-- Iranian Energy Economics------
Spring 2024, 50 (13), 77-110
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2024.77060.2052

Original Research
Received: 13/Dec/2023
Accepted: 10/Jan/2024
ISSN: 2423-5954
eISSN: 2476-6437

An Analysis of Crude Oil Supply and Demand in Oil-Exporting Countries (OPEC) and the Impact of Suggested Policies by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Zinat Goli * Ph.D. Student in Oil and Gas Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Hamid Amadeh Associate Professor, Energy Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Teymour Mohammadi Professor, Department of Theoretical Economics, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Abstract

Global greenhouse gas emissions have risen from 31,553 million tons of CO2 equivalent in 1990 to 46,187 million tons in 2022. According to the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), since the late 19th century, the Earth's average temperature has increased by 1.1 degrees Celsius.

Every decade since 1960 has been warmer than the previous one, with the last decade being the hottest on record. The warming caused by human activities and greenhouse gas emissions has currently reached about 1 degree Celsius above pre-industrial levels. Over the past two decades, global scientific and political communities have increasingly focused on the issue of global warming and its associated climate changes. The historic Paris Agreement, signed on December 12, 2015, during the 21st Conference of the Parties (COP21) to the UN Climate Change Convention, was a significant step toward combating climate change and addressing the challenges of reducing emissions and investing in a low-carbon, resilient, flexible, and sustainable economy. The agreement, signed by 195 countries, came into force on November 4, 2016. Under the Paris Agreement, countries committed to reducing greenhouse gas emissions to prevent the global average temperature from rising more than 2 degrees Celsius above pre-industrial levels, and to pursue efforts to limit the increase to 1.5 degrees Celsius above pre-industrial levels.

Following the agreement, countries through the UN Climate Change Convention asked the IPCC to provide a special report on the impacts of global warming of 1.5 degrees Celsius above pre-industrial levels and related global greenhouse gas pathways. In the IPCC report, supported by 133 researchers, various greenhouse gas emission pathways to achieve the 1.5-degree goal were outlined. Achieving this goal

* Corresponding Author: Zinat_goli@yahoo.com
How to Cite: Goli, Z., Amadeh, H., Mohamadi, T. (2024). An Analysis of Crude Oil Supply and Demand in Oil-Exporting Countries (OPEC) and the Impact of Suggested Policies by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Iranian Energy Economics, 50 (13), 77-110.

will require significant reductions in greenhouse gas emissions, with a major focus on the energy sector. Four proposed scenarios, which aim to reach net-zero carbon emissions by 2050, predict a sharp decline in the use of fossil fuels. However, the type of fuel and the speed of the transition in fuel consumption vary considerably, especially for coal, oil, and gas, through 2030. Coal faces the most severe reductions, with consumption needing to decrease by 59% to 78% by 2030 compared to 2010. Natural gas has a better outlook, with predictions ranging from a one-third increase to a one-quarter decrease in different scenarios. Oil has the most uncertain future, with the fourth scenario, based on bioenergy combined with carbon capture and storage (BECCS), predicting an 86% increase in oil consumption compared to 2010. Given the uncertain future of oil in these scenarios, analyzing the impact of implementing each of the IPCC's proposed scenarios on OPEC member countries, whose economies are heavily reliant on oil revenues, is crucial. The innovation of this research lies in examining the effects of climate change policies on oil-producing and exporting OPEC countries, including Iran, using a time-series econometric approach, co-integration equations, and a vector error correction model.

Methods and Material

In this research, to examine the effects of the IPCC scenarios, which are based on reducing global fossil fuel consumption, on OPEC's oil demand and supply, a time-series econometric approach was used. Co-integration equations were employed to estimate long-term relationships, and the vector error correction model was applied for short-term estimates. Given the significance of reduced demand for OPEC countries, which are economically dependent on oil export revenues, data on the production and price of OPEC oil were used. Additionally, the long-term effects of environmental actions under the IPCC scenarios, which replace fossil fuels with renewable energy by 2030 and 2050, were incorporated into the model using renewable energy price variables. Variables used in the supply and demand functions include OPEC oil production, OPEC oil prices adjusted for the U.S. consumer price index, industrial production indices for developed and emerging countries, and renewable energy price indices. The research data were gathered monthly from 1986 to 2022. OPEC oil price and production statistics were obtained from OPEC, and the U.S. consumer price index data were sourced from the World Bank. The industrial production index (IP) for developed countries was calculated as a weighted average of IP from the U.S., Japan, Germany, France, the U.K., Italy, Canada, Spain, the Netherlands, Sweden, Norway, Belgium, Austria, Denmark, Finland, Greece, Ireland, Portugal, and Luxembourg, with weights based on the GDP share of each country in total GDP. For emerging countries, the IP index was similarly calculated for China, Brazil, India, South Korea, Mexico, Turkey, and Indonesia. The GDP data were obtained from the World Bank, and IP data from the International Monetary Fund. Renewable energy prices were based on the weighted average levelized cost of energy (LCOE) for renewable sources such as concentrated solar power, offshore and onshore wind power, and photovoltaic solar energy. The weights were based on each energy type's share of total renewable energy production, and the LCOE data were published by the International Renewable Energy Agency. Initially, the industrial production indices for developed and emerging countries, as well as the renewable energy price index, were seasonally adjusted.

Table 1. Long-term supply and demand relationships for oil based on Johansen's method.

OPEC Oil Supply function	OPEC Oil Supply function	variables
1	1	OPEC oil production
-0.05 (0.02)	0.22 (0.05)	Real price of OPEC oil
0	1.56 (0.41)	Non-OPEC oil production
0.76 (0.16)	0	IP(Advanced economic)
0.58 (0.07)	0	IP(Emerging economic)
0.26 (0.06)	0	Renewable energy price
0.08- (0.003)	0.03- (0.009)	Error correction term

Results and Discussion

OPEC adopts two approaches in the global oil market: a strategic approach, where OPEC acts similarly to non-OPEC producers and amplifies the effect of price shocks, and an adaptive approach, where OPEC seeks to balance non-OPEC production changes and stabilize oil price fluctuations. The estimated coefficients indicate that during the study period, OPEC countries, alongside the increase in non-OPEC production, attempted to maintain their market share, often increasing production to force high-cost producers out of the market. This finding is consistent with those of Bog, Pal, and colleagues (2016), who viewed OPEC as a dominant producer seeking to protect market share by limiting competitors like shale oil producers.

The results of the model estimation indicate a direct relationship between OPEC oil supply and real oil prices, with a price elasticity of oil supply of 0.22. Additionally, a 1% increase in non-OPEC production leads to a 1.56% increase in OPEC oil production. The price elasticity of oil demand is negative at -0.05, with demand from developed countries having a more significant impact on OPEC oil demand than demand from emerging countries. Furthermore, a 1% decrease in renewable energy prices reduces OPEC oil demand by 0.26%. Therefore, in the pessimistic IPCC scenario, where oil consumption declines by 37%, OPEC's oil supply could decrease by 40% by 2030.

Based on the findings, it is recommended that OPEC regularly monitor the pace of renewable energy development up to 2030 and adjust its strategies accordingly. Although the growth of industrial production in developed countries has a more significant effect on OPEC oil demand, trends in oil imports from China and India, which accounted for about 40% of OPEC's exports in 2019, versus declining imports from the U.S. and European OECD countries, which have dropped by 40%, should also be considered by OPEC.

Keywords: Crude oil demand, Crude oil supply, Renewable energies, structural cointegration, vector error correction model (VECM)

JEL Classification: C22 , P28 , Q31 , Q22

-- پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ---------
دوره ۱۳، شماره ۵۰، بهار ۱۴۰۳، ۷۷-۱۱۰
Jiee.atu.ac.ir
DOI: http://dx.doi.org/10.22054/jiee.2024.77060.2052

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۰
ISSN: ۲۴۲۳-۵۹۵۴
eISSN: ۲۴۷۶-۶۴۳۷

تحلیلی از عرضه و تقاضای نفت خام در کشورهای صادرکننده نفت اوپک و تأثیر سیاست‌های پیشنهادی هیئت بین دولتی تغییر اقلیم (IPCC)[1]

زینت گلی * دانشجوی دکتری رشته اقتصاد نفت و گاز، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
حمید آماده دانشیار گروه اقتصاد انرژی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
تیمور محمدی استاد گروه اقتصاد نظری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

چکیده

نگرانی‌های زیست‌محیطی و گرمایش کره زمین، تداوم استفاده از سوخت‌های فسیلی به‌ویژه نفت را با چالش مواجه کرده است. واکنش جامعه جهانی به مقابله با تغییر اقلیم، امضا توافقنامه پاریس در سال ۲۰۱۵ بود. هیئت بین دولتی تغییر اقلیم، برای دستیابی به هدف محدود کردن افزایش دما به زیر ۱/۵درجه سلسیوس نسبت به دوران قبل از صنعتی شدن، سناریوهایی را با در نظر گرفتن کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و افزایش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تدوین کرده است. این موضوع برای اقتصادهای متکی بر درآمدهای نفتی اوپک، تهدیدی جدی به شمار می‌آید. در این پژوهش، به منظور بررسی آثار سیاست‌های هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل بر عرضه و تقاضای نفت اوپک از رویکرد اقتصادسنجی سری زمانی معادلات هم‌انباشتگی و الگوی تصحیح خطای برداری استفاده شده است. متغیرهای مدل شامل تولید و قیمت واقعی نفت اوپک، شاخص تولیدات صنعتی کشورهای توسعه‌یافته و نوظهور و شاخص قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند که به صورت ماهانه برای دوره ۲۰۲۱-۱۹۸۶ به کار گرفته شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد براساس ضرایب برآوردی، تغییرات عرضه اوپک در بدبینانه‌ترین سناریو هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل، ۴۰ درصد کاهش در سال ۲۰۳۰ و ۹۴ درصد کاهش در سال ۲۰۵۰ نسبت به سال ۲۰۱۰ خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: تقاضای نفت خام، عرضه نفت خام، انرژی‌های تجدیدپذیر، الگوی تصحیح خطای برداری

طبقه‌بندی JEL: Q22 , Q31 , P28 , C22

۱. مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته اقتصاد نفت و گاز دانشگاه علامه طباطبائی است.

* نویسنده مسئول: Zinat_goli@yahoo.com

۱. مقدمه

نگرانی‌های زیست محیطی و گرمایش کره زمین درنتیجه افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تداوم استفاده از سوخت‌های فسیلی به ویژه نفت را با چالش مواجه نموده است. انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان از ۳۱۵۵۳ در سال ۱۹۹۰ به ۴۶۱۸۷ میلیون تن معادل دی‌اکسیدکربن در سال ۲۰۲۲ رسیده است. ده کشور اول دنیا در انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۲۲ به ترتیب چین با سهم ۲۷ درصد، آمریکا ۱۱ درصد، هند ۷ درصد، روسیه ۴ درصد، اندونزی ۳/۲ درصد، برزیل ۳/۱۸ درصد، ژاپن ۲/۳ درصد، ایران ۱/۸ درصد و کانادا ۱/۶ درصد می‌باشند. در این سال، کشورهای عضو اوپک که حدود ۷۰ درصد از کل ذخائر اثبات شده و ۴۱ درصد از کل عرضه نفت خام جهان را در اختیار دارند، ۴۶۱۸۷ میلیون تن معادل دی‌اکسیدکربن منتشر کرده‌اند که در حدود ۱۰/۸ درصد کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان بوده است (مؤسسه منابع جهانی[1]، ۲۰۲۳).

براساس اعلام هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل از اواخر قرن نوزدهم سیاره زمین به‌طور متوسط ۱/۱ درجه سلسیوس گرم‌تر شده که این تغییر باعث از بین رفتن یخچال‌های طبیعی و کلاهک‌های یخی، بالاتر آمدن سطح دریاها، امواج گرما، طوفان‌های شدید و اقیانوس‌های اسیدی گردیده است. مطابق آمار و اطلاعات منتشرشده از سال ۱۹۶۰ به بعد هر دهه گرم‌تر از دهه قبلی بوده و ده سال گذشته رکوردار گرم‌ترین دهه می‌باشد. گرم شدن ناشی از فعالیت‌های انسانی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در حال حاضر به حدود ۱ درجه سانتیگراد بالاتر از سطح قبل از صنعتی شدن رسیده است. تا دهه ۲۰۱۵-۲۰۰۶، فعالیت‌های انسانی باعث گرم شدن جهان به میزان ۰/۸۷درجه سانتیگراد (±۰/۱۲ درجه سانتیگراد) نسبت به دوران قبل از صنعتی شدن (۱۹۰۰-۱۸۵۰) شده است. اگر نرخ گرم شدن کنونی ادامه یابد، تا سال ۲۰۴۰ گرم شدن جهانی ناشی از فعالیت‌های انسانی به میزان ۱/۵ درجه سانتیگراد خواهد رسید و تا اواسط قرن به سمت ۲ درجه سلسیوس حرکت خواهد کرد. (هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل، ۲۰۱۸)

بر این اساس طی دو دهه گذشته، توجه بسیاری از محافل علمی و سیاسی در جهان به سمت موضوع گرمایش زمین و تغییرات آب و هوایی ناشی از آن جلب شده است. توافقنامه تاریخی پاریس در تاریخ ۱۲دسامبر ۲۰۱۵، همزمان با برگزاری بیست و یکمین

1. World Resources Institute

کنفرانس سالانه کنوانسیون تغییر اقلیم، جهت مقابله با تغییر اقلیم و رفع چالش‌ها برای اقدامات علیه تغییر اقلیم و همچنین سرمایه‌گذاری در اقتصاد کم کربن، مقاوم، انعطاف‌پذیر و پایدار توسط ۱۹۵ کشور امضا و از ۴ نوامبر ۲۰۱۶، وارد مرحله لازم‌الاجرا شد. به موجب توافق پاریس، کشورها تصمیم گرفتند که گازهای گلخانه‌ای را به منظور جلوگیری از افزایش میانگین دمای جهانی به زیر ۲ درجه سانتیگراد بالاتر از سطح قبل از صنعتی شدن و تلاش برای محدود کردن افزایش دما به ۱/۵ درجه سانتیگراد بالاتر از سطح قبل از صنعتی شدن، کاهش دهند.

با انجام توافق، این کشورها از کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل متحد درخواست کردند تا گزارش ویژه‌ای را در مورد تأثیرات گرم شدن جهانی به میزان ۱/۵ درجه سانتیگراد بالاتر از سطح قبل از صنعتی شدن و مسیرهای مرتبط با گازهای گلخانه‌ای جهان ارائه دهد.

در گزارش هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل که توسط ۱۳۳ نفر از محققین پشتیبانی شد، مسیرهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای برای دستیابی به هدف ۱/۵ درجه ترسیم شده است. درواقع کاهش اساسی در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای دستیابی به هدف مذکور مستلزم گزینه‌های متعددی است که عمده آنها مربوط به بخش انرژی است. در چهار سناریوی پیشنهادی که به نقطه انتشار صفر کربن تا سال ۲۰۵۰ منجر می‌شود، کاهش شدید مصرف سوخت‌های فسیلی پیش‌بینی شده است. اما تمرکز بر نوع سوخت و سرعت تغییر در ترکیب مصرف سوخت به‌طور قابل توجهی برای ذغال سنگ، نفت و گاز به‌ویژه تا سال ۲۰۳۰ متفاوت است. ذغال سنگ بدترین وضعیت را دارد و بایستی مصرف آن تا سال ۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۱۰ در چهار سناریو به میزان ۵۹ تا ۷۸ درصد کاهش یابد. وضعیت گاز طبیعی بهتر است زیرا در دو سناریو تقریباً یک سوم افزایش و در دو سناریو دیگر تقریباً یک چهارم کاهش خواهد یافت. نفت نامطمئن‌ترین وضعیت را بین حامل‌های انرژی تا سال ۲۰۳۰ دارا است. به‌طوری‌که در سناریو چهارم که مبتنی بر فناوری انرژی زیستی توأم با جذب و ذخیره‌سازی کربن است، مصرف نسبت به سال ۲۰۱۰ حدود ۸۶ درصد افزایش می‌یابد. ولی در سناریو اول تا بیش از یک سوم وضع فعلی کاهش می‌یابد. در چهار سناریوی تعریف‌شده در گزارش ۱/۵درجه، مصرف تمام سوخت‌های فسیلی تا سال ۲۰۵۰ به شدت کاهش می‌یابد به جز گاز طبیعی که در یک سناریو مصرف آن نسبت به ۲۰۱۰ به میزان بیست درصد افزایش می‌یابد. (هیئت بین دولتی تغییر اقلیم

سازمان ملل، ۲۰۱۸) اگرچه بسیاری از شرکت‌های بزرگ نفتی با توجه به جدی شدن بحث‌های تغییر اقلیم، خود را برای یک آینده کم‌کربن آماده کرده و در حال تغییر فعالیت از نفت به گاز می‌باشند و حتی برای عرضه انرژی‌های تجدیدپذیر و برق نیز اقداماتی را آغاز کرده‌اند، اما همچنان تصویر دقیقی از سرعت تغییرات در حوزه انرژی برای مدیران و سرمایه‌گذاران این شرکت‌ها و نیز سیاست‌گذاران وجود ندارد.

با توجه به وضعیت نامطمئن نفت در سناریوهای مذکور، شبیه‌سازی اثرات اجرای هریک از سناریوهای پیشنهادی هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل بر کشورهای عضو اوپک که اقتصاد آنها به شدت به درآمدهای نفتی وابسته است، حائز اهمیت می‌باشد. نوآوری این پژوهش، بررسی اثر سیاست‌های تغییر اقلیم بر کشورهای تولید و صادرکننده نفت اوپک که ایران نیز یکی از اعضای آن است با استفاده از رویکرد اقتصادسنجی سری زمانی معادلات هم‌انباشتگی و الگوی تصحیح خطای برداری است.

این پژوهش در پنج بخش ارائه می‌گردد. بخش دوم، به تبیین مبانی نظری مرتبط با عرضه، تقاضا و رفتار اوپک در بازار نفت اختصاص دارد. بخش سوم پژوهش، به بررسی پیشینه تحقیق در زمینه نحوه مدلسازی توابع عرضه و تقاضای نفت می‌پردازد. بخش چهارم به بررسی ادبیات اقتصادسنجی، برآورد الگوی مورد استفاده و نتایج برآورد اختصاص می‌یابد. در بخش پایانی نتیجه‌گیری و پیشنهادات بیان خواهد شد.

۲. مبانی نظری

۲-۱. عرضه و تقاضای نفت خام

براساس ادبیات اقتصادی، قیمت نفت توسط عرضه و تقاضای نفت در بازار فیزیکی تعیین می‌شود (آگویلرا ورادتزکی[1]، ۲۰۱۵). نفت یک منبع زمین‌شناسی محدود است که حجم و ویژگی‌های جغرافیایی ذخایر، امکان‌سنجی مسیرهای تولید را تعیین می‌کند و بر سمت عرضه تأثیر می‌گذارد. از آنجایی‌که تغییرات قیمت نفت برسطح ذخایر اثبات شده مؤثر است، مدل‌سازی عرضه نفت در بلندمدت باید با لحاظ منابع نهایی قابل بازیافت[2] که متناظر با «مجموع کل نفتی است که انتظار می‌رود در کل طول دوره زمانی، قابل بازیافت باشد» (مک گلید[3]، ۲۰۱۲)، صورت گیرد. منابع نهایی قابل بازیافت، کران بالای تولید تجمعی با

1. Guilera and Radetzki
2. ultimately recoverable resource (URR)
3. McGlade

استفاده از فناوری موجود را ارائه می‌دهد و در صورتی که قیمت‌ها به اندازه‌ای بالا روند که استخراج همه منابع از نظر تجاری امکانپذیر باشد، از نظر تئوری رسیدن به این مرز امکان‌پذیر است.

هابرت[1] (۱۹۵۶) براساس یک تحلیل آماری، اوج تولید نفت ایالات متحده را قبل از سال ۱۹۷۰ پیش‌بینی کرد. دیدگاه «اوج عرضه نفت» مبتنی بر پژوهش هابرت استدلال می‌کند که محدودیت‌های زمین‌شناسی در نهایت باعث کاهش عرضه جهانی نفت می‌شود. تحقیقات انجام شده در اواخر دهه ۱۹۹۰ با استفاده از روش هابرت به این نتیجه رسید که اوج عرضه در حدود سال ۲۰۱۰ رخ خواهد داد (کمپبل و لاهرر[2]، ۱۹۹۸). جهش قیمت نفت در سال ۲۰۰۸ این مفهوم را مجدداً مطرح و از این ایده حمایت کرد که قیمت نفت باید در برگیرنده هزینه کمیابی فزاینده و مقدار نفت باقیمانده برای نسل‌های آینده باشد.

با این حال، دیدگاه اوج عرضه نفت، نقش عوامل اقتصادی و پیشرفت در فناوری‌های تولید را ناچیز در نظر گرفت. بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷، با اقتصادی شدن شکست هیدرولیک، تولید ایالات متحده ۷۰ درصد افزایش یافت و از سطح ۱۹۷۰ پیشی گرفت در حالی‌که تولید جهانی نفت ۱۱ درصد افزایش یافت (بی پی[3]، ۲۰۱۹). درنتیجه اوج عرضه نفت دیگر به‌عنوان یک سناریوی معتبر دیده نمی‌شود.

هتلینگ[4] (۱۹۳۱) کاهش منابع در مدل‌های بین زمانی را مطرح کرد که یک مدل قطعی[5] ساده از تخلیه بهینه با فرض ذخیره نفتی زیرزمینی غیرقابل تجدید و هزینه نهایی ثابت تولید است. در تعادل مدل، ارزش یک بشکه ذخایر زیرزمینی و نیز رانت تولید یک بشکه نفت با نرخ بهره افزایش می‌یابد. مدل هتلینگ از منظر ساختارهای بازار جایگزین (استیگلیتز[6]، ۱۹۷۶؛ لوئیس و اشمالنسی[7] ۱۹۸۰)، عدم قطعیت (هاموده و مدن[8]، ۱۹۹۵؛ پیندیک[9]، ۱۹۸۰) و افزایش هزینه‌های تولید با کشف حوضه‌های نفتی جدید اصلاح شد. سولو و وان[10] (۱۹۷۶) نشان می‌دهند که وقتی یک تولیدکننده به‌طور کارآمد ذخایر را با

1. Hubbert
2. Campbell and Laherr`ere, 1998
3. BP
4. Hoteling
5. Deterministic
6. Stiglitz
7. Lewis and Schmalensee
8. Hammoudeh and Madan
9. Pindyck
10. Solow and Wan

هزینه‌های تولید متفاوت مدیریت می‌کند، هزینه نهایی او با تولید تجمعی افزایش می‌یابد که اصطلاحاً «اثر ذخیره[1]» نامیده می‌شود (لین و واگنر[2]، ۲۰۰۷). در حالت تعادل، رانت تولید یک بشکه شامل رانت مدل استاندارد هتلینگ و نیز افزایش هزینه نهایی تولید آتی به دلیل استخراج امروز می‌شود. پیندیک (۱۹۷۸) با ارائه ذخایر بالقوه نامحدود، نشان می‌دهد که با تخلیه ذخایر، اکتشافات کمتر و منجر به منحنی قیمت نفت U شکل می‌شود. اکتشافات فراوان، قیمت را در دوره‌های اولیه پایین می‌آورند اما با دشوارتر شدن افزایش ذخایر، در نهایت قیمت نفت افزایش می‌یابد.

تقاضای نفت خام توسط عوامل متعددی ازجمله فعالیت اقتصادی، قیمت نفت، در دسترس بودن و قیمت جانشین‌ها و سیاست‌های انرژی و زیست‌محیطی تعیین می‌شود. در مقایسه با کشش تقاضا که در بلندمدت تأثیر غالبی داشته، سایر عوامل تعیین‌کننده کوتاه‌مدت در درجه دوم اهمیت قرار دارند. ذخایر نسبتاً پایین کشورهای سازمان توسعه و همکاری اقتصادی[3] که نشانه کمبود نفت در بازار جهانی است، ممکن است بخش قابل توجهی از افزایش قیمت را توضیح دهد. علاوه بر این، شرایط آب و هوایی اغلب نقش مهمی در تغییر کوتاه‌مدت تقاضا ایفا می‌کند. شوک‌های برون‌زا نیز از جهات مختلف تقاضا را تحت تأثیر قرار می‌دهند مثال اخیر آن، شوک بزرگ بی‌سابقه ناشی از همه‌گیری کوید-۱۹ است. سهم شوک‌های تقاضا در نوسانات قیمت نفت، مدت‌ها در ادبیات تجربی مورد بحث بوده است. کیلیان[4] (۲۰۰۹) و کیلیان و مورفی[5] (۲۰۱۴) استدلال می‌کنند که شوک‌های تقاضا، بیشتر نوسانات قیمت نفت در گذشته را توضیح می‌دهند. با این حال، باومیستر و همیلتون[6] (۲۰۱۹) و کالدارا[7] و همکاران (۲۰۱۹) به این نتیجه رسیدند که شوک‌های تقاضا و عرضه به یک اندازه در توضیح نوسانات قیمت نفت نقش دارند. پیرو[8] و همکاران (۲۰۲۰) تحلیل جدیدی از تغییرات در تقاضای جهانی و عرضه غیراوپک را ارائه کردند. رویکرد آنها، در صورتی که قیمت نفت در طول زمان ثابت بماند معادل تعیین تغییرات مقداری است. این امر، تغییرات تاریخی پیش‌بینی شده و پیش‌بینی‌نشده را مشخص

1. Stock effect
2. Lin and Wagner
3. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)
4. kilian
5. Kilian and Murphy
6. Baumeister and Hamilton
7. Caldara
8. Pierru

می‌کند. تنها فرض مورد نیاز، ثابت بودن توابع تقاضا و عرضه در طول زمان است به استثناء تغییر در عامل مقیاس که به‌طور متناسب بر همه مقادیر تأثیر می‌گذارد.

در بلندمدت، پیش‌بینی‌های تقاضا براساس پارامترهای برآورد شده تجربی به دلیل افزایش فاصله‌های اطمینان، صحت خود را از دست می‌دهند. بنابراین، مدل‌های کاربردی مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل بلندمدت معمولاً پارامترهای وابسته به زمان را به‌کار می‌گیرند تا سناریو پایه را کالیبره و واکنش تقاضا را تعدیل کنند. مدل‌ها، معمولاً تقاضا را به سه روش زیر ارائه می‌کنند. مدل‌های عرضه محور تعادل جزئی (هاپمن و هولز[1]، ۲۰۱۲) که در آن تولید ناخالص داخلی عموماً برون‌زا و تقاضا که تابعی از قیمت نفت است، در طول زمان تغییر می‌کند تا تأثیر رشد اقتصادی بر مصرف را منعکس کند. تقاضا اغلب به‌عنوان یک تابع خطی از قیمت نشان داده می‌شود که در بالای یک سطح قیمت معین به صفر می‌رسد و به‌عنوان مثال هزینه یک فناوری جدید جایگزین نزدیک نفت[2] را منعکس می‌کند. ریوکس[3] و همکاران (۲۰۲۲) منحنی تقاضای نفت (با کشش‌های ثابت) را به تولید ناخالص داخلی جهانی و وقفه قیمت‌های نفت (با بازخورد قیمت نفت بر رشد اقتصادی) وابسته می‌دانند.

براساس قواعد رفتاری در مدل‌های شبیه‌سازی جزئی بازارهای انرژی جهانی مانند مدل انرژی جهانی (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۲۱) تقاضای نفت از تقاضاهای مختلف بخش نهایی برای فرآورده‌های نفتی ناشی می‌شود. تقاضاهای نهایی بخشی مبتنی بر سطوح فعالیت، قیمت‌های سوخت، فناوری‌ها و مقررات خاص بخش می‌باشند. برخی از مدل‌ها بر جایگزینی سوخت‌ها ناشی از تغییر در هزینه‌های فناوری و قیمت‌های نسبی تمرکز دارند. مدل‌های برنامه‌ریزی خطی دقیق (مانند مارکال ـ تایمز[4]) امکان جایگزینی بین فناوری‌های رقیب و سوخت را فراهم می‌کنند و می‌توانند نقاط اوج بازار و نفوذ فناوری‌های جدید را نشان دهند (به‌عنوان مثال هاپمن و راد[5]، ۲۰۱۴). توابع تولید اقتصاد کلان، حامل‌های انرژی مختلف را برای ارائه خدمات انرژی ترکیب و رقابت بین فناوری‌ها نشان می‌دهند. چنین توابعی در اکثر مدل‌های تعادل عمومی قابل محاسبه استفاده می‌شود. همچنین تقاضای ترکیبی با

1. Huppmann and Ruud
2. Backstop technology
3. Rioux
4. MARKAL-TIMES
5. Huppmann and Ruud

سیستم‌های خطی که جایگزینی بین سوخت‌ها در توابع تولید و جایگزینی بین سرمایه و انرژی را لحاظ می‌کنند، وجود دارد (مانه و همکاران[1]، ۱۹۹۵).

۳. پیشینه پژوهش

۱-۳. مطالعات خارجی

از زمان تحقیق کیلیان و مورفی (۲۰۱۲) تاکنون، مشخص شده است که میزان کشش قیمتی عرضه نفت در مدل‌های اتورگرسیو برداری ساختاری بازار جهانی نفت، توانایی شوک‌های عرضه نفت را در توضیح نوسانات قیمت واقعی نفت تعیین می‌کند. در سال‌های اخیر، مباحث زیادی درباره نحوه برآورد این کشش‌ها و کشش‌های قیمتی مؤثر تقاضای نفت براساس اطلاعات برونزا مطرح شده است. برخی از این مطالعات بر برآورد کشش عرضه نفت در سطح اقتصاد خرد و مطالعات دیگر بر برآورد کشش عرضه و تقاضای نفت جهانی یا منطقه‌ای تمرکز داشته‌اند مانند: (نوول و پرست[2]، ۲۰۱۹، بجرنلند، نوردویک و روهرر[3] (۲۰۱۹) و کالدارا، کاوالو و لاکاویلو (۲۰۱۹))

رویکرد سنتی برای برآورد این کشش‌ها، اتکا به یک ابزار برونزا می‌باشند. ازجمله این ابزارهای برونزا توسط کیلیان (a۲۰۰۸) توسعه داده شده است. با این حال، شواهد موجود در مقالات کیلیان (a,b۲۰۰۸)، مونتیل الی، استاک و واتسون (۲۰۲۰) نشان می‌دهند که تمام ابزارهای فعلی برای شوک عرضه نفت از نظر اقتصادسنجی ضعیف هستند. به‌طور مشابه، شناسایی کشش قیمتی مؤثر عرضه نفت نیازمند ابزاری است که منحنی تقاضای جهانی را در طول منحنی عرضه جهانی انتقال دهد. از آنجایی که ابزارهای مناسب برای تقاضای بازار جهانی نفت به سختی یافت می‌شوند، این رویکرد مورد توجه قرار نگرفته است. با توجه به دشواری برآورد مستقیم کشش قیمت مؤثر جهانی، ادبیات در سه بعد تکامل یافته است که هریک از آنها در ادامه بحث می‌شود: ۱) برآورد کشش قیمت عرضه نفت با استفاده از داده‌های سطح شرکت‌ها یا چاه‌ها در ایالات متحده؛ ۲) محدودیت‌ها بر کشش قیمت عرضه نفت جهانی که از آزمایشات طبیعی ساخته شده‌اند؛ و ۳) برآورد کشش قیمت جهانی عرضه و تقاضای نفت با استفاده از داده‌های تابلویی سطح کشورها.

1. Manne et al.
2. Newell and Prest
3. Bjørnland Nordvik and M. Rohrer

نوول و پرست (۲۰۱۹)، برای اولین‌بار از داده‌های مناطق اصلی تولید نفت در ایالات متحده (داده‌های خرد) جهت برآورد کشش قیمتی عرضه نفت استفاده کردند که این مطالعه جامع‌ترین مطالعه تا آن زمان و نقطه شروع مطالعات طبیعی بود. برآوردهای نوول و پرست از کشش عرضه نفت فصلی برای نفت خام متعارف برابر ۰/۰۱۷ است (با خطای استاندارد ۰/۰۰۶). برآورد آنها نزدیک به معیاری است که توسط تحلیل نظری آندرسون، کلوگ و سلنت[1] (۲۰۱۸) ارائه شد. آنها نشان دادند که در یک مدل تعادلی در صورتی که تولید نفت هزینه بر باشد کشش عرضه نفت کوتاه‌مدت نزدیک صفر است. آنها کشش ۰/۰۲۲- (با خطای استاندارد ۰/۰۱۳) را برای تولیدکنندگان نفت شیل آمریکا ارائه دادند. این برآورد نزدیک به صفر است و به لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

بجنورنلند[2] و همکاران (۲۰۱۹) و بجورنلند (۲۰۱۹)، یافته‌های نوول و پرست (۲۰۱۹) را زیر سؤال برده و کشش قیمتی ماهانه برای عرضه نفت تولیدکنندگان نفت متعارف را با رگرس کردن تغییر در تولید نفت متعارف در باکن روی تغییر قیمت واقعی نفت و تغییر در اسپرد نفت آتی ۰/۱ برآورد کردند که به لحاظ آماری معنادار نبود. برآورد پایه متناظر کشش عرضه ماهانه برای نفت شیل ۰/۷ می‌باشد. آنها از لگاریتم قیمت اسپات نفت و لگاریتم قیمت آتی سه ماهه نفت برای توضیح لگاریتم تولید نفت استفاده کردند. نگرانی اصلی ارتباط کشش به هر دو قیمت اسپات و قیمت آتی است.

کالدارا، کاوالو و لاکوویلو[3](۲۰۱۹)، بر واکنش تولید نفت در یک کشور معین به اختلال در عرضه در دیگر کشورهای تولیدکننده نفت تحت این فرض که همه تولیدکنندگان نفت کشش عرضه مشابهی دارند، تمرکز کنند. ابزار آنها برای قیمت واقعی نفت شامل یک سری زمانی از اختلالات عرضه نفت که براساس شواهد روایی به‌عنوان برونزا طبقه‌بندی می‌شوند. به‌علاوه این مطالعه با برآورد کشش عرضه جهانی نفت، کشش عرضه نفت برای عربستان سعودی، اوپک به استثنای عربستان سعودی و برای غیراوپک را گزارش می‌کند.آنها از دو متغیر ابزاری استفاده کردند. برآوردها برای «ابزار محدود» شامل اختلال در عرضه نفت حداقل ۲ درصد از تولید نفت جهان و «ابزار گسترده» شامل اختلالات محدود به اضافه تعدادی از اختلالات کوچکتر می‌باشد. پس از خارج کردن کاهش تولید نفت ایالات متحده عربی در آگوست ۱۹۹۰، برآورد کشش قیمت یک ماهه

1. Anderson, Kellogg, and Salant
2. Bjørnland
3. Caldara, Cavallo and Iacoviello

عرضه نفت ۰/۰۲۹ مبتنی بر ابزار محدود و ۰/۰۵۶ مبتنی بر ابزار گسترده است. کیلیان (۲۰۲۰) برآوردهای آنها را به دلیل بی‌معنی بودن آماره F و نیز برونزا نبودن متغیر ابزاری دارای اشکال می‌داند.

یک رویکرد جایگزین برای برآورد کشش‌های قیمتی مؤثر عرضه و تقاضای نفت، برآورد مدل‌های اتورگرسیو ساختاری است. این امر مستلزم محدود کردن حداقل یکی از این کشش‌ها است. اولین مطالعه اتورگرسیو که به‌طور مشترک کشش‌های قیمتی عرضه و تقاضای نفت را برآورد کرد، کیلیان و مورفی (۲۰۱۴) بود. رویکرد اتخاذ شده در این مقاله، محدود کردن کشش قیمتی یک ماهه عرضه نفت $0 < \hat{\eta}^{s} < 0/026$ بود. کیلیان و مورفی همچنین کشش قیمتی یک ماهه تقاضای نفت را به گونه‌ای محدود کردند که کوچکتر از کشش قیمتی بلندمدت تقاضای نفت باشد. این کران‌های کشش در ارتباط با محدودیت‌های علامت و نابرابری مذکور، امکان برآورد کشش‌های قیمتی مؤثر تقاضا و عرضه نفت با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی استاندارد برای مدل‌های شناسایی شده با علامت را فراهم می‌کند (به آنتولین ـ دیاز و روبیو ـ رامیرز[1]، ۲۰۱۸). برآورد کشش عرضه نفت یک ماهه به دلیل عدم لحاظ تغییر موجودی نفت برابر ۰/۰۱ و کشش تقاضای نفت یک ماهه که به درستی محاسبه شده برابر ۰/۲۶- است.

باومیستر و همیلتون (۲۰۱۹)، یک رویکرد جایگزین در ادبیات با تکیه بر روش‌های بیزی ارائه کردند که اجازه می‌دهد تا اولویت‌های صریح را در مورد کشش‌های قیمتی یک ماهه تقاضای نفت و عرضه نفت مشخص کرد. آنها استدلال می‌کنند، بزرگی برآوردهای کشش عرضه نفت در ادبیات و عدم قطعیت پیرامون این برآوردها، انتخاب کشش عرضه نفت پراکنده در محدوده $[0, \infty]$ توسط آنها را توجیه می‌کند. کیلیان (۲۰۲۰) با اشاره به اینکه هیچ توجیهی برای اولویت‌های کشش عرضه زیربنای تحلیل باومایستر و همیلتون (۲۰۱۹) وجود ندارد و برآورد کشش عرضه پسین آنها نسبت به اعمال محدودیت‌های که به کران‌های محدودتر مبتنی بر اطلاعات برونزا تحمیل می‌شود، بسیار حساس است، نتایج آنها را مورد تردید قرار می‌دهد.

هررا و رانگاراجو[2] (۲۰۲۰)، با بروزرسانی برآوردها، کشش عرضه نفت را ۰/۰۱ و کشش تقاضای ۰/۲۸- (به درستی تعریف شده) و ۰/۵۱- (به اشتباه تعریف شده) ارائه

1. Antolin-Diaz and Rubio-Ramirez
2. Herrera and Rangaraju

کردند که استحکام نتایج کیلیان و مورفی (۲۰۱۴) را تأیید می‌کند. اینو[1] و کیلیان (۲۰۲۰) مدل را با استفاده از روش‌شناسی پیشرفته بیزی مجدداً برآورد کردند. آنها همچنین کران بالایی کشش عرضه نفت را به ۰/۰۴ کاهش دادند و نماگر فعالیت اقتصادی واقعی جهانی را که در ژو (۲۰۲۰) پیشنهاد شد، جایگزین کردند. برآورد ضمنی کشش قیمتی عرضه نفت ۰/۰۱ است و برای کشش تقاضای نفت (به درستی تعریف شده) ۰/۱۸- است.

کیلیان (۲۰۲۰) تعاریف کشش قیمت جهانی نفت را در مطالعات مختلف، متفاوت عنوان می‌کند. تفاوت اصلی این است که تعریف کشش باومیستر و همیلتون یک ساختار نظری است که احتمالاً در واقعیت مشاهده نمی‌شود، زیرا هم فعالیت واقعی جهانی و هم ذخایر نفت در پاسخ به شوک تقاضا تغییر می‌کنند. اکثر برآوردهای کشش خارجی گزارش‌شده در ادبیات، به گونه‌ای ساخته نشده‌اند که با این تعریف کشش سازگار باشند. به‌عنوان مثال، کشش محدود مشتق شده توسط کیلیان و مورفی (۲۰۱۲) یا برآوردکننده کشش عرضه متغیر ابزاری در کالدارا و همکاران (۲۰۱۹) متغیرهای مدل باقیمانده را ثابت نگه نمی‌دارند. همین امر برای برآوردهای اقتصاد خرد کشش عرضه نفت در نیوول و پرست (۲۰۱۹) صادق است. بنابراین، منطقی است که تعریف کششی را انتخاب کرد که مطابق با برآوردهای کشش تجربی در ادبیات باشد. این رویکرد، سازگاری برآورد کشش درونزا و برونزا را تضمین می‌کند. در مقابل، باومایستر و همیلتون نمی‌توانند این برآوردهای کشش برونزا (یا کران‌های کشش) را جهت تأیید تصریح قبلی خود، استفاده کنند زیرا این برآوردها با تعریف کشش خودشان ناسازگار است. در نهایت انتخاب بین این تعاریف کشش به سؤال تحقیق بستگی دارد. برای مثال، اگر این سؤال مطرح است که مصرف نفت به چه میزان به یک اختلال عرضه برونزا که قیمت واقعی نفت را افزایش می‌دهد پاسخ می‌دهد، رویکرد کیلیان و مورفی (۲۰۱۴) پاسخ صحیح را ارائه می‌دهد. اما درخصوص واکنش مصرف نفت به همان شوک، با حفظ فعالیت واقعی جهانی، تعریف باومیستر و همیلتون مناسب است.

براون[2](۲۰۲۳)، شواهد جدیدی درباره اهمیت نسبی شوک‌های عرضه و تقاضا برای نوسانات قیمت نفت ارائه کرده است. برای تفکیک اثرات آن‌ها، از شناسایی غیر گاوسی به علاوه مجموعه‌ای از محدودیت‌های علامت و توزیع‌های پیشین ضعیفاً معلوم‌کننده[3] برای

1. Inoue
2. Braun
3. informative prior distributions

پارامترهای ساختاری (بامیستر و همیلتون، ۲۰۱۹) بهره گرفته است. یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که تحت این استراتژی شناسایی، شوک‌های عرضه نفت نقش کمتری در نوسانات قیمت نفت دارند. نتایج با برآوردهای به دست آمده از مطالعات پیشین در ادبیات (کیلیان، ۲۰۰۹، کیلیان و مورفی، ۲۰۱۲ و زو، ۲۰۲۰) سازگار هستند، با این تفاوت که نیازی به محدودیت‌های شناسایی قوی برای پارامترهای ساختاری وجود ندارد.

۲-۳. مطالعات داخلی

سالک و خورسندی (۱۴۰۲)، به منظور پیش‌بینی قیمت نفت، براساس نظریه رقابتی مک اوی، تأثیر کلیه متغیرهای مؤثر بر عرضه و تقاضای نفت خام بررسی و با استفاده از سیستم معادلات همزمان و روش‌های آماری مرسوم، معادلات عرضه و تقاضا برآورد کردند. سپس با فرض برابری عرضه و تقاضای نفت در بلندمدت، کشش‌های بلندمدت عرضه و تقاضای نفت را نسبت به هریک از متغیرهای موجود در مدل استخراج کردند. براساس محاسبات، بیشترین تأثیر بر قیمت نفت را تولید ناخالص داخلی جهان با کشش تقاضای ۰/۶۰۳۹ و کمترین تأثیر را تنش‌های نظامی و امنیتی جهان با کشش تقاضای ۰/۰۱۱ دارند.

رجبیان، طالبلو و ارباب (۱۳۹۹)، به برآورد تابع تقاضای نفت خام و گازطبیعی در ایران و پیش‌بینی روند آتی آن با هدف برآورد حجم سرمایه‌گذاری مورد نیاز در این صنعت پرداخته‌اند. بدین‌منظور از مدل اتورگرسیو برداری و مدل‌های تصحیح خطای برداری رابطه کوتاه‌مدت و بلندمدت متغیرهای مدل و میزان تأثیر هریک را بررسی و در گام بعد، تقاضای نفت خام و گازطبیعی در کشور در افق ۱۴۰۰ را برآورد نموده‌اند.

گلستانی، گرگینی و حاج عباسی (۱۳۹۱)، به منظور پیش‌بینی تقاضای جهانی و با استفاده از داده‌های سری زمانی ماهانه ۲۰۱۰-۲۰۰۱، تقاضای برای نفت اوپک، قیمت نفت، قیمت کالای جانشین، تولید گروه رقیب و تولید جهانی، سه مدل اتورگرسیو برداری، مدل میانگین متحرک خود رگرسیون انباشته[1] و شبکه عصبی را برآورد نمود. برای برآورد رابطه بلندمدت، مدل یوهانسن به کار گرفته شده که یافته‌ها نشان می‌دهند، در بلندمدت قیمت گاز در پیک قیمتی نفت رابطه معنی‌دار با تقاضای نفت دارد و بین قیمت و تقاضای نفت نیز رابطه عکس وجود دارد. در این الگو رابطه معنی‌دار قیمت گاز، قیمت جهانی نفت، تولید غیر اوپک و روند با تقاضا برای نفت اوپک مشاهده می‌شود.

1 . ARIMA

نظری، خداپرست مشهدی و سیفی (۱۳۹۶)، جهت بررسی رفتار ایران در سازمان اوپک با استفاده از داده‌های ماهانه وگسترش تابع عرضه گریفین، عرضه نفت ایران را تابعی از قیمت نفت، مقدار تولید ایران، تولید تمام کشورهای اوپک به غیر از ایران، ذخایر نفت ایران، سرمایه‌گذاری و متغیر دامی در طول زمان در نظر گرفته‌اند. سپس معادلات با استفاده از روش مارکف سوئیچینگ و دو حالت احتمال انتقال ثابت و احتمال انتقال متغیر با زمان برآورد گردیدند.

معمارزاده و خیابانی (۱۳۹۶)، تکانه‌های سمت عرضه و تقاضای بازار جهانی نفت‌خام را براساس کیلیان (۲۰۰۹) تفکیک و شناسایی کردند و سپس با به‌کارگیری یک مدل عاملی پویا که برخلاف مدل‌های خود توضیح برداری استاندارد با محدودیت ورود متغیر و کاهش درجه آزادی مواجه نیست (با رویکرد بیزین)، به بررسی اثرات تک تک تکانه‌های قیمتی نفت خام بر متغیرهای خرج‌کرد پرداختند. جدول ۱، الگو و متغیرهای توضیحی بازار نفت در مطالعات پیشین را نشان می‌دهد.

جدول۱. خلاصه الگو و متغیرهای توضیحی بازار نفت در مطالعات پیشین

نویسنده	سال	متغیرهای توضیحی		الگو
هررا و رانگاراجو	۲۰۲۰	عرضه و تقاضا	تولید نفت جهان	SVAR
			شاخص فعالیت اقتصادی جهانی کیلیان	
			لگاریتم اختلاف بین هزینه خرید نفت خام وارداتی پالایشگاه‌ها و CPI آمریکا	
			موجودی انبار نفت آمریکا و OECD	
			شاخص تولید صنعتی	
نوول و پرست	۲۰۱۹	عرضه	تولید نفت به تفکیک چاه‌های مختلف	2SIS
			قیمت اسپات WTI	
			قیمت گاز طبیعی هنری هاب در زمان t	
			بهره	
			سن چاه	
			مجموعه‌ای کنترل‌ها جهت شناسایی عواملی محتمل اثرگذار بر چاه‌ها	
کالدارا، کاوالو و لاکوبلو	۲۰۱۹	عرضه	لگاریتم تغییر در تولید نفت خام کشور i برای ماه t	VAR IV
			لگاریتم تغییر در قیمت نفت خام	
			شوک‌های عرضه در کشور خاص	

نویسنده	سال	متغیرهای توضیحی		الگو
		تقاضا	لگاریتم تغییر در مصرف نفت خام کشور i بری ماه t	
			لگاریتم تغییر در قیمت نفت خام	
			شوک‌های تقاضا در کشور خاص	
			لگاریتم تغییر شاخص تولید صنعتی	
بجنورنلند و همکاران	۲۰۱۹	عرضه	تغییر در تولید نفت متعارف	Panel data
			تغییر قیمت واقعی نفت	
			تغییر در اسپرد نفت آتی	
بامیستر و همیلتون	۲۰۱۹	عرضه و تقاضا	نرخ رشد ماهانه تولید نفت خام	Baysian VAR
			هزینه حمل بین المللی تورم‌زدایی شده با CPI آمریکا	
			لگاریتم اختلاف بین هزینه خرید نفت خام وارداتی پالایشگاه‌ها و CPI آمریکا	
			تغییرات موجودی انبار نفت	
بوگ و همکاران	۲۰۱۶	تقاضا	تولید نفت اوپک	-Cointegrated VAR - Dynamic Equilibrium correction model
			قیمت صادرات نفت اوپک	
			هزینه استخراج یک بشکه نفت اوپک	
			بازده اوراق قرضه ده ساله آمریکا	
			سهم بازار اوپک	
بامستر و پرسمن	۲۰۱۳	عرضه	تولید نفت جهان	Baysian VAR
			هزینه واقعی خرید نفت خام وارداتی توسط پالایشگاه‌های آمریکا	
			تولید صنعتی جهانی	
کیلیان و مورفی	۲۰۱۲	عرضه	تولید نفت خام جهان	VAR
			نوآوری	
			شاخص فعالیت اقتصادی واقعی	
			لگاریتم تغییر در قیمت واقعی نفت	

٤. روش‌شناسی تحقیق

در این پژوهش جهت بررسی آثار سناریوهای هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل مبتنی بر کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در جهان بر تقاضا و عرضه نفت اوپک از رویکرد اقتصادسنجی سری زمانی معادلات هم‌انباشتگی برای برآورد معادلات بلندمدت و از الگوی تصحیح خطای برداری برای برآورد کوتاه‌مدت استفاده شده است.

چارچوب متداول برای تحلیل متغیرهای نامانا و هم‌انباشتگی روش یوهانسن ـ یوسلیوس است. این رویکرد، یک الگوی خودرگرسیون برداری شامل رابطه بلندمدت و مکانیزم تعدیل به سمت تعادل بلندمدت است. در روش رگرسیون یوهانسن ـ یوسلیوس کار با یک مدل تصحیح خطای برداری شروع می‌شود:

$$\Delta X_t = \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \Gamma_2 \Delta X_{t-2} + \cdots + \Gamma_{t-k+1} \Delta X_{t-k+1} + \pi X_{t-k} + \mu + \psi Z_t + \varepsilon_t \quad (۱)$$

عبارت $\Gamma_i \Delta X_{t-i}$ برای متغیرهای مانا مرتبط با تاریخچه گذشته متغیرهای سیستمی و ماتریس π روابط هم‌انباشته را در بر می‌گیرد و فرض شده که $\pi = \alpha\beta$ است که در آن ماتریس β ضرایب بلندمدت و ماتریس α سرعت تغییر هر متغیر جهت رسیدن به تعادل بلندمدت است که بخش بلندمدت الگو را به پویایی‌های کوتاه‌مدت آن مرتبط می‌سازد. همچنین، μ عبارت ثابت و Z_t سایر متغیرهای مانا به‌عنوان متغیرهای توضیحی در برآورد مدل در نظر گرفته می‌شود. در این الگو تعیین تعداد روابط یلندمدت که همان سطرهای ماتریس β می‌باشند، حائز اهمیت است.

اگر رتبه ماتریس π بیش از یک باشد در این صورت تفسیر بردار هم‌انباشتگی چندان ساده نخواهد بود. زمانی که چند بردار هم‌انباشتگی وجود داشته باشد هر ترکیب خطی از این متغیرها نیز یک بردار هم‌انباشتگی خواهد بود. در این حالت این امکان وجود دارد که با اعمال قیود مناسب بر تک تک بردارهای هم‌انباشتگی روابط رفتاری مختلفی بین آنها تعریف گردد. مسئله اصلی در اینجا تعیین نوع قیود است که می‌بایست براساس تئوری اقتصادی بر سیستم معادلات اعمال گردد. در شرایط وجود بردارهای هم‌انباشتگی چندگانه نمی‌توان به آزمون فرض صفر $\beta_{ij} = 0$ پرداخت زیرا این فرض محدودیتی را بر روی مجموعه بردارهای هم‌انباشتگی اعمال نمی‌کند. ازاین‌رو، حذف متغیر از یک بردار هم‌انباشتگی به معنای اعمال تنها یک قید بر معادله می‌باشد. در این شرایط اگر مقدار محاسبه شده آماره χ^2 با یک درجه آزادی که برابر با تعداد قیود اعمال شده می‌باشد فراتر از مقدار بحرانی گردد در این صورت فرض صفر که وجود مجموعه‌ای از متغیرهای دارای رابطه هم‌انباشتگی می‌باشد، رد خواهد شد.

ناکارایی‌ها و تورش‌های مرتبط با تک معادله در مقابل برآوردهای سیستم‌های کامل در ادبیات اقتصادسنجی مورد توجه قرار گرفته‌اند. یوهانسن (۱۹۹۲)، خصوصیات آماری یک زیرمجموعه از متغیرهای یک سیستم کامل در تحلیل هم‌انباشتگی را آزمون می‌نماید.

یوهانسن نشان داد که برآورد سیستم جزئی به‌طورکلی نسبت به تکنیک‌های برآورد سیستم کامل ناکارا است.

درخصوص کارایی برآورد سیستم جزئی، یوهانسن نشان داد هنگامی‌که متغیرهای بیشتری نسبت به بردارهای هم‌انباشتگی در سیستم جزئی وجود دارد، برآوردها تورش‌دار نیستند اما هنوز ناکارا بوده مگر آنکه متغیرهایی که خارج می‌شوند، به‌طور ضعیفی برونزا باشند. به‌طور همزمان فیلیپس (۱۹۹۱)، نکات مشابهی را مبتنی بر یک روش برآورد متفاوت، ارائه داد. او نشان داد که اگر یک زیرمجموعه از متغیرها برآورد شوند و متغیرهای با روندهای عادی منحصربه‌فرد[1] خارج گردند، اغلب برآوردهای ناکارا و تورش دار حاصل خواهد شد.

با توجه به مطالب بالا و متغیرهای در نظر گرفته شده در این مقاله می‌توان بیان نمود که توابع عرضه و تقاضای بازار نفت به صورت زیر در دو بردار هم‌انباشتگی شناسایی شده قابل تصریح و برآورد هستند. بنابراین معادله عرضه (۲) و تقاضا (۳) بازار نفت به صورت زیر در نظر گرفته شده است.

$$q_t^s = \alpha_1 + \alpha_{ps} p_t^{oil} + \alpha_{non} q_t^{nonopec} + \varepsilon_t^s \qquad (۲)$$

$$q_t^d = \alpha_2 + \alpha_{pd} p_t^{oil} + \alpha_{indust_adv} ip_t^{adv} + \alpha_{indust_emg} ip_t^{emg} + \alpha^{renw} p_t^{renw} + \varepsilon_t^d \qquad (۳)$$

p_t^{oil}: قیمت نفت اوپک با استفاده از شاخص قیمتی آمریکا تعدیل و بعنوان متغیر توضیحی در معادلات عرضه و تقاضا وارد شده است از منظر تئوریک کشش عرضه و تقاضا برای تولید نفت باید کوچکتر از یک و به ترتیب مثبت و منفی باشند.

$q_t^{nonopec}$: تولید نفت در کشورهای غیر اوپک به‌عنوان یکی از متغیرهای اثرگذار بر عرضه نفت کشورهای عضو اوپک در نظر گرفته شده است. با توجه به شواهد تجربی انتظار می‌رود این متغیر اثر مثبت بر عرضه نفت اوپک داشته باشد.

ip_t^{adv} و ip_t^{emg}: علت در نظر گرفتن متغیرهای شاخص تولیدات صنعتی در کشورهای توسعه‌یافته و نوظهور آن است که بتوان آثار فعالیت اقتصادی هر گروه از کشورها را بر تقاضای نفت به صورت مستقل مورد ارزیابی قرار داد.

1. Unique common trends

p_t^{renw}: قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر با سوخت‌های فسیلی در سناریوهای مربوط به هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل، در مدل وارد شده است. درواقع هدف از وارد کردن این متغیر تعیین میزان اثرگذاری قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر بر تقاضای نفت اوپک می‌باشد.

۵. برآورد مدل و یافته‌ها

در پژوهش حاضر با توجه به اینکه اثر کاهش تقاضا برای کشورهای اوپک به دلیل وابستگی اقتصادی این کشورها به درآمدهای صادرات نفت حائز اهمیت است، از آمار تولید و قیمت نفت کشورهای عضو اوپک استفاده شد. همچنین، به دلیل بلندمدت بودن آثار اقدامات زیست محیطی مقابله با تغییرات اقلیم تحت سناریوهای هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل که مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر را تا افق ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ جایگزین سوخت‌های فسیلی می‌کند، متغیر قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر در مدل وارد گردید.

متغیرهای به‌کار گرفته شده در توابع عرضه و تقاضا شامل تولید نفت کشورهای عضو اوپک، قیمت نفت کشورهای عضو اوپک تعدیل‌شده با شاخص قیمت مصرف‌کننده آمریکا، شاخص تولیدات صنعتی کشورهای توسعه‌یافته، شاخص تولیدات صنعتی کشورهای نوظهور و شاخص قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند. داده‌های پژوهش به صورت ماهانه برای دوره ۲۰۲۲-۱۹۸۶ به‌کار گرفته شد.

آمار قیمت و تولید نفت خام اوپک از سازمان اوپک و شاخص قیمت مصرف‌کننده آمریکا از بانک جهانی گردآوری شد. به‌منظور محاسبه شاخص تولیدات صنعتی[1] کشورهای توسعه‌یافته از میانگین وزنی شاخص تولیدات صنعتی کشورهای آمریکا، ژاپن، آلمان، فرانسه، انگلیس، ایتالیا، کانادا، اسپانیا، هلند، سوئد، نروژ، بلژیک، اتریش، دانمارک، فنلاند، یونان، ایرلند، پرتغال و لوگزامبورک استفاده شده که با سهم تولید ناخالص داخلی هریک از کشورها از کل تولید ناخالص داخلی این مجموعه کشورها وزن داده شد. شاخص تولید صنعتی کشورهای نوظهور نیز میانگین وزنی شاخص تولید صنعتی کشورهای چین، برزیل، هند، کره جنوبی، مکزیک، ترکیه و اندونزی می‌باشد که وزن لحاظ‌شده، سهم تولید ناخالص داخلی هریک از کشورها از کل تولید آنها می‌باشد. آمار تولید ناخالص داخلی از بانک جهانی و شاخص تولید صنعتی از صندوق بین‌المللی پول

1. Industerial Production Index (IP)

اخذ گردید. برای متغیر قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر نیز آمار متوسط وزنی هزینه همتراز شده انرژی[1] تجدیدپذیرها شامل برق خورشیدی متمرکز، برق بادی ساحلی، برق بادی دریایی و برق خورشیدی فتوولتایک به کار گرفته شد که وزن آنها، سهم تولید هریک از انرژی‌های مذکور از انرژی کل تولید شده توسط آنها می‌باشد.

آمار هزینه همتراز شده انرژی توسط آژانس بین‌المللی انرژی تجدیدپذیر منتشر می‌شود. در ابتدا، شاخص تولیدات صنعتی کشورهای پیشرفته، شاخص تولیدات صنعتی کشورهای نوظهور و شاخص قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر، فصلی‌زدایی شد. سپس، مانایی متغیرهای فوق براساس آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته[2] بررسی شد. در این آزمون فرضیه صفر مبنی بر نامانا بودن سری زمانی می‌باشد.

جدول۲. نتایج مانایی متغیرها با استفاده از آزمون ADF

متغیر	سطح احتمال آزمون مانایی در سطح	سطح احتمال آزمون مانایی با یک بار تفاضل‌گیری
تولید نفت اوپک	۰/۷۳۱۹	۰/۰۰
تولید نفت غیر اوپک	۰/۱۲٤۷	۰/۰۱
قیمت واقعی نفت اوپک	۰/۱۱۹٤	۰/۰۰
تولید کشورهای پیشرفته	۰/۳۵۰۸	۰/۰۰
تولید کشورهای نوظهور	۰/۹۷۳۰	۰/۰۰
قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر	۰/۸۳۸٤	۰/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به نتایج حاصل از آزمون مانایی دیکی ـ فولر تعمیم‌یافته تمامی متغیرهای در نظر گرفته شده در این مطالعه در سطح مانا نبوده و بعد از یک‌بار تفاضل گیری مانا شده‌اند. بنابراین برای برآورد این الگو می‌بایست از مدل‌های سری زمانی تصحیح خطای برداری و روش هم‌انباشتگی یوهانسن استفاده نمود. برای تعیین وقفه بهینه با توجه به ماهانه بودن آمارهای در نظر گرفته شده از آزمون آکاییک با وقفه ۱۲ استفاده شده است. نتایج حاصل از آزمون یوهانسن بیانگر آن است که دو بردار هم‌انباشتگی برای متغیرها وجود دارد. به منظور تعیین ضرایب منطبق با تئوری اقتصادی، قیودی بر روی ضرایب جهت شناسایی معادلات عرضه و تقاضا اعمال گردید.

1. Levelized Cost of Energy) LECO)
2. ADF

جدول ۳. بررسی هم‌انباشتگی متغیرها با استفاده از آزمون یوهانسن

فرضیه صفر	مقادیر ویژه	میزان بحرانی	سطح احتمال
هیچ بردار	۰/۲۰۵۱	۹۱/۱۱	۰/۰۰
حداقل یک بردار	۰/۱۲٦۹	٦٥/۸۱	۰/۰٤۲
حداقل دو بردار	۰/۰۷۸۷	٤٤/٤۹	۰/۳۲۳

منبع: یافته‌های پژوهش

ضرایب برآوردی معادلات بلندمدت عرضه و تقاضای نفت اوپک براساس آماره t استیودنت معنی‌دار می‌باشند. نتایج حاصل از برآورد مدل بیانگر آن است که عرضه نفت با قیمت واقعی نفت رابطه مستقیم داشته و در بلندمدت با ۱ درصد افزایش قیمت نفت، عرضه نفت به میزان ۰/۲۲ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین کشش تولید کشورهای غیر اوپک که در سال‌های اخیر به‌عنوان یک بازیگر مهم بازار نفت در نظر گرفته می‌شوند برابر با ۱/۵۶ می‌باشد. درواقع با افزایش یک درصد تولید کشورهای غیر اوپک، تولید نفت اوپک به میزان بیشتری افزایش خواهد یافت.

از آنجایی که اوپک در بازار جهانی نفت دو رویکرد را اتخاذ می‌کند، رویکرد استراتژیک که اوپک مشابه تولیدکنندگان غیراوپک عمل می‌کند و اثر شوک روی قیمت نفت را تقویت می‌نماید و در رویکرد سازگار، اوپک تمایل دارد تا تغییرات تولید غیراوپک را متعادل کرده و نوسانات قیمت نفت را تضعیف کند. ضریب برآورد شده نشان می‌دهد در دوره مورد بررسی کشورهای عضو اوپک همزمان با افزایش تولید غیر اوپک، سعی می‌کنند که سهم بازار خود را حفظ نمایند که در این شرایط به افزایش تولید رو می‌آورند تا کشورهای تولیدکننده با هزینه بالا را از بازار خارج نمایند. این یافته با نتایج بوگ، پال و همکاران[1] (۲۰۱۶) که اوپک را تولیدکننده مسلط و رفتار اوپک را مطابق با تصمیمات حمایت از سهم بازار با محدود کردن نقش رقبا مانند تولیدکنندگان نفت شیل دانسته، سازگار است.

همچنین، متغیرهای اثرگذار بر تقاضای نفت شامل سطح فعالیت‌های اقتصادی در کشورهای پیشرفته و نوظهور و همچنین قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند. نتایج بیانگر آن است که کشش قیمتی تقاضا در بلندمدت برابر با منفی ۰/۰۵ است که در اغلب مطالعات در این حوزه سازگار است. نکته مهم در این مطالعه، ضرایب مربوط به تولیدات

1. Pål Boug, Ådne Cappelen and Anders Rygh Swensen

صنعتی کشورهای صنعتی و نوظهور است که به ترتیب برابر با ۰/۷۶ و ۰/۵۸ برآورد شده و اثر مثبت معناداری بر تولید نفت اوپک دارند. ضمن اینکه تقاضای کشورهای پیشرفته اثر بزرگتری نسبت به کشورهای نوظهور دارد و با افزایش تولیدات صنعتی در این کشورها تقاضای نفت اوپک با شدت بیشتری افزایش خواهد یافت. این اثر به تفاوت‌های بین اقتصادهای این دو گروه و نیازهای مختلف انرژی آن‌ها وابسته است. کشورهای پیشرفته معمولاً دارای صنایع تولیدی و تبدیلی بیشتر و بنابراین سطح مصرف انرژی بالاتری می‌باشند. از سوی دیگر، کشورهای نوظهور دارای جمعیت بسیار زیاد و در حال توسعه صنعتی و اقتصادی می‌باشند که به دلیل رشد سریع جمعیت و صنایع تبدیلی و تولیدی، نیاز بسیار زیادی به انرژی دارند. بنابراین، تفاوت در ساختار اقتصادی، سطح توسعه صنعتی و تولیدی، جمعیت و نیازهای انرژی این دو گروه کشور، منجر به تفاوت در تقاضا برای نفت و سایر منابع انرژی می‌شود.

بررسی اثر قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر بر تقاضای نفت اوپک نشان می‌دهد، با کاهش یک درصد قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر، تقاضا برای نفت اوپک ۰/۲۶ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین در این تحقیق با استفاده از متغیرهای در نظر گرفته شده کشش‌های تقاضا و عرضه کمتر از یک برآورد شده است.

همچنین به منظور لحاظ اثر شوک‌های نفتی ناشی از بحران‌های منطقه‌ای براساس مطالعه کالدارا و همکاران (۲۰۱۹)، متغیرهای موهومی زیر در معادلات کوتاه‌مدت وارد شد که از مهمترین آنها می‌توان به جنگ عراق و امریکا، اعتصاب کارکنان ونزوئلا و کاهش تولید نفت برای خارج کردن نفت شیل اشاره نمود.

جدول ٤. متغیر موهومی در مدل VECM

متغیر موهومی	دوره زمانی
جنگ عراق	M06-۲۰۰۱
جنگ عراق	M04-۲۰۰۲
اعتصابات ونزوئلا	M12-۲۰۰۲
جنگ داخلی لیبی	M03-۲۰۱۱
رونق نفت شیل	M01-۲۰۱۷
کووید ۱۹	M03-۲۰۱۹

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۵، ضرایب برآوردی معادلات بلندمدت عرضه و تقاضای نفت اوپک با روش یوهانسن را نشان می‌دهد.

جدول ۵. برآورد روابط بلندمدت عرضه و تقاضا نفت براساس روش یوهانسن

متغیر	تابع عرضه نفت اوپک	تابع تقاضا نفت اوپک
تولید نفت اوپک	۱	۱
قیمت واقعی نفت اوپک	۰/۲۲ (۰/۰۵)	-۰/۰۵ (۰/۰۲)
تولید نفت غیر اوپک	۱/۵٦ (۰/٤۱)	۰
تولیدات صنعتی کشورهای پیشرفته	۰	۰/۷٦ (۰/۱٦)
تولیدات صنعتی کشورهای نوظهور	۰	۰/۵۸ (۰/۰۷)
قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر	۰	۰/۲٦ (۰/۰٦)
جمله تصحیح خطا	-۰/۰۳ (۰/۰۰۹)	-۰/۰۸ (۰/۰۰۳)

مقادیر داخل پرانتز بیانگر انحراف معیار می‌باشد

منبع: یافته‌های پژوهش

همچنین جمله تصحیح خطای برداری برای دو معادله عرضه و تقاضای نفت نشان می‌دهد که در صورت وقوع یک شوک در عرضه نفت، در هر دوره به میزان ۰/۰۳ واحد از عدم تعادل از بین خواهد رفت و عدم تعادل در تقاضای نفت در اثر وقوع یک شوک به میزان ۰/۰۸ واحد در هر دوره تعدیل خواهد شد.

همان‌طورکه در ابتدای این بخش توضیح داده شد یکی از آزمون‌های مهم برای تعیین درستی قیود برقرار شده در این الگوی استفاده از آماره کای ـ دو است. مقدار بحرانی این آماره برابر ۲۰/۰۶ می‌باشد و بر مبنای آن فرضیه صفر را نمی‌توان تأیید نمود. بنابراین قیود در نظر گرفته شده برای تعیین معادلات عرضه و تقاضای نفت اوپک به درستی مشخص شده و الزام‌آور بوده‌اند.

جدول ٦. آزمون نسبت راست نمایی دو بردار هم‌انباشتگی

مقدار آزمون کای-دو(برای۲ بردار هم‌انباشتگی)	۲۰/۰٦
سطح احتمال	۰/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

برای اطمینان از صحت برآوردهای صورت گرفته، آزمون‌های واریانس ناهمسانی وایت و خود همبستگی LM انجام شده است. نتایج برقراری شرایط کلاسیک، نبود واریانس ناهمسانی و عدم خودهمبستگی را تایید می‌نماید.

جدول۷. آزمون‌های خوبی برازش

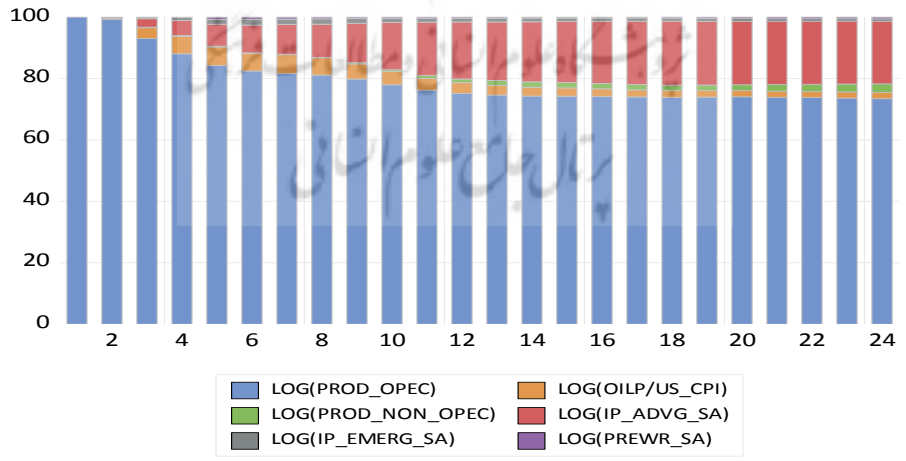
آزمون	آماره آزمون	سطح احتمال
خودهمبستگی ـ LM (Lag = 13)	۲۹/۸۲	۰/۷۵٦٤
واریانس ناهمسانی ـ White	۳۲۲۹	۰/۵۲

منبع: یافته‌های پژوهش

به منظور بررسی تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته در طول زمان از الگوی VECM و تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی استفاده شده است. درواقع با تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی می‌توان بررسی نمود که تغییرات یک دنباله تا چه حد از اجزای اختلال خود دنباله متأثر بوده و تا چه میزان از اجزای اختلال سایر متغیرهای درون سیستم تأثیرپذیرفته است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس تولید نفت اوپک، حاکی از آن است که جزء اختلال شاخص تولیدات صنعتی کشورهای پیشرفته بیشترین تأثیر را بر تولید نفت اوپک داشته است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس دو متغیر تولید و قیمت واقعی نفت اوپک در نمودارهای (۱) و (۲) گزارش شده است.

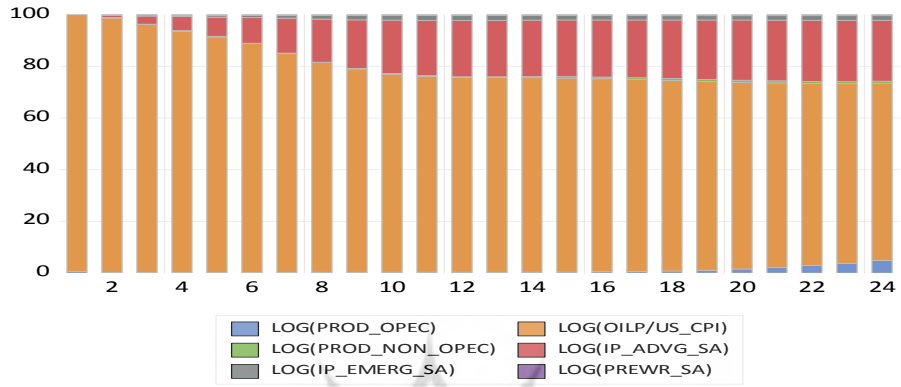
نمودار ۱. تجزیه واریانس تولید نفت اوپک



منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از تجزیه واریانس قیمت نفت اوپک، نشان می‌دهد که این متغیر بیشترین تأثیر را از جزء اختلال شاخص تولیدات صنعتی کشورهای پیشرفته پذیرفته است.

نمودار۲. تجزیه واریانس قیمت نفت اوپک



منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به اینکه هدف پژوهش بررسی اثرات سناریوهای دستیابی به گرمایش جهانی ۱/۵ درجه از سوی هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل بر تقاضا برای نفت اوپک می‌باشد، با استفاده از ضرایب برآوردی مدل، تغییرات مقدار تقاضا برای نفت اوپک محاسبه می‌شود. در همه سناریوهای مطرح شده هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل ملاک حذف دی‌اکسیدکربن بوده اما مقدار آن در مسیرهای مختلف متفاوت است. جدول ۸ سناریوهای مختلف کاهش انتشارات را نشان می‌دهد. در سناریو اول (P1)، نوآوری‌های اجتماعی، تجاری و تکنولوژیکی موجب کاهش تقاضای انرژی تا سال ۲۰۵۰ می‌شود. سوخت‌های فسیلی با کمک فناوری‌های جذب و ذخیره‌سازی کربن[1] یا فناوری انرژی زیستی توأم با جذب و ذخیره‌سازی کربن[2] استفاده نمی‌شوند. در سناریو دوم (P2)، تمرکز وسیع بر مقوله پایداری شامل شدت انرژی، توسعه انسانی، هم‌گرایی اقتصادی و همکاری بین‌المللی و نیز مصرف پایدار و سالم، نوآوری در فناوری کم‌کربن و سیستم مدیریت مناسب کاربری زمین با پذیرش محدود اجتماعی برای به‌کارگیری از فناوری انرژی زیستی توأم با جذب و ذخیره‌سازی کربن است. سناریو سوم (P3)، سناریوی حد میانی رویکردهاست که در آن توسعه اجتماعی و تکنولوژی براساس الگوی تاریخی دنبال

1. Carbon Capture and Storage (CCS)
2. Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS)

می‌شود. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌طور عمده با تغییر نحوه تولید انرژی و محصولات به میزان کمی ناشی از کاهش‌های تقاضا حاصل می‌شود. سناریو چهارم (P4)، مبتنی بر استفاده زیاد از منابع و انرژی است که در آن رشد اقتصادی و جهانی شدن منجر به پذیرش وسیع شیوه‌های زندگی تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای ازجمله تقاضای زیاد برای سوخت در بخش حمل و نقل و محصولات دامی می‌شود. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌طور عمده از طریق روش‌های فناورانه به دست می‌آید و به میزان زیادی از فناوری انرژی زیستی توأم با جذب و ذخیره‌سازی کربن برای دستیابی به نرخ بالای کاهش انتشار[1] استفاده می‌شود.

جدول ۸. سناریوهای مختلف کاهش انتشارات جهت تحقق محدود کردن گرمایش جهانی به ۱/۵ درجه (واحد: درصد)

شاخص‌های جهانی	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم
تقاضای انرژی نهایی	-۱۵	-۵	۱۷	۳۹
در ۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۱۰	-۳۲	۲	۲۱	٤٤
در ۲۰۵۰ نسبت به ۲۰۱۰				
سهم تجدیدپذیرها در برق	٦۰	۵۸	٤۸	۲۵
۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۱۰	۷۷	۸۱	٦۳	۷۰
در ۲۰۵۰ نسبت به ۲۰۱۰				
عرضه انرژی اولیه از ذغال سنگ	-۷۸	-٦۱	-۷۵	-۵۹
۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۱۰	-۹۷	-۷۷	-۷۳	-۹۷
در ۲۰۵۰ نسبت به ۲۰۱۰				
عرضه انرژی اولیه از نفت	-۳۷	-۱۳	-۳	۸٦
۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۱۰	-۸۷	-۵۰	-۸۱	-۳۲
در ۲۰۵۰ نسبت به ۲۰۱۰				
عرضه انرژی اولیه از گاز	-۲۵	-۲۰	۳۳	۳۷
۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۱۰	-۷٤	-۵۳	۲۱	-٤۸
در ۲۰۵۰ نسبت به ۲۰۱۰				
عرضه انرژی اولیه از انرژی هسته‌ای	۵۹	۸۳	۹۸	۱۰٦
۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۱۰	۱۵۰	۹۸	۵۰۱	٤٦۸
در ۲۰۵۰ نسبت به ۲۰۱۰				

منبع: هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل، ۲۰۱۹

1. Carbon Dioxide Removal (CDR)

بر این اساس، در صورت تحقق هریک از سناریوهای مذکور، تغییرات تقاضا برای نفت اوپک به شرح زیر جدول (۹) است.

جدول ۹. تغییرات تقاضا برای نفت اوپک در صورت تحقق سناریوهای هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل (واحد: درصد)

شاخص	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم
عرضه انرژی اولیه از نفت ۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۱۰ در ۲۰۵۰ نسبت به ۲۰۱۰	-۳۷ -۸۷	-۱۳ -۵۰	-۳ -۸۱	۸۶ -۳۲
تغییرات عرضه نفت اوپک ۲۰۳۰ نسبت به ۲۰۱۰ در ۲۰۵۰ نسبت به ۲۰۱۰	-٤۰ -۹٦	-١٤ -٥٥	-۳ -۸۹	۹٥ -۳٥

منبع: یافته‌های پژوهش

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

امروزه یکی از مشکلات عمده زیست محیطی، گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی ناشی از فعالیت‌های بشر است. این پدیده، تأثیرات مخرب زیادی بر محیط زیست، اکوسیستم‌ها، اقتصاد و سلامت انسان ها دارد. لذا در دو دهه اخیر توجه بسیاری از محافل علمی و سیاسی جهان به سمت موضوع گرمایش زمین و تغییرات آب و هوایی ناشی از آن جلب شده است. لازمه دستیابی به هدف کنترل گرمای زمین به ۱/۵ درجه نسبت به سطوح قبل از صنعتی شدن، جایگزینی فزاینده و سریع سوخت‌های فسیلی ازجمله نفت با انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش تولید انرژی است. در این میان این موضوع برای کشورهای دارنده ذخایر عظیم نفت و اقتصادهای متکی بر درآمدهای صادراتی نفت و گاز تهدیدی جدی به شمار می‌آید.

ازاین‌رو، آینده پژوهی درخصوص بازار نفت و عوامل مؤثر بر آن هدف اصلی این تحقیق بوده است. بررسی مطالعات پیشین نشان داد که اغلب بر کشش‌های کوتاه‌مدت عرضه و تقاضا براساس داده‌های خرد و کلان تمرکز شده است. پژوهش‌های انجام شده توسط کیلیان و همیلتون پایه اصلی بیشتر مطالعات قرار گرفته است و انتقادات گسترده‌ای بر مطالعات یکدیگر وارد کرده‌اند. متغیرهای پرتکرار در مطالعات شامل تولید نفت جهان، شاخص تولیدات صنعتی، قیمت اسپات و آتی واقعی نفت، موجودی انبار نفت، شوک‌های عرضه و تقاضا می‌باشند. بررسی مطالعات انجام‌شده در این حوزه نشان داد که تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر در توابع عرضه و تقاضای نفت مورد توجه قرار نگرفته است. از

آنجایی‌که کاهش انتشار کربن به منظور مقابله با گرمایش زمین براساس سناریوهایی برای افق بلندمدت تا سال ۲۰۵۰ توسط هئیت بین‌الدولی تغیر اقلیم ارائه شده است، نیاز به برآورد کشش‌های بلندمدت عرضه و تقاضا با لحاظ قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. بدین منظور از روش هم‌انباشتگی جهت برآورد توابع عرضه و تقاضا استفاده شده است.

نتایج حاصل از برآورد مدل بیانگر آن است که تابع عرضه نفت با قیمت واقعی نفت رابطه مستقیم دارد و کشش قیمتی عرضه نفت ۰/۲۲ می‌باشد. همچنین یک درصد افزایش در تولید کشورهای غیر اوپک، تولید نفت اوپک را به میزان ۱/۵۶ درصد افزایش می‌دهد. کشش قیمتی تقاضای نفت منفی ۰/۰۵ و تقاضای کشورهای پیشرفته اثر بزرگتری نسبت به کشورهای نوظهور بر تقاضای نفت اوپک دارد. همچنین یک درصد کاهش در قیمت انرژی‌های تجدیدپذیر، مقدار تقاضا برای نفت اوپک را ۰/۲۶ درصد کاهش می‌دهد. بنابراین در صورت تحقق سناریوهای هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل، عرضه نفت اوپک در سناریو بدبینانه برای نفت اوپک تا سال ۲۰۳۰، حدود ۴۰ درصد کاهش خواهد یافت.

براساس یافته‌های پژوهش توصیه می‌شود با توجه به اثرگذاری سیاست‌های زیست محیطی بر اقتصاد کشورهای صادرکننده نفت، سرعت توسعه انرژی‌های پاک تا سال ۲۰۳۰ به‌طور مرتب توسط سازمان اوپک رصد و متناسب با کاهش میزان تقاضا استراتژی مناسب از سوی کشورهای عضو اوپک اتخاذ شود.

اگرچه براساس یافته‌های پژوهش رشد تولیدات صنعتی در کشورهای صنعتی اثر بزرگتری بر تقاضا برای نفت اوپک دارد اما بررسی روند واردات کشورهای واردکننده نفت از اوپک نشان می‌دهد که از سال ۲۰۱۹ میزان واردات دو کشور چین و هند در حدود ۴۰ درصد صادرات اوپک می‌باشد و در مقابل واردات کشورهای آمریکا و اروپایی عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی ۴۰ درصد کاهش یافته است. لذا در صورت تداوم این روند، ضروری است تحولات و سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در انرژی‌های تجدیدپذیر و روند تولید در این دو کشور مورد توجه سازمان اوپک قرار گیرد.

۷. تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

۸. سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر ابراهیم صیامی برای رهنمودهای ارزشمندشان سپاسگزارم

ORCID

Zinat Goli https://orcid.org/0009-0008-2536-3656
Hamid Amadeh https://orcid.org/0000-0002-6904-2626
Taymoor Mohamadi https://orcid.org/0000-0003-4394-774X

۹. منابع

رجبیان، وحید؛ طالبلو، رضا و ارباب، حمیدرضا. (۱۳۹۹). سرمایه‌گذاری در صنعت نفت و گاز با استفاده از تخمین مصرف نفت خام و گازطبیعی در ایران با رویکرد مدل VECM، *فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری*، سال نهم، شماره ۳۴.

سالک، نوید و خورسندی، مرتضی. (۱۴۰۲). طراحی الگوی بازار نفت و مقایسه پیش‌بینی‌های قیمت نفت خام، *مجله تحقیقات مدلسازی اقتصادی*، (۴۷)۱۳، ۱۱۴-۷۳.

سالک، نوید؛ خورسندی، مرتضی؛ فریدزاد، علی؛ قاسمی، عبدالرسول و محمدی، تیمور. (۱۴۰۱). بررسی نقش عوامل بنیادین بازار در قیمت جهانی نفت، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، سال هجدهم، شماره ۷۵، ص ۸۲-۳۵

گلستانی، شهرام؛ گرگینی، مصطفی و حاج عباسی، فاطمه. (۱۳۹۱). مقایسه توانایی پیش‌بینی مدل‌های VAR، ARIMA و شبکه‌های عصبی (ANN): تقاضای جهانی نفت اوپک، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، دوره ۱، شماره ۴، صفحات ۱۴۵-۱۶.

معمارزاده، عباس و خیابانی، ناصر. (۱۳۹۶). بررسی اثرات پویای تکانه‌های ساختاری بازار جهانی نفت خام بر خرج کرد بخش خصوصی و دولتی ایران: رهیافت مدل پویای ساختاری، *فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، سال چهارم، شماره ۴، تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۱۹۴-۱۶۹.

نظری، روح‌اله؛ خداپرست مشهدی، مهدی و سیفی، احمد. (۱۳۹۶). تحلیل رفتار ایران در سازمان اوپک: کاربردی از مدل‌های مارکف سوئیچینگ، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، سال هفدهم، شماره دوم، تابستان ۶۹۳۱، صفحات ۶۷۱-۶۴۱.

References

Aguilera, Roberto. Radetzki, Marian. (2015). *The Price of Oil*. Cambridge University Press, Cambridge. https://doi.org/10.1017/CBO9781316272527.

Alhajji, A.F., Huettner, David (2000). OPEC and world crude oil markets from 1973 to 1994: cartel, oligopoly, or competitive?. *Energy*, J. 21 (3). pp.31-60. http://www.jstor. org/stable/41322890.

Anderson, S.T., Kellogg, R., and Salant, S.W. (2018). Hotelling Under Pressure, *Journal of Political Economy*, 126, pp.984-1026.

Anderson, Soren, Ryan, Kellogg, Salant, S. (2018). Hotelling under pressure. *J. Polit. Econ*. 126 (3). pp.984-1026. https://doi.org/10.1086/697203.

Antolin-Diaz, J., and J.F. Rubio-Ramirez (2018). Narrative Sign Restrictions for SVARs, *American Economic Review*, 108, pp. 2802-2839.

Baumeister, Christiane., Hamilton, James D. (2019). Structural interpretation of vector autoregressions with incomplete identification: revisiting the role of oil supply and demand shocks. Am. Econ. Rev. 109 (5). 1873-1910. https://doi.org/10.1257/ aer.20151569.

Breitenfellner, ndreas., Crespo Cuaresma, Jesús., Keppel, Catherine. (2009). Determinants of Crude Oil Prices: Supply, Demand, Cartel or Speculation?. *Monetary Policy & the Economy*, *Oesterreichische Nationalbank (Austrian Central Bank).* issue 4, pp. 111-136.

Bjørnland, H.C. (2019). Supply Flexibility in the Shale Patch: Facts, no Fiction, CAMP Working Paper Series No 8/2019, manuscript, BI Norwegian Business School.

Bjørnland, H.C., Nordvik, F.M., and Rohrer, M. (2019). Supply Flexibility in the Shale Patch: Evidence from North Dakota, CAMA Working Paper No. 56/2019. manuscript, Norwegian Business School.

Black, Geoffrey, LaFrance, Jeffrey T.(1998). Is hotelling's rule relevant to domestic oil production? *J. Environ. Econ. Manag*., 36 (2). pp.149-169. https://doi.org/10.1006/ jeem.1998.1042.

Boug, Pål., Cappelen, Ådne., Rygh Swensen, Anders. (2016). Modelling OPEC behaviour. Theory and evidence, Discussion Papers 843, Statistics Norway, Research Department.

Caldara, D., Cavallo, M., and Iacoviello, M. (2019). Oil Price Elasticities and Oil Price Fluctuations. *Journal of Monetary Economics*, 103, pp.1-20.

Caldara, Dario., Cavallo, Michele. and Iacoviello, Matteo (2019). Oil price elasticities and oil price fluctuations. *Journal of Monetary Economics* 103, pp.1-20. https://doi.org/ 10.1016/j.jmoneco.2018.08.004.

Campbell, Colin, Laherr`ere, Jean. (1998). The end of cheap oil. *Sci. Am*. 278 (3). pp.78-84. https://www.scientificamerican.com/article/the-end-of-cheap-oil/.

Durand-Lasserve, Olivier., Pierru, Axel. (2021). Modeling world oil market questions: An economic perspective. *Energy Policy*, Volume 159. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112606

Golestani, Shahram, Gorgini, Mostafa, and Hajabbasi, Fatemeh (2012). A comparison of the predictive ability of VAR, ARIMA, and Artificial Neural Network (ANN) models: Global oil demand of OPEC. *Iranian Journal of Energy Economics Research*, 1(4). 16-145. [In persian]

Golding, G. (2019). Don't Expect U.S. Shale Producers to Respond Quickly to Geopolitical Supply Disruption.
https://www.dallasfed.org/research/economics/2019/1003

Golombek, Rolf, Irarrazabal, Alfonso A., Lin, Ma, (2018). OPEC's market power: an empirical dominant firm model for the oil market. *Energy Econ*. 70, 98-115. https:// doi.org/10.1016/j.eneco.2017.11.009.

Gron wald, M. (2009). Jumps in Oil Prices-Evidence and Implications. ifo Working Paper 75.

Güntner, Jochen H.F., 2014. How do oil producers respond to oil demand shocks?. *Energy Economics*, vol. 44(C). pages 1-13. DOI: 10.1016/j.eneco.2014.03.012

Hammoudeh, Shawkat, Madan, Vibhas, (1995). Expectations, target zones, and oil price dynamics. *J. Pol. Model*, 17 (6). 597-613. https://doi.org/10.1016/0161-8938(95) 00022-4.

Herrera, A.M., and S.K. Rangaraju (2020). The Effect of Oil Supply Shocks on U.S. Economic Activity: What Have We Learned?. *Journal of Applied Econometrics*, 35, 141-159.

Hubbert, M., King, (1956). *Nuclear Energy and the Fossil Fuels*. Shell Development Company, Exploration and Research Production Division, No. 95, Houston, Texas.

http://www.energycrisis.com/Hubbert/1956/1956.pdf.

Huppmann, Daniel. and Ruud, Egging. (2014). Market power, fuel substitution and infrastructure-a large-scale equilibrium model of global energy markets. *Energy*,75,483-500.

https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.08.004.

Inoue, A., and L. Kilian (2020). The Role of the Prior in Estimating VAR Models with Sign Restrictions. Working Paper 2030, manuscript, Federal Reserve Bank of Dallas.https://doi.org/10.24149/wp2030

IPCC. (2019) .Global Warming of 1.5°Summary for Policymakers Technical Summary Frequently Asked Questions Glossary

Kilian, L. (2008a). Exogenous Oil Supply Shocks: How Big Are They and How Much Do They Matter for the U.S. Economy?. *Review of Economics and Statistics*, 90(2). 216-240

Kilian, L. (2008b). The Economic Effects of Energy Price Shocks, Journal of Economic Literature, 46, 871-909.

Kilian, L. (2020). Facts and Fiction in Oil Market Modeling, manuscript, Federal Reserve Bank of Dallas.

Kilian, Lutz, (2009). Not all oil price shocks are alike: disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. Am. Econ. Rev. 99 (3). 1053-1069. https://doi.org/ 10.1257/aer.99.3.1053.

Kilian, Lutz, Murphy, Daniel P. (2014). The role of inventories and speculative trading in the global market for crude oil. J. Appl. Econom. 29 (3). 454-478. https://doi.org/ 10.1002/jae.2322.

Lewis, Tracy R., Schmalensee, Richard. (1980). On oligopolistic markets for nonrenewable natural resources. *Q. J. Econ*, 95 (3), 475-491. https://doi.org/10.2307/1885089.

Lin, Cynthia, Wagner, Gernot. (2007). Steady-state growth in a Hotelling model of resource extraction. *J. Environ. Econ. Manag*, 54 (1), 68-83. https://doi.org/ 10.1016/j.jeem.2006.12.001.

Livernois, J. (2009). On the Empirical Significance of the Hotelling Rule. *In: Review of Environmental Economics and Policy*,3(1). 22-41

Mamrazadeh, Abbas and Khiabani, Naser. (2017). Investigating the effects of dynamic structural shocks in the global crude oil market on the expenditures of Iran's private and public sectors: A dynamic structural model approach. *Journal of Applied Economic Theories*, 4(4). 169-194. [In Persian]

Manne, Alan, Mendelsohn, Robert, Richels, Richard. (1995). MERGE: a model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies. *Energy Pol*., 23 (1). 17-34. https://doi.org/10.1016/0301-4215(95)90763-W.

McGlade, C.E., (2012). A review of the uncertainties in estimates of global oil resources. *Energy*, 47 (1). 262-270. https://doi.org/10.1016/j.energy. 2012.07.048.

Montiel Olea, José L. & Stock, James H. & Watson, Mark W., 2021. Inference in Structural Vector Autoregressions identified with an external instrument. Journal of Econometrics, Elsevier, vol. 225(1), pages 74-87.

Nazari, Rouhollah, Khodaparast Mashhadi, Mehdi, and Seifi, Ahmad . (2017). Analysis of Iran's behavior in the OPEC: An application of Markov Switching models. *Quarterly Journal of Economic Research (Growth and Sustainable Development)*,17(2), pp. 641-671. [In Persian]

Newell, Richard. and Prest, Brian. (2019). The unconventional oil supply boom: aggregate price response from microdata. *Energy J.*,40 https://doi.org/10.5547/ 01956574.40.3.rnew.

Pierru, Axel., Smith, James L. and Almutairi, Hossa. (2020). OPEC's pursuit of market stability. Econ. *Energy Environ. Pol*, 9 (2), pp.51-69. https://doi.org/10.5547/2160-5890.9.2. apie.

Pindyck, Robert S. (1978). The optimal exploration and production of nonrenewable resources. *J. Polit. Econ*., 86 (5). pp.841-861. http://www.jstor.org/stable/1828412.

Pindyck, Robert S. (1980). Uncertainty and exhaustible resource markets. *J. Polit. Econ.*, 88 (6), pp.1203-1225. https://doi.org/10.1086/260935.

Rajabian, Vahid., Talebloo, Reza. and Arbab, Hamidreza. (2020). Investment in the oil and gas industry using the estimation of crude oil and natural gas consumption in Iran: A VECM model approach. *Journal of Investment Knowledge*, 9(34). [In Persian]

Rioux, Bertrand., Al Jarboua, Fatih., Karanfil, Abdullah, Pierru., Axel, Al Rashed., and Warda, Colin. (2022). Cooperate or Compete? Insights from Simulating a Global Oil Market with No Residual Supplier, *The Energy Journal*, 43(2).

Salek, Navid, and Khorsandi, Morteza (2023). Design of the oil market pattern and comparison of crude oil price predictions. *Journal of Economic Modeling Research*, (47)13, pp.114-73. [In persian]

Salek, Navid., Khorsandi, Morteza., Faridzad, Ali., Ghasemi, Abdolrasoul. and Mohammadi, Taymoor (2022). Investigating the role of fundamental market factors in the global oil price. *Journal of Energy Economics Studies*, 18(75). pp.35-82. [In Persian]

Solow, Robert M. and Wan, Frederic Y., (1976). Extraction costs in the theory of exhaustible resources. *Bell J. Econ.* 7 (2). pp.359-370. https://doi.org/10.2307/3003261.

Stiglitz, Joseph. (1976). Monopoly and the rate of extraction of exhaustible resources. *Am. Econ. Rev*. 66 (4). pp.655-661. https://www.jstor.org/stable/1806704

The International Renewable Energy Agency (IRENA). https://www.irena.org/

World Resources Institute, https://www.climatewatchdata.org/

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناد به این مقاله: گلی، زینت؛ آماده، حمید؛ محمدی، تیمور. (۱۴۰۳). تحلیلی از عرضه و تقاضای نفت خام در کشورهای صادرکننده نفت اوپک و تأثیر سیاست‌های پیشنهادی هیئت بین دولتی تغییر اقلیم (IPCC)، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۵۰ (۱۳)، ۷۷-۱۱۰.

Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.