

Investigating Factors Affecting the Global Price of Lead and Zinc Metals using the TVP-FAVAR Model

Amirhosein Boroujerdian¹, Mehdi Zolfaghari^{2*}, Mohsen Khezri³

1. M.S., Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
a.boroujerdian@modares.ac.ir
2. Assistant professor, Faculty of Management and Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
m.zolfaghari@modares.ac.ir
3. Assistant professor, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran
m.khezri@basu.ac.ir

Received: 2022/10/21 - Accepted: 2023-12-13

Abstract

Given the importance of the global price of lead and zinc metals due to their applications in upstream industries such as automotive, construction, and manufacturing products, this study seeks to investigate the factors affecting and their impulse response functions on the global price of lead and zinc metals. The TVP-FAVAR model was used in this study to model the global price of the mentioned metals. The variables of this research are daily and include the price of lead metal, the price of zinc metal, the global price of oil, the dollar index, the global price of steel, the S&P500 index, the Shanghai Stock Exchange composite index, baltic dry index, and inventory of lead and zinc metals. The estimation results of the models indicate the existence of asymmetric and unstable behaviors and the different impressionability of the markets in other periods. Also, in the base metals market, due to the response of the price of lead and zinc metals to the global price of steel, the effect of inter-market spillover is observed. Also, based on the results, the global price of lead and zinc metals is influenced by the economic conditions and monetary policies of the United States Central Bank, the activities of investors and traders (speculators) in the financial markets, and the financial policies of China to support the manufacturing sector of this country. Considering the significant share of lead and zinc metals in the composition of the country's export mineral products, the results of this research provide substantial help to the foreign trade sector of mining companies, activists in the commodity exchange, and shareholders in the country's stock market.

Keywords

Commodity exchange, Lead, Zinc, TVP-FAVAR model.

* Corresponding Author



1- Introduction

The global market of base metals has been highly volatile during the last two decades (especially from 1999 to 2010). The wide applications of this group of commodities in the industry sector, especially in construction and automotive, and the key role that the industry sector can play in the economic growth of countries, have highlighted critical questions about what factors affect the price of base metals, in the minds of many researchers. Therefore, various studies have been conducted so far to identify factors affecting the price of base metals. A review of the studies conducted in this field shows that the factors affecting the price of base metals, including lead and zinc, can be classified into three groups. The first group includes macroeconomic variables such as interest rates, the dollar index, and the level of industrial activities (as mentioned in studies by Schnatz, Osbat, and Lombardi 2012, 661-663 and Ahumada and Cornejo 2015, 1670-1674). The second group includes the prices of other commodities in other markets, including energy and precious metals (as mentioned in studies by Al-jarrah et al. 2020, "Results," para. 1 and Escribano, Jareño, and Umar 2021, "Empirical Results," para. 6). Finally, the third group includes the economic developments of countries such as China and the United States, which have a significant share in the global market of base metals.

This research aims to identify the factors affecting the global price of lead and zinc metals in the short term. In this research, the Factor-Augmented (FA) Vector AutoRegressive (VAR) method combined with the Time-Varying Parameters (TVP) approach has been used to model the factors affecting the Global price of lead and zinc metals. The mentioned approach allows for modeling time series with very high accuracy. The results of the estimations show that the global price of lead and zinc metals is affected by the price of Brent oil, the dollar index, the global price of steel, the S&P500 index, the Shanghai Stock Exchange Composite index, baltic dry Index and inventory of lead and zinc metals shocks, which it confirms the existence of spillover effect of the mentioned variables to the market of lead and zinc metals.

2- Methods

Economists and analysts widely use Vector auto-regressive models to model and understand the relationship between at least two time series based on impulse response functions. Impulse response functions are estimated by decomposing the error terms of the mean equation into its structural form. These functions show the effect of a shock equal to one standard deviation in one variable on the current and future values of other variables in the Vector AutoRegressive model. Using these functions, it is possible to examine the degree of compliance of the impressionability of dependent variables from independent variables in the real world with existing theories. The current research uses the Time-Varying Parameters Factor Augmented Vector Auto Regressive approach (TVP-FAVAR) to model and analyze the impulse response functions and investigate the factors affecting the global price of lead and zinc metals.

3- Findings and Argument

This research used the Factor-Augmented Vector AutoRegressive method combined with the Time-Varying Parameters approach to identify the factors affecting the global price of lead and zinc metals in the short term. The price modeling of lead and zinc metals is taken separately. The results obtained from the impulse response functions indicate that a positive shock equal to one standard deviation in any of the variables of the price of Brent oil, the dollar index, the global price of steel, the S&P500 index, the Shanghai Stock Exchange composite index, baltic dry index and inventory of lead and zinc metals affects the global price of lead and zinc. It causes the markets to be turbulent at the time of the shock and the days after it. Based on this, it could be said that there is a spillover effect from the mentioned variables to the investigated metals market. In addition, the results show that the global market of lead and zinc metals, in most cases, in the days after the occurrence of the

shock, has adjusted over time. The effects of the shock in their market have disappeared. The intensity and sometimes the direction of adjustment have been entirely different in different periods under the influence of the conditions governing the general economy and, consequently, the base metal exchange. This issue indicates the existence of asymmetric and unstable behaviors and different impressionability of the lead and zinc metals market in various periods. This subject has been measured based on the ability of the TVP-FAVAR approach to estimate the time-varying parameters. Also, based on the results, the global price of steel shock has the most significant impact on the price of lead and zinc metals, so a positive shock equal to one standard deviation in the global price of steel has led to an increase in the price of lead metal by 0.8 standard deviations and an increase in the price of zinc metal by 0.82 standard deviations. The results of the impulse response function analysis of the global price of steel on the worldwide price of lead and zinc metals are presented in graphs 1 and 2.

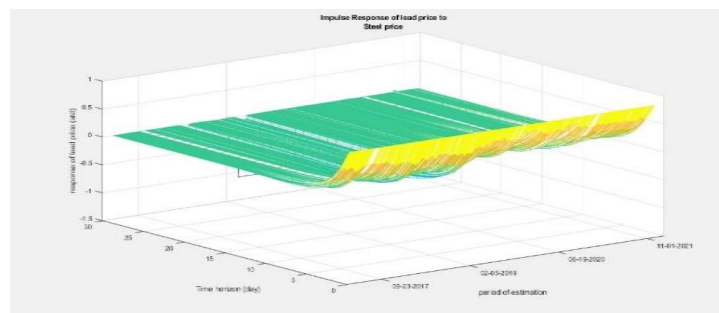


Fig 1- Impulse response analysis of the global price of steel metal on the price of lead metal

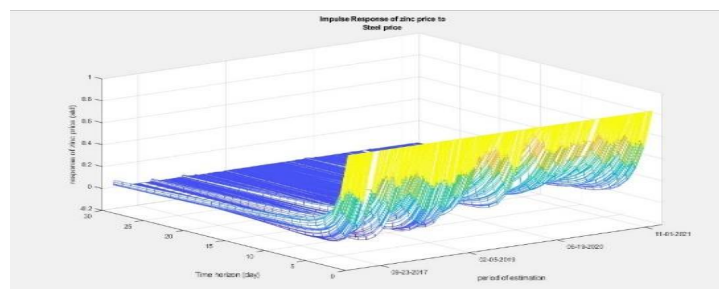


Fig 2- Impulse response analysis of the global price of steel metal on the price of zinc metal

4- Conclusion and Recommendations

In the present research, to identify the factors affecting the global price of lead and zinc metals in the short term, by using the Factor-Augmented AutoRegressive method combined with the Time-Varying Parameters approach, we estimate the Time-Varying impulse response functions of the price of Brent oil, dollar index, S&P500 stock index, shanghai stock exchange composite index, baltic dry index, global price of steel and inventory of lead and zinc metals on the global price of lead and zinc metals. The results indicate that fluctuations in the mentioned variables, except the dollar index and the inventories, positively affect the global price of lead and zinc metals. A positive shock equal to one standard deviation in each of them leads to an increase in the price of the investigated metals. On the other hand, the fluctuations of the dollar index have a negative effect on the price of lead and zinc metals. This means that the occurrence of a positive shock equal to one standard deviation in the dollar index leads to a decrease in the global price of lead and zinc metals. The results obtained from estimating both models for all variables, except for the inventory of lead and zinc metals, were completely by theories in microeconomics. Regarding the inventories, the situation is somewhat different. The results obtained are contrary to the expectations derived from the theories in the microeconomics literature regarding the negative impact of the inventory shock on the global price of lead and zinc metals, which, of course, This subject is compatible with the

realities in the real world, and thus, it is justifiable.

Considering the impact of the dollar index and U.S. and Chinese stock indices, it could be said that the economic conditions (boom and recession) of China and the United States as the two leading economies in the world due to the wide range of uses of lead and zinc metals that these two countries have in their Construction and automotive sectors as well as infrastructure development are considered to be as one of the most important determinants of global prices of lead and zinc metals.

At the end, some suggestions are given as follows:

- Development of modeling methods based on artificial intelligence models
- Using this model in other markets, such as other chemical and agricultural products
- Development of models based on mutual correlation

References

1. Hildegart Ahumada, and Magdalena Cornejo. 2015. "Explaining commodity prices by a cointegrated time series-cross section model." *Empirical economics*, 48(4): 1667-1690.
2. Idries Mohammad Wanas Al-Jarrah, Khamis Hamed Al-Yahyaee, Mobeen Ur Rehman, Walid Mensi, and Xuan Vinh Vo. 2020. "Co-movements and spillovers between prices of precious metals and non-ferrous metals: A multiscale analysis." *Resources Policy*, 67: 101680.
3. Bernd Schnatz, Chiara Osbat, and Marco Lombardi. 2012. "Global commodity cycles and linkages: a FAVAR approach." *Empirical Economics*, 43(2): 651-670.
4. Ana Escribano, Francisco Jareño, and Zaghum Umar. 2021. "Oil price shocks and the return and volatility spillover between industrial and precious metals." *Energy Economics*, 99: 105291.

مقاله پژوهشی

بررسی عوامل موثر بر قیمت جهانی فلزات سرب و روی با استفاده از مدل TVP-FAVAR

امیرحسین بروجردیان^۱، مهدی ذوالفقاری^{۲*}، محسن خضری^۳

۱. کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران a.boroujerdian@modares.ac.ir

۲. استادیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران m.zolfaghari@modares.ac.ir

۳. استادیار، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران m.khezri@basu.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۹ - پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲

چکیده

نظر به اهمیت قیمت جهانی فلزات سرب و روی به دلیل کاربرد آن‌ها در طیفی از صنایع مادر مانند خودروسازی، ساخت و ساز و تولیدات کارخانه‌ای، این مطالعه به دنبال بررسی عوامل اثرگذار و توابع واکنش آنی آن‌ها بر قیمت جهانی فلزات سرب و روی است. برای مدل‌سازی قیمت جهانی فلزات یاد شده در این مطالعه از مدل TVP-FAVAR استفاده شده است. متغیرهای این تحقیق، روزانه و شامل قیمت فلز سرب، روی، قیمت جهانی نفت، شاخص دلار، قیمت فولاد، شاخص S&P500، شاخص مرکب بورس شانگهای چین، شاخص بالتیک و موجودی انبار فلزات سرب و روی است. نتایج حاصل از برآورد مدل‌ها بیانگر وجود رفتارهای نامتقارن و ناپایدار و اثرپذیری متفاوت بازارها در دوره‌های زمانی مختلف است. همچنین در بازار فلزات پایه به دلیل واکنش قیمت فلزات سرب و روی به قیمت فولاد، اثر سرریز بین‌بازاری مشاهده می‌شود. همچنین بر اساس نتایج، قیمت جهانی فلزات سرب و روی تحت تاثیر شرایط اقتصادی و سیاست‌های پولی بانک مرکزی ایالات متحده آمریکا، فعالیت سرمایه‌گذاران و سوداگران (دلالتان) بازارهای مالی و سیاست‌های مالی کشور چین مبنی بر حمایت از بخش تولیدات کارخانه‌ای این کشور است. نظر به سهم قابل توجه فلزات سرب و روی در ترکیب محصولات معدنی صادراتی کشور، نتایج این تحقیق کمک شایان توجهی به بخش بازرگانی خارجی شرکت‌های معدنی، فعالان در بورس کالایی و سهامداران در بازار سهام کشور می‌کند.

کلمات کلیدی

بورس کالا، سرب، روی، مدل TVP-FAVAR.

۱- مقدمه

مرور تحولات بازار جهانی فلزات پایه طی دو دهه گذشته نشان می‌دهد که بازار این کالاها به شدت متلاطم بوده است. قیمت فلزات پایه در نیمه دوم دهه ۱۹۹۰ نسبتاً ثابت بود اما از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸، قیمت آن‌ها تحت تاثیر فشار تقاضا از سوی اقتصادهای نوظهوری مانند چین و هند به شدت افزایش یافت و سپس بر اثر بحران مالی که در سال ۲۰۰۸ رخ داد، قیمت فلزات پایه سقوط کرد. به پایان رسیدن صعود قیمت فلزات پایه در سال ۲۰۰۸، با توجه به کاربردی که فلزات پایه در بخش صنعت مانند ساخت و ساز و خودروسازی و نقش کلیدی‌ای که بخش صنعت در رشد اقتصادی کشورها دارد، سوالات مهمی را در مورد عوامل موثر بر قیمت فلزات پایه در ذهن محققان و سیاست‌گذاران برجسته کرد.

در این راستا، مطالعاتی تاکنون برای بررسی شناسایی عوامل موثر بر قیمت جهانی کالاها از جمله فلزات پایه و همچنین وجود اثرات سرریز^۱ قیمت در بازار فلزات پایه انجام شده است. لومباردی و همکاران^۲ [۱] با استفاده از مدل FAVAR^۳ و داده‌های فصلی به بررسی عوامل موثر بر قیمت فلزات پایه و خوراکی‌ها پرداختند. بر اساس نتایج مطالعه آن‌ها، در میان مدت و بلندمدت قیمت فلزات پایه و خوراکی‌ها تحت تاثیر تغییرات نرخ بهره، نرخ ارز و سطح تولیدات صنعتی قرار دارد. تاداراوا و همکاران^۴ [۲] با استفاده از مدل خودرگرسیون ناهمگن و داده‌های ۵ دقیقه‌ای به بررسی اثرات سرریز قیمت در بازار فلزات پایه پرداختند. بر اساس نتایج مطالعه آن‌ها، اثرات سرریز قیمت در میان بازار فلزات پایه وجود دارد و تغییر در بازدهی یک فلز، بازدهی سایر فلزات پایه را تغییر می‌دهد.

۱- منظور از اثرات سرریز آن است که وقوع یک رویداد سیاسی، اقتصادی و اجتماعی به ظاهر بی‌اهمیت و نامرتبط در یک ناحیه بتواند ابعاد گسترده‌ای به خود بگیرد و بر سایر نواحی اثر مثبت یا منفی بگذارد. به عنوان یک نمونه بارز از چنین اثری می‌توان به بحران مالی ۲۰۰۷-۲۰۰۸ اشاره کرد که با سقوط قیمت‌ها در بازار مسکن ایالات متحده آمریکا آغاز شد و به سرعت سایر بازارهای موازی را در آمریکا و دیگر کشورهای جهان متلاطم ساخت و منجر به کاهش چشمگیر در قیمت برخی دارایی‌ها از جمله سهام در سطح جهان شد. در تحقیق حاضر اثر سرریز قیمت به این منظور به کار رفته است که تغییر در قیمت یک متغیر چه تاثیری بر قیمت یک متغیر دیگر می‌گذارد.

2- Lombardi and et al
3- Factor-Augmented Vector Autoregressive
4- Todorova and et al

آهومادا و کورنچو^۵ [۳] با استفاده از مدل تلفیقی سری زمانی-مقطعی به بررسی عوامل موثر بر قیمت کالاها از جمله کالاهای معدنی پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که فشار تقاضا و تولید کالا در کشور چین به عنوان یک پیشران اقتصادی، کاهش ارزش شاخص دلار، تغییرات موجودی کالا و سیاست‌های پولی ایالات متحده آمریکا در جهت اعمال نرخ بهره پایین‌تر بر قیمت کالاها اثرگذار است. واردار و همکاران^۶ [۴] با استفاده از مدل VAR-BEKK-GARCH و داده‌های روزانه به بررسی وجود اثر سرریز میان شاخص‌های سهام و قیمت کالاهای انرژی و فلزات گرانبها طی دوره‌های قبل از بحران، در طول بحران و دوره‌های پس از بحران مالی ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها اثبات کرد که در طول دوره‌های مختلف، اثر سرریز قیمت از بازار سهام به بورس کالاهای انرژی و فلزات گرانبها وجود دارد و شدت این اثر در دوره‌های پیش و پس از بحران مالی با یکدیگر متفاوت بوده است. در مطالعه‌ای دیگر سینر و همکاران^۷ [۵] با استفاده از رویکرد پیوستگی (انسجام) موجک و داده‌های هفتگی به بررسی اثرات سرریز قیمت در بازارهای فلزات پایه پرداختند. بر اساس نتایج مطالعه آن‌ها، یک هم‌حرکتی^۸ قوی میان بازدهی فلزات پایه وجود دارد (به این معنا که تغییر در قیمت یک فلز، قیمت سایر فلزات پایه را تحت تاثیر قرار می‌دهد) و این هم‌حرکتی در طول زمان متغیر است. الیحیایی و همکاران^۹ [۶] در مطالعه‌ای با استفاده از مدل همبستگی چندگانه موجک و داده‌های روزانه، وجود اثر سرریز قیمت میان بازار فلزات گرانبها و فلزات غیرآهنی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که اثر سرریز قیمت در میان فلزات گرانبها و غیرآهنی وجود دارد. آن و همکاران^{۱۰} [۷] با استفاده از مدل GARCH-BEKK و داده‌های روزانه به بررسی سیر تحول اثرات سرریز قیمت در نوزده بازار مواد معدنی پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها ضمن اثبات وجود اثرات سرریز قیمت در میان بازارهای مواد معدنی، نشان داد که این اثرات در طول زمان متغیرند. عامر و همکاران^{۱۱} [۸] با استفاده از رویکرد دیبولد و ایلماز و داده‌های روزانه به بررسی اثرات سرریز قیمت میان کالاهای کشاورزی،

5- Ahumada and Cornejo

6-Vardar and et al

7- Ciner and et al

8- Co-movement

9- Al-Yahyaee and et al

10- An and et al

11- Ameer and et al

روی در کوتاه مدت انجام گیرد.

سرب و روی از جمله فلزاتی‌اند که در صنایعی چون ساخت و ساز و خودروسازی کاربرد ویژه‌ای دارند. با توجه به کاربرد فلزات سرب و روی در بخش صنعت و توسعه زیرساخت‌ها و سهم ایران از بازار جهانی این دو فلز^۳، در پژوهش حاضر به بررسی عوامل تاثیرگذار بر قیمت جهانی فلزات سرب و روی با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری عامل افزوده با پارامترهای متغیر در زمان^۴ پرداخته شده است. در این تحقیق فرض می‌شود که شاخص دلار، قیمت نفت برنت، شاخص سهام بازارهای آمریکا و چین، شاخص بالتیک، قیمت فولاد و موجودی‌های انبار بر قیمت فلزات سرب و روی اثرگذار است. نوآوری به کاررفته در پژوهش حاضر نیز استفاده از رویکرد مبتنی بر پارامترهای متغیر در زمان است که امکان مدل‌سازی عوامل موثر بر نوسانات روزانه قیمت جهانی فلزات سرب و روی با دقت بالاتری را فراهم می‌آورد.

مزایای استفاده از مدل TVP-FAVAR به ترتیب زیر است:

- ضرایب تخمین می‌توانند در طول زمان تغییر کنند. در اقتصاد، همواره مشاهده شده است به علت تغییرات شرایط، تغییرات سیکلی در سری‌های زمانی و شکست‌های ساختاری، مدل‌های متداول توانایی کافی برای محاسبه پارامترها در این شرایط را ندارند و بهتر است مدلی ساخته شود که بتواند این واقعیت‌ها را محاسبه کند.
- برخلاف مدل‌های رگرسیونی که با محدودیت استفاده از متغیرها مواجه است، تعداد متغیرها و تخمین زن‌ها در مدل TVP-FAVAR می‌تواند زیاد باشد. به عنوان نمونه در مرجع [۱۳] از ۱۰ تخمین زن استفاده شده است.
- مدل‌های عامل پویا^۵ در مطالعات تجربی اقتصاد کلان و

انرژی، فلزات پایه و فلزات گرانبها پرداختند. مطالعه آن‌ها نشان داد که اثر سرریز قیمت در میان گروه‌های مختلف کالاها وجود دارد، به این معنا که تغییر قیمت در بازار یک گروه از کالاها منجر به تغییر قیمت کالاها در سایر گروه‌ها می‌شود. وانگ و وانگ^۱ [۹] با استفاده از مدل خودرگرسیو برداری ساختاری^۲ و داده‌های ماهانه به بررسی تاثیر رشد صنعتی چین بر قیمت فلزات پایه پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها اثبات کرد که سطح فعالیت‌های صنعتی چین یک عامل بسیار مهم در تعیین قیمت فلزات پایه است. دوتا [۱۰] در مطالعه‌ای با استفاده از مدل GARCH-Jump و داده‌های روزانه به بررسی اثرگذاری تغییرات قیمت نفت بر بازار فلزات گرانبها و فلزات پایه پرداخت. او دریافت که تغییرات قیمت نفت بر قیمت فلزات گرانبها و پایه اثرگذار است و این اثرگذاری به صورت نامتقارن است به این معنا که افزایش و کاهش قیمت نفت به یک اندازه قیمت فلزات را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد.

با وجود آن که چندین مطالعه خارجی در زمینه بررسی عوامل موثر بر قیمت کالاها از جمله فلزات پایه انجام شده است، مطالعات داخلی محدودی در این زمینه انجام گرفته که اغلب آن‌ها نیز بر پیش‌بینی قیمت متمرکز بوده است. در این مورد می‌توان به مطالعات مراجع [۱۱] و [۱۲] اشاره کرد که صرفاً به پیش‌بینی قیمت فلزات سرب و روی پرداخته و عوامل موثر بر قیمت این دو فلز را مورد بررسی قرار نداده‌اند. مطالعات خارجی نیز که در این بخش به آن‌ها اشاره شد، هر یک نواقصی را با خود به همراه دارد. در برخی از مطالعات، از داده‌های فرکانس بالا (مانند فصلی) استفاده شده است که این مساله اطلاعات دقیقی از عوامل موثر بر قیمت فلزات سرب و روی در کوتاه‌مدت به دست نمی‌دهد. نکته دیگر آن است که در اکثر مطالعات انجام‌شده صرفاً به بررسی وجود اثر سرریز قیمت در میان بازارهای فلزات پایه پرداخته شده و در مدل‌سازی‌های انجام گرفته از متغیرهای کلان اقتصادی و همچنین متغیرهای طرف عرضه و تقاضای بازار فلزات استفاده نشده است.

مطالعه حاضر با هدف بررسی عوامل موثر بر قیمت جهانی فلزات سرب و روی انجام گرفته و سعی شده است تا در آن با به کارگیری داده‌های روزانه و متغیرها و شاخص‌های اقتصادی، ضمن پوشش نواقص مطالعات قبلی انجام‌شده در این زمینه، مدل‌سازی جامعی از عوامل موثر بر قیمت جهانی فلزات سرب و

۳- بر اساس آخرین آمارهای منتشر شده از سوی پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ایران در سال ۲۰۱۸ رتبه چهاردهم از تولید سرب در جهان را به خود اختصاص داده است. همچنین، ایران در سال ۲۰۱۸ با صادرات ۵۱ میلیون دلار سرب در جایگاه نوزدهم و با واردات ۳۴ هزار دلار سرب نیز در جایگاه پنجاهم جهان قرار داشته است. بر اساس آخرین آمارهای ارائه شده از سوی این پایگاه، ایران در سال ۲۰۱۷ رتبه سیزدهم از تولید روی در جهان را به خود اختصاص داده است. ایران در این سال با صادرات ۶۴ میلیون دلار روی در جایگاه بیست‌وسوم و با واردات ۷۳ میلیون دلار نیز در جایگاه نوزدهم جهان قرار داشته است.

4- Time Varying Parameter Factor Augmented Vector AutoRegressive

5- Dynamic factor models

1- Wang and Wang

2- Structural Vector AutoRegressive

GBPUSD ارزش دلار آمریکا به ازای هر یک پوند انگلیس، USDCAD ارزش دلار کانادا به ازای هر یک دلار آمریکا، USDSEK ارزش کرون سوئد به ازای هر یک دلار آمریکا و USDCHF ارزش فرانک سوئیس به ازای هر یک دلار آمریکا است.

به صورت تئوری در اکثر مطالعات به جای نرخ برابری یوان به دلار، با وجود نقش بالای چین به عنوان یکی از بزرگترین واردکنندگان محصولات فلزی، برای نرخ ارز از شاخص دلار استفاده شده است. در تحقیق حاضر علاوه بر مبانی نظری، به دو دلیل از شاخص دلار استفاده شده است: داده‌های مربوط به قیمت فلزات از بورس فلزات لندن گردآوری شده که کاملاً با شاخص دلار نوسان پیدا می‌کند و دیگر اینکه اگر چه یوان یکی از ۶ ارز موجود در شاخص دلار نیست اما به صورت خودکار افت نرخ برابری یوان به دلار یک همبستگی بسیار بالایی با رشد شاخص دلار دارد [۱۸].

۲-۲- قیمت نفت

بر اساس ادبیات تحقیق، قیمت نفت از دو کانال بر قیمت فلزات پایه تاثیرگذار است. از آنجا که نفت به عنوان سوخت، سهم قابل توجهی در استخراج و فرآیند تولید فلزات (و همچنین حمل و نقل آنها) دارد، نوسانات قیمت نفت موجب تغییر در بهای تمام‌شده فلزات پایه می‌شود. همچنین در بازارهای جهانی از قیمت نفت به عنوان شاخص پیشران نرخ تورم یاد می‌شود و افزایش قیمت آن سیگنال افزایش تورم در سطح جهان (به دلیل استفاده در فرآیند تولید) را می‌دهد. به عنوان نمونه، کاهش قیمت نفت موجب کاهش هزینه‌های تمام‌شده تولید کالاها از جمله فلزات پایه و در نتیجه کاهش تورم جهانی می‌شود. در چنین شرایطی سرمایه‌گذاران تمایل دارند تا سرمایه خود را از حالت ذخیره (دارایی‌های غیرمولد) به جریان (دارایی‌های مولد) در آورند. در مقابل، رشد قیمت نفت موجب افزایش تورم جهانی می‌شود و در این شرایط سرمایه‌گذاران علاقه‌مندند تا سرمایه خود را برای مقاومت در برابر افزایش تورم به کالا تبدیل کنند و به همین سبب تقاضا برای کالاها بالا رفته و موجب گرانی آنها می‌شود [۱۹]. همچنین یافته‌های تحقیقات مرجع [۲۰] و [۲۱] نشان داد که یک ارتباط قوی بین قیمت نفت خام و فلزات پایه وجود دارد. در بازارهای انرژی، به طور کلی سه بازار نفت وجود دارد: بازار نفت

مالی مورد استفاده قرار می‌گیرند و مدل‌های توسعه داده شده FAVAR نیز به صورت فزاینده‌ای در حال گسترش‌اند. به علاوه، تعدادی از محققان به این نتیجه رسیدند که مدل‌های عامل ارتقا یافته با ضرایب متغیر، به نتایج دقیق‌تری می‌رسند ([۱۴]، [۱۵] و [۱۶]).

۲- مبانی نظری

مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر قیمت جهانی فلزات پایه در کوتاه مدت^۱ (نوسانات روزانه) عبارت‌اند از:

۲-۱- شاخص دلار

از آنجا که قیمت جهانی فلزات پایه بر اساس نرخ دلار قیمت‌گذاری می‌شود، افزایش نرخ برابری دلار نسبت به سایر ارزها (افزایش شاخص دلار) موجب گرانتر شدن فلزات پایه برای خریداران غیرآمریکایی (براساس ارزهای ملی آنها) می‌شود و این امر منجر به افت تقاضا و فشار بر قیمت این محصولات می‌شود. از سوی دیگر کاهش شاخص دلار، قیمت فلزات پایه را برای خریدارانی که با دیگر ارزها قصد خرید دارند کاهش داده و در نتیجه تقاضا برای فلزات پایه افزایش و موجب حمایت از قیمت این گروه از کالاها می‌شود. به طور کلی قیمت کالاها با شاخص دلار رابطه معکوس دارد [۱۷]. شاخص دلار، معیاری است که از طریق آن می‌توان ارزش دلار را نسبت به چند ارز دیگر در جهان سنجید. این شاخص، میانگین وزنی از شش ارز یورو (۵۷/۶ درصد)، ین ژاپن (۱۳/۶ درصد)، پوند استرلینگ (۱۱/۹ درصد)، دلار کانادا (۹/۱ درصد)، کرون سوئد (۴/۲ درصد) و فرانک سوئیس (۳/۶ درصد) است و بر اساس الگوی ارایه شده از سوی موسسه مبادلات بین‌قاره‌ای^۲ به صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

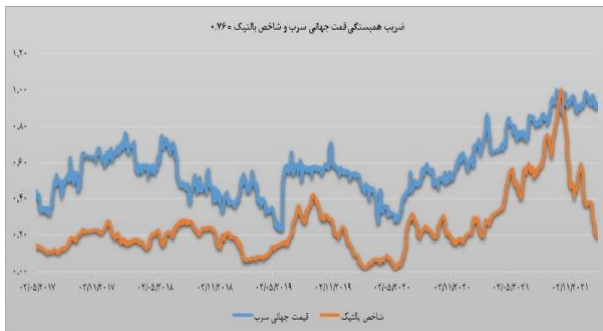
$$USD\text{X} = 50.14348112 \times (\text{EURUSD}^{-0.576}) \times (\text{USDJPY}^{0.136}) \times (\text{GBPUSD}^{-0.119}) \times (\text{USDCAD}^{0.091}) \times (\text{USDSEK}^{0.042}) \times (\text{USDCHF}^{0.036}) \quad (1)$$

که در آن EURUSD ارزش دلار آمریکا به ازای هر یک یورو، USDJPY ارزش ین ژاپن به ازای هر یک دلار آمریکا،

۱ در این مقاله به ارایه متغیرهای مستقل در کوتاه‌مدت اشاره شده است. در بلندمدت متغیرهای مهم دیگری نیز بر قیمت فلزات پایه تاثیرگذارند اما با توجه به محدودیت مقاله از بیان آنها صرف نظر می‌شود.

2- Intercontinental Exchange

مانند سرب و روی نیز به دلیل افزایش تقاضا، افزایش یابد.



شکل ۱- تغییرات قیمت جهانی سرب و شاخص بالتیک



شکل ۲- تغییرات قیمت جهانی روی و شاخص بالتیک

۲-۴- شاخص سهام آمریکا و چین

در ادبیات اقتصادی، بازار سهام به عنوان شاخص آرایه‌کننده وضعیت اقتصادی کشورها بشمار می‌آید [۲۵]. شاخص سهام بازارهای بین‌المللی مانند آمریکا و چین به طور ضمنی بر وضعیت اقتصاد جهان اشاره می‌کند. بر اساس مطالعات انجام شده، ارتباط فلزات پایه و سهام همیشه بر همبستگی و وجود اثر سرریز قیمت در بازارهای سهام و فلزات در سطح صنعت متمرکز بوده است [۲۶] و [۲۷]. در تولیدات صنعتی، از فلزات پایه به عنوان مواد اولیه استفاده می‌شود و به همین دلیل حساسیت بالایی نسبت به چرخه‌های تجاری دارند [۲۸]. به طوری که در دوران رونق و افزایش سطح فعالیت‌های اقتصادی، قیمت فلزات پایه که به عنوان عامل تولید وارد فرآیند تولید محصولات می‌شوند، به دلیل افزایش در تقاضا، افزایش می‌یابد و در دوران رکود اقتصادی نیز قیمت این فلزات به دلیل کاهش در تقاضا، کاهش می‌یابد [۳]. به همین ترتیب، بازار سهام نیز تحت تاثیر رونق و رکود اقتصادی قرار دارد. به طوری که با افزایش در سودآوری فعالیت‌های اقتصادی و اطمینان از سرمایه‌گذاری در شرایط رونق اقتصادی، تقاضا برای انواع دارایی‌های مالی از جمله سهام و در نتیجه قیمت آن افزایش

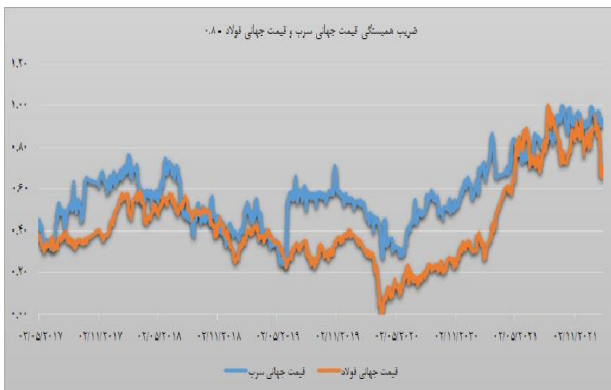
WTI^۱، بازار نفت برنت و ۳- بازار نفت اوپک. بر اساس مطالعات انجام شده قیمت نفت برنت به عنوان نماگر قیمت جهانی نفت است و قیمت اوپک و قیمت WTI در تحقیقات علمی چندان مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. همچنین بر اساس مرجع [۲۲] بیش از ۶۵ درصد نفت خام جهانی مبتنی بر سیستم قیمت‌گذاری برنت است. به همین دلیل در پژوهش حاضر از قیمت نفت برنت به عنوان نماینده قیمت جهانی نفت استفاده شده است. اگرچه علاوه بر نفت، از زغال سنگ و گاز طبیعی نیز با درصد محدودی در تولید و فرآوری فلزات پایه استفاده می‌شود اما با توجه به مطالعه مرجع [۱۷] قیمت زغال سنگ و قیمت گاز تابع قیمت نفت است. به همین دلیل در تحقیق حاضر از قیمت گاز طبیعی و زغال سنگ استفاده نشده است، کما اینکه قیمت این دو محصول به دلیل عدم انتقال و جابه‌جایی به صورت منطقه‌ای محاسبه می‌شود و قیمت آن‌ها در نقاط مختلف جهان متفاوت است.

۲-۳- شاخص بالتیک

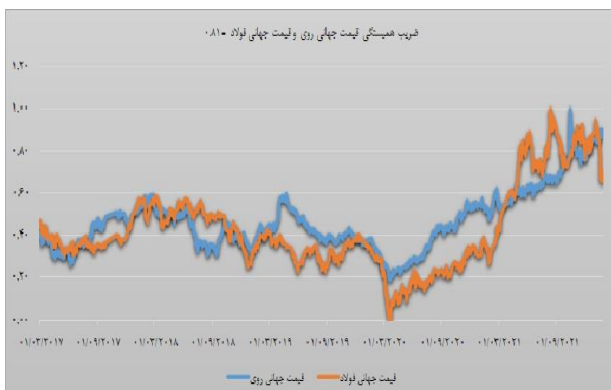
بورس بالتیک دارای سابقه‌ای طولانی است که به سال ۱۷۴۴ باز می‌گردد. در سال ۱۹۸۵، بورس بالتیک، شاخص بالتیک^۲ را به عنوان یک شاخص کلی توسعه داد که عمدتاً از کالاهای خام از جمله فلزات پایه تشکیل شده بود [۲۳]. در اقتصاد، شاخص بالتیک توسط تحلیلگران کالا به عنوان شاخص کوتاه‌مدت و اولیه وضعیت رشد اقتصادی در سراسر جهان یاد می‌شود زیرا به تقاضای حمل‌ونقل ارتباط دارد (و خود به تقاضای کالاهای خام مربوط می‌شود) که به نوبه خود به بسیاری از بخش‌های استراتژیک صنعت جهان مانند ساخت‌وساز یا خودروسازی مرتبط است [۲۴]. از این رو شاخص بالتیک به عنوان یک سنجه مهم در حجم تجارت و فعالیت‌های تولیدی در سراسر جهان به حساب می‌آید [۲۳]. در طول دوره رشد اقتصادی تقاضای مواد خام به دلیل افزایش در تولید و سرمایه‌گذاری افزایش می‌یابد، در نتیجه حجم حمل‌ونقل و تجارت (شاخص بالتیک) نیز افزایش می‌یابد. بنابراین، با توجه به شکل‌های ۱ و ۲ و وجود ضریب همبستگی مثبت بین شاخص بالتیک و قیمت جهانی فلزات سرب و روی، انتظار می‌رود با افزایش در شاخص بالتیک که نشانگر افزایش در حجم تجارت و فعالیت‌های تولیدی جهان است، قیمت جهانی فلزات

1- West Texas Intermediate
2- Baltic Dry Index (BDI)

در خودروها و قطعات الکتریکی استفاده می‌شود. فلز سرب نیز در صنعت فولاد برای بهبود خواص و افزایش کارایی در این صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در زمان افزایش قیمت فولاد که نشان‌دهنده افزایش تقاضای آن است تقاضا برای فلزات سرب و روی نیز افزایش می‌یابد که منجر به افزایش قیمت سرب و روی می‌شود.



شکل ۵- تغییرات قیمت جهانی سرب و قیمت جهانی فولاد



شکل ۶- تغییرات قیمت جهانی روی و قیمت جهانی فولاد

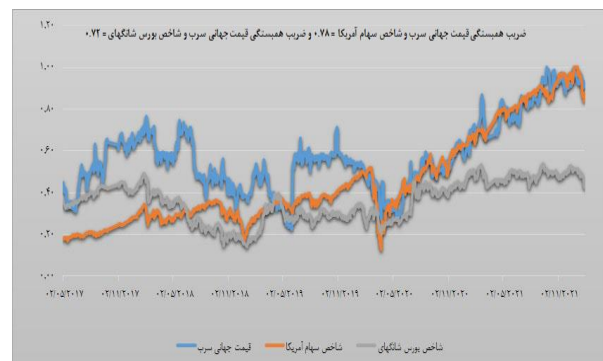
۲-۶- موجودی انبار

در ادبیات اقتصاد کالایی^۱، از موجودی انبار کالاها (که توسط عرضه‌کنندگان تحویل گرفته می‌شود) به عنوان طرف عرضه در بورس کالا یاد می‌شود. در بازار فلزات پایه، محل انبار موجودی کالاهایی مانند سرب و روی اغلب در بنادر تحت نظارت بورس‌های کالایی (مانند بورس کالایی لندن و شانگهای) است. در این راستا بورس کالایی لندن به صورت روزانه موجودی انبار فلزاتی مانند سرب و روی را منتشر می‌کند. بدون تردید افزایش انباشت حجم فلزاتی مانند سرب و روی در این انبارها بیانگر افزایش عرضه بالقوه این محصولات در بورس کالا است [۳۰].

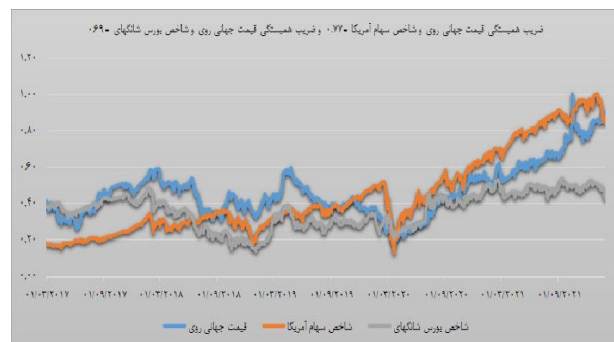
۱ اقتصاد کالایی (Commodity Economics) یک زمینه مطالعاتی در اقتصاد است که به تجزیه و تحلیل مولفه‌های بورس کالا می‌پردازد.

می‌یابد. در شرایط رکود اقتصادی نیز به دلیل کاهش در سودآوری فعالیت‌های اقتصادی، تقاضا برای سهام شرکت‌ها و در نتیجه قیمت آن کاهش می‌یابد [۲۹].

در این راستا «نسبت کیو توپین» ارایه شده توسط جیمز توپین بیانگر کامل این واقعیت است که در آن سرمایه‌گذاران با آگاهی از وضعیت سودآوری شرکت‌ها، اقدام به تعیین قیمت سهام آن (عرضه و تقاضا) می‌کنند. بنابراین انتظار می‌رود که با افزایش در شاخص سهام (که ناشی از افزایش تقاضا برای سهام به دلیل افزایش در سودآوری بنگاه‌های صنعتی از سوی سرمایه‌گذاران است) اقتصاد در شرایط رونق اقتصادی باشد و این رونق اقتصادی منجر به افزایش تقاضا و قیمت فلزات پایه از جمله سرب و روی شود.



شکل ۳- تغییرات قیمت جهانی سرب و شاخص‌های سهام آمریکا و بورس شانگهای



شکل ۴- تغییرات قیمت جهانی روی و شاخص‌های سهام آمریکا و بورس شانگهای

۲-۵- قیمت فولاد

حدود نیمی از تولیدات فلز روی برای گالوانیزه کردن فولاد استفاده می‌شود که این فرآیند شامل اضافه کردن لایه‌های نازک از این فلز به آهن یا فولاد برای جلوگیری از زنگ‌زدگی است. دیگر استفاده فلز روی در تولید آلیاژ برنج است که از آن

۷-۲- سایر عوامل

TVP-FAVAR به صورت روابط ۲ و ۳ است:

$$x_t = \lambda_t^y y_t + \lambda_t^f f_t + u_t \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} y_t \\ f_t \end{bmatrix} = c_t + B_{t,1} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ f_{t-1} \end{bmatrix} + \dots + B_{t,p} \begin{bmatrix} y_{t-p} \\ f_{t-p} \end{bmatrix} + \varepsilon_t$$

$$\lambda_t = \lambda_{t-1} + v_t \quad (3)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \eta_t$$

در رابطه ۲ λ_t^y ضرایب رگرسیون، λ_t^f عامل در حال بارگزاری و f_t عامل است. در رابطه ۳ $(B_{t,1}, \dots, B_{t,p})$ ضرایب VAR بوده و $\beta_t = (c_t', \text{vec}(B_{t,1})', \dots, \text{vec}(B_{t,p})')$ و ε_t و u_t اجزای خطا با توزیع نرمال میانگین صفر و کوواریانس V_t و Q_t است. همچنین $v_t \sim N(0, W_t)$ و $\eta_t \sim N(0, R_t)$ است. ضرایب رگرسیون، ضرایب مدل VAR و عامل‌های پنهان بر اساس یک فرآیند گام تصادفی روی زمان استخراج می‌شوند. همه خطاها در توابع بالا با یکدیگر و روی زمان ناهمبسته‌اند، بنابراین ساختاری به صورت رابطه ۴ دارند [۳۳]:

$$\begin{pmatrix} u_t \\ \varepsilon_t \\ v_t \\ \eta_t \end{pmatrix} = N \left(0, \begin{bmatrix} V_t & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Q_t & 0 & 0 \\ 0 & 0 & W_t & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_t \end{bmatrix} \right) \quad (4)$$

همانطور که گفته شد نتایج این تحقیق بر مبنای تحلیل توابع واکنش آنی ارائه می‌شود. توابع واکنش آنی، اثر یک شوک به اندازه یک انحراف معیار در یک متغیر را روی مقادیر جاری یا آینده سایر متغیرهای موجود در مدل خودرگرسیون برداری نشان می‌دهد. با استفاده از این توابع می‌توان میزان انطباق اثرپذیری متغیرهای وابسته از متغیرهای مستقل در دنیای واقعی را با تئوری‌های موجود مورد بررسی قرار داد [۳۴]. برای محاسبه این توابع بر اساس مرجع [۳۵] ماتریس وارینانس-کوواریانس ε_t در رابطه ۳ به صورت $A_t Q_t A_t' = \Sigma_t \Sigma_t'$ تجزیه می‌شود که در آن $\Sigma_t = \text{diag}[\sigma_{1,t}, \dots, \sigma_{k+1,t}]$ یک ماتریس قطری که عناصر روی قطر اصلی آن انحراف معیار متغیرها در زمان t و A_t یک ماتریس پایین‌مثلثی که عناصر روی قطر اصلی آن برابر یک است. واکنش‌ها با نوشتن فرم ساختاری رابطه ۳ به صورت رابطه ۵ تخمین زده می‌شود:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ f_t \end{bmatrix} = c_t + B_{t,1} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ f_{t-1} \end{bmatrix} + \dots + B_{t,p} \begin{bmatrix} y_{t-p} \\ f_{t-p} \end{bmatrix} + A_t^{-1} \Sigma_t n_t \quad (5)$$

که در آن خطاهای ساختاری $n_t = A_t^{-1} \Sigma_t \varepsilon_t$ است. ماتریس A_t^{-1} روابط همزمان شوک‌ها را نشان می‌دهد و n_t عبارت خطا

علاوه بر موارد فوق، در کوتاه‌مدت شوک‌هایی مانند انتشار اخبار اقتصادی (انتظار اخبار مربوط به فعالیت‌های صنعتی)، سیاسی (بویژه در کشورهای بزرگ صادرکننده و واردکننده فلزات پایه)، تنش‌های منطقه‌ای (مانند تنش اخیر بین روسیه و اوکراین)، سیاست‌های تجاری (مانند سیاست‌های تعرفه‌ای ایالات متحده آمریکا در واردات کالاهای فلزی از سایر کشورها) نیز می‌توانند بر قیمت فلزات پایه تاثیرگذار باشند.

۳- روش‌شناسی تحقیق

در این مطالعه، بر مبنای تحلیل توابع واکنش آنی^۱، تاثیر نوسانات قیمت نفت برنت، شاخص دلار، شاخص سهام S&P500، شاخص مرکب بورس شانگهای، شاخص بالتیک، قیمت فولاد و موجودی‌های انبار سرب و روی بر قیمت جهانی فلزات سرب و روی با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری (VAR) عامل افزوده شده (FA) ترکیبی با روش پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP) که برگرفته از مطالعات مرجع [۳۱] و [۳۲] است و به صورت TVP-FAVAR نشان داده می‌شود، مورد تحلیل قرار گرفته است.

در ادامه به ارائه مبنای نظری مدل TVP-FAVAR پرداخته می‌شود. اگر x_t برای $t = 1, \dots, T$ یک بردار $1 \times n$ از متغیرها برای تخمین عامل‌های^۲ موجود در مدل باشد. x_t در این مطالعه شامل متغیرهای قیمت نفت برنت، شاخص دلار، شاخص سهام S&P500، شاخص مرکب بورس شانگهای، شاخص بالتیک، قیمت فولاد و موجودی‌های انبار فلزات سرب و روی است (این تحقیق به دنبال تخمین عامل از بردار x_t که در ادامه توضیح داده شده، نیست اما به دلیل تعدد متغیرها، این تحقیق از مدل خودرگرسیون برداری عامل افزوده برای فائق آمدن بر مساله پیچیدگی ابعادی در مدل خودرگرسیون برداری استفاده می‌کند). به علاوه y_t یک بردار $1 \times s$ از متغیرهای وابسته در مدل است که در این مطالعه، شامل متغیرهای قیمت فلزات سرب و روی می‌شود (در این تحقیق برای بررسی عوامل اثرگذار بر قیمت جهانی فلزات سرب و روی، متغیرهای مستقل در x_t و متغیرهای وابسته در y_t قرار می‌گیرد). ساختار مدل

1- Impulse Response Functions

۲ هر یک از این عوامل، نوسانات طیف وسیعی از متغیرها را که روند آن‌ها مشابه یکدیگر است، در قالب یک متغیر جدید توضیح می‌دهد. در واقع، از این عوامل برای کاهش ابعاد در مدل‌سازی استفاده می‌شود.

با میانگین صفر و ماتریس کوواریانس مشخص است.

محاسبات مربوط به تخمین مدل TVP-FAVAR در قسمت پیوست مقاله ارائه شده است.

۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- آمار توصیفی

جدول ۱ که مربوط به آماره‌های توصیفی است، در انتهای مقاله ارائه شده است. بر اساس این جدول، متغیرهای قیمت نفت برنت، شاخص دلار و شاخص مرکب بورس شانگهای چوله به چپ بوده و بقیه متغیرها چوله به راست است. همچنین در بین متغیرها، بیشترین میزان کشیدگی مربوط به شاخص بالتیک و کمترین میزان کشیدگی مربوط به شاخص مرکب بورس شانگهای است. آماره احتمال جاک برا بدست آمده برای تمامی متغیرها در هر دو مدل نشان دهنده آن است که توزیع مشاهدات متغیرها نرمال نیست.^۱

۴-۲- بررسی همبستگی و مانایی متغیرهای مدل قیمت

فلزات سرب و روی

پیش از تخمین و تحلیل نتایج مدل‌های قیمت فلزات سرب و روی، در گام نخست به بررسی اولیه ارتباط بین اجزا تشکیل دهنده هر یک از مدل‌های قیمت فلز سرب و روی پرداخته می‌شود. جدول ۲ و ۳ که همبستگی بین اجزا هر کدام از مدل‌ها را نشان می‌دهد در انتهای مقاله ارائه شده است. همبستگی بین قیمت سرب و روی با عوامل تاثیرگذار بر آن‌ها با مبانی نظری ارائه شده در بخش گذشته سازگاری داشته (به جز همبستگی مثبت بین موجودی انبار روی با قیمت روی) و این همبستگی‌ها معنادار است. همچنین در جدول ۴ نیز نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم یافته ارائه شده است.

۴-۳- اعتبارسنجی مدل TVP-FAVAR

برای ارزیابی دقت مدل TVP-FAVAR، در دوره‌های ۱۰

۱ در استفاده از مدل TVP-FAVAR، نرمال بودن یا نبودن توزیع داده‌ها تغییری در روند تحلیل ایجاد نمی‌کند. کما اینکه در مقالات پیشین که از مدل TVP-FAVAR استفاده شده است نیز با آماره جاک‌برا (برای آرایه توزیع داده‌ها) گزارش نمی‌شده است یا اینکه صرفاً به آرایه گزارش این آماره در جدول آمار توصیفی و توضیح مختصری در خصوص نرمال بودن یا نبودن توزیع داده‌ها بسنده می‌شده است و توضیحی مبنی بر تغییر روند تحلیل تحت تاثیر نرمال بودن یا نبودن توزیع داده‌ها ارائه نمی‌شده است. در این خصوص به مراجع [۳۳]، [۳۷] و [۳۸] ارجاع داده می‌شود.

روزه با استفاده از مدل یاد شده و ۳ مدل M-GARCH، ARIMA-GARCH و VAR، قیمت فلزات سرب و روی پیش‌بینی شده و نتایج مربوط به معیارهای خطای پیش‌بینی شامل ریشه میانگین مربعات خطا^۲ و میانگین درصد خطای مطلق^۳ در جدول‌های ۵ و ۶ ارائه شده است. با توجه به این که هر چه مقدار معیارهای خطای پیش‌بینی کمتر باشد، مدل به کار گرفته شده دقیق‌تر است، در تحقیق حاضر از مدل TVP-FAVAR به دلیل این که معیار خطای پیش‌بینی کمتری در مقایسه با سایر مدل‌ها دارد، برای بررسی عوامل موثر بر قیمت جهانی فلزات سرب و روی استفاده شده است.

۴-۴- قیمت سرب و روی بر اساس مدل TVP-FAVAR

پس از بررسی همبستگی میان متغیرهای وابسته و مستقل، مدل TVP-FAVAR اجرا شد و نتایج و تحلیل‌های مربوط به آن در ادامه ارائه شده است.

۴-۴-۱- اثر تکانه قیمت نفت برنت بر قیمت فلزات سرب

و روی

بر اساس ادبیات تحقیق، قیمت نفت به عنوان یکی از متغیرهای تاثیرگذار، اثرات متفاوتی بر قیمت فلز روی و سرب طی دوره مورد مطالعه داشته است. شکل ۷ و ۸ اثر قیمت نفت بر قیمت فلز سرب و روی را به صورت تصویری نشان می‌دهد.

همانطور که در شکل‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌شود، در طول بازه زمانی مورد بررسی، یک واحد شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار در قیمت نفت برنت منجر به افزایش قیمت فلز سرب به اندازه ۰/۵۵ انحراف معیار و افزایش قیمت فلز روی به اندازه ۰/۶۴ انحراف معیار شده است. با توجه به این که نفت برنت به عنوان مهم‌ترین ماده اولیه وارد فرآیند تولید فلزات سرب و روی می‌شود، با افزایش قیمت نفت برنت، قیمت مواد اولیه برای تولید این دو فلز افزایش یافته و در نتیجه قیمت تمام شده آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان گفت که با افزایش در قیمت نفت برنت، هزینه‌های تولید برای تولیدکنندگان فلزات سرب و روی افزایش می‌یابد و آنان برای کاهش اثر افزایش هزینه‌ها، میزان تولید خود را تعدیل کرده (کاهش می‌دهند) که این باعث کاهش در عرضه فلزات سرب و روی شده و در نهایت منجر به آن می‌شود که قیمت این دو فلز

2- Root Mean Square Error (RMSE)

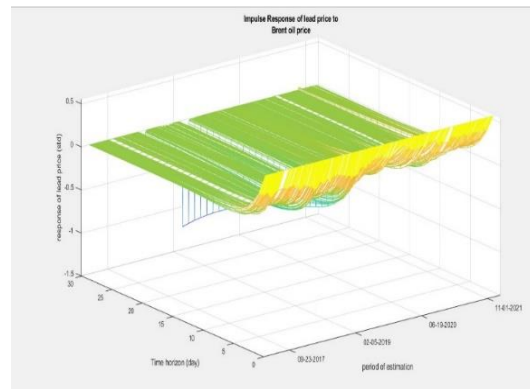
3- Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

کشورهای آمریکا و چین به عنوان دو اقتصاد صنعتی پیشران و بزرگترین مصرف‌کنندگان فلزات سرب و روی در جهان کاهش یافت که این مساله باعث شد تا رکود عمیقی بر بازار این دو فلز سایه افکند. این رکود به علاوه نااطمینانی‌ای که در بازارها وجود داشت منجر به آن شد تا نحوه اثرپذیری قیمت این دو فلز در روزهای پس از نوسانات قیمت نفت برنت در دوره‌های مختلف، متفاوت و حتی گاهی اوقات خلاف انتظار باشد. به عنوان نمونه در بازه زمانی ۵ آوریل ۲۰۱۹ تا ۲۴ مه ۲۰۱۹ یک واحد شوک مثبت در قیمت نفت برنت به اندازه یک انحراف معیار در ابتدا منجر به افزایش قیمت فلز سرب شد اما در روزهای پس از این شوک به علت شرایط رکودی و نبود تقاضای کافی قیمت فلز سرب به میزان قابل توجهی کاهش یافت به طوری که حدود یک ماه پس از وقوع این شوک، قیمت فلز سرب به کمتر از میزان آن پیش از وقوع شوک مثبت در قیمت نفت برنت رسید.

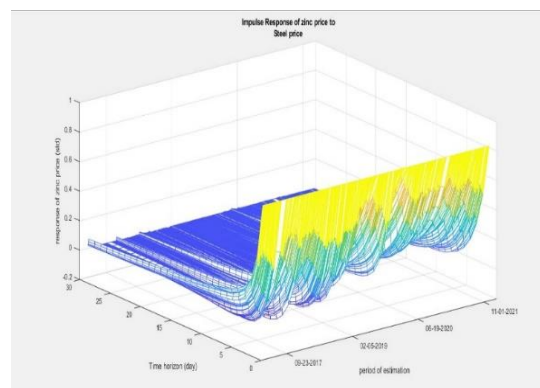
۴-۲- اثر تکانه شاخص دلار بر قیمت فلزات سرب و روی

شکل‌های ۹ و ۱۰ اثر شاخص دلار بر قیمت فلزات سرب و روی را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل‌های ۹ و ۱۰ مشاهده می‌شود، در طول بازه زمانی مورد بررسی، یک واحد شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار در شاخص دلار منجر به کاهش قیمت فلز سرب به اندازه ۰/۵ انحراف معیار و کاهش قیمت فلز روی به اندازه ۰/۴۸ انحراف معیار شده است. از آنجا که قیمت جهانی فلزات سرب و روی با نرخ دلار ایالات متحده آمریکا قیمت‌گذاری می‌شود، افزایش یا کاهش ارزش دلار بدون تردید بر قیمت سرب و روی اثر می‌گذارد. هنگامی که شاخص دلار افزایش می‌یابد، نرخ تبادل سایر ارزها به ازای هر دلار نیز افزایش می‌یابد که این مساله نظر به سهم قابل توجه افرادی که دلار در اختیار ندارند از کل متقاضیان فلزات سرب و روی، به شدت بر میزان تقاضای فلزات سرب و روی و در نتیجه قیمت آن‌ها اثر منفی می‌گذارد، چرا که این گروه از متقاضیان فلزات سرب و روی همواره باید ابتدا به خرید دلار و سپس فلزات یاد شده اقدام کنند. از این رو، در شرایطی که شاخص دلار افزایش می‌یابد و دلار برای آن‌ها گرانتر می‌شود، تقاضای آن‌ها برای دلار و در نتیجه سرب و روی کاهش می‌یابد و منجر به کاهش قیمت این دو فلز می‌شود. به همین دلیل است که افزایش در شاخص دلار بر قیمت جهانی فلزات سرب و روی اثر منفی می‌گذارد.

افزایش یابد. در تفسیر دیگر، افزایش قیمت نفت موجب افزایش تورم انتظاری در بورس کالا و بازار فلزات پایه شده و اثر تورم ناشی از افزایش قیمت نفت موجب افزایش قیمت فلزات پایه از جمله سرب و روی می‌شود. بنابراین منطقی است که افزایش در قیمت نفت اثر مثبتی بر قیمت فلزات سرب و روی بگذارد. بر اساس این دو شکل، در روزهای پس از افزایش قیمت فلزات سرب و روی ناشی از شوک مثبت قیمت نفت برنت، تقاضا برای این فلزات به دلیل افزایش قیمت، کاهش یافته که منجر به کاهش مجدد قیمت آن‌ها شده است. با این حال نحوه اثرپذیری و سرعت کاهش قیمت فلزات سرب و روی تا ۳۰ روز پس از شوک قیمت نفت برنت در دوره‌های مختلف، متفاوت بوده است که دلیل آن می‌تواند شرایط اقتصاد جهانی و شرایط حاکم بر بورس کالاها به ویژه بازار فلزات پایه در هر دوره باشد.



شکل ۷- آنالیز واکنش آنی قیمت نفت برنت بر قیمت فلز سرب



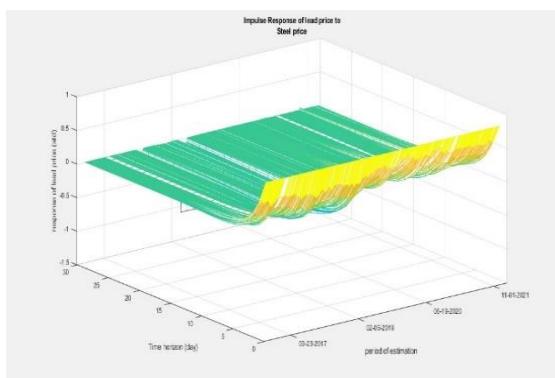
شکل ۸- آنالیز واکنش آنی قیمت نفت برنت بر قیمت فلز روی

در طول بازه زمانی مورد بررسی، اقتصاد جهانی شاهد دو شوک بزرگ ناشی از مناقشات تجاری میان آمریکا و چین که از ژوئیه ۲۰۱۸ آغاز و تا ابتدای سال ۲۰۲۰ ادامه داشت و همچنین همه‌گیری ویروس کرونا که از ابتدای سال ۲۰۲۰ آغاز شد، بوده است. در طول این دو رویداد، رشد اقتصادی

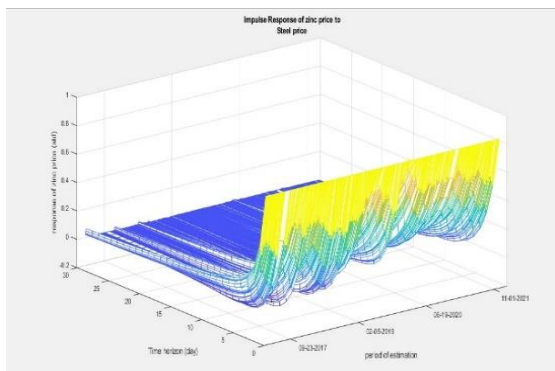
بود. علاوه بر این، کاهش نرخ بهره از سوی آمریکا برای مقابله با رکود اقتصادی ناشی از بحران کرونا در این کشور منجر به آن شد تا شاخص دلار کاهش پیدا کند. فشار تقاضا از سوی اقتصادهای پیشران در طول سال ۲۰۲۱ در کنار ارزان بودن دلار برای خریداران غیرآمریکایی باعث شد تا در دوران بازیابی اقتصادی در سال ۲۰۲۱، به دنبال یک واحد شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار در شاخص دلار، قیمت فلزات سرب و روی با سرعت بیشتری در مقایسه با سایر دوره‌ها افزایش یابد به گونه‌ای که پس از چند روز قیمت فلزات سرب و روی برای مدتی به سطحی بیشتر از قیمت در زمان پیش از وقوع شوک در شاخص دلار برسد.

۴-۳- اثر تکانه قیمت فولاد بر قیمت فلزات سرب و روی

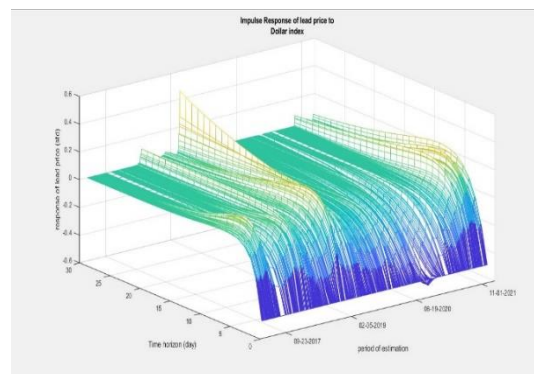
همانطور که در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ مشاهده می‌شود، در طول بازه زمانی مورد بررسی، یک واحد شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار در قیمت فلز فولاد منجر به افزایش قیمت فلز سرب به اندازه ۰/۸ انحراف معیار و افزایش قیمت فلز روی به اندازه ۰/۸۲ انحراف معیار شده است.



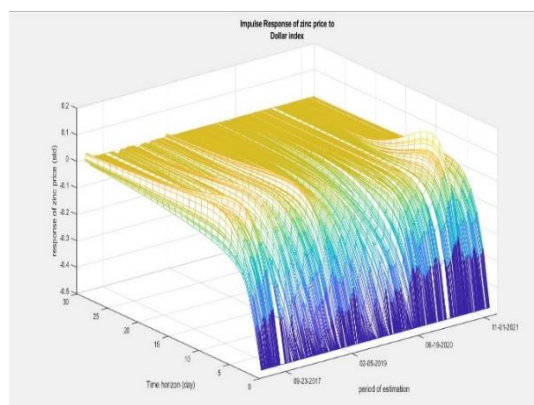
شکل ۱۱- آنالیز واکنش آنی قیمت فلز فولاد بر قیمت فلز سرب



شکل ۱۲- آنالیز واکنش آنی قیمت فلز فولاد بر قیمت فلز روی



شکل ۹- آنالیز واکنش آنی شاخص دلار بر قیمت فلز سرب

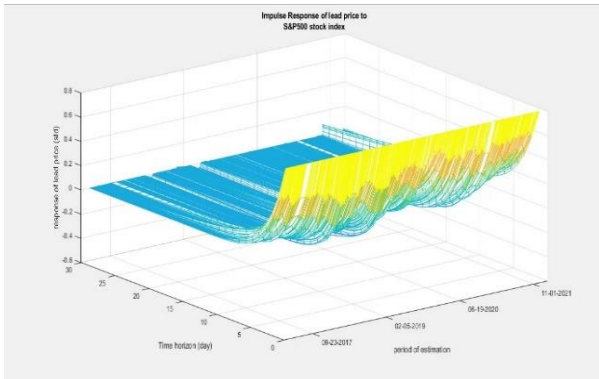


شکل ۱۰- آنالیز واکنش آنی شاخص دلار بر قیمت فلز روی

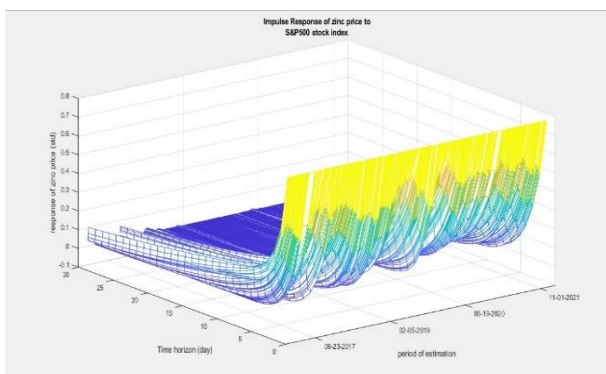
همانطور که در این دو شکل مشاهده می‌شود، در روزهای پس از کاهش قیمت فلزات سرب و روی ناشی از شوک مثبت در شاخص دلار، تقاضا برای این فلزات به دلیل کاهش قیمت، افزایش یافته که منجر به افزایش مجدد قیمت فلزات سرب و روی شده است. با این حال نحوه اثرپذیری و سرعت افزایش قیمت فلزات سرب و روی تا ۳۰ روز پس از شوک مثبت شاخص دلار تحت تاثیر فضای حاکم بر اقتصاد جهان در دوره‌های مختلف، متفاوت بوده است. به عنوان نمونه در برخی از دوره‌ها به ویژه در طول سال ۲۰۲۱ که همزمان با بازیابی‌های اقتصادی ناشی از بحران کرونا بود، پس از یک شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار در شاخص دلار و کاهش قیمت فلزات سرب و روی، قیمت این دو فلز به سرعت افزایش یافت و برای مدتی نیز قیمت نسبت به قبل از وقوع شوک مثبت در شاخص دلار بیشتر شد.

در طول بحران کرونا که اقتصاد جهان تحت شرایط رکود اقتصادی قرار داشت، بسیاری از اقتصادهای پیشران دنیا سیاست‌های انبساطی را در پیش گرفتند که نتیجه آن افزایش چشمگیر در تقاضا برای فلزات پایه از جمله فلزات سرب و روی

طول بازه زمانی مورد بررسی، یک واحد شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار در شاخص سهام S&P500 منجر به افزایش قیمت فلز سرب به اندازه ۰٫۷۸ انحراف معیار و افزایش قیمت فلز روی به اندازه ۰٫۷۶ انحراف معیار شده است.



شکل ۱۳- آنالیز واکنش آنی شاخص سهام S&P500 بر قیمت فلز سرب



شکل ۱۴- آنالیز واکنش آنی شاخص سهام S&P500 بر قیمت فلز روی

در ادبیات اقتصادی، تغییرات شاخص سهام در کشورهای توسعه یافته (مانند شاخص S&P500 در آمریکا) تابعی از قیمت سهام شرکتها و یا به عبارتی عملکرد (سودآوری) شرکت‌های پذیرفته شده در آن است. از سوی دیگر شاخص سهام به عنوان نمایی (نماینده) از عملکرد اقتصاد هر کشوری است. وجود رونق در اقتصاد آمریکا باعث افزایش بازدهی و سودآوری شرکتها (بنگاهها) در این کشور شده که این رویداد در بازار سهام منجر به افزایش قیمت سهام و در نتیجه رشد شاخص سهام مانند شاخص S&P500 می‌شود. از طرفی در شرایط رونق اقتصادی در کشور آمریکا به عنوان یکی از بزرگترین مصرف کنندگان فلزات سرب و روی به دلیل افزایش میزان تولید از سوی شرکتها (بنگاهها) در این کشور تقاضا برای فلزات سرب و روی افزایش می‌یابد و در نتیجه قیمت آن نیز

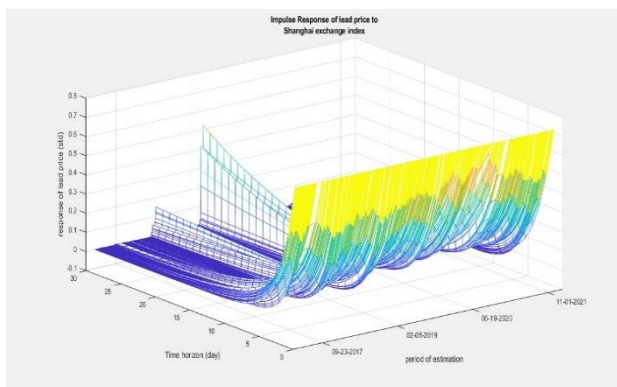
با توجه به کاربرد فلز سرب در صنعت فولاد برای بهبود خواص و افزایش کارایی در این صنعت، همچنین کاربرد فلز روی در صنعت فولاد برای افزایش مقاومت در محصولات فولادی در برابر انواع ضربه، خوردگی، خراشیدگی و اکسیداسیون، در زمان افزایش قیمت فولاد که نشان‌دهنده افزایش تقاضای آن است تقاضا برای فلزات سرب و روی نیز افزایش می‌یابد که منجر به افزایش قیمت این دو فلز می‌شود. بنابراین افزایش در قیمت فولاد اثر مثبتی بر قیمت فلزات سرب و روی می‌گذارد.

چنانچه در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ مشاهده می‌شود، پس از افزایش قیمت فلزات سرب و روی ناشی از شوک مثبت قیمت فولاد، به دلیل کاهش در تقاضا، قیمت این دو فلز نیز کاهش یافت. همچنین بر اساس این دو شکل، سرعت کاهش قیمت فلزات سرب و روی تا یک ماه پس از وقوع شوک مثبت در قیمت فولاد در دوره‌های مختلف، متفاوت بوده است. به عنوان نمونه از اواسط سال ۲۰۱۸ همزمان با اعمال تعرفه بر محصولات فولادی چین از سوی آمریکا، تعادل در بازار جهانی محصولات فولادی برهم خورد به نحوی که بازار جهانی فولاد شاهد مازاد عرضه و در نتیجه کاهش قیمت فولاد بود. این مساله بازار سایر فلزات پایه از جمله سرب و روی که به صورت گسترده در صنعت فولاد به کار گرفته می‌شوند را نیز تحت تاثیر خود قرار داد و باعث شد تا تقاضا و در نتیجه قیمت این دو فلز نیز به صورت قابل توجهی کاهش یابد. در چنین شرایطی که تقاضا برای فلزات سرب و روی در سطح پایینی قرار داشت، افزایش در قیمت این دو فلز ناشی از شوک‌های مثبت در بازار فولاد، همانطور که در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نیز قابل مشاهده است، در مقایسه با سایر دوره‌ها با سرعت بیشتری کاهش می‌یافت. این در حالی است که در طول سال ۲۰۲۱ که اکثر اقتصادهای پیشران دنیا سیاست بازبایی اقتصادی را برای جبران خسارت‌های اقتصادی ناشی از بحران کرونا در دستور کار خود قرار دادند، تقاضا برای فلزات سرب و روی نیز افزایش یافت که این مساله باعث می‌شد در روزهای پس از وقوع یک شوک مثبت در قیمت فولاد، قیمت فلزات سرب و روی با سرعت کمتری کاهش یابد.

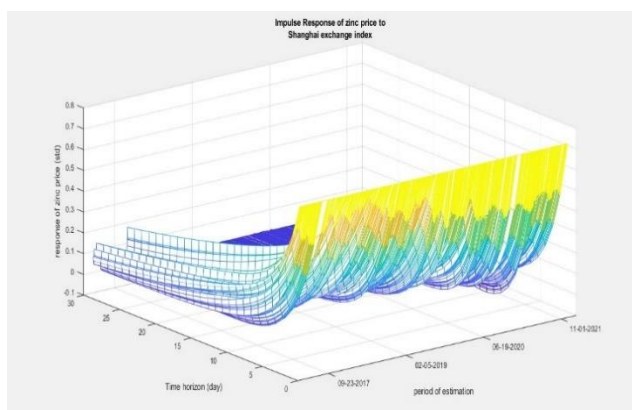
۴-۴-۴ اثر تکانه شاخص S&P500 بر قیمت فلزات سرب و روی

همانطور که در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ مشاهده می‌شود، در

این کشور بیانگر میزان تقاضای جهانی آن بشمار می‌آید و در نتیجه اثرگذاری آن بر قیمت فلزات پایه حایز اهمیت است. تحلیل ارایه شده برای اثرگذاری شاخص سهام آمریکا بر قیمت فلزات سرب و روی برای شاخص مرکب بورس شانگهای نیز صادق است. از این رو از تفسیر مجدد آن صرف‌نظر می‌شود.



شکل ۱۵- آنالیز واکنش آنی شاخص مرکب بورس شانگهای بر قیمت فلز سرب



شکل ۱۶- آنالیز واکنش آنی شاخص مرکب بورس شانگهای بر قیمت فلز روی

۴-۴-۶- اثر تکانه شاخص بالتیک بر قیمت فلزات سرب و روی

همانطور که در شکل‌های ۱۷ و ۱۸ مشاهده می‌شود، در طول بازه زمانی مورد بررسی، یک واحد شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار در شاخص بالتیک منجر به افزایش قیمت فلز سرب به اندازه ۰/۷۶ انحراف معیار و افزایش قیمت فلز روی به اندازه ۰/۶۷ انحراف معیار شده است.

شاخص بالتیک به تقاضای حمل و نقل ارتباط دارد و تقاضا برای حمل و نقل نیز مشتقی از تقاضا برای مواد خام از جمله فلزات سرب و روی است که خود آن نیز به بسیاری از بخش‌های

افزایش می‌یابد. بنابراین افزایش شاخص S&P500 اثر مثبتی بر قیمت این دو فلز می‌گذارد. همانطور که در این دو شکل دیده می‌شود، پس از افزایش در قیمت فلزات سرب و روی ناشی از یک واحد شوک مثبت در شاخص سهام S&P500، به دلیل کاهش در تقاضا، قیمت فلزات سرب و روی کاهش می‌یابد. همچنین در طول ۳۰ روز پس از وقوع شوک در شاخص سهام S&P500، سرعت کاهش و نحوه اثرپذیری قیمت این دو فلز از یک واحد شوک مثبت در شاخص سهام S&P500، در دوره‌های مختلف، متفاوت بوده است. دلیل این مساله همانطور که در قسمت اثر تکانه قیمت نفت برنت بر قیمت فلزات سرب و روی بیان شد، می‌تواند شرایط حاکم بر بازار جهانی فلزات سرب و روی تحت تاثیر جنگ تجاری میان آمریکا و چین و همچنین همه‌گیری ویروس کرونا در طول بازه زمانی مورد بررسی باشد که در نتیجه آن در برخی از دوره‌ها همچون ۱۹ فوریه تا ۱۹ مه ۲۰۲۰ در بازار سرب و ۱۰ مارس تا ۲۹ ژوئن ۲۰۲۰ در بازار فلز روی به علت کوچک بودن شکاف میان عرضه و تقاضا و وجود تقاضای بیشتر در بازار این دو فلز در مقایسه با سایر دوره‌ها، پس از وقوع یک شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار در شاخص S&P500 قیمت فلزات سرب و روی با سرعت کمتری کاهش یافته و در برخی دیگر از دوره‌ها همچون ۵ آوریل تا ۲۴ مه ۲۰۱۹ به علت عمیق‌تر شدن شکاف میان عرضه و تقاضا و پایین بودن سطح تقاضا برای این دو فلز، قیمت با سرعت بیشتری کاهش یافته است.

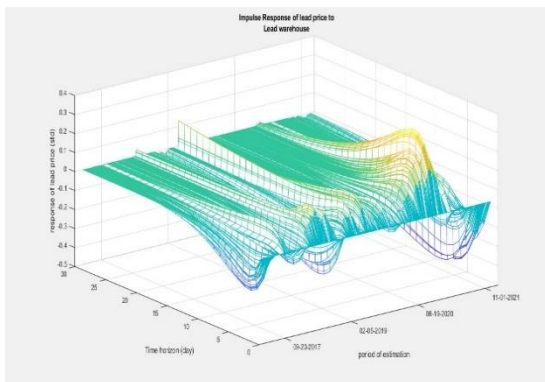
۴-۴-۵- اثر تکانه شاخص مرکب بورس شانگهای بر قیمت فلزات سرب و روی

همانطور که در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ مشاهده می‌شود، در طول بازه زمانی مورد بررسی، یک واحد شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار در شاخص مرکب بورس شانگهای منجر به افزایش قیمت فلز سرب به اندازه ۰/۷۲ انحراف معیار و افزایش قیمت فلز روی به اندازه ۰/۷۱ انحراف معیار شده است.

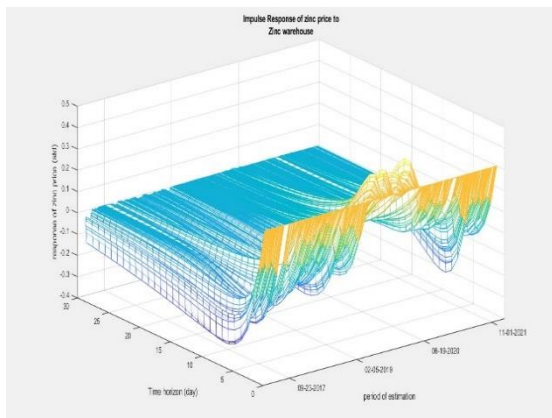
همانند شاخص سهام آمریکا، شاخص مرکب بورس شانگهای نیز که بیانگر وضعیت اقتصادی کشور چین است به عنوان یکی از شاخص‌های مهم در ادبیات اقتصاد بین‌الملل در دهه‌های اخیر شناخته می‌شود. بنابراین تفسیر ارایه شده در مورد شاخص سهام آمریکا برای شاخص مرکب بورس شانگهای نیز صادق است. کشور چین به عنوان بزرگترین واردکننده فلزات سرب و روی جهان شناخته می‌شود و وضعیت اقتصاد

مثبت به اندازه یک انحراف معیار در موجودی انبار فلز روی منجر به افزایش قیمت فلز روی به اندازه ۰٫۳ انحراف معیار شده است.

با بررسی اثر کوتاه مدت متغیرهای مستقل بر قیمت فلزات سرب و روی در بخش‌های قبلی مشاهده شد که این اثرات با مبانی نظری ارایه شده در بخش گذشته سازگاری دارد اما اثر تکانه موجودی انبار فلزات سرب و روی بر قیمت فلزات سرب و روی تا حدودی متفاوت است، کما اینکه در جدول ۳ مشاهده شد که همبستگی بین موجودی انبار روی با قیمت روی مثبت بود که با مبانی نظری اقتصاد خرد همخوانی ندارد. در این بخش تلاش می‌شود این ابهام با بررسی نتایج خروجی مدل، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. شکل ۱۹ اثر تکانه موجودی انبار سرب بر قیمت فلز سرب را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، افزایش در موجودی انبار سرب در ابتدا منجر به کاهش در قیمت سرب می‌شود و پس از آن (به جز برخی از دوره‌ها) منجر به افزایش در قیمت این فلز شده و در ادامه مجدداً به دلیل افزایش عرضه، قیمت نیز کاهش یافته است.



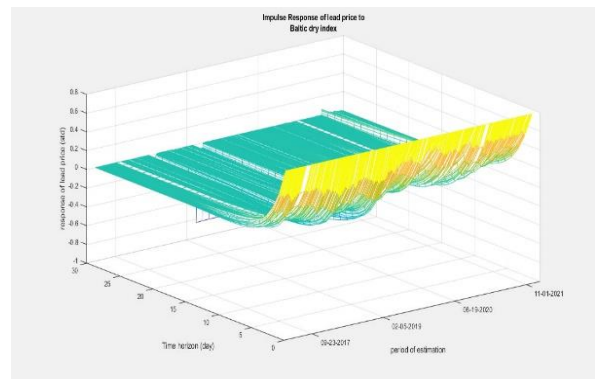
شکل ۱۹- آنالیز واکنش آنی موجودی انبار فلز سرب بر قیمت فلز سرب



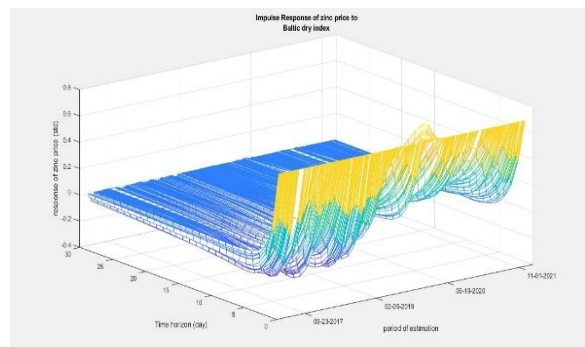
شکل ۲۰- آنالیز واکنش آنی موجودی انبار فلز روی بر قیمت فلز روی

استراتژیک صنعت جهان مانند ساخت‌وساز و خودروسازی مرتبط است. بنابراین می‌توان گفت زمانی که شاخص بالتیک افزایش می‌یابد، علامت آن است که تقاضا از سوی صنعت (به ویژه ساخت و ساز و خودروسازی) برای فلزات سرب و روی افزایش یافته و منجر به افزایش قیمت این دو فلز شده است.

چنانچه در شکل‌های ۱۷ و ۱۸ مشاهده می‌شود، پس از افزایش قیمت فلزات سرب و روی ناشی از شوک مثبت شاخص بالتیک، به دلیل کاهش در تقاضا، قیمت این دو فلز نیز کاهش یافت. همچنین بر اساس این دو شکل، سرعت کاهش قیمت فلزات سرب و روی تا یک ماه پس از وقوع شوک در شاخص بالتیک در دوره‌های مختلف، به صورت نامتقارن بوده است که به دلیل مشابه بودن تحلیل آن با تحلیل‌های ارایه‌شده در قسمت‌های قبل از ارایه مجدد آن صرف نظر می‌شود.



شکل ۱۷- آنالیز واکنش آنی شاخص بالتیک بر قیمت فلز سرب



شکل ۱۸- آنالیز واکنش آنی شاخص بالتیک بر قیمت فلز روی

۴-۴-۷- اثر تکانه موجودی انبار فلزات سرب و روی بر قیمت فلزات سرب و روی

همانطور که در شکل‌های ۱۹ و ۲۰ مشاهده می‌شود، در طول بازه زمانی مورد بررسی، یک واحد شوک مثبت به اندازه یک انحراف معیار در موجودی انبار فلز سرب منجر به کاهش قیمت فلز سرب به اندازه ۰٫۰۷ انحراف معیار و یک واحد شوک

برآمده از جنگ تجاری میان آمریکا و چین و وقوع بحران کرونا باشد که بورس فلزات لندن و فعالان این بازار را به شدت تحت تاثیر خود قرار داد و باعث شد تا در دوره‌های مختلف، به دنبال نوسانات موجودی‌های انبار، بازار فلزات سرب و روی اثرپذیری‌های نامتقارنی را تجربه کند.

در پایان این بخش، نتایج حاصل از مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل اثر کوتاه‌مدت متغیرهای مستقل بر قیمت دو فلز سرب و روی حاکی از سازگاری مبانی نظری ارائه شده در بخش دوم با نتایج ارائه شده در بخش واقعی بود. البته رابطه بین موجودی انبار و قیمت دو فلز یاد شده حاکی از ناسازگاری تبیین شده در ادبیات اقتصاد خرد بود که تحلیل‌های ارائه شده در این رابطه (با توجه به واقعیت‌های جهان واقعی) تا حدودی پوشش‌دهنده آن ناسازگاری بود.

۵- بحث

در پژوهش حاضر با استفاده از مدل‌های خودرگرسیون برداری (VAR) عامل افزوده شده (FA) ترکیبی با روش پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP)، اقدام به بررسی توابع واکنش آبی متغیر در طول زمان متغیرهای قیمت نفت برنت، شاخص دلار، شاخص سهام S&P500، شاخص مرکب بورس شانگهای، شاخص بالتیک، قیمت فولاد و موجودی‌های انبار سرب و روی بر قیمت فلزات سرب و روی شده است. بر اساس نتایج بدست آمده در قسمت یافته‌های پژوهش، قیمت نفت برنت، شاخص دلار، شاخص سهام S&P500، شاخص مرکب بورس شانگهای، شاخص بالتیک، قیمت فولاد و موجودی‌های انبار فلزات سرب و روی بر قیمت فلزات سرب و روی موثر است. همچنین نتایج تحقیق حاضر بیانگر اثرات متغیر زمانی این متغیرها بر قیمت فلزات سرب و روی است. بر اساس یافته‌های این پژوهش قیمت نفت برنت اثر مثبتی بر قیمت فلزات سرب و روی می‌گذارد. با توجه به اینکه انرژی به عنوان مهم‌ترین ماده اولیه در تولید فلزات سرب و روی محسوب می‌شود، در هنگام افزایش قیمت نفت، هزینه تولید فلزات سرب و روی افزایش می‌یابد که در نهایت منجر به افزایش در قیمت فلزات یاد شده می‌شود. همچنین در هنگام افزایش قیمت نفت برنت و در نتیجه قیمت مواد اولیه، تولیدکنندگان میزان تولید خود را کاهش می‌دهند که در نهایت منجر به کاهش عرضه و افزایش قیمت فلزات سرب و روی می‌شود. شاخص دلار اثر منفی بر قیمت فلزات سرب و روی می‌گذارد. با توجه به اینکه

بر اساس مبانی نظری، موجودی انبار نماینده طرف عرضه در بازار است [۳۶]. بنابراین هنگامی که موجودی انبار فلز سرب افزایش می‌یابد، می‌تواند به این معنا باشد که در بازار سرب، عرضه این فلز بر تقاضای آن غلبه داشته (مازاد عرضه وجود داشته) و این منجر به کاهش قیمت فلز سرب شده است اما همانطور که در شکل ۱۹ دیده می‌شود، افزایش در موجودی انبار سرب در ابتدا اثر منفی و پس از آن اثر مثبت بر قیمت این فلز می‌گذارد. بررسی‌های انجام شده در گزارش‌های تحلیلی شرکت‌های بزرگ و مطرح بین‌المللی نشان می‌دهد که وقتی قیمت سرب در بازار به دلیل فشار عرضه پایین باشد، تولیدکنندگان فلز سرب تمایلی به عرضه و فروش محصول خود در قیمت‌های یاد شده را ندارند و به امید اصلاح قیمت‌ها در آینده، تولید خود را در انبار نگه می‌دارند و منتظر زمان‌های بهتری برای عرضه می‌مانند. در این شرایط به طور همزمان موجودی انبار فلز سرب و قیمت‌ها (به دلیل کاهش عرضه در بازار) افزایش می‌یابد اما پس از رشد قیمت‌ها به بالاتر از سطح انتظاری تولیدکنندگان، فلز سرب شروع به خروج از انبار و ورود به بازار می‌کند و در این شرایط موجودی انبار و قیمت‌های بازاری مجدد شروع به کاهش می‌کند که این همسویی در قیمت و موجودی انبار قابل توجه است. بنابراین می‌توان گفت دلیل این پدیده که افزایش در موجودی انبار سرب در ابتدا اثر منفی و پس از آن اثر مثبت بر قیمت فلز سرب گذاشته آن است که در ابتدا با افزایش در موجودی انبار ناشی از مازاد عرضه در بازار قیمت فلز سرب کاهش یافته اما در ادامه با تداوم کاهش قیمت سرب، مازاد عرضه فلز سرب در بازار از میان رفته و مازاد تقاضا شکل گرفته و این باعث افزایش در قیمت سرب شده است.

بر اساس شکل ۲۰، افزایش در موجودی انبار روی، در ابتدا منجر به افزایش در قیمت روی و پس از آن (به جز برخی از دوره‌ها) منجر به کاهش در قیمت این فلز می‌شود. تحلیل ارائه شده در خصوص دوره‌ای که رابطه بین تغییرات موجودی انبار و قیمت روی مستقیم است، همانند تحلیل ارائه شده در رابطه با فلز سرب است.

همانطور که در این دو شکل دیده می‌شود، نحوه اثرپذیری قیمت فلزات سرب و روی از یک واحد شوک مثبت در موجودی‌های انبار تا یک ماه پس از وقوع شوک در دوره‌های مختلف متفاوت بوده است. دلیل این مساله نیز می‌تواند شرایط

در بازارهای جهانی فلزات سرب و روی بر اساس دلار قیمت‌گذاری می‌شوند، افزایش در شاخص دلار به معنای گرانتر شدن فلزات سرب و روی برای کسانی است که با ارزهایی غیر از دلار قصد خرید این فلزات را دارند. با افزایش در شاخص دلار و گرانتر شدن فلزات سرب و روی، تقاضا برای این فلزات کاهش می‌یابد که در نهایت منجر به کاهش در قیمت فلزات یاد شده می‌شود. شاخص سهام S&P500 و شاخص مرکب بورس شانگهای اثر مثبت بر قیمت فلزات سرب و روی می‌گذارند. تغییرات شاخص سهام در کشورهای توسعه‌یافته تابعی از عملکرد (سودآوری) شرکت‌های پذیرفته شده در بازار سهام آن کشورها است. از سوی دیگر شاخص سهام به عنوان نماگری (نماینده) از عملکرد اقتصاد هر کشور محسوب می‌شود. وجود رونق در اقتصاد آمریکا و چین باعث افزایش بازدهی و سودآوری شرکت‌ها (بنگاه‌ها) در این دو کشور شده که این رویداد در بازار سهام آن‌ها منجر به افزایش قیمت سهام و در نتیجه رشد شاخص سهام S&P500 و شاخص مرکب بورس شانگهای می‌شود. از طرفی در شرایط رونق اقتصادی در دو کشور آمریکا و چین به ترتیب به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده و واردکننده فلزات سرب و روی در جهان، به دلیل افزایش میزان تولید از سوی شرکت‌ها (بنگاه‌ها) در این دو کشور، تقاضا برای فلزات سرب و روی افزایش می‌یابد و در نتیجه قیمت آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. شاخص بالتیک اثر مثبت بر قیمت فلزات سرب و روی می‌گذارد. شاخص بالتیک به تقاضای حمل و نقل مرتبط است و تقاضا برای حمل و نقل نیز مشتقی از تقاضا برای مواد خام از جمله فلزات سرب و روی است. زمانی که شاخص بالتیک افزایش می‌یابد نشانه آن است که تقاضا (به ویژه تقاضا از سوی صنایع خودروسازی و ساخت و ساز) برای فلزات سرب و روی افزایش یافته و این منجر به افزایش قیمت این دو فلز شده است. قیمت فولاد اثر مثبت بر قیمت فلزات سرب و روی می‌گذارد. با توجه به کاربرد فلز سرب در صنعت فولاد برای افزایش کارایی در این صنعت و کاربرد فلز روی برای تولید ورق‌های فولادی گالوانیزه، در زمان افزایش قیمت فولاد که نشان دهنده افزایش تقاضای آن است، تقاضا برای فلزات سرب و روی نیز افزایش می‌یابد که منجر به افزایش قیمت آن‌ها می‌شود. افزایش در موجودی انبار سرب در ابتدا اثر منفی بر قیمت سرب گذاشته و پس از آن تا چند دوره اثر مثبتی بر قیمت این فلز گذاشته است. موجودی انبار در دو حالت مازاد عرضه در بازار یا پایین بودن قیمت در بازار، افزایش می‌یابد. با

توجه به اینکه افزایش در موجودی انبار سرب در ابتدا اثر منفی بر قیمت سرب گذاشته و پس از آن اثر مثبت بر قیمت این فلز گذاشته می‌توان گفت که در ابتدا افزایش موجودی انبار سرب ناشی از مازاد عرضه این فلز در بازار بوده که باعث کاهش در قیمت این فلز شده است اما در ادامه همراه با کاهش قیمت سرب در بازار مازاد عرضه از میان رفته و مازاد تقاضا شکل گرفته و این مازاد تقاضا باعث شده که قیمت سرب پس از یک کاهش، افزایش یابد. در ارتباط با فلز روی با توجه به این که افزایش در موجودی انبار این فلز در ابتدا اثر مثبت و پس از آن اثر منفی بر قیمت این فلز گذاشته می‌توان گفت که در ابتدا افزایش در موجودی انبار این فلز ناشی از پایین بودن قیمت فلز روی در بازار بوده که باعث شده تولیدکنندگان این فلز ترجیح دهند به جای عرضه تولیدات خود به بازار، آن‌ها را در انبار نگه دارند و این باعث افزایش در قیمت فلز روی شده است. در ادامه همراه با افزایش قیمت این فلز و جذاب شدن قیمت آن برای تولیدکنندگان این فلز، در بازار مازاد عرضه شکل گرفته و این مازاد عرضه منجر به کاهش قیمت فلز روی شده است.

همچنین یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که نحوه اثرپذیری قیمت فلزات سرب و روی تحت تاثیر شرایط موجود در اقتصاد جهانی ناشی از شوک‌های جنگ تجاری میان آمریکا و چین و همچنین وقوع بحران کرونا که باعث تغییرات شدید در شکاف میان عرضه و تقاضا در برهه‌هایی خاص در بازار این دو فلز می‌شدند، تا یک ماه پس از وقوع شوک به اندازه یک انحراف معیار در هر یک از متغیرهای مدل در دوره‌های مختلف، متفاوت است.

۶- جمع‌بندی

فلزات سرب و روی به واسطه کاربرد ویژه‌ای که در بخش صنعت دارند و نقشی که این بخش در اقتصاد کشورها دارد، بسیار با اهمیت‌اند. از این رو، شناسایی عوامل موثر بر قیمت جهانی آن‌ها از ضروریات است.

مطابق نتایج این مطالعه، متغیرهای قیمت نفت برنت، شاخص دلار، شاخص‌های سهام ایالات متحده آمریکا و چین، قیمت جهانی فولاد، شاخص بالتیک و موجودی‌های انبار بر نوسانات روزانه قیمت جهانی فلزات سرب و روی اثرگذارند و این اثرگذاری در طول زمان متغیر است. با توجه به اثرگذار بودن شاخص دلار و شاخص‌های سهام آمریکا و چین می‌توان گفت که شرایط اقتصادی (رونق و رکود) کشورهای چین و

- توسعه روش‌های مدل‌سازی مبتنی بر مدل‌های هوش مصنوعی.
 - استفاده از این مدل در سایر بازارها مانند سایر محصولات شیمیایی و کشاورزی.
 - توسعه مدل‌های مبتنی بر همبستگی متقابل.
- آمریکا به عنوان دو اقتصاد پیشران در جهان به دلیل طیف گسترده‌ای از مصارف فلزات سرب و روی که این دو کشور در بخش ساخت‌وساز و خودروسازی و همچنین توسعه زیرساخت‌ها دارند از مهم‌ترین تعیین‌کننده‌های قیمت جهانی فلزات سرب و روی به حساب می‌آیند.

۷- پیشنهادات

در پایان پیشنهاداتی به شرح زیر ارائه می‌شود:

جدول ۱- آمار توصیفی مدل قیمت فلزات سرب و روی

آماره‌های توصیفی (داده‌های مدل قیمت فلز سرب)									نام متغیر
آماره احتمال	جارك برا	انحراف معيار	كشيدگي	چولگي	حداقل	حداكثر	ميانه	ميانگين	
۰,۰۰	۱۷,۰۲	۴۱۰,۹۷	-۰,۵۸	۰,۱	۱۸۱۵,۵	۳۷۹۴,۵	۲۶۶۲	۲۷۱۰,۲۷	قيمت روی (دلار در هر تن)
۰,۰۰	۲۴,۱۷	۲۳۰,۴۹	-۰,۶۸	۰,۱۳	۱۵۸۵,۵	۲۶۶۹	۲۰۷۷,۲۵	۲۱۰۷,۵۴	قيمت سرب (دلار در هر تن)
۰,۰۰	۴۴,۲	۸۶۰۹۲,۱۱	-۰,۹۶	۰,۰۷	۴۹۱۹۹	۳۸۱۸۸۰	۱۹۷۹۶۲	۱۸۱۱۲۸,۲	موجودی انبار فلز روی (تن)
۰,۰۰	۶۹,۸۴	۳۵۵۲۱,۹۱	-۰,۹۸	۰,۳۸	۳۹۵۱۸,۸۲	۱۸۴۰۰۰	۹۳۸۴۷,۶۷	۹۹۴۸۰,۷۹	موجودی انبار سرب (تن)
۰,۰۰	۶۶,۲۲	۱۳,۶۹	-۰,۰۳	-۰,۶۱	۱۹,۳۳	۸۹,۹۶	۶۳,۸۲	۶۱,۷۲	قيمت نفت برنت (دلار به ازای هر بشکه)
۰,۰۰	۲۵,۱	۲,۸۶	-۰,۷۱	-۰,۱۲	۸۸,۵۱	۱۰۳,۶۱	۹۴,۹۹	۹۴,۷۹	شاخص دلار
۰,۰۰	۷۹۳,۴۷	۸۹۹,۴۱	۲,۷۶	۱,۵۹	۳۹۳	۵۵۲۶	۱۳۷۶	۱۶۰۲,۰۱	شاخص بالتیک
۰,۰۰	۱۱۷,۸۱	۶۷,۲۱	۰,۰۰	۰,۸۱	۱۲۱,۹۷	۴۴۵,۹۶	۲۴۰,۵۸	۲۶۱,۴۱	قيمت فولاد (دلار در هر تن)
۰,۰۰	۵۴,۵۵	۳۰۸,۳۳	-۱,۰۷	-۰,۱۴	۲۴۶۴,۳۶	۳۷۱۵,۳۷	۳۱۵۴,۲۸	۳۱۴۸,۳۴	شاخص مرکب بورس شانگهای
۰,۰۰	۱۶۵,۷۴	۶۶۹,۶۹	-۰,۳۶	۰,۹۴	۲۲۳۷,۴	۴۷۹۳,۵۴	۲۹۲۶,۴۶	۳۱۹۷,۲۲	شاخص S&P500

جدول ۲- همبستگی متغیرهای مدل قیمت فلز سرب

قیمت فولاد	شاخص S&P500	شاخص مرکب بورس شانگهای	موجودی انبار سرب	شاخص دلار	قیمت نفت برنت	شاخص بالتیک	قیمت سرب	
							۱/۰۰ ---	قیمت سرب
						۱/۰۰ ---	۰/۷۶۴ (۰/۱۰۰)	شاخص بالتیک
					۱/۰۰ ---	۰/۴۷۹ (۰/۱۰۰)	۰/۵۵۰ (۰/۱۰۰)	قیمت نفت برنت
				۱/۰۰ ---	-۰/۲۷۵ (۰/۱۰۰)	-۰/۳۰۵ (۰/۱۰۰)	-۰/۵۰۴ (۰/۱۰۰)	شاخص دلار
			۱/۰۰ ---	-۰/۳۴۹ (۰/۱۰۰)	-۰/۲۱۵ (۰/۱۰۰)	-۰/۳۶۷ (۰/۱۰۰)	-۰/۲۸۴ (۰/۱۰۰)	موجودی انبار سرب
		۱/۰۰ ---	۰/۰۰۱ (۰/۰۹۶)	-۰/۶۲۱ (۰/۱۰۰)	۰/۱۵۳ (۰/۱۰۰)	۰/۵۲۸ (۰/۱۰۰)	۰/۷۲۰ (۰/۱۰۰)	شاخص مرکب بورس شانگهای
	۱/۰۰ ---	۰/۶۷۹ (۰/۱۰۰)	-۰/۵۵۲ (۰/۱۰۰)	-۰/۳۰۵ (۰/۱۰۰)	۰/۳۳۹ (۰/۱۰۰)	۰/۷۴۶ (۰/۱۰۰)	۰/۷۸۰ (۰/۱۰۰)	شاخص S&P500
۱/۰۰ ---	۰/۶۷۷ (۰/۱۰۰)	۰/۵۳۶ (۰/۱۰۰)	-۰/۲۲۷ (۰/۱۰۰)	-۰/۴۵۰ (۰/۱۰۰)	۰/۷۶۵ (۰/۱۰۰)	۰/۷۳۱ (۰/۱۰۰)	۰/۸۰۱ (۰/۱۰۰)	قیمت فولاد

توضیحات: اعداد ارایه شده در ردیف اول برای هر متغیر، مقدار آماره و مقادیر داخل پرانتز نیز آماره احتمال تحلیل کوواریانس است.

جدول ۳- همبستگی متغیرهای مدل قیمت فلز روی

قیمت فولاد	شاخص S&P500	شاخص مرکب بورس شانگهای	موجودی انبار روی	شاخص دلار	قیمت نفت برنت	شاخص بالتیک	قیمت روی	
							۱/۰۰ ---	قیمت روی
						۱/۰۰ ---	۰/۶۸۲ (۰/۱۰۰)	شاخص بالتیک
					۱/۰۰ ---	۰/۴۸۴ (۰/۱۰۰)	۰/۶۴۴ (۰/۱۰۰)	قیمت نفت برنت
				۱/۰۰ ---	-۰/۲۹۵ (۰/۱۰۰)	-۰/۳۱۶ (۰/۱۰۰)	-۰/۵۰۴ (۰/۱۰۰)	شاخص دلار
			۱/۰۰ ---	-۰/۴۰۳ (۰/۱۰۰)	۰/۰۶۳ (۰/۰۳)	۰/۲۴۰ (۰/۱۰۰)	۰/۲۱۵ (۰/۱۰۰)	موجودی انبار روی
		۱/۰۰ ---	۰/۴۹۴ (۰/۱۰۰)	-۰/۵۶۵ (۰/۱۰۰)	۰/۱۴۶ (۰/۱۰۰)	۰/۵۲۱ (۰/۱۰۰)	۰/۶۹۸ (۰/۱۰۰)	شاخص مرکب بورس شانگهای
	۱/۰۰ ---	۰/۶۴۹ (۰/۱۰۰)	۰/۱۰۴ (۰/۱۰۰)	-۰/۳۵۶ (۰/۱۰۰)	۰/۳۵۴ (۰/۱۰۰)	۰/۷۴۳ (۰/۱۰۰)	۰/۷۷۱ (۰/۱۰۰)	شاخص S&P500
۱/۰۰ ---	۰/۶۶۶ (۰/۱۰۰)	۰/۵۳۳ (۰/۱۰۰)	۰/۳۷۵ (۰/۱۰۰)	-۰/۴۳۱ (۰/۱۰۰)	۰/۷۶۲ (۰/۱۰۰)	۰/۷۲۹ (۰/۱۰۰)	۰/۸۱۵ (۰/۱۰۰)	قیمت فولاد

توضیحات: اعداد ارایه شده در ردیف اول برای هر متغیر، مقدار آماره و مقادیر داخل پرانتز نیز آماره احتمال تحلیل کوواریانس است.

جدول ۴- مانایی متغیرهای مدل قیمت فلزات سرب و روی

نام متغیر	آزمون در سطح		آزمون با یکبار تفاضل گیری
	مقدار آماره	مقدار احتمال	
قیمت روی	-۲,۳۹	۰,۳۸	مقدار احتمال ۰,۰۰
قیمت سرب	-۲,۳۳	۰,۴۱	مقدار آماره -۳۲,۵۶
شاخص بالتیک	-۲,۳۳	۰,۴۱	مقدار احتمال ۰,۰۰
قیمت نفت برنت	-۱,۱۴	۰,۹۱	مقدار آماره -۳۱,۶۸
شاخص دلار	-۲,۲۲	۰,۴۷	مقدار احتمال ۰,۰۰
موجودی انبار روی	-۲,۱۴	۰,۵۲	مقدار آماره -۲۳,۱
موجودی انبار سرب	-۲,۳۱	۰,۴۲	مقدار احتمال ۰,۰۰
شاخص مرکب بورس شانگهای	-۲,۱۸	۰,۴۹	مقدار آماره -۳۲,۳۳
شاخص S&P500	-۲,۱۸	۰,۴۹	مقدار احتمال ۰,۰۰
قیمت فولاد	-۱,۴۷	۰,۸۳	مقدار آماره -۳۳,۴۶

جدول ۵- مقایسه معیارهای خطای پیش‌بینی برای قیمت سرب

دوره	TVP-FAVAR model		M-GARCH model		ARIMA-GARCH model		VAR	
	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE
۱	۰,۱۸۳	۱۳,۲۷	۰,۵۴۱	۲۲,۱۳	۰,۵۹۳	۲۴,۰۱	۰,۴۳۱	۲۰,۴۳
۲	۰,۱۸۳	۱۳,۳	۰,۵۴۳	۲۲,۱۹	۰,۵۹۵	۲۴,۰۳	۰,۴۳۱	۲۰,۴۶
۳	۰,۱۸۷	۱۳,۳۱	۰,۵۴۳	۲۲,۲۸	۰,۵۹۵	۲۴,۰۳	۰,۴۳۳	۲۰,۴۶
۴	۰,۱۹	۱۳,۳۳	۰,۵۴۴	۲۲,۴۱	۰,۵۹۶	۲۴,۰۵	۰,۴۳۴	۲۰,۵۱
۵	۰,۱۹۲	۱۳,۳۷	۰,۵۴۵	۲۲,۴۷	۰,۶۰۱	۲۴,۰۶	۰,۴۳۹	۲۰,۵۲
۶	۰,۱۹۵	۱۳,۳۸	۰,۵۴۸	۲۲,۵۶	۰,۶۰۳	۲۴,۰۹	۰,۴۴۱	۲۰,۵۵
۷	۰,۲	۱۳,۴۳	۰,۵۵۳	۲۲,۵۹	۰,۶۰۴	۲۴,۰۹	۰,۴۴۵	۲۰,۵۷
۸	۰,۲۲	۱۳,۴۳	۰,۵۵۴	۲۲,۶۱	۰,۶۰۸	۲۴,۱۱	۰,۴۴۷	۲۰,۶۱
۹	۰,۲۳	۱۳,۴۴	۰,۵۵۴	۱۱,۶۲	۰,۶۱۱	۲۴,۱۲	۰,۴۴۸	۲۰,۶۳
۱۰	۰,۲۳	۱۳,۴۶	۰,۵۵۹	۲۲,۶۸	۰,۶۱۶	۲۴,۱۵	۰,۴۵۱	۲۰,۶۹

توضیحات: واحد RMSE، دلار در هر تن است و واحد MAPE نیز درصد است.

جدول ۶- مقایسه معیارهای خطای پیش‌بینی برای قیمت روی

دوره	TVP-FAVAR model		M-GARCH model		ARIMA-GARCH model		VAR	
	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE	RMSE	MAPE
۱	۰,۲۳۴	۱۴,۶۱	۰,۶۱۱	۲۴,۰۳	۰,۷۴۶	۲۵,۸۸	۰,۵۳۲	۲۲,۹۶
۲	۰,۲۳۴	۱۴,۶۱	۰,۶۱۳	۲۴,۰۴	۰,۷۴۸	۲۵,۸۹	۰,۵۳۳	۲۲,۹۹
۳	۰,۲۳۷	۱۴,۶۵	۰,۶۱۴	۲۴,۰۶	۰,۷۴۹	۲۵,۹۱	۰,۵۳۵	۲۳,۰۲
۴	۰,۲۳۸	۱۴,۶۶	۰,۶۱۴	۲۴,۰۹	۰,۷۵۲	۲۵,۹۴	۰,۵۳۸	۲۳,۰۳
۵	۰,۲۴۱	۱۴,۶۷	۰,۶۱۶	۲۴,۱۱	۰,۷۵۳	۲۵,۹۵	۰,۵۳۹	۲۳,۰۶
۶	۰,۲۴۲	۱۴,۶۹	۰,۶۲۱	۲۴,۱۵	۰,۷۵۵	۲۵,۹۷	۰,۵۴۱	۲۳,۰۸
۷	۰,۲۴۶	۱۴,۷۱	۰,۶۲۳	۲۴,۱۸	۰,۷۵۹	۲۶,۰۲	۰,۵۴۴	۲۳,۰۹
۸	۰,۲۴۹	۱۴,۷۳	۰,۶۲۵	۲۴,۱۹	۰,۷۶۴	۲۶,۰۶	۰,۵۴۷	۲۳,۱۲
۹	۰,۲۵۱	۱۴,۷۴	۰,۶۲۸	۲۴,۲۲	۰,۷۶۸	۲۶,۱۱	۰,۵۵۲	۲۳,۱۵
۱۰	۰,۲۵۵	۱۴,۷۹	۰,۶۲۹	۲۴,۲۵	۰,۷۷۶	۲۶,۱۷	۰,۵۵۸	۲۳,۱۹

توضیحات: واحد RMSE، دلار در هر تن است و واحد MAPE نیز درصد است.

منابع

سازی شده توزیع احتمالی بییز»، اولین کنفرانس ملی
مدلسازی در مهندسی معدن و علوم وابسته.

13. Groen, J.J; Paap, R; and Ravazzolo, F; 2013; "Real-time inflation forecasting in a changing world" Journal of Business & Economic Statistics, 31(1), pp.29-44.
14. Del Negro, M; and Otrok, C; 2008; "Dynamic factor models with time-varying parameters: measuring changes in international business cycles" FRB of New York Staff Report, (326).
15. Eickmeier, S; Lemke, W; and Marcellino, M.G; 2011; "The changing international transmission of financial shocks: evidence from a classical time-varying FAVAR" Available at SSRN 2785396.
16. Korobilis, D; 2013; "Assessing the transmission of monetary policy using time-varying parameter dynamic factor models" Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 75(2), pp.157-179.
17. Zolfaghari, M; Ghoddusi, H; and Faghihian, F; 2020; "Volatility spillovers for energy prices: a diagonal BEKK approach" Energy Economics, 92, p.104965.
18. Wang, G. J; & Xie, C; 2013; "Cross-correlations between Renminbi and four major currencies in the Renminbi currency basket" Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 392(6), 1418-1428.
۱۹. خالقیان، حسین؛ عبدالله زاده رامهرمزی، لیلیا؛ خراسانی کیاسری، محمود؛ ۱۳۹۵؛ «تاثیر نفت و شاخص دلار بر طلا و کامودیتی‌ها»، ۷مین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و حسابداری و ۴مین کنفرانس بین‌المللی کارآفرینی و نوآوری‌های باز.
20. Umar, Z; Jareño, F; and Escribano, A; 2021; "Oil price shocks and the return and volatility spillover between industrial and precious metals" Energy Economics, 99, p.105291.
21. Hammoudeh, S; and Yuan, Y; 2008; "Metal volatility in presence of oil and interest rate shocks" Energy Economics, 30(2), pp.606-620.
22. Zhang, C; and Tu, X; 2016; "The effect of global oil price shocks on China's metal markets" Energy Policy, 90, pp.131-139.
23. Bildirici, M.E; Kayıkçı, F; and Onat, I.Ş; 2015; "Baltic Dry Index as a major economic policy indicator: the relationship with economic growth" Procedia-Social and Behavioral Sciences, 210, pp.416-424.
24. Geman, H; and Smith; W.O; 2012; "Shipping markets and freight rates: an analysis of the Baltic
1. Lombardi, M.J; Osbat, C; and Schnatz, B; 2012; "Global commodity cycles and linkages: a FAVAR approach" Empirical Economics, 43(2), pp.651-670.
2. Todorova, N; Worthington, A; and Souček, M; 2014; "Realized volatility spillovers in the non-ferrous metal futures market" Resources Policy, 39, pp.21-31.
3. Ahumada, H; and Cornejo, M; 2015; "Explaining commodity prices by a cointegrated time series-cross section model" Empirical economics, 48(4), pp.1667-1690.
4. Vardar, G; Coşkun, Y; and Yelkenci, T; 2018; "Shock transmission and volatility spillover in stock and commodity markets: evidence from advanced and emerging markets" Eurasian Economic Review, 8(2), pp.231-288.
5. Ciner, C; Lucey, B; and Yarovaya, L; 2020; "Spillovers, integration and causality in LME non-Ferrous metal markets" Journal of commodity markets, 17, p.100079.
6. Al-Yahyaee, K.H; Rehman, M.U; Al-Jarrah, I.M.W; Mensi, W; and Vo, X.V; 2020; "Co-movements and spillovers between prices of precious metals and non-ferrous metals: A multiscale analysis" Resources policy, 67, p.101680.
7. An, S; Gao, X; An, H; Liu, S; Sun, Q; and Jia, N; 2020; "Dynamic volatility spillovers among bulk mineral commodities: A network method" Resources policy, 66, p.101613.
8. Ameer, H.B; Ftiti, Z; and Louhichi, W; 2021; "Intraday spillover between commodity markets" Resources Policy, 74, p.102278.
9. Wang, T; and Wang, C; 2019; "The spillover effects of China's industrial growth on price changes of base metal" Resources Policy, 61, pp.375-384.
10. Dutta, A; 2018; "Impacts of oil volatility shocks on metal markets: A research note" Resources Policy, 55, pp.9-19.
۱۱. مولایی، فاطمه؛ سیاوشی، حسین؛ ۱۳۹۱؛ «پیش‌بینی قیمت فلز روی و انتخاب بهترین روش پیش‌بینی»، اولین همایش بین‌المللی اقتصادسنجی روش‌ها و کاربردها دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان.
۱۲. جهانمیری، شیرین؛ دهقانی، حسام؛ مرشدلو، عمید؛ ۱۳۹۷؛ «تخمین قیمت فلز سرب با استفاده از مدل بهینه

۳۴. فرهنگ حسن قشلاقی، زهرا؛ ۱۳۹۳؛ «اثر شوک‌های ساختاری بر چرخه‌های قیمت مسکن با استفاده از روش FAVAR» پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه الزهرا (س).
35. Cogley, T; and Sargent, T.J; 2005; “*Drifts and volatilities: monetary policies and outcomes in the post WWII US.*” *Review of Economic dynamics*, 8(2), pp.262-302.
36. Tuiserkani, S; Zolfaghari, M; and Saranj, A; 2023; “*The Spillover Effects in the Base Metals Market with Emphasis on Technological Changes*” *Journal of Mineral Resources Engineering*, 8(1), 111-130.
۳۷. خلیلی عراقی، منصور؛ فرزین وش، اسدالله؛ صدری، حامد؛ ۱۳۹۷؛ «بررسی اثرات متغیر زمانی توسعه مالی بر رشد اقتصادی: مدل TVP-FAVAR» فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار). سال نوزدهم. شماره سوم. صفحه ۵۹-۳۱.
38. Si, D.K; Li, X.L; Xu, X; and Fang, Y; 2021; “*The risk spillover effect of the COVID-19 pandemic on energy sector: Evidence from China*” *Energy economics*, 102, p.105498.
39. Koop, G; and Korobilis, D; 2014; “*A new index of financial conditions*” *European Economic Review*, 71, pp.101-116.
40. Doz, C; Giannone, D; and Reichlin, L; 2011; “*A two-step estimator for large approximate dynamic factor models based on Kalman filtering*” *Journal of Econometrics*, 164(1), pp.188-205.
41. Cheng, N.F.L; Hasanov, A.S; Poon, W.C; and Bouri, E; 2023; “*The US-China trade war and the volatility linkages between energy and agricultural commodities*”. *Energy Economics*, 120, p.106605.
42. Chen, J; Huang, Y; Ren, X; and Qu, J; 2022; “*Time-varying spillovers between trade policy uncertainty and precious metal markets: Evidence from China-US trade conflict*”. *Resources Policy*, 76, p.102577.
29. ابراهیمی، مهرداد؛ ۱۳۹۸؛ «بررسی تاثیر متغیرهای کلان اقتصادی بر بازار سهام ایران با استفاده از الگوریتم‌های داده کاوی» فصلنامه اقتصاد مالی. سال سیزدهم. شماره ۴۹. صفحه ۲۸۳-۳۰۹.
25. Geetha, E; and Swaminathan, T.M; 2015; “*A study on the factors influencing stock price A Comparative study of Automobile and Information Technology Industries stocks in India*” *International Journal of Current Research and Academic Review*, 3(3), pp.97-109.
26. Wen, S; An, H; Huang, S; and Liu, X; 2019; “*Dynamic impact of China's stock market on the international commodity market*” *Resources Policy*, 61, pp.564-571.
27. Chng, M.T; 2009; “*Economic linkages across commodity futures: Hedging and trading implications*” *Journal of Banking & Finance*, 33(5), pp.958-970.
28. Batten, J.A; Ciner, C; and Lucey, B.M; 2010; “*The macroeconomic determinants of volatility in precious metals markets*” *Resources Policy*, 35(2), pp.65-71.
30. Bu, H.; 2014; “*Effect of inventory announcements on crude oil price volatility.*” *Energy Economics*, 46, pp.485-494.
31. Primiceri, G.E; 2005; “*Time varying structural vector autoregressions and monetary policy.*” *The Review of Economic Studies*, 72(3), pp.821-852.
32. Korobilis, D; 2009; “*Assessing the transmission of monetary policy shocks using dynamic factor models.*” Available at SSRN 1461152.
33. خضری، محسن؛ سبحانی، بهرام؛ یآوری، کاظم؛ [۳۳] حیدری، حسن؛ ۱۳۹۴؛ «بررسی پویایی‌های تورم در اقتصاد ایران و مدل سازی تورم با استفاده از مدل‌های دینامیک» رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.

پیوست

در این تحقیق، مشابه با مطالعه مرجع [۱۶]، همه ضرایب مدل TVP-FAVAR با استفاده از روش میانگین متحرک وزنی نمایی EWMA ترکیبی با فیلتر کالمن تخمین زده شده است. روش میانگین متحرک وزنی نمایی به صورت گسترده‌ای برای مدل‌سازی بی‌ثباتی در کاربردهای مالی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در مرجع [۳۹] یک از روش مشابه برای استفاده از تخمین‌های EWMA استفاده شده است. تشخیص مدل FAVAR در یک چارچوب استاندارد با استفاده از محدود کردن V_t به یک ماتریس قطری و عامل اول λ_t^1 برابر با یک انجام می‌شود. محدودیت‌های بیان شده تضمین می‌کند که عامل‌ها f_t ، پس از حذف اثرات شرایط جاری در اقتصاد از طریق ورود عبارت $\lambda_t^y y_t$ به مدل، حرکت‌هایی را که

بین متغیرهای مالی x_t مشترک‌اند، تسخیر کند.

فیلتر کالمن یک چگالی پیش‌بینی‌کننده^۱ یک مرحله جلوتر^۲ را فراهم می‌کند به طوری که برای پیش‌بینی در افق‌های بزرگتر از یک، از روش‌های تکراری^۳ استفاده می‌شود. با روش فوق، پیش‌بینی بازگشتی کامل یک مدل منفرد TVP-FAVAR رابطه ۱ و ۲ تنها چند ثانیه طول می‌کشد.

با بازنویسی فشرده‌تر رابطه ۴ و ۵، رابطه ۷ به این صورت خواهد بود:

$$x_t = z_t \lambda_t + u_t \quad u_t \sim N(0, V_t) \quad (7)$$

$$z_t = z_{t-1} \beta_t + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim N(0, Q_t) \quad (8)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \eta_t \quad \eta_t \sim N(0, R_t) \quad (9)$$

$$\lambda_t = \lambda_{t-1} + v_t \quad v_t \sim N(0, W_t) \quad (10)$$

در اینجا $\lambda_t = (\lambda_t^y, \lambda_t^f)$ است. \hat{f}_t تخمین مولفه‌های بنیادی استاندارد^۴ از f_t بر اساس x_t (داده‌های تا زمان t) است، به طوری که $Z_t = \begin{bmatrix} y_t \\ f_t \end{bmatrix}$ و $\tilde{Z}_t = \begin{bmatrix} y_t \\ \hat{f}_t \end{bmatrix}$ است. همچنین اگر a_i یک بردار باشد، عنصر i^{th} آن بردار است، اگر A_t یک ماتریس باشد، $A_{ii,t}$ عنصر $(i, i)^{th}$ آن ماتریس است. الگوریتم ارائه شده در این تحقیق مقادیر توزیع پیشین^۵ را برای وضعیت‌های اولیه نیاز دارد. برای این منظور، در تحقیق حاضر این مقادیر بر اساس مطالعه مرجع [۳۰] تنظیم شده است.

همچنین برای تخمین EWMA واریانس خطای پیش‌بینی مقادیر اولیه آن‌ها برابر با $V_0 = 0.1 \times I$ ، $Q_0 = 0.1 \times I$ و $R_0 = 10^{-5} \times I$ و $W_0 = 10^{-5} \times I$ در نظر گرفته شده است. تنظیم R_0 و W_0 به مقادیر کمتر بر اساس این واقعیت است که R_t و W_t تعیین‌کننده درجه تکامل در ضرایب است به طوری که به صورت آشکارا حتی واریانس کمی برابر با 10^{-5} امکان تغییرات بزرگ در ضرایب را در یک دوره نسبتاً کوتاه فراهم می‌کند.

الگوریتم این تحقیق بسط الگوریتم مرجع [۴۰] را برای مدل TVP-FAVAR که شامل دو مرحله اصلی است و برای زمان‌های $t = 1, \dots, T$ تکرار می‌شود، اجرا می‌کند:

مرحله یک: مشروط به مقادیر f_t ، مقادیر پارامترها را در مدل TVP-FAVAR تخمین می‌زند.

مرحله دو: مشروط به مقادیر ضرایب تخمینی TVP-FAVAR مرحله یک، از فیلتر کالمن برای تخمین f_t تحقیق استفاده می‌کند.

مرحله دوم بدون نیاز به توضیحات اضافی، بر اساس کاربرد استاندارد فیلتر کالمن در یک مدل حالت-فضا اجرا می‌شود. در این بخش تنها روش اجرای مرحله اول شرح داده می‌شود. مرحله اول با در نظر گرفتن مقادیر اولیه شرح داده شده برای دوره زمانی $t = 0$ شروع می‌شود و برای $t = 1, \dots, T$ فرآیندی به شرح زیر ادامه می‌یابد:

این مرحله شامل محاسبه پسماند برای تابع حالت، یعنی \hat{v}_{t-1} و $\hat{\eta}_{t-1}$ (رابطه ۱۱ و ۱۲):

$$\hat{v}_{t-1} = \hat{\lambda}_{t-1} - \hat{\lambda}_{t-2} \quad (11)$$

$$\hat{\eta}_{t-1} = \hat{\beta}_{t-1} - \hat{\beta}_{t-2} \quad (12)$$

تخمین ماتریس کوواریانس مدل حالت R_t و W_t طبق روابط ۱۳ و ۱۴ انجام می‌شود:

$$\hat{R}_t = \kappa_3 \hat{R}_{t-1} + (1 - \kappa_3) \hat{\eta}_{t-1} \hat{\eta}'_{t-1} \quad (13)$$

$$\hat{W}_t = \kappa_4 \hat{W}_{t-1} + (1 - \kappa_4) \hat{v}_{t-1} \hat{v}'_{t-1} \quad (14)$$

1- Predictive Density

2- A One-step Ahead

3- Iterative

4- Standard principal components

5- Priors

محاسبه مقادیر تابع پیش‌بینی فیلتر کالمن برای λ_t و β_t بر اساس اطلاعات در دوره $t-1$ طبق روابط ۱۵ و ۱۶ انجام می‌شود:

$$\lambda_t \sim N\left(\lambda_{t|t-1}, \sum_{t|t-1}^{\lambda}\right) \quad (15)$$

$$\beta_t \sim N\left(\beta_{t|t-1}, \sum_{t|t-1}^{\beta}\right) \quad (16)$$

در روابط بالا $\lambda_{t|t-1} = \lambda_{t-1|t-1} + \hat{W}_t$ و $\sum_{t|t-1}^{\lambda} = \sum_{t-1|t-1}^{\lambda} + \hat{W}_t$ و $\beta_{t|t-1} = \beta_{t-1|t-1}$ و $\sum_{t|t-1}^{\beta} = \sum_{t-1|t-1}^{\beta} + \hat{R}_t$ است.

روابط ۱۷ و ۱۸ محاسبه خطاهای پیش‌بینی تابع اندازه‌گیری را نشان می‌دهند:

$$\hat{u}_t = x_t - \hat{x}_{t|t-1} \quad (17)$$

$$\hat{\varepsilon}_t = z_t - \hat{z}_{t|t-1} \quad (18)$$

در روابط بالا $\hat{z}_{t|t-1} = z_{t-1}\beta_{t|t-1}$ و $\hat{x}_{t|t-1} = \bar{z}_t\lambda_{t|t-1}$ است.

تخمین ماتریس کوواریانس خطای تابع اندازه‌گیری، یعنی V_t و Q_t با استفاده از روش EWMA انجام می‌شود (روابط ۱۹ و ۲۰).

$$\hat{V}_t = \kappa_1 \hat{V}_{t-1} + (1 - \kappa_1) \hat{u}_t \hat{u}_t' \quad (19)$$

$$\hat{Q}_t = \kappa_2 \hat{Q}_{t-1} + (1 - \kappa_2) \hat{\varepsilon}_t \hat{\varepsilon}_t' \quad (20)$$

به‌روزرسانی $\lambda_{i,t}$ برای هر کدام از مقادیر $i = 1, \dots, n$ طبق رابطه ۲۱ محاسبه می‌شود:

$$\lambda_{i,t} \sim N\left(\lambda_{i,t|t}, \sum_{ii,t|t}^{\lambda}\right) \quad (21)$$

از طریق روابط ۲۲ و ۲۳ حاصل می‌شود:

$$\lambda_{i,t|t} = \lambda_{i,t|t-1} + \sum_{ii,t|t-1}^{\lambda} \bar{z}_t' \left(\hat{V}_t + \bar{z}_t \sum_{ii,t|t-1}^{\lambda} \tilde{f}_t' \right)^{-1} \quad (22)$$

$$\sum_{ii,t|t}^{\lambda} = \sum_{ii,t|t-1}^{\lambda} - \sum_{ii,t|t-1}^{\lambda} \bar{z}_t' \left(\hat{V}_t + \bar{z}_t \sum_{ii,t|t-1}^{\lambda} \bar{z}_t' \right)^{-1} \bar{z}_t \sum_{ii,t|t-1}^{\lambda} \quad (23)$$

به‌روزرسانی β_t برابر است با (رابطه ۲۴):

$$\beta_t \sim N\left(\beta_{t|t}, \sum_{t|t}^{\beta}\right) \quad (24)$$

از طریق روابط ۲۵ و ۲۶ حاصل می‌شود:

$$\beta_{t|t} = \beta_{t|t-1} + \sum_{t|t-1}^{\beta} \bar{z}_{t-1}' \left(\hat{Q}_t + \bar{z}_{t-1} \sum_{t|t-1}^{\beta} \bar{z}_{t-1}' \right)^{-1} (\bar{z}_t - \bar{z}_{t-1} \hat{\beta}_t) \quad (25)$$

$$\sum_{t|t}^{\beta} = \sum_{t|t-1}^{\beta} - \sum_{t|t-1}^{\beta} \bar{z}_{t-1}' \left(\hat{Q}_t + \bar{z}_{t-1} \sum_{t|t-1}^{\beta} \bar{z}_{t-1}' \right)^{-1} \bar{z}_{t-1} \sum_{t|t-1}^{\beta} \quad (26)$$