

The Impact of the Covid-19 Epidemic on Non-Renewable Energy Consumption in OECD Countries

Lotfali Agheli ¹, Fatemeh Alizadeh Aghesmaeli ², Sajjad Faraji Dizaji ³

1. Corresponding Author, Associate Professor of Economics, Economic Research Institute, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: aghelik@modares.ac.ir
2. M.Sc. Student in Energy Economics, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: fatemeh.alizadeh@modares.ac.ir
3. Associate Professor of Economics, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. E-mail: s_dizaji@modares.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 15 May 2023

Received in revised form:
11 July 2023

Accepted: 25 August 2023
online: 1 December 2023

JEL: P18, P28, Q43

Keywords:

Covid-19 pandemic,
Non-renewable energy
consumption,
Dummy variable,
FMOLS.

ABSTRACT

Energy, as one of the most important factors of production, plays a decisive role in the economic life and development of the civilization of societies. Along with population growth, industrial development and technological progress, humans demand for energy resources is becoming more and more intense. Energy consumption, along with energy production, is one of the important criteria for measuring the economic progress of countries. The effects of the Covid-19 pandemic on a strategic field such as the energy sector as the infrastructure of the economic artery are impressive. The resulting shock is so deep and effective that it changes energy consumption by affecting production activities and demand. The purpose of this study is to investigate and evaluate the impact of the Covid-19 pandemic on non-renewable energy consumption in the member countries of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), during the period of 2010-2020. In order to estimate the model, the Fully Modified Ordinary Least Square (FMOLS) estimation technique is used. The obtained results show that the COVID-19 epidemic has a negative and significant effect on the consumption of non-renewable energy. In other words, the spread of the coronavirus reduces the consumption of non-renewable energy. Also, the findings of the study show the positive impact of financial development, commercial freedom, and economic growth on non-renewable energy consumption.

Cite this article: Agheli, L., Alizadeh, F., & Faraji Dizaji, S. (2023). The impact of the covid-19 epidemic on non-renewable energy consumption in OECD countries. *Stable Economy Journal*,4(3),1-26 DOI: 10.22111/SEDJ.2023.45634.1345



© The Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

DOI: 10.22111/SEDJ.2023.45634.1345

Extended Abstract

Introduction

In the past, global energy supply crises were usually limited to developments in the oil industry, but after corona outbreak, all energy carriers were affected. For a long time, non-renewable energy sources have been used to meet energy needs, and fossil fuels have been responsible for more than 80% of the total energy supply. As a result, the adverse effects of the Covid-19 disease on the market of fossil fuels are significant compared to clean energies. The imbalance between the global supply and demand of fossil fuels, along with geopolitical events and the decrease in economic growth in the major energy consuming countries have been among the adverse factors of the impact of Covid-19 on the market of these energies.

It is necessary to know the impact of the covid-19 epidemic on energy demand due to its important role in the macroeconomic structure, stock markets and scarcity of energy resources. How to affect the pandemic on the consumption of fossil fuels helps policymakers in pricing and tax decisions and energy security planning. Therefore, the challenges and threats related to the energy sector should be discussed. In this regard, the aim of this study is to evaluate the impact of the covid-19 epidemic on non-renewable energy consumption in Organization for Economic Cooperation and Development (OECD).

This study is innovative in two aspects. The first aspect is the theoretical analysis of the effects of the covid-19 epidemic on fossil fuel consumption and provision a framework to investigate the impact of economic growth, financial development, trade liberalization, energy prices and the dummy variable of Corona on the consumption of non-renewable energy carriers using the FMOLS method. The second aspect is to focus on the 36 member countries of OECD as the largest energy consuming countries. The results of this study can be used to identify the impact of the covid-19 epidemic on the energy consumption of other countries and create a balance between energy production and consumption.

Global energy demand in 2020 decreased by about 6% compared to 2019. The negative shock on the supply side is due to disruptions in the flow of production and supply, reinforcing the demand shock. The reduction of the labor force due to the closure of factories and educational centers, as well as the disruption of global value chains, are among these shocks. The decrease in global economic activities further decreased the demand for some energy sources, and the amount of decrease is different between different countries.

Method

To estimate the effect of the covid-19 epidemic on the consumption of non-renewable energy in 36 member countries of the OECD during 2010-2021, the method of ppanel fully modified least squares (Panel-FMOLS) is used. The simple panel data model is characterized as follows:

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + v_{it} \quad (1)$$

where v_{it} are the error terms of the panel regression. In this equation, Y is the dependent variable and X is the explanatory variable. α and β are intercept term and slope respectively, i and t mean cross section and time respectively. The variable X is assumed to be non-stochastic and the error component follows the classical assumptions, i.e. $E(v_{it}) = N(0, \sigma^2)$. The empirical model of the research is as follows:

$$ENC = f(GDP_{it}, ENP_{it}, ID_{covid-19it}, X_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

where ENC is the dependent variable of the model and represents non-renewable energy consumption, oil consumption in million tons has been chosen as a representative of fossil fuels, and its data have been extracted from the British Petroleum statistical database.

$ID_{covid-19}$ is a dummy variable for Covid-19. This variable takes 1 for the period of the epidemic of Covid-19 and 0 for other years.

GDP is gross domestic product at constant 2015 prices in billions of dollars. The statistical data of the gross domestic product was extracted from the World Bank.

ENP represents the price of non-renewable energy. The oil price variable has been used to investigate the impact of Covid-19 on non-renewable energy consumption. The price of crude oil is in US dollars per barrel and its statistical information is extracted from the British Petroleum database.

X represents control variables (trade liberalization, financial development).

TRD, the trade liberalization index based on the reports of the Heritage Foundation and the Statistical Database of Economic Freedom.

MKC stands for financial development index, its data are also obtained from the World Bank.

In this study, *i* means cross-sections (*i*=1, 2, 3...36) and *t* represents the time interval (*t*=1, 2, 3...12) and ε is the error term of the model.

The following model examines the impact of the Corona epidemic on the consumption of non-renewable energy:

$$ENC_{it} = \beta_0 + \beta_1 ENP_{it} + \beta_2 GDP_{it} + \beta_3 MKC_{it} + \beta_3 TRD_{it} + \beta_4 ID_{covid-19} + u_{it} \quad (3)$$

After checking the existence of co-integration relationships, the model is estimated using the panel fully modified least squares (Panel-FMOLS) method. The FMOLS estimator is a semi-parametric correction method against some estimation problems that can arise due to the long-term correlation between random shocks and the cointegrated equation. The FMOLS panel has three pooled, pooled weighted and grouped patterns.

In this paper, EVIEWS-12 software is used to evaluate the impact of the Corona epidemic on non-renewable energy consumption.

The panel unit root test of variables under study indicated that all variables except for *GDP*, are *I*(1). *GDP* is stationary at level. Due to difference in degree of stationarity of variables, Kao cointegration test was applied. The results confirm the existence of a long-term equilibrium relationship between the variables.

After finding the long-term relationships among the variables, the panel fully modified least squares method was used to estimate the cointegration relationships.

**Table 1. FLOMS model estimation results
(Dependent variable: non-renewable energy consumption)**

Variables	Coefficient	t-statistic	Prob.
<i>GDP</i>	0.0000101	23.119*	0.000
<i>ENP</i>	-0.0210	-6.643*	0.000
<i>MKC</i>	0.0164	4.533*	0.000
<i>TRD</i>	0.4406	7.856*	0.000
<i>ID</i>	-3.3318	-13.101*	0.000
<i>R</i> ² -adjusted=0.99			

*Significant at 1%

In Table 2, the estimation results are presented separately for low-income and high-income countries. The average per capita income in OECD countries in 2021 is equivalent to \$43,274 and based on these estimates, 17 countries are in the high-income group (with income equal to or greater than the average income) and 19 countries are in the low-income group.

**Table 2. FLOMS model estimation results
(dependent variable: non-renewable energy consumption)**

Variables	High-income Countries			Low-Income Countries		
	Coefficient	t-statistic	Prob.	Coefficient	t-statistic	Prob.
<i>GDP</i>	0.000289	6.818*	0.000	0.0011	22.416*	0.000
<i>ENP</i>	0.018	2.612*	0.009	-0.057	12.89*	0.000
<i>MKC</i>	0.0056	0.6309	0.5283	0.021	7.942*	0.000
<i>TRD</i>	-4.044	-21.453*	0.000	0.1003	2.121**	0.034
<i>ID</i>	-2.137	-4.228*	0.000	-4.505	16.45*	0.000
	R^2 -adjusted=0.998			R^2 -adjusted=0.98		

*, **Significant at 1%, and 5%, respectively

Results

The results of Table 1 show that the GDP has a positive effect on non-renewable energy consumption, that is, the level of non-renewable energy consumption increases with the growth of GDP. This result is in line with the studies of Chongko et al. (2022), Sharma et al. (2021). Considering the positive effect of economic growth on non-renewable energy consumption in OECD, transition from fossil fuels to renewable energy sources is important for sustainable economic growth.

The price of non-renewable energies has a negative relationship with the consumption. This result is consistent with economic theories and expectations. Price changes affect demand through substitution and income effects. In the case of dominance of the substitution effect, the demand decreases, and on the contrary, in the case of the dominance of the income effect, the demand increases. Because developing countries are the main exporters of crude oil, the income effect overcomes the substitution effect and the price increase causes an increase in energy consumption. However, in advanced OECD countries, due to the growth of the clean energy industry in recent years, with the increase in the price of fossil fuels, their desire to consume alternative energies has increased. Therefore, the substitution effect overcomes the income effect and the increase in energy prices has a negative effect on energy consumption in these countries. This result is consistent with the study of Mukhtarov et al. (2022).

The development of financial markets has a positive and significant effect on the consumption of non-renewable energy. In fact, if the financial markets develop by one percent, the consumption of non-renewable energy will increase by 0.0164 percent. This result is consistent and in line with the study of Mokhtarov et al. (2022), Ma and Fu (2020). The development of the financial system can provide financial resources for companies with much lower costs and facilitate the expansion of their production scale and thus increases energy consumption. In advanced and industrialized countries like OECD, the activities of capital markets first cause more energy production and consumption, and then after a period of energy consumption, for reasons such as environmental considerations, capital and money markets are moving towards clean energy.

Trade liberalization increases the consumption of non-renewable energy. That is, with a one percent increase in the trade liberalization, the non-renewable energy consumption increases by 0.4406 percent. This result is in line with the studies of Zeeshan et al. (2022) and Kongkan et al. (2021). Trade liberalization affects the flow of goods transfer and leads to an increase in GDP. The increase in trade increases the demand for different types of energy for transportation. On the other hand, trade liberalization causes the transfer of technological innovations and leads to efficient use of energy. As a result, governments should implement specific regulations to minimize the negative impact of non-renewable energy consumption.

The dummy variable of Covid-19 has a negative effect on the consumption of non-renewable energies. The covid-19 pandemic directly and indirectly affected the consumption of fossil energy through various channels. The implementation of social distancing measures and general quarantine during the epidemic limited production, transportation, trade, and financial markets at the global level. These measures resulted in a drop in energy consumption and demand. This result confirms the studies of Sislik et al. (2022), Wang et al. (2022), Jahan et al. (2022). The amount of reduction in regional energy demand is different according to the start of restrictions and the quarantine implementation in each country. With the implementation of limited quarantines in some countries such as Korea and Japan, the energy demand decreased by 15% per week, with the implementation of partial quarantines in European

countries, the energy demand decreased by 25% per week and in most economic systems such as Italy, energy demand decreased by 30% per week.

Financial development, gross domestic product and trade liberalization have a positive and significant effect on fossil energy consumption in this group of countries. The coefficient of the dummy variable of Covid-19 shows that the Covid-19 epidemic has a negative effect on the consumption of fossil energy. In fact, the results indicate the significant drop in the demand for renewable energies during the covid-19 epidemic. In dividing the OECD countries into two low-income and high-income groups, the estimation results of the models show that in both groups, per capita income has a positive and significant effect on non-renewable energy consumption, while the variable of the Covid-19 epidemic has a negative effect. It affects energy consumption in two groups, and the negative effect is stronger in the low-income group. However, regarding the effect of the real price of non-renewable energy, financial market development and trade liberalization, the direction of effect, the size of the effect and the degree of significance are different between the two groups.

The crisis caused by the Covid-19 pandemic has led to emergency measures by international and national authorities around the world. Ensuring the well-being of society during the crisis has highlighted the importance of global energy access and energy consumption management. In this situation, short-term and long-term measures to improve the energy industry should be put on the agenda with regard to increasing employment, economic growth, energy security, and reducing carbon emissions. Depending on the conditions of each country, governments can take measures in collaboration with each other. For example, creating more integrated energy value chains and reducing related costs and harmonizing policies in the energy market can create synergistic benefits. In order to prevent crises similar to the Covid-19 pandemic, energy policymakers should take the following actions:

- ✓ Energy demand management and serious application of the priority management strategy of demand over energy supply;
- ✓ Creating a legal structure for the integration of demand and supply management of energy carriers and the use of energy diplomacy in interaction with other countries;
- ✓ Diversifying the production and supply of energy carriers and their technical, economic, and environmental justification and strengthening the energy logistics network in the post-corona era; and
- ✓ Development and promotion of energy security to meet energy demand and search for energy sources, especially renewable ones.

Ethical Considerations

Ethical concerns including voluntary participation, informed consent, anonymity, confidentiality, non-plagiarism, lack of data fabrication, and originality of paper have been observed by the authors.

Compliance with ethical guidelines: The authors are fully committed to ethical guidelines.

Funding: Deputy Office for Research and Technology has funded this work.

Authors' contribution: The first author has proposed and supervised doing this research, and has written the first version of the manuscript. The second author has gathered data and estimated the econometric models. The third author has revised models and edited the manuscript.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments:

The authors are grateful to Tarbiat Modares University for providing access to internet.

تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در کشورهای OECD

لطفعلی عاقلی^۱، فاطمه علیزاده آغ اسمعیلی^۲، سجاد فرجی دیزجی^۳

۱. نویسنده مسئول، دانشیار اقتصاد، پژوهشکده اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: aghelik@modares.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: fatemeh.alizadeh@modares.ac.ir
۳. دانشیار اقتصاد، گروه توسعه و برنامه‌ریزی اقتصادی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: s_dizaji@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	انرژی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تولید نقش تعیین‌کننده‌ای در حیات اقتصادی و توسعه تمدن جوامع دارد. به موازات رشد جمعیت، توسعه صنعتی و پیشرفت فناوری، نیاز بشر به منابع انرژی به طور فزاینده شدت می‌یابد. مصرف انرژی و در کنار آن تولید انرژی از معیارهای مهم سنجش میزان پیشرفت اقتصادی کشورها است. شوک حاصل از شیوع بیماری کووید-۱۹ در جهان، اثرات مستقیمی بر زندگی افراد و فعالیت شرکت‌های تولیدی و صنعتی و فعالیت‌های تجاری داشته است. اثرات این بیماری بر حوزه استراتژیکی مانند بخش انرژی به عنوان زیرساخت شریان اقتصادی، چشم‌گیر است. شوک حاصل، آنقدر عمیق و تأثیرگذار است که با تحت تأثیر قرار دادن فعالیت‌های تولیدی و تقاضا، مصرف انرژی را تغییر دهد. هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در کشورهای عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD)، طی دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۱۰ است. به منظور تخمین مدل از تکنیک داده‌های پانلی به شیوه حداقل مربعات معمولی کاملاً اصلاح شده (FMOLS) استفاده می‌شود. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد همه‌گیری کووید-۱۹ تأثیر منفی و معنی‌داری بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر گذاشته است. به بیان دیگر، شیوع ویروس کرونا مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر را کاهش داده است. همچنین یافته‌های مطالعه تأثیر مثبت توسعه مالی، آزادی تجاری و رشد اقتصادی بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر را نشان می‌دهد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۲۵	
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۴/۸	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۳	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۹/۱۰	
JEL: P18, P28, Q43	
واژه‌های کلیدی:	
همه‌گیری کووید-۱۹،	
مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر،	
متغیر مجازی،	
FMOLS	

استناد: عاقلی، لطفعلی؛ علیزاده، فاطمه؛ و فرجی دیزجی، سجاد (۱۴۰۲). تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در کشورهای OECD. *اقتصاد باثبات*، ۴ (۳)، ۱-۲۶؛ DOI: 10.22111/SEDJ.2023.45634.1345



۱. مقدمه

آغاز سال ۲۰۲۰ با یک بحران جهانی انرژی همراه شد، بحرانی که به دلیل شیوع یک بیماری همه گیر در سراسر جهان رخ داد. در اواخر دسامبر سال ۲۰۱۹، مواردی از بیماری حاد تنفسی ناشی از یک ویروس ناشناخته، مرتبط با یک بازار عمده فروشی محصولات دریایی، در شهر ووهان^۱، استان هوبی^۲ چین گزارش شد (Smith et al, 2021) که به دلیل عدم شفافیت در بیان ویژگی‌های بیماری، جدی نبودن در مواجهه با آن و شناخت ناکافی از مکانیزم‌های انتقال، بسیاری از ناقلان بی‌علامت، ناخواسته آن را به سایر نقاط جهان انتقال دادند (Shereen et al, 2020). شیوع تصاعدی ویروس مرگبار به بسیاری از کشورها، سازمان بهداشت جهانی را بر آن داشت تا بیماری ناشی از آن موسوم به کووید-۱۹ را در مارس ۲۰۲۰، همه‌گیری^۳ جهانی اعلام کند. به دلیل نبود روش واحد برای مقابله با این بیماری و دارو یا واکسن موثر برای درمان در روزهای ابتدایی، تنها راه کاهش سرعت انتشار این بیماری پیش‌گیری از اجتماعات و قرنطینه و منع ارتباط نزدیک با افراد تشخیص داده شد (Shaw et al, 2020).

بحران انرژی ناشی از همه‌گیری به دلیل تلاقی عوامل عرضه و تقاضا است که طی چند ماه به تدریج بازارهای انرژی را دچار رکود کرد (Aloui and Hchaichi, 2022). در گذشته، بحرآن‌های عرضه جهانی انرژی به طور معمول محدود به تحولات صنعت نفت بوده است، اما این بار تمامی حامل های انرژی تحت تأثیر قرار گرفتند. از دیرباز، منابع انرژی تجدید ناپذیر برای برآوردن نیازهای انرژی مورد استفاده قرار گرفته و سوخت‌های فسیلی بیش از ۸۰ درصد از کل عرضه انرژی را تشکیل می دهند (Wang, 2022). در نتیجه اثرات نامطلوب بیماری کووید-۱۹ بر بازار سوخت‌های فسیلی نسبت به انرژی‌های پاک قابل توجه است. نبود توازن در عرضه و تقاضای جهانی سوخت‌های فسیلی در کنار رخدادهای ژئوپلیتیک^۴ و کاهش رشد اقتصادی در کشورهای عمده مصرف‌کننده این انرژی‌ها، از جمله عوامل نامطلوب تأثیر کووید-۱۹ بر بازار این انرژی‌ها بوده است.

به موازات اختلالات عرضه انرژی، چالش‌های بسیاری از جمله کاهش سطح سرمایه‌گذاری در سوخت‌های فسیلی، کاهش تولید، به تعویق انداختن و تعطیلی برخی از پروژه‌ها، افت شدید سود شرکت‌های انرژی، تعدیل اجباری نیروی کار و کاهش فعالیت کارگران و کارمندان در صنعت انرژی ایجاد شد که به طور مستقیم و غیر مستقیم بر کاهش تقاضای انرژی اثر گذاشت.

¹ Wuhan

² Hubei

³ Pandemic

⁴ Geopolitic

آگاهی از تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر تقاضای انرژی به دلیل نقش مهم آن در ساختار کلان اقتصادی، بازارهای سهام و کمیابی منابع انرژی ضروری است. نحوه اثرگذاری همه‌گیری بر مصرف سوخت‌های فسیلی به سیاست‌گذاران در تصمیمات قیمت‌گذاری و مالیات و برنامه‌ریزی امنیت انرژی کمک می‌کند. بنابراین، ضرورت دارد که چالش‌ها و تهدیدهای مرتبط با بخش انرژی مورد بحث قرار گیرد. در این راستا هدف مطالعه حاضر ارزیابی تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در کشورهای OECD است.

این مطالعه از دو جنبه حایز نوآوری است. نخستین جنبه، تحلیل نظری اثرات همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف سوخت‌های فسیلی و ارائه چارچوبی برای بررسی تأثیر رشد اقتصادی، توسعه مالی، آزادسازی تجاری، قیمت انرژی و متغیر موهومی کرونا بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر با استفاده از روش FMOLS می‌باشد. جنبه دوم، تأکید بر ۳۶ کشور عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی به عنوان بزرگ‌ترین کشورهای مصرف‌کننده انرژی است. نتایج این مطالعه می‌تواند در شناسایی تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف انرژی سایر کشورها و ایجاد تعادل بین تولید و مصرف انرژی، به کار گرفته شود.

با این مقدمه، مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است: بخش دوم، به پیشینه تحقیق پرداخته است. در قسمت سوم روش تحقیق ارائه شده و بخش چهارم به یافته‌ها و نتایج تجربی پژوهش اختصاص یافته است. در بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات سیاستی ارائه می‌شود.

۲. ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق

تقاضای جهانی انرژی در سال ۲۰۲۰ در مقایسه با سال ۲۰۱۹ حدود ۶ درصد کاهش یافت (International Energy Agency (IEA), ۲۰۲۰). شوک منفی در سمت عرضه، به دلیل اختلال‌های جریان تولید و عرضه تقویت‌کننده شوک تقاضا است. کاهش نیروی کار ناشی از تعطیلی کارخانه‌ها و مراکز تولیدی، آموزشی و همچنین اختلال در زنجیره‌های ارزش جهانی از جمله این شوک‌ها به شمار می‌رود. همه‌گیری کووید-۱۹ بخش‌های تولید، لجستیک و زنجیره تامین را تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش عملکرد و کارایی آن‌ها شد (Guan and et al, ۲۰۲۰). کاهش فعالیت‌های اقتصادی جهانی، تقاضا برای برخی منابع انرژی را بیشتر کاهش داد و همچنین میزان کاهش بین کشورهای مختلف متفاوت است. در ادامه اثرات همه‌گیری بر هر یک از سوخت‌های فسیلی توضیح داده خواهد شد.

اثر همه‌گیری کووید-۱۹ بر عرضه و تقاضای نفت: نفت به عنوان مهم‌ترین محرک بخش انرژی تحت تأثیر شوک کووید-۱۹ قرار گرفت. اثرات منفی ویروس کرونا بر صنعت نفت از دو کانال

قابل مشاهده است؛ نخست اینکه، شوک تقاضای ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹، تقاضای جهانی نفت خام را کاهش داد و با افزایش عدم اطمینان، رکود اقتصادی عمیقی در اکثر کشورهای پیشرفته و نوظهور ایجاد کرد. دوم اینکه، این رخدادها منجر به شوک عرضه شده و به یک جنگ تجاری بین کشورهای بزرگ تولید کننده نفت (عربستان سعودی و روسیه) منجر شد (Bourghell et al, ۲۰۲۱).

انتشار سریع ویروس کرونا باعث نابسامانی اقتصاد کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت شده و تهدید جدی برای حیات اقتصادی آن‌ها به دلیل افت تقاضا برای نفت به شمار می‌رفت. سرمایه‌گذاری در بازار آتی نفت خام کاهش یافت و در عین حال، کشورهای تولیدکننده نفت اقداماتی را برای کاهش تولید انجام ندادند. در نتیجه ذخیره‌سازی انبارهای نفت خام افزایش پیدا کرد که این امر عدم تعادل عرضه و تقاضا در بازار نفت خام را در پی داشت (Armeanu, ۲۰۲۲). تقاضای روزانه نفت جهان از ۱۰۰ میلیون بشکه در ژانویه ۲۰۲۰ به کمتر از ۷۵ میلیون بشکه در آوریل ۲۰۲۰ کاهش یافت. در این میان، نگرانی در مورد مازاد عرضه نفت شدت گرفت و در نتیجه، تولیدکنندگان عمده نفت جهان به رهبری اوپک در ۱۲ آوریل ۲۰۲۰، بر سر کاهش ۹/۷ میلیون بشکه‌ای میزان تولید نفت، جهت ثبات در بازار توافق کردند (Engebretsen and Anderson, ۲۰۲۰).

قیمت نفت، از قانون عرضه و تقاضا پیروی می‌کند. وجود هر دو شوک عرضه و تقاضا، منجر به سطح بسیار بالایی از نوسانات قیمت نفت شد. یکی از عوامل تعیین‌کننده قیمت نفت خام، تقاضای ذخایر تجاری نفت است. با سقوط میزان تقاضا در جریان همه‌گیری، ظرفیت مخازن ذخیره‌سازی تکمیل، هزینه ذخیره‌سازی نفت افزایش یافت و در نتیجه قیمت نفت را کاهش داد. کاهش قیمت نفت رویداد زیانباری برای بازار سهام است. بنابراین، سرمایه‌گذارانی که دارایی‌های مشتق شده از نفت را در اختیار دارند در برابر تغییرات نامطلوب قیمت نفت آسیب پذیر هستند (Padhan and Prabheesh, ۲۰۲۰). براساس شواهد تجربی، بیماری کووید-۱۹ پیامدهای منفی برای بازار جهانی نفت داشته و به بدنه اقتصاد جهان لطمه زده است.

اثر همه‌گیری کووید-۱۹ بر گاز طبیعی: صنعت گاز طبیعی قبل از شیوع ویروس کرونا به دلیل زمستان معتدل که تقاضا را کاهش داده بود، در وضعیت دشواری قرار داشت. با کاهش تقاضای انرژی و قیمت نفت، مصرف گاز طبیعی نیز تحت تأثیر قرار گرفت. همه‌گیری کووید-۱۹ تأثیرات متفاوتی را در بازارهای نفت خام و گاز طبیعی ایجاد کرد، زیرا نفت خام با تقاضای انرژی در بخش حمل‌ونقل مرتبط است، در حالی که گاز طبیعی به بسیاری از مصارف دیگر خدمات ارائه می‌دهد که کمتر تحت تأثیر محدودیت‌های قرنطینه قرار دارند (Aruga Nyga-Lukaszewska, ۲۰۲۰).

مصرف گاز طبیعی در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۹ حدود ۵ درصد افت کرد (International Energy Agency (IEA, ۲۰۲۱). کاهش مصرف در بازارهای اروپایی، آسیایی و آمریکای شمالی، ۷۵ درصد بود. کاهش مصرف گاز طبیعی در ۱۹ مارس ۲۰۲۰ در سطح ۵۴ درصد به حداکثر خود رسید. به گزارش آژانس بین‌المللی انرژی، در نوامبر ۲۰۲۰، قیمت گاز طبیعی به ۱/۶۳ دلار در هر میلیون بی‌تی‌یو^۱ کاهش یافت، که نشان دهنده کاهش نسبی ۳۸ درصدی نسبت به اوج نوامبر ۲۰۱۹ است. بحران کاهش تقاضای گاز، سبب افزایش مازاد عرضه در بازار و افت قیمت گاز شد.

اثر همه‌گیری کووید-۱۹ بر زغال سنگ: منابع زغال سنگ از بحران کووید-۱۹ مصون نبوده‌اند. در سال ۲۰۱۹، تقاضای جهانی زغال سنگ، پس از دو سال رشد، به میزان ۴ درصد و تولید برق از زغال سنگ به میزان ۳ درصد با کاهش روبرو شدند. دو عامل رشد ضعیف تقاضای برق از زغال سنگ و پایین بودن قیمت گاز طبیعی بر تولید برق حاصل از زغال سنگ در سال ۲۰۱۹ تأثیرگذار بود. تولید برق جهانی با زغال سنگ در سال ۲۰۱۹ با رشد ۱ درصد، دارای کمترین میزان رشد از سال ۲۰۰۹ بوده است (Wang et al, ۲۰۲۲).

با شیوع ویروس کرونا در سال ۲۰۲۰، تقاضای زغال سنگ نیز کاهش یافت. در طول بحران کرونا، صنعت زغال سنگ بزرگ‌ترین کاهش مصرف خود را از زمان جنگ جهانی دوم تجربه کرد. به طوریکه تقاضای زغال سنگ در سه ماهه اول سال ۲۰۲۰ نسبت به مدت مشابه سال ۲۰۱۹ حدود ۸ درصد کاهش یافت. از طرفی قیمت زغال سنگ نیز از ۷۰/۶۸ دلار در ۲۷ مارس به ۶۲/۵۱ دلار در ۲۷ آوریل کاهش یافت و در سمت عرضه، بسیاری از شرکت‌ها معادن زغال سنگ را تعطیل کرده و تولید را کاهش دادند.

کووید-۱۹ و نوسانات ایجاد شده در بازارهای انرژی: نوسانات بازار انرژی را می‌توان از دو طریق، قیمت انرژی و قیمت سهام انرژی توضیح داد. اختلال در تقاضا و تامین انرژی ناشی از بیماری کرونا، عدم قطعیت و نوسان در بازار انرژی به ویژه بازار نفت خام را در پی داشت (Aydin and Ari, ۲۰۲۰). با توجه به موقعیت صنعت انرژی در اقتصاد کلان، نوسانات بازار انرژی و سرریز ناشی از این شوک، به سایر زمینه‌های اقتصادی نیز سرایت کرد (Prabheesh, ۲۰۲۰). به عنوان مثال، کاهش تقاضای جهانی نفت به دلیل بیماری همه‌گیر و عدم قطعیت‌های انرژی در آینده بر اقتصاد روسیه و عربستان سعودی تأثیر منفی گذاشت و گسترش تنش‌های ژئوپلیتیکی بین این دو کشور را در پی داشت. در واقع تنش میان عربستان سعودی و روسیه با شیوع ویروس کرونا که کاهش مصرف نفت در آسیا را در پی داشته است رابطه مستقیم دارد (Gollakota and Shu, ۲۰۲۳). همراه با

¹ Dollars per Million BTU

تنش تجاری بین صادرکنندگان اصلی نفت، قیمت نفت در طی همه گیری کووید-۱۹ کاهش شدیدی را تجربه کرد. قیمت آتی نفت وست تگزاس اینترمدیت^۱ در آوریل ۲۰۲۰ به طول بی سابقه‌ای کاهش یافت. با کاهش قیمت انرژی، نوسانات قیمت سهام انرژی از طریق مکانیسم از دست دادن درآمد شرکت‌های انرژی و عدم اطمینان نسبت به سرمایه‌گذاری ایجاد می‌شود (Zhang et al, ۲۰۲۱). قیمت جهانی نفت به عنوان یک متغیر برون‌زا، بسیاری از متغیرهای اقتصادی، از جمله شاخص قیمت سهام را متأثر می‌سازد و معیار مهمی در بی‌ثباتی بازار سهام و مشکلات مالی است (Atukeren et al, ۲۰۲۱). شرکت‌های انرژی در طی دوره قرنطینه با افت قابل توجه ارزش سهام، بخش قابل توجه درآمد خود را از دست دادند. کووید-۱۹ تأثیر عمیقی بر بازار انرژی دارد. از منظر خرد، کووید-۱۹، هر دو قیمت انرژی و ارزش سهام شرکت‌های انرژی را کاهش داده و منجر به نوسان زیادی در بازار انرژی شده است. از منظر کلان، اثرات ناپایدار نوسانات بازار انرژی بر اقتصاد کلان صادرکنندگان و واردکنندگان انرژی تأثیر گذاشته است.

۲-۱. مطالعات داخلی

در منابع داخلی، مطالعه مرتبط با موضوع پژوهش حاضر یافت نشد.

۲-۲. مطالعات خارجی

آروگا و همکاران^۲ (۲۰۲۰)، با استفاده از مدل‌های خود رگرسیون با وقفه‌های توزیعی (ARDL)، در دوره زمانی ۲۴ مارس تا ۱۱ ژوئن ۲۰۲۰ به بررسی تأثیر موارد ابتلای کووید-۱۹ بر مصرف انرژی هند پرداختند. آن‌ها دریافتند که مصرف انرژی پس از اعمال اولین قرنطینه توسط دولت هند برای مقابله با افزایش تعداد موارد مبتلا به بیماری، شروع به کاهش کرد. نتایج برآورد مدل نشان داد که یک رابطه بلند مدت بین موارد ابتلای کووید-۱۹ و مصرف انرژی برقرار است. همچنین یک رابطه مثبت بین کاهش قرنطینه و مصرف انرژی وجود دارد.

ارطغرول و همکاران^۳ (۲۰۲۰) تلاش کردند تا با استفاده از مدل خطای فضایی (SARIMA) و مدل *TGARCH*، تأثیر شیوع کووید-۱۹ بر مصرف گازوئیل ترکیه را مورد بررسی قرار دهند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که پس از اعلام اولین موارد ابتلا به کووید-۱۹ و ممنوعیت حمل‌ونقل و محدودیت سفرهای بین شهری، نوسانات مصرف گازوئیل به اوج خود رسید و با کاهش مداوم مصرف

¹ West Texas Intermediate

² Aruga et al

³ Ertuğrul et al

گازوئیل همراه بود. همچنین اوج کاهش مصرف گازوئیل، در اواسط آوریل ۲۰۲۰، به میزان ۲۹ درصد بوده که ناشی از اعمال محدودیت‌های شدید در این دوره است.

نوروزی و همکاران (۲۰۲۰)، اثرات کووید-۱۹ بر تقاضای نفت و برق در چین را با استفاده از یک مدل شبکه عصبی و رگرسیون تطبیقی^۱ در دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۲۰ بررسی کردند. نتایج گویای آن است که شدت همه‌گیری به طور مستقیم و غیرمستقیم بر تقاضای نفت و برق تأثیر می‌گذارد. مطابق با خروجی‌های مدل، کاهش تقاضای نفت و برق نسبت به افراد مبتلا به کووید-۱۹ به ترتیب ۰.۱- درصد و ۰.۶۵- درصد است. به عنوان مثال با افزایش یک درصد افراد مبتلا به کووید-۱۹ تقاضای برق ۰.۶۵ درصد کاهش می‌یابد.

اسمیت و همکاران^۲ (۲۰۲۱)، به ارزیابی تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار گاز CO₂ در ۳۲ کشور جهان پرداختند و مدل خودرگرسیون برداری (VAR) را برای بازه زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۱ به کار گرفتند. نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از آن است که در افق دو ساله مصرف سوخت‌های فسیلی و گازهای گلخانه‌ای کاهش بسیار زیادی را تجربه کرد. همچنین بر اساس پیش بینی‌ها، بازگشت مصرف سوخت‌های فسیلی به روزهای قبل از همه‌گیری و حتی فراتر از آن در اقتصادهای نوظهور رشد قوی‌تری خواهد داشت.

کانگ و همکاران^۳ (۲۰۲۱)، تغییرات در مصرف انرژی تحت همه‌گیری کووید-۱۹ را در کره جنوبی طی دوره ژانویه ۲۰۲۰ تا می ۲۰۲۰ با استفاده از مدل رگرسیون چندمتغیره (OLS) مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که میانگین نرخ تغییرات مصرف انرژی برق و گاز به ترتیب ۴۶/۴ و ۳۵/۱۰ درصد نسبت به سال قبل کاهش یافته است. همچنین مصرف انرژی در طول بحران کووید-۱۹ در اکثر تاسیسات صنعتی و تجاری کاهش یافته اما در تاسیسات مسکونی افزایش داشته است. گنگور و همکاران^۴ (۲۰۲۱)، تأثیر شیوع پاندمی کووید-۱۹ بر مصرف بنزین را با استفاده از داده‌های روزانه در طی دوره ۲۰۱۴-۲۰۲۰ (قبل و بعد همه‌گیری) در ترکیه تخمین زدند. آن‌ها با استفاده از مدل ARIMA نتیجه گرفتند که نوسانات مصرف بنزین به طور قابل توجهی پس از شیوع بیماری تشدید شده و یک روند نزولی مداوم با نوسان زیاد در مصرف بنزین مشاهده می‌شود. آن‌ها پیشنهاد کردند که برای ایجاد ثبات در بازار، باید سیاستی‌هایی را هدف قرار داد که نوسانات مصرف بنزین را بهبود بخشد. این امر باعث کاهش عدم قطعیت در بازار انرژی، ایجاد ثبات در درآمدهای مالیاتی و محافظت از گروه‌های آسیب‌پذیر خواهد شد.

¹ comparative regressive and neural network model

² Smith et al

³ Kang et al

⁴ Güngör et al

هارتونو و همکاران^۱(۲۰۲۱)، تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف انرژی و انتشار CO_2 در اندونزی طی دوره ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ را با کمک مدل تعادل عمومی^۲ بررسی کردند. نتایج نشان داد که تقاضای انرژی در اندونزی تحت تأثیر شیوع کووید-۱۹ قرار گرفته و مصرف نفت پالایش شده بیشترین کاهش را داشته است. پس از آن مصرف انرژی مبتنی بر زغال سنگ و تقاضای کلی برق با روند کاهشی مواجه شدند.

وانگ و همکاران^۳(۲۰۲۲)، تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف نفت در ایالات متحده آمریکا را طی ژانویه ۲۰۲۰ تا مارس ۲۰۲۱ با استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی با الگوی $ARIMA$ پیش بینی و ارزیابی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که تقاضای نفت در ایالات متحده آمریکا در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ کاهش چشم‌گیری داشته است به طوری که مصرف نفت در این دوران، حدود ۱۸/۱۴ درصد کمتر از مصرف نفت در شرایط قبل از همه‌گیری بوده است.

سیسلیک و همکاران^۴(۲۰۲۲)، در مطالعه خود به بررسی تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف گاز طبیعی در لهستان با استفاده از یک روش مبتنی بر شبکه‌های عصبی^۴ پرداختند. تجزیه و تحلیل نتایج آن‌ها در ماه مارس ۲۰۲۰ بیانگر آن است که کاهش قابل توجهی در مصرف گاز طبیعی توسط مصرف کنندگان تجاری مشاهده می‌شود.

جهان^۵(۲۰۲۲)، به بررسی و پیش‌بینی تأثیر قرنطینه‌های ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹ در مناطق مختلف صنعتی بر مصرف برق و گاز طبیعی در ترکیه طی دوره زمانی ۲ مارس ۲۰۲۰ تا ۹ مارس ۲۰۲۱ با بهره‌گیری از مدل $ARIMA$ پرداخت. یافته‌های این مطالعه کاهش قابل توجهی در میزان مصرف برق و گاز طبیعی را در ماه‌های آوریل و می به دلیل قرنطینه نشان داد. در ماه آوریل، مصرف برق بین ۴۳ تا ۷۲ درصد و مصرف گاز طبیعی بین ۵۷ تا ۷۷ درصد کاهش یافت. در ماه می، مصرف برق بین ۳۲ تا ۶۰ درصد و مصرف گاز طبیعی بین ۴۵ تا ۶۹ درصد کاهش داشته است. آمامو و بارگاووی^۶(۲۰۲۲)، واکنش بازار نفت به بحران همه‌گیری کووید-۱۹ را بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از مدل حداقل مربعات معمولی OLS ، در دوره ۲ ژانویه ۲۰۲۰ تا ۱۵ دسامبر ۲۰۲۰ نشان دادند که تقاضای نفت بسیار کاهش یافته و بازارهای نفت به شدت بی‌ثبات شده‌اند.

¹ Hartono et al

² general equilibrium model

³ Cieřlik et al

⁴ Neural networks

⁵ Cihan

⁶ Amamou and Bargaoui

سووارنا و همکاران^۱ (۲۰۲۲)، تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف برق در هند را ارزیابی کردند. در این پژوهش جهت ارزیابی اثرات بیماری کرونا بر برق حاصل از سوخت‌های فسیلی از مدل‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی و مدل خودرگرسیون برداری VAR طی ژانویه ۲۰۱۹ تا دسامبر ۲۰۲۰ استفاده شد. بر اساس نتایج تحقیق، مصرف برق با اجرای قرنطینه‌های سراسری هند، در ماه مارس تا می ۲۰۲۰، حدود ۱۵ تا ۳۳ درصد کاهش یافته و پس از آن در ماه‌های ژوئن تا آگوست ۲۰۲۰ با کاهش سخت‌گیری‌های تردد و لغو برخی قرنطینه‌ها ۶ تا ۱۳ درصد کاهش را تجربه کرده است.

۳. تصریح مدل

برای برآورد اثر همه‌گیری کووید-۱۹ بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر از داده‌های ۳۶ کشور^۲ عضو سازمان همکاری و توسعه اقتصادی طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۰ و تکنیک داده‌های پانلی به شیوه حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS) استفاده می‌شود. مدل رگرسیون داده‌های پانل ساده با رابطه ۱ مشخص می‌شود:

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + v_{it} \quad (1)$$

که در آن v_{it} ، جملات خطای رگرسیون پانل هستند. در این معادله Y متغیر وابسته و X متغیر توضیحی است. α و β به ترتیب عرض از مبدأ و شیب بوده، t و i به ترتیب دلالت بر مقطع و زمان دارند. متغیر X غیرتصادفی فرض می‌شود و جزء خطا از مفروضات کلاسیک پیروی می‌کند یعنی $E(v_{it}) = N(0, \sigma^2)$ (راجاراتینام و آنجو^۳، ۲۰۲۲). مدل تجربی تحقیق به صورت زیر است:

$$ENC = f(GDP_{it}, ENP_{it}, ID_{covid-19it}, X_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

که در آن ENC ، متغیر وابسته مدل و بیانگر مصرف انرژی تجدیدناپذیر است، مصرف نفت بر حسب میلیون تن به عنوان نماینده سوخت‌های فسیلی انتخاب شده است و داده‌های مرتبط آن از پایگاه آماری بریتیش پترولیوم^۴ استخراج شده‌اند.

¹ Suvarna et al

^۲ . آمریکا، انگلستان، آلمان، کانادا، ژاپن، فرانسه، سوئد، هلند، اسپانیا، نیوزیلند، مکزیک، نروژ، پرغال، دانمارک، اتریش، ایتالیا، ترکیه، سوئیس، کره جنوبی، ایتالیا، بلژیک، شیلی، کلمبیا، لهستان، جمهوری چک، استونی، فنلاند، یونان، مجارستان، ایسلند، ایرلند، لاتویا، لیتوانی، جمهوری اسلواک، اسلونی، لوکزامبورگ

³ Rajarathinam & Anju

⁴ The British Petroleum Company plc (BP)

$ID_{Covid-19}$ ، متغیر مجازی (موهومی) برای کووید-۱۹ می‌باشد. این متغیر برای دوره شیوع همه‌گیری کووید-۱۹ مقدار یک و برای سایر سال‌ها، مقدار صفر را می‌پذیرد. GDP تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۲۰۱۵ بر حسب میلیارد دلار است. داده‌های آماری تولید ناخالص داخلی از بانک جهانی^۱ استخراج شده است. ENP نمایانگر قیمت انرژی تجدیدناپذیر است. از متغیر قیمت نفت برای بررسی تأثیر کووید-۱۹ بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر استفاده شده است. قیمت نفت خام بر حسب دلار آمریکا در هر بشکه بوده و اطلاعات آماری آن از پایگاه بریتیش پترولیوم استخراج شده است. X معرف متغیرهای کنترلی (آزادسازی تجاری، توسعه مالی) است. TRD شاخص آزادسازی تجاری که براساس گزارشات بنیاد هریتیج^۲ و پایگاه آماری آزادی اقتصادی^۳ به دست آمده است.

MKC بیانگر شاخص توسعه مالی است، آمار این شاخص نیز از بانک جهانی اخذ شده است. در این مطالعه i یعنی مقاطع برابر (۱، ۲، ۳ ... ۳۶) و t نشان دهنده بازه زمانی و برابر $t = 1, 2, 3, \dots, 12$ است و ε جزء خطای مدل می‌باشد.

طبق مطالعات انجام شده مانند دیانگ و همکاران^۴ (۲۰۲۲)، مختاروف و همکاران^۵ (۲۰۲۲) و التل و التراونه^۶ (۲۰۲۱)، که تأثیر عوامل موثر بر انرژی را تحت یک معادله خطی معرفی نمودند و با توجه به متغیرهای تعریف شده فوق، تحت مدل زیر تأثیر همه‌گیری کرونا بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

$$ENC_{it} = \beta_0 + \beta_1 ENP_{it} + \beta_2 GDP_{it} + \beta_3 MKC_{it} + \beta_4 TRD_{it} + \beta_5 ID_{Covid-19} + u_{it} \quad (3)$$

پس از بررسی وجود روابط هم‌انباشستگی (بردار هم‌انباشستگی)، مدل موردنظر با استفاده از روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده ($FMOLS$)، تخمین زده شده است. برآوردگر $FMOLS$ اولین بار

¹ Worldbank

² The Heritage Foundation

³ Economic Freedom

⁴ Deang et al

⁵ Mukhtarov et al

⁶ Al-Tal, and Al-Tarawneh

برای سری‌های زمانی توسط فیلیپس و هانسن^۱ (۱۹۹۰) پیشنهاد شد. بعدها پدرونی^۲ (۲۰۰۱)، این روش را با داده‌های تابلویی تطبیق داد. برآوردگر *FMOLS*، یک روش تصحیح نیمه پارامتریک در برابر برخی مشکلات تخمینی است که می‌تواند به دلیل همبستگی طولانی مدت بین شوک‌های تصادفی و معادله هم‌انباشته ایجاد شود. استفاده از روش مذکور مزایای بزرگی را از نظر رفع انحرافات ناشی از درونزایی و خود همبستگی فراهم می‌کند. پانل *FMOLS* دارای سه الگوی تلفیقی (*pooled*)، تلفیقی موزون (*pooled weighted*) و گروه‌بندی شده (*grouped*) می‌باشد.

۴. یافته‌های پژوهش

در این مقاله برای ارزیابی تأثیر همه‌گیری کرونا بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر از نرم افزار *EViews-12* استفاده شده است. در جدول (۱) آمار توصیفی متغیرها ارائه شده است. میانگین کل مصرف انرژی تجدیدناپذیر، قیمت انرژی تجدیدناپذیر، تولید ناخالص ملی، توسعه بازارهای مالی، آزادسازی تجاری و متغیر مجازی کرونا به ترتیب ۵۵/۹۳، ۷۶/۲۴، ۱۳۰۲۶، ۶۵/۹۷، ۸۵/۹۴، ۰/۱۸۱۸ محاسبه شده و بیشترین پراکندگی بر اساس آماره انحراف معیار به تولید ناخالص داخلی و سپس به مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر (نفت) اختصاص دارد.

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرها در کشورهای OECD

مصرف انرژی تجدیدناپذیر	قیمت انرژی تجدیدناپذیر	تولید ناخالص داخلی	توسعه بازارهای مالی	آزادسازی تجاری	کووید-۱۹
(ENC)	(ENP)	داخلی (GDP)	مالی (MKC)	(TRD)	(ID)
میلیون تن	دلار/بشکه	(میلیارد دلار)	درصد	درصد	صفر/یک
۵۵/۹۳	۷۶/۲۴	۱۳۰۲۶	۶۵/۹۷	۸۵/۹۴	۰/۱۸۱۸
۰/۶۸۳۶	۳۱/۴۲	۱۹۹۷۴	۳۹۳/۰۳۶۰	۹۲/۴۰	۱
۸۴۵/۱۷	۱۱۸/۵۴	۱۵۳۲۷/۵۷	۲/۵۳	۷۰/۸۰	۰
۱۳۳/۵۲	۲۶/۸۲	۳۰۲۸۱	۵۴/۹۰	۳/۳۶	۰/۳۸
میانگین					
حداکثر					
حداقل					
انحراف معیار					

منبع: یافته‌های تحقیق

¹ Phillips and Hansen

² Pedroni

بررسی مانایی متغیرها پیش از ورود به برآورد مدل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اگر فرض مانایی متغیرها رد شود، یا به عبارت دیگر متغیرهای تحقیق نامانا باشند؛ موجب بروز مشکلاتی در اعتبار آزمون‌های آماری و همچنین موجب نتایج کاذب می‌شود. از آزمون ریشه واحد برای بررسی مانایی متغیرها استفاده شده است. از آزمون‌های رایج بررسی ریشه واحد در داده‌های تابلویی، آزمون لوین-لین-چو^۱ (۲۰۰۲) است. فرضیه صفر این آزمون، نشان‌دهنده نامانایی متغیر مورد بررسی می‌باشد. خلاصه نتایج آزمون ریشه واحد در جدول (۲) آمده است. با توجه به آماره‌ها و سطوح احتمال، نتیجه این است که به جز تولید ناخالص داخلی که در سطح مانا است، سایر متغیرها با یکبار تفاضل مانا می‌شوند.

به دلیل تفاوت در درجه مانایی متغیرها، برای جلوگیری از برآورد نتایج گمراه‌کننده و رگرسیون کاذب، از روش‌های تفاضل‌گیری و آزمون هم‌انباشتگی استفاده می‌شود. هنگام استفاده از تفاضل متغیرها در برآورد ضرایب الگو، اطلاعات سودمند در رابطه با سطح متغیرها از دست می‌رود. لذا این روش برای جلوگیری از اتکا به رگرسیون کاذب مناسب نمی‌باشد. برای رفع این مشکل از آزمون هم‌انباشتگی استفاده می‌شود.

جدول ۲. نتایج آزمون مانایی به روش آزمون لوین-لین-چو

نتیجه	آماره LLC	احتمال	متغیر
$I(0)$	۲/۴۲	۰/۹۹۲۴	ENC
$I(0)$	-۳۷/۱۵	۰/۰۰۰۰	D(ENC)
$I(1)$	۳/۸۶	۰/۹۹۹۹	ENP
$I(0)$	-۳۱/۵۸	۰/۰۰۰۰	D(ENP)
$I(0)$	-۳/۶۸	۰/۰۰۰۱	GDP
$I(1)$	۰/۶۵۴۰	۰/۷۴۳۴	MKC
$I(0)$	-۳۱/۶۰۳۴	۰/۰۰۰۰	D(MKC)
$I(1)$	۲/۸۸	۰/۹۹۸۱	TRD
$I(0)$	-۳۸/۳۱	۰/۰۰۰۰	D(TRD)

منبع: یافته‌های تحقیق

^۱ Levin-Lin-Chu (LLC)

مهم‌ترین نکته در تجزیه و تحلیل هم‌انباشتگی، آن است که با وجود نامانایی برخی متغیرها ممکن است یک ترکیب خطی از آن‌ها مانا باشند. با استفاده از تجزیه و تحلیل هم‌انباشتگی این روابط بلندمدت کشف می‌شوند. در صورت نامانایی متغیرهای مدل اگر بین آن‌ها هم‌انباشتگی برقرار باشد، نتایج حاصل از تخمین مدل قابل اعتمادتر خواهد بود. برای آزمون هم‌انباشتگی از آزمون کائو (*Kao*) استفاده شده و نتایج آن در جدول (۳) گزارش شده است. آماره t این آزمون $۱/۸۷۱۹$ با سطح احتمال $۰/۰۳۰۶$ به دست آمده است. در نتیجه فرضیه صفر آزمون که دلالت بر عدم هم‌انباشتگی دارد رد می‌شود و وجود رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرها تأیید می‌شود.

جدول ۳. نتایج آزمون هم‌انباشتگی کائو

<i>ADF</i>	<i>t-Statistic</i>	<i>Prob</i>
	۱/۸۷۱۹	۰/۰۳۰۶

منبع: یافته‌های تحقیق

پس از یافتن روابط بلندمدت در میان داده‌ها و همچنین به دلیل تفاوت در درجه مانایی متغیرها، از روش حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده برای تخمین روابط هم‌انباشتگی استفاده می‌شود. منطق استفاده از مدل *FMOLS* این است که امکان دریافت پارامترهای ثابت حتی در نمونه‌های کوچک در کوتاه مدت را فراهم می‌کند. علاوه بر این، به غلبه بر مشکلات درون‌زایی و همبستگی سریالی کمک می‌کند. نتایج تخمین مدل در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴. نتایج تخمین مدل *FLOMS* (متغیر وابسته: مصرف انرژی تجدیدناپذیر)

متغیرهای توضیحی	ضریب	آماره t	احتمال
<i>GDP</i>	۰/۰۰۰۰۱۰۱	*۲۳/۱۱۹۱	۰/۰۰۰۰
<i>ENP</i>	-۰/۰۲۱۰	*-۶/۶۴۲۸	۰/۰۰۰۰
<i>MKC</i>	۰/۰۱۶۴	*۴/۵۳۳۲	۰/۰۰۰۰
<i>TRD</i>	۰/۴۴۰۶	*۷/۸۵۶۰	۰/۰۰۰۰
<i>ID</i>	-۳/۳۳۱۸	*-۱۳/۱۰۱۲	۰/۰۰۰۰
$R^2\text{-adjusted} = ۰/۹۹$			

*معنی‌دار در سطح ۱٪. منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول نشان می‌دهد که متغیر تولید ناخالص داخلی تأثیری مثبت بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر دارد، یعنی سطح مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر با رشد تولید ناخالص داخلی افزایش می‌یابد. این نتیجه همراستا با مطالعات چونگکو و همکاران^۱ (۲۰۲۲)، شارما و همکاران^۲ (۲۰۲۱) می‌باشد. با توجه به تأثیر مثبت رشد اقتصادی بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در *OECD*، انتقال از سوخت‌های فسیلی به منابع انرژی تجدیدپذیر برای رشد اقتصادی پایدار مهم است.

قیمت انرژی‌های تجدیدناپذیر رابطه منفی با مصرف این انرژی‌ها دارد. این نتیجه با نظریه‌های اقتصادی و انتظارات سازگار است. تغییرات قیمت، تقاضا را از طریق اثرات جانشینی و درآمدی تحت تأثیر قرار می‌دهد. در صورت سلطه اثر جانشینی، تقاضا کاهش و برعکس در صورت سلطه اثر درآمدی، تقاضا افزایش می‌یابد. چون کشورهای در حال توسعه، صادرکنندگان اصلی نفت خام هستند، اثر درآمدی بر اثر جانشینی غلبه کرده و افزایش قیمت باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود. اما در کشورهای پیشرفته *OECD*، به دلیل رشد صنعت انرژی پاک طی سال‌های اخیر، با افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی، تمایل آن‌ها به مصرف انرژی‌های جایگزین افزایش یافته است. لذا اثر جانشینی بر اثر درآمدی غلبه کرده و افزایش قیمت انرژی تأثیر منفی بر مصرف انرژی در این کشورها دارد. این نتیجه همسو با مطالعات مختاروف و همکاران (۲۰۲۲) می‌باشد.

توسعه بازارهای مالی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر دارد. در واقع اگر بازارهای مالی یک درصد توسعه یابند مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر ۰/۰۱۶۴ درصد افزایش پیدا می‌کند. این نتیجه سازگار و همراستا با مطالعه مختاروف و همکاران (۲۰۲۲)، ما و فو^۳ (۲۰۲۰) مبنی بر تأثیر مثبت و معنی‌دار توسعه مالی بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر است. توسعه سیستم مالی می‌تواند منابع مالی را برای شرکت‌ها با هزینه‌های بسیار کمتر فراهم کند و گسترش مقیاس تولید آن‌ها را تسهیل می‌کند و در نتیجه مصرف انرژی را افزایش می‌دهد. در کشورهای پیشرفته و صنعتی مثل *OECD*، فعالیت‌های بازارهای سرمایه در این کشورها ابتدا باعث تولید و مصرف انرژی بیشتری می‌شود در ادامه بعد از یک دوره از مصرف انرژی، به دلایلی مانند اهمیت یافتن ملاحظات زیست محیطی، منابع بازار سرمایه و بازار پول به سمت انرژی‌های پاک منتقل می‌شود.

آزادسازی تجاری، سبب افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر می‌شود. یعنی با یک درصد افزایش در آزادسازی تجاری مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر، ۰/۴۴۰۶ درصد افزایش می‌یابد. این

¹ Chongco et al

² Sharma et al

³ Ma and Fu

نتیجه با مطالعات هان و همکاران^۱ (۲۰۲۲) و کونگان و همکاران^۲ (۲۰۲۱) هم‌راستا است. آزادسازی تجاری جریان انتقال کالا را تحت تأثیر قرار می‌دهد و منجر به افزایش تولید ناخالص داخلی می‌شود. افزایش تجارت، تقاضا برای انواع مختلف انرژی جهت حمل و نقل را افزایش می‌دهد. از طرفی آزادسازی تجاری سبب انتقال نوآوری‌های فناورانه شده و منجر به استفاده کارا تر از انرژی می‌شود. در نتیجه دولت‌ها باید همزمان با گسترش تجارت، مقررات خاصی را اجرا کنند تا تأثیر منفی مصرف انرژی تجدیدناپذیر را به حداقل برسانند.

متغیر مجازی کرونا تأثیر منفی بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر دارد. همه‌گیری کووید-۱۹ به صورت مستقیم و غیرمستقیم و از کانال‌های گوناگون مصرف انرژی‌های فسیلی را تحت تأثیر قرار داد. اجرای اقدامات فاصله‌گذاری اجتماعی و قرنطینه عمومی در طی همه‌گیری، تولید، حمل‌ونقل و تجارت و بازارهای مالی را در سطح جهانی محدود کرد، این امر افت مصرف و تقاضای انرژی را در پی داشت. این نتیجه تأیید کننده مطالعات سیسلیک و همکاران (۲۰۲۲)، وانگ و همکاران (۲۰۲۲)، جهان و همکاران (۲۰۲۲) می‌باشد. میزان کاهش تقاضای انرژی منطقه‌ای باتوجه به زمان آغاز محدودیت‌ها و نحوه اجرای قرنطینه در هر کشور متفاوت است. با اعمال قرنطینه‌های محدود در بعضی از کشورها مثل کره و ژاپن، تقاضای انرژی به ازای هر هفته ۱۵ درصد، با اعمال قرنطینه جزئی همانند کشورهای اروپایی تقاضای انرژی به ازای هر هفته ۲۵ درصد و در بیشتر نظام‌های اقتصادی همانند ایتالیا که به‌طور جدی اقداماتی را در پیش گرفتند، تقاضای انرژی به ازای هر هفته ۳۰ درصد کاهش یافت.

در جدول ۵ نتایج تخمین مدل به تفکیک کشورهای کم درآمد و پردرآمد ارائه شده است. میانگین درآمد سرانه در کشورهای OECD در سال ۲۰۲۱ معادل ۴۳۲۷۴ دلار بوده و بر این اساس، در این تخمین ها، ۱۷ کشور در گروه پردرآمد (با درآمد مساوی یا بیشتر از درآمد متوسط) و ۱۹ کشور در گروه کم درآمد قرار دارند. در مقایسه با نتایج جدول ۴، اولاً با توجه به لحاظ درآمد سرانه به جای GDP ضرایب متغیر درآمد سرانه در هر دو گروه نسبت به ضریب GDP بزرگتر هستند و هر دو مثبت و از نظر آماری معنی دار هستند. در نتیجه تأثیر مثبت درآمد سرانه بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر در هر دو گروه تأیید می‌شود. ثانیاً ضریب متغیر قیمت حقیقی انرژی‌های تجدیدناپذیر در گروه کم درآمد منفی و معنادار است که تفسیری مشابه با جدول قبل دارد. اما ضریب همین متغیر در گروه پردرآمد مثبت و معنادار است. این اثر مثبت ممکن است به این دلیل باشد که با توجه به درجه بالای صنعتی شدن و تقاضای فزاینده برای تامین انرژی، حتی با افزایش قیمت انرژی، این

¹ Han et al

² Koengkan et al

کشورها ناچار به مصرف این انرژی ها هستند. ثالثاً اثر مثبت توسعه بازارهای مالی بر مصرف انرژی های تجدیدناپذیر در هر دو گروه مثل مدل تجمیع شده برقرار است، هر چند در گروه پردرآمد از نظر آماری بی معناست.

علاوه بر موارد فوق، تأثیر آزادسازی تجاری بر مصرف انرژی های تجدیدناپذیر در گروه کم درآمد، مثبت و مشابه با اثر آن در مدل تجمیعی است. اما این اثر برای گروه پردرآمد، منفی و معنی دار است. این نتیجه با نظریه های اقتصادی سازگار نیست و باید در مطالعات آتی مورد بررسی بیشتر قرار گیرد. نکته جالب در مورد متغیر همه گیری کووید-۱۹ این است که منجر به اثر منفی این متغیر بر مصرف انرژی های تجدیدناپذیر شده و این اثر منفی در گروه کم درآمد قویتر از گروه پردرآمد است. به بیان دیگر تأثیر این همه گیری بر کاهش مصرف انرژی های تجدیدناپذیر در گروه کم درآمد شدیدتر بوده است.

جدول ۵. نتایج تخمین مدل *FLOMS* (متغیر وابسته: مصرف انرژی تجدیدناپذیر) در *OECD* به تفکیک درآمد

متغیرهای توضیحی	گروه کشورهای پردرآمد		گروه کشورهای کم درآمد	
	ضریب	آماره <i>t</i>	احتمال	ضریب
<i>GDP</i> سرانه	۰/۰۰۰۲۸۹	*۶/۸۱۸	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۱
<i>ENP</i>	۰/۰۱۸	*۲/۶۱۲	۰/۰۰۰۹	-۰/۰۵۷
<i>MKC</i>	۰/۰۰۰۵۶	۰/۶۳۰۹	۰/۵۲۸۳	۰/۰۲۱
<i>TRD</i>	-۴/۰۴۴	*-۲۱/۴۵۳	۰/۰۰۰۰	۰/۱۰۰۳
<i>ID</i>	-۲/۱۳۷	*-۴/۲۲۸	۰/۰۰۰۰	-۴/۵۰۵
	$R^2\text{-adjusted} = ۰/۹۹۸$		$R^2\text{-adjusted} = ۰/۹۸$	

* و ** معنی دار در سطح ۱٪ و ۵٪. منبع: یافته های تحقیق

۵. نتیجه گیری

متغیرهای بسیاری مانند عوامل اقتصادی، سیاسی، فناوری، محیطی و اجتماعی می توانند بر تولید و مصرف انرژی جهانی تأثیر بگذارند. تأثیر بی سابقه همه گیری کووید-۱۹ بر سیستم انرژی گویای این است که در سال ۲۰۲۰ بزرگ ترین شوک تقاضای انرژی در جهان رخ داده است. هدف مقاله حاضر، ارزیابی تأثیر همه گیری کووید-۱۹ بر مصرف انرژی های تجدیدناپذیر در کشورهای *OECD* بود. به

این منظور، از روش برآوردگر حداقل مربعات کاملاً اصلاح شده (FMOLS) و داده‌های آماری متغیرهای تولید ناخالص داخلی، توسعه مالی، آزادسازی تجاری، قیمت انرژی و متغیر مجازی کرونا طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۰ استفاده شد.

نتایج برآورد مدل موید این مطلب است که توسعه مالی، تولید ناخالص داخلی و آزادسازی تجاری تأثیر مثبت و معناداری بر مصرف انرژی‌های فسیلی در این گروه از کشورها دارند. ضریب به‌دست آمده برای متغیر مجازی کرونا نیز نشان می‌دهد که همه‌گیری کرونا تأثیر منفی بر مصرف انرژی‌های فسیلی دارد. در واقع، نتایج حاکی از تأیید افت قابل توجه تقاضای انرژی‌های پایان‌پذیر در طی همه‌گیری کووید-۱۹ می‌باشد. در تفکیک کشورهای OECD به دو گروه کم درآمد و پردرآمد، نتایج تخمین مدل‌ها نشان می‌دهد که در هر دو گروه، درآمد سرانه اثر مثبت و معنادار بر مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر دارد، در حالی که متغیر همه‌گیری کووید-۱۹ از اثرگذاری منفی بر مصرف انرژی در دو گروه برخوردار است و تأثیر منفی در گروه کم درآمد قویتر است. اما در مورد اثر متغیرهای قیمت حقیقی انرژی تجدیدناپذیر، توسعه بازار مالی و آزادسازی تجاری، جهت اثرگذاری، اندازه اثر و درجه معنی داری در بین دو گروه متفاوت است.

بحران ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹ منجر به اقدامات اضطراری توسط مقامات بین‌المللی و ملی در سراسر جهان شده است. تامین رفاه جامعه در طول بحران اهمیت دسترسی جهانی به انرژی و مدیریت مصرف انرژی را برجسته کرده است. در این شرایط، اقدامات کوتاه مدت و بلندمدت در راستای بهبود صنعت انرژی باید با توجه به افزایش اشتغال، رشد اقتصادی، امنیت انرژی، و کاهش انتشار کربن در دستور کار قرار گیرد. بسته به شرایط هر کشوری، دولت‌ها می‌توانند اقداماتی را با همکاری یکدیگر انجام دهند. به‌عنوان مثال ایجاد زنجیره‌های ارزش انرژی یکپارچه‌تر و کاهش هزینه‌های مرتبط با آن و هماهنگی سیاست‌ها در بازار انرژی می‌تواند منافع هم‌افزایی ایجاد کند. به منظور جلوگیری از وقوع بحران‌های مشابه پاندمی کووید-۱۹، سیاست‌گذاران انرژی باید اقدامات زیر را انجام دهند:

- ✓ مدیریت تقاضای انرژی و به‌کارگیری جدی راهبرد تقدم مدیریت تقاضا بر عرضه انرژی.
- ✓ ایجاد ساختاری قانونمند برای انسجام مدیریت تقاضا و عرضه حامل‌های انرژی و استفاده از دیپلماسی انرژی در تعامل با دیگر کشورها
- ✓ تنوع بخشی به تولید و عرضه حامل‌های انرژی و توجیه فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی آن‌ها و تقویت شبکه لجستیک انرژی در دوره پسا کرونا
- ✓ توسعه و ارتقا امنیت انرژی برای تأمین تقاضای انرژی و جست‌وجوی منابع انرژی به ویژه از نوع تجدیدپذیر

References

- Alawi, S. M., Karim, S., Meero, A. A., Rabbani, M. R., & Naeem, M. A. (2022). Information transmission in regional energy stock markets. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-13. DOI: 10.1007/s11356-022-19159-1
- Aloui, D., & Hchaichi, R. (2022). COVID-19 Pandemic Haunting the Energy Market: From the First to the Second Wave. In *COVID-19 Pandemic and Energy Markets: Commodity Markets, Cryptocurrencies and Electricity Consumption under the COVID-19* (pp. 87-99). DOI: 10.1142/9789811239618_0006
- Al-Tal, R., & Al-Tarawneh, A. (2021). The impact of government effectiveness and political stability on energy consumption in the selected MENA economies. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(2): 1-6. DOI: 10.32479/ijeep.10786
- Amamou, S. A., & Bargaoui, S. A. (2022). Energy markets responds to Covid-19 pandemic. *Resources Policy*, 102551. DOI: 10.1016/j.resourpol.2022.102551
- Armeanu, D. S., Gherghina, S. C., Andrei, J. V., & Joldes, C. C. (2022). Evidence from the nonlinear autoregressive distributed lag model on the asymmetric influence of the first wave of the COVID-19 pandemic on energy markets. *Energy & Environment*, 0958305X221087502. DOI: 10.1177/0958305x221087502
- Aruga, K., Islam, M., & Jannat, A. (2020). Effects of COVID-19 on Indian energy consumption. *Sustainability*, 12(14), 5616. DOI: 10.3390/su12145616
- Atukeren, E., Çevik, E. İ., & Korkmaz, T. (2021). Volatility spillovers between WTI and Brent spot crude oil prices: an analysis of granger causality in variance patterns over time. *Research in International Business and Finance*, 56, 101385. DOI: 10.1016/j.ribaf.2021.101385
- Aydın, L., & Ari, I. (2020). The impact of Covid-19 on Turkey's non-recoverable economic sectors compensating with falling crude oil prices: A computable general equilibrium analysis. *Energy Exploration & Exploitation*, 38(5): 1810-1830. DOI: 10.1177/0144598720934007
- Bourghelle, D., Jawadi, F., & Rozin, P. (2021). Oil price volatility in the context of Covid-19. *International Economics*, 167: 39-49. DOI: 10.1016/j.inteco.2021.05.001
- Chongco, S. M. R., Dumlao, N. M., & Cabauatan, R. (2022). The Causal Relationship of Renewable Energy and Non-renewable Energy Consumption to the Economic Growth of the Philippines. *Journal of Economics, Finance and Accounting Studies*, 4(1): 340-358. DOI: 10.32996/jefas.2022.4.1.22
- Cieślak, T., Narloch, P., Szurlej, A., & Kogut, K. (2022). Indirect Impact of the COVID-19 Pandemic on Natural Gas Consumption by Commercial

- Consumers in a Selected City in Poland. *Energies*, 15(4), 1393. DOI: 10.3390/en15041393
- Cihan, P. (2022). Impact of the COVID-19 lockdowns on electricity and natural gas consumption in the different industrial zones and forecasting consumption amounts: Turkey case study. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 134, 107369. DOI: 10.1016/j.ijepes.2021.107369
- Deang, J. T., Dispo, L. A. D., & Pizarro-Uy, A. C. (2022). Determining the Impact of Economic Growth, Carbon Emissions, Foreign Direct Investments, and Trade Openness on Energy Consumption in the Philippines. *Journal of Economics, Finance and Accounting Studies*, 4(2): 214-230. DOI: 10.32996/jefas.2022.4.2.17
- Engelbrechtsen, R., & Anderson, C. (2020). The impact of coronavirus (COVID-19) and the global oil price shock on the fiscal position of oil-exporting developing countries. *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, 1-18. DOI: 10.1787/8bafbd95-en
- Ertuğrul, H. M., Güngör, B. O., & Soytaş, U. (2020). The effect of the COVID-19 outbreak on the Turkish diesel consumption volatility dynamics. *Energy Research Letters*, 1(3), 17496. DOI:10.46557/001c.17496
- Gollakota, A. R., & Shu, C. M. (2023). Covid-19 and Energy sector—Unique opportunity for switching to clean energy. *Gondwana Research*, 114, 93-116.. DOI: 10.1016/j.gr.2022.01.014
- Guan, D., Wang, D., Hallegatte, S., Davis, S.J., Huo, J., Li, S., Bai, Y., Lei, T., Xue, Q., Coffman, D.M., Cheng, D., Chen, P., Liang, X., Xu, B., Lu, X., Wang, S., Hubacek, K., Gong, P., 2020. Global supply-chain effects of COVID-19 control measures. *Nat. Human Behavior*, 4: 577–587. DOI: 10.1038/s41562-020-0896-8
- Güngör, B. O., Ertuğrul, H. M., & Soytaş, U. (2021). Impact of Covid-19 outbreak on Turkish gasoline consumption. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120637. DOI: 10.2139/ssrn.3611788
- Hartono, D., Yusuf, A. A., Hastuti, S. H., Saputri, N. K., & Syaifudin, N. (2021). Effect of COVID-19 on energy consumption and carbon dioxide emissions in Indonesia. *Sustainable Production and Consumption*, 28: 391-404. DOI: 10.1016/j.spc.2021.06.003
- Hoang, A. T., Huynh, T. T., Nguyen, X. P., Nguyen, T. K. T., & Le, T. H. (2021). An analysis and review on the global NO2 emission during lockdowns in COVID-19 period. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-21. DOI: 10.1080/15567036.2021.1902431
- IEA. World Energy Investment 2020. <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-20202020>. DOI: 10.1787/6f552938-en

- International Energy Agency (IEA) (2020). Covid-19 and energy: Setting the scene <<https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery/covid-19-and-energy-setting-the-scene>> accessed 6.11.2020
- Kang, H., An, J., Kim, H., Ji, C., Hong, T., & Lee, S. (2021). Changes in energy consumption according to building use type under COVID-19 pandemic in South Korea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111294. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111294
- Koengkan, M., Fuinhas, J. A., & Vieira, I. (2021). Measuring the effect of trade liberalisation on the consumption of non-renewable energy sources in Latin America & the Caribbean Countries. *Economics and Business Letters*, 10(4): 349-358. DOI: 10.17811/ebl.10.4.2021.349-358
- Levin, A., Lin, C. F., & Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics*, 108(1): 1-24. DOI: 10.1016/s0304-4076(01)00098-7
- Ma, X., & Fu, Q. (2020). The influence of financial development on energy consumption: worldwide evidence. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1428. DOI: 10.3390/ijerph17041428
- Mukhtarov, S., Karacan, R., Aliyev, F., & Ismayilov, V. (2022). The Effect of Financial Development on Energy Consumption: Evidence from Russia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(1): 243-249. DOI: 10.32479/ijeep.12534
- Norouzi, N., de Rubens, G. Z., Choupanpiesheh, S., & Enevoldsen, P. (2020). When pandemics impact economies and climate change: Exploring the impacts of COVID-19 on oil and electricity demand in China. *Energy Research & Social Science*, 68, 101654. DOI: 10.1016/j.erss.2020.101654
- Nyga-Łukaszewska, H., & Aruga, K. (2020). Energy prices and COVID-immunity: The case of crude oil and natural gas prices in the US and Japan. *Energies*, 13(23), 6300. DOI: 10.3390/en13236300
- Pedroni, P. (2001). Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. In *Nonstationary panels, panel cointegration, and dynamic panels* (Vol. 15, pp. 93-130). DOI: 10.1016/s0731-9053(00)15004-2
- Phillips, P. C., & Hansen, B. E. (1990). Statistical inference in instrumental variables regression with I (1) processes. *The Review of Economic Studies*, 57(1): 99-125. DOI: 10.2307/2297545
- Prabheesh, K. P., Padhan, R., & Garg, B. (2020). COVID-19 and the oil price–stock market nexus: Evidence from net oil-importing countries. *Energy Research Letters*, 1(2), 13745. DOI: 10.46557/001c.13745
- Rajarathinam, A., & Anju, J. B. (2022). Panel Cointegration Modelling of COVID-19 monthly infected cases and deaths. *Applied Mathematics*, 16(2): 227-233. DOI: 10.18576/amis/160209

- Shahbaz, M., Topcu, B. A., Sarigül, S. S., & Vo, X. V. (2021). The effect of financial development on renewable energy demand: The case of developing countries. *Renewable Energy*, 178, 1370-1380. DOI: 10.1016/j.renene.2021.06.121
- Sharma, G. D., Tiwari, A. K., Erkut, B., & Mundi, H. S. (2021). Exploring the nexus between non-renewable and renewable energy consumptions and economic development: Evidence from panel estimations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111152. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111152
- Shaw, R., Kim, Y. and Hua, J. (2020). Governance, technology and citizen behavior in pandemic: Lessons from COVID-19 in East Asia. *Progress in Disaster Science*, 6, 100090. DOI: 10.1016/j.pdisas.2020.100090
- Shereen, M.A., Khan, S., Kazmi, A., Bashir, N., Siddique, R (2020). COVID-19 infection: origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. *Journal of advanced research*, 16 (24): 91–98. DOI: 10.1016/j.jare.2020.03.005
- Smith, L. V., Tarui, N., & Yamagata, T. (2021). Assessing the impact of COVID-19 on global fossil fuel consumption and CO2 emissions. *Energy Economics*, 97, 105170. DOI: 10.2139/ssrn.3649783
- Surahman, U., Hartono, D., Setyowati, E., & Jurizat, A. (2022). Investigation on household energy consumption of urban residential buildings in major cities of Indonesia during COVID-19 pandemic. *Energy and Buildings*, 261, 111956. DOI: 10.1016/j.enbuild.2022.111956
- Suvarna, M., Katragadda, A., Sun, Z., Choh, Y. B., Chen, Q., Pravin, P. S., & Wang, X. (2022). A machine learning framework to quantify and assess the impact of COVID-19 on the power sector: An Indian context. *Advances in Applied Energy*, 5, 100078. DOI: 10.1016/j.adapen.2021.100078
- Wang, Q., Li, S., Zhang, M., & Li, R. (2022). Impact of COVID-19 pandemic on oil consumption in the United States: A new estimation approach. *Energy*, 239, 122280. DOI: 10.1016/j.energy.2021.122280
- Wang, Q., Yang, X., & Li, R. (2022). The impact of the COVID-19 pandemic on the energy market—A comparative relationship between oil and coal. *Energy Strategy Reviews*, 39, 100761. DOI: 10.1016/j.esr.2021.100761
- Wang, Z., Yang, Z., Zhang, B., Li, H., & He, W. (2022). How does urbanization affect energy consumption for central heating: Historical analysis and future Prospects. *Energy and Buildings*, 255, 111631. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111631
- Yuan, X., Su, C. W., Umar, M., Shao, X., & LobonT, O. R. (2022). The race to zero emissions: Can renewable energy be the path to carbon neutrality?. *Journal of Environmental Management*, 308, 114648. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.114648

- Han, J., Zeeshan, M., Ullah, I., Rehman, A., & Afridi, F. E. A. (2022). Trade openness and urbanization impact on renewable and non-renewable energy consumption in China. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16. DOI: 10.1007/s11356-021-18353-x
- Zhang, L., Li, H., Lee, W. J., & Liao, H. (2021). COVID-19 and energy: Influence mechanisms and research methodologies. *Sustainable Production and Consumption*, 27: 2134-2152. DOI: 10.1016/j.spc.2021.05.010