Journal of Economic Modeling Research
Print ISSN: 2228 - 6454
Online ISSN: 2538 - 4163
Homepage: https://jemr.khu.ac.ir/

Designing a Oil Market Model and Comparing Crude Oil Price Forecasts

Navid salek [1*] | **Morteza Khorsandi** [2]

1. Ph.DStudent in Oil and Gas Economics Majoring in Oil and Gas Markets And Finance, AllamEh TabatabaEi University, Tehran, Iran. (Corresponding Author), Email: saleknavid@yahoo.com.
2. Assistant Professor of Energy Economic, Allameh TabatabaEi University. Tehran, Iran.
Email: mkhorsandi57@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
2022/11/23

Received in revised form:
2022/11/23

Accepted:
2023/04/04

Keywords:
Crude Oil Price, Price Prediction, Neural Network, ARIMA, System of Simultaneous Equations

JEL: Q43,Q41,Q47

ABSTRACT

The price of crude oil is one of the factors affecting economic indicators. Therefore, the prediction of oil prices and the accuracy of the applied methods have always been discussed by economists. In this study, the effect of all effective variables on the supply and demand of crude oil based on McAvoy's competitive theory is investigated, and the supply and demand are estimated using the system of simultaneous equations and conventional statistical methods. Then, using algebraic operations and the assumption of equality of oil supply and demand in the long term, the long-term potential of oil supply and demand is extracted with respect to each of the variables in the model. Based on the results, the world's gross domestic product (GDP) has the greatest impact on oil prices with a demand potential of 0.6039, and the world's military and security tensions have the least impact with a demand potential of –0.0110. After estimating the model, the prediction accuracy of three combined mothod is compared with conventional and single-variable methods of neural network and ARIMA. These three combined methods are: (a) neural network and system of simultaneous equations, (b)

ARIMA and system of simultaneous equations, (c) neural network and ARIMA and system of simultaneous equations. The results showed that the combined method of ARIMA and simultaneous equation system provides better reslts for 5-year forecasts while the combined method of neural network and ARIMA and simultaneous equation system shows better results for 10-year forecasts.

Cite this article: Salek, Navid; Khorsandi, Morteza; (2023). Designing a Oil Market Model and Comparing Crude Oil Price Forecasts. *Journal of Economic Modeling Research*, 13 (47), 73-114.
DOI: 0000000000000000000

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University

Journal of Economic Modeling Research
Print ISSN: 2228 - 6454
Online ISSN: 2538 - 4163
Homepage: https://jemr.khu.ac.ir/

طراحی الگوی بازار نفت و مقایسه پیش‌بینی‌های قیمت نفت خام

نوید سالک[1]*، مرتضی خورسندی[2]

۱. دانشجوی دکترا اقتصاد نفت و گاز دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).saleknavid@yahoo.com
۲. دانشیار گروه اقتصاد انرژی دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران. mkhorsandi57@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۹/۰۲

تاریخ ویرایش:
۱۴۰۱/۰۹/۰۲

تاریخ پذیرش :
۱۴۰۲/۰۱/۱۵

واژه‌های کلیدی:
قیمت نفت خام، پیش‌بینی قیمت، شبکه عصبی، آریما، سیستم معادلات همزمان

طبقه‌بندی JEL:
Q43,Q41,Q47

چکیده

قیمت نفت خام از عوامل موثر بر شاخص‌های اقتصادی می‌باشد. از این‌رو پیش‌بینی قیمت نفت همواره مورد بحث اقتصاددانان بوده است. در این پژوهش به منظور پیش‌بینی قیمت نفت، بر اساس نظریه رقابتی مک اوی، تاثیر کلیه متغیرهای موثر بر عرضه و تقاضای نفت خام بررسی و با استفاده از سیستم معادلات همزمان و روش‌های آماری مرسوم، معادلات عرضه و تقاضا برآورد گردید. سپس با فرض برابری عرضه و تقاضای نفت در بلندمدت، کشش‌های بلندمدت عرضه و تقاضای نفت نسبت به هریک از متغیرهای موجود در مدل استخراج گردید. محاسبات نشان داد بیشترین تاثیر بر قیمت نفت را تولید ناخالص داخلی جهان با کشش تقاضای ۰/۶۰۳۹ و کمترین تاثیر را تنش‌های نظامی و امنیتی جهان با کشش تقاضای ۰/۰۱۱۰- دارند. پس از برآورد الگو به مقایسه دقت پیش‌بینی سه روش تلفیقی شامل شبکه عصبی و سیستم معادلات همزمان، آریما و سیستم معادلات همزمان، شبکه عصبی و آریما و سیستم معادلات همزمان با روش‌های مرسوم و تک متغیره شبکه عصبی و آریما پرداخته شد. نتایج بیانگر آن بود که روش تلفیقی آریما و سیستم معادلات همزمان در پیش‌بینی ۵ ساله و روش تلفیقی شبکه عصبی و آریما و سیستم معادلات همزمان در پیش‌بینی ۱۰ ساله از قدرت پیش‌بینی‌کنندگی بهتری نسبت به روش‌های مرسوم و تک‌متغیره شبکه عصبی و آریما برخوردار می‌باشند.

استناد: سالک، نوید؛ خورسندی، مرتضی. (۱۴۰۱). طراحی الگوی بازار نفت و مقایسه پیش‌بینی‌های قیمت نفت خام؛ *تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۱۳ (۴۷)، ۱۱۴-۷۳.
DOI: 00000000000000000000

ناشر: دانشگاه خوارزمی. © نویسندگان.

۱. مقدمه

از آنجا که در یک‌صد سال گذشته، نفت و قیمت آن بر بسیاری از ابعاد زندگی انسان‌ها اعم از اقتصادی، سیاسی و فرهنگی اثر گذاشته است، همواره در مرکز توجه قرار داشته است (ایازی و همکاران، ۱۳۹۹). از سوی دیگر، در طول دوره حیات، این ماده به عنوان کالایی تجاری در سطح بین‌الملل، همواره شاهد نوسانات و فراز و نشیب‌هایی در قیمت آن بوده است که این نوسانات هر دو کشورهای صادرکننده و واردکننده نفت را به نوعی متاثر ساخته و متعاقبا سبب اختلال در روند عادی فعالیت‌های اقتصادی این کشورها گردیده است (بردبار و حیدری، ۱۳۹۶). هم‌چنین قیمت نفت همواره تحت تاثیر عوامل زیادی بوده و روندهای حاکم بر آن پیچیده و دارای الگوهای غیرخطی بوده است. در واقع می توان گفت قیمت نفت خام در بازار حاصل برایند عوامل بنیادین و غیربنیادین است. به همین دلیل کارشناسان بازار نفت به قیمت و روند تغییرات آن توجه می‌کنند زیرا تاثیر برایند تمام عوامل بنیادین و غیربنیادین بر شکل‌گیری قیمت، نهایتا در قیمت نفت خام بروز خواهند نمود (یادگاری و همکاران، ۱۴۰۱). مطالعات زیادی در حوزه پیش‌بینی قیمت نفت صورت گرفته است، اما این مدل‌ها دارای مزایا و در مقابل نقایص و کمبودهای بسیاری نیز هستند. مدل‌های اقتصاد سنجی سنتی سری قیمت نفت خام را خطی یا تقریبا غیرخطی می‌دانند. اما استفاده از مدل‌های جدیدتر غیرخطی و پیچیده، نتایج بهتری ارایه داده‌اند. از طرف دیگر اینکه چه عواملی را در تعیین قیمت نفت خام دخیل بدانیم، نیز می تواند نتایج متفاوتی به ما دهد. در هر حال پیش بینی قیمت نفت خام بسیار دشوار بوده و با تغییر شرایط سیاسی و عوامل غیرمنتظره تغییر می کند (باومایستر و لوتز[1]، ۲۰۱۶، ترجمه رحمانی و فریدزاد، ۱۳۹۸). این پژوهش تلاش دارد با استفاده از مطالعه دستاوردهای حاصل از پژوهش‌های گذشته در زمینه پیش‌بینی قیمت نفت، با در نظر گرفتن عوامل اساسی متاثر بر قیمت جهانی نفت خام به طراحی مدل‌هایی مبتنی بر این عوامل برای پیش‌بینی دقیق‌تر قیمت جهانی نفت خام بپردازد و نتایج حاصل از پیش‌بینی قیمت نفت با مدل‌های تلفیقی ارایه شده و سایر مدل‌های پیش‌بینی از جمله مدل‌های

1. Baumeister & Lutz

مبتنی بر شبکه عصبی و ARIMA[1] را مورد بررسی قرار دهد. با توجه به اینکه مدل‌های ارایه شده در پژوهش، سطح گسترده‌ای از عوامل موثر بر قیمت جهانی نفت خام را شامل می شوند، انتظار می‌رود از قدرت پیش‌بینی‌کنندگی و توضیح‌پذیری بسیار بالایی برخوردار باشند. از طرف دیگر یکپارچگی این مدل‌ها در سطح بین‌المللی موجب می‌گردد که نتایج پیش‌بینی‌ها از نوسانات منطقه‌ای به دور بوده و به نحوی برآیند کلیه نوسانات منطقه‌ای را به صورت دقیق در پیش‌بینی نهایی خود لحاظ نماید. همچنین در این پژوهش برای اولین بار با تاکید بر تک‌تک متغیرهای تاثیرگذار بر قیمت نفت خام، به شبیه‌سازی متغیر هدف در سیستم معادلات مدل‌های پیشنهادی و تحلیل قدرت پیش‌بینی‌کنندگی متغیر هدف پرداخته می‌شود که همین امر منجر به افزایش قابل ملاحظه قدرت پیش‌بینی مدل‌های مذکور می‌گردد. در این راستا پس از تبیین مبانی نظری، پیشینه پژوهش مرور می‌شود. در بخش‌های بعدی پس از معرفی مدل تحقیق، نتایج و داده‌های پژوهش مطرح شده است. در نهایت بخش آخر به بیان نتیجه‌گیری و ارایه پیشنهادات اختصاص یافته است.

۲. مبانی نظری

وقتی که در دهه ۱۹۷۰ بر اساس وقوع حوادث سیاسی و اقتصادی قیمت نفت افزایش پیدا کرد، عقیده عموم و کارشناسان نفتی بر این دلالت داشت که روند صعودی ادامه خواهد یافت. از این‌رو، در محافل علمی برخی از اقتصاددانان علاقمند شدند نظریه‌هایی را در ارتباط با تعیین قیمت نفت تنظیم و تدوین نمایند تا بتوانند افزایش قیمت نفت را در دهه ۱۹۷۰ توضیح دهند. این نظریه‌ها، الگوها، روش‌ها، پارامترها، روابط و اهداف متفاوتی دارند و برخی جنبه کاربردی و برخی دیگر صرفا جنبه تئوریک دارند. از مهم‌ترین این نظریات می‌توان به نظریه اوپک به عنوان کارتل نفت، نظریه عرضه و تقاضای نفت در بازار آزاد، نظریه حق مالکیت و نظریه درآمد هدف اشاره کرد. نظریه عرضه و تقاضای نفت در بازار آزاد را نظریه رقابتی نیز می‌نامند. در این نظریه تلاش شده است بازار جهانی را در شرایط

1. Autoregressive Integrated Moving Average

رقابتی با مفروضات گوناگون مورد بحث قرار دهند. یکی از آنها را مک اوی[1] (۱۹۸۲) بیان کرده است. او تعیین قیمت جهانی نفت را بر اساس "اصول اساسی بازار آزاد" می‌داند. از نظر وی توابع عرضه و تقاضای نفت و هم‌چنین کشش‌های کوتاه و بلندمدت مربوط به آنها جزو اصول اساسی به شمار می‌روند. وی چون تابع عرضه را نسبت به قیمت نفت صعودی فرض کرده است بدین جهت نظریه وی را مدل رقابتی می‌نامند. در این نظریه مفروض است که سازمان اوپک وجود ندارد و کلیه کشورهای تولیدکننده در دنیا در بازار باز فعالیت می‌کنند. عرضه و تقاضای نفت از عوامل اساسی در بازار نفت به شمار می‌روند. این توابع با کشش‌های گوناگون همراه هستند و با متغیرهای مستقل ارتباطی دارند. منظور از اصول اساسی بازار ترکیبی از توابع عرضه و تقاضای کل و کشش‌های همراه با آنها است. شرایط عرضه و تقاضای نفت به وضعیت کشش‌های آنها در کوتاه و بلندمدت بستگی دارد. به طور کلی "اصول اساسی بازار" قیمت جهانی نفت خام را تعیین کرده و باعث تغییر در آن می‌گردد. بنابراین بر اساس این نظریه شناخت عوامل تاثیرگذار بر عرضه و تقاضای نفت خام و میزان تاثیرگذاری هرکدام بر تعیین قیمت نفت خام می‌تواند اطلاعات بسیار ارزشمندی را در اختیار سیاست‌گذاران اقتصادی و تحلیل‌گران بازارهای مالی به منظور بررسی نقش و تاثیر این عوامل بر قیمت نفت خام قرار دهد. مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر نفت خام، به شرح ذیل می‌باشند:

عوامل موثر بر تقاضا: از منظر تقاضا باید توجه داشت که نفت خام کالایی است که طبیعتا نیاز مستقیمی برای آن وجود ندارد و باید تبدیل به فراورده‌های نفتی شود. بنابراین هر عاملی که بر تقاضا برای فراورده‌های نفتی تاثیر می‌گذارد به طور غیرمستقیم بر تقاضای نفت خام نیز اثرگذار است (حسن تاش، ۱۳۸۷). از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر تقاضای نفت خام می توان به قیمت، رشد اقتصادی، شاخص شدت انرژی، انرژی‌های جایگزین، حمل و نقل، ظرفیت‌های پالایشی، موتورهای رشد اقتصادی، تقاضای ذخیره‌سازی، نوسانات ارزش دلار، معاملات بورس نفت، تغییرات آب و هوایی و درآمد ملی کشورها اشاره کرد.

1. Paul W. MacAvoy

عوامل موثر بر عرضه: نفت خام همواره به عنوان یک کالای مهم و استراتژیک برای کشورها مطرح بوده است. کشورهای تولیدکننده نفت، همواره به دنبال ایجاد اثرات مثبت تولید نفت بر اقتصاد کشورشان هستند. از سوی دیگر برای کشورهای واردکننده نیز میزان عرضه نفت خام از لحاظ اثرگذاری بر روی قیمت نفت و تبعات آن بر اقتصاد این کشورها، امری بسیار مهم تلقی می‌شود، لذا بحث میزان عرضه نفت با توجه به محدود بودن ذخایر نفتی و نیز بررسی عوامل موثر بر عرضه ضروری به نظر می‌رسد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۰). اکتشافات و ذخایر، ظرفیت‌های تولید، ذخیره‌سازی‌ها، هزینه‌های تولید، معاملات بورس نفت، آب و هوا، تصمیمات اوپک، رقابت بین عرضه‌کنندگان نفت، سرمایه‌گذاری در صنعت نفت از مهم‌ترین عوامل موثر بر عرضه نفت خام می‌باشند.

سایر عوامل موثر بر عرضه و تقاضا: از جمله این عوامل می‌توان عوامل سیاسی-اجتماعی، بازار فراورده‌ها، بازار عرضه و تقاضای آمریکا، عوامل فنی، نقاط حمایت و مقاومت، مقاطع کمی اخبار و ناآرامی در خاورمیانه و غیره را نام برد.

۳. مروری بر پیشینه پژوهش

مصطفایی و سخابخش (۲۰۱۱) به مدل‌سازی و پیش‌بینی قیمت نفت خام اوپک با استفاده از مدل ARFIMA پرداخته‌اند. جامازی و الوی[1] (۲۰۱۲) با استفاده از روش‌های ترکیبی مبتنی بر تجزیه موجک به پیش‌بینی قیمت نفت خام پرداخته‌اند. هی و همکاران[2] (۲۰۱۲)، لی و همکاران[3] (۲۰۱۴) و یو و همکاران[4] (۲۰۱۶) از ARIMA جهت پیش‌بینی قیمت نفت استفاده کردند. ژو و همکاران[5] (۲۰۱۶) با استفاده از روش پیش‌بینی گرافیکی موج خاکستری، قیمت نفت خام را به صورت چند مرحله‌ای پیش‌بینی کرده‌اند. ران فنگ و همکاران[6] (۲۰۱۷) نوسانات بازار نفت خام را به کمک مدل‌های GARCH[7]، EGARCH

1. Jammazi & Aloui
2. He et al
3. Li et al
4. Yu et al
5. Zou et al
6 Runfang et al
7 Generalized AutoRegressive Conditional

پیش‌بینی نمودند. وانگ و همکاران[1] (۲۰۱۸) با استفاده از روش پیش‌بینی شبکه‌های نوسان داده‌ها اقدام به پیش‌بینی قیمت نفت خام کردند. ژانگ و همکاران[2] (۲۰۱۹) نیز از انواع مدل‌های GARCH برای پیش‌بینی نوسانات قیمت نفت استفاده کردند. ژانگ و هونگ (۲۰۲۲) و چائو دنگ و همکاران[3] (۲۰۲۱) از روش شبکه عصبی LSTM[4] برای پیش‌بینی قیمت نفت خام استفاده کرده‌اند. در مطالعات داخلی صادقی و همکاران (۱۳۹۰) و ابونوری و خدادادی (۱۳۹۱) دریافتند شبکه عصبی دارای عملکرد بهتری نسبت به مدل رگرسیون خطی ARIMA می‌باشد. امامی میبدی و همکاران (۱۳۹۲) به مدل‌سازی قیمت نفت تک محموله ایران با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی و مدل واریانس ناهمسانی شرطی تعمیم‌یافته پرداخته‌اند. حاجی کرم و دارابی (۱۳۹۶) به پیش‌بینی قیمت روزانه نفت خام برنت با یک مدل ترکیبی پیشنهادی (ترکیب روش‌های آماری و هوش مصنوعی) پرداختند. لاری سمنانی و خلیلی (۱۳۹۷) به پیش‌بینی قیمت با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، توابع سری زمانی و درخت دوتایی پرداخته‌اند. عباسی نامی (۱۴۰۰) به منظور یافتن بهترین مدل GARCH برای مدل‌سازی و پیش‌بینی دقیق‌تر نوسانات قیمت نفت خام، از انواع مدل‌های GARCH استفاده کرده است. یادگاری و همکارانش (۱۴۰۱) از ترکیب مدل خاکستری غیرخطی و آریما استفاده کرده‌اند.

با توجه به مرور مقالاتی که در پیشینه پژوهش بیان شد، چند نکته مورد توجه بود. اولا روش‌های پیش‌بینی قیمت نفت در بیشتر مقالات مشابه می‌باشد. از جمله این روش‌ها ARIMA، GARCH، انواع شبکه‌های عصبی و غیره را می‌توان نام برد و عمدتا روش شبکه عصبی یا روش‌های ترکیبی که مقالات معرفی کرده‌اند، بهترین روش پیش‌بینی بوده‌اند. ثانیا بیش‌تر مطالعات از یک متغیر (عمدتا قیمت نفت در سال‌های قبل می‌باشد) برای پیش‌بینی قیمت نفت استفاده کرده‌اند و این موضوع دقت نتایج حاصل از آنها را به شدت

1. Wang et al
2. Zhang et al
3. Chao Deng et al
4. Long-Short Term Memory

کاهش داده است. ثالثا هیچ اجماع کلی بر روش واحدی که در هر موقعیتی بهترین روش ممکن باشد وجود ندارد و این بدان دلیل است که مسایل دنیای واقعی ذاتا پیچیده هستند و هیچ مدلی به تنهایی نمی‌تواند الگوهای گوناگون موجود را با دقت یکسان مدل‌سازی کند. بنابراین آنچه که از این نتایج استنتاج می‌شود این است که روش‌های نوین پیش‌بینی همچون شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش‌های اقتصادسنجی عملکرد بهتری در پیش‌بینی قیمت نفت داشته‌اند اما باید توجه داشت که هر روشی دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. از طرف دیگر اینکه چه عواملی را بر قیمت نفت موثر بدانیم، خود می‌تواند نتایج متفاوتی را به ما ارایه دهد. در این پژوهش سعی شده ضمن در نظر گرفتن عوامل موثر بر عرضه و تقاضای نفت که سبب افزایش دقت مدل می‌شود، از روش‌های آریما، شبکه عصبی مصنوعی و روش‌های ترکیبی ارایه شده در پژوهش برای پیش‌بینی قیمت استفاده شود و دقت مدل‌ها با یکدیگر سنجیده شود.

٤. روش‌شناسی پژوهش

انتخاب موثرترین روش به منظور پیش‌بینی کار بسیار دشواری است و بسیاری از محققان، روش‌های خطی و غیرخطی را به منظور حصول نتایج دقیق‌تر با یکدیگر ترکیب کرده‌اند. در این پژوهش سعی شده بر اساس نظریه رقابتی مک اووی، تاثیر کلیه متغیرهای موثر بر عرضه و تقاضای نفت خام بررسی و با استفاده از سیستم معادلات همزمان و روش‌های آماری مرسوم، معادلات عرضه و تقاضا و کشش‌های هر کدام از متغیرها نسبت به عرضه و تقاضا برآورد گردد. سپس با استفاده از عملیات جبری و فرض برابری عرضه و تقاضای نفت در بلندمدت، کشش‌های بلندمدت متغیرهای موجود در مدل نسبت به قیمت نفت خام استخراج گردد. از آنجایی که پیش‌بینی قیمت نفت در مدل پیشنهادی بدون برآورد متغیرهای مدل در معادله اصلی امکان‌پذیر نیست، برای برآورد این متغیرها ۲ روش در نظر گرفته شده است که عبارتند از: روش شبکه‌های عصبی و روش خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته.

یکی از سوال‌های کلیدی که در این مرحله از پیش‌بینی مطرح می‌گردد این است که برای هر متغیر و در هر بازه زمانی از کدام روش باید استفاده کرد؟ برای پاسخ به این سوال که در واقع روش ارایه شده در پژوهش نیز می‌باشد، اقدام به پیش‌بینی درون نمونه‌ای (شبیه‌سازی) هر کدام از متغیرها در سناریوهای زمانی متفاوت نموده و پس از مقایسه دقت پیش‌بینی کلیه روش‌ها با استفاده از ضریب نابرابری تایل، این بار در پیش‌بینی برون نمونه‌ای آن متغیر در همان سناریو زمانی از روش انتخاب شده استفاده می‌شود و با جایگذاری مقادیر برآورد شده در معادله اصلی، قیمت نفت برآورد می‌گردد.

حال به بیان الگوی پژوهش شامل سه روش خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته، شبکه عصبی مصنوعی و سیستم معادلات همزمان، پرداخته می‌شود.

٤-١. خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA)

در مدل خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته مقادیر آینده متغیر به عنوان تابعی خطی، از مشاهدات گذشته و خطاهای تصادفی فرض می‌شوند، یعنی اینکه فرایند اساسی که سری زمانی را تولید می‌نماید بدین صورت می‌باشد:

$$y_t = \theta_0 + \phi_1 y_{t-1} + \cdots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \cdots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \qquad (1)$$

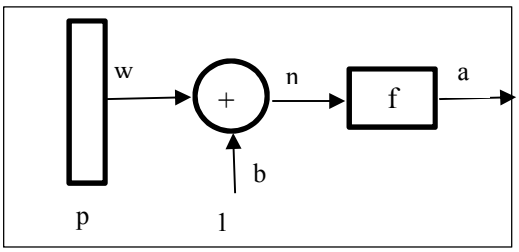
به طوری که در آن y_t و ε_t به ترتیب مقادیر واقعی و خطاهای تصادفی در دوره t، $\phi_i (i = 1.2 \ldots . p)$ و $\theta_j (j = 1.2 \ldots . q)$ پارامترهای مدل و p و q اعداد صحیح و بیانگر مرتبه مدل می‌باشند. خطای تصادفی ε_t نیز مستقل و دارای توزیع یکنواخت با میانگین صفر و واریانس ثابت σ^2 فرض می‌شود.

به طور کلی فرایندی را ARMA (p, q) می‌گویند که شامل p مرتبه جمله خودرگرسیون و q مرتبه جمله میانگین متحرک باشد. هم‌چنین اگر یک سری‌زمانی پس از d مرتبه تفاضل‌گیری ساکن شود و سپس آن را توسط فرایند ARIMA (p, q) مدل‌سازی کنیم در این صورت سری زمانی اصلی، سری زمانی خود رگرسیونی میانگین متحرک انباشته ARIMA (p, d, q) است (گجراتی، ۱۹۹۶).

٤-٢. شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs)

الگوهای شبکه عصبی از جمله مدل‌های ریاضی هستند که از ذهن انسان شبیه‌سازی شده‌اند. در دنیای کنونی که تکنولوژی زندگی ما را تسخیر کرده و تلاش‌ها برای به حداقل رساندن نیروی انسانی است، تکنیک شبکه عصبی مصنوعی به یکی از موثرترین روش‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی داده‌ها تبدیل شده است (گوپتا و نیگام، ۲۰۲۰).

یک شبکه عصبی از نرون‌های مصنوعی تشکیل شده است. نرون، کوچکترین واحد پردازش اطلاعات است که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد (منهاج، ۱۳۷۷). هر یک از نرون‌ها، ورودی‌ها را دریافت می‌کند و پس از پردازش، یک سیگنال خروجی تولید می‌نماید. شکل ۱ نمایش ساختار یک نرون تک ورودی است که در آن اعداد p و a به ترتیب ورودی و خروجی نرون هستند.



شکل ۱: مدل نرون تک ورودی

میزان تاثیر p بر a به وسیله مقدار عدد w تعیین می‌شود. ورودی دیگر مقدار ثابت یک است که در جمله اریب b ضرب شده و سپس با wp جمع می‌شود. این حاصل جمع ورودی خالص n برای تابع تبدیل یا فعال‌سازی (محرک) f است. به این ترتیب خروجی نرون به صورت معادله (۲) تعریف می‌شود:

$$a = f(wp + b) \quad (۲)$$

پارامترهای w و b قابل تنظیم‌اند و تابع محرک f نیز توسط طراح انتخاب می‌شود. بر اساس انتخاب f و نوع الگوریتم یادگیری، پارامترهای w و b تنظیم می‌شوند. در واقع

یادگیری به این معنا است که w و b طوری تغییر کنند که رابطه ورودی و خروجی نرون با هدف خاصی مطابقت نماید.

اما مهمترین مساله در این روش، تخمین ضرایب می‌باشد.برای به دست آوردن ضرایب بهینه شبکه، باید تابع هدف $E(w) = \sum(y - \hat{y})^2$ که در واقع مجموع مربع خطاها یعنی اختلافات میان ارزش‌های خروجی هدف و خروجی به دست آمده از شبکه را نشان می‌دهد، حداقل شود. در الگوریتم‌های تکرار، کار با یک حدس اولیه درباره ضرایب w آغاز می‌شود. در این حالت رابطه وضعیت مجموعه بهینه ضرایب از شکل زیر پیروی می‌کند:

$$w^{t+1} = w^t + \Delta w^t \quad (۳)$$

که در آن، t رتبه تکرار و w^t تخمین فعلی از نقطه بهینه یعنی مینیمم تابع E(w) در مرحله t ام است. رابطه بالا را به صورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$\Delta w^t = w^{t+1} - w^t = \quad p^t \quad (۴)$$

که در آن p^t بردار جستجو است. به این معنی که از روی آن، تخمین مرحله بعد w^{t+1} به دست می‌آید. η نیز یک مقدار اسکالر بزرگتر از صفر است که نرخ یادگیری نامیده می‌شود و طول قدم در هر تکرار را در مسیر p^t تعیین می‌کند. چگونگی انتخاب p^t، روش های مختلف مینیمم‌سازی را از هم متمایز می‌کند. بردار جستجو را می‌توان از روی اطلاعات به دست آمده از بردار گرادیان (روش پس انتشار خطا BP) و ماتریس هشین تابع خطا E(w) (روش نیوتن، روش شبه نیوتن و روش لونبرگ – مارکوانت LM) تعیین کرد.

بعد از تخمین مدل برای ارزیابی اجرای مدل‌های رقیب باید قدرت پیش‌بینی مدل‌ها در خارج از نمونه را بررسی کرد. برای این منظور معمولا داده‌ها را به دو مجموعه جدا تقسیم می‌کنند. بخش اول به مجموعه آموزش یا تخمین و مجموعه دوم به مجموعه آزمون مرسوم است. ابتدا ضرایب مدل با استفاده از داده‌های مجموعه اول تخمین زده می‌شود و سپس با استفاده از داده‌های مجموعه دوم قدرت پیش‌بینی مدل و یا به عبارت دیگر توان تعمیم مدل به خارج از مجموعه داده‌های مورد استفاده در تخمین ارزیابی می‌شود. در این قسمت هدف حداقل کردن خطای پیش‌بینی در مجموع آزمون است. برای این منظور معمولا از ۴ معیار

میانگین مربع خطا (MSE) یا ریشه میانگین مربع خطا (RMSE)، معیار میانگین قدر مطلق انحراف (MAD) یا میانگین قدر مطلق درصد خطا (MAPE)، آماره U تایل و نرخ اغتشاش استفاده می‌شود.

٤-٣. سیستم معادلات همزمان

اقتصاددانان به منظور توضیح عملکرد اقتصاد الگوهایی را برای مصرف، تولید، سرمایه‌گذاری و عرضه و تقاضای انواع کالاها از جمله نفت خام طراحی کرده‌اند. این معادلات رفتاری، معادلاتی هستند که یا به صورت تکی و یا به همراه سایر معادلات به صورت سیستم معادلات برآورد می‌شوند. این مدل‌ها به نام مدل‌های معادلات همزمان معروفند. به طور کلی، وقتی یک متغیر سمت راست معادله با جمله خطا همبسته است، برآورد روش حداقل مربعات معمولی اریب و ناسازگار است که به آن مشکل درون‌زایی گفته می‌شود و در نتیجه در این حالات باید از الگوی سیستم معادلات همزمان استفاده نمود.

روش 3SLS یکی از روش‌های سیستمی برای برآورد معادلات همزمان است. روش‌های تک معادله‌ای، روش‌های سازگار هستند اما کارایی مجانبی ندارند. یعنی با افزایش حجم نمونه، تورش و واریانس آنها به سمت صفر میل می‌کند، لذا سازگارند، اما چون حداقل واریانس را ندارند از کارایی برخوردار نیستند. دلیل عدم کارایی مجانبی آنها در نادیده گرفتن همبستگی جملات خطای معادلات است. یعنی فرض بر این است که جمله خطای یک معادله با جمله خطای سایر معادلات، همبستگی ندارند. این بحث مشابه با آن است که سیستم معادلات به ظاهر نامرتبط را با روش OLS برآورد کنیم، زیرا همبستگی بین جملات خطا را نادیده گرفته‌ایم. اگر همبستگی بین جملات خطای معادلات ساختاری را نادیده بگیریم، در این صورت از تمام اطلاعات موجود در هر معادله استفاده نکرده‌ایم و لذا به کارایی مجانبی نخواهیم رسید. روش 3SLS در سه مرحله انجام می‌شود:

۱. تخمین فرم حل شده (خلاصه شده) برای متغیرهای درون‌زای موجود در هر معادله. به عنوان مثال برای معادله jام اگر Y_j بردار متغیرهای درون‌زای موجود در آن معادله

باشد، ابتدا با روش OLS معادله $Y_j = X\pi_j + v_j$ را برآورد می‌کنیم. توجه شود که هریک از Y_{jt}ها را روی تمام متغیرهای برون‌زا برازش می‌کنیم.

۲. $\hat{Y}_j = X\hat{\pi}_j$ را حساب کرده و $\hat{Y}_j + \hat{v}_j$ را در معادله مورد نظر (معادله jام) به جای Y_j قرار می‌دهیم و ضرایب آن را برآورد می‌کنیم. این برآوردها همان تخمین‌های 2SLS هستند. با استفاده از این برآوردها، خطاهای معادله مورد نظر را حساب کرده و سپس واریانس و کوواریانس بین جملات خطا (یعنی $\hat{\sigma}_{ij}$ها) را محاسبه می‌کنیم. ماتریس واریانس-کوواریانس جملات خطا به صورت $E(u_t\acute{u}_t) = \sum_t$ تعریف می‌شود که عناصر $\sum_t$ معادل با $E(u_t\acute{u}_t) = \sigma_{ij}$ هستند.

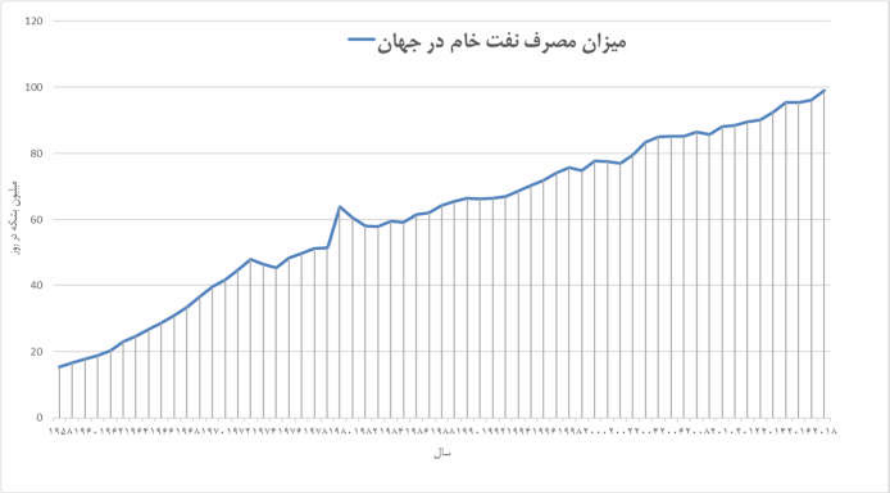
۳. از روش حداقل مربعات وزنی (GLS) برای برآورد ضرایب سیستم معادلات استفاده می‌کنیم که وزن‌ها معادل $\hat{\sigma}_{ij}$ها هستند.

۵. تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش و ارایه یافته‌ها

همان‌گونه که پیش‌تر بیان گردید عرضه و تقاضای نفت خام هر کدام تابع عوامل و متغیرهای بسیاری هستند. در این پژوهش، تلاش شده تا مهم‌ترین و در عین‌حال جامع‌ترین عوامل موثر بر عرضه و تقاضای جهانی نفت مدل‌سازی شود. این عوامل به شرح ذیل می‌باشد.

- **میزان مصرف نفت خام در جهان**

نفت از جمله مواد اولیه‌ای است که با توجه به کاربردهای متعددش از جمله سوخت اتومبیل ها، کامیون‌ها و هواپیماها و نفت گرمایشی همواره مورد تقاضا کشورها بوده است. در شکل ۱ نمودار مربوط به مصرف نفت خام در جهان بین سال‌های ۱۹۵۸ تا ۲۰۱۸ با شاخص میلیون بشکه در روز مشاهده می‌شود.



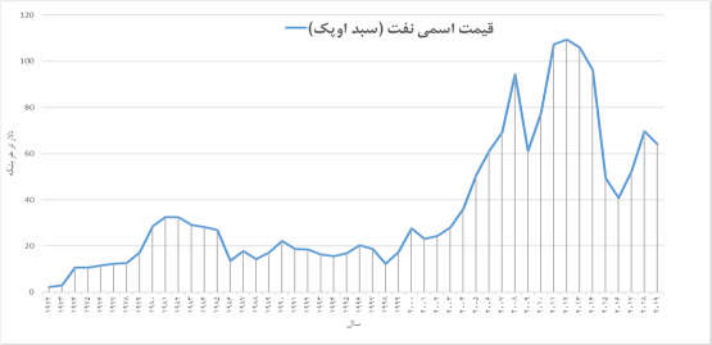
نمودار ۱: میزان مصرف نفت خام جهان

منبع: بریتیش پترولیوم

- **قیمت اسمی نفت (سبد اوپک)**

نفت خام را بر اساس حوزه‌های نفتی استخراج‌شده از آن تقسیم‌بندی و نام‌گذاری نموده‌اند که این امر به علت مسئله مهم حمل و نقل نفت از مبدا تا مقصد مصرف، علاوه بر کیفیت نفت خام، بر روی قیمت تمام‌شده نفت موثر است و در بازار داد و ستد نفت به آن توجه می شود. حوزه‌های نفتی بسیار زیادی در جهان وجود دارد. سبد اوپک یا سبد مرجع اوپک[۱] نوعی از شاخص قیمت نفت می‌باشد و عبارت است از فهرست قیمت انواع مختلف نفت خامی که توسط کشورهای عضو اوپک تولید می‌شود، که با توجه به میزان غلظت (سبک یا سنگین بودن نفت خام) نفت آنها، طبقه‌بندی می‌شوند. شکل ۲ نمودار قیمت اسمی نفت (سبد اوپک) را با شاخص دلار در هر بشکه نمایش می‌دهد.

۱. OPEC Reference Basket

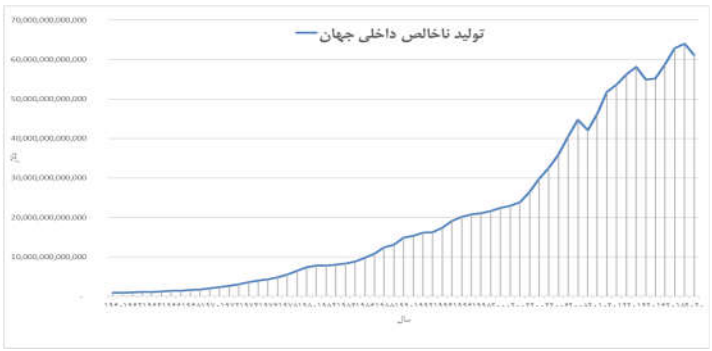


نمودار ۲: قیمت اسمی نفت (سبد اوپک)

منبع: بولتن آماری سالانه اوپک

- **تولید ناخالص داخلی جهان**

تولید ناخالص داخلی (GDP[1]) از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصاد کلان می‌باشد و عبارتست از کل ارزش ریالی محصولات نهایی تولید شده توسط واحدهای اقتصادی مقیم کشور در دوره زمانی معین (سالانه یا فصلی). تولید ناخالص داخلی جهانی از جمع تولید ناخالص داخلی کلیه کشورهای جهان به دست می‌آید. نمودار ۳ تولید ناخالص داخلی جهان طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۲۰ با شاخص دلار می‌باشد.



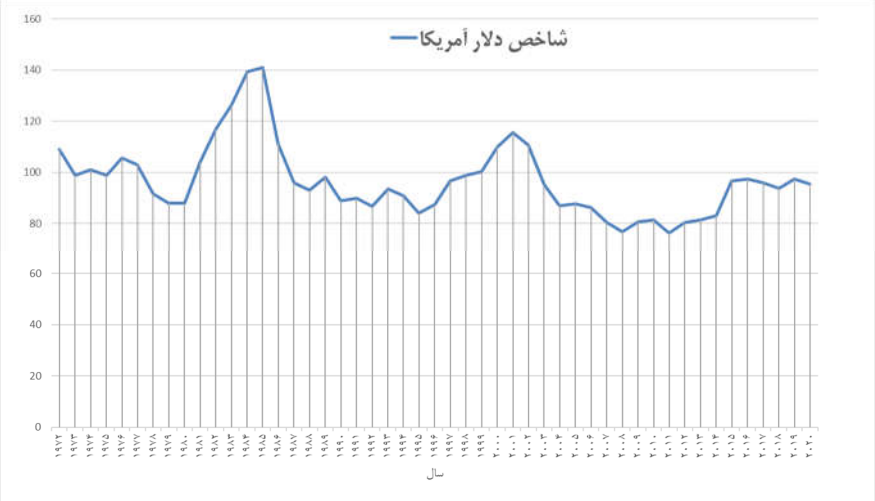
نمودار ۳: تولید ناخالص داخلی جهان

منبع: بانک جهانی

۱. Gross Domestic Product

- **شاخص دلار آمریکا**

تسلط دلار بر اقتصاد جهان پس از پایان جنگ دوم جهانی و در کنفرانس "برتن وودز[1]" حادث شد. در سال ۱۹۷۳، بسیاری از کشورها تصمیم گرفتند که نرخ ارز خود را شناور کنند و به این توافقنامه پایان دهند. مدت کوتاهی پس از انحلال این توافقنامه، شاخص دلار آمریکا[2] در سال ۱۹۷۳ با ارزش پایه ۱۰۰ معاملات خود را آغاز کرد. این شاخص در واقع یک شاخص تجمیع شده از دلار آمریکا نسبت به سبدی از سایر ارزهای خارجی است. ارزش این شاخص به عنوان میانگین وزنی هندسی نرخ مبادله دلار آمریکا نسبت به سبدی از شش ارز خارجی محاسبه می‌شود. هر یک از این ارزها متعلق به کشوری است که یکی از شرکای تجاری و اقتصادی کلیدی ایالات متحده است. در محاسبه شاخص دلار آمریکا این ارزها با درصد وزنی متفاوت استفاده می‌شوند. در نمودار ۴ شاخص دلار آمریکا طی سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۲۰ ارایه شده است.



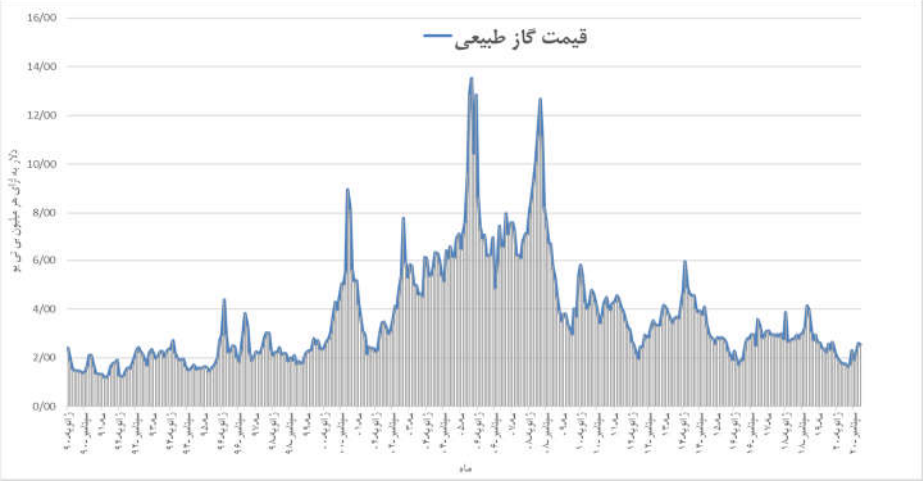
نمودار ٤: شاخص دلار آمریکا

منبع: اینوستینگ

1. Bretton Woods
2. DXY یا USDX

- **قیمت گاز طبیعی**

استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت و کشف گاز آبی و گاز مولد منجر به رشد صنعت تولید و پخش گاز و در نهایت تشکیل شرکت‌های بزرگ گازی شده است. قیمت گاز طبیعی در اروپا به جز بازار انگلیس که قیمت گاز در آن توسط مکانیسم بازار تعیین می‌شود، عمدتا توسط قراردادهای خرید و فروش بلندمدت و در نتیجه مذاکرات تعیین می‌شود. در آمریکا گاز طبیعی آزادانه میان خریداران و فروشندگان مبادله می‌شود و قیمت‌ها از تعادل عرضه و تقاضا مشتق می‌شوند. هنری هاب[1] به عنوان مرجعی برای قیمت‌های گاز طبیعی در آمریکا مورد استفاده قرار می‌گیرد. در آسیا قیمت‌های LNG[2] عموما با توجه به قیمت نفت خام، خصوصا قیمت سبد نفتی ژاپن (JCC) تعیین می‌شود (رحیمی، ۱۳۸۶). نمودار ۵ قیمت گاز طبیعی طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ با شاخص دلار به ازای هر میلیون بی تی یو را نشان می‌دهد.



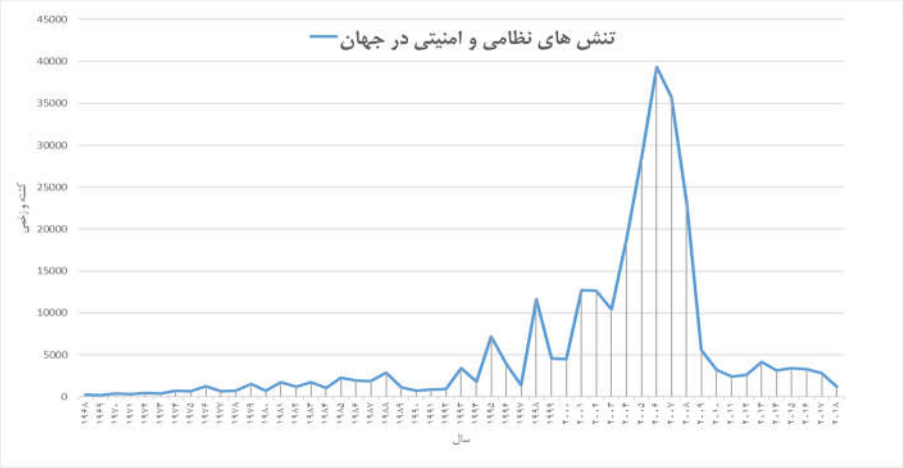
نمودار ۵: قیمت گاز طبیعی

منبع: مدیریت اطلاعات انرژی آمریکا

1. Henry Hub
2. Liquefied Natural Gas

- **تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان**

یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر قیمت نفت، تنش‌های سیاسی، جنگ‌ها و درگیری‌های داخلی در کشورهای عضو اوپک است. دو نکته مهم درباره اثرات ریسک سیاسی کشورهای اوپک وجود دارد؛ نخست اینکه کشورهای عضو اوپک سهم عمده‌ای از تولید نفت بازارهای جهانی را به خود اختصاص داده‌اند؛ از این‌رو مطالعه وقایع تاثیرگذار بر تولید نفت در این کشورها از اهمیت خاصی برخوردار است (تک روستا و همکاران، ۱۳۹۸). دیگر آنکه کشورهای عضو اوپک در مقایسه با سایر تولیدکنندگان نفت عمدتا دارای ریسک سیاسی بیشتری هستند؛ بنابراین مطالعه تاثیر ریسک سیاسی این کشورها از اهمیت به سزایی برخوردار است. هم‌چنین بررسی شوک‌های نفتی نشان می‌دهد هم در کوتاه‌مدت و هم در بلندمدت، اهمیت سازمان‌های موثر انرژی در دنیا مانند اوپک، آژانس بین‌المللی انرژی و سازمان اطلاعات انرژی آمریکا را نشان می‌دهد. نمودار زیر نشان‌دهنده تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان طی سال‌های ۱۹۶۸ تا ۲۰۱۸ می‌باشد.



نمودار ٦: تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان

منبع: رند

- **میزان ذخایر کشورهای OECD**

از دیگر عوامل موثر بر قیمت نفت، میزان تقاضای ذخیره‌سازی است. کشورهای صنعتی برای جلوگیری از تکرار بحران نفتی ۱۹۷۳ مبادرت به تأسیس آژانس بین‌المللی انرژی کردند و در کنار مجموعه‌ای از سیاست‌های دیگر، تصمیم گرفتند مقداری از نفت مورد نیاز خود را ذخیره کنند تا در روز مبادا از آن استفاده کنند. در نمودار۷، میزان ذخایر کشورهای OECD طی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۲۰ با شاخص میلیون بشکه نشان داده شده است.

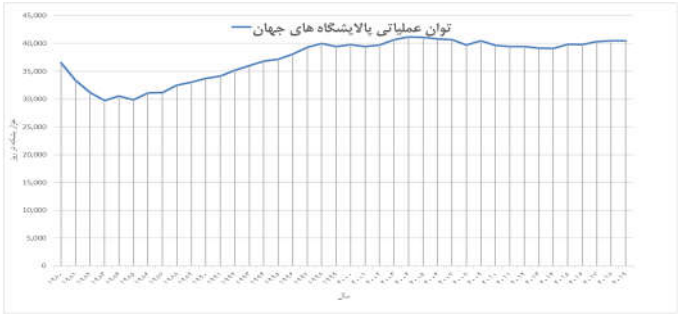
نمودار ۷: میزان ذخایر کشورهای OECD

منبع: بولتن آماری سالانه اوپک

- **توان عملیاتی پالایشگاه‌های جهان**

صنعت نفت در برگیرنده و چرخ محرک بسیاری از صنایع مانند خودروسازی، پتروشیمی، فولاد و غیره است. بخش‌های مختلف این صنعت شامل اکتشاف و استخراج نفت، پالایش نفت خام و میعانات گازی و حمل و نقل مواد هیدروکربوری است. بخش پالایش نفت خام یکی از بخش های مهم صنعت نفت است. اهمیت این بخش از صنعت نفت آن است که در صورت نبود آن، استفاده چندانی از این ماده استراتژیک نمی‌توان کرد و وجود این صنعت است که استفاده از نفت خام را امکان‌پذیر می‌کند. در واقع زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز شامل ۳ بخش اصلی است: استخراج، پالایش و پتروشیمی. پالایشگاه را می‌توان بر اساس نوع خوراک دریافتی آن طبقه‌بندی کرد که بر این اساس شامل پالایشگاه نفت خام و پالایشگاه میعانات گاز است. بخش

پالایشگاه نفت خام، بخشی است که با آن، از تفکیک و تصفیه نفت خام، محصولات متنوع و پر ارزشی از قبیل گاز مایع، سوخت اتومبیل و سوخت جت، انواع روانکار، نفت سفید، حلال‌های نفتی، مواد اولیه پتروشیمی‌ها مانند نفتا و غیره تولید می‌شود. در نمودار ۸ توان عملیاتی پالایشگاه های جهان طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۹ با شاخص هزار بشکه در روز ترسیم شده است.



نمودار ۸: توان عملیاتی پالایشگاه های جهان

منبع: بولتن آماری سالانه اوپک

داده های مورد استفاده در پژوهش در جدول (۱) قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۱: داده‌های پژوهش

داده	موثر بر	بازه زمانی	منبع
میزان مصرف نفت خام در جهان	عرضه و تقاضای جهانی نفت	۲۰۱۸-۱۹۵۸	بریتیش پترولیوم
قیمت اسمی نفت (سبد اوپک)	عرضه و تقاضای جهانی نفت	۲۰۱۹-۱۹۷۲	اوپک
تولید ناخالص داخلی جهان	تقاضای جهانی نفت	۲۰۲۰-۱۹۶۰	بانک جهانی
شاخص دلار آمریکا	تقاضای جهانی نفت	۲۰۲۰-۱۹۷۲	اینوستینگ
قیمت گاز طبیعی	تقاضای جهانی نفت	۲۰۲۰-۱۹۹۰	مدیریت اطلاعات انرژی آمریکا
تنش های نظامی و امنیتی در جهان	تقاضای جهانی نفت	۲۰۱۸-۱۹۶۸	رند
میزان ذخایر کشورهای OECD	عرضه جهانی نفت	۲۰۲۰-۱۹۷۳	اوپک
توان عملیاتی پالایشگاه های جهان	عرضه جهانی نفت	۲۰۱۸-۱۹۸۰	اوپک

هم چنین آمار توصیفی داده‌ها در جدول زیر قابل مشاهده می‌باشد:

جدول ۲: آمار توصیفی داده‌های پژوهش

متغیر	میانگین	میانه	حداکثر	حداقل	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
مصرف نفت خام در جهان	۰/۰۱۴۲۶۰	۰/۰۱۳۸۷۳	۰/۰۴۶۵۷۹	-۰/۰۱۱۱۹۱	۰/۰۱۵۴۶۳	۰/۱۳۰۰۳۲	۲/۰۱۷۱۰۲
قیمت اسمی نفت (سبد اوپک)	۰/۰۴۰۸۰۶	۰/۰۶۷۲۰۷	۰/۴۵۶۷۵۸	-۰/۶۶۵۵۹۴	۰/۲۶۷۳۷۹	-۰/۷۵۱۵۳۲	۳/۱۸۸۹۳۵
تولید ناخالص داخلی جهان	۰/۰۵۱۳۹۸	۰/۰۴۶۶۹۰	۰/۱۲۳۸۱۳	-۰/۰۶۱۴۰۱	۰/۰۴۶۸۷۰	-۰/۵۶۲۱۷۳	۳/۱۱۰۴۴۴
شاخص دلار آمریکا	۰/۰۰۱۹۵۳	۰/۰۰۸۵۲۳	۰/۱۵۲۶۳۶	-۰/۱۵۰۷۳۵	۰/۰۶۴۱۷۹	۰/۰۲۱۹۹۰	۳/۲۵۹۴۷۱
قیمت گاز طبیعی	۰/۰۲۲۱۱۹	۰/۰۵۱۲۰۲	۰/۶۴۲۲۴۱	-۰/۸۰۷۳۶۱	۰/۳۰۹۰۶۴	-۰/۳۹۱۱۰۷	۳/۶۲۵۵۲۴
تنش های نظامی و امنیتی در جهان	۰/۰۱۸۷۵۸	-۰/۰۲۷۲۱۷	۲/۱۳۰۲۰۷	-۱/۴۱۹۸۵۲	۰/۷۷۲۳۵۸	۰/۷۱۹۸۰۹	۳/۶۹۵۱۷۴
ذخایر کشورهای OECD	۰/۰۰۶۰۷۰	۰/۰۱۱۶۵۹	۰/۰۶۵۲۵۵	-۰/۰۶۹۹۶۶	۰/۰۲۷۶۹۶	-۰/۶۵۰۲۲۶	۳/۷۲۲۸۸۲
توان عملیاتی پالایشگاه‌های جهان	۰/۰۰۶۵۷۰	۰/۰۰۷۹۸۹	۰/۰۳۲۳۳۴	-۰/۰۲۴۲۶۲	۰/۰۱۵۰۷۲	-۰/۱۸۴۸۱۷	۲/۱۸۳۱۵۵

حال در ادامه به بیان معادله عرضه جهانی نفت، تقاضای جهانی نفت و شرط تعادل پرداخته شده است.

معادله عرضه جهانی نفت

در الگوی پژوهش، عرضه جهانی نفت تابع قیمت اسمی نفت (سبد مرجع اوپک) (P)، ذخایر کشورهای OECD (S) و توان عملیاتی پالایشگاه‌های جهان (R) به صورت زیر می‌باشد:

$$Q_s = f\ (P.S.R) \quad (۵)$$

Q_s= مصرف نفت خام در جهان

بر اساس مطالعه مک اووی اگر در زمان t عرضه جهانی نفت Q_{st}، قیمت اسمی نفت P_t، ذخایر کشورهای OECD S_t و توان عملیاتی پالایشگاه‌های جهان R_t باشد در این صورت عرضه جهانی نفت را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$Q_{st} = {P_t}^{\alpha} {S_t}^{\beta} R_t^{\gamma} Q_{st-1}^{C} \quad (۶)$$

α= کشش قیمتی عرضه جهانی نفت در کوتاه‌مدت

β= کشش عرضه جهانی نفت نسبت به ذخایر کشورهای OECD در کوتاه‌مدت

γ= کشش عرضه جهانی نفت نسبت به توان عملیاتی پالایشگاه‌های جهان در کوتاه‌مدت

c= کشش عرضه جهانی نفت نسبت به عرضه در زمان $t-1$

معادله (۶) را در زمان $t-1$ تکرار کرده که به صورت زیر نوشته خواهد شد:

$$Q_{st-1} = {P_{t-1}}^{\alpha} {S_{t-1}}^{\beta} R_{t-1}^{\gamma} Q_{st-2}^{C} \quad (۷)$$

با تقسیم نمودن معادله (۶) بر معادله (۷) در زمان $t-1$ نتیجه به صورت زیر نوشته خواهد شد:

$$q_{st} = p_t^{\alpha} s_t^{\beta} r_t^{\gamma} q_{st-1}^{C} \quad (۸)$$

q_{st} = سهم مصرف نفت خام در جهان در زمان t نسبت به زمان $t-1$

p_t= سهم قیمت اسمی نفت در زمان t نسبت به زمان $t-1$

s_t= سهم ذخایر کشورهای OECD در زمان t نسبت به زمان $t-1$

r_t= سهم توان عملیاتی پالایشگاه‌های جهان در زمان t نسبت به زمان $t-1$

q_{st-1}= درصدی از مصرف نفت خام جهان در زمان $t-1$ نسبت به زمان $t-2$

بنابراین متغیرهای معادله (۸) به صورت درصدی از تغییرات بیان شده است. مثلا q_{st} نشان می‌دهد مصرف نفت خام در جهان در زمان t چند درصد نسبت به مصرف نفت خام

در جهان در زمان $t-1$ می‌باشد. حال با گرفتن لگاریتم از طرفین معادله (۸) معادله به صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$ln\, q_{st} = \alpha\, ln\, p_t + \beta\, ln\, s_t + \gamma\, ln\, r_t + c\, ln\, q_{st-1} \qquad (۹)$$

ضریب α کشش قیمتی عرضه جهانی نفت در کوتاه‌مدت، ضریب β کشش عرضه جهانی نفت نسبت به ذخایر کشورهایOECD در کوتاه‌مدت، ضریب γ کشش عرضه جهانی نفت نسبت به توان عملیاتی پالایشگاه‌های جهان در کوتاه‌مدت و ضریب c کشش عرضه جهانی نفت نسبت به عرضه در زمان $t-1$ را نشان می‌دهند. ضریب c میزان تطبیقی و تعدیل کشش قیمتی کوتاه‌مدت به بلندمدت را نشان می‌دهد. برای به دست آوردن کشش‌های بلندمدت، تساوی $ln\, q_{st} = ln\, q_{st-1}$ را در معادله (۹) جایگزین کرده و معادله زیر به دست می‌آید:

$$ln\, q_{st} = \frac{\alpha}{1-c} ln\, p_t + \frac{\beta}{1-c} ln\, s_t + \frac{\gamma}{1-c} ln\, r_t \qquad (۱۰)$$

ملاحظه می‌شود که کشش قیمتی عرضه جهانی نفت در بلندمدت برابر با $\frac{\alpha}{1-c}$ است. نسبت $\frac{1}{1-c}$ تعداد سال‌هایی را نشان می‌دهد که عرضه جهانی نفت در کوتاه‌مدت خود را با عرضه جهانی نفت در بلندمدت تطبیق می‌کند.

معادله تقاضای جهانی نفت

در الگوی این پژوهش، تقاضای جهانی نفت تابع قیمت اسمی نفت (سبد مرجع اوپک) (P)، تولید ناخالص داخلی جهان (G)، شاخص دلار آمریکا (I)، قیمت گاز طبیعی (GP) و تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان (SA) به صورت زیر می‌باشد:

$$Q_d = f\,(P.G.I.GP.SA) \qquad (۱۱)$$

Q_d = مصرف نفت خام در جهان

بر اساس مطالعه مک اووی اگر در زمان t تقاضای جهانی نفت Q_{dt}، قیمت اسمی نفت (سبد مرجع اوپک) P_t، تولید ناخالص داخلی جهان G_t، شاخص دلار آمریکا I_t ، قیمت گاز طبیعی GP_t و تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان SA_t باشد در این صورت تقاضای جهانی نفت را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$Q_{dt} = {P_t}^{\delta} {G_t}^{\varepsilon} I_t^{\epsilon} GP_t^{\theta} SA_t^{\eta} Q_{dt-1}^{b} \quad (۱۲)$$

δ= کشش قیمتی تقاضای جهانی نفت در کوتاه‌مدت

ε= کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به تولید ناخالص داخلی جهان در کوتاه‌مدت

ϵ= کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به شاخص دلار آمریکا در کوتاه‌مدت

θ= کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به قیمت گاز طبیعی در کوتاه‌مدت

η= کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان در کوتاه‌مدت

b= کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به تقاضا در زمان $t-1$

معادله (۱۲) را در زمان $t-1$ تکرار کرده که به صورت زیر نوشته خواهد شد:

$$Q_{dt-1} = {P_{t-1}}^{\delta} {G_{t-1}}^{\varepsilon} I_{t-1}^{\epsilon} GP_{t-1}^{\theta} SA_{t-1}^{\eta} Q_{dt-2}^{b} \quad (۱۳)$$

با تقسیم نمودن معادله (۱۲) بر معادله (۱۳) نتیجه به صورت زیر نوشته خواهد شد:

$$q_{dt} = p_t^{\delta}\ g_t^{\varepsilon}\ i_t^{\epsilon}\ gp_t^{\theta}\ sa_t^{\eta} q_{dt-1}^{b} \quad (۱۴)$$

q_{dt}= سهم مصرف نفت خام در جهان در زمان t نسبت به زمان $t-1$

g_t= سهم تولید ناخالص داخلی جهان در زمان t نسبت به زمان $t-1$

i_t= سهم شاخص دلار آمریکا در زمان t نسبت به زمان $t-1$

gp_t= سهم قیمت گاز طبیعی در زمان t نسبت به زمان $t-1$

sa_t= سهم تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان در زمان t نسبت به زمان $t-1$

q_{dt-1}= درصدی از مصرف نفت خام جهان در زمان $t-1$ نسبت به زمان $t-2$

بنابراین متغیرهای معادله (۱۴) به صورت درصدی از تغییرات بیان شده است. مثلا q_{dt} نشان می‌دهد مصرف نفت خام در جهان در زمان t چند درصد نسبت به مصرف نفت خام در جهان در زمان $t-1$ می‌باشد. حال با گرفتن لگاریتم از طرفین معادله (۱۴) معادله تقاضای جهانی نفت به صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$\begin{aligned} ln\, q_{dt} = {} & \delta\, ln\, p_t + \varepsilon\, ln\, g_t + \epsilon\, ln\, i_t + \theta\, ln\, gp_t \\ & + \eta\, ln\, sa_t + b\, ln\, q_{dt-1} \end{aligned} \quad (۱۵)$$

در معادله (۱۵) کشش قیمتی تقاضا در کوتاه‌مدت توسط ضریب δ، کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به تولید ناخالص داخلی جهان در کوتاه‌مدت توسط ضریب ε، کشش

تقاضای جهانی نفت نسبت به شاخص دلار آمریکا در کوتاه‌مدت توسط ϵ، کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به قیمت گاز طبیعی در کوتاه‌مدت توسط θ، کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان در کوتاه‌مدت توسط η و کشش تقاضا در زمان t نسبت به زمان $t-1$ توسط ضریب b نشان داده شده‌اند. در واقع ضریب b کشش تعدیل و تطبیق از تعادل کوتاه‌مدت به تعادل در بلندمدت را نشان می‌دهد. اگر در معادله (۱۵) تساوی $ln\, q_{dt} = ln\, q_{dt-1}$ برقرار باشد تقاضای ایستا به دست می‌آید:

$$ln\, q_{dt} = \frac{\delta}{1-b} ln\, p_t + \frac{\varepsilon}{1-b} ln\, g_t + \frac{\epsilon}{1-b} ln\, i_t + \frac{\theta}{1-b} ln\, gp_t + \frac{\eta}{1-b} ln\, sa_t \qquad (۱۶)$$

که در آن ضریب $\frac{\delta}{1-b}$ کشش قیمتی بلندمدت تقاضا است. نسبت $\frac{1}{1-b}$ تعداد دوره‌های تعدیل را نشان می‌دهد که تعادل کوتاه‌مدت خود را به تعادل در بلندمدت نزدیک کرده و بر آن منطبق می‌شود.

قیمت تعادلی نفت

قیمت تعادلی از تساوی عرضه و تقاضای جهانی نفت حاصل می‌گردد:

$$ln\, q_{dt} = ln\, q_{st} \qquad (۱۷)$$

و در نتیجه داریم:

$$ln\, p_t = \frac{\mathrm{E}\, ln\, g_t + \Xi\, ln\, i_t + \Theta\, ln\, gp_t + \mathrm{H}\, ln\, sa_t - \mathrm{B}\, ln\, s_t - \Gamma\, ln\, r_t}{\mathrm{A} - \Delta} \qquad (۱۸)$$

$\mathrm{E} = \frac{\varepsilon}{1-b}$: کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به تولید ناخالص داخلی جهان در بلندمدت

$\Xi = \frac{\epsilon}{1-b}$: کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به شاخص دلار آمریکا در بلندمدت

$\Theta = \frac{\theta}{1-b}$: کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به قیمت گاز طبیعی در بلندمدت

$\mathrm{H} = \frac{\eta}{1-b}$: کشش تقاضای جهانی نفت نسبت به تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان در بلندمدت

$\mathrm{B} = \frac{\beta}{1-c}$: کشش عرضه جهانی نفت نسبت به ذخایر کشورهای OECD در بلندمدت

$\Gamma = \frac{\gamma}{1-c}$: کشش عرضه جهانی نفت نسبت به توان عملیاتی پالایشگاه‌های جهان در بلندمدت

$\mathrm{A} = \frac{\alpha}{1-c}$: کشش قیمتی عرضه در بلندمدت

$\Delta = \frac{\delta}{1-b}$: کشش قیمتی تقاضا در بلندمدت

این کشش‌ها نسبت به زمان مستقل هستند و در طول زمان ثابت می‌باشند.

۵-۱. آزمون‌های آماری متغیرها

یکی از فروضی که در روش‌های سنتی و معمول اقتصادسنجی در برآورد ضرایب الگو با استفاده از داده‌های سری زمانی در نظر گرفته می‌شود، مانایی متغیرهای مورد استفاده است. متغیری که میانگین، واریانس و ضرایب خودهمبستگی آن در طول زمان ثابت باشد را مانا می‌گویند.جهت آزمون ریشه واحد و تعیین ایستایی متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش از آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته (ADF) استفاده نمودیم. در جدول (۳) مانایی تک‌تک متغیرهای موجود در سیستم معادلات همزمان را با نمایش نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) بررسی شده است.

جدول ۳: آزمون ریشه واحد دیکی- فولر تعمیم‌یافته (ADF) برای متغیرهای مدل

ردیف	متغیر	مقدار آماره t	فرضیه ریشه واحد	وضعیت
۱	مصرف نفت خام در جهان	-۶/۲۱۲۶۰۵	رد می‌گردد	در سطح اطمینان یک درصد مانا
۲	قیمت اسمی نفت (سبد مرجع اوپک)	-۶/۱۲۱۱۳۸	رد می‌گردد	در سطح اطمینان یک درصد مانا
۳	تولید ناخالص داخلی جهان	-۴/۲۴۳۳۶۰	رد می‌گردد	در سطح اطمینان یک درصد مانا
۴	شاخص دلار آمریکا	-۴/۹۲۲۸۸۸	رد می‌گردد	در سطح اطمینان یک درصد مانا
۵	قیمت گاز طبیعی	-۶/۳۷۵۵۴۲	رد می‌گردد	در سطح اطمینان یک درصد مانا
۶	تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان	-۹/۸۸۲۷۸۲	رد می‌گردد	در سطح اطمینان یک درصد مانا
۷	میزان ذخایر کشورهای OECD	-۵/۵۴۶۵۸۸	رد می‌گردد	در سطح اطمینان یک درصد مانا
۸	توان عملیاتی پالایشگاه‌های جهان	-۵/۱۵۱۷۴۵	رد می‌گردد	در سطح اطمینان یک درصد مانا

مأخذ: محاسبات پژوهش

۲-۵. ساختار الگو

الگوی این پژوهش از جمله معدود الگوهای مورد استفاده برای شناسایی متغیرهای موثر عوامل اساسی بازار بر قیمت جهانی نفت است که در آن با استفاده از یک الگوی همزمان دستگاه معادلات اقتصادسنجی اقدام به بررسی این متغیرها بر قیمت جهانی نفت می‌کنند. روش اتخاذ شده، یک الگوی رفتاری همزمان بوده که اثرات تغییرات قیمت جهانی نفت را مدنظر قرار می‌دهد و به طور هم‌زمان آن را در رفتار عرضه و تقاضا ملحوظ می‌دارد. در این الگو، دوره زمانی پژوهش از ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ بوده و روش برآورد، روش حداقل مربعات سه مرحله‌ای (3SLS) است. ساختار ریاضی براساس معادلات (پارامترها و متغیرها) خطی و روش حل مورد استفاده، روش شبیه‌سازی پویا با استفاده از نرم‌افزار ایویوز[1] نسخه ۱۰ می‌باشد. در این الگو از دو معادله و یک شرط تعادل استفاده شده است که متغیرهای درون‌زا برابر تعداد معادلات و مساوی دو است. ارتباط درونی الگو به این شکل است که تقاضا و عرضه جهانی نفت‌خام توسط دو معادله محاسبه گردیده و معادله سوم تغییرات قیمت نفت را در بازار جهانی از برابری عرضه و تقاضای جهانی نفت خام محاسبه می‌نماید.

در جداول ۴ و ۵ به ترتیب نتایج برآورد معادله عرضه و تقاضای جهانی نفت قابل مشاهده است، آماره دوربین واتسون معادله عرضه ۱/۵۸ و معادله تقاضا ۱/۸۶ است. این مقادیر نشان‌دهنده عدم وجود مشکل خودهمبستگی و قابل قبول است.

جدول ٤: برآورد معادله عرضه جهانی نفت

متغیر وابسته: مصرف نفت خام در جهان				
متغیر	**ضریب**	**خطای استاندارد**	**آماره t**	**معناداری**
مقدار ثابت	0/007658	0/002341	3/271402	0/0020
قیمت اسمی نفت (سبد مرجع اوپک)	0/042290	0/009954	4/248792	0/0001
میزان ذخایر کشورهای OECD	0/429570	0/081758	5/254176	0/0000
توان عملیاتی پالایشگاه‌های جهان	0/345433	0/136613	2/528546	0/0149
دوربین واتسون	1/58			

مأخذ: محاسبات پژوهش

۱. Eviews

جدول ۵: برآورد معادله تقاضای جهانی نفت

متغیر وابسته: مصرف نفت خام در جهان				
متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره t	معناداری
مقدار ثابت	-0/013359	0/009111	-1/466328	0/1494
قیمت اسمی نفت (سبد مرجع اوپک)	-0/112353	0/036826	-3/050937	0/0038
تولید ناخالص داخلی جهان	0/603990	0/187111	3/227971	0/0023
شاخص دلار آمریکا	0/167092	0/074081	2/255525	0/0289
قیمت گاز طبیعی	0/047125	0/015655	3/010293	0/0042
تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان	-0/011092	0/005098	-2/175769	0/0347
دوربین واتسون	86/1			

مأخذ: محاسبات پژوهش

۳-۵. نتایج تخمین

برای به دست آوردن نتایج، ابتدا معادله عرضه جهانی نفت را که در معادله شماره (۱۰) به دست آمده را در بلندمدت با استفاده از روش آماری 3SLS تخمین می‌زنیم:

$$\ln q_{st} = 0/007658 + 0/042290 \ln p_t + 0/429570 \ln s_t + 0/345433 \ln r_t \quad (۱۹)$$

(۲/۵۲۸۵۴۶) (۴/۲۴۸۷۹۲) (۵/۲۵۴۱۷۶)

در معادله (۱۹) متغیرهای q_{st} و p_t درون‌زا و متغیرهای s_t و r_t برون‌زا هستند.

حال معادله تقاضای جهانی نفت که در معادله (۱۶) به دست آمده بود را نیز در بلندمدت با استفاده از روش آماری 3SLS تخمین می‌زنیم:

$$Lnq_{dt} = -0/013359 - 0/112353 \ln p_t + 0/603990 \ln g_t + 0/167092 \ln i_t + 0/047125 \ln gp_t - 0/011092 \ln sa_t \quad (۲۰)$$

(-۲/۱۷۵۷۶۹) (۳/۰۱۰۲۹۳) (۲/۲۵۵۵۲۵) (۳/۲۲۷۹۷۱) (-۳/۰۵۰۹۳۷)

در معادله (۲۰) نیز متغیرهای q_{dt} و p_t درون‌زا و متغیرهای g_t، i_t، gp_t و sa_t برون‌زا هستند.

در نهایت با برابری معادلات تخمین زده شده عرضه و تقاضای نفت بر اساس روش آماری 3SLS، معادله زیر به دست می‌آید:

$$lnp_t = 3/905705\ lng_t + 1/080501\ ln\ i_t + 0/304734 \ln gp_t - 0/071726 \ln sa_t - 2/777818 \ln \mathrm{s_t} - 2/233744 \ln \mathrm{r_t} \quad (۲۱)$$

۵-٤. تفسیر کشش‌های معادلات عرضه و تقاضا

از معادله (۱۹) مشاهده می‌شود که کشش قیمتی عرضه در بلندمدت برابر ۰/۰۴۲۲۹۰ بوده یعنی به ازای یک درصد تغییر در قیمت جهانی نفت، عرضه جهانی نفت به میزان ۰/۰۴۲۲۹۰ درصد در جهت مثبت تغییر می‌نماید. معادله مذکور نشان می‌دهد که عرضه جهانی نفت نسبت به قیمت، کم‌کشش بوده و بیانگر این موضوع است که عرضه‌کنندگان نفت‌خام که عمدتا کشورهای در حال توسعه هستند به درآمد ارزی ناشی از تولید و صادرات نفت خام خود در بازارهای جهانی وابسته بوده و در نتیجه برای کسب درآمدهای ارزی مشخص، فارغ از تغییرات قیمت جهانی نفت به تولید و صدور نفت اقدام می‌نمایند. هم‌چنین مشاهده می شود که عرضه جهانی نفت، بیشترین حساسیت را به متغیر ذخایر کشورهای OECD در مقایسه با سایر متغیرهای موجود در معادله عرضه دارد.

با توجه به معادله (۲۰) نیز می‌توان گفت که نفت خام و فراورده‌های نفتی از نظر اقتصادی کالاهایی کم‌کشش هستند و منحنی تقاضا به سمت عمودی شدن تمایل دارد. مطالعات اقتصادسنجی در دوره‌های مختلف زمانی، چه در سطح جهانی و چه برای کشورهای مختلف این واقعیت را تایید می‌کند. علاوه بر این مطالعات دهه‌های اخیر نشان می‌دهد که منحنی تقاضا کم‌کشش‌تر نیز شده است و خصوصا با وقوع شوک اول نفتی و پس از تاسیس آژانس بین المللی انرژی[1] در سال ۱۹۷۴، به دلیل سیاست‌هایی که کشورهای صنعتی برای بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و جایگزینی انرژی‌های دیگر به جای نفت به کار گرفتند، کشش قیمتی تقاضا در دهه‌های بعد به مرور کوچک‌تر شده است. در الگوی این پژوهش نیز مشاهده می‌شود که تقاضای جهانی نفت در بلندمدت کم‌کشش بوده و به ازای هر یک

1. International Energy Agency

درصد تغییر در قیمت جهانی نفت، تقاضای جهانی نفت به میزان ۰/۱۱۲۳۵۳ درصد و البته در جهت عکس تغییر می‌کند.

کشش درآمدی تقاضای نفت در بلندمدت در مدل مذکور نیز نشان می‌دهد که به ازای یک درصد تغییر در تولید ناخالص داخلی دنیا، تقاضای جهانی نفت به میزان ۰/۶۰۳۹۹۰ درصد در جهت مثبت افزایش می‌یابد که این امر نشانگر کم کشش بودن تقاضای جهانی نفت نسبت به تولید ناخالص داخلی دنیا است.

هم‌چنین به دلیل اینکه در مدل پژوهش ضریب c که بیان‌کننده میزان تطبیق و تعدیل کشش قیمتی از تعادل کوتاه‌مدت به بلندمدت در معادله عرضه نفت خام و ضریب b که بیان کننده میزان تطبیق و تعدیل کشش قیمتی از تعادل کوتاه‌مدت به بلندمدت در معادله تقاضای نفت خام است، اعدادی مابین صفر و یک هستند، لذا می‌توان گفت اولا قدر مطلق کلیه کشش‌های بلندمدت بزرگتر از کشش‌های کوتاه‌مدت است ثانیا برای به دست آوردن کشش های کوتاه‌مدت متغیرهای معادلات عرضه و تقاضای نفت خام، کافی است کشش‌های بلندمدت آن ها به ترتیب در $c-1$ و $b-1$ ضرب شود.

۵-۵. شبیه‌سازی

پس از تخمین مدل اصلی پژوهش و بررسی ارتباط میان متغیرهای برون‌زای مدل با قیمت نفت، پیش‌بینی قیمت نفت خام در دو سناریو برای ۵ و ۱۰ سال آینده امکان‌پذیر می‌گردد. بدین منظور ابتدا باید سایر متغیرهای برون‌زای معادله (۲۱) را برای دو سناریو ۵ و ۱۰ سال آینده پیش‌بینی کرده و سپس با جایگذاری در معادله (۲۱) به پیش‌بینی قیمت نفت خام در این دو سناریو پرداخت. لذا به منظور انتخاب دقیق‌ترین روش تخمین متغیرهای برون‌زای معادله (۲۱) در دو سناریو مذکور از شبیه‌سازی درون نمونه یا شبیه‌سازی پس‌نگر استفاده کرده و به مقایسه نتایج این شبیه‌سازی از دو روش خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته و شبکه عصبی مصنوعی برای تک تک متغیرهای برون‌زای مدل به شرح جدول ذیل پرداخته می‌شود.

جدول ٦: شبیه‌سازی سناریو اول و دوم

	سناریو اول		سناریو دوم	
	آماره tic پنج ساله		آماره tic ده ساله	
نام متغیر	خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته	شبکه عصبی مصنوعی	خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته	شبکه عصبی مصنوعی
تولید ناخالص داخلی جهان	2/55487E-15	1/02878E-15	3/56871E-15	4/90678E-15
شاخص دلار آمریکا	0/001407091	0/001166399	0/000817977	0/0022583530
قیمت گاز طبیعی	0/104717094	0/135988595	0/161141793	0/045188177
تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان	0/000244093	0/000152467	0/000272439	0/000245895
میزان ذخایر کشورهای OECD	9/89239E-06	1/12963E-05	7/10043E-06	6/48583E-06
توان عملیاتی پالایشگاه های جهان	1/72399E-06	2/74702E-07	2/81091E-06	4/04515E-07

منبع: محاسبات پژوهش

طبق جدول۶ با مقایسه آماره tic در روش‌های تخمین بر اساس خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته و شبکه عصبی مصنوعی، در هر دو سناریو، در ۲ حالت روش خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته و در ۴ حالت دیگرروش شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی دقیق‌تری ارایه داده‌اند. لذا بر اساس نتایج شبیه‌سازی به دست آمده، در پیش‌بینی برون نمونه‌ای ۵ و ۱۰ ساله آتی نیز برای هر حالت (ترکیبی از زمان و متغیر برون‌زا) دقیقا از همان روش برگزیده شده در جدول شماره ۶ استفاده شده است.

٥-٦. مقایسه روش‌های پیش‌بینی مورد استفاده در پژوهش

یکی از مهم ترین نتایج این پژوهش، مقایسه دقت روش‌های پیش‌بینی تلفیقی ارایه شده با روش های پیش‌بینی مرسوم است. بدین منظور تحت ۲ سناریو ۵ و ۱۰ ساله به مقایسه دقت ۵ روش پیش‌بینی شبکه عصبی، آریما، تلفیق شبکه عصبی و سیستم معادلات همزمان، تلفیق آریما و سیستم معادلات همزمان و تلفیق شبکه عصبی، آریما و سیستم معادلات همزمان (

دو روش اول جزو روش های متداول و شناخته شده تک متغیره برای پیش‌بینی و سه روش بعدی از یافته‌های مدل‌سازی این پژوهش است) برای پیش‌بینی قیمت نفت خام سبد اوپک در سال ۲۰۱۸ نسبت به ۲۰۱۷ پرداخته شده است. نتایج مقایسه روش های مذکور در جداول ۷ و ۸ آمده است.

جدول ۷: مقایسه روش‌های پیش‌بینی در پیش‌بینی درون نمونه‌ای ۵ ساله

سناریو پیش‌بینی درون نمونه‌ای ۵ ساله						
	مقادیر واقعی	روش شبکه عصبی	روش آریما	مدل تلفیقی روش شبکه عصبی و سیستم معادلات همزمان	مدل تلفیقی روش آریما و سیستم معادلات همزمان	مدل تلفیقی روش آریما، شبکه عصبی و سیستم معادلات همزمان
2017	52/43	69/33154515	120/4108696			
2018	69/78	66/77883187	124/046087			
2018.2017	1/330917414	0/96318107	1/03019011	0/825956311	1/2908241	0/774214371
MSE		0/135230018	0/090436911	0/254985716	0/001607474	0/309918277

منبع: محاسبات پژوهش

جدول ۸: مقایسه روش‌های پیش‌بینی در پیش‌بینی درون نمونه‌ای ۱۰ ساله

سناریو پیش‌بینی درون نمونه‌ای ۱۰ ساله						
	مقادیر واقعی	روش شبکه عصبی	روش آریما	مدل تلفیقی روش شبکه عصبی و سیستم معادلات همزمان	مدل تلفیقی روش آریما و سیستم معادلات همزمان	مدل تلفیقی روش آریما، شبکه عصبی و سیستم معادلات همزمان
2017	52/43	37/19473386	2897/352435			
2018	69/78	45/09314041	4726/857747			
2018.2017	1/330917414	1/212352818	1/631440376	3/488468485	1/527181882	1/40248129
MSE		0/014057563	0/090314051	4/655026627	0/038519741	0/005121388

منبع: محاسبات پژوهش

بر اساس یافته‌های جداول ۷ و ۸، در هر ۲ سناریو مورد بررسی روش‌های تلفیقی مدل‌سازی شده در پژوهش از دقت پیش‌بینی بالاتری نسبت به روش‌های متداول شبکه عصبی و آریما برخوردار هستند.

۵-۷. نحوه انتخاب سناریوها

بر اساس آنچه که پیش از این ذکر شد در این پژوهش از سناریوهای پیش‌بینی برون نمونه ای و درون نمونه‌ای ۵ و ۱۰ ساله استفاده شده است. یکی از نکات مطرح شده در این خصوص نحوه انتخاب این سناریوها است. همان‌گونه که در جدول ۹ مشاهده می‌شود در اکثر سناریوهای پیش‌بینی عوامل موثر بر عرضه و تقاضای نفت خام در موسسات بین‌المللی و معتبر از سناریوهای ۵ و ۱۰ ساله برای پیش‌بینی استفاده شده است.

جدول ۹: سناریوهای پیش‌بینی استفاده شده در موسسات معتبر

عنوان گزارش	موسسه منتشرکننده	سناریوهای پیش‌بینی (سال)
چشم‌انداز جهانی نفت	اوپک	5.10.15.20.25
چشم‌انداز سالانه انرژی	اداره اطلاعات انرژی آمریکا	10.20.30
چشم‌انداز جهانی انرژی	آژانس بین‌المللی انرژی	5.10.30
چشم‌انداز اقتصاد جهان	صندوق بین‌المللی پول	1.2.3.4.5.6

منبع: گردآوری محقق

بر اساس جدول شماره ۹، در گزارشات ارایه شده توسط چهار نهاد معتبر بین‌المللی اوپک، اداره اطلاعات انرژی آمریکا، آژانس بین‌المللی انرژی و صندوق بین‌المللی پول به ترتیب به ارایه سناریوهای پیش‌بینی ۵ و ۱۰ ساله در گزارش اوپک، ۱۰ ساله در گزارش اداره اطلاعات انرژی آمریکا، ۵ و ۱۰ ساله در گزارش آژانس بین‌المللی انرژی و ۵ ساله در گزارش صندوق بین‌المللی پول می‌پردازد. بنابراین در پژوهش حاضر نیز به جهت انطباق و

قابلیت مقایسه با سناریوهای پیش‌بینی موسسات بین‌المللی معتبر از دو سناریو ۵ و ۱۰ ساله استفاده شده است.

۵-۸. پیش‌بینی قیمت نفت خام

برای پیش‌بینی برون نمونه‌ای در دو سناریو ۵ و ۱۰ سال آتی، متغیرهای برون‌زای مدل را براساس روش برگزیده شده در جدول شماره ۷ تخمین زده و نتایج تخمین را در معادله (۲۱) قرار می‌دهیم. نتایج در جدول زیر قابل مشاهده است.

جدول ۱۰: نتایج تخمین

نام متغیر	سناریو یک: ۵ ساله (۲۰۲۲/۲۰۲۳)	سناریو دو: ۱۰ ساله (۲۰۲۷/۲۰۲۸)
نسبت تولید ناخالص داخلی جهان در سال t نسبت به سال t-۱	1/034800533	1/021880093
نسبت شاخص دلار آمریکا در سال t نسبت به سال t-۱	1/172852012	1/00009282
نسبت قیمت گاز طبیعی در سال t نسبت به سال t-۱	0/900991592	0/909161692
نسبت تنش‌های نظامی و امنیتی در جهان در سال t نسبت به سال t-۱	1/336278324	0/534433932
نسبت میزان ذخایر کشورهای OECD در سال t نسبت به سال t-۱	1/009477085	0/911770193
نسبت توان عملیاتی پالایشگاه های جهان در سال t نسبت به سال t-۱	1/034359474	0/999114512
نسبت قیمت اسمی نفت (سبد مرجع اوپک) در سال t نسبت به سال t-۱	1/163759444	1/432059428

منبع: محاسبات پژوهش

۶. نتیجه‌گیری کلی و ارایه پیشنهادات

بازار نفت یکی از بازارهای پرتلاطم است که پیش‌بینی آینده آن می‌تواند در تصمیم‌گیری ها تاثیر مثبتی بر جای بگذارد. با آگاهی از قیمت نفت و پیش‌بینی صحیح آن می‌توان فرایند

تصمیم‌گیری خرید و فروش نفت در بازارهای جهانی را تسهیل و بهترین زمان انجام معاملات و سرمایه‌گذاری‌ها را تعیین نمود.

با استناد به نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که روش تلفیقی آریما و سیستم معادلات همزمان در پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت از قدرت پیش‌بینی‌کنندگی خوبی نسبت به سایر روش‌های مرسوم تک متغیره برخوردار است. همچنین روش پیش‌بینی تلفیقی شبکه عصبی و سیستم معادلات همزمان، روش مناسبی نسبت به روش‌های متداول شبکه عصبی و آریما نیست. در نهایت مدل تلفیقی ارایه شده در پژوهش قدرت پیش‌بینی‌کنندگی خوبی در سناریوهای بلندمدت نسبت به روش‌های متداول پیش‌بینی آریما و شبکه عصبی داشته است.

هم‌چنین در جدول زیر مهم‌ترین نظریات مطرح شده در سایر پژوهش‌ها از نظر چگونگی ارتباط متغیرهای موثر بر قیمت نفت پرداخته شده است.

جدول ۱۱: چگونگی تاثیر متغیرهای مورد بررسی بر قیمت نفت خام

متغیر مورد بررسی	نظریات مرتبط و چگونگی تاثیر بر قیمت نفت خام
تولید ناخالص داخلی جهان	بر اساس نظریه بازار رقابتی تاثیر مستقیم دارد.
شاخص دلار	تاثیرات شاخص دلار بر قیمت نفت خام در دوره های زمانی مختلف، متفاوت بوده اما در سال‌های اخیر و با توجه به صادرات نفت توسط آمریکا، بر اساس مطالعات گسترده از جمله مطالعه کودرت و دیگران[1] (۲۰۰۸) تاثیر مستقیم داشته است.
قیمت گاز طبیعی	براساس نظریه کالاهای جانشین تاثیر مستقیم دارد.
تنش های نظامی و امنیتی در جهان	بر اساس مطالعه مبینی دهکردی و پاشنگ (۱۳۸۸) در کوتاه‌مدت تاثیر مستقیم و نسبتا قوی و در بلندمدت تاثیر معکوس و نسبتا ضعیف دارد.
ذخایر کشورهای OECD	بر اساس مطالعات گسترده صورت گرفته توسط آژانس بین المللی انرژی تاثیر معکوس دارد.
توان عملیاتی پالایشگاه های جهان	بر اساس مطالعه اشچه و همکاران (۲۰۰۳) تاثیر معکوس دارد.

1. Coudert et al

از مقایسه نتایج پژوهش‌های صورت گرفته و بیان نظریات آن‌ها در جدول (۱۱) با نتایج حاصل شده در پژوهش پیرامون چگونگی تاثیر هر کدام از متغیرهای مورد استفاده در مدل بر قیمت نفت خام، استنباط می‌گردد که نتایج حاصل شده پژوهش با نتایج پژوهش‌های مطرح شده همخوانی دارد. از این رو با توجه به نتایج پژوهش، توصیه‌های سیاستی زیر ارایه می‌گردد:

۱. به منظور هرگونه پیش‌بینی و برآورد قیمت نفت خام از روش‌های تک متغیره پرهیز و به بررسی متغیرهای تاثیرگذار بر عرضه و تقاضای نفت خام پرداخته شود.
۲. به منظور پیش‌بینی قیمت نفت خام در برنامه‌های ۵ ساله و چشم‌اندازهای طولانی مدت تر در ایران به ترتیب از روش تلفیقی آریما و سیستم معادلات همزمان و روش تلفیقی شبکه عصبی، آریما و سیستم معادلات همزمان استفاده شود.
۳. با توجه به کم کشش بودن عرضه جهانی نفت خام، توصیه می‌شود کشورهای عرضه‌کننده نفت خام از جمله ایران در نظر داشته باشند که درآمدهای نفتی با نوسانات قیمت جهانی نفت به شدت دچار نوسانات می‌شود و لذا باید از ابزارهایی به عنوان تثبیت‌کننده درآمدهای نفتی در نوسانات قیمت نفت خام استفاده نمایند.
۴. به دلیل کم کشش بودن تقاضای جهانی نفت خام، کشورهای عرضه‌کننده از جمله ایران به منظور افزایش میزان فروش نفت خام خود کمتر از تخفیف‌های قیمتی استفاده کرده و راهکارهای غیرقیمتی را جایگزین نمایند.
۵. با تحلیل میزان حساسیت‌ها، سیاست‌گذاران اقتصادی می‌توانند تصمیمات موثری برای چگونگی واکنش در برابر تغییرات قیمت نفت اتخاذ نمایند. به عبارتی سیاست‌گذاران با به روز کردن داده‌ها و تغییرات مشاهده شده در ضرایب این حساسیت‌ها می‌توانند روند تغییرات قیمت نفت را تحلیل کنند و از این تحلیل‌ها در جهت اتخاذ تصمیمات درست استفاده کنند.

لازم به ذکر است گستردگی عوامل و متغیرهای تاثیرگذار بر عرضه و تقاضای نفت خام و محدودیت دسترسی به تمامی داده‌های این عوامل از محدودیت‌های پژوهش می‌باشد. در

انتها پیشنهاد می‌گردد پژوهشگران و علاقه‌مندان به سیاست‌گذاری اقتصادی در این حوزه، با اعمال سناریوهای ترکیبی بیشتر به بررسی دقیق اثرات این سناریوها بپردازند. هم‌چنین جهت برآورد قیمت نفت خام از الگوی ارایه شده در پژوهش استفاده و با استفاده از شبیه‌سازی متغیرهای برون‌زای مدل و انتخاب دقیق‌ترین روش پیش‌بینی برای هر متغیر در هر سناریو، به تخمین قیمت نفت خام در پنج و ده سال آتی بر مبنای روش ترکیبی ارایه شده در این پژوهش بپردازند.

۷. تقدیر و تشکر

در انتها وظیفه خود میدانم از نظرات ارزشمند داوران محترم مقاله کمال تشکر و قدردانی را نمایم.

منابع

- Abasi Nami H (2021). *Forecasting Crude Oil Prices Volatility and Value at Risk: Single and Switching Regime GARCH Models*, Quarterly Energy Economics Review, 17 (68): 141-174 (In Persian)
- Abrishami, H. Behradmehr, N. & seifi, T (2013). *Forecasting of Crude Oil Price by Using Wavelet Transform, Non-Linear and Linear Models*, Quarterly Journal of Applied Economics Studiesin Iran, 2(7): 41-62 (In Persian)
- Abunoori, AA & khodadad, N (2012). *Comparing the performance of ARIMA regression models and neural network with genetic algorithm (GMDH) in predicting the price of crude oil in Iran*, Journal of Financial Engineering and Securities Management, 3(11): 43-62 (In Persian)
- Ayazi, A. Amiri, M. Fartukzadeh, HR & Azar, A (2020). *Strategic analysis of international oil market suppliers based on graph model*, Scientific quarterly of interdisciplinary studies on strategic knowledge, 10(39): 179-206 (In Persian)
- Baumeister, Christiane. & Lutz, Kilian. (2016). *Forty Years of Oil Price Fluctuations: Why the Price of Oil May Still Surprise Us*. Translated by Mehrdad Rahmani and Ali Faridzad (2019). Trend Quarterly, 25 (83,84):131-168 (In Persian)
- Bordbar N, Heidari E (2017). *The Effect of World Oil Price Fluctuations on the Return of the Energy Intensive Industries Stock in Iran*, Journal of Economic Modeling Research, 8 (27):177-205 (In Persian)
- Deng, C. Ma, L & Zeng, T (2021). *Crude Oil Price Forecast Based on Deep Transfer Learning: Shanghai Crude Oil as an Example*, MDPI, 13(24): 1-13.
- Ebrahimi, M. Hajimirzayi, MA. & Mohammadkhani, S (2011). *Estimating Iran's crude oil supply pattern*, Quarterly Energy Economics Review, 8(29): 113-137 (In Persian)
- Emami meibodi A, memarzadeh A, amadeh H, ghasemi nejad A (2013). *Comparing the performance of GARCH model and gravitational search algorithm (GSA) in modeling and forecasting of spot oil price of Iran*, Journal of Economic Modeling Research, 4 (14):1-23 (In Persian)
- Gojarati, D (1991). *Basics of econometrics*, Translated by Abrishami H (2008), Tehran: Tehran University Publications, The second volume
- Gupta, N & Nigam, Sh (2020). *Crude Oil Price Prediction using Artificial Neural Network*, Procedia Computer Science, 170: 642-647
- Hajikaram, E & darabi, R (2017). *Brent Crude Oil Daily Price Forecast by Combining Principal Components Analysis and Support Vector Regression methods*, Iranian Energy Economics Research; 7(25):41-60 (In Persian)
- HajiLari Semnani, B & Khalili, S (2018). *Estimation of OPEC crude oil price using binomial tree, time series and artificial neural networks*, Journal of Mineral Resources Engineering,3(3): 31-41 (In Persian)

- Jammazi, R. & Aloui, C (2012). *Crude Oil Price Forecasting: Experimental Evidence from Wavelet Decomposition and Neural Network Modeling*, Energy Economics, 34(3):828-841
- Li, X. He, K. Lai, K & Zou Y (2014). *Forecasting Crude Oil Price With Multiscale Denoising Ensemble Model*, Mathematic Problems in Engineering, (4): 1-9.
- Menhaj, MB (1998). *Basics of neural networks (computational intelligence)*, Tehran: Publication of Dr Hesabi (In Persian)
- Mohammadi, H. & Lixian, Su (2010). *International Evidence on Crude Oil Price Dynamics: Applications of ARIMA-GARCH Models*, Energy Economics, 32(5): 1001-1008.
- Runfang, Y., Jiangze, D., Xiaoto, L. (2019). *Improved Forecast Ability of Oil Market Volatility Based on combined Markov Switching and GARCHclass Model*, Procedia Computer Science, 122: 415-422.
- Souri, A (2017). *Econometrics (Volume 1)*, Tehran: Cultural publication, Sixth edition (In Persian)
- Sadeghi, H. Zolfaghari, M & Elhaminezhd, M (2011). *Comparison of Neural Networks and ARIMA in Modeling and Forecasting of Short Run Pricing of the OPEC Crude Oil Basket (With Focus on Comparative Expectations)*, Quarterly Energy Economics Review, 8(28): 25-47 (In Persian)
- Takroosta A, Mohajeri P, Mohammadi T, Shakeri A, Ghasemi A (2019). *An Analysis of Oil Prices Considering the Political Risk of OPEC*, Journal of Economic Modeling Research; 10 (37):105-138 (In Persian)
- Wang, M. Tian, L. & Zhou, P (2018). *A novel approach for oil price forecasting based on data fluctuation network*, Energy Economic, 71:201-212
- Yadegari H, Mohammadi T, Amadeh H, Qasemi A, Mostafaei H (2022). *Brent crude oil Price Forecast with Hybrid Model of Nonlinear Grey Model and Linear Arima Waste Correction*, Quarterly Energy Economics Review, 18(72): 1-25 (In Persian)
-Yu Lean, Dai Wei, Tang Ling (2016). *A novel decomposition ensemble model with extended extreme learning machine for crude oil price forecasting*. Engineering Applications of Artificial Intelligence, , 47: 110-121
- Zhang, Y., Yao, T., He, L., Ripple, R. (2019). *Volatility forecasting of crude oil market: Can the regime switching GARCH model beat the single-regime GARCH models*, International Review of Economics & Finance, 59: 302- 317.
- Zhang, K & Hong, M (2022). *Forecasting crude oil price using LSTM neural networks*, Data Science in Finance and Economics, 2(3):163-180.
- Zou, Yingchao & Chen, Yanhui (2016). *Multi-step-ahead Crude Oil Price Forecasting based on Grey Wave Forecasting Method*, Procedia Computer Science, 91:1050 – 1056.