ACCOUNTING, FINANCE AND COMPUTATIONAL INTELLIGENCE

Behavioral Modeling of Stock Index Volatility with Emphasis on Market Risk and Trading Volume Fluctuations Using Structural Vector Autoregression Models

1. Mahsa Rahavi: Department of Economic Sciences, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

2. Gholamreza Zomordian*: Department of Financial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: 2690649365@iau.ac.ir (Corresponding Author)

3. Bahman Bani Mahd: Department of Accounting, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Article history

Received: 10 May 2024

Revised: 23 July 2024

Accepted: 01 August 2024

Published: 15 September 2024

Abstract:

The capital market is one of the most critical sectors of the economy, and its status is closely linked to the overall economic structure of a country. Due to the transparency and speed of transactions, the stock exchange is recognized as a significant investment option. In other words, an active stock market facilitates corporate financing and channels idle and often unproductive small-scale capital into productive ventures. In most countries, stock indices are considered one of the most reliable primary indicators for evaluating financial markets. The Tehran Stock Exchange's overall index reflects the general trend of Iran's capital market and indicates the broader status of the investment landscape. Therefore, understanding and analyzing the overall index and its fluctuations can assist capital market participants in making more informed decisions. Additionally, the stock index is widely used by financial researchers to compare the performance of the capital market with other markets and to measure the impact of various factors on market returns. This study is applied in terms of its objective and descriptive-analytical in terms of its nature. It falls within the category of ex-post facto research (using data from March 20, 2012, to March 19, 2024). The estimation method employed in the study is the Structural Vector Autoregression (SVAR) approach. The present article examines behavioral modeling of stock index volatility with a focus on market risk and trading volume fluctuations. Initially, the research model is specified, followed by stationarity testing using the Phillips-Perron method. Next, cointegration tests are conducted using the Johansen-Juselius approach. Subsequently, the model is estimated, and stability tests, impulse response functions (IRF), and variance decomposition analyses are carried out. The results of model estimation indicate that the coefficients of most key variables influencing the Tehran Stock Exchange's overall index volatility align with the theoretical foundations of the subject. The main variables that are essential and interpretable within the results of the SVAR model include impulses originating from market risk premium, global gold ounce price fluctuations, exchange rate fluctuations, Bitcoin price volatility, OPEC oil price volatility, and fluctuations in stock trading volume. Based on the estimation results, Bitcoin price and market risk premium have no significant impact on stock index volatility. However, the other explanatory variables in the model significantly affect stock index fluctuations at a 95% confidence level.

Keywords: Stock Index Volatility, Market Risk, Trading Volume Fluctuations, Bitcoin Rate , Global Gold Ounce Price

Citation: Rahavi, M., Zomordian, G., & Bani Mahd, B. (2024). Behavioral Modeling of Stock Index Volatility with Emphasis on Market Risk and Trading Volume Fluctuations Using Structural Vector Autoregression Models, *Accounting, Finance and Computational Intelligence,* 2(2), 19-37.

Copyright: © 2024 by the authors. Published under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

Extended Abstract

Introduction

The capital market is an essential pillar of any national economy, playing a pivotal role in the allocation of financial resources, improvement of transparency, and creation of liquidity through the operation of exchanges such as stock markets. As investment vehicles become increasingly complex, understanding the behavioral dynamics of stock indices becomes critical to both academic inquiry and practical decision-making. In emerging markets such as Iran, the Tehran Stock Exchange (TSE) serves as a representative barometer of the investment climate and overall economic sentiment. The Total Index of the TSE, known as TEDPIX, is widely used by investors, policymakers, and researchers to evaluate market performance and forecast future conditions (Zarei et al., 2025).

Traditional linear models often fail to capture the intricate interplay between macroeconomic shocks, market microstructure variables, and investor behavior. In this context, structural vector autoregression (SVAR) models provide a more nuanced framework by integrating economic theory and allowing for the identification of structural shocks. This study contributes to the literature by applying an SVAR model to evaluate how key variables such as market risk premium, gold prices, exchange rates, oil prices, Bitcoin value, and trading volume affect the volatility of the TEDPIX index over a multi-year horizon.

Several studies have supported the importance of analyzing behavioral aspects of markets. For instance, (Aghababaei & Aliyan, 2022) emphasized the influence of investor sentiment on market liquidity and volatility, while (Nasiri et al., 2023) demonstrated that fluctuations in stock index variables exhibit complex memory and entropic characteristics. Moreover, (Kurani et al., 2023) highlighted the predictive value of machine learning models in understanding the behavior of trading volumes, a variable of central interest in our study. In the global context, research such as that by (Srivastava et al., 2023) and (Muhammad & Bendechache, 2024) has shown how artificial intelligence-based tools can uncover underlying nonlinear patterns in financial data that are often missed by conventional econometric techniques.

In line with this growing body of literature, our research aims to integrate behavioral economics and time-series econometrics by modeling stock index volatility behaviorally using SVAR. The study is conducted within the Iranian context, where the capital market is characterized by high volatility, policy-driven interventions, and limited investor sophistication—all of which make it a compelling case for behavioral modeling. Building upon previous contributions by (Abdollahzadeh & Zare, 2022), (Jakimowicz, 2020), and (Agrrawal & Agarwal, 2023), we test whether structural shocks—both macroeconomic and market-specific—can explain volatility patterns in the TEDPIX index using data from 2012 to 2024.

Methods and Materials

The research adopts a descriptive-analytical design and is categorized as an ex-post facto study. The data encompasses daily and monthly time-series observations from March 2012 to March 2024. The main methodological tool employed is the Structural Vector Autoregression (SVAR) model, which allows for the imposition of theoretical restrictions and the identification of contemporaneous relationships between endogenous variables.

The model includes seven endogenous variables: TEDPIX (stock index volatility), trading volume (TRVO), OPEC oil price (OIL), Bitcoin price (BTC), exchange rate (EXR), global gold price (GOLD), and market risk premium (RISK). All variables are transformed into their logarithmic forms, and a 30-period moving average (MA30) is calculated to smooth short-term fluctuations and capture more persistent trends.

Stationarity tests were conducted using the Phillips-Perron method, confirming that all variables were stationary at level I(0). The Johansen-Juselius cointegration test was employed to determine the long-term equilibrium relationships among the variables. The optimal lag length for the VAR system was selected based on the Akaike Information Criterion (AIC), Schwarz Criterion (SC), Final Prediction Error (FPE), and Hannan-Quinn (HQ) index.

After model estimation, impulse response functions (IRFs) and variance decomposition analyses were carried out to assess the dynamic impact of structural shocks on stock index volatility.

Findings

The results of the SVAR model estimation revealed that several explanatory variables had statistically significant effects on TEDPIX volatility, while others did not. Specifically, the exchange rate (EXR) showed the most significant impact, with a coefficient of 0.47 and a t-statistic of 3.80, indicating a strong positive relationship with stock index volatility. Similarly, gold price fluctuations (GOLD) were significant, with a coefficient of 0.12 and a t-statistic of 4.29, showing a moderate positive effect.

Oil price volatility (OIL) also demonstrated a significant positive impact, with a coefficient of 0.11 and a t-statistic of 2.90. Trading volume (TRVO) showed a similarly positive and significant effect on TEDPIX volatility, with a coefficient of 0.13 and a t-statistic of 3.29. These findings collectively suggest that both macroeconomic variables and market microstructure indicators influence the behavior of the stock index.

On the other hand, Bitcoin price volatility (BTC) and market risk premium (RISK) had no statistically significant effect on TEDPIX volatility. The coefficient for BTC was 0.03 with a t-statistic of 1.29 and a p-value greater than 0.19, while the coefficient for RISK was 0.09 with a t-statistic of 1.51 and a p-value above 0.13.

The variance decomposition analysis supported the regression findings. In the first forecast period, 100% of the variation in TEDPIX was explained by its own innovations. However, by the tenth period, this declined to 82.89%, while the contribution of EXR rose to 11.40%, followed by OIL (3.11%), GOLD (1.44%), and TRVO (0.50%). The contribution of BTC and RISK remained below 1% even in later periods.

Impulse response functions showed that shocks to EXR, GOLD, and OIL led to persistent and positive increases in TEDPIX volatility over the medium term. In contrast, shocks to BTC and RISK resulted in negligible or quickly fading responses.

Stability tests using AR roots confirmed that all characteristic roots lie within the unit circle, indicating that the SVAR model satisfies the stationarity condition and is robust for inference.

Discussion and Conclusion

The results of this study offer important theoretical and practical insights into the behavioral dynamics of the Tehran Stock Exchange. The significant influence of exchange rate volatility confirms that foreign exchange markets play a central role in shaping investor expectations and portfolio decisions in emerging economies. Exchange rate fluctuations, often linked to geopolitical uncertainty and macroeconomic mismanagement, act as powerful signals that trigger large-scale asset reallocations. This finding aligns with the conclusions of (Mahboubi et al., 2023) and (Algozhina, 2022), both of whom emphasized the transmission of macroeconomic shocks into capital markets through currency channels.

The role of gold and oil as influential variables underscores the importance of global commodity prices in shaping domestic financial markets. Gold, as a traditional safe haven, appears to attract capital inflows during periods of heightened risk aversion, leading to corresponding volatility in stock returns. Similarly, oil prices, given Iran's dependence on hydrocarbon exports, have profound effects on corporate earnings and public finances, which in turn affect stock valuations. These observations

corroborate findings by (Asafo-Adjei et al., 2022) and (Kurani et al., 2023) regarding the macro-financial linkages between commodity markets and equity indices.

The finding that trading volume significantly influences stock index volatility confirms behavioral theories that associate high trading activity with market sentiment, herding behavior, and information asymmetry. Increased trading volume often reflects heightened investor uncertainty or speculative behavior, both of which can magnify price movements and induce volatility clustering. This supports the behavioral market hypothesis discussed by (Chen et al., 2022) and (Aghababaei & Aliyan, 2022), who highlight the non-random nature of market activity and its dependence on psychological factors.

Interestingly, Bitcoin price volatility did not significantly affect TEDPIX, possibly due to regulatory restrictions, market segmentation, or investor unfamiliarity. Unlike in advanced markets where digital assets are increasingly integrated into portfolios, Iran's capital market remains largely disconnected from the global crypto ecosystem. This finding supports the contention of (Nguyen et al., 2023) that the impact of cryptocurrencies on traditional markets is contingent upon institutional adoption and regulatory clarity.

Likewise, the market risk premium was found to be statistically insignificant, suggesting either a weak transmission of systemic risk signals or deficiencies in the measurement of risk premiums in the Iranian context. In markets characterized by high information opacity and limited financial literacy, as noted by (Amini, 2022), investors may rely more on heuristic-driven decisions than on traditional financial metrics such as beta or expected return.

In conclusion, this study demonstrates that stock index volatility in Iran is shaped by a combination of external shocks (e.g., exchange rate, oil, gold) and internal market dynamics (e.g., trading volume), while newer variables like cryptocurrency volatility and abstract risk measures remain marginal in explanatory power. The use of SVAR modeling enables a richer understanding of both contemporaneous and dynamic relationships, offering a structured lens through which market behavior can be interpreted. Future research may benefit from incorporating sentiment indicators, high-frequency data, and machine learning algorithms to further enhance predictive accuracy and behavioral relevance.

Authors' Contributions

Authors equally contributed to this article.

Acknowledgments

Authors thank all participants who participate in this study.

Declaration of Interest

The authors report no conflict of interest.

Funding

According to the authors, this article has no financial support.

Ethical Considerations

All procedures performed in this study were under the ethical standards.

حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی

مدلسازی رفتاری نوسانات شاخص سهام با تاکید بر ریسک بازار و نوسانات حجم معاملات با در نظر گرفتن مدل‌های خودرگرسیون برداری ساختاری

۱. مهسا رهاوی: گروه علوم اقتصادی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

۲. غلامرضا زمردیان*: گروه مدیریت مالی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. ایمیل: **2690649365@iau.ac.ir** (نویسنده مسئول)

۳. بهمن بنی مهد: گروه حسابداری، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

تاریخچه مقاله

تاریخ دریافت: ۲۱ اردیبهشت ۱۴۰۳

تاریخ بازنگری: ۲ مرداد ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۱ مرداد ۱۴۰۳

تاریخ انتشار: ۲۵ شهریور ۱۴۰۳

چکیده

بازار سرمایه یکی از مهمترین بخش‌های اقتصادی است که وضعیت آن ارتباط نزدیکی با ساختار اقتصادی کشور دارد. بازار بورس به علت شفافیت و سرعت انجام معاملات به عنوان یکی از گزینه‌های قابل توجه در سرمایه گذاری شناخته می‌شود؛ به عبارتی فعال بودن بازار بورس سبب تسهیل در تأمین مالی شرکت‌ها و به کارگیری سرمایه‌های خُرد که اغلب غیر مولد هستند، در مسیر تولید خواهد شد. شاخص‌های بورس در بیشتر کشورها یکی از اصلی ترین معیارهای قابل اعتماد به منظور بررسی بازارهای مالی به شمار می‌آید. شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران نیز نمایانگر روند کلی بازار بورس در ایران و نشان دهنده وضعیت کلی بازار سرمایه است؛ بنابراین درک و تحلیل شاخص کل و تغییرات آن میتواند به فعالان بازار سرمایه در اتخاذ تصمیم‌های مناسبتر یاری رساند؛ همچنین شاخص بورس مورد استفاده پژوهشگران مالی نیز قرار می‌گیرد. آن‌ها برای مقایسه بازدهی بازار سرمایه با سایر بازارها و همچنین برای اندازه گیری تأثیرگذاری عوامل مختلف بر بازدهی بازار از شاخص بورس استفاده می‌کنند. مقاله حاضر از منظر هدف کاربردی و از منظر ماهیت تحلیلی توصیفی می‌باشد و در دسته تحقیقات پس رویدادی قرار می‌گیرد (استفاده از اطلاعات حد فاصل سال‌های ۱۳۹۱/۰۱/۱الی ۱۴۰۲/۱۲/۲۹) و جهت تخمین مدل از روش خود رگرسیون برداری ساختاری استفاده شده است. این مقاله، به بررسی مدلسازی رفتاری نوسانات شاخص سهام با تاکید بر ریسک بازار و نوسانات حجم معاملات پرداخته شده است. در مقاله حاضر در ابتدا به تصریح مدل تحقیق پرداخته شده است، سپس آزمونهای پایایی با استفاده از روش فیلیپس پرون صورت می‌پذیرد و در ادامه به انجام آزمونهای همجمعی با استفاده از آزمون جواهانسن – جیسیلیوس پرداخته شده و در ادامه به تخمین مدل پرداخته و آزمونهای ثبات مدل، IMPULSE RESPONSE و تجزیه واریانس نیز صورت پذیرفته است. نتایج حاصل از تخمین مدل گویای این مطلب می‌باشد که ضرایب اکثر متغیرهای اصلی و تاثیر گذار بر نوسانات شاخص کل سهام در ایران و مطابق با مبانی نظری موضوع می‌باشد. اصلی ترین متغیرهایی که در نتایج مدل خودرگرسیون برداری ساختاری لازم و قابل تحلیل می‌باشد، تکانه‌های وارد شده از ناحیه صرف ریسک بازار، نوسانات نرخ اونس جهانی طلا، نوسانات نرخ ارز، نوسانات نرخ بیت کوین، نوسانات نفت اوپک و نوسانات حجم معاملات سهام می‌باشد. مطابق با نتیجه تخمین مدل متغیرهای نرخ بیت کوین و صرف ریسک بازار بر نوسانات شاخص سهام تاثیر معنیدار ندارد و سایر متغیرهای توضیحی مدل بر نوسانات شاخص سهام در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار می‌باشد.

کلیدواژگان: نوسانات شاخص سهام، ریسک بازار، نوسانات حجم معاملات، نرخ بیت کوین، اونس جهانی طلا

شیوه استناددهی: رهاوی، مهسا.، زمردیان، غلامرضا.، و بنی مهد، بهمن. (۱۴۰۳). مدلسازی رفتاری نوسانات شاخص سهام با تاکید بر ریسک بازار و نوسانات حجم معاملات با در نظر گرفتن مدل‌های خودرگرسیون برداری ساختاری. *حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی*، ۲(۲)، ۳۷-۱۹.

مجوز و حق نشر: © ۱۴۰۳ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

مقدمه

بازارهای مالی در دنیای امروز به عنوان یکی از ارکان اساسی ساختار اقتصادی کشورها شناخته می‌شوند، به‌ویژه در جوامعی که به دنبال توسعه نظام‌مند و کارآمد اقتصادی هستند. بورس اوراق بهادار به عنوان بستر اصلی تبادل ابزارهای مالی، نقش مهمی در هدایت منابع مالی و افزایش شفافیت اقتصادی دارد. از آنجا که نوسانات شاخص کل بورس به عنوان نماینده‌ای از وضعیت کلی بازار سرمایه تلقی می‌شود، تحلیل علمی و دقیق این شاخص می‌تواند به درک عمیق‌تری از پویایی بازار کمک کرده و ابزار تصمیم‌گیری مؤثری در اختیار فعالان اقتصادی قرار دهد (Zarei et al., 2025).

در سال‌های اخیر، نوسانات بازار سرمایه ایران افزایش یافته و تحت تأثیر متغیرهایی نظیر ریسک بازار، نوسانات نرخ ارز، قیمت جهانی طلا، نرخ جهانی نفت، رمزارزها و حجم معاملات، رفتار پیچیده‌ای از خود نشان داده است. در این راستا، مدل‌های سنتی پیش‌بینی مالی در تحلیل پویایی‌های پیچیده بازار با محدودیت‌هایی مواجه‌اند. به همین دلیل، رویکردهای نوین مبتنی بر ساختارهای برداری و خودرگرسیونی ساختاری (SVAR) مورد توجه قرار گرفته‌اند که به واسطه توانایی آن‌ها در تحلیل اثرات هم‌زمان و بلندمدت متغیرها، ابزار مناسبی برای مدل‌سازی نوسانات محسوب می‌شوند (Moradi et al., 2022; Nasiri et al., 2023).

مدل‌های SVAR نسبت به مدل‌های ساده VAR این مزیت را دارند که امکان اعمال قیود نظری مبتنی بر مبانی اقتصادی را فراهم کرده و به شناسایی ساختاری شوک‌های اقتصادی کمک می‌کنند. در پژوهش‌های اقتصادی، نوسانات شاخص‌های مالی نه تنها از اهمیت آماری بلکه از منظر رفتاری و سیاست‌گذاری نیز اهمیت دارند. همان‌طور که (Asafo-Adjei et al., 2022) در بررسی جریان اطلاعات چندمقیاسی بین متغیرهای کلان و شاخص‌های بازار اشاره کرده‌اند، پیوند بین اطلاعات رفتاری و نوسانات قیمتی می‌تواند به ارتقاء دقت تحلیل‌های مالی بینجامد.

از سوی دیگر، مطالعات رفتاری بازار نیز نقش فزاینده‌ای در تحلیل‌های نوین مالی یافته‌اند. به عنوان نمونه، پژوهش (Aghababaei & Aliyan, 2022) نشان می‌دهد که احساسات سرمایه‌گذاران اثر قابل‌توجهی بر نقدشوندگی و نوسان بازار دارد. این یافته با تحلیل‌های نظری مبتنی بر فیزیک مالی و آنتروپی اطلاعات هم‌راستاست، چنان‌که پژوهش (Abdollahzadeh & Zare, 2022) نشان داد که در سطوح پایین ارزش جاری بازار، بی‌نظمی‌های پولی (به عنوان معیاری از پیچیدگی بازار) افزایش می‌یابد و با رشد بازار، این بی‌نظمی کاهش می‌یابد.

افزون بر این، اهمیت تحلیل نوسانات نه‌تنها به سطح کشور بلکه به مقیاس بین‌المللی نیز تسری یافته است. به عنوان نمونه، (Muhammad & Bendechache, 2024) با بهره‌گیری از یادگیری عمیق قابل تبیین (XAI)، مدلی برای پیش‌بینی روندهای پنج‌گانه بازار سهام ارائه می‌دهد که عملکرد چشمگیری در کاهش خطای پیش‌بینی دارد. در رویکرد مشابه، (Srivastava et al., 2023) با تحلیل نوسانات منابع طبیعی با استفاده از تنظیمات ابرپارامتری نشان می‌دهد که روش‌های هوش مصنوعی نه‌تنها دقت بالایی دارند بلکه می‌توانند پویایی‌های پنهان در بازار را نیز آشکار سازند.

از نگاه دیگر، پیچیدگی رفتاری بازار را می‌توان از منظر اقتصاد شبکه نیز بررسی کرد. تحلیل‌های مبتنی بر آنتروپی، همان‌طور که در مطالعه (Dumitrescu & Zakriya, 2021) آمده است، نشان می‌دهد که کاهش آنتروپی در دوره‌های بحران مالی نمایانگر افت سطح کارایی بازار است. همچنین، در پژوهش (Chen et al., 2022) نقش توجه سرمایه‌گذار بر بازده سهام بررسی شده و نتیجه‌گیری می‌شود که متغیرهای رفتاری مانند توجه رسانه‌ای و هیجانات می‌توانند بر رفتار بازار اثرگذار باشند. همچنین نمی‌توان از تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی چشم‌پوشی کرد. مطالعه (Kurani et al., 2023) به مقایسه مدل‌های یادگیری ماشینی در پیش‌بینی قیمت سهام می‌پردازد و عملکرد بهتر شبکه‌های عصبی نسبت به سایر مدل‌ها را گزارش می‌کند. این در حالی است که مدل مورد استفاده در پژوهش حاضر، با بهره‌گیری از MA۳۰ برای متغیرهایی همچون نرخ بیت کوین، قیمت نفت، نرخ ارز و حجم معاملات، قابلیت درک روندهای کندتر و پایدارتری را فراهم می‌آورد.

از سوی دیگر، در چارچوب سیاست‌گذاری اقتصادی نیز تحلیل‌های رفتاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. به عنوان مثال، پژوهش (Arbatli et al., 2022) به بررسی اثرات شوک‌های پولی آمریکا بر شرکت‌های غیرآمریکایی می‌پردازد و نشان می‌دهد که همگرایی بازارها به معنای افزایش آسیب‌پذیری در برابر شوک‌های بیرونی است. در سطح داخلی نیز، یافته‌های (Fakhari & Nasiri, 2020) تأکید دارد که عملکرد شرکت‌ها می‌تواند عامل مؤثری در ریسک سقوط قیمت سهام باشد.

پژوهش حاضر، با استفاده از مدل خودرگرسیون برداری ساختاری، به بررسی اثر ریسک بازار و نوسانات حجم معاملات بر نوسانات شاخص کل بورس تهران می‌پردازد. این تحقیق با بهره‌گیری از داده‌های تاریخی (۱۳۹۱ تا ۱۴۰۲) و اعمال آزمون‌های پایایی، هم‌جمعی و شناسایی شوک‌های ساختاری، الگویی از اثرگذاری متغیرهای اقتصادی بر شاخص کل ارائه می‌کند.

روش پژوهش و مواد

پژوهش حاضر از منظر هدف کاربردی و از منظر ماهیت تحلیلی توصیفی می‌باشد و در دسته تحقیقات پس رویدادی قرار می‌گیرد (استفاده از اطلاعات حد فاصل سالهای ۱۳۹۱/۰۱/۱الی ۱۴۰۲/۱۲/۲۹) و جهت تخمین مدل از روش خود رگرسیون برداری ساختاری SVAR استفاده شده است. این مقاله، به بررسی مدلسازی رفتاری نوسانات شاخص سهام با تاکید بر ریسک بازار و نوسانات حجم معاملات پرداخته شده است. در مقاله حاضر در ابتدا به تصریح مدل تحقیق پرداخته می‌شود، سپس آزمون‌های پایایی با استفاده از روش فیلیپس پرون صورت می‌پذیرد و در ادامه به انجام آزمونهای همجمعی با استفاده از آزمون جواهانسن – جیسیلیوس پرداخته می‌شود و در ادامه به تخمین مدل با استفاده از روش SVAR پرداخته می‌شود و آزمونهای ثبات مدل، IMPULSE RESPONSE و تجزیه واریانس نیز صورت پذیرفته است.

جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدل اقتصاد سنجی خودرگرسیون برداری ساختاری (SVAR) بهره گرفته می‌شود. بلانچارد و برنانک (۱۹۸۶)[1]، سیمزو واتسون (۱۹۸۶)[2] با در نظرگرفتن محدودیتهای نظری روی اثرات همزمان تکانه ها، الگوی SVAR را توسعه دادند؛ سپس، بلانچارد و کوا (۱۹۸۹)[3] کلاریدا و گالی (۱۹۹۴)[4] و آشتلی و گرات (۱۹۹۶)[5] با اعمال محدودیت‌های نظری روی اثرات بلندمدت تکانه ها، توابع واکنش آنی را شناسایی کردند. بنابراین، بر خلاف الگوی VAR غیر مقید که در آن‌ها شناسایی تکانه‌های ساختاری به طور ضمنی و سلیقه‌ای صورت می‌گیرد، در الگوهای خودرگرسیونی برداری ساختاری SVAR به طور صریح حاوی یک منطق اقتصادی یا استفاده از تئوری‌های اقتصادی برای اعمال قیود و محدودیت‌ها است. رابطه‌ی اصلی برقرار شده بین فرم خلاصه شده و فرم ساختاری در یک مدل SVAR به صورت رابطه ی زیر است:

$$A\varepsilon_t = BU_t$$

که در رابطه بالا، ε_t و U_t به ترتیب بردارهای جملات اخلال فرم خلاصه شده ε_t و جملات اخلال ساختاری U_t هستند. که هم ε_t و U_t به ترتیب بردارهایی با ابعاد ($K \times 1$) هستند و A و B ماتریس‌هایی با ابعاد ($K \times K$)می باشند. بر طبق مطالعات بلانچارد (۱۹۸۹)، جیانینی (۱۹۹۲) و سیمز (۱۹۸۶) همبستگی همزمان بین متغیرها به وسیله دو ماتریس مربع وارون پذیر A و B قابل بیان است.

در تحقیق حاضر به پیروی از مطالعه؛ بوبکر و همکاران (۲۰۱۹)[6]، به بررسی اثرات توسعه مالی و ثبات اقتصادی بر بازده اوراق مشارکت در ایران پرداخته خواهد شد. ترتیب معادلات ساختاری در ماتریس زیر براساس شرایط اقتصادی ایران طراحی شده است:

1. Blanchard & Bernanke
2. Sims & Watson
3. Blanchard & Kah
4. J.Gali & R.Clarida
5. Ashli & Gerat
6. Sabri Boubaker, Duc Khuong Nguyen, Vanja Piljak, Andreas Savvides

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{RISK} \\ \varepsilon_{GOLD} \\ \varepsilon_{EXR} \\ \varepsilon_{BTC} \\ \varepsilon_{OIL} \\ \varepsilon_{TRVO} \\ \varepsilon_{TEDPIX} \end{bmatrix} = A(L) \times \begin{bmatrix} U_{RISK} \\ U_{GOLD} \\ U_{EXR} \\ U_{BTC} \\ U_{OIL} \\ U_{TRVO} \\ U_{TEDPIX} \end{bmatrix}$$

یا در فرم گسترده داریم:

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{RISK} \\ \varepsilon_{GOLD} \\ \varepsilon_{EXR} \\ \varepsilon_{BTC} \\ \varepsilon_{OIL} \\ \varepsilon_{TRVO} \\ \varepsilon_{TEDPIX} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}(1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21}(1) & a_{22}(1) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31}(1) & a_{32}(1) & a_{33}(1) & 0 & 0 & 0 \\ a_{41}(1) & a_{42}(1) & a_{43}(1) & a_{44}(1) & 0 & 0 \\ a_{51}(1) & a_{52}(1) & a_{53}(1) & a_{54}(1) & a_{55}(1) & 0 \\ a_{61}(1) & a_{62}(1) & a_{63}(1) & a_{64}(1) & a_{65}(1) & a_{66}(1) & 0 \\ a_{71}(1) & a_{72}(1) & a_{73}(1) & a_{74}(1) & a_{75}(1) & a_{76}(1) a_{77}(1) & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} U_{RISK} \\ U_{GOLD} \\ U_{EXR} \\ U_{BTC} \\ U_{OIL} \\ U_{TRVO} \\ U_{TEDPIX} \end{bmatrix}$$

که سمت چپ معادله‌ی فوق در واقع تفاضل مرتبه ی لگاریتم متغیرهای وابسته را نشان می‌دهد. در سمت راست معادله، ماتریس A(L) یک ماتریس مربعی حاوی چند جمله ای‌هایی بر حسب عملگر وقفه است. به طور مثال، درایه ی سطر i ام و ستون j ام ماتریس A(L)، aij(L) است که پاسخ i ام متغیر به j ام متغیر ساختاری را نشان می‌دهد. بردار E=[Uij] شامل جملات اخلال ساختاری است. که به صورت زیر تعریف می‌شوند:

U_{RISK} : تکانه‌های مربوط به صرف ریسک بازار

U_{GOLD} : تکانه‌های مربوط به نوسانات نرخ اونس جهانی

U_{EXR} : تکانه‌های مربوط به نوسانات نرخ ارز

U_{BTC} : تکانه‌های مربوط ه نوسانات نرخ بیت کوین

U_{OIL} : تکانه‌های مربوط به نوسانات نفت اوپک

U_{TRVO} : تکانه‌های مربوط به نوسانات حجم معاملات سهام

U_{TEDPIX} : تکانه‌های مربوط به نوسانات شاخص کل سهام

در بورس تهران شاخص بازدهی یا همان شاخص قیمت و بازده نقدی با نام TEDPIX نیز شناخته می‌شود. این شاخص همان شاخصی است که همیشه در اخبار و رسانه‌ها از آن به عنوان شاخص بورس تهران یاد می‌شود. شاخص کل در بین فعالان بازار و سرمایه‌گذاران یکی از پرکاربردترین شاخص‌هاست. این شاخص بیانگر سطح عمومی قیمت و

سود سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس است. به عبارت دیگر تغییرات شاخص کل بیانگر میانگین بازدهی سرمایه‌گذاران در بورس است. در این تحقیق MA۳۰ را حساب می‌شود. که در آن:

$$TMA = \frac{\sum \text{TEDPIX}_P}{30} \qquad \text{TEDPIX}_P = \frac{\text{TEDPIX}_t - \text{TEDPIX}_{t-1}}{\text{TEDPIX}_{t-1}}$$

TEDPIX: شاخص کل در دوره t

نوسانات حجم معاملات

به تعداد معاملات خرید و فروشی که در یک بازه زمانی بر روی یک سهم انجام می-پذیرد، حجم معاملات آن سهم و به تعداد معاملات خرید و فروش کل سهام موجود در بازار در یک بازه زمانی، حجم معاملات بازار گفته می‌شود؛ لازم به ذکر است که بازه زمانی را می‌توان روزانه، هفتگی و یا ماهانه در نظر گرفت. یکی از نکات قابل توجهی که در مورد حجم معاملات وجود دارد این است که حجم معاملات باید تایید کننده روند معاملات باشد و این مهمترین کاربردی است که حجم معاملات می‌تواند در تحلیل سهام داشته باشد. در توضیح این مطلب باید بیان کرد؛ حجم معاملات سنگین‌تر حاکی از تمایل خریداران به سهم و یا فشار فروش بیشتر بر روی یک سهم است، که همراستا با روند حرکتی سهم است. اگر روند قیمتی یک سهم صعودی باشد، برای تداوم این صعود لازم است حجم در روزهای مثبت سنگین‌تر و بالعکس اگر روند نزولی بر سهم حاکم باشد، تا زمانی که حجم معاملات در روزهای منفی سنگین‌تر است، روند نزولی همچنان ادامه خواهد داشت. از این رو گفته می‌شود که باید حجم معاملات تایید کننده روند باشد. در این تحقیق MA۳۰ را حساب می‌شود. در این تحقیق MA۳۰ را حساب می‌شود که در آن:

$$VMA = \frac{\sum Trading\ volume_P}{30} \qquad Trading\ volume_P = \frac{Trading\ volume_t - Trading\ volume_{t-1}}{Trading\ volume_{t-1}}$$

Trading volume: حجم معاملات در دوره t

نوسانات نفت

شاخص میانگین متحرک[1] جز شاخص‌های حافظه دار می‌گویند. به معنای اینکه خاطره رویدادهای گذشته را هم در خودشان حفظ می‌کنند در این تحقیق MA۳۰ را حساب می‌شود.

$$\text{OMA} = \frac{\sum WO_P}{30} \qquad O_P = \frac{O_t - O_{t-1}}{O_{t-1}}$$

که در آن:

O: نرخ نفت اوپک در دوره t

نوسانات نرخ اونس جهانی

در این تحقیق MA۳۰ را حساب می‌شود.

$$\text{GMA} = \frac{\sum WG_P}{30} \qquad G_P = \frac{G_t - G_{t-1}}{G_{t-1}}$$

که در آن:

G: نرخ نرخ اونس جهانی در دوره t

نوسانات ارز

این تحقیق MA۳۰ را حساب می‌شود.

[1] MA

$$CMA=\frac{\sum WC_P}{30} \qquad C_P=\frac{C_t - C_{t-1}}{C_{t-1}}$$

که در آن:

C: نرخ ارز در دوره t

صرف ریسک بازار

که از تفاوت نرخ بازده بازار و نرخ بهره بدون ریسک حاصل می‌شود

$$R_M=R_M-R_F \qquad R_{M,t}=\sum_{i=1}^{n}\frac{INDEX_{,t}-INDEX_{i,t-1}}{INDEX_{i,t-1}}\Big/ n-1$$

رمز ارزها

رمز ارزها براساس نظام عرضه و تقاضا ایجاد می‌شود و نوع قیمت گذاری آن براساس رمز ارزها در بازار جهانی فارکس است. بیت کوین با نماد اختصاری BTC اولین ارز دیجیتال رمزنگاری شده بر پایه فناوری بلاکچین است که در سال ۲۰۰۸ توسط "ساتوشی ناکاموتو" معرفی شد. اولین بیت کوین در سال ۲۰۰۹ ایجاد شد. در این تحقیق MA۳۰ را حساب می‌شود که در آن:

$$BMA=\frac{\sum BTC_P}{30} \qquad BTC_P=\frac{BTC_t - BTC_{t-1}}{BTC_{t-1}}$$

BTC: قیمت بیت کوین در دورهt

در رویکرد بلانچارد–کوا (۱۹۸۹) در اصل شناسایی تکانه‌های ساختاری با اعمال یک سری محدودیت‌ها درباره‌ی اثرات بلندمدت تکانه‌ها بر برخی از متغیرها انجام می‌گیرد.

یافته‌ها

اگر بین سری‌های زمانی در حرکت هماهنگی وجود داشته باشد، آنگاه این هماهنگی در حرکت از وجود یک رابطه ی تعادلی بلندمدت احتمالی حکایت خواهد کرد. یعنی دو متغیر سری زمانی که در حرکت هماهنگ باشند احتمالاً بتوان یک رابطه ی تعادلی بلند مدت برای آن‌ها نوشت. که اصطلاحاً می‌گوییم همجمع یا هم انباشته اند. به زبان ساده همجمعی وقتی پیش می‌آید که دو سری زمانی تقریباً روی یک طول موج حرکت می‌کنند. در تحلیل های اقتصادی فرض بر این است که بین متغیرهای مطرح در یک نظریه اقتصادی، ارتباط بلندمدت و تعادلی برقرار است. در تحلیل های اقتصادسنجی کاربردی جهت برآورد روابط بلندمدت بین متغیرها میانگین و واریانس آن‌ها را در زمان ثابت و مستقل از عامل زمان در نظر می‌گیرند و درنتیجه به طور ضمنی ثبات رفتاری را برای آن‌ها فرض می‌کنند. با وجود این در تحقیقات کاربردی معلوم شده است که در بیشتر موارد ثبات رفتاری متغیرهای سری‌های زمانی تحقق پیدا نمی‌کنند. در این مقاله از آزمون متداول فیلیپس پرون استفاده شده است.

جدول ۱. نتایج آزمون pp بر روی سطح متغیرهای مدل

آماره pp			
وضعیت متغیر	احتمال	آماره	متغیرها
I(۰)	۰.۰۰۰۲	-۴.۵۸۸۰۸۵	BTC
I(۰)	۰.۰۰۰۰	-۷.۶۰۸۵۵۱	EXR
I(۰)	۰.۰۰۰۰	-۶.۲۳۴۱۶۷	GOLD
I(۰)	۰.۰۰۰۰	-۹.۵۵۳۸۹۰	OIL
I(۰)	۰.۰۰۰۰	-۵.۸۸۷۷۸۴	RISK
I(۰)	۰.۰۰۰۸	-۴.۲۵۸۱۶۵	TEDPIX
I(۰)	۰.۰۰۰۰	-۵.۶۶۳۶۷۸	TRVO

با در نظر گرفتن مبانی نظری آزمونهای پایایی ، فرضیه H صفر در این آزمونها عدم پایایی متغیر تعریف شده است و با در نظر گرفتن احتمال محاسبه شده برای تک تک متغیرهای مدل تحقیق که همگی از ۰.۰۵ کمتر می‌باشند می‌توان گفت این متغیرها در سطح صفر پایا می‌باشند.

برای تشخیص وجود رابطه تعادلی بلندمدت میان متغیرهای مدل از آزمون هم انباشتگی و برای انجام این آزمون از روش یوهانسون–یوسیلیوس استفاده شده است. برای اجرای این آزمون لازم است تعداد بردارهای هم انباشتگی مشخص شود. برای بررسی نتایج آزمون هم انباشتگی لازم است در خصوص وجود یا عدم وجود روند زمانی و عرض از مبدأ در بردار همجمعی، الگوی مناسب انتخاب شود که در این زمینه پنج الگو مطرح است: الگوی اول، بدون عرض از مبدأ و روند زمانی؛ الگوی دوم، با عرض از مبدأ مقید و بدون روند زمانی؛ الگوی سوم، با عرض از مبدأ نا مقید و بدون روند زمانی؛ الگوی چهارم ، باعرض از مبدأ نامقید و روند زمانی مقید و الگوی پنجم، عرض از مبدأ نامقید و روند زمانی نا مقید. این پنج الگو از مقیدترین(الگوی اول) تا نامقیدترین(الگوی پنجم) شکل آن برای متغیرها برآورد می‌شود. سپس فرضیه صفر عدم وجود بردار هم انباشتگی در مقابل وجود یک بردار هم انباشتگی و بدنبال آن فرضیه وجود حداکثر یک بردار هم انباشتگی در مقابل دو بردار آزمون می‌شود. این آزمون تا وجود n–۱ (n تعداد متغیرها) بردار هم انباشتگی ادامه می‌یابد. خلاصه نتایج آزمونهای اثر(λ_{Trace})و حداکثر مقدار ویژه(λ_{Max}) در خصوص تعداد بردارهای هم انباشتگی بر اساس پنج الگوی ذکر شده در جدول ۲ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود فرضیه صفر عدم وجود بردار هم انباشتگی در مقابل وجود یک بردار هم انباشتگی بین متغیرها در ۱ الگو رد شده است، بنابراین حداقل یک بردار هم انباشتگی میان متغیرهای مورد مطالعه وجود دارد.

جدول ۲. خلاصه نتایج تعداد بردارهای هم انباشتگی

الگو	الگوی اول	الگوی دوم	الگوی سوم	الگوی چهارم	الگوی پنجم
آزمون اثر	۴	۶	۷	۳	۶
آزمون حداکثر مقدار ویژه	۵	۳	۷	۶	۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج برآورد الگو و بررسی آزمون‌های هم انباشتگی مربوط به این الگو در جدول ۳ گزارش شده است. با توجه به نتایج بر اساس آزمون اثر وجود هفت بردار هم انباشتگی و بر اساس نتایج آزمون حداکثر مقدار ویژه نیز وجود هفت بردار هم انباشتگی در سطح ۵ درصد تأیید می‌شود.

جدول ۳. نتایج آزمون هم انباشتگی

سطح احتمال	کمیت بحرانی در سطح ۹۵٪	آماره آزمون حداکثر مقدار ویژه	سطح احتمال	کمیت بحرانی در سطح ۹۵٪	آماره آزمون اثر	فرضیه H_1	فرضیه H_0
۰.۰۰۰۰	۴۶.۲۳۱۴۲	۰.۴۱۱۹۸۲	۰.۰۰۰۰	۱۲۵.۶۱۵۴	۰.۴۱۱۹۸۲	r=۱	r=۰
۰.۰۰۲۱	۴۰.۰۷۷۵۷	۰.۳۰۱۴۳۷	۰.۰۰۰۰	۹۵.۷۵۳۶۶	۰.۳۰۱۴۳۷	r=۲	r≤۱
۰.۰۲۲۳	۳۳.۸۷۶۸۷	۰.۲۲۷۸۳۸	۰.۰۰۰۰	۶۹.۸۱۸۸۹	۰.۲۲۷۸۳۸	r=۳	r≤۲
۰.۰۲۵۱	۲۷.۵۸۴۳۴	۰.۱۸۹۶۵۴	۰.۰۰۰۰	۴۷.۸۵۶۱۳	۰.۱۸۹۶۵۴	r=۴	r≤۳
۰.۰۳۰۴	۲۱.۱۳۱۶۲	۰.۱۴۷۳۸۹	۰.۰۰۰۰	۲۹.۷۹۷۰۷	۰.۱۴۷۳۸۹	r=۵	r≤۴
۰.۰۱۶۰	۱۴.۲۶۴۶۰	۰.۱۱۴۷۲۹	۰.۰۰۰۱	۱۵.۴۹۴۷۱	۰.۱۱۴۷۲۹	r=۶	r≤۵
۰.۰۰۰۲	۳.۸۴۱۴۶۶	۰.۰۹۲۴۷۹	۰.۰۰۰۲	۳.۸۴۱۴۶۶	۰.۰۹۲۴۷۹	r=۷	r≤۶

بعد از تشخیص ایستایی متغیّرهای مدل، مسئله در مدل‌های خود رگرسیون برداری تعیین طول وقفه بهینه است. در اینجا برای تعیین طول وقفه از معیار شوراتز– بیزین[1] (SC)، آکائیک[2] (AIC)، خطای نهایی پیش بینی[3](FPE) و حنان کوئین[4] (HQ) و نسبت را ستنمایی[5](LR) استفاده شده است. نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که در مدل مورد نظر بر اساس معیارهای خطای نهایی پیش بینی، آکائیک، شوراتز–بیزین وحنان کوئین وقفه یک را به عنوان وقفه بهینه مدل قرار می‌دهند. از اینرو وقفه بهینه یک به عنوان وقفه بهینه مدل انتخاب می‌گردد.

جدول ۴. تعیین وقفه بهینه درالگوی VAR

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
۰	۴۵۸.۰۲۰۷	NA	۳.۵۸e-۱۲	-۶.۴۸۹۵۰۶	-۶.۳۴۱۷۲۷	-۶.۴۲۹۴۵۲
۱	۶۹۹.۲۱۹۳	۴۵۴.۶۳۳۴	۲.۲۶e-۱۳*	-۹.۲۵۴۹۵۴*	-۸.۰۷۲۷۲۰*	-۸.۷۷۴۵۲۶*
۲	۷۴۰.۷۹۳۴	۷۴.۱۷۵۴۳*	۲.۵۳e-۱۳	-۹.۱۴۸۱۰۷	-۶.۹۳۱۴۱۸	-۸.۲۴۷۳۰۴
۳	۷۷۸.۷۶۳۷	۶۳.۹۲۱۱۸	۳.۰۰e-۱۳	-۸.۹۸۹۴۰۶	-۵.۷۳۸۲۶۲	-۷.۶۶۸۲۲۸
۴	۸۱۷.۸۷۳۷	۶۱.۹۰۰۶۷	۳.۵۴e-۱۳	-۸.۸۴۷۱۰۳	-۴.۵۶۱۵۰۵	-۷.۱۰۵۵۵۰
۵	۸۵۷.۷۲۳۰	۵۹.۰۵۷۱۹	۴.۲۱e-۱۳	-۸.۷۱۵۴۳۸	-۳.۳۹۵۳۸۵	-۶.۵۵۳۵۱۰

LR:معیار حداکثر راستنمایی
FPE:معیار خطای پیش بینی نهایی
AIC:معیار اطلاعات آکائیک
SC:معیار شوارتز بیزین
HQ:معیار حنان کوئین

نتایج مدل SVAR به منظور بررسی مدلسازی رفتاری نوسانات شاخص سهام با تاکید بر ریسک بازار و نوسانات حجم معاملات در جدول ۵ گزارش شده است. این جدول نشان دهنده سیستم معادلات شوک‌های ساختاری و شوک‌های فرم خلاصه شده می‌باشد، در جدول (۵) @e۱ تکانه‌های مربوط به صرف ریسک بازار، @e۲ تکانه‌های مربوط به نوسانات نرخ اونس جهانی طلا، @e۳ تکانه‌های مربوط به نوسانات نرخ ارز، @e۴ تکانه‌های مربوط به نوسانات نرخ بیت کوین، @e۵ تکانه‌های مربوط به نوسانات نفت اوپک و @e۶ تکانه‌های مربوط به نوسانات حجم و @e۷ تکانه‌های مربوط به نوسانات شاخص سهام را نشان می‌دهد که نتایج تخمین مدل در جدول زیر قابل ارائه می‌باشد.

جدول ۵. برآورد رابطه تعادلی بلندمدت برای مدل تحقیق

Structural VAR Estimates
Model: Ae = Bu where E[uu']=I
Restriction Type: short-run text form
@e۱ = c(۱)*@u۱
@e۲ = c(۲)*@e۱ + c(۳)*@u۲
@e۳ = c(۴)*@e۱ + c(۵)*@e۲ + c(۶)*@u۳
@e۴ = c(۷)*@e۱ + c(۸)*@e۲ + c(۹)*@e۳+c(۱۰)*@u۴

[1]. Schwarz information criterion
[2]. Akaike information criterion
[3]. Final Prediction Error
[4]. Hannan-Quinn information criterion
[5]. Likelihood Ratio

@e۵ = c(۱۱)*@e۱ + c(۱۲)*@e۲ + c(۱۳)*@e۳+c(۱۴)*@e۴+c(۱۵)*@u۵

@e۶ = c(۱۶)*@e۱ + c(۱۷)*@e۲ + c(۱۸)*@e۳+c(۱۹)*@e۴+ c(۲۰)*@e۵+c(۲۱)*@u۶

@e۷ = c(۲۲)*@e۱ + c(۲۳)*@e۲ + c(۲۴)*@e۳+c(۲۵)*@e۴+ c(۲۶)*@e۵+c(۲۷)*@e۶+c(۲۸)*@u۷

where

@e۱ represents RISK residuals

@e۲ represents GOLD residuals

@e۳ represents EXR residuals

@e۴ represents BTC residuals

@e۵ represents OIL residuals

@e۶ represents TRVO residuals

@e۷ represents TEDPIX residuals

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	سطح احتمال
C(۲۲)	۰.۰۹۱۵۸۲	۰.۰۶۰۴۶۰	۱.۵۱۴۷۴۵	۰.۱۳۲۳
C(۲۳)	۰.۱۲۳۹۶۸	۰.۰۲۸۸۴۶	۴.۲۹۷۶۲۸	۰.۰۰۰۴
C(۲۴)	۰.۴۷۴۵۷۳	۰.۱۲۴۶۳۳	۳.۸۰۷۷۷۲	۰.۰۰۶۶
C(۲۵)	۰.۰۳۴۵۵۸	۰.۰۲۶۶۰۹	۱.۲۹۸۶۹۹	۰.۱۹۶۳
C(۲۶)	۰.۱۱۶۲۲۶	۰.۰۳۹۹۵۰	۲.۹۰۹۳۲۳	۰.۰۰۹۴
C(۲۷)	۰.۱۳۷۹۵۹	۰.۰۴۱۸۳۲	۳.۲۹۷۹۵۴	۰.۰۰۴۰
C(۲۸)	۰.۸۵۰۹۳۳	۰.۳۳۶۹۸۴	۲.۵۲۵۱۴۲	۰.۰۲۱۲

نتایج حاصل از تخمین مدل SVAR گویای این مطلب می‌باشد که ضرایب اکثر متغیرهای اصلی و تاثیر گذار بر نوسانات شاخص کل سهام در ایران و مطابق با مبانی نظری موضوع می‌باشد. اصلی ترین متغیرهایی که در نتایج مدل SVAR لازم و قابل تحلیل می‌باشد، تکانه‌های وارد شده از ناحیه صرف ریسک بازار، نوسانات نرخ اونس جهانی طلا، نوسانات نرخ ارز، نوسانات نرخ بیت کوین، نوسانات نفت اوپک و نوسانات حجم معاملات سهام می‌باشد.

برای بررسی معنی دار بودن ضرایب متغیرهای مستقل در هر مدل از آماره t استفاده شده است. فرضیه صفر در آزمون t به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{cases} H_0 : \beta_1 = 0 \\ H_1 : \beta_1 \neq 0 \end{cases}$$

که بوسیله آماره زیر صحت آن مورد بررسی قرار می‌گیرد:

$$T = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_1}{SE(\hat{\beta}_1)} \sim t_{\frac{\alpha}{2},N-k}$$

برای تصمیم گیری در مورد پذیرش یا رد فرضیه صفر، آماره t به دست آمده با t جدول که با درجه آزادی N-K در سطح اطمینان ۹۵٪ محاسبه شده مقایسه می‌شود، چنانچه قدرمطلق T محاسبه شده از t جدول بزرگتر باشد ($|T| > t_{\frac{\alpha}{2},N-k}$)، مقدار عددی تابع آزمون در ناحیه بحرانی قرار گرفته و فرض صفر (H_0) رد می‌شود. در این حالت با ضریب اطمینان ۹۵٪ ضریب مورد نظر (β_1) معنی دار خواهد بود که دلالت بر وجود ارتباط بین متغیر مستقل و وابسته دارد.

C(۲۲) ضریب تکانه مربوط به صرف ریسک بازار در معادله نوسانات شاخص کل سهام در ایران می‌باشد. این ضریب برابر با ۰.۰۹۱ می‌باشد که نشان از تاثیر مثبت این متغیر بر نوسانات شاخص سهام کل در ایران داشته است و با توجه به آماره آزمون t که برابر با ۱.۵۱ می‌باشد و احتمال محاسباتی برای این متغیر که برابر با ۰.۱۳۲۳ می‌باشد و در نتیجه

آماره آزمون در ناحیه بحرانی قرار نگرفته و احتمال متناظر با این آماره از ۰.۰۵ بزرگتر می‌باشد در نتیجه می‌توان بیان داشت صرف ریسک بازار بر نوسانات شاخص کل سهام در ایران دارای تاثیر معنی دار نمی‌باشد.

C(۲۳) ضریب تکانه مربوط به نوسانات نرخ اونس جهانی طلا در معادله نوسانات شاخص کل سهام در ایران می‌باشد. این ضریب برابر با ۰.۱۲۳ می‌باشد که نشان از تاثیر مثبت این متغیر بر نوسانات شاخص سهام کل در ایران داشته است و با توجه به آماره آزمون t که برابر با ۴.۲۹ می‌باشد و احتمال محاسباتی برای این متغیر که برابر با ۰.۰۰۰۴ می‌باشد و در نتیجه آماره آزمون در ناحیه بحرانی قرار گرفته و احتمال متناظر با این آماره از ۰.۰۵ کوچکتر می‌باشد در نتیجه می‌توان بیان داشت نوسانات نرخ اونس جهانی طلا بر نوسانات شاخص کل سهام در ایران دارای تاثیر معنی دار می‌باشد.

C(۲۴) ضریب تکانه مربوط به نوسانات نرخ ارز در معادله نوسانات شاخص کل سهام در ایران می‌باشد. این ضریب برابر با ۰.۴۷۴ می‌باشد که نشان از تاثیر مثبت این متغیر بر نوسانات شاخص سهام کل در ایران داشته است و با توجه به آماره آزمون t که برابر با ۳.۸۰ می‌باشد و احتمال محاسباتی برای این متغیر که برابر با ۰.۰۰۶۶ می‌باشد و در نتیجه آماره آزمون در ناحیه بحرانی قرار گرفته و احتمال متناظر با این آماره از ۰.۰۵ کوچکتر می‌باشد در نتیجه می‌توان بیان داشت نوسانات نرخ ارز بر نوسانات شاخص کل سهام در ایران دارای تاثیر معنی دار می‌باشد.

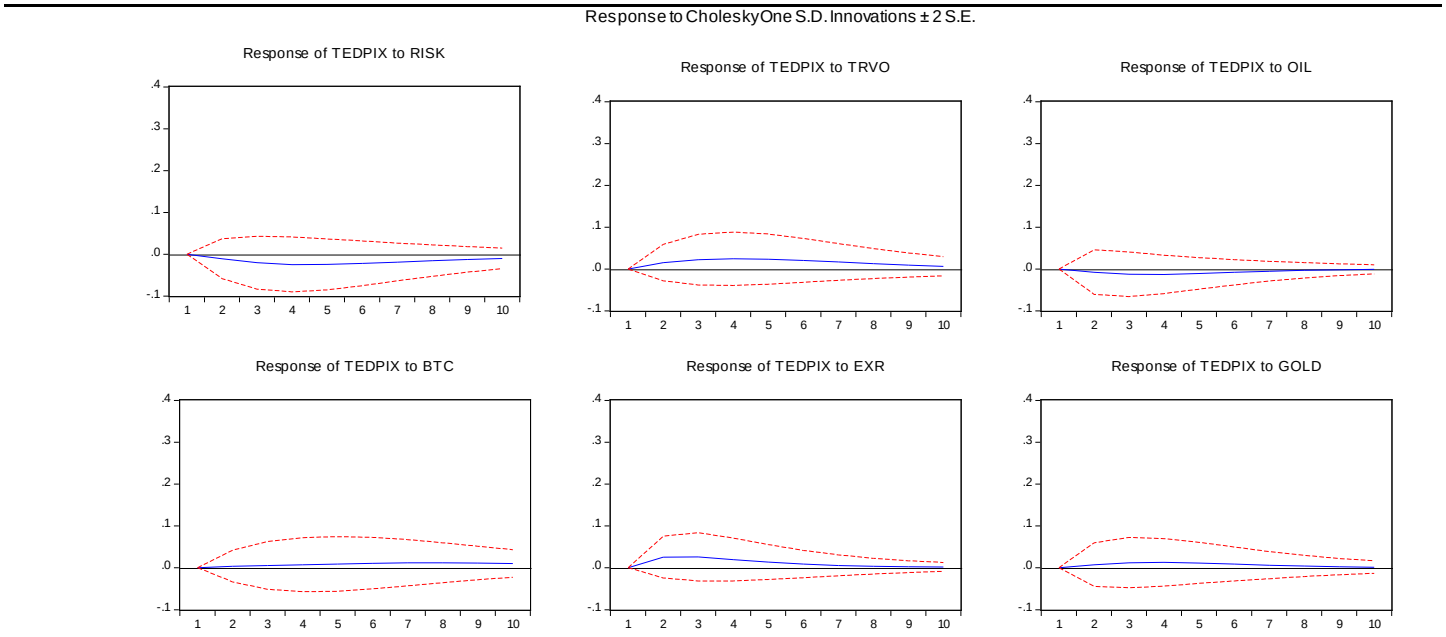
C(۲۵) ضریب تکانه مربوط به نوسانات نرخ بیت کوین در معادله نوسانات شاخص کل سهام در ایران می‌باشد. این ضریب برابر با ۰.۰۳۴ می‌باشد که نشان از تاثیر مثبت این متغیر بر نوسانات شاخص سهام کل در ایران داشته است و با توجه به آماره آزمون t که برابر با ۱.۲۹ می‌باشد و احتمال محاسباتی برای این متغیر که برابر با ۰.۱۹۶۳ می‌باشد و در نتیجه آماره آزمون در ناحیه بحرانی قرار نگرفته و احتمال متناظر با این آماره از ۰.۰۵ بزرگتر می‌باشد در نتیجه می‌توان بیان داشت نوسانات نرخ بیت کوین بر نوسانات شاخص کل سهام در ایران دارای تاثیر معنی دار نمی‌باشد.

C(۲۶) ضریب تکانه مربوط به نوسانات نفت اوپک در معادله نوسانات شاخص کل سهام در ایران می‌باشد. این ضریب برابر با ۰.۱۱۶ می‌باشد که نشان از تاثیر مثبت این متغیر بر نوسانات شاخص سهام کل در ایران داشته است و با توجه به آماره آزمون t که برابر با ۸.۲۴ می‌باشد و احتمال محاسباتی برای این متغیر که برابر با ۰.۰۰۹۴ می‌باشد و در نتیجه آماره آزمون در ناحیه بحرانی قرار گرفته و احتمال متناظر با این آماره از ۰.۰۵ کوچکتر می‌باشد در نتیجه می‌توان بیان داشت نوسانات نفت اوپک بر نوسانات شاخص کل سهام در ایران دارای تاثیر معنی دار می‌باشد.

C(۲۷) ضریب تکانه مربوط به نوسانات حجم معاملات سهام در معادله نوسانات شاخص کل سهام در ایران می‌باشد. این ضریب برابر با ۰.۱۳۷ می‌باشد که نشان از تاثیر مثبت این متغیر بر نوسانات شاخص سهام کل در ایران داشته است و با توجه به آماره آزمون t که برابر با ۳.۲۹ می‌باشد و احتمال محاسباتی برای این متغیر که برابر با ۰.۰۰۴۰ می‌باشد و در نتیجه آماره آزمون در ناحیه بحرانی قرار گرفته و احتمال متناظر با این آماره از ۰.۰۵ کوچکتر می‌باشد در نتیجه می‌توان بیان داشت نوسانات حجم معاملات سهام بر نوسانات شاخص کل سهام در ایران دارای تاثیر معنی دار می‌باشد.

توابع عکس العمل آنی:

برای اینکه بتوانیم نتایج رابطه تعادلی بلندمدت برای مدل خودرگرسیون برداری ساختاری SVAR را بخوبی تحلیل کنیم، نیازمند بررسی توابع عکس العمل آنی و تجزیه واریانس برای مدل می‌باشیم. بعبارتی الگوی SVAR دو ابزار قوی برای تجزیه و تحلیل نوسانات اقتصادی ارائه می‌دهد: توابع عکس العمل آنی (IRF) و تجزیه واریانس. بنابراین بعد از برآورد الگوی SVAR، می‌توان به بررسی نتایج توابع عکس العمل آنی و تجزیه واریانس پرداخت. یک تابع عکس العمل آنی، درحقیقت اثرات یک انحراف معیار شوک وارده به متغیرهای درونزا در الگو را بیان می‌کند. برای الگوی مورد استفاده در این تحقیق، عکس العمل متغیر بازده اوراق مشارکت نسبت به یک تکانه یا تغییر ناگهانی به اندازه یک انحراف معیار در هریک از متغیرهای درونزای الگو شامل صرف ریسک بازار، نوسانات نرخ اونس جهانی طلا، نوسانات نرخ ارز، نوسانات نرخ بیت کوین، نوسانات نفت اوپک و نوسانات حجم معاملات سهام بصورت نمودار در شکل شماره ۱ برای مدل نشان داده شده است. روی محور افقی زمان بصورت دوره‌های سالانه و روی محور عمودی درصد رشد تغییرات متغیر قرار گرفته است.



شکل ۱. نتایج توابع عکس العمل آنی برای مدل

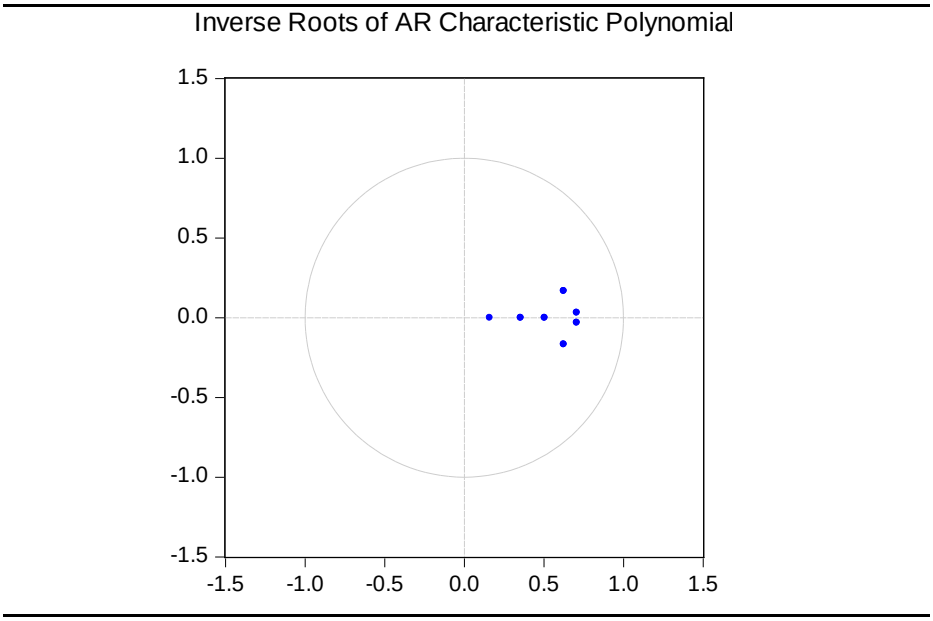
در این قسمت با توجه به الگوی برآورد شده، تجزیه واریانس متغیّرهای مدل صورت گرفته است که نتایج آن در جدول ۵ برای مدل قابل مشاهده است. در این جدول ستون S.E خطای پیش بینی متغیرهای مربوطه را طی دوره‌های مختلف نشان می‌دهد. از آنجایی که این خطا در هرسال بر اساس خطای سال قبل محاسبه می‌شود و منبع این خطا تغییر در مقادیر جاری و تکانه‌های آتی است، طی زمان افزایش می‌یابد. از آنجا که مدل‌های VAR غیرمقید مشتمل بر پارامترهای بیش از اندازه می‌باشند، نمی‌توان از آن‌ها برای پیش بینی کوتاه مدت استفاده نمود. با تجزیه به واریانس می‌توان بررسی نمودکه تغییرات یک دنباله تا چه حد متاثر از اجزای خود دنباله بوده و تا چه میزان از اجزای اختلال سایر متغیرهای درون سیستم تاثیر پذیرفته است. (اندرس، والتر، ۱۳۸۶) تجزیه واریانس تغییرات در یک متغیر درونزا را نسبت به شوک‌های متغیرهای درونزا دیگر تفکیک می‌کند. دراین روش سهم شوک‌های وارده به متغیرهای مختلف الگو در واریانس خطای پیش بینی متغیر در واکنش به شوک وارد شده به متغیرهای الگو تقسیم می‌شود. به این ترتیب قادر خواهیم بود سهم هر متغیر را بر روی تغییرات متغیرهای دیگر درطول زمان اندازه گیری کنیم.در واقع با بررسی تجزیه واریانس سهم هر شوک در پیش‌بینی یک متغیر مشخص و معلوم می‌شود. در جدول زیر تجزیه واریانس برای متغیر نوسانات شاخص کل سهام آورده شده است. تجزیه‌های واریانس به گونه‌ای تعریف شده‌اند که در دوره اول (کوتاه مدت) معمولا نوسانات هر متغیر توسط تکانه‌های مربوط به خود آن متغیر توضیح داده می‌شود. اما در افق‌های زمانی دورتر، سهم سایر متغیرها در پیش بینی رفتار یک متغیر با توجه به اهمیت آن‌ها افزایش می‌یابد.

جدول ۶. تجزیه واریانس برای مدل

Period	S.E.	TEDPIX	TRVO	OIL	BTC	EXR	GOLD	RISK
۱	۰.۳۴۴۰۹۴	۱۰۰.۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰۰	۰.۰۰۰۰۰۰
۲	۰.۴۵۲۵۹۱	۹۶.۷۸۶۱۶	۰.۰۴۰۳۱۰	۱.۷۷۲۸۳۸	۱.۰۰۱۳۸۸	۰.۲۳۱۷۹۶	۰.۰۷۴۴۶۶	۰.۰۹۳۰۴۵
۳	۰.۵۲۸۵۱۴	۹۴.۶۲۱۷۰	۰.۳۸۴۰۲۷	۲.۶۵۴۶۴۷	۰.۸۳۵۱۶۲	۱.۲۶۲۵۳۸	۰.۱۴۵۴۸۵	۰.۰۹۶۴۴۶
۴	۰.۵۸۹۸۳۶	۹۲.۶۰۰۹۸	۰.۴۷۴۴۴۳	۲.۸۷۶۴۱۹	۰.۶۷۶۱۲۱	۲.۵۸۹۲۳۶	۰.۶۸۹۵۲۴	۰.۰۹۳۲۷۵
۵	۰.۶۴۲۱۸۹	۹۰.۷۹۰۰۶	۰.۴۶۱۸۲۹	۲.۹۷۸۵۱۴	۰.۵۷۱۶۵۴	۳.۹۴۲۱۴۹	۱.۱۰۰۷۷۳	۰.۱۵۵۰۱۹
۶	۰.۶۸۹۵۳۴	۸۹.۱۴۲۸۳	۰.۴۵۹۴۷۴	۳.۰۸۲۸۴۰	۰.۴۹۶۲۰۶	۵.۳۵۶۴۶۷	۱.۲۴۹۰۵۵	۰.۲۱۳۱۳۱
۷	۰.۷۳۳۵۲۱	۸۷.۵۲۹۰۹	۰.۴۷۹۷۸۲	۳.۱۵۹۲۹۱	۰.۴۳۸۶۸۷	۶.۸۵۶۳۷۶	۱.۲۸۹۴۳۰	۰.۲۴۷۳۴۹
۸	۰.۷۷۴۹۲۵	۸۵.۹۲۴۶۵	۰.۵۰۲۴۹۱	۳.۱۷۷۹۳۵	۰.۳۹۴۳۰۱	۸.۴۰۳۸۶۰	۱.۳۲۷۴۴۸	۰.۲۶۹۳۱۲
۹	۰.۸۱۴۱۴۵	۸۴.۳۶۶۵۴	۰.۵۱۱۳۶۵	۳.۱۵۴۳۷۸	۰.۳۵۸۹۵۱	۹.۹۳۵۴۹۳	۱.۳۸۴۴۱۳	۰.۲۸۸۸۶۴
۱۰	۰.۸۵۱۵۴۸	۸۲.۸۹۳۰۷	۰.۵۰۸۰۴۲	۳.۱۱۴۲۹۹	۰.۳۳۰۳۱۵	۱۱.۴۰۳۲۸	۱.۴۴۴۲۰۱	۰.۳۰۶۷۹۴

نتایج جدول فوق برای مدل نشان می‌دهد، خطای پیش بینی در دوره اول به اندازه ۰/۳۴ و در دوره دوم ۰/۴۵ بوده و در طی زمان افزایش یافته است. ستون‌های بعدی درصد واریانس ناشی از تغییر ناگهانی یا تکانه مشخص را نشان می‌دهد. ستون سوم نشان می‌دهد گرچه در دوره اول ۱۰۰ در صد تغییرات و در دوره دوم ۹۶.۷۸ درصد تغییرات، ناشی از متغیر نوسانات شاخص کل سهام بوده است، ولی در دوره دهم تغییرات این شاخص، ۸۲.۸۹ درصد مربوط خودش و سایر متغیرها می‌باشد و تکانه نوسانات نرخ ارز ۱۱.۴۰ درصد، ۳.۱۱ درصد مربوط به تکانه نوسانات نفت اوپک، ۱.۴۴ درصد مربوط به تکانه نوسانات نرخ اونس جهانی طلا بوده است. مطابق با نتیجه تخمین مدل متغیرهای نوسانات نرخ بیت کوین و صرف ریسک بازار کمترین توضیح دهندگی میان متغیرهای توضیحی مدل دارد که این موضوع تاییدی بر نتایج آزمون t و همراستا با آن می‌باشد.

در نهایت جهت اطمینان از ثبات مدل و برای اطمینان از کاذب و مجازی نبودن نتایج اقدام به آزمون ریشه واحد کل مدل نیز شد.



شکل ۲. آزمون ریشه واحد دایره

در صورت عدم ثبات الگوی VAR نتایج به دست آمده قابل اطمینان نیستند، به منظور بررسی پایداری مدل تخمین زده شده از نمودار AR استفاده می‌کنیم. این نمودار معکوس ریشه‌های مشخصه یک فرایند AR را نشان می‌دهد. اگر قدرمطلق تمام این ریشه‌ها کوچکتر از واحد باشند و داخل دایره واحد قرار گیرند، مدل VAR تخمین زده شده پایدار است. نمودار AR مدل در شکل نشان می‌دهد که معکوس همه ریشه‌های مشخصه، داخل دایره واحد قرار می‌گیرند و مدل VAR تخمینی این مدل‌ها، شرط پایداری را تأمین می‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف مدلسازی رفتاری نوسانات شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با تأکید بر ریسک بازار و نوسانات حجم معاملات با بهره‌گیری از الگوی خودرگرسیون برداری ساختاری (SVAR) انجام شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که اغلب متغیرهای واردشده در مدل، اثر معناداری بر نوسانات شاخص کل داشته‌اند، به‌ویژه نوسانات نرخ ارز، نرخ اونس جهانی طلا، نفت اوپک و حجم معاملات. در مقابل، دو متغیر نرخ بیت‌کوین و صرف ریسک بازار تأثیر معناداری بر نوسانات شاخص نشان ندادند. این یافته‌ها در پرتو ساختار رفتاری بازار ایران و تحلیل مبتنی بر پیچیدگی‌های نهادی و اطلاعاتی بازار قابل تبیین است.

در تفسیر نتایج مربوط به نوسانات نرخ ارز، مشاهده شد که این متغیر با ضریب ۰.۴۷ و سطح معناداری کمتر از ۰.۰۱ بیشترین اثرگذاری را بر نوسانات شاخص کل داشته است. این نتیجه با یافته‌های پژوهش (Mahboubi et al., 2023) هم‌راستاست که نشان داد نوسانات نرخ ارز از طریق انتظارات تورمی و تأثیر بر هزینه‌های واردات، به شکل مستقیم و غیرمستقیم بر بازدهی سهام اثرگذار است. همچنین مطالعه (Algozhina, 2022) در زمینه تأثیر سیاست‌های پولی و نرخ ارز در اقتصادهای در حال توسعه، تأیید می‌کند که

نوسانات ارزی در بسترهایی با ثبات پایین مالی، به سرعت به بازارهای سرمایه منتقل می‌شود. بر همین اساس، اثرگذاری نرخ ارز در بازار ایران که از ثبات کلان مالی ضعیف‌تری نسبت به اقتصادهای توسعه‌یافته برخوردار است، دور از انتظار نیست.

در ادامه، نوسانات نرخ اونس جهانی طلا نیز اثر مثبت و معناداری بر نوسانات شاخص کل داشته است. این نتیجه را می‌توان با توجه به ماهیت طلا به‌عنوان دارایی امن و جایگزین در دوره‌های افزایش ریسک، تفسیر کرد. در واقع، هنگامی که انتظارات سرمایه‌گذاران نسبت به آینده بازار بورس کاهش می‌یابد، تمایل به سرمایه‌گذاری در بازار طلا افزایش می‌یابد و این جابجایی منابع می‌تواند نوسانات بیشتری در بازار سهام ایجاد کند. یافته‌های پژوهش (Asafo-Adjei et al., 2022) نیز بیانگر وجود انتقال چندمقیاسی اطلاعات بین بازار طلا و بازارهای مالی در کشورهای نوظهور است.

همچنین تأثیر نوسانات نفت اوپک با ضریب مثبت و معنادار در سطح ۹۵ درصد اطمینان، با یافته‌های مطالعه (Kurani et al., 2023) قابل مقایسه است. نفت به‌عنوان کالای استراتژیک برای اقتصاد ایران، نقشی کلیدی در تعیین نرخ ارز، تراز تجاری، و در نهایت درآمد شرکت‌های بورسی دارد. به ویژه، شرکت‌های وابسته به منابع انرژی از جمله پتروشیمی‌ها، پالایشی‌ها و معدنی‌ها، به شدت تحت تأثیر تغییرات قیمت نفت قرار دارند، و این اثرات به نوسانات کلی شاخص تعمیم می‌یابد.

در خصوص نوسانات حجم معاملات، یافته‌ها نشان دادند که این متغیر نیز به شکل معناداری با شاخص کل همبسته است. تفسیر این نتیجه بر پایه نظریه‌های رفتاری و روانشناسی سرمایه‌گذار میسر است؛ به‌ویژه آنکه حجم بالای معاملات در بازار ایران اغلب با رفتارهای هیجانی و گله‌وار همراه است که خود محرک افزایش نوسانات می‌باشد. یافته‌های (Aghababaei & Aliyan, 2022) نیز در همین راستا نشان می‌دهد که احساسات سرمایه‌گذاران و سطح نااطمینانی اطلاعاتی بر رفتارهای توده‌ای و تغییرات سریع حجم معاملات اثرگذار است.

در مقابل، عدم معناداری نرخ بیت‌کوین و صرف ریسک بازار بر نوسانات شاخص کل، از زوایای مختلف قابل بررسی است. در مورد نرخ بیت‌کوین، علی‌رغم رشد سریع بازار رمزارزها، به‌نظر می‌رسد که در ایران به‌دلیل نبود زیرساخت حقوقی، محدودیت‌های قانونی و عدم دسترسی رسمی، این بازار هنوز ارتباط معناداری با بازار سرمایه سنتی برقرار نکرده است. این یافته با مطالعه (Nguyen et al., 2023) که تأثیر نامتقارن رمزارزها در بازارهای رسمی مالی را مورد بررسی قرار داد، هم‌راستا می‌باشد. همچنین، یافته پژوهش (Chen et al., 2022) حاکی از آن است که حضور رمزارزها تنها در صورت ادغام نهادی با بازارهای سنتی، توانایی اثرگذاری معنادار پیدا می‌کنند.

در خصوص متغیر صرف ریسک بازار، یافته عدم معناداری را می‌توان ناشی از ضعف ابزارهای سنجش ریسک سیستماتیک در بازار ایران دانست. در واقع، با توجه به عدم‌کارایی ساختاری بورس تهران و نبود بازار مشتقات کارآمد، مفهوم صرف ریسک بازار در عمل بازتاب کمتری در رفتار سرمایه‌گذاران دارد. این تحلیل با نتایج (Agrrawal & Agarwal, 2023) هم‌راستا است که بر ناکارآمدی نسبی اطلاعات منتشره از سوی نهادهای رسمی در بازارهای در حال توسعه تأکید دارد.

تحلیل تجزیه واریانس مدل نیز نشان داد که سهم توضیحی نوسانات نرخ ارز در بلندمدت (دوره دهم) به بیش از ۱۱ درصد رسیده، در حالی که سهم بیت‌کوین و صرف ریسک بازار ناچیز باقی مانده است. این یافته‌ها تأییدی مجدد بر نتایج آزمون t هستند و از منظر سیاست‌گذاری مالی و تحلیل ریسک اهمیت دارد. از آنجا که نقش پیش‌برنده متغیرهایی مانند نرخ ارز و نفت در ساختار بازار ایران تأیید شده است، می‌توان انتظار داشت که نهادهای سیاست‌گذار برای کنترل نوسانات بازار سرمایه از ابزارهایی در این زمینه بهره‌گیرند.

به‌طور کلی، می‌توان بیان داشت که یافته‌های این پژوهش با نتایج مطالعاتی چون (Zarei et al., 2025) در خصوص آنتروپی اطلاعاتی در بازار ایران، (Fakhari & Nasiri, 2020) درباره ریسک سقوط قیمت و (Rahnamaye Roudposhti, 2021) درباره نقدشوندگی بازار هم‌راستا بوده و از ضرورت تحلیل چندبعدی نوسانات مالی در ایران حکایت دارد. همچنین، استفاده از مدل SVAR با توجه به قابلیت تفکیک اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت، توانست تفسیر دقیقی از اثرگذاری متغیرها ارائه دهد، که این موضوع از منظر روش‌شناسی نیز دارای ارزش افزوده است.

یکی از محدودیت‌های مهم پژوهش حاضر، محدود بودن داده‌ها به اطلاعات رسمی منتشر شده توسط نهادهای داخلی و عدم دسترسی به شاخص‌های رفتاری مانند شاخص ترس و طمع، حجم اخبار رسانه‌ای و داده‌های روان‌شناسی سرمایه‌گذار بوده است. همچنین، برخی متغیرهای بین‌المللی مانند نرخ بهره جهانی و شاخص‌های اقتصاد کلان جهانی

که می‌توانند به‌صورت غیرمستقیم بر بازار سرمایه ایران اثرگذار باشند، در مدل لحاظ نشده‌اند. از سوی دیگر، مدل SVAR با وجود دقت در تبیین علی، نیازمند فروض قوی شناسایی ساختاری است که در صورت نقض، ممکن است موجب خطای تفسیر شود.

با توجه به یافته‌های این مطالعه، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده از رویکردهای ترکیبی نظیر مدل‌های TVP-VAR، شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) و الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری عمیق با قابلیت تبیین‌پذیری استفاده شود تا تحلیل‌های دقیق‌تری از پویایی‌های شاخص بورس حاصل شود. همچنین، بررسی اثر متغیرهای رفتاری مانند توجه رسانه‌ای، احساسات سرمایه‌گذاران و ترندهای فضای مجازی می‌تواند افق جدیدی در تحلیل نوسانات بازار ایران فراهم آورد. مطالعات تطبیقی بین بازار ایران و بازارهای منطقه‌ای نیز می‌تواند به فهم بهتر تفاوت‌های ساختاری منجر شود.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که نوسانات نرخ ارز و قیمت نفت تأثیر چشمگیری بر شاخص بورس دارند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران پولی و مالی کشور به‌منظور ثبات‌بخشی به بازار سرمایه، همگام‌سازی بیشتری میان سیاست‌های ارزی و سیاست‌های سرمایه‌گذاری انجام دهند. همچنین، فعالان بازار سرمایه می‌توانند از شاخص‌های کلان مانند نرخ ارز و قیمت جهانی طلا به عنوان ابزار هشدار زودهنگام برای شناسایی دوره‌های پرریسک استفاده کنند. از سوی دیگر، آموزش سرمایه‌گذاران درباره مفاهیم مرتبط با نوسانات و ریسک سیستماتیک، می‌تواند در کاهش رفتارهای هیجانی بازار مؤثر واقع شود.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

References

Abdollahzadeh, M., & Zare, H. (2022). Calculating monetary entropy in the production space and its relationship with capital market development in Iran (An econophysics and smooth transition regression approach). *Iranian Economic Research*, *27*(92), 77-112.

Aghababaei, M. E., & Aliyan, E. (2022). The impact of investor sentiment on market liquidity and volatility in the Tehran Stock Exchange. *Financial Research Journal*, 61-80.

Agrrawal, P., & Agarwal, R. (2023). A longer-term evaluation of information releases by influential market agents and the semi-strong market efficiency. *Journal of Behavioral Finance*, 1-26. https://doi.org/10.1080/15427560.2023.2227303

Algozhina, A. (2022). Monetary policy rule, exchange rate regime, and fiscal policy cyclicality in a developing oil economy. *Energy Economics*, *112*, 106126. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106126

Amini, M. (2022). The impact of financial literacy of investors on stock return volatility. *Journal of Economic Studies, Financial Management and Accounting*, 103-118.

Arbatli, E. C., Firat, M., Furceri, D., & Verrier, J. (2022). U.S. monetary policy shock spillovers: Evidence from firm-level data. *IMF Working Paper Asia and Pacific Department*. https://doi.org/10.5089/9798400219948.001

Asafo-Adjei, E., Anokye, M. A., Owusu Junior, P., Akorsu, P. K., & Arthur, C. L. (2022). A CEEMDAN-based entropy approach measuring multiscale information flow between macroeconomic conditions and stock returns of BRICS. *Complexity*, *2022*, Article ID 7871109. https://doi.org/10.1155/2022/7871109

Chen, J., Tang, G., Yao, J., & Zhou, G. (2022). Investor attention and stock returns. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, *57*(2), 455-484. https://doi.org/10.1017/S0022109021000090

Dumitrescu, A., & Zakriya, M. (2021). Stakeholders and the stock price crash risk: What matters in corporate social performance? *Journal of Corporate Finance*, *67*, 101871. https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2020.101871

Fakhari, H., & Nasiri, M. (2020). The effect of company performance on the stock price crash risk. *Financial Management Strategy*, *8*(3), 43-62.

Jakimowicz, A. (2020). The role of entropy in the development of economics. *Entropy*, *22*, 452. https://doi.org/10.3390/e22040452

Kurani, P., Doshi, A., Vakharia, M., & Shah, A. (2023). A comprehensive comparative study of artificial neural network (ANN) and support vector machines (SVM) on stock forecasting. *Annals of Data Science*, *10*(1), 183-208. https://doi.org/10.1007/s40745-021-00344-x

Mahboubi, M. H., Daman Kesheideh, M., Momeni Vosalian, H., & Nasabian, S. (2023). The impact of macroeconomic indicators on stock return volatility. *Financial Accounting and Auditing Research*, *15*(3), 199-218.

Moradi, B., Bahri Sales, J., Jabarzadeh-Kangerloui, S., & Ashtab, A. (2022). Explaining and providing a model for forecasting stock liquidity in the Tehran Stock Exchange. *Financial Research*, *24*, 134-156.

Muhammad, M., & Bendechache. (2024). Unveiling the black box: a systematic review of explainable artificial intelligence in medical image analysis. *Computers in Structure and Biotechnology Journal*, *24*, 542-560. https://doi.org/10.1016/j.csbj.2024.08.005

Nasiri, Z., Sarraf, F., Tanhaei, M. R., Emamverdi, G. A., & Najafi Moghaddam, A. (2023). Forecasting volatility of variables in the Tehran Stock Exchange using the quantum harmonic oscillator model. *Accounting and Auditing Research*, *15*, 89-110.

Nguyen, D. K., Sermpinis, G., & Stasinakis, C. (2023). Big data, artificial intelligence and machine learning: a transformative symbiosis in favour of financial technology. *European Financial Management*, *29*(2), 517-548. https://doi.org/10.1111/eufm.12365

Rahnamaye Roudposhti, F. (2021). Market liquidity analysis based on the physical liquidity principle: A new approach. *Investment Knowledge*, *10*(40), 1-15.

Srivastava, M., Rao, A., Parihar, J. S., Chavriya, S., & Singh, S. (2023). What do the AI methods tell us about predicting price volatility of key natural resources: evidence from hyperparameter tuning. *Resources Policy*, *80*. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103249

Zarei, H., Davoudi Nasr, M., & Zanjirdar, M. (2025). Mutual informational content of earnings from firm-specific and market factors using a joint entropy approach. *Scientific-Research Journal of Investment Knowledge*, *14*(1), 411-445.