Stable Economy Journal

Online ISSN: 2821 - 1049

Examining the effect of institutional quality on the relationship between nuclear energy consumption and economic growth in selected OECD countries

Mohammad Sadeghpour [1] , Sajjad Faraji Dizaji [2], Hossein Sadeghi Saghdel [3]

1. Master of Economics of Energy, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: m_sadeghpour@modares.ac.ir
2. Corresponding Author, Associate Professor, Department of Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: s_dizaji@modares.ac.ir
3. Associate Professor, Department of Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: sadeghih@modares.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 1September 2024
Revised in revised form: 25February2025
Accepted: 29March 2025
online: 21June 2025

JEL:

Keywords:
Economic growth,
Nuclear energy,
Institutional quality,
Sustainable energy.

ABSTRACT

In recent years, the consumption of low-carbon energy has increased in many developing and developed countries to protect the environment. With increased awareness of climate change in recent years nuclear energy has received renewed attention. Positions that attribute nuclear energy an important role in climate change mitigation emerge. With its low carbon emissions and potential for large-scale electricity generation, nuclear energy has emerged as a suitable option to meet the growing energy needs of countries while reducing reliance on fossil fuels. However, the integration of nuclear energy into a sustainable economic framework is subject to various institutional factors. This study examines the effect of institutional quality on the relationship between nuclear energy consumption and economic growth in selected OECD countries. This research examines the hypothesis that institutional quality plays an important role in shaping the relationship between nuclear energy consumption and economic growth. To achieve this goal, panel data analysis is used between 1995 and 2022 for a sample of OECD countries. The results of this research show us that in the long run, the effect of nuclear energy consumption and institutional quality on economic growth is positive and significant, but institutional quality limits the effect of nuclear energy on economic growth. These findings suggest that while institutional quality is an important factor, its benefits in relation to nuclear energy and economic growth might not always be straightforward. It is crucial for policymakers and industry leaders to balance institutional improvements with other strategic investments and consider the broader context in which nuclear energy operates.

Cite this article: Sadeghpour, M., Faraji Dizaji, S.& Saghdel, H. S.(2025) Examining the effect of institutional quality on the relationship between nuclear energy consumption and economic growth in selected OECD countries. *Stable Economy Journal*, 6 (2), 73-98. DOI: 10.22111/sedj.2025.49882.1510

Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/sedj.2025.49882.1510

Extended Abstract

Introduction

Given the dire state of global warming, it is critical to investigate the elements that influence carbon emissions intensity and to precisely monitor progress in carbon emissions intensity growth in order to meet the aim of lowering CO2 emissions (Ali et al., 2022). In recent years, sustainable development has become an international challenge accompanied by a hot climate change debate and the decline of conventional energy resources. Although the concept of sustainability integrates the social, environmental, and economic-energy dimensions, the recently released (2015) development agenda defined the new sustainable development goals (SDGs) by emphasizing to the role of energy in sustainability issues. The international community recognized the crucial role of energy in fulfilling sustainability targets considering it as a separate standalone pillar (IAEA[1], 2016). In an era characterized by growing concerns about environmental sustainability and energy security, achieving efficient and sustainable energy sources has been at the center of global discourse. Among countless energy options, nuclear energy has attracted the attention of policymakers, economists, and environmental experts with its potential to provide a reliable and low-carbon energy source.

The place of nuclear energy within a sustainable development framework remains a controversial issue. The role of nuclear energy as an option for secure, carbon-free energy and as an alternative energy source that can meet global energy demands remains an issue under investigation. The Paris Agreement and the participating countries' undertaken commitments for a low-carbon energy transition reinforced the global interest towards the use of nuclear power. From this perspective, the examination of the nature of the causal effects between nuclear power consumption and economic growth is a potentially crucial indicator for the implementation of appropriate clean energy policies by the stakeholders (Christoforidis et al., 2021).

In nuclear power-consuming countries, nuclear energy plays a critical role in the production process as a major electricity source. In the recent clean energy transition era, nuclear energy has broadly been used by many developed or developing countries (Christoforidis et al., 2021). Although there are arguments against its use regarding the safety of nuclear plants, public health, and societal acceptance. However, nuclear power is considered as an advanced energy technology that constitutes an alternative energy solution for countries with growing energy needs and exhausted fossil fuel reserves or alternative resources (Fiore, 2006; Toth and Rogner, 2006). For example, the protests against nuclear energy after Fukushima nuclear accident made the national energy strategies of few countries like Germany, Belgium, Switzerland or Spain to focus on the gradual closure of nuclear power plants. On the other hand, countries like France and the new EU member states in the Eastern Europe support the development of this energy source, because it does not emit CO2 and it is in line with environmental goals (Simionescu, 2023).

Nuclear power consumption along with institutional quality play a significant role in stimulating economic growth either directly or as complements to the labor force and gross fixed capital formation. The adoption and use of nuclear energy does not depend solely on its technical feasibility. It is deeply influenced by the institutional framework of a nation. The quality of these institutions, including their transparency, stability and effectiveness, can significantly affect the success of nuclear energy programs and, consequently, a country's economic growth prospects (Christoforidis et al., 2021). So, there is a strong interdependence among the three pillars of sustainable development (the economic, environmental, and social pillars), nuclear energy, and the institutional framework (IAEA, 2016). The role of institutions is another complementary factor that may directly affect economic growth. Since Douglass North original works (North and Davis, 1971; North, 1990) which gave birth to the "New Institutional Economics" (NIE), the neoclassical approach to economic growth extended by the incorporation of institutional factors. NIE focuses on the institutional influence on long-term economic growth in terms of accountability, regulatory efficiency, rule of law, protection of property rights, political stability and elimination of corruption (Christoforidis et al., 2021). A robust institutional framework can provide an economic environment conducive to enhance economic growth (Lee K. and Kim, 2009).

In this study, the relationship between energy consumption and economic growth and the role of institutional quality in explaining this relationship. There are only a few studies that take into account the countries' institutional arrangement when investigating energy-led economic growth. Muftaudeen and Omojolaibi, (2014) applied the ARDL and VECM methods to examine the relationship between economic growth, energy consumption, and institutions in Nigeria. They found that electricity consumption and institutions have a positive impact on Nigeria's

[1] International Atomic Energy Agency

economic growth. Similarly, Madni and Mehmood (2018) concluded that energy consumption, institutions, and the financial market affect growth positively in Pakistan. Adams et al. (2016) investigated the role of democracy in the energy-economic growth relationship for 16 Sub-Saharan countries employing a panel VAR model in a GMM framework. Their findings validated the feedback hypothesis and the view that democracy moderates the energy consumption-growth nexus.

Method

The method and tool of data collection in this research is a document library and panel data method is used to estimate the model. Panel data is a combination of time series and cross-sectional data that has both cross-sectional and time-series data. In our analysis, we selected annual data from 1995 to 2022 for 18 selected OECD countries. These countries are Belgium, Canada, Czechia, Finland, France, Germany, Hungary, Japan, Mexico, Netherlands, Slovakia, Slovenia, South Korea, Spain, Sweden, Switzerland, UK and the US. Also, the PMG[2] method has been used to estimate the research model. The model adopted in the study is presented as follows:

$$GDP_{it} = f(GFCF, LF, NEC, IQ, EX) \tag{1}$$

Taking the natural logarithm of equation (1) the model in econometrics format is expressed as follows:

$$GDP_{it} = a_i + \beta_1(GFCF_{it}) + \beta_2(LF_{it}) + \beta_3(NEC_{it}) + \beta_4(IQ_{it}) + \beta_5(EX_{it}) + \beta_6 \ln(NEC_{it})(IQ_{it}) + e_{it} \tag{2}$$

where i = 1, …, N the countries; t = 1, … T, the years over the time period examined; GDP is the real GDP; GFCF the real gross fixed capital formation; LF total labor force; NEC nuclear energy consumption; EX export of goods and services and IQ the index for institutional quality. The aiparameter denotes the crosssections specific fixed effects, β_1, β_2, β_3, β_4 and β_5 represent the regression coefficients and e_{it} is the error term.

Results

This study examines the causal relationships between economic growth, nuclear energy consumption, and institutional quality for 18 selected OECD countries from 1995 to 2022. According to the estimation results of the research model, nuclear energy consumption is not significant in the short term. Therefore, there is no relationship between nuclear energy consumption and economic growth in the short term. In the long run, our findings evidence that nuclear energy consumption, Institutional quality, labor, and capital have a significant positive impact on the economic growth of the examined countries. Also, according to the findings of the long-term model estimation, the effect of nuclear energy consumption and institutional quality on economic growth is significant, but institutional quality limits the use of nuclear energy.

Our study reveals that in the long term, institutional quality significantly impacts the relationship between nuclear energy consumption and economic growth, but the effect is negative. These findings suggest that while institutional quality is crucial, its impact on economic growth through nuclear energy consumption may be more complex than initially anticipated. Policymakers and industry leaders should consider this nuanced relationship when designing strategies to leverage nuclear energy for economic development. But in the current energy landscape, nuclear energy can complement renewable sources, helping to stabilize grids while reducing emissions. Some nations are exploring nuclear energy as part of a diversified approach to energy security, while others remain hesitant due to safety, cost, or waste management concerns. As technology advances and countries strive to meet ambitious climate targets, nuclear energy may play a crucial role in achieving a balanced, resilient, and low-carbon energy mix.

Future research should investigate the specific contexts and conditions under which institutional quality might have varying effects on the nuclear energy-economic growth relationship. Additionally, examining how different dimensions of institutional quality impact nuclear energy efficiency and exploring sector-specific dynamics could provide further insights.

[2] Pooled Mean Group

اقتصاد باثبات

شاپا الکترونیکی: ۲۸۲۱-۱۰۴۹

بررسی تأثیر کیفیت نهادی بر رابطه بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب OECD

محمد صادقپور[۱] | سجاد فرجی دیزجی[۲] | حسین صادقی سقدل[۳]

۱. کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: m_sadeghpour@modares.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: s_dizaji@modares.ac.ir

۳. دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: sadeghih@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۳۱

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۱۲/۷

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۴/۱/۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۴/۲

JEL:

واژه‌های کلیدی:
رشد اقتصادی،
انرژی هسته ای،
کیفیت نهادی،
انرژی پایدار.

چکیده

در سال‌های اخیر مصرف انرژی‌های کم کربن در بسیاری از کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته برای حفاظت از محیط زیست افزایش یافته است. انرژی هسته‌ای با انتشار کربن کم و پتانسیل تولید برق در مقیاس بزرگ، به عنوان یک گزینه مناسب برای برآوردن نیازهای رو به رشد انرژی کشورها و در عین حال کاهش اتکا به سوخت‌های فسیلی ظاهر شده است. با این حال، ادغام انرژی هسته‌ای در یک چارچوب اقتصادی پایدار، تابع عوامل نهادی مختلف است. مطالعه حاضر به بررسی تأثیر کیفیت نهادی بر رابطه‌ی بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب OECD (سازمان همکاری اقتصادی و توسعه) با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های تابلویی در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۴۰۱ می‌پردازد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که در بلندمدت، مصرف انرژی هسته‌ای تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد اقتصادی دارد. لذا زمانی که انرژی هسته‌ای به طور مؤثر در ترکیب انرژی یک کشور ادغام شود؛ علاوه بر اینکه می‌تواند وابستگی به سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد، می‌تواند به رشد اقتصادی نیز کمک شایانی کند. علاوه بر این، کیفیت نهادی در بلند مدت تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد اقتصادی دارد. بنابراین نهادهای قوی و با عملکرد خوب، نقش مهمی در تقویت رشد اقتصادی دارند. اما کیفیت نهادی اثر انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی را در بلندمدت محدود می‌کند؛ این نتیجه نشان می‌دهد که اگرچه نهادهای قوی برای به حداکثر رساندن مزایای انرژی هسته‌ای ضروری هستند، اما می‌توانند چالش‌هایی را از طریق الزامات نظارتی سخت‌گیرانه یا ناکارآمدی در اجرا تحمیل کنند.

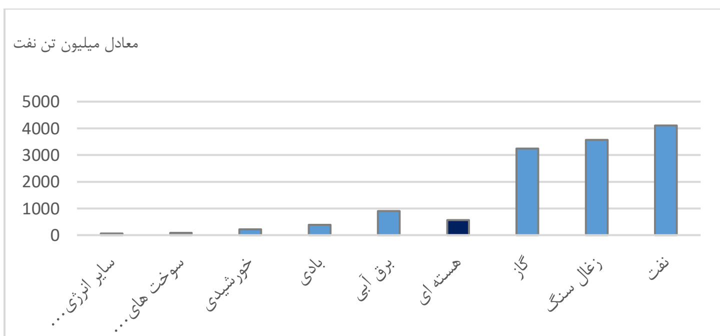
استناد: صادقپور، محمد؛ فرجی دیزجی، سجاد و صادقی سقدل،حسین (۱۴۰۴) بررسی تأثیر کیفیت نهادی بر رابطه بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب OECD. *اقتصاد باثبات*، ۶ (۲)، ۷۳-۹۸.

DOI: 10.22111/sedj.2025.49882.1510

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

۱. مقدمه

گسترش فعالیت‌های اقتصادی در چند دهه اخیر، سرمایه طبیعی را مصرف کرده و در نتیجه مشکل جهانی تخریب محیط زیست را توسعه داده است؛ لذا رهبران جهان را وادار به تغییر تمرکز خود از مفهوم قدیمی رشد اقتصادی به ایده پایدارتر رشد اقتصادی سبز کرده است. ادبیات مدرن در مورد رشد اقتصادی بر فناوری‌های هدفمند انرژی سبز و پاک متمرکز شده است تا از رشد اقتصادی سنتی خارج شود و به یک گذار سبز دست یابد (*Mastini et al,2021*). از طرفی فعالیت‌های انسانی متمرکز بر استفاده از انرژی، بر اکوسیستم فشار وارد می‌کند؛ که موجب تهدیدات اخیر تخریب محیط زیست، عدم تعادل اکولوژیکی و تغییرات آب و هوایی شده است (*Usman* et al,*2022*). به تعبیر دیگر، بحران انرژی و گرم شدن کره زمین مسائل به هم پیوسته‌ای هستند که از اتکای شدید بشر به سوخت‌های فسیلی ناشی می‌شوند. سوخت‌های فسیلی سنتی به دلیل چگالی انرژی بالا، در دسترس بودن و زیرساخت‌هایی که به خوبی تثبیت شده، محرک اصلی رشد اقتصادی بوده‌اند و درحال حاضر نیز علی‌رغم نگرانی‌های زیست‌محیطی، همچنان سوخت‌های فسیلی بر ترکیب مصرف انرژی جهان تسلط دارند (نمودار ۱).



نمودار ۱: مصرف انرژی بر اساس منابع مختلف انرژی جهان در سال ۲۰۲۲ (منبع: Our world in data)

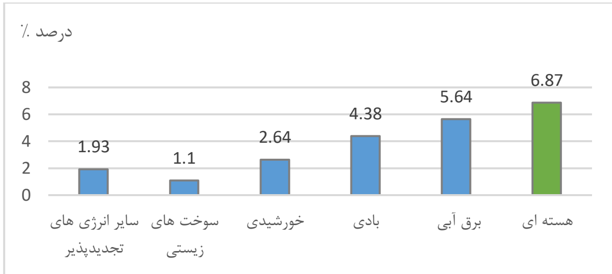
در سال ۲۰۲۲ میلادی، مجموع انرژی مصرفی جهان ۱۷۸۸۹۹ تراوات ساعت که به طور تقریبی معادل ۱۵/۳۸۵ میلیارد تن نفت خام است. با توجه نمودار (۱) اگر طبق روند گذشته بشر برای انرژی مصرفی خود بیشتر به سوخت‌های فسیلی اتکا کند، با چالش‌های زیر مواجه خواهد شد:

- چالش تقاضای انرژی: با توجه به محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی و پایان پذیری آن‌ها، نیاز مبرم به استفاده بیشتر از سایر منابع انرژی است.

- چالش محیط زیست: سوزاندن سوخت‌های فسیلی، آلاینده‌های مخرب از جمله دی‌اکسید کربن تولید می‌کند که همین امر موجب گرم شدن زمین می‌شود؛ لذا برای مبارزه با تغییرات آب و هوایی، استفاده بیشتر از انرژی‌های کم‌کربن از اهمیت بالایی برخوردار است.

در سال ۲۰۱۵ میلادی در پاریس، قراردادی برای تقابل با تغییرات اقلیمی و سرمایه‌گذاری با هدف ایجاد یک واکنش جهانی و یکپارچه از جانب کشورها برای مبارزه با تغییرات آب و هوایی و اثرات آن بود. این توافق به دنبال کمک به کشورها برای سازگاری با اثرات آب و هوایی است که آرمان اصلی این توافقنامه این بود که افزایش دمای جهانی از ۳۵/۶ درجه فارنهایت (۲ درجه سانتیگراد) تجاوز نکند. این هدف بلند مدت توافقنامه، متحد کردن تلاش‌های جهانی جهت کاهش گرمایش جهانی می‌باشد؛ به طوری که افزایش دمای جهانی از ۲ درجه سانتی‌گراد حداکثر به ۱/۵ درجه سانتی گراد برسد. که نتیجه آن می‌تواند کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش انعطاف‌پذیری در برابر اثرات آب‌وهوایی و حمایت از توسعه پایدار و در نتیجه تلاش برای ایجاد آب و هوای پایدار و قابل زندگی برای نسل‌های آینده بود (استادی و همکاران، ۱۳۹۷). توافق پاریس و تعهدات کشورهای شرکت کننده برای انتقال انرژی با کربن کم، علاقه جهانی به استفاده از انرژی هسته‌ای را تقویت کرد. از این منظر، بررسی ماهیت اثرات علی بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی یک شاخص بالقوه حیاتی برای اجرای سیاست‌های انرژی پاک مناسب توسط ذینفعان می‌باشد (*Christoforidis et al,2021*). پس از اجرای پروتکل کیوتو، رهبران جهانی توجه خود را به سمت افزایش استفاده از انرژی هسته‌ای به عنوان وسیله‌ای برای کاهش انتشار کربن و بهبود شرایط محیطی معطوف کردند (*Kartal et al,2023*). لذا اهمیت انرژی هسته‌ای به عنوان موتور احتمالی توسعه سبز با افزایش نگرانی‌های جهانی در مورد تغییرات آب و هوا و پایداری زیست محیطی در حال افزایش است (*Gao et al,2024*). در نمودار (۲)، اهمیت انرژی هسته‌ای در میان سایر انرژی‌های کم کربن در کشورهای سازمان همکاری و توسعه اقتصادی[1] مشهود است.

[1] OECD



نمودار ۲: سهم مصرف انرژی کشورهای OECD بر اساس منابع انرژی کم کربن در سال ۲۰۲۲(منبع: Our world in data)

در سال‌های گذشته، مطالعات متنوعی به بررسی رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی پرداخته شده است؛ چرا که طبق نمودار(۲)، محدودیت منابع انرژی و نوسانات قیمت انرژی کشورها را به جستجوی منابع انرژی تجدیدپذیر یا هسته‌ای جدید سوق داده است. از آنجایی که تولید گرما و برق از مصرف انرژی هسته‌ای دی اکسیدکربن کمی منتشر می‌کند و منجر به آلودگی محیط زیست نمی‌شود، انرژی هسته‌ای به منبع انرژی مهم‌تری تبدیل شده است(*Destek,2015*).

علاوه بر نقش انرژی بر رشد اقتصادی، نقش نهادها یکی دیگر از عوامل مکمل است که ممکن است مستقیماً بر رشد اقتصادی تأثیر بگذارد. از زمان آثار اولیه داگلاس نورث (*North and Davis,1971 ؛ North,1990*) که اقتصاد نهادی جدید[1] (NIE) را به وجود آورد، رویکرد نئوکلاسیک به رشد اقتصادی با ادغام عوامل نهادی گسترش یافت. NIE بر تأثیر نهادی بر رشد اقتصادی بلندمدت از نظر پاسخگویی، کارآیی نظارتی، حاکمیت قانون، حمایت از حقوق مالکیت، ثبات سیاسی و حذف فساد تمرکز دارد(*Christoforidis et al,2021l*). به طور کلی، توسعه و ادغام انرژی هسته‌ای خالی از چالش نیست و این چالش‌ها تحت تأثیر کیفیت نهادی یک کشور است. اثربخشی سیاست‌های دولت، چارچوب‌های نظارتی و حاکمیت قانون نقشی اساسی در شکل‌دهی مسیر انرژی هسته‌ای در یک کشور ایفا می‌کند.

این مطالعه چارچوب جدیدی را برای بررسی تأثیر متقابل بین کیفیت نهادی، مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی است؛ چرا که با گنجاندن صادرات، چشم‌اندازی جامع‌تری در مورد عوامل تعیین‌کننده رشد اقتصادی ارائه می‌دهد. در حالی که مطالعه کریستوفوریدیس وهمکاران[2] (۲۰۲۱)، روابط بین کیفیت نهادی، مصرف انرژی هسته‌ای و شاخص‌های کلان اقتصادی را مورد

[1] New institutional economy
[2] Christoforidis et al

بررسی قرار داده است؛ اما مطالعه مگزینو و همکاران[1] (۲۰۲۰) که نقش صادرات را برجسته کرده است. لذا مطالعه حاضر با گنجاندن متغیر صادرات بعد تازه‌ای به تحلیل ارائه می‌کند که نقش مهم تجارت را در شکل‌دهی به رشد اقتصادی، به‌ویژه در کشورهای OECD که بر شبکه‌های تجاری جهانی تسلط دارند، منعکس می‌کند. با تمرکز بر کشورهای OECD، این مطالعه لایه دیگری از نوآوری را اضافه می‌کند؛ چرا که اغلب این کشورها با چارچوب‌های نهادی قوی و زیرساخت‌های مناسبی که برای مصرف انرژی هسته‌ای دارند و همچنین با در دسترس بودن داده‌های با کیفیت بالا، امکان تحلیل دقیق‌تری را فراهم می کند.

ساختار پژوهش حاضر به این صورت است که در بخش دوم، ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق مورد بررسی قرار خواهد گرفت و در بخش سوم، تصریح مدل ارائه می‌شود. همچنین نتایج محاسبات و تفسیر یافته‌ها از لحاظ آماری و اقتصادی در بخش چهارم با عنوان برآورد مدل ارائه خواهد شد و در نهایت نتیجه‌گیری پژوهش نیز در بخش پنجم بیان خواهد شد.

۲. ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق

در این قسمت با توجه به هدف پژوهش، ادبیات موضوع و مطالعات پیشین به سه بخش تفکیک شده است که عبارت‌اند از:

- رابطه بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی
- رابطه بین کیفیت نهادی و رشد اقتصادی
- بررسی تأثیر کیفیت نهادی بر رابطه‌ی مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی.

۲-۱ . رابطه بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی

در این بخش ابتدا به طور مختصر به مباحث پایه‌ی انرژی هسته‌ای پرداخته می‌شود و در ادامه مصرف انرژی هسته‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد. در انتها نیز مطالعات پیشین بیان می‌شود.

به طور کلی با بمباران کردن هسته‌ها توسط ذره‌ها، ساختار آن ها را می‌وان تغییر داد. چنین برخوردهایی که ماهیت یا خواص هسته‌ها را تغییر می‌دهند، واکنش‌های هسته‌ای می‌نامند (موير و همکاران، ۱۳۸۹). لذا زمانی که ساختار هسته اتم تغییر کند، این فرآیند منجر به تولید انرژی می‌شود که که معمولاً این واکنش‌های هسته‌ای (تولید انرژی هسته‌ای) به دو روش شکافت[2] و جوش هسته‌ای[3]، صورت می‌گیرد.

---

[1] Magazzino et al

[2] Nuclear Fission

[3] Nuclear Fusion

انرژی جوش هسته‌ای اغلب به عنوان یک راه حل بلند مدت برای نیازهای انرژی جهان در نظر گرفته می‌شود. با این حال، حتی پس از حل چالش‌های تحقیقاتی حیاتی، مهندسی و علم مواد همچنان محدودیت‌های قابل‌توجهی بر ویژگی‌های یک نیروگاه همجوشی اعمال می‌کنند (نیکولاس[1] و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین انرژی همجوشی حرارتی کنترل‌شده، که به عنوان منبع انرژی نهایی و ایده‌آل در نظر گرفته می‌شود، به دلیل تمیز بودن و مواد خام فراوان، به عنوان راه اصلی برای حل مؤثر مشکل انرژی آینده در نظر گرفته می‌شود(*Queisser and Schützhold,2019*). بنابراین در حالی که انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان راه حلی برای کاهش انتشار دی اکسید کربن (CO2) در نظر گرفته می‌شود، انرژی هسته‌ای نیز به عنوان منبع انرژی کم کربن برای ارائه جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی مبتنی بر تولید برق و تقویت امنیت انرژی ادعا می‌شود (*Yu and et al,2020*). بدیهی است که توسعه انرژی هسته‌ای بسیار سخت‌تر از انرژی‌های تجدیدپذیر است. از زمان وقوع حوادث هسته‌ای مانند نشت هسته‌ای چرنوبیل و فوکوشیما در ژاپن، کشورها شروع به بررسی مجدد انرژی هسته‌ای کرده‌اند .برخی از کشورهای پیشرو در انرژی هسته‌ای جهان اقداماتی مانند کنار گذاشتن انرژی هسته‌ای و محدودکردن انرژی هسته‌ای را آغاز کرده اند .آلمان اعلام کرده است که تمام نیروگاه‌های هسته‌ای خود را تا سال ۲۰۲۲ تعطیل می‌کند. فرانسه، ایالات متحده، کره جنوبی و سایر کشورها نیز سیاست‌هایی را برای کاهش تدریجی انرژی هسته‌ای اتخاذ کرده‌اند. با این حال، جنگ روسیه و اوکراین باعث اختلال در زنجیره تأمین گاز شده است .برای کاهش فشار ناشی از کمبود گاز، پارلمان اروپا اخیراً رأی به تبدیل انرژی هسته‌ای به منبع انرژی سبز و باز کردن برخی محدودیت ها برای انرژی هسته‌ای داد (*Wang et al,2023*). اعتقاد بر این است که انرژی هسته‌ای راه حل های عمده‌ای برای مشکلات مربوط به امنیت انرژی، تخریب محیط زیست و آلودگی ارائه می‌دهد .بنابراین، امنیت عرضه در انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی و مسائل زیست‌محیطی ناشی از استفاده از انرژی‌های فسیلی، کشورها را به تمرکز بر منابع انرژی جایگزین سوق داده است (*Chu, & Chang,2012*).

دلیلی که محققان را به تمرکز بر پیوند بین منابع انرژی و رشد اقتصادی سوق می‌دهد، چشم انداز توسعه پایدار است. این واقعیت که بسیاری از کشورها در مورد صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشار CO_2 توافق کردند؛ لذا جذابیت مطالعات مربوط به مصرف انرژی را افزایش داده است.

---
[1] Nicholas et al

بنابراین با اهمیت روزافزون توسعه پایدار، محققان بیشتر به تأثیرات مصرف انرژی‌های کم کربن نظیر انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی علاقه‌مند شده‌اند (*Omri,2015*).

به طور کلی در تئوری‌های نوین در توابع رشد، انرژی یکی از اساسی‌ترین عوامل تاثیر گذار بر رشد اقتصادی است. اما اهمیت آن در مدل‌های مختلف گوناگون می‌باشد. به عنوان مثال اقتصاددانان نئوکلاسیک نظیر برندت و وود[1] (۱۹۷۵) معتقدند که انرژی یکی از عوامل تولید در تابع تولید کل Q=f [G(K, E),L] است؛ اما به این صورت که ترکیب انرژی و سرمایه با هم عامل تولید G را ایجاد می‌کنند و پس از ترکیب با نیروی کار کالا تولید می‌شود. لذا انرژی ارتباط تفکیک‌پذیر ضعیفی با نیروی کار دارد. سال‌ها بعد طی مطالعاتی، اقتصاددانان نئوکلاسیک نظیر برندت[2] (۱۹۷۸) دنیسون[3] (۱۹۸۵،۱۹۷۹) اعتقاد داشتند که انرژی از طریق اثری که بر نیروی کار و سرمایه می‌گذارد، به طور غیرمستقیم بر رشد اقتصادی تأثیرگذار است (فطرس و همکاران، ۱۳۹۰). استرن[4] (۱۹۹۳) نیز به نقل از اقتصاددانان بوم شناسی از جمله ایرس و نایر[5] (۱۹۸۴) بیان می‌کند که انرژی تنها عامل و اساسی‌ترین عامل رشد است، بنابراین محصولات تولید شده در اقتصاد توسط نیروی انسانی متخصص و یا غیرمتخصص با صرف مقادیر بسیاری از انرژی، حاصل شده و در تولید بکار گرفته می‌شود (دامن کشیده و همکاران، ۱۳۹۲). حال قبل از اینکه به مطالعات پیشین بخش اول (رابطه بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی) بپردازیم، لازم به ذکر است که فرضیه‌های اصلی بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی بر چهار فرض اساسی زیر استوار است (*Ayres & Naier,2010*):

- فرضیه بازخورد[6]: در این فرضیه ارتباط علّی دوطرفه بین رشد اقتصادی و مصرف انرژی صادق است و مصرف انرژی و رشد اقتصادی به صورت مکمل، وابسته یکدیگر می‌باشند.
- فرضیه رشد[7]: در این فرضیه اگر علّیت یک جهته از مصرف انرژی به رشد اقتصادی موجود باشد، افزایش مصرف انرژی به طور مستقیم باعث افزایش رشد اقتصادی خواهد شد.

[1] Berndet & wood
[2] Berndet
[3] Denison
[4] Estern
[5] Ayres & Naier
[6] Feedback Hypothesis
[7] Growth Hypothesis

- فرضیه حفاظت[1]: در این فرضیه علّیت یک جهته از رشد اقتصادی به مصرف انرژی برقرار است، که گویای آن است که سیاست‌های حفاظت انرژی به صورت عکس روی رشد اقتصادی فاقد اثر می‌باشند.
- فرضیه خنثی[2]: در این فرضیه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی هیچگونه ارتباطی علّی وجود ندارد که به معنای نبود حساسیت رشد اقتصادی به مصرف انرژی می‌باشد. حال به توجه به فروض ذکر شده، مطالعات مرتبط به شرح زیر است:

در یک مطالعه سری زمانی تک کشوری، یو و جونگ[3] (۲۰۰۵) با استفاده از مدل تصحیح خطا[4] نشان دادند که علیت یک طرفه از مصرف انرژی هسته‌ای تا رشد اقتصادی در کره بدون هیچ اثر بازخوردی اجرا می‌شود؛ لذا شواهدی برای فرضیه رشد در کره تأیید کردند. پین و تیلور[5] (۲۰۱۰) از داده‌های ایالات متحده برای رابطه مصرف انرژی هسته‌ای و رشد تولید ناخالص داخلی واقعی استفاده کردند و از فرضیه بی طرفی حمایت کردند. در مورد اسپانیا، گوکمن اوغلو و کاکه[6] (۲۰۱۸) برای بررسی رابطه بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی از آزمون همجمعی جوهانسن، مدل تصحیح خطای برداری[7] و آزمون علیت گرنجر استفاده کردند و از فرضیه رشد حمایت کردند. همچنین در فرانسه، مطالعه ای توسط امبارک[8] و همکاران (۲۰۱۵) برای فرضیه رشد شهادت داد. ناصر[9] (۲۰۱۵) از طریق آزمون همگرایی یوهانسن نشان داد که انرژی هسته‌ای تأثیر مفیدی بر تولید ناخالص داخلی واقعی روسیه، چین و کره جنوبی دارد اما تأثیر منفی بر رشد اقتصادی هند دارد. در یک مطالعه تک کشوری، سان و همکاران[10] (۲۰۲۳) با استفاده از مدل تصحیح خطای برداری (VECM)[11] و آزمون علیت گرنجر، نشان دادند که انرژی هسته‌ای رشد اقتصادی کشور پاکستان را در بلندمدت تسریع می‌کند. همچنین گائو و همکاران[12] (۲۰۲۴) از طریق روش CS

[1] Conservation Hypothesis
[2] Neutrality Hypothesis
[3] Yoo & Jung
[4] Error Correction Model
[5] Payne & Taylor
[6] Gokmenoglu & Kaakeh
[7] Vector error-correction model
[8] Mbarek
[9] Naser
[10] Sun et al
[11] Vector error-correction model
[12] Gao et al

ARDL نشان دادند که در اقتصادهای عمده مصرف‌کننده انرژی هسته‌ای، مصرف انرژی هسته‌ای در ترویج رشد سبز بلندمدت حیاتی است.

۲-۲ . رابطه بین کیفیت نهادی و رشد اقتصادی

در سال‌های پیشین بکارگیری مفهوم نهادها در علوم اجتماعی افزایش قابل توجه‌ای داشته است که اهمیت جایگاه اقتصاد نهادگرایی و مفهوم نهاد را در تحلیل‌های علوم اجتماعی و اقتصادی نشان می‌دهد. نهادها در علوم و رشته‌هایی مختلفی نظیر فلسفه، سیاست، جامعه‌شناسی و جغرافیا نیز به فراوانی یافت می‌شود. در مجموع نهادها دارای مفهوم گسترده‌ای هستند که به صورت‌های مختلفی نیز تعریف شده است. اما تعریفی صریح که اندیشمندان بر روی آن اجماع نظر داشته باشند، وجود ندارد (*Hodgson,2006*). اما در بیشتر پژوهش‌ها و مطالعات صورت گرفته در زمینه نهادها، معمولا به تعاریف داگلاس نورث استناد شده است.

نورث (۱۹۹۰) نهاد را به این صورت تعریف می‌کند: " نهادها قواعد بازی در یک جامعه هستند، یا به طور رسمی‌تر محدودیت‌های ساخته شده توسط انسان هستند که تعاملات انسانی را شکل می‌دهند". در این تعریف سه ویژگی اساسی از نهاد آشکار است (*Acemoglu & Robinson,2005*):

- نهادها، متشکل توسط انسان‌ها می‌باشند که در مغایرت با دیگر عوامل بنیادین نظیر عوامل جغرافیایی و ... که خارج از کنترل انسان ها است.
- نهادها قواعد بازی هستند و محدودیت‌های در رفتار انسان ایجاد می‌کنند.
- تأثیر عمده آن‌ها از طریق انگیزه‌ها است.

وجود نهادهای اقتصادی کارآمد برای رشد اقتصادی الزامی بسیار با اهمیت هستند؛ چرا که چارچوبی را فراهم می‌کنند که سرمایه‌گذاری، نوآوری و فعالیت‌های تولیدی را که موتورهای توسعه اقتصادی هستند را تقویت و تشویق می‌کند. از طرفی وجود نهادها به منظور سرمایه‌گذاری فیزیکی و انسانی و تکنولوژی و همچنین بر سازماندهی تولید مؤثر است. در عین حال اختلافات در نهادهای اقتصادی منبع اصلی اختلافات بین کشوری در رشد اقتصادی و موفقیت یک کشور به حساب می‌آیند. از مولفه‌های لازم دیگر که برای رشد اقتصادی می‌تواند موثر باشد، عوامل فرهنگی و جغرافیایی است؛ به عنوان مثال کشورهای غنی از منابع دارای مزیت اساسی هستند، زیرا می توانند از این منابع برای توسعه داخلی یا صادرات استفاده کنند. بنابراین نهادهای اقتصادی نه علاوه بر اینکه تعیین کننده‌ی ظرفیت رشد کل یک اقتصاد هستند؛ تعیین کننده‌ی نتایج اقتصادی متعدد از جمله توزیع منابع (توزیع ثروت، توزیع سرمایه فیزیکی و سرمایه انسانی) در آینده نیز هستند.

جوامع زمانی به طور اقتصادی موفق هستند که نهادهای اقتصادی خوب داشته باشند. نهادهای اقتصادی خوب، دلیل موفقیت به حساب می‌آیند(احمدپور کچو و دهمرده، ۱۳۹۸). از طرفی دستیابی به رشد اقتصادی، نگهداری و حفظ آن، از مسائل و چالش‌هایی است که از اهمیت بسیار بالایی در هر دوره زمانی برخوردار است. شایان به ذکر است که تفاوت بین درآمد سرانه و رشد اقتصادی در آن چیزی است که هر معیار در مورد اقتصاد و توسعه آن منعکس می‌کند، توجه اقتصاددانان را جلب کرده است. در حالی که رشد اقتصادی به افزایش کل تولید اقتصادی یک کشور در طول زمان اشاره دارد و درآمد سرانه معیاری از میانگین درآمد هر فرد است که بینشی را در مورد رفاه افراد در اقتصاد ارائه می دهد. این در حالی است که نهادها اغلب بر هر دو معیارهای ذکر شده، برای ترویج توسعه پایدار و فراگیر تمرکز می کنند؛ اما آن‌ها جنبه‌های مختلف عملکرد اقتصادی و رفاه اجتماعی را مورد توجه قرار می دهند. لذا در سال‌های گذشته، توجه اقتصاددانان به نقش عوامل نهادی در رشد و توسعه اقتصادی معطوف شده است (*Ebadi, Nikoonesbati,2013*). بنابراین به طور کلی، در دیدگاه‌های نهادی، تفاوت در نهادهای یک کشور، عامل اساسی تفاوت در عملکرد اقتصادی کشورها تعبیر می‌شود. نهادها نه تنها پتانسیل رشد و توسعه اقتصادی جوامع را تعیین می‌کنند، بلکه تعیین‌کننده محور دیگر پیامدهای اقتصادی از جمله توزیع منابع و دارایی‌ها در آینده نیز هستند (*North,1990*).

حال قبل از اینکه به مطالعات پیشین این قسمت بپردازیم، لازم به ذکر است که فرضیه اصلی در رابطه بین کیفیت نهادی و رشد اقتصادی به این صورت است که یک چارچوب نهادی به طور مثبت با رشد اقتصادی مرتبط است. با توجه به فرض فوق، اکثر مطالعات موجود شواهد تجربی را به نفع این فرض ارائه می‌کنند که نهادهای بهتر تأثیر مثبتی بر رشد اقتصادی دارند.

عجم اوغلو و همکاران[1] (۲۰۰۵) نشان دادند که نهادهای اقتصادی نه تنها برای رشد اقتصادی قوی اهمیت دارند، بلکه توزیع اجتماعی منابع را نیز در بلندمدت تعیین می‌کنند. بوتکیویچ و یانیک‌کایا[2] (۲۰۰۶) گزارش کردند که نهادهای دموکراتیک رشد را به ویژه در کشورهای در حال توسعه ترویج می کنند. والریانی و پلوسو[3] (۲۰۱۱) با استفاده از آزادی‌های مدنی، تعداد بازیگران حق وتو و کیفیت دولت به عنوان شاخص‌های نهادی دریافتند که کیفیت نهادی به طور مثبت بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه یافته یا در حال توسعه تأثیر می‌گذارد. آیسن و ویگا[4] (۲۰۱۳) با

[1] Acemoglu et al
[2] Butkiewicz & Yanikkaya
[3] Valeriani & Peluso
[4] Aisen & Veiga

استفاده از نمونه ای از ۱۶۹ کشور به این نتیجه رسیدند که در میان سایر عوامل، ثبات کلان اقتصادی و سیاسی، آزادی اقتصادی باعث رشد اقتصادی می‌شود اما دموکراسی تأثیر منفی کمی بر آن دارد. فرجی دیزجی[1] (۲۰۱۶) نشان داد بهبود کیفیت نهادهای دموکراتیک می‌تواند اثرات خارجی منفی رانت نفتی را که بر توزیع درآمد در ایران تأثیر می‌گذارد، کاهش دهد و همچنین نشان داد که توسعه مالی در کشور (ایران)، نابرابری درآمد را تشدید می‌کند. احمد و همکاران[2] (۲۰۲۲) با روش حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده (FMOLS) و حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) نشان دادند که کیفیت نهادی و توسعه مالی عوامل محرک در ارتقای رشد اقتصادی سبز در بلندمدت هستند.

۲-۳ . بررسی تأثیر کیفیت نهادی بر رابطه‌ی مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی

پذیرش انرژی هسته‌ای به عنوان نوعی انرژی پاک نقش اساسی در کشورهای مصرف کننده انرژی هسته‌ای دارد زیرا با اجرای سیاست‌های صحیح و مناسب، انرژی پاک می تواند به طور بالقوه به رشد اقتصادی پایدار آن‌ها منجر شود. علاوه بر این، مشارکت نهادهای کیفی از طریق یک محیط قانونی قوی و یکپارچگی دولتی، پیش نیاز موفقیت این پروژه است (کریستوفوریدیس و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین با ایجاد یک محیط نظارتی حمایتی، سیاست گذاران می‌توانند مزایای اقتصادی و زیست محیطی انرژی هسته‌ای را به حداکثر برسانند. در ادامه سعی شده به مطالعاتی که در آن‌ها کیفیت نهادی در رابطه‌ی بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی گنجاده شده است، پرداخته شود.

کریستوفوریدیس و همکاران[3] (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای با تجزیه و تحلیل داده‌های تابلویی ۱۸ کشور برتر مصرف کننده‌ی انرژی هسته‌ای در بازه زمانی سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۷، نشان دادند که مصرف انرژی هسته‌ای و کیفیت نهادی اثرات مثبت معنی‌داری بر رشد اقتصادی در بلندمدت دارند. در مقابل، کیفیت نهادی بالاتر تأثیر منفی در بلندمدت بر استفاده از انرژی هسته‌ای دارد. سیمیونسکو[4] (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای با تجزیه و تحلیل بر ده کشور مصرف کننده انرژی هسته‌ای از اتحادیه اروپا نشان داد که کنترل فساد و حاکمیت قانون نقش اصلی را در حمایت از مصرف انرژی تجدیدپذیر ایفا می‌کند، در حالی که یک چارچوب سیاسی کارآمد ممکن است انرژی هسته‌ای را از نظر رشد مؤثر کند.

[1] Dizaji
[2] Ahmed et al
[3] Christoforidis et al
[4] Simionescu

۳. تصریح مدل

در جستجوی دانش، انتخاب روش شناسی مناسب بسیار مهم است. لذا روش‌ها، تکنیک ها و شواهد آماری را که زیربنای تحقیقات ما هستند، از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش نوع داده های ما ترکیبی[۱] بوده و شامل ۱۸ مقطع[۲] (منتخبی از کشور های OECD)[۳] و دوره زمانی[۴] آن نیز از سال ۱۳۷۳ تا ۱۴۰۱ می‌باشد. در این بخش ابتدا به مدل و در ادامه به روش مورد استفاده برای برآورد مدل پژوهش پرداخته خواهد شد تا چگونگی تأثیر کیفیت نهادی بر رابطه‌ی بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی، مورد بررسی قرار گیرد.

مدل استفاده شده در این پژوهش، جهت بررسی تأثیر کیفیت نهادی بر رابطه بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی با اقتباس از مدل مطالعات کریستوفوریدیس و همکاران[۵] (۲۰۲۱) و مگزینو و همکاران[۶] (۲۰۲۰) به صورت زیر توسعه یافته است:

$$\mathrm{GDP_{it}} = \alpha_i + \beta_1(\mathrm{GFCF_{it}}) + \beta_2(LF_{it}) + \beta_3(NEC_{it}) + \beta_4(IQ_{it}) + \beta_5(EX_{it}) + \beta_6(\mathrm{NEC}_{it})(IQ_{it}) \qquad (۱)$$

طبق رابطه (۱)، این پژوهش از شش متغیر رشد اقتصادی، مصرف انرژی هسته‌ای، کیفیت نهادی، صادرات، تشکیل سرمایه ثابت ناخالص و نیروی کار کل که به شرح زیر می‌باشد، تشکیل شده است.

GDP : در این پژوهش تولید ناخالص داخلی[۷] با واحد میلیارد دلار آمریکا به قیمت ثابت ۲۰۱۵ که از سایت بانک جهانی (Worldbank) داده‌هایش جمع آوری شده است.

GFCF : در این پژوهش تشکیل سرمایه ثابت ناخالص با نماد (GFCF) نشان داده شده است. این نماد، معیاری از ارزش کل دارایی‌های فیزیکی جدید (مانند ماشین‌آلات، ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها و غیره) است که در یک دوره خاص تولید و به اقتصاد اضافه می‌شوند. واحد تشکیل سرمایه ثابت ناخالص در این پژوهش، میلیارد دلار آمریکا به قیمت ثابت ۲۰۱۵ است.

---

[1] Panel Data

[۲] بلژیک، کانادا، مکزیک، کره جنوبی، اسپانیا، آمریکا، فرانسه، آلمان، انگلستان، فنلاند، ژاپن، سوئد، سوئیس، اسلواکی، اسلوونی، چک، مجارستان و هلند

[۳] شامل تمام کشورهایی که در بازه زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۴۰۱ از انرژی هسته‌ای استفاده کردند، می‌شود.

[۴] داده‌های کیفیت نهادی که از سایت هریتچ استخراج شده، قبل از سال ۱۳۷۳ موجود نمی‌باشد. لذا بازه زمانی در این پژوهش از سال ۱۳۷۳ شروع می‌شود.

[5] Christoforidis et al

[6] Magazzino et al

[7] Gross domestic product

LF : در این پژوهش نیروی کار کل با نماد (LF) نشان داده شده است. نیروی کار کل به تعداد افرادی اطلاق می شود که یا شاغل هستند یا به طور فعال به دنبال کار هستند. هم شامل افراد شاغل[۱] و هم کسانی می شود که بیکار هستند اما فعالانه به دنبال کار هستند. واحد نیروی کار کل در این پژوهش میلیون نفر است.

NEC : در این پژوهش مصرف انرژی هسته‌ای با نماد (NEC) نشان داده شده است و واحد آن معادل میلیون تن نفت می‌باشد.

IQ : در این پژوهش کیفیت نهادی با نماد (IQ) نشان داده شده است که از دو بخش حاکمیت قانون و کارایی نظارتی تشکیل شده است؛ **بخش اول حاکمیت قانون** که توسط دو شاخص حقوق مالکیت[۲] و یکپارچگی دولت[۳] بیان می‌شود و همچنین **بخش دوم کارایی نظارتی** توسط مؤلفه‌های آزادی کسب وکار[۴] و پولی[۵] تعریف می‌شود. واحد کیفیت نهادها که داده‌های آن از سایت هریتیج استخراج شده، برای هر کشور عددی بین صفر تا ۱۰۰ است که امتیاز ۱۰۰ برابر با عالی‌ترین وضعیت و صفر نیز ضعیف‌ترین وضعیت را نشان می‌دهد.

EX : در این پژوهش صادرات کالا و خدمات که درصد تولید ناخالص داخلی می‌باشد؛ با نماد (EX) نشان داده شده است.

جدول ۱: متغیر های پژوهش و منابع مورد استفاده برای آن‌ها

نماد متغیر	معادل فارسی	منبع
GDP	تولید ناخالص داخلی، میلیارد دلار امریکا به قیمت ثابت ۲۰۱۵	World bank
GFCF	تشکیل سرمایه ثابت ناخالص، میلیارد دلار امریکا به قیمت ثابت ۲۰۱۵	World bank
LF	نیروی کار کل، به میلیون	World bank
NEC	مصرف انرژی هسته‌ای معادل میلیون تن معادل نفت	Ourworldindata
IQ	کیفیت نهادی[۶]	heritage

[۱] کارگران بدون دستمزد، کارکنان خانواده و دانشجویان اغلب حذف می شوند و برخی از کشورها اعضای نیروهای مسلح را به حساب نمی آورند (منبع: بانک جهانی)

[2] Property rights
[3] Government integrity
[4] Business freedom
[5] Monetary freedom

[۶] امتیاز کیفیت نهادی برای هر کشور عددی بین ۰ تا ۱۰۰ است که ۱۰۰ برابر با عالی‌ترین وضعیت کیفیت نهادی است.

World bank	صادرات کالا و خدمات	EX

۴. برآورد مدل

در این مطالعه، برای برآورد مدل و بررسی آن در کوتاه‌مدت و بلندمدت از روش میانگین گروهی تلفیقی[1] (PMG) استفاده شده است.

از کاربردهای با اهمیت و برجسته روش خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی می‌توان به ارزیابی و برآورد تأثیرات کوتاه‌مدت و بلند مدت مدل پژوهش به طریق همزمان از یک وسعت بزرگ از داده‌ها با تعداد و بعدهای بسیار زمانی دارای وسعت و بزرگی بالایی می‌باشد (*Pesaran et al,1996*). شایان به ذکر است با بهره‌مندی از روش خود رگرسیونی با وقفه‌های توزیعی قادر هستیم تا تعداد وقفه‌های مکفی و سازگار برای فرآیند ایجاد داده‌ها و اطلاعات در یک چهارچوب مدلسازی کل به جزء را برگزید (*Fuinhas and Marques,2012*). پسران و اسمیت (۱۹۹۵) نشان دادند که الگوهای ناهمگن پویای ترکیبی دارنده‌ی برآوردهای ناسازگاری است. همچنین برای تمام مقاطع فرض مشترک بودن تصریح پویا غیرقابل قبول می‌باشد. منتها از طرفی قادر خواهیم بود که پارامترهای بلندمدت مدل را ما بین مقاطع مشترک به شمار آورد. پسران و اسمیت طبق قاعده و روشی که ارائه کردند؛ برای انجام تخمین مدل به شکل یک سیستم واحد، با ترکیب و تلفیق پارامترهای بلندمدت یا با میانگین گرفتن از پارامترهای تخمینی صورت می‌گیرد. آن‌ها اسم این قاعده و روش را میانگین گروهی تلفیقی (PMG) گذاشتند (*Monjazeb, Nosrati,2018*).

۴. ۱. آزمون ریشه واحد (بررسی مانایی)

در گام نخست قبل از تخمین مدل ضروری است که ایستایی همه‌ی متغیرهای پژوهش مورد آزمون شود؛ برای اینکه اگر متغیرهای پژوهش چه راجع به سری زمانی و چه راجع به داده‌های تلفیقی ایستا نباشند، موجب پیدایش مشکل و مسئله‌ی رگرسیون کاذب می‌گردد (*Dizaji et al,2016*). چنانچه در تجزیه و تحلیل رگرسیونی غیرایستایی در داده‌های تحقیق و پژوهش صدق کند، اما در همان هنگام مقدارهای آماره‌ی ضرایب t و همچنین ضریب تعیین بزرگ باشند؛ این امکان وجود دارد که درباره‌ی میزان ارتباط میان متغیرها با برداشت‌هایی اشتباه مواجه شویم. لذا نتایج این برداشت‌های اشتباه، ایجاد رگرسیون کاذب است. آزمون‌هایی همچون آزمون‌لوین، لین و چو، آزمون ایم، پسران و شین، آزمون برایتونگ و ... برای بررسی ایستایی داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (*Gujarati,2013*). در این پژوهش جهت بررسی مانایی (ایستایی) متغیرها از آزمون ایم، پسران و شین (IPS) استفاده خواهد شد.

[1] Pooled Mean Group

- **آزمون ایم، پسران و شین (IPS)**

در این پژوهش از آزمون ریشه واحد ایم، پسران و شین[1] (IPS) برای بررسی مانایی متغیرها استفاده شده است. در این آزمون، فرض صفر آن نشان‌دهندهٔ وجود ریشه واحد است. در جدول (۲) نتایج آزمون پسران و شین (IPS) برای ۱۸ مقطع (کشور) در بازه زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۴۰۱ گزارش شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد پسران و شین

نام متغیر	مقدار آماره	مقدار احتمال	نتیجه مانایی
GDP	-۱۰/۲۹۲۰	۰/۰۰۰۰	I(0)
GFCF	-۲/۷۱۶۷۸	۰/۰۰۳۳	I(0)
LF	-۱/۸۸۹۸۱	۰/۰۲۹۴	I(0)
NEC	-۳/۱۳۹۸۹	۰/۰۰۰۸	I(0)
IQ	-۲/۵۱۴۶۴	۰/۰۰۶۰	I(0)
EX	-۲/۹۵۸۶۹	۰/۰۰۱۵	I(0)

با توجه به آزمون ایم، پسران و شین (IPS)، تمامی متغیرهای پژوهش در سطح مانا هستند؛ لذا فرض صفر که نشان دهنده‌ی وجود ریشه واحد است، رد می‌شود (جدول ۲).

۴. ۲. آزمون هم‌انباشتگی (هم‌جمعی)

آزمون هم انباشتگی کائو یک روش آماری و ابزاری ارزشمند برای تحقیق و تفحص وجود هم انباشتگی و روابط بلندمدت در داده های تابلویی محسوب می‌شود. در جدول زیر نتیجه‌ی حاصل از آزمون هم انباشتگی کائو در این مطالعه آمده است (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون هم انباشتگی کائو

نام آزمون	مقداره آماره t	مقدار احتمال
آزمون هم انباشتگی کائو	-۵/۹۲۴۷۱۳	۰/۰۰۰۰

مطابق آزمون هم انباشتگی کائو (جدول ۳) مقدار احتمال بدست آمده کمتر پنج صدم می‌باشد؛ لذا فرض صفر این آزمون که همان فقدان وجود رابطه بلند بین متغیرهای پژوهش است، نفی و باطل می‌شود. بنابراین با توجه به رد و باطل شدن فرضیه صفر آزمون کائو؛ می‌توان استنباط کرد که یک رابطه‌ی تعادل بلندمدت بین متغیرها در داده‌های تابلویی پژوهش برقرار است.

۴. ۳. تخمین مدل به روش میانگین گروهی تلفیقی

[1] Im, Pesaran & Shin

بر اساس نتایج برآورد مدل در کوتاه مدت، ضرایب متغیرهای تشکیل سرمایه ثابت ناخالص، نیروی کار و صادرات از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشند و تاثیر مثبتی بر رشد اقتصادی دارند؛ به طوری که با افزایش یک واحد نیروی کار (LF)، رشد اقتصادی به میزان ۱۷/۹۱ درصد افزایش می‌یابد. با افزایش یک واحد تشکیل سرمایه ثابت ناخالص (GFCF)، رشد اقتصادی به میزان ۰/۹۷ درصد بیشتر می‌شود. همچنین با افزایش یک واحد صادرات (EX)، رشد اقتصادی به میزان ۵/۳۱ درصد افزایش می‌یابد. شایسته توجه است که متغیرهای مصرف انرژی هسته‌ای (NEC) و کیفیت نهادی (IQ) و اثر تعاملی مصرف انرژی هسته‌ای و کیفیت نهادی (NEC*IQ)، از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشند (جدول ۴).

جدول ۴. نتایج حاصل از برآورد مدل به روش PMG (کوتاه مدت)

نام متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	مقدار احتمال
COINTEQ01	-۰/۱۴۲۹۰۲	۰/۰۵۷۷۵۷	-۲/۴۷۴۲۱۹	۰/۰۱۳۹
(GFCF)	۰/۹۷۴۲۳۹	۰/۱۵۱۸۹۸	۶/۴۱۳۷۷۱	۰/۰۰۰۰
(LF)	۱۷/۹۱۶۳۷	۸/۷۰۵۰۷۰	۲/۰۵۸۱۵۳	۰/۰۴۰۴
(NEC)	-۱۰۷/۰۲۶۶	۱۰۲/۶۸۹۰	-۱/۰۴۲۲۴۱	۰/۲۹۸۱
(IQ)	-۱۲/۴۱۷۴۵	۶/۶۶۱۰۶۷	-۱/۸۶۴۱۸۳	۰/۰۶۳۲
(EX)	۵/۳۱۸۶۴۶	۲/۳۳۳۸۶۱	۲/۲۷۸۹۰۵	۰/۰۲۳۳
(NEC*IQ)	۱/۱۷۵۶۳۹	۱/۲۱۹۶۸۱	۰/۹۶۳۸۹۰	۰/۳۳۵۸

با توجه به نتایج برآورد مدل در بلندمدت، تمامی متغیرها از لحاظ آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشند و به جز اثر تعاملی مصرف انرژی هسته‌ای و کیفیت نهادی (NEC*IQ)، همه‌ی متغیرها با رشد اقتصادی رابطه مستقیم دارند؛ به طوری که با افزایش یک واحد نیروی کار (LF)، رشد اقتصادی به میزان ۴۱/۹۱ درصد افزایش می‌یابد. با افزایش یک واحد تشکیل سرمایه ثابت ناخالص (GFCF)، رشد اقتصادی به میزان ۱/۸۲ درصد بیشتر می‌شود. همچنین با افزایش یک واحد صادرات (EX)، رشد اقتصادی به میزان ۲/۴۱ درصد افزایش می‌یابد. با افزایش یک واحد مصرف انرژی هسته‌ای (NEC)، رشد اقتصادی به میزان ۹۲/۱۸ درصد افزایش می‌یابد که این عدد نشان دهنده‌ی تأثیر قابل توجه مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی است. . همچنین با افزایش یک واحد کیفیت نهادی (IQ)، رشد اقتصادی به میزان ۳/۱۴ درصد افزایش می‌یابد و در نهایت با افزایش یک واحد اثر تعاملی مصرف انرژی هسته‌ای و کیفیت نهادی (NEC*IQ)، رشد اقتصادی به میزان ۱/۱۱- درصد کاهش می‌یابد (جدول ۵).

جدول ۵. نتایج حاصل از برآورد مدل به روش PMG (بلند مدت)

نام متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	مقدار احتمال
(GFCF)	۱/۸۲۸۳۹۵	۰/۱۹۳۳۷۹	۹/۴۵۴۹۷۹	۰/۰۰۰۰
(LF)	۴۱/۹۱۰۸۳	۱۲/۰۷۴۲۴	۳/۴۷۱۰۹۴	۰/۰۰۰۶
(NEC)	۹۲/۱۸۸۴۴	۱۳/۰۴۷۵۱	۷/۰۶۵۵۹۸	۰/۰۰۰۰
(IQ)	۳/۱۴۷۸۸۷	۱/۲۲۱۵۷۱	۲/۵۷۶۹۱۶	۰/۰۱۰۴
(EX)	۲/۴۱۱۸۵۷	۰/۶۱۱۸۵۴	۳/۹۴۱۸۸۴	۰/۰۰۰۱
(NEC*IQ)	-۱/۱۱۲۱۹۱	۰/۱۵۳۳۴	-۷/۲۶۲۸۵۹	۰/۰۰۰۰

به طور کلی با توجه به نتایج حاصل از برآورد مدل در بلند مدت، کیفیت نهادی تأثیر منفی بر رابطه‌ی بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی دارد. همچنین نتایج حاکی از آن است که مصرف انرژی هسته‌ای و کیفیت نهادی بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت دارند. شایسته توجه است که در بخش بعدی، نتایج حاصله از این بخش با مطالعات پیشین در بخش دوم مورد مقایسه و بررسی قرار خواهند گرفت.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه به تاثیر کیفیت نهادی بر رابطه بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب عضو OECD پرداخته است. برای این منظور، داده‌های مربوط به ۱۸ کشور در بازه زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۴۰۱ مورد بررسی قرار گرفت تا به بینش عمیق‌تری از نحوه تأثیرگذاری کیفیت نهادی بر رابطه‌ی این دو عامل کلیدی (مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی) دست یافت. حال بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل اقتصادی برآورد شده، یافته‌ها و نتیجه‌گیری‌های این پژوهش به شرح زیر است:

- مصرف انرژی هسته‌ای تأثیر مثبت بر رشد اقتصادی دارد.

یکی از مهم ترین کاربردهای صلح آمیز انرژی هسته‌ای، نیروگاه‌های هسته‌ای است؛ اما باید در نظر داشت که ساخت و بهره برداری یک نیروگاه هسته‌ای فرآیند بلند مدت بوده، لذا طبق نتایج برآورد مدل پژوهش، مصرف انرژی هسته در کوتاه‌مدت معنی‌دار نمی‌باشد. بنابراین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی در کوتاه مدت فاقد رابطه است. اما یافته‌های پژوهش در بلندمدت نشان می‌دهد که مصرف انرژی هسته‌ای تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رشد اقتصادی دارد لذا فرضیه رشد در این پژوهش صادق است. این یافته در بلندمدت، با مطالعه یو و جونگ[1] (۲۰۰۵)، امبارک[2] و همکاران

[1] Yoo & Jung
[2] Mbarek

(۲۰۱۵)، گوکمن اوغلو و کاکه[1] (۲۰۱۸) مطابقت دارد که فرضیه رشد را در بلند مدت تأیید می‌کنند. بنابراین با توجه به تأیید فرضیه رشد؛ در استراتژی‌های بلندمدت انرژی جهت حذف تدریجی سوخت‌های فسیلی، انرژی هسته‌ای می‌تواند به عنوان یک منبع انرژی کم کربن برای اقتصاد و انرژی پایدار دیده شود.

- کیفیت بهتر نهادها باعث بهبود رشد اقتصادی می‌شود.

با توجه به برآورد مدل، نتایج حاکی از آن است که در کوتاه مدت رابطه‌ی کیفیت نهادی و رشد اقتصادی از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است. اما در بلندمدت این رابطه مثبت و معنی‌دار است. با توجه به یافته ها، در بلندمدت کیفیت بهتر نهادها، رشد اقتصادی را ارتقاء می‌دهد و نیز نشان می‌دهد که نهادهای قوی با اجرای قانونی مناسب، کارایی اقتصادی کشورها را بهتر می‌سازند. این یافته در بلندمدت، با مطالعه بوتکیویچ و یانیک کایا[2] (۲۰۰۶) و والریانی و پلوسو[3] (۲۰۱۱) مطابقت دارد.

- کیفیت نهادی اثر منفی بر رابطه‌ی بین مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی دارد.

با توجه به برآورد مدل، اثر تعاملی کیفیت نهادی و مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی منفی و معنی‌دار است (بلند مدت). به عبارتی نشان می‌دهد که کیفیت نهادی استفاده از انرژی هسته‌ای را محدود می‌کند چرا که دولت‌ها نقش اساسی در ارائه مشوق‌ها در بازارهای انرژی و تنظیم مقررات مربوط به سیاست‌های ترکیب انرژی ملی خود را دارند از طرفی نسبت استفاده از انرژی هسته‌ای در ترکیب انرژی کلی آن‌ها به دلیل قوانین سختگیرانه مربوطه، می‌تواند محدود باشد. به طوری که همواره استفاده از انرژی هسته‌ای تحت تأثیر چالش زباله‌های هسته‌ای و حوادثی همچون تری‌مایل آیلند (۱۹۷۹)، چرنوبیل (۱۹۸۶) و حادثه‌ی فوکوشیما (۲۰۱۱) بوده است.

بحران انرژی از جمله چالش‌هایی است هر کشور با آن مواجه است یا مواجه خواهد شد. از طرفی فقط شرایط بحرانی انرژی (محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی) مطرح نیست، بلکه با توجه به شرایط اقلیمی و گرم شدن زمین، نقش منابع انرژی کم‌کربن نیز پر رنگ‌تر شده است. از طرفی دولت‌ها نقش اساسی در بازارهای انرژی و سیاست‌های ترکیب انرژی ملی خود دارند. حال باتوجه به برآورد مدل و نتایج حاصل شده، پیشنهادات این پژوهش به شرح زیر است:

۱) ممکن است تأثیر کیفیت نهادی در رابطه مصرف انرژی هسته‌ای و رشد اقتصادی، پیچیده‌تر از آنچه در ابتدا پیش‌بینی می‌شد، باشد. سیاست‌گذاران و رهبران صنعت باید

[1] Gokmenoglu & Kaakeh
[2] Butkiewicz & Yanikkaya
[3] Valeriani & Peluso

این رابطه‌ی ظریف را هنگام طراحی استراتژی‌هایی برای استفاده از انرژی هسته‌ای برای رشد اقتصادی در نظر بگیرند.

۲) انرژی هسته‌ای می‌تواند به عنوان گره‌گشایی قابل تأمل برای بحران انرژی مورد توجه قرار بگیرد؛ زیرا این منبع انرژی، برق قابل اعتماد با حداقل انتشار گازهای گلخانه‌ای در حین کار ارائه می‌دهد که در انتقال به سیستم‌های انرژی کم کربن بسیار بااهمیت است. برخلاف منابع تجدیدپذیر مانند باد و خورشید که به شرایط آب و هوایی وابسته هستند، انرژی هسته‌ای می‌تواند به طور مداوم در سراسر ساعت برق تولید کند.

۳) کشورهای عضو OECD، برای رشد اقتصادی در بلندمدت باید تشویق به افزایش سرمایه‌گذاری‌های داخلی و خارجی در ساخت راکتورهای هسته‌ای کنند. همچنین نهادها باید توجه داشته باشند که روابط سیاسی‌شان با کشوری (کشورها) که اورانیوم مورد نیازشان را تأمین می‌کند، خدشه‌دار نشود.

۴) با توجه به حوادث و انفجارهای هسته‌ای گذشته، نهادها و مقامات دولتی با اطلاع رسانی‌های عمومی در مورد نقش انرژی هسته‌ای در توسعه پایدار و مزایای آن، نگرش مثبتی راجع به این انرژی به مردم تزریق کنند.

References

Acemoglu, D., Johnson, S., Robinson, J., 2005. Institutions as a fundamental cause of long-run growth. Handb. Econ. Growth 1A, 385–472.

Ahmadpourkacho, A., & Dahmardeh, N. (2019). The Effect of Financial Development and Institutional Quality on Economic Growth in Member Countries of the Organization for Economic Cooperation and Development. Journal of economics and regional development, 26(17), 33-62. DOI: 10.22067/erd.v26i17.68020.

Ahmed, F., Kousar, S., Pervaiz, A., & Shabbir, A. (2022). Do institutional quality and financial development affect sustainable economic growth? Evidence from South Asian countries. Borsa Istanbul Review, 22(1), 189-196. DOI: 10.1016/j.bir.2021.03.005.

Aisen, A., Veiga, F.J., 2013. How does political instability affect economic growth? Eur. J. Polit. Econ. 29, 151–167. DOI: 10.1016/j.ejpoleco.2012.11.001.

Ali, U., Guo, Q., Kartal, M. T., Nurgazina, Z., Khan, Z. A., & Sharif, A. (2022). The impact of renewable and non-renewable energy consumption on carbon emission intensity in China: Fresh evidence from novel dynamic ARDL simulations. Journal of Environmental Management, 320, 115782. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.115782

Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). A panel study of nuclear energy consumption and economic growth. Energy Economics, 32(3), 545-549. DOI: 10.1016/j.eneco.2009.09.015

Butkiewicz, J.L., Yanikkaya, H., 2006. Institutional quality and economic growth: maintenance of the rule of law or democratic institutions, or both? Econ. Modell. 23, 648–661. DOI: 10.1016/j.econmod.2006.03.004

Christoforidis, T. Katrakilidis, C. Karakotsios, A. Dimitriadis, D, (2021), The dynamic links between nuclear energy and sustainable economic growth. Do institutions matter? Faculty of Economic Sciences, Department of Applied Economics, Aristotle University of Thessaloniki, 54124, Greece, Progress in Nuclear Energy 139 (2021) 103866. DOI: 10.1016/j.pnucene.2021.103866

Chu, H. P., & Chang, T. (2012). Nuclear energy consumption, oil consumption and economic growth in G-6 countries: Bootstrap panel causality test. Energy Policy, 48, 762-769. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.06.013.

Damankeshideh, M., Abbasi, A., Arabi, H. & Ahmadi, H. (2013). Evaluation of the relationship Between Energy Consumption and Economic Growth (Case study for Iran Twenty-year outlook selected countries). Quarterly Journal of the Macro and Strategic Policies, 1(Vol1-No2), 55-69. (In Persian). https://sid.ir/paper/244263/fa

Destek, M.A., 2015. Nuclear energy consumption and economic growth in G-6 countries: evidence from bootstrap rolling window. Int. J. Energy Econ. Pol. 5 (3), 759–764. Retrived from www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/1254.

Dizaji, S. F. (2012). Exports, Government Size and Economic Growth (Evidence from Iran as a developing oil-export based economy). ISS Working Paper Series/General Series, 535(535), 1-41.

Dizaji, S. F. (2016). Oil rents, political institutions, and income inequality in Iran. Economic Welfare and Inequality in Iran: Developments since the Revolution, 85-109. DOI:10.1057/978-1-349-95025-6_4

Dizaji, S. F., Farzanegan, M. R., & Naghavi, A. (2016). Political institutions and government spending behavior: theory and evidence from Iran. International Tax and Public Finance, 23, 522-549. DOI: 10.1007/s10797-015-9378-8

Dizaji, S. F, Ghasemi S, sargolzaie A. Investigating the effect of renewable and non-renewable energy consumption on social welfare in developing Asian countries: Quantile regression approach. qjerp 2022; 30 (103) :389-419. (In Persian). 10.52547/qjerp.30.103.389 .

Ebadi J, Nikoonesbati A. (2013). Natural Resources, Institutions and Economic Development. JPBUD. 17(4), 127-144. (In Persian). doi: 20.1001.1.22519092.1391.17.4.6.2 .

Fiore, K., 2006. Nuclear energy and sustainability: understanding ITER. Energy Policy 34, 3334e3341. DOI: 10.1016/j.enpol.2005.07.008

Fuinhas JA, Marques AC. Energy consumption and economic growth nexus in Portugal, Italy, Greece, Spain and Turkey: an ARDL bounds test approach (1965–2009). Energy economics. 2012 Mar 1;34(2):511-7. DOI: 10.1016/j.eneco.2011.10.003

Gao, W., Ullah, S., Zafar, S. M., & Usman, A. (2024). How does nuclear energy consumption contribute to or hinder green growth in major nuclear energy-consuming countries? Progress in Nuclear Energy, 170, 105111. DOI: 10.1016/j.pnucene.2024.105111

Gokmenoglu, K., Kaakeh, M., 2018. Causal relationship between nuclear energy consumption and economic growth: case of Spain. Strat. Plann. Energy Environ. 37 (3), 58–76. DOI: 10.1080/10485236.2018.11958660

Gujarati D. (2021). Basic econometrics vol.1, Translated by Dr. Hamid Abrishami, University of Tehran press, 18th edition, Tehran. (In Persian).

Hodgson, G. M. (2006), What Are Institutions? Journal of Economic Issues, vol. 5 , no. 1, pp. 1-24. https://doi.org/10.1080/00213624.2006.11506879

International Atomic Energy Agency, 2016. Nuclear Power and Sustainable Development. IAEA, Vienna. Available at: https://www-pub.iaea.org/MTCD/P
ublications/PDF/Pub1754web-26894285.pdf.

Kartal, M. T., Samour, A., Adebayo, T. S., & Depren, S. K. (2023). Do nuclear energy and renewable energy surge environmental quality in the United States? New insights from novel bootstrap Fourier Granger causality in quantiles approach. Progress in Nuclear Energy, 155, 104509. DOI:10.1016/j.pnucene.2022.104509

Khorsandi, M., & Azizi, Z. (2012). The Combination of Consumption and the Effectiveness of Energy on Economic Growh: An Application of Smooth Transition Regression. Iranian Energy Economics, 1(3), 17-34. (In Persian). https://jiee.atu.ac.ir/article_2598.html

Lee, K., & Kim, B. Y. (2009). Both institutions and policies matter but differently for different income groups of countries: Determinants of long-run economic growth revisited. World development, 37(3), 533-549. DOI: 10.1016/j.worlddev.2008.07.004

Magazzino, C., Mele, M., Schneider, N., & Vallet, G. (2020). The relationship between nuclear energy consumption and economic growth: evidence from

Switzerland. Environmental Research Letters, 15(9), 0940a5. DOI: 10.1088/1748-9326/abadcd

Mbarek, M.B., Khairallah, R., Feki, R., 2015. Causality relationships between renewable energy, nuclear energy and economic growth in France. Environment Systems and Decisions 35 (1), 133–142. DOI: 10.1007/s10669-015-9537-6

Monjazeb M, Nosrati R. (2018). Advanced econometrics models, Ketabeh mehraban press, First edition, Tehran. (In Persian).

Naser, H., 2014. Oil market, nuclear energy consumption and economic growth: evidence from emerging economies. Int. J. Energy Econ. Pol. 4 (2), 288–296.

Naser, H., 2015. Analyzing the long-run relationship among oil market, nuclear energy consumption, and economic growth: an evidence from emerging economies. Energy 89, 421–434. DOI: 10.1016/j.energy.2015.05.115

North, Douglass C., Davis, Lance, (1971). Institutional Change and American Economic Growth. Cambridge University Press, New York.

North, D.C., (1990). "Institutions, Institutional Change and Economic Performance." Cambridge University Press, Cambridge.

Omri, A., Mabrouk, N. B., & Sassi-Tmar, A. (2015). Modeling the causal linkages between nuclear energy, renewable energy and economic growth in developed and developing countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42, 1012-1022. DOI: 10.1016/j.rser.2014.10.046

Ostadi B, Motamedi O, Husseinzadeh Kashan A, Amin Naseri M R. Market clearing price prediction using improved neural network with genetic algorithm in Iranian day ahead market for competitiveness clustering's. ieijqp 2018; 7 (1) :84-92. (In Persian). 20.1001.1.23222344.1397.7.1.8.2 .

Payne, J.E., Taylor, J.P., 2010. Nuclear Energy consumption and economic growth in the U.S.: an empirical note. Energy Sources B Energy Econ. Plann. 5, 301–307. DOI: 10.1080/15567240802533955

Pesaran MH, Shin Y, Smith RJ. Testing for the'Existence of a Long-run Relationship'. Faculty of Economics, University of Cambridge; 1996.

Samargandi N, Fidrmuc J, Ghosh S. Is the relationship between financial development and economic growth monotonic? Evidence from a sample of middle-income countries. World development. 2015 Apr 1;68:66-81. DOI: 10.1016/j.worlddev.2014.11.010

Simionescu, M. (2023). The renewable and nuclear energy-economic growth nexus in the context of quality of governance. Progress in Nuclear Energy, 157, 104590. DOI: 10.1016/j.pnucene.2023.104590

Sun, C., Khan, A., & Kakar, S. A. (2023). Pakistan's safe nuclear energy generation: An essential source to target sustainable development. Progress in Nuclear Energy, 164, 104850. DOI: 10.1016/j.pnucene.2023.104850

Usman, A., Ozturk, I., Naqvi, S. M. M. A., Ullah, S., & Javed, M. I. (2022). Revealing the nexus between nuclear energy and ecological footprint in STIRPAT model of advanced economies: Fresh evidence from novel CS-ARDL model. Progress in Nuclear Energy, 148, 104220. DOI: 10.1016/j.pnucene.2022.104220

Valeriani, E., Peluso, S., 2011. The impact of institutional quality on economic growth and development: an empirical study. Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology 1 (6), 1–25.

Wang, Q., Guo, J., Li, R., & Jiang, X. T. (2023). Exploring the role of nuclear energy in the energy transition: A comparative perspective of the effects of coal, oil, natural gas, renewable energy, and nuclear power on economic growth and carbon emissions. Environmental research, 221, 115290. DOI: 10.1016/j.envres.2023.115290

Yoo, S.H., Jung, K.O., 2005. Nuclear energy consumption and economic growth in Korea. Prog. Nucl. Energy 46, 101–109. DOI: 10.1016/j.pnucene.2005.01.001

Yu, S., Yarlagadda, B., Siegel, J. E., Zhou, S., & Kim, S. (2020). The role of nuclear in China's energy future: Insights from integrated assessment. Energy Policy, 139, 111344. DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111344