منابع تجدیدپذیر انرژی و تجارت است.

پارسا و سجادی^۳ (۲۰۱۷) به بررسی جهت علیت رشد اقتصادی، آزادی تجاری و مصرف انرژی در ایران طی سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۶۷ پرداخته‌اند. نتایج آزمون علیت نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت جهت علیت از سمت مصرف انرژی به آزادی تجاری و در بلندمدت ارتباط دوطرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی و آزادی تجاری و مصرف انرژی و ارتباط یک‌طرفه از سمت آزادی تجاری به رشد اقتصادی برقرار است.

اوسی-اسیبی بونسو و وانگ^۴ (۲۰۲۲) به بررسی رابطه سه‌گانه بین مصرف انرژی،

1 Nasreen & Anwar

2 Ben Jebli & Ben Youssef

3 Parsa & Sajjadi

4 Osei-Assibey Bonsu & Wang

آزادی تجاری و رشد اقتصادی با شواهد تجربی جدید پرداخته‌اند. در این مطالعه با انجام مدل‌های رگرسیون پویای ظاهراً نامرتب (DSUR)^۱ بر روی داده‌های ۴۵ کشور برای دوره ۱۹۹۱-۲۰۱۴ نشان داده می‌شود که رابطه دوطرفه بین مصرف انرژی و درآمد، آزادی تجاری و درآمد و آزادی تجاری و مصرف انرژی در بلندمدت وجود دارد. همچنین نتایج حاکی از آن است که تأثیر مصرف انرژی بر رشد اقتصادی بزرگ‌تر از تأثیر آزادی تجاری است، تأثیر آزادی تجاری بر مصرف انرژی بزرگ‌تر از تأثیر رشد اقتصادی است و اثر رشد اقتصادی بر آزادی تجاری بزرگ‌ترین تأثیر در رابطه سه‌گانه است.

روسی^۲ (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه بین رشد اقتصادی، مصرف انرژی، آزادی تجاری و انتشار دی‌اکسید کربن پرداخت است. در این مطالعه با استفاده از داده‌های مربوط به سال‌های ۲۰۱۹-۱۹۷۰ ایتالیا و انجام روش‌های حداقل مربعات معمولی، رگرسیون با خطاهای استاندارد نیوی-وست^۳، مدل میانگین متحرک اتورگرسیون و آزمون ریشه واحد ADF نشان داده می‌شود که رشد اقتصادی، مصرف انرژی و تجارت بین‌المللی اثر مثبت بر انتشار دی‌اکسید کربن دارند و فرضیه منحنی کوزنتس محیطی تأیید می‌شود. همچنین نتایج بیانگر آن است که اجرای سیاست‌های انرژی پایدار، فناوری‌های پاک و مقررات سبز جهت کاهش اثرات محیطی ضروری است.

جوزویک^۴ و همکاران (۲۰۲۵) با استفاده از داده‌های ۱۵ کشور برتر مصرف‌کننده انرژی تجدیدپذیر برای دوره زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۰ و انجام روش‌های رگرسیون پویای ظاهراً نامرتب (DSUR) و علیت پانلی بوت‌استرپ دیموترسکو-هرلین، به بررسی تأثیر آزادی تجاری، رشد اقتصادی، سرمایه و جهانی‌سازی مالی بر مصرف انرژی تجدیدپذیر پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که آزادی تجاری، رشد اقتصادی و سرمایه بر مصرف انرژی تجدیدپذیر اثر مثبت دارند، در حالی که تأثیر جهانی‌سازی مالی منفی است. همچنین علیت یک‌طرفه از آزادی تجاری، رشد اقتصادی، سرمایه و جهانی‌سازی مالی به مصرف انرژی

1 Dynamic Seemingly Unrelated Regression

2 Rossi

3 Newey-West

4 Józwiak

تجدیدپذیر وجود دارد.

همان‌طور که مشاهده شد، مطالعات متعددی در خصوص بررسی رابطه میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی صورت گرفته است. در اکثر مطالعات رابطه‌ای علی و معنادار از سمت مصرف انرژی به رشد اقتصادی برقرار بوده است اما رابطه علی از سمت رشد اقتصادی معمولاً به عواملی مانند کشورهای مورد مطالعه و همچنین دوره زمانی مورد بررسی بستگی دارد. در خصوص رابطه علی میان رشد اقتصادی و مصرف انرژی در ایران مطالعات داخلی بسیاری انجام شده است. تحقیق حاضر نه تنها رابطه علی بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی را در ایران و کشورهای در حال توسعه بررسی می‌کند، بلکه رابطه علی این دو متغیر با آزادی تجاری را نیز مورد بررسی قرار می‌دهد که در هیچ‌یک از مطالعات بررسی شده به این رابطه سه گانه پرداخته نشده است.

۳. روش‌شناسی

این پژوهش کاربردی با رویکرد کمی انجام شده است و ماهیتی توصیفی-علی دارد؛ و هدف اصلی آن، بررسی روابط علی میان آزادی تجاری، رشد اقتصادی و مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه است.

الف) توصیف متغیرها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، داده‌های پانلی مربوط به ۲۰ کشور در حال توسعه شامل کشورهای ایران، چین، هند، برزیل، اندونزی، پاکستان، نیجریه، بنگلادش، مکزیک، مصر، ترکیه، ویتنام، فیلیپین، تایلند، آفریقا جنوبی، الجزایر، آرژانتین، مالزی، کلمبیا و مراکش طی دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ است که از پایگاه اطلاعاتی بانک جهانی (WDI) استخراج شده است.

ب) روش‌شناسی

در گام نخست، به منظور بررسی ویژگی‌های آماری متغیرها ابتدا از آمار توصیفی و سپس

برای تعیین درجه مانایی متغیرها از آزمون‌های ریشه واحد پانلی شامل آزمون‌های دیکی-فولر تعمیم یافته (ADF)^۱ و لوین-لین-چو (LLC)^۲ استفاده شده است. برای برآورد روابط بلندمدت بین متغیرها، از روش حداقل مربعات معمولی پویای پانلی (DOLS) و آزمون‌های علیت گرنجر پانلی و تودا-یاماموتو استفاده شده است.

ب-۱. روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS)

استاک و واتسون^۳ (۱۹۹۳) با تعدیل روش حداقل مربعات معمولی، روشی برای برآورد رابطه بین متغیرهای دارای روندهای تصادفی را پیشنهاد کردند و آن را حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) یا حداقل مربعات معمولی تعمیم یافته (GOLS) نامیدند. مقصود از پویا بودن، آن است که در این روش الگوی زمانی واکنش یک متغیر وابسته، نسبت به تغییرات متغیر (یا متغیرهای) مستقل مورد توجه قرار می‌گیرد.

در این روش که در واقع، تعدیل یافته روش انگل-گرنجر است، مقادیر پیشین، پسین و جاری تفاضل مرتب اول متغیرهای سمت به منظور رفع تورش مجانبی ناشی از درون‌زایی متغیرهای توضیحی و یا به عبارت دیگر، به منظور از بین بردن همبستگی بین جزء خطای رگرسیون و متغیرهای توضیحی به الگو افزوده می‌شوند. به منظور برآورد واریانس بلندمدت، خطاهای استاندارد باید تعدیل شوند. برای این منظور ماتریس واریانس-کواریانس تخمین‌زننده‌ها را می‌توان با روش‌هایی نظیر روش نیویی-وست (۱۹۸۷) برآورد کرد. نکته مهم در روش تخمین DOLS آن است که این تخمین‌زننده در حالت‌هایی نیز که درجه جمعی متغیرهای توضیحی متفاوت باشد، قابل استفاده است. بدین ترتیب، تخمین‌زننده DOLS امکان تخمین بردارهای همگرایی مشتمل بر متغیرهای جمعی دارای مرتبه‌های جمعی متفاوت را نیز فراهم می‌سازد. (استاک و واتسون، ۴، ۱۹۹۳)

1 Augmented Dickey-Fuller

2 Levin, Lin & Chui

3 Stock & Watson

4 Stock & Watson

ب-۲. آزمون علیت گرانجری^۱

به طور معمول، جهت آزمون رابطه علی بین متغیرهای اقتصاد کلان، از آزمون علیت گرانجر استفاده می شود. به طور خلاصه طبق این آزمون اگر مقادیر گذشته متغیر سری زمانی به طور معنی دار بتواند مقادیر X_{t+1} را پیش بینی کند، آنگاه می توان گفت y علت گرانجری x است و بالعکس. به عبارت دیگر آزمون مربوطه به نوعی آزمون خودرگرسیون برداری دو متغیره به شرح زیر است:

$$X_t = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^m B_j Y_{t-j} + u_t \quad (1)$$

$$Y_t = \sigma_0 + \sum_{i=1}^m \sigma_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^m \delta_j Y_{t-j} + v_t \quad (2)$$

به طوری که در آن X_t و Y_t ، متغیرهای سری زمانی بوده و u_t و v_t ، جملات اخلال (پسماند) دو رگرسیون می باشند. T نیز نشان دهنده زمان و j ، I ، شماره وقفه ها است. در این آزمون فرضیه:

$$H_0: \beta_j = \delta_j = 0$$

و فرضیه مخالف این است که حداقل به ازای برخی از j ها $\delta_j \neq 0$ و $\beta_j \neq 0$ است. به عبارت دیگر فرضیه H_0 عدم وجود رابطه علی بین دو متغیر X_t و Y_t ، بوده و فرض مخالف وجود حداقل یک رابطه علی یک طرفه بین این دو متغیر است. در روابط بالا:

۱- اگر ضرایب δ_j و β_j به طور معنی دار مخالف صفر باشند، در این صورت یک رابطه علی دوطرفه بین X_t و Y_t وجود دارد.

۲- اگر $\delta_j = \beta_j = 0$ باشند، آنگاه هیچ گونه رابطه علی بین دو متغیر وجود ندارد.

۳- اگر β_j به طور معنی دار مخالف صفر و $\delta_j = 0$ باشد، در این صورت یک رابطه علی

¹ Granger causality test

یک طرفه از y به x وجود دارد.

۴- اگر از لحاظ آماری $\beta_j \neq 0$ و $\delta_j \neq 0$ باشد، آنگاه رابطه علی از x به y وجود دارد (گجراتی، ۱۳۷۸).

ب-۳. آزمون علیت تودا-یاماموتو^۱

تودا و یاماموتو در سال ۱۹۹۵ یک روش ساده به صورت تخمین یک مدل توضیح خودرگرسیون برداری (VAR) تعدیل یافته برای بررسی علیت گرانجری پیشنهاد کردند و آن‌ها استدلال می‌کنند که این روش حتی در صورت وجود یک رابطه هم‌جمعی بین متغیرها نیز معتبر است. در این روش ابتدا باید تعداد وقفه‌های بهینه مدل VAR، (K) و سپس درجه پایایی ماکزیمم (d) را تعیین کرد و یک مدل خودتوضیحی برداری را با تعداد وقفه‌های $(k+d)$ تشکیل داد. فرایند انتخاب وقفه‌ها زمانی معتبر است که $k \geq d$ باشد.

$$Y_t = \sum_{i=1}^{k+d} \beta_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d} \theta_i X_{t-i} + u_t \quad (3)$$

$$X_t = \sum_{i=1}^{k+d} \sigma_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d} \delta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (4)$$

برای آزمون این فرضیه که x علیت گرانجری Y نیست، θ_i را آزمون می‌کنیم. اگر این فرضیه رد نشود، در این صورت x علت گرانجری Y نخواهد بود.

ج) توصیف الگو

الگوی مورد استفاده برای بررسی فرضیه‌های پژوهش در چارچوب مبانی نظری ذکر شده و مطالعه نسرين و انور (۲۰۱۴)، به شرح زیر است:

1 Toda-Yamamoto causality test

$$\begin{aligned}
 EN_{i,t} = & \beta_0 + \sum_{m=1}^p \beta_{im} EN_{i,t-m} \\
 & + \sum_{m=1}^p \theta_{im} Y_{i,t-m} \\
 & + \sum_{m=1}^p \sigma_{im} TR_{i,t-m} + \sum_{m=1}^p \vartheta_{im} OP_{i,t-m} + U_{i,t}
 \end{aligned} \tag{۵}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{i,t} = & \beta_1 + \sum_{m=1}^p \beta_{im} Y_{i,t-m} \\
 & + \sum_{m=1}^p \theta_{im} EN_{i,t-m} \\
 & + \sum_{m=1}^p \sigma_{im} TR_{i,t-m} + \sum_{m=1}^p \vartheta_{im} OP_{i,t-m} + U_{i,t}
 \end{aligned} \tag{۶}$$

$$\begin{aligned}
 TR_{i,t} = & \beta_1 + \sum_{m=1}^p \beta_{im} TR_{i,t-m} \\
 & + \sum_{m=1}^p \theta_{im} EN_{i,t-m} \\
 & + \sum_{m=1}^p \sigma_{im} Y_{i,t-m} + \sum_{m=1}^p \vartheta_{im} OP_{i,t-m} + U_{i,t}
 \end{aligned} \tag{۷}$$

$EN_{i,t}$: مصرف انرژی کشور i در سال t که نسبت سرانه مصرف نفت به ازای هر کیلوگرم است.

$Y_{i,t}$: رشد اقتصادی کشور i در سال t .

$TR_{i,t}$: آزادی تجاری کشور i در سال t که از نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت حاصل می شود.

$OP_{i,t}$: قیمت انرژی کشور i در سال t که از نسبت قیمت نفت به شاخص قیمت

مصرف کننده در کشور i و در سال t محاسبه می شود. ۱.

۴. یافته ها

برای آزمون فرضیات پژوهش با کمک داده های مربوط به مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزادی تجاری و قیمت انرژی ۲۰ کشور در حال توسعه طی سال های ۲۰۲۴-۲۰۰۰ و استفاده از روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS)، علیت گرنجری پانلی و آزمون علیت تودا- یاماموتو و نرم افزار Eviews به برآورد الگوی پژوهش و بررسی رابطه علی آزادی تجاری، رشد اقتصادی و مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه پرداخته می شود و سپس نتایج حاصل مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد؛ اما پیش از آن باید به ارائه آماره های توصیفی پرداخته شود و پایایی متغیرهای الگو آزمون شود تا اطمینان حاصل شود رگرسیون انتخابی کاذب نیست.

الف) آمار توصیفی

یکی از فرایندهای تجزیه و تحلیل داده های تحقیق، ارائه آمار توصیفی متغیرهای تحقیق است. اطلاعات و داده های آماری مرتبط با متغیرهای تحقیق در جدول (۱) ذکر شده است. برای توصیف ویژگی های متغیرهای تحقیق از شاخص های میانگین، میانه، انحراف معیار، بیشینه و کمینه، چولگی و کشیدگی استفاده شده است.

جدول (۱). آماره های توصیفی متغیرهای تحقیق

متغیرها	میانگین	میانه	انحراف معیار	بیش ترین	کمترین	چولگی	کشیدگی
EN	۱۱۹۹/۴۵	۹۵۳/۹۷	۷۷۶/۹۵	۳۳۳۶/۱۹	۱۳۵/۹۴	۰/۶۵	۰/۳۷
Y	۴/۲۱	۴/۵۸	۳/۴۶	۱۵/۳۲	-۱۰/۸۹	-۱/۰۳	۵/۶۶

۱ با توجه به وابستگی کشورهای در حال توسعه به منابع انرژی فسیلی، در محاسبه این متغیر مهم ترین و رایج ترین منبع انرژی فسیلی یعنی نفت خام در نظر گرفته شده است. همچنین با توجه به اینکه در این تحقیق مصرف انرژی مدنظر است، نسبت قیمت جهانی نفت به شاخص قیمت مصرف کننده به عنوان متغیر قیمت انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه تعریف شده است.

متغیرها	میانگین	میانه	انحراف معیار	بیش ترین	کمترین	چولگی	کشیدگی
TR	۵۶/۷۷	۴۶/۶۶	۳۵/۲۰	۱۹۱/۷۹	۱۵/۶۹	۱/۷۰	۵/۳۵
OP	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۲۷	۱/۳۸	۰/۰۲	۰/۲۸	۲/۱۷

منبع: یافته‌های پژوهش

مصرف انرژی بیش‌ترین پراکندگی داده را داشته است. چولگی آزادی تجاری از سایر متغیرها بیشتر بوده است که نشان‌دهنده آزادی تجاری بیشتر در گذر زمان است.

ب) آزمون پایایی متغیرها ۱

برای جلوگیری از برازش یک رگرسیون کاذب، متغیرها باید پایا باشند. برای آزمون پایایی متغیرها از آزمون‌های ریشه واحد استفاده می‌شود. در این پژوهش با استفاده از آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته و لوین، لی و چو، پایایی متغیرهای موردنظر در الگو تصریح‌شده مورد آزمون قرار گرفت و نتایج به‌دست‌آمده از این آزمون در جدول (۱) ارائه شده است:

جدول (۲). نتایج آزمون ریشه واحد

متغیرها	نماد	آزمون آزمون، لی و چو		آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته		نتیجه
		آماره آزمون	احتمال	آماره آزمون	احتمال	
مصرف انرژی	EN	-۸/۳۲	۰/۰۰۰۰	۱۴۸/۰۰	۰/۰۰۰۰	I (1)
رشد اقتصادی	Y	-۷/۶۴	۰/۰۰۰۰	۱۳۴/۳۹	۰/۰۰۰۰	I (0)
آزادی تجاری	TR	-۱۱/۹۳	۰/۰۰۰۰	۱۷۷/۶۴	۰/۰۰۰۰	I (1)
قیمت انرژی	OP	-۱۱/۸۹	۰/۰۰۰۰	۱۷۹/۲۱	۰/۰۰۰۰	I (1)

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۲) نشان می‌دهد که در گروه کشورهای منتخب در حال توسعه، متغیر رشد اقتصادی (Y) در سطح I(0) پایا است و متغیرهای مصرف انرژی (EN)، آزادی تجاری (TR) و قیمت انرژی (OP) با یک‌بار تفاضل‌گیری در سطح I(1) پایا هستند.

ج) آزمون چاو

در تخمین های پانل دیتا باید مشخص شود که رابطه رگرسیونی در نمونه مورد بررسی دارای عرض از مبدأهای ناهمگن و شیب همگن است یا اینکه فرضیه عرض از مبدأهای مشترک و شیب مشترک در بین مقاطع (مدل داده های تلفیقی) پذیرفته می شود. بدین منظور آزمون F مورد استفاده قرار می گیرد. بر اساس این آزمون ابتدا مدل به صورت نامقید و در حالت کلی با عرض از مبدأهای مشترک و شیب های مشترک برآورد نموده و سپس مقدار پسماندهای رگرسیون محاسبه می شود.

جدول (۳). نتایج آزمون چاو

Test	آماره	درجه آزادی	مقدار احتمال
الگوی اول - متغیر وابسته: مصرف انرژی			
Cross-section F	۲۵۹/۹۷	(۱۹،۴۴۶)	۰/۰۰۰
Cross-section Chi-square	۱۱۶۸/۳۴	۱۹	۰/۰۰۰
الگوی دوم - متغیر وابسته: رشد اقتصادی			
Cross-section F	۶/۱۹	(۱۹،۴۴۶)	۰/۰۰۰
Cross-section Chi-square	۱۰۹/۸۸	۱۹	۰/۰۰۰
الگوی سوم - متغیر وابسته: آزادی تجاری			
Cross-section F	۱۶۲/۷۸	(۱۹،۴۴۶)	۰/۰۰۰
Cross-section Chi-square	۹۷۱/۴۱	۱۹	۰/۰۰۰

منبع: یافته های پژوهش

همان طور که مشاهده می شود، در سطح احتمال ۹۵ درصد فرضیه عرض از مبدأهای مشترک و شیب مشترک در بین مقاطع رد می شود و باید از روش داده های ترکیبی استفاده کرد.

د) برآورد الگو

د-۱. آزمون حداقل مربعات پویا (DOLS)

گام بعدی در فرایند اقتصادسنجی، استخراج بردارهای هم انباشتگی است. به همین منظور از

روش حداقل مربعات پویا (DOLS) برای استخراج بردارهای هم‌انباشتگی استفاده شده است. نتایج به دست آمده در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول (۴). نتایج آزمون حداقل مربعات پویا (DOLS)

متغیرها	ضریب	آماره t	مقدار احتمال
الگوی اول - متغیر وابسته: مصرف انرژی			
رشد اقتصادی	-۱۰/۱۱۸	-۲/۱۶	۰/۰۳۱۰
آزادی تجاری	۴/۶۸۱	۶/۲۵	۰/۰۰۰۰
قیمت انرژی	-۴۶/۶۶۵	-۱/۹۷	۰/۰۴۹۵
الگوی دوم - متغیر وابسته: رشد اقتصادی			
مصرف انرژی	-۰/۰۰۲	-۲/۹۷	۰/۰۰۳۳
آزادی تجاری	۱/۸۴۶	۳/۸۱	۰/۰۰۰۲
قیمت انرژی	-۰/۰۰۸	-۱/۰۱	۰/۳۱۳۱
الگوی سوم - متغیر وابسته: آزادی تجاری			
رشد اقتصادی	۰/۰۵۲	۰/۳۲	۰/۷۴۷۵
مصرف انرژی	۰/۰۰۷	۳/۲۵	۰/۰۰۱۳
قیمت انرژی	۵/۶۸۰	۴/۶۳	۰/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج برآورد الگو (جدول ۳) در گروه کشورهای منتخب در حال توسعه طی دوره مورد مطالعه، آزادی تجاری دارای تأثیر مثبت و معناداری بر مصرف انرژی است و اثر مصرف انرژی بر آزادی تجاری کشورهای در حال توسعه نیز مثبت و معنادار اما ناچیز است. به طوری که افزایش یک درصدی در آزادی تجاری، مصرف انرژی را به میزان ۴/۶۸ درصد افزایش خواهد داد و یک درصد افزایش در مصرف انرژی، منجر به افزایش ۰/۰۰۷ درصدی آزادی تجاری خواهد شد.

تأثیر مصرف انرژی بر رشد اقتصادی و تأثیر رشد اقتصادی بر مصرف انرژی منفی و معنادار است. به طوری که با افزایش یک درصدی در مصرف انرژی، رشد اقتصادی ۰/۰۰۲ درصد کاهش می‌یابد و یک درصد افزایش در رشد اقتصادی مصرف انرژی را ۱۰/۱۱۸

درصد کاهش خواهد داد.

ارتباط منفی و معناداری بین قیمت انرژی و مصرف انرژی در کشورهای درحال توسعه وجود دارد و این تأثیر منفی چشمگیر است به طوری که با افزایش یک درصدی در قیمت انرژی در این کشورها، مصرف انرژی به میزان ۴۶/۶۶ درصد کاهش خواهد یافت.

تأثیر قیمت انرژی بر رشد اقتصادی معنادار نیست اما بر آزادی تجاری تأثیر مثبت و بسیار معناداری دارد به گونه ای که یک درصد افزایش در قیمت انرژی آزادی تجاری را ۵/۶۸ درصد افزایش خواهد داد.

تأثیر رشد اقتصادی بر آزادی تجاری معنادار نیست اما آزادی تجاری تأثیر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی داشته است به طوری که با یک درصد افزایش در آزادی تجاری، رشد اقتصادی به میزان ۱/۸۴ درصد افزایش می یابد.

د-۲. آزمون علیت گرنجر پانلی

نتایج آزمون علیت گرنجر در جدول (۵) خلاصه شده است.

جدول (۵). نتایج آزمون علیت گرنجر پانلی

متغیرها	Y	TE	EN	OP
Y (-1)	ضریب	۰/۲۷	۰/۰۲	۲/۲۰
	احتمال	۰,۰۵	۰/۰۷	۱/۰۸
	آماره t	۴,۸۰	۰/۳۲	۰/۰۲
TE (-1)	ضریب	۰/۰۹	۱/۱۸	۰/۵۳
	احتمال	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۷۷
	آماره t	۲/۴۹	۲۱/۳۴	۰/۶۹
EN (-1)	ضریب	-۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۴
	احتمال	۰/۰۰	۰/..	۰/۰۵
	آماره t	-۰/۳۲	۰/۲۰	۱۷/۱۹
OP (-1)	ضریب	-۳/۷۹	-۵/۳۳	-۱۹/۳۷
	احتمال	۱/۱۱	۱/۵۵	۲۱/۵۰

متغیرها	Y	TE	EN	OP
آماره t	-۳/۳۹	-۳/۴۳	-۰/۹۰	۱۶/۳۴
ضریب	۳/۶۰	۳/۴۸	۲/۳۷	۰/۱۴
احتمال	۰/۵۷	۰/۷۹	۱۱/۰۰	۰/۰۲
آماره t	۶/۳۰	۴/۳۷	۰/۲۱	۵/۲۳

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج آزمون علیت گرنجری پانلی (جدول ۵)، می‌توان نتیجه گرفت که آزادی تجاری در سطح اطمینان ۹۵ درصد، تأثیر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی دارد. همچنین، رشد اقتصادی نیز در همین سطح اطمینان، تأثیر مثبت و معناداری بر آزادی تجاری نشان می‌دهد؛ بنابراین، در کوتاه‌مدت، رابطه علیت دوطرفه بین رشد اقتصادی و آزادی تجاری برقرار است و فرضیه اول پژوهش تأیید می‌شود.

در سطح اطمینان ۹۵ درصد، مصرف انرژی تأثیر منفی و معناداری بر رشد اقتصادی دارد، اما رشد اقتصادی تأثیر معناداری بر مصرف انرژی ندارد؛ از این‌رو، در دوره کوتاه‌مدت، رابطه علیت یک‌طرفه از مصرف انرژی به سمت رشد اقتصادی وجود دارد و فرضیه دوم که بر وجود رابطه علیت دوطرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی تأکید دارد، رد می‌شود.

افزون بر این، در سطح اطمینان ۹۵ درصد، آزادی تجاری تأثیر مثبت و معناداری بر مصرف انرژی دارد و مصرف انرژی نیز به‌طور متقابل، تأثیر منفی و معناداری بر آزادی تجاری می‌گذارد. این یافته‌ها حاکی از وجود رابطه علیت دوطرفه بین آزادی تجاری و مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه است و فرضیه سوم پژوهش پذیرفته می‌شود.

د-۳. آزمون علیت تودا-یاماموتو

بررسی رابطه بلندمدت و هم‌جمعی بین متغیرها جهت انجام آزمون علیت گرنجری متعارف ضروری است درحالی‌که در آزمون علیت تودا-یاماموتو اطلاع در مورد ویژگی‌های هم‌جمعی ضروری نیست. برای بررسی رابطه علیت تودا-یاماموتو میان نرخ

رشد اقتصادی، مصرف انرژی و آزادی تجاری با در نظر گرفتن دو وقفه، معنی داری ضرایب وقفه‌های بهینه هر متغیر در معادله مربوط به متغیر دیگر از آزمون والد استفاده می‌شود.

جدول (۶). نتایج آزمون والد

متغیر وابسته: مصرف انرژی			
Prob.	df	Chi-sq	Excluded
۰/۰۱۰۴	۲	۹/۱۳	Y
۰/۷۶۱۱	۲	۰/۵۴	TE
۰/۲۴۷۸	۲	۲/۷۹	OP
متغیر وابسته: رشد اقتصادی			
Prob.	df	Chi-sq	Excluded
۰/۰۲۶۴	۲	۷/۲۶	EN
۰/۰۳۶۱	۲	۶/۶۴	TE
۰/۰۰۳۰	۲	۱۱/۶۱	OP
متغیر وابسته: آزادی تجاری			
Prob.	df	Chi-sq	Excluded
۰/۷۳۶۰	۲	۰/۶۱	Y
۰/۰۱۴۶	۲	۸/۴۵	EN
۰/۰۰۰۱	۲	۱۸/۹۸	OP

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به نتایج آزمون علیت تودا-یاماموتو در جدول ارائه شده (که از آزمون والد برای معنی داری ضرایب لگ‌های بهینه با دو وقفه استفاده شده) و مقایسه آن با نتایج قبلی آزمون علیت گرنجر کوتاه مدت، می‌توان نتیجه گرفت که بین آزادی تجاری و رشد اقتصادی رابطه علی یک طرفه از آزادی تجاری به رشد اقتصادی در سطح اطمینان ۹۰ درصد برقرار است (اما در سطح ۹۵ درصد معنی دار نیست)، در حالی که جهت معکوس آن معنی دار نیست؛ بنابراین فرضیه اول تحقیق مبنی بر وجود رابطه علی دوطرفه رد می‌شود، هر چند آزمون گرنجر دوطرفه بودن را تأیید کرده بود. میان مصرف انرژی و رشد اقتصادی رابطه علی یک طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی برقرار است، اما میان مصرف انرژی و

آزادی تجاری رابطه علی معنی داری مشاهده نشد؛ بنابراین فرضیه دوم و سوم تحقیق رد خواهند شد.

همان طور که مشاهده شد، با آزمون علیت گرنجر پانلی فرضیه اول تحقیق یعنی وجود رابطه علی دوطرفه بین آزادی تجاری و رشد اقتصادی پذیرفته شد، اما با آزمون علیت تودا-یاماموتو این فرضیه رد می شود (هرچند جهت از آزادی تجاری به رشد اقتصادی در سطح ۹۰ درصد تأیید می شود). فرضیه دوم تحقیق یعنی وجود رابطه علی دوطرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی با هر دو آزمون رد شد (و فقط رابطه یک طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی تأیید گردید). در مورد فرضیه سوم یعنی وجود رابطه علی دوطرفه بین آزادی تجاری و مصرف انرژی، با آزمون علیت گرنجر این فرضیه تأیید شد، اما با آزمون تودا-یاماموتو رد می شود.

۵. بحث و نتیجه گیری

در دهه های اخیر، رشد اقتصادی پایدار به عنوان هدف اصلی توسعه در کشورهای در حال توسعه مطرح شده است. این کشورها برای دستیابی به سطوح بالاتر تولید و رفاه به منابع انرژی وابسته اند. آزادی تجاری نیز به عنوان یکی از عوامل کلیدی توسعه اقتصادی در کشورهای در حال توسعه مطرح شده است، اما تجارت بین المللی دسترسی به فناوری های پیشرفته را تسهیل می کند اما به طور همزمان فعالیت های تولیدی را افزایش می دهد که خود منجر به افزایش مصرف انرژی و نهایتاً بروز چالش های زیست محیطی می شود.

در کشورهای در حال توسعه که با محدودیت منابع انرژی و فشارهای زیست محیطی روبه رو هستند، درک رابطه علی این متغیرها و تأثیر آنها بر محیط زیست اهمیت زیادی دارد لذا در این مطالعه با کمک داده های مربوط به مصرف انرژی، رشد اقتصادی، آزادی تجاری و قیمت انرژی ۲۰ کشور در حال توسعه طی سال های ۲۰۲۴-۲۰۰۰ و استفاده از روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS)، علیت گرنجر پانلی و آزمون علیت تودا-یاماموتو و نرم افزار EViews به بررسی رابطه آزادی تجاری، رشد اقتصادی و مصرف انرژی در کشورهای منتخب در حال توسعه پرداخته شده است.

الف) جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از یافته‌ها

همان‌طور که اشاره شد افزایش رشد اقتصادی منجر به مصرف انرژی سرانه می‌شود. این رابطه منفی می‌تواند نشان‌دهنده کارایی انرژی در کشورهای در حال توسعه باشد؛ یعنی با رشد اقتصادی، فناوری‌های کارآمدتر (مانند ماشین‌آلات کم‌مصرف یا انتقال به خدمات) جایگزین می‌شوند و مصرف انرژی کاهش می‌یابد. این با نظریه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (که در مراحل اولیه توسعه، مصرف انرژی افزایش می‌یابد اما بعداً کاهش) سازگار است، اما اینجا منفی بودن آن ممکن است به دلیل تمرکز بر کشورهای در حال توسعه باشد که رشد آن‌ها با بهینه‌سازی انرژی همراه است.

در کشورهای در حال توسعه، مصرف انرژی اغلب به عنوان نهاده اصلی تولید عمل می‌کند، اما افزایش آن لزوماً به رشد پایدار منجر نمی‌شود. بر اساس نظریه نفرین منابع^۱ یا بیماری هلندی^۲، وابستگی بیش‌ازحد به انرژی (به ویژه انرژی غیر تجدیدپذیر مانند نفت و زغال سنگ) می‌تواند منجر به تخصیص ناکارآمد منابع شود. برای مثال، یارانه‌های انرژی در بسیاری از این کشورها (مانند ایران، نیجریه یا اندونزی در نمونه ما) مصرف را افزایش می‌دهد، اما این مصرف ناکارآمد است و منابع را از سرمایه‌گذاری در بخش‌های مولد (مانند آموزش، فناوری یا زیرساخت‌ها) منحرف می‌کند. علاوه بر این، مصرف بالای انرژی می‌تواند آلودگی محیطی ایجاد کند که هزینه‌های بهداشتی و زیست‌محیطی را افزایش دهد و در بلندمدت رشد را کاهش دهد (مانند آنچه در مدل‌های رشد درون‌زا با محدودیت‌های زیست‌محیطی، مانند مدل استاکی^۳، ۱۹۹۸ توصیف شده). این رابطه منفی همچنین می‌تواند به دلیل اثر برگشتی^۴ باشد: جایی که افزایش کارایی انرژی منجر به مصرف بیشتر می‌شود، اما بدون افزایش متناسب تولید، رشد را تحت تأثیر منفی قرار می‌دهد. در مقابل، مطالعات مثبت اغلب در کشورهای توسعه‌یافته (با فناوری‌های پیشرفته و کارایی بالا) مشاهده می‌شود که تفاوت ساختاری نمونه ما (۲۰ کشور

1 Resource Curse

2 Dutch Disease

3 Stokey

4 Rebound Effect

در حال توسعه از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴) را توجیه می‌کند.

افزایش آزادی تجاری (به عنوان درصدی از GDP) نیز منجر به افزایش مصرف انرژی سرانه می‌شود. این رابطه مثبت آزادی تجاری و می‌تواند به دلیل واردات فناوری‌های انرژی بر یا افزایش تولید صادراتی باشد که نیاز به انرژی بیشتری دارد. در کشورهای در حال توسعه، آزادی تجاری اغلب با صنعتی شدن و صادرات کالاهای انرژی بر (مانند محصولات معدنی یا تولیدی) همراه است که مصرف انرژی را افزایش می‌دهد.

همچنین افزایش در قیمت انرژی (در اینجا نسبت قیمت نفت به CPI) منجر به کاهش مصرف انرژی سرانه می‌شود. این رابطه منطقی است زیرا قیمت بالاتر انرژی (به عنوان یک نهاده تولیدی) تقاضا را کاهش می‌دهد (قانون تقاضا) و کشورهای در حال توسعه ممکن است با جایگزینی سوخت‌های ارزان‌تر یا کاهش مصرف واکنش نشان دهند.

با توجه به آن که انرژی به عنوان یکی از اصلی‌ترین نهاده‌های لازم در تولید کالاهای همچنین فرآیند انتقال آن‌ها مطرح است، تغییرات مصرف آن می‌تواند توانایی تولید و انتقال کالا و به طور کلی حجم صادرات و واردات را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین می‌توان گفت وجود رابطه بین مصرف انرژی و حجم صادرات و واردات و نهایتاً آزادی تجاری منطقی است.

از منظر روابط علی، آزمون‌های علیت گرنجر و تودا-یاماموتو نشان می‌دهند که رابطه دوطرفه میان آزادی تجاری و رشد اقتصادی (گرنجر) و یک طرفه از آزادی تجاری به رشد اقتصادی (با تودا-یاماموتو در سطح ۹۰ درصد) وجود دارد که این یافته‌ها به اهداف پژوهش در تأیید تأثیر تجارت بر رشد پاسخ می‌دهند. همچنین، رابطه یک طرفه از مصرف انرژی به رشد اقتصادی تأیید شد، اما روابط دوطرفه میان مصرف انرژی و آزادی تجاری تنها در گرنجر مشاهده گردید و در تودا-یاماموتو رد شد. این نتایج سؤال اصلی پژوهش را مبنی بر وجود روابط علی پاسخ می‌دهد و نشان‌دهنده نقش انرژی به عنوان محرک رشد است، در حالی که تجارت به عنوان کاتالیزور عمل می‌کند.

ب) کاربرد یافته‌ها

یافته‌های این مطالعه می‌تواند برای سیاست‌گذاران در کشورهای در حال توسعه مفید باشد؛ برای مثال، تشویق آزادی تجاری می‌تواند رشد اقتصادی را تقویت کند، اما باید با سیاست‌های کارایی انرژی همراه باشد تا مصرف انرژی کنترل شود. همچنین، مدیریت قیمت انرژی می‌تواند به کاهش وابستگی به واردات انرژی کمک کند و پایداری اقتصادی را افزایش دهد. این نتایج در برنامه‌ریزی توسعه پایدار، مانند سیاست‌های تجاری در سازمان تجارت جهانی یا برنامه‌های انرژی در سازمان ملل، کاربرد دارد.

از منظر زیست‌محیطی، یافته‌ها بر اهمیت سیاست‌های هماهنگ برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تأکید می‌کنند؛ زیرا رابطه مثبت آزادی تجاری با مصرف انرژی می‌تواند منجر به افزایش آلودگی شود، اما با تمرکز بر انرژی‌های تجدیدپذیر (مانند خورشیدی یا بادی) در زنجیره‌های تجاری، می‌توان رشد اقتصادی را با حفاظت از محیط‌زیست همسو کرد و به اهداف توافق پاریس کمک نمود.

ج) محدودیت‌های مطالعه و تعمیم‌پذیری

تمرکز بر ۲۰ کشور منتخب در حال توسعه است که ممکن است تنوع جغرافیایی و اقتصادی کامل را پوشش ندهند و همچنین عدم دسترسی به داده‌های مربوط به برخی سال‌ها به دلیل عدم وجود بانک دیتا مناسب کشورهای در حال توسعه از محدودیت‌های این مطالعه بوده‌اند. تعمیم‌پذیری یافته‌ها به کشورهای در حال توسعه متوسط است، اما به دلیل تمرکز بر اقتصادهای نوظهور مانند چین، هند و ایران، ممکن است برای کشورهای کمتر توسعه‌یافته (مانند کشورهای فقیر آفریقا) کمتر قابل تعمیم باشد. علاوه بر این، دوره زمانی ۲۰۲۴-۲۰۰۰ شامل بحران‌هایی مانند کووید-۱۹ است که ممکن است روابط را تحت تأثیر قرار دهد.

د) پیشنهادها برای مطالعات بعدی و به‌کارگیری یافته‌ها

برای مطالعات آتی، پیشنهاد می‌شود به برآورد مدل‌های تحقیق با در نظر گرفتن متغیرهای

اضافی مانند سرمایه گذاری خارجی، تغییرات آب و هوایی یا نوع صنایع کشورها پرداخته شود. همچنین، نتایج بررسی روابط در زیرگروه های کشورها (مانند آسیایی در مقابل آمریکای لاتین) می تواند مفید باشد. سیاست گذاران می توانند برنامه های آموزشی برای افزایش کارایی انرژی در بخش های صادراتی استفاده کنند و یا از رابطه بین متغیرهای این تحقیق برای مذاکرات تجاری بین المللی بهره ببرند تا رشد اقتصادی پایدار را تضمین کنند.

تعارض منافع

در این مقاله هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از حمایت و همکاری معنوی سردبیر محترم، داوران ناشناس، کارشناسان فصلنامه، ویراستاران علمی و ادبی اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی کمال تشکر را دارند.

ORCID

Samaneh Abedi



<https://orcid.org/0000-0002-8571-3362>

Fateme Naeimi



<https://orcid.org/0009-0007-5607-7866>

منابع

- باقری، سمانه. (۱۴۰۳). بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و انتشار آلودگی: مطالعه موردی ایران. پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی، (۸۳) ۹، ۴۴-۳۱.
- بختیاری، صادق و نجفی، زهرا. (۱۳۹۰). بررسی ارتباط علی بازبودن تجارت بین الملل، سرمایه انسانی و رشد اقتصادی ایران. بررسی های بازرگانی، ۴۹، ۶۷-۷۶.
- بی آبی، حامد؛ شاهپوری، احمدرضا و امیرنژاد، حمید. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر رشد اقتصادی، جمعیت و حجم تجارت خارجی بر انتشار گاز گلخانه ای CO₂ (مقایسه کشورهای عضو سازمان OECD و غیرعضو منتخب شامل ایران). فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، (۱) ۱، ۴۳-۲۷.
- علی پور، حمیدرضا و قدکچی، مریم. (۱۳۹۰). بررسی رابطه توسعه تجارت با رشد اقتصاد در ایران، فصلنامه کار و جامعه، ۱۴۱، ۴۵-۵۳.
- عابدی، سمانه و متقی، سمیرا. (۱۴۰۳). بررسی تطبیقی عملکرد حکومت های توسعه یافته و در حال توسعه بر کیفیت محیط زیست. فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، (۹) ۴، ۱۴۵-۱۷۳.
- لیانی، قاسم و کرمی، مهدی. (۱۴۰۴). اثرات رشد بخش کشاورزی و مصرف انرژی بر انتشار گازهای گلخانه ای و کیفیت محیط زیست در کشورهای خاورمیانه. فصلنامه علوم محیطی
- محمدی، تیمور؛ ناظمیان، حمید؛ خداپرست، یونس (۱۳۹۳)، بررسی رابطه علیت پویای بین توسعه مالی، بازبودن تجاری و رشد اقتصادی؛ مقایسه موردی دو کشور نفتی ایران و نروژ، پژوهشنامه اقتصاد/انرژی/ایران، دوره (۳)، شماره (۱۰): ۱۷۸-۱۵۱.
- مسیب زاده گوگرچین، بهنام؛ معمارنژاد، عباس و ترابی، تقی. (۱۴۰۳). بررسی اثر صنعتی سازی، توسعه اقتصادی، آزادسازی بازارهای مالی و تجاری بر تولید گازهای

گلخانه‌ای در راستای پایداری توسعه محیط‌زیست با رگرسیون کوانتایل. *پایداری، توسعه و محیط‌زیست*، دوره (۳) ۵، ۵۱-۷۱.

مهدوی، ابوالقاسم، طاهری هنجفی، مرضیه و شمس‌الاحرار، فاطمه. (۱۳۹۶). تأثیر آزادسازی تجاری بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب حوزه خاورمیانه (با تأکید بر مدل‌های رشد درون‌زا). *فصلنامه اقتصاد کاربردی*، (۲۰) ۷، ۲۲-۱۴.

References

- Alipour, H., & Ghadkchi, M. (2011). Investigating the relationship between trade development and economic growth in Iran. *Work and Society Quarterly*, 141, 45-53 [in Persian].
- Abedi, S. and Motaghi, S. (2024). A Comparative Study of the Performance of Developed and Developing Governments on the Quality of the Environment. *Journal of Environmental and Natural Resource Economics*, 4(9), 145-173. [in Persian].
- Antweiler, Werner, Brian R. Copeland and M. Scott Taylor. (2001). "Is Free Trade Good for the Environment?" *American Economic Review*, 91 (4): 877-908.
- Bagheri, S. (2024). Investigating the factors affecting energy consumption and pollution emissions: A case study of Iran. *Journal of Environmental and Trans-Sectoral Development*, 9(83), 31-44 [in Persian].
- Bakhtiari, S., & Najafi, Z. (2011). Examining the causal relationship between international trade openness, human capital, and economic growth in Iran. *Commercial Reviews*, 49, 67-76 [in Persian].
- Ben Jebli, Mehdi & Ben Youssef, Slim, (2015), "Output, renewable and non-renewable energy consumption and international trade: Evidence from a panel of 69 countries", *Renewable Energy*, 799-808.
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (1994). Endogenous innovation in the theory of growth. *Journal of Economic Perspectives*, 8 (1), 23-44.
- Halkos, G., & Tzeremes, N. (2014). The Effect of Electricity Consumption from Renewable Sources on Countries' Economic Growth levels: Evidence from Ddvanced Emerging and Developing Economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 166-173.

- Jóźwik, B., Sümerli Sarıgül, S., Altay Topcu, B., Çetin, M., & Doğan, M. (2025). Trade openness, economic growth, capital, and financial globalization: Unveiling their impact on renewable energy consumption. *Energies*, 18(5), 1244. <https://doi.org/10.3390/en18051244>
- Mahdavi, A., TaheriHanjafi, M., & Shamsolahrar, F. (2017). The impact of trade liberalization on economic growth in selected Middle Eastern countries (with emphasis on endogenous growth models). *Applied Economics Quarterly*, 7 (20), 14-22 [in Persian].
- Mohammadi, T., Nazeman, H., & Khodaparast, Y. (2014). Examining the dynamic causal relationship between financial development, trade openness, and economic growth: A comparative case study of two oil-producing countries, Iran and Norway. *Iranian Energy Economics Research Journal*, 3(10), 151-178 [in Persian].
- Mosaibzadeh Gogerchin, B., Memarnejad, A., & Torabi, T. (2024). Investigating the impact of industrialization, economic development, liberalization of financial and commercial markets on greenhouse gas emissions in the direction of environmental development sustainability using quantile regression. *Sustainability, Development and Environment*, 5(3), 51-71 [in Persian].
- Nasreen, S., & Anwar, S. (2014). Causal Relationship Between Trade Openness, Economic Growth and Energy Consumption: A Panel Data Analysis of Asian Countries. *Energy Policy*, 1-10.
- Osei-Assibey Bonsu, M., & Wang, Y. (2022). The triangular relationship between energy consumption, trade openness and economic growth: New empirical evidence. *Cogent Economics & Finance*, 10(1), Article 2140520. <https://doi.org/10.1080/23322039.2022.2140520>
- Rossi, S. (2023). Exploring the relationship between economic growth, energy consumption, trade openness, and carbon dioxide emissions: A case study of Italy. *Journal of Energy & Environmental Policy Options*, 6(3), 19-24.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica*, 61 (4), 783–820.

Zeren, F. & Akkuş, H., (2020). "The relationship between renewable energy consumption and trade openness: New evidence from emerging economies," *Renewable Energy*, 147(P1), 322-329.

استناد به این مقاله: عابدی، سمانه،، نعیمی، فاطمه. (۱۴۰۴). رابطه بین آزادی تجاری، مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و منابع طبیعی، ۵(۱۲)، صفحات ۱۴۹-۱۸۰. DOI: 10.22054/EENR.2026.90929.224



Journal of Environmental and Natural Resource Economics licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.