

Analyzing the Time-Varying Characteristics of Information Flow Networks among Main Industries Indices in the Tehran Stock Exchange

Elham Farzanegan* 

Assistant Professor of Economics, Department of Economics and Social Sciences, Nahavand Higher Education Complex, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Abstract

The information diffusion and interactions within financial markets have a significant impact on the price discovery process and the sentiment and risk dispersion. Despite its importance, limited research has been conducted on information flow dynamics within the Tehran Stock Exchange, which is a vital component of Iran's capital market. This study aims to fill this gap by examining the information flow dynamics among 39 major industries from March 27, 2010, to June 21, 2023. Effective transfer entropy is employed to quantify the intensity of information flow between industry indices. Sequence of information matrices are constructed using rolling one-week windows over one-year periods. Given the occurrence of critical events during the research period, their influence on information flow dynamics is analyzed using Frobenius distance-based k-nearest neighbor networks, Influence Strength analysis, and threshold networks. The findings reveal that the effective transfer entropy matrix exhibits time-varying characteristics and remains stable throughout most periods. Furthermore, critical events significantly impact information flow dynamics, with abnormal values of Influence Strength associated with market volatility and major events. Additionally, the dominant source of information in the information flow network changes over time, highlighting the transient nature of industry dominance within the network.

1. Introduction

The diffusion of information and interactions within financial markets greatly influences the price discovery process and affects sentiment and risk dispersion. The potential for growth in the Tehran Stock Exchange (TSE) through the introduction of innovative financial

* Corresponding Author: e.farzanegan@basu.ac.ir

How to Cite: Farzanegan, E. (2024). Analyzing the Time-Varying Characteristics of Information Flow Networks among Main Industries Indices in the Tehran Stock Exchange. *Economics Research*, 23(88), 54-86.

instruments can offer investors additional investment opportunities. Therefore, understanding the dynamics of information transmission within the market aids investors in decision-making.

Existing literature suggests that stock price volatilities are interconnected, and stocks within the same industry often exhibit high correlations. Additionally, industry stock price indexes within the market can serve as leading indicators of economic activity. Analyzing the information flow network at the industry index level holds significant implications for investors, portfolio managers, and policymakers seeking to devise appropriate risk-mitigating strategies, especially industry sector rotation strategies.

Despite the Tehran Stock Exchange being a vital component of Iran's capital market, there has been limited research on the information flow network between industries and its time-varying characteristics. Furthermore, despite significant events occurring during the specified sample period, there is a lack of empirical evidence regarding their impacts on information flow within the Tehran securities market.

2. Methods and Material

In this research, the dynamics of information flow between the 39 major industries are investigated from March 27, 2010, to June 21, 2023. Following Ni (2023), the Effective transfer entropy that measures the intensity of information flow between industries indices is calculated. Then the sequence of information matrices is created by rolling a one-week calculation window. In this paper, the calculation window of 237-trading day widths and the rolling window of 5-day widths are used to calculate the information matrices of length 591. Moreover, using quantiles of return series, $Q_1 = \{q_{0/05}, q_{0/5}, q_{0/95}\}$ and $Q_2 = \{q_{0/15}, q_{0/5}, q_{0/85}\}$, the information matrix sequences are constructed.

Given that the research period encompasses critical events, their influence on information flow is examined using various methodologies, including the Frobenius distance-based k-nearest neighbor network, Influence Strength (IS) analysis, and a threshold-directed network of information matrices.

3. Results and Discussion

Upon depicting the Frobenius distance matrix based on Q1, significant shifts in the distance between the information matrices are observed. These shifts often coincide with critical events that have impacted the market.

The IS series graph over the research period reveals several local peaks. For some peaks, no significant events occurred during the research period. Peak 2, however, corresponds to severe market fluctuations and turmoil, primarily stemming from the global impact of the 2008 financial crisis. Additionally, this time window aligns with the initial period of oil and petrochemical sanctions against Iran, leading to a decline in the total index of the TSE. Peak 4 reflects a decrease in the TSE's total index following Iran's nuclear agreement with the P5+1 in 2015 (post-JCPOA). During peak period 5, coinciding with the US withdrawal from the JCPOA and the reimposition of all US sanctions, the TSE's total index experienced a drop. Peaks 1, 3, and 7 correspond to the bursting of stock price bubbles in 2009, 2013, and 2020, respectively.

The findings also highlight that the window corresponding to the maximum value of IS (0.1757) is from 31/12/2012 to 7/1/2014, coinciding with the bursting of the stock price bubble in January 2014. Peak 6 corresponds to the window from 19/7/2020 to 7/7/2021, which includes the early days of the COVID-19 pandemic. Lastly, from 1/6/2022 to 3/6/2023, the government's decision to abolish the preferential exchange rate for importing basic goods negatively affected the prices of some listed companies in the TSE and the indexes of related industries. Comparing the patterns of IS calculated based on Q1 vs. Q2 demonstrates the correspondence between the local peaks.

On the other hand, examining the Financial industry (node 37), the $I_{ete}(37)$ series reached its peak during 2/2/2016-25/1/2017. During this period, the TSE faced a significant decline in the total index due to uncertainty caused by the JCPOA. Analysis of the directional network of the information matrix, filtered with a threshold of 0.01, reveals that in the post-JCPOA period, there is an information flow between the Financial industry and all other industries except the Furniture industry (node 20) and Peymankari industry (node 26).

Furthermore, aside from node 37, which serves as the central node during this period, node 34 (Banking industry, $deg = 34$), node 39 (EstekrajeNaft industry, $deg=33$), and node 35 (SayerMali industry, $deg =32$) also exhibit high degrees. Additionally, the network constructed from the information matrix corresponding to peak 6 indicates several central nodes. However, during the time window

corresponding to peak 6, node 24 (Daroe industry) with the highest I_{ete} (0.0105) exerts the strongest influence on the network.

The results also demonstrate that for certain industries, such as the Pharmaceutical industry, the value of I_{ete} increased during the 19/1/2016-11/1/2017 period, corresponding to the post-JCPOA era. However, for other industries, the maximum value of I_{ete} occurred mainly during other critical periods, such as the stock price bubble bursts in 2010 and 2014 and the imposition of new sanctions against Iran..

4. Conclusion

The findings indicate that the effective transfer entropy matrix exhibits time-varying characteristics and remains stable over the majority of periods. Additionally, critical events have notably impacted the dynamics of information flow, with abnormal values of Influence Strength correlating with market volatility and significant events. Moreover, the primary source of information in the sequence of the information flow network evolves over time, suggesting that the dominant industry in the network is not consistently sustainable.

Keywords: Effective Transfer Entropy, Information Flow, Influence Strength Analysis, Tehran Stock Exchange, Threshold Network.

JEL Classification: C32, C58, G14.



بررسی ویژگی‌های زمان متغیر شبکه جریان اطلاعات میان شاخص‌های صنایع اصلی در بورس اوراق بهادار تهران

الهام فرزنانگان* | استادیار اقتصاد، گروه علوم اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا- مجتمع آموزش عالی نهاوند (ویژه دختران)، همدان، ایران

چکیده

جریان اطلاعات و تعاملات درون بازارهای مالی تأثیر مهمی بر فرآیند کشف قیمت و انتشار احساسات و ریسک دارد. برای بورس اوراق بهادار تهران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های بازار سرمایه ایران تاکنون پژوهش‌چندانی در حوزه آنتروپی انتقال و پویایی‌های جریان انتقال اطلاعات درون بازار انجام نشده است. در این پژوهش پویایی‌های جریان اطلاعات میان شاخص‌های ۳۹ صنعت اصلی در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی ۱۳۸۹/۱/۷ تا ۱۴۰۲/۳/۳۱، مورد بررسی قرار می‌گیرد. به منظور اندازه‌گیری شدت جریان اطلاعات بین صنایع، از رویکرد آنتروپی انتقال مؤثر استفاده می‌شود. سپس، دنباله ماتریس‌های اطلاعات برای پنجره غلتان با اندازه یک سال و تعداد روزهای انتقال ۵ روز، ساخته می‌شود. با توجه به وقوع رخداد‌های بحرانی متعدد طی دوره زمانی پژوهش، به منظور بررسی تأثیر آن‌ها بر جریان اطلاعات، از شبکه k-نزدیک‌ترین همسایه مبتنی بر فاصله فروبینوس، آنالیز قوت تأثیر و شبکه آستانه، استفاده می‌شود. محاسبات نشان می‌دهد که ماتریس آنتروپی انتقال مؤثر از ویژگی زمان متغیر برخوردار است و طی اکثر دوره‌ها پایدار هست، بعلاوه، اکثر رخداد‌های بحرانی بوقوع پیوسته در دوره زمانی پژوهش بر پویایی‌های جریان اطلاعات تأثیر قوی دارند. برطبق یافته‌ها مقادیر غیرنرمال قوت تأثیر با نوسانات بزرگ بازار و رخداد‌های مهم همراه شده‌اند. به‌ویژه اینکه منبع اطلاعات غالب در دنباله شبکه‌های جریان اطلاعات، به طور چشمگیری طی زمان تغییر می‌کند که بیانگر آن است که صنعت غالب در شبکه پایدار نیست و تغییر می‌کند.

کلیدواژه‌ها: آنالیز قوت تأثیر، آنتروپی انتقال مؤثر، بورس اوراق بهادار تهران، جریان اطلاعات، شبکه آستانه.

طبقه‌بندی JEL: C32، C58، G14.

۱. مقدمه

جریان اطلاعات و تعاملات درون بازارهای مالی تأثیر مهمی بر فرآیند کشف قیمت و انتشار احساسات و ریسک دارد. بورس اوراق بهادار تهران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های بازار سرمایه ایران همواره مورد توجه سرمایه‌گذاران، سیاست‌گذاران و پژوهشگران دانشگاهی قرار داشته است. علی‌رغم اینکه برای این بازار موضوع‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است: کارآیی بازار، بی‌قاعدگی‌های بازار، پوشش ریسک، حباب قیمتی (کشاوری حداد و وحیدی، ۱۴۰۱، محمدی و همکاران، ۱۳۹۵، جهانگیری و حکمتی فرید، ۱۳۹۴)، اما در حوزه آنتروپی انتقال پژوهش‌چندانی انجام نشده است.

چشم‌انداز توسعه بورس اوراق بهادار تهران و معرفی ابزارهای مالی جدید، فرصت‌های سرمایه‌گذاری جدیدی را برای سرمایه‌گذاران ایجاد می‌نماید که نیاز به مطالعه و پژوهش پیرامون پویایی‌های جریان انتقال اطلاعات درون بازار را می‌رساند. یافته‌ها نشان می‌دهد که به‌طور کلی نوسان قیمت‌های سهام از یکدیگر مستقل نیست، بلکه سهم‌های قرار گرفته در یک صنعت و تجارت خاص همبستگی بالایی با یکدیگر نشان می‌دهند. بعلاوه، شاخص‌های قیمت صنایع فعال در بازار سهام، می‌توانند به‌عنوان نشانگرهای اقتصادی مورد توجه قرار بگیرند، بنابراین از نظر عموم به‌عنوان معیاری ذهنی برای قضاوت راجع به موقعیت لحظه‌ای اقتصاد، پذیرفته شده‌اند (هی و شانگ، ۲۰۱۷). تجزیه و تحلیل شبکه جریان اطلاعات در سطح شاخص‌های صنایع برای سرمایه‌گذاران، مدیران پرتفوی و سیاست‌گذاران که به تدوین استراتژی‌های کاهش ریسک و بالأخص استراتژی‌های چرخش صنعت (نی، ۲۰۲۳) توجه دارند، دستاوردهای مهم و کاربردی خواهد داشت.

علی‌رغم اینکه موضوع جریان اطلاعات بین سری‌های زمانی، تاکنون برای کشورهای توسعه یافته و برای سایر کشورهای نوظهور مطالعه شده است اما برای بورس اوراق بهادار تهران به‌عنوان یک بازار نوظهور، تاکنون شبکه جریان اطلاعات میان شاخص‌های صنایع و ویژگی‌های زمان متغیر این شبکه مورد مطالعه قرار نگرفته است و شواهد تجربی در این مورد وجود ندارد، بعلاوه، علی‌رغم اینکه رخدادهای بحرانی متعددی طی بازه زمانی در نظر گرفته شده در این پژوهش به‌وقوع پیوسته، تأثیر آن‌ها بر جریان اطلاعات درون بازار

1. He, J., & Shang, P.

2. Nie, C. X.

اوراق بهادار تهران در هیچ پژوهشی مورد توجه قرار نگرفته است. مطالعات داخلی از معیار آنتروپی انتقال برای پیش‌بینی بحران از جمله شیوع پاندامی کرونا^۱ در بورس اوراق بهادار تهران، استفاده کرده‌اند، از معیار آنتروپی برای بررسی جریان نوسان‌پذیری درون‌بازار اوراق بهادار تهران نیز استفاده شده است، اما این مطالعات در سطح شرکت‌ها انجام شده است، در سطح صنایع، سرریزهای اطلاعات به‌طور ایستا و پویا با لحاظ تقدم و تأخر زمانی مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان، در مقایسه با همه مطالعات انجام‌شده، نمونه آماری در نظر گرفته‌شده در این پژوهش یک نمونه کامل‌تر شامل ۳۹ صنعت از ۴۸ صنعت فعال در بورس اوراق بهادار تهران است.

براین اساس در پژوهش حاضر برای نخستین‌بار پویایی‌های جریان اطلاعات در بلندمدت میان صنایع اصلی در بازار اوراق بهادار ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۹/۱/۷ لغایت ۱۴۰۲/۳/۳۱ مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور از رویکرد نوین آنتروپی انتقال مؤثر^۲ استفاده می‌شود تا شدت جریان اطلاعات بین سری‌های زمانی مشخص گردد. بعلاوه، دنباله ماتریس‌های اطلاعات با غلتاندن پنجره محاسبات ساخته می‌شود. با توجه به اینکه طی دوره زمانی پژوهش، رخداد‌های بحرانی مختلفی اتفاق افتاده است، تأثیر این بحران‌ها بر جریان اطلاعات، با استفاده از شبکه k -نزدیک‌ترین همسایه مبتنی بر فاصله فروبنیوس^۳، آنالیز قوت‌تأثیر^۴ و شبکه آستانه^۵، مورد بررسی قرار می‌گیرد. ملاحظه می‌شود که با استفاده از مدل‌سازی انجام‌گرفته در پژوهش حاضر می‌توان در مقایسه با مطالعات گذشته به‌طور جامع‌تری به بررسی موضوع انتقال اطلاعات میان صنایع اصلی در بورس اوراق بهادار تهران پرداخت.

ادامه این پژوهش به شرح زیر است. بخش ۲ پیشینه پژوهش را معرفی می‌کند. روش پژوهش شامل مدل پژوهش و داده‌های آماری در بخش ۳ معرفی می‌شوند. سپس در بخش ۴ یافته‌های پژوهش و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهاد‌های آتی در بخش ۵ ارائه می‌شوند.

-
1. COVID-19
 2. Effective Transfer Entropy (ETE)
 3. Frobenius Distance-based k-Nearest Neighbor (kNN) Network
 4. Influence Strength (IS)-Analysis
 5. Threshold Network

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تجزیه و تحلیل جریان اطلاعات در بازارهای مالی تاریخچه طولانی دارد. نخستین بار، شریبر^۱ (۲۰۰۰) مفهوم آنتروپی انتقال را معرفی کرد تا بتواند به اندازه گیری جهت جریان اطلاعات بین دو سری زمانی، پردازد.

در سال‌های اخیر، آنتروپی انتقال و برخی ابزارهای تجربی مشتق شده از آن یک جعبه ابزار را برای تجزیه و تحلیل‌های سیستمیک تولید کرده‌اند، از قبیل آنتروپی انتقال سیمبلیک^۲ (پاپنا و همکاران^۳، ۲۰۱۶)، آنتروپی انتقال مؤثر (مارسچینسکی و کانتز^۴، ۲۰۰۲)، آنتروپی انتقال گروهی^۵ (دیمپفل و پیتر^۶، ۲۰۱۹) و آنتروپی انتقال رنی^۷ (جیزبا و همکاران^۸، ۲۰۱۲). نتایج مطالعات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که با استفاده از ترکیب سری‌های زمانی با آنتروپی انتقال، می‌توان به کشف پویایی‌های جریان اطلاعات طی یک دوره جهت آنالیز تغییرات در محتوای اطلاعات، پرداخت (نی و شیائو^۹، ۲۰۲۱)، ماهیت ناپارامتریک این ابزارها و توانایی آن‌ها در کشف کارآی علیت غیرخطی، این ابزارها را به یک روش نوظهور برای تحلیل سری‌های زمانی مالی تبدیل کرده است (دیمپفل و پیتر، ۲۰۱۴).

برخی از مطالعات پیشین به بررسی روابط متقابل در سطح صنایع مختلف در بازارهای سهام بر اساس رویکردهای مختلفی از شبکه جریان اطلاعات پرداخته‌اند. یو و همکاران^{۱۱} (۲۰۲۰a) شبکه‌های اطلاعات میان شاخص‌های صنایع را با استفاده از آنتروپی انتقال ساختند و نشان دادند که صنعت کامپوزیت^{۱۲} یک منبع اطلاعات برای دوره زمانی از سال ۲۰۰۰ لغایت ۲۰۱۷ است، همچنین، هر دو صنعت مالی غیربانکی و صنعت بانکداری درجه

-
1. Schreiber, T.
 2. Symbolic Transfer Entropy
 3. Papan, A., et al.
 4. Marschinski, R., & Kantz, H.
 5. Group Transfer Entropy
 6. Dimpfl, T., & Peter, F. J.
 7. Rényi Transfer Entropy
 8. Jizba, P., et al.
 9. Nie
 10. Nie, C. X., & Xiao, J.
 11. Yue, P., et al.
 12. Composites Industry

تأثیرگذاری بزرگ‌تری را بر سایر صنایع بعد از سال ۲۰۰۸ دارند. بعلاوه، یو و همکاران^۱ (۲۰۲۰b) به مقایسه شبکه اطلاعات میان شاخص‌های صنایع در دو بازار چین و آمریکا پرداختند.

برای ساختن شبکه‌های مبتنی بر صنایع، علاوه بر استفاده از روش‌هایی که مبتنی بر آنروپی انتقال قرار دارند، برخی مطالعات از روش‌های دیگر نیز استفاده کرده‌اند، مثل تئوری کاپولا و ضریب همبستگی پیرسون (لانگ و همکاران^۲، ۲۰۱۷؛ یانگ و همکاران^۳، ۲۰۱۴). این مطالعات عمدتاً به استخراج ساختارهای بازار با استفاده از روش‌های شبکه‌ای از قبیل درخت حداقل پوشا پرداخته‌اند (یو و همکاران، 2020a).

همچنین، از آنروپی انتقال برای ساختن پرتفویهای سرمایه‌گذاری (اسکرینجاریچ و همکاران^۴، ۲۰۲۱) و برای بررسی روابط بین حجم-قیمت نیز استفاده شده است (به‌رندت و اش‌میت^۵، ۲۰۲۱).

برای محاسبه آنروپی انتقال حجم بسیار زیادی داده مورد نیاز است، زمانیکه مجموعه داده‌ها کوچک است، تجزیه و تحلیل‌ها در عمل پیچیده می‌شود و آزمون معناداری دشوار می‌گردد. برای حل این مشکل، مارشینسکی و کانتر (۲۰۰۲) آنروپی انتقال مؤثر را معرفی کردند که امکان دستیابی به تخمین‌های کارا تحت شرایط کوچک بودن مجموعه داده‌ها را فراهم می‌کند. آنروپی انتقال مؤثر هرگونه نویز و تورش ناشی از نمونه‌های کوچک را در محاسبات حذف می‌کند. از این رو، آنروپی انتقال مؤثر یک شاخص کمی از جهت جریان اطلاعات می‌باشد.

در ادبیات مربوطه، برای تجزیه و تحلیل پویایی‌های جریان اطلاعات، از دنباله ماتریس‌های آنروپی انتقال مؤثر، استفاده شده است. نی (۲۰۲۳) با استفاده از فاصله‌های ماتریسی^۶ که از تفاوت بین ماتریس‌های اطلاعات بدست می‌آید، یک دنباله از ماتریس‌های اطلاعات تشکیل داده و براساس آن به مطالعه پویایی‌های بلندمدت جریان

-
1. Yue, P., et al.
 2. Long, H., et al.
 3. Yang, R., et al.
 4. Èkrinjarić, T., et al.
 5. Behrendt, S., & Schmidt, A.
 6. Matrix Distances

اطلاعات پرداخته است. مشابه این روش‌ها در تجزیه و تحلیل پویایی‌های همبستگی، از قبیل شناسایی وضعیت‌های بازار و پیش‌بینی ماتریس‌های کواریانس نیز استفاده شده است (مونیکس و همکاران^۱، ۲۰۱۴؛ جورچیک و همکاران^۲، ۲۰۱۷؛ نی، 2020a).

برای مطالعه مشخصه‌های زمان‌متغیر دنباله‌های ماتریس‌های اطلاعات، رویکرد آنالیز قوت‌تأثیر پیشنهاد شده است (نی، 2020b). آنالیز قوت‌تأثیر، ماتریس فاصله را به یک شبکه تبدیل می‌کند و تأثیر رخدادهای بحرانی را بر پویایی‌ها از طریق شناسایی قدرت تأثیر گره‌ها، مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد.

برای ساختن یک شبکه از ماتریس‌های اطلاعات، نی (۲۰۲۳) ماتریس اطلاعات را با استفاده از روش آستانه فیلتر کرده است. روش‌های دیگری نیز برای به تصویر کشیدن شبکه‌های همبستگی معرفی شده است (یانگ و یانگ^۳، ۲۰۰۸؛ تسه و همکاران^۴، ۲۰۱۰).

السید و همکاران^۵ (۲۰۲۳) شبکه‌های سرریز اطلاعات چندلایه‌ای را بین شوک قیمت نفت و بخش بانکداری برای کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس ساختند. آسف و همکاران^۶ (۲۰۲۳) با استفاده از آنتروپی انتقال به تعیین جهت جریان اطلاعات بین کریپتوکارنسی‌ها و سایر دارایی‌های مالی طی دوره شیوع پاندامی کرونا پرداختند. پنگ و همکاران^۷ (۲۰۲۲) به مطالعه همبستگی خطی پیرسون و آنتروپی انتقال غیرخطی میان داده‌های سهام در صنایع مختلف بالحاظ تأخیر زمانی و پنجره غلتان پرداختند. هانگ و همکاران^۸ (۲۰۲۲) با استفاده از رویکردهای نوین مدل واریانس ناهمسان خودرگرسیو شرطی تعمیم یافته بالحاظ ماتریس همبستگی پویا با درایه‌های یکسان^۹ و آنتروپی انتقال، به بررسی همبستگی و رابطه علیت بین بازارهای پولی طی دوره شیوع پاندامی کرونا پرداختند. یو و همکاران (۲۰۲۰a) با استفاده از معیار آنتروپی انتقال مؤثر نشان دادند که در

-
1. Münnix, M. C., et al.
 2. Jurczyk, J., et al.
 3. Yang, Y., & Yang, H
 4. Tse, C. K., et al.
 5. Elsayed, A. H., et al.
 6. Assaf, A., et al.
 7. Peng, S., et al.
 8. Hung, N. T., et al.
 9. Dynamic Equicorrelation GARCH (DECO-GARCH)

بازار سهام چین، یک الگوی معمول بین صنایع تحت عنوان «پدیده چرخش صنعت» وجود دارد، به این مفهوم که برخی صنایع فقط برای چندین دوره در بازار غالب هستند. نی (۲۰۲۰b) به بررسی پویایی‌ها و مشخصه‌های زمان‌متغیر ماتریس همبستگی مالی طی دوره‌های بحرانی مالی با استفاده از شبکه k -نزدیک‌ترین همسایه مبتنی بر فاصله فروبنیوس پرداخته است. هو و همکاران^۲ (۲۰۱۴) با استفاده از معیار آنتروپی سیمبلیک به بررسی تأثیر بحران وام سال ۲۰۰۸ بر جریان اطلاعات میان صنایع مختلف کشور کره پرداختند و نشان دادند که صنعت بیمه منبع اصلی اطلاعات بعد از این بحران می‌باشد.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که در داخل کشوری چندان به مطالعه جریان انتقال اطلاعات میان صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران، پرداخته نشده است. برخی پژوهشگران به مدلسازی تلاطم بازده پرداخته‌اند. برای نمونه، طالبو و مهاجری (۱۴۰۰)، (۲۰۲۳) با استفاده از متدولوژی تلاطم تصادفی چندمتغیره در چارچوب فضای حالت به تجزیه و تحلیل نحوه هم‌حرکتی تلاطمات دارایی‌ها طی زمان پرداخته‌اند. طالبو و مهاجری (۱۴۰۱a، ۱۴۰۱b) با استفاده از مدل خودرگرسیو زمان متغیر و رویکرد تجزیه واریانس خطای پیش‌بینی تعمیم یافته به بررسی سرریزهای نوسانات میان صنایع پرداخته‌اند. برخی پژوهشگران نیز براساس معیارهای آنتروپی پایه به مطالعه جریان اطلاعات پرداخته‌اند. نمکی و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی انتقال اطلاعات میان صنایع مختلف بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش انتقال آنتروپی شریبر طی یک دوره زمانی یازده ساله پرداخته‌اند. یافته‌های آن‌ها بیانگر نقش اطلاعاتی پررنگ صنایع تولیدی بر بازار داخلی است. بعلاوه، ارتباطات اطلاعاتی میان صنایع طی بازه زمانی مورد مطالعه، رشد یافته است. اصولیان و کوشکی (۱۳۹۹) با استفاده از داده‌های شبیه‌ساز بحران که براساس نقشه لوجستیک ساخته شده‌اند و با استفاده از شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۱۳۸۷ لغایت ۱۳۹۸ با فراوانی روزانه، عملکرد برتر معیارهای آنتروپی باقی‌مانده تجمعی را در پیش‌بینی وقوع بحران نتیجه گرفتند. ملاحظه می‌شود که در هیچ کدام از پژوهش‌های فوق موضوع پویایی‌های جریان اطلاعات و شبکه اطلاعات میان صنایع اصلی فعال در بورس اوراق بهادار تهران و قوت تأثیر آن‌ها بر این شبکه مورد بررسی قرار نگرفته است.

1. Sector Rotation Phenomenon

2. Oh, G., et al.

در پژوهش حاضر، براساس ادبیات موجود بالأخص به پیروی از پژوهش نی (۲۰۲۳)، بر دو موضوع تمرکز می‌شود. نخست، پویایی‌های جریان اطلاعات میان صنایع اصلی فعال در بورس اوراق بهادار تهران و تأثیر رخدادهای بحرانی مهم مورد مطالعه قرار می‌گیرد. دوم، نفوذ و تأثیر شاخص‌های صنایع در شبکه ساخته شده از شاخص‌ها از طریق غلتاندن پنجره محاسبات، نشان داده می‌شود، که براساس آن می‌توان به تجزیه و تحلیل جزئی‌تر پدیده چرخش صنعت نیز پرداخت. بالأخص، از طریق آنالیز فاصله‌های ماتریسی بدست آمده از دنباله ماتریس‌های اطلاعات، پویایی‌های جریان اطلاعات مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه، با استفاده از رویکرد آنالیز قوت‌تأثیر، مشخصه‌های زمان متغیر دنباله‌های ماتریس‌های اطلاعات به‌طور کمی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در پایان، یک شبکه با استفاده از فیلتر آستانه ساخته می‌شود تا با استفاده از آن ساختار شبکه ماتریس‌های اطلاعات، برای تجزیه و تحلیل‌ها به تصویر کشیده شود.

۳. جامعه آماری و روش

جامعه آماری شامل کلیه صنایع اصلی فعال در بورس اوراق بهادار تهران است. بعلاوه، از قیمت‌های بسته شدن روزانه شاخص صنایع استفاده می‌شود که از نرم‌افزار ره‌آورد نوین ۳ استخراج شده‌اند. بازه زمانی از تاریخ ۱۳۸۹/۱/۷ لغایت ۱۴۰۲/۳/۳۱، می‌باشد. صناعی که داده‌های کاملی برای دوره زمانی در نظر گرفته شده ارائه نمی‌کنند، حذف گردیدند. براین اساس، تعداد ۳۹ صنعت (جدول ۱) به‌عنوان نمونه انتخاب می‌شود که تعداد ۳۱۹۰ مشاهده روزانه را شامل می‌شود.

جدول ۱. کدگذاری صنایع

کد	صنعت	کد	صنعت	کد	صنعت
۱	استخراج ذغال سنگ	۱۴	ماشین‌آلات و تجهیزات	۲۷	رایانه
۲	زراعت و خدمات وابسته	۱۵	دستگاه‌های برقی	۲۸	فنی و مهندسی
۳	استخراج کانه‌های فلزی	۱۶	وسایل ارتباطی	۲۹	انبوه‌سازی
۴	استخراج سایر معادن	۱۷	ابزارآلات پزشکی	۳۰	کاشی و سرامیک
۵	منسوجات	۱۸	خودرو و قطعات	۳۱	سیمان آهک گچ
۶	محصولات چرمی	۱۹	حمل و نقل	۳۲	کانی غیر فلزی

ادامه جدول ۱. کدگذاری صنایع

کد	صنعت	کد	صنعت	کد	صنعت
۷	محصولات چوبی	۲۰	مبلمان	۳۳	سرمایه‌گذاری‌ها
۸	محصولات کاغذی	۲۱	قند و شکر	۳۴	بانک‌ها و مؤسسات اعتباری
۹	انتشار و چاپ	۲۲	چندرشته‌ای صنعتی	۳۵	سایر مالی
۱۰	فرآورده‌های نفتی	۲۳	غذایی به‌جز قند و شکر	۳۶	رادیویی
۱۱	لاستیک و پلاستیک	۲۴	دارویی	۳۷	مالی
۱۲	فلزات اساسی	۲۵	شیمیایی	۳۸	بیمه و بازنشستگی
۱۳	محصولات فلزی	۲۶	پیمانکاری	۳۹	استخراج نفت جز اکتشاف

منبع: یافته‌های تحقیق

سری بازده $\{r_i(t)\}$ ، برای هر صنعت i براساس رابطه $r_i(t) = \log(p_i(t)/p_i(t-1))$ محاسبه می‌شود، بطوریکه $p_i(t)$ شاخص قیمت بسته‌شدن روزانه می‌باشد. کلیه تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای اکسل ۱۶، ایویوز ۱۲، متلب ۲۰۱۹ و آر استودیو، انجام شده‌اند. از جدول ۲ ملاحظه می‌شود که مقدار متوسط بازده به‌جز برای صنعت پیمانکاری، برای سایر ۳۸ صنعت بزرگ‌تر از صفر است و انحراف همه شاخص‌ها در بازه $[0/101, 0/004]$ قرار می‌گیرد. بعلاوه، به‌جز برای صنایع محصولات چرمی، محصولات چوبی، فرآورده‌های نفتی و مالی، سایر صنایع مقدار چولگی مثبت دارند. به‌ویژه، مینیمم مقدار کشیدگی مازاد^۲، مقدار $0/9206$ است^۲ که دلالت بر این دارد که توزیع بازده همه صنایع از ویژگی دنباله پهن برخوردار هست.

جدول ۲. آماره‌های توصیفی سری بازده صنایع

نام صنعت	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
استخراج ذغال سنگ	0/001776	0/027359	0/055590	5/087134
زراعت و خدمات وابسته	0/002171	0/023337	3/083511	55/64037
استخراج کانه‌های فلزی	0/001719	0/016466	0/604722	2/274173
استخراج سایر معادن	0/002020	0/028059	2/548141	50/42458
منسوجات	0/001581	0/019889	0/65923	133/3066
محصولات چرمی	0/001654	0/029418	-14/74257	668/5524

1. Excess Kurtosis

۲. مقدار کشیدگی با تفریق عدد ۳ تعدیل شده است.

ادامه جدول ۲. آماره‌های توصیفی سری بازده صنایع

نام صنعت	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشی‌دگی
محصولات چوبی	۰/۰۰۱۶۶۹	۰/۰۲۵۷۰۶	-۰/۵۸۸۰۷۲	۲۳/۰۷۱۰۴
محصولات کاغذی	۰/۰۰۱۳۸۲	۰/۰۲۱۴۹۹	۰/۴۸۰۴۹۳	۳/۷۸۸۵۳۰
انتشار و چاپ	۰/۰۰۱۷۱۳	۰/۰۲۵۸۰۴	۰/۶۶۷۸۴۲	۳۰/۱۸۰۳۹
فرآورده‌های نفتی	۰/۰۰۱۸۶۵	۰/۰۸۴۴۰۰	-۰/۰۱۵۹۵۰	۶۹۱/۰۵۷۴
لاستیک و پلاستیک	۰/۰۰۱۶۹۶	۰/۰۱۷۸۱۸	۳/۰۷۷۵۲۱	۵۳/۲۲۵۰۶
فلزات اساسی	۰/۰۰۱۷۰۲	۰/۰۱۵۴۲۹	۰/۳۶۲۲۳۵	۱/۹۱۸۷۹۵
محصولات فلزی	۰/۰۰۱۴۶۹	۰/۰۱۸۲۳۵	۰/۳۶۲۲۲۸	۴/۳۴۶۸۶۷
ماشین‌آلات و تجهیزات	۰/۰۰۱۶۱۷	۰/۰۱۳۴۸۹	۰/۴۵۱۳۵۶	۲/۷۴۴۶۰۷
دستگاه‌های برقی	۰/۰۰۱۵۵۹	۰/۱۰۰۷۱۳	۰/۳۲۰۶۸۱	۵۰۳/۶۶۱۵
وسایل ارتباطی	۰/۰۰۱۵۶۱	۰/۰۳۲۸۲۷	۴/۱۵۷۷۳۹	۱۹۱/۰۳۳۱
ابزارآلات پزشکی	۰/۰۰۰۸۴۳	۰/۰۲۷۰۰۷	۳۰/۲۰۱۵۷	۱۳۷۹/۶۵۲
خودرو و قطعات	۰/۰۰۱۴۵۵	۰/۰۲۰۶۲۱	۰/۳۱۳۵۰۰	۰/۹۶۸۳۵۷
حمل و نقل	۰/۰۰۱۳۲۵	۰/۰۴۳۲۵۵	۳/۶۰۱۶۵۵	۷۰۶/۰۷۲۱
میلمان	۰/۰۰۰۱۳۰	۰/۰۰۰۴۲۴۹	۴/۴۰۷۵۶۷	۹۷/۱۷۱۰
قند و شکر	۰/۰۰۱۸۲۱	۰/۰۱۵۹۸۵	۰/۶۱۰۸۸۹	۳/۹۳۹۶۰۰
چندرشته‌ای صنعتی	۰/۰۰۱۸۳۲	۰/۰۱۴۴۶۸	۰/۱۸۷۲۸۴	۴/۰۸۷۹۷۶
غذایی به‌جز قند و شکر	۰/۰۰۱۵۸۸	۰/۰۱۴۲۸۰	۱/۲۴۸۰۰۲	۱۵/۴۰۳۱۴
دارویی	۰/۰۰۱۷۷۵	۰/۰۱۱۲۰۷	۰/۷۲۵۵۲۸	۳/۸۵۲۲۶۴
شیمیایی	۰/۰۰۱۸۶۲	۰/۰۱۳۴۲۴	۰/۳۷۸۱۴۶	۳/۲۲۶۸۳۰
پیمانکاری	-۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۱۰۱۴	۲/۶۰۲۶۶۱	۶۲/۹۰۸۷۷
رایانه	۰/۰۰۱۶۷۱	۰/۰۱۳۵۱۰	۱/۲۱۴۵۲۵	۱۲/۱۴۳۲۰
فنی و مهندسی	۰/۰۰۱۳۱۸	۰/۰۲۳۰۸۰	۰/۳۷۲۸۸۰	۵/۴۰۴۵۵۱
انبوه‌سازی	۰/۰۰۱۲۶۰	۰/۰۱۵۴۸۴	۰/۲۲۳۳۶۳	۰/۹۲۰۵۵۸
کاشی و سرامیک	۰/۰۰۱۶۴۸	۰/۰۱۴۹۱۶	۰/۵۷۸۰۶۲	۵/۱۴۶۱۶۰
سیمان آهک‌گچ	۰/۰۰۱۵۵۶	۰/۰۱۲۴۰۷	۰/۵۲۵۸۲۱	۱/۸۹۶۴۵۸
کانی غیر فلزی	۰/۰۰۱۸۳۴	۰/۰۱۴۵۴۲	۰/۶۸۸۸۹۷	۱۰/۴۹۶۹۴
سرمایه‌گذاری‌ها	۰/۰۰۱۴۱۰	۰/۰۱۱۲۶۰	۰/۶۹۷۰۳۹	۳/۴۸۹۰۴۰
بانک‌ها و مؤسسات اعتباری	۰/۰۰۱۲۸۸	۰/۰۱۴۸۲۳	۰/۱۳۵۲۸۸	۴/۳۱۳۸۳۶
سایر مالی	۰/۰۰۱۰۳۱	۰/۰۱۷۷۷۰	۰/۴۶۷۹۷۲	۲/۷۴۸۸۸۸
رادیویی	۰/۰۰۱۲۰۹	۰/۰۱۶۰۷۸	۱/۳۵۹۹۹۱	۱۶۷۷۶۱۴
مالی	۰/۰۰۱۲۸۱	۰/۰۸۲۲۸۳	-۰/۱۷۱۸۶۱	۷۶۱/۰۲۸۲

ادامه جدول ۲. آماره‌های توصیفی سری بازده صنایع

نام صنعت	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
بیمه و بازنشستگی	۰/۰۰۱۲۷۴	۰/۰۱۴۴۳۶	۰/۴۰۹۱۵۸	۳/۶۶۲۰۴۴
استخراج نفت گاز جز اکتشاف	۰/۰۰۰۹۵۰	۰/۰۲۵۸۷۳	۰/۱۷۲۶۰۸	۵/۳۴۸۸۷۰

منبع: یافته‌های تحقیق

۳-۱. آنتروپی انتقال

در پژوهش حاضر، برای سری‌های زمانی $X = \{x_t\}$ و $Y = \{y_t\}$ ، به تجزیه و تحلیل جریان اطلاعات در جهت $X \rightarrow Y$ پرداخته می‌شود. آنتروپی انتقال براساس رابطه (۱) تعریف می‌شود (شریبر، ۲۰۰۰). نماد $x_t^{l_x}$ بیانگر بردار $(x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-l_x+1})$ می‌باشد که شامل تعداد l_x مشاهده از سری زمانی مربوط به قبل از زمان $t+1$ است. به همین شکل، $y_t^{l_y} = (y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-l_y+1})$ نیز تعریف می‌شود. در اینجا، سری بازده روزانه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و از آنجاییکه تمرکز بر رابطه بین روزهای معاملاتی مجاور قرار دارد، قرار می‌دهیم $l_x = l_y = 1$.

$$TE_{X \rightarrow Y} = \sum_{x_{t+1}, x_t^{l_x}, y_t^{l_y}} p(x_{t+1}, x_t^{l_x}, y_t^{l_y}) \log \frac{p(x_{t+1} | x_t^{l_x}, y_t^{l_y})}{p(x_{t+1} | x_t^{l_x})} \quad (1)$$

احتمال شرطی $p(x_{t+1} | x_t^{l_x}, y_t^{l_y})$ ، به معنای احتمال اینکه متغیر X در زمان $t+1$ را در وضعیت x_{t+1} مشاهده کنیم مشروط بر تعداد l_x و l_y مشاهده گذشته از X و Y تا زمان $t+1$. احتمال مشترک $p(x_{t+1}, x_t^{l_x}, y_t^{l_y})$ نیز احتمال اینکه ترکیب x_{t+1} ، $x_t^{l_x}$ و $y_t^{l_y}$ به وقوع بپیوندد را نشان می‌دهد. براین اساس، آنتروپی انتقال به نوعی وابستگی زمانی را از طریق مرتبط کردن مشاهدات گذشته x_t و y_t برای پیش‌بینی مقادیر آتی x_{t+1} در خود جای می‌دهد. از آنجاییکه آنتروپی انتقال یک سری زمانی، براساس احتمالات تغییر وضعیت (انتقال) تخمین زده می‌شود، می‌باید سری زمانی را به یک سری زمانی وضعیت تبدیل نمود. بدین منظور، نماد q_α را 100α امین کوانتیل قرار می‌دهیم که با توجه به آن، کوانتیل‌های سری $\{x_t\}$ به صورت $Q_q = \{q_{\alpha_1}, q_{\alpha_2}, \dots, q_{\alpha_g}\}$ نشان داده می‌شود. سپس سری زمانی بر مبنای این کوانتیل‌ها به تعداد $(g+1)$ وضعیت مختلف تقسیم می‌شود. چون توزیع بازده همه صنایع، دارای ویژگی دنباله پهن است، دنباله‌های چپ و راست توزیع‌ها

مورد توجه قرار خواهند داشت. از این رو، Q_q به صورت $Q_1 = \{q_{0/05}, q_{0/5}, q_{0/95}\}$ و $Q_2 = \{q_{0/15}, q_{0/5}, q_{0/85}\}$ قرار داده می‌شود تا وزن بیشتری به مقادیر حدی و از این رو به محتوای اطلاعاتی دنباله‌ها، اختصاص داده شود.

طبق رابطه ۲، سری زمانی X (Y) به سری زمانی وضعیت $X' = \{x'(t)\}$ تبدیل می‌شود. احتمال مشترک $p(0, 0)$ و احتمال انتقال $p(0|0)$ بر مبنای سری زمانی وضعیت، تخمین زده می‌شوند و با استفاده از آن‌ها و مطابق رابطه ۱، مقدار TE محاسبه می‌گردد.

$$x'(t) = \begin{cases} 1 & x_t \leq q_{0/05} \\ 2 & x_t \in [q_{0/05}, q_{0/5}) \\ 3 & x_t \in [q_{0/5}, q_{0/95}) \\ 4 & x_t \geq q_{0/95} \end{cases} \quad (2)$$

به بیان دیگر، هر مقدار از سری زمانی بازده با مقادیر متناظر با ۱ یا ۲ یا ۳ یا ۴ بسته به وضعیت آن در کوانتیل‌های اول تا چهارم چگالی احتمال بازده، جایگزین می‌شود.

۲-۳. آنتروپی انتقال مؤثر

روش محاسبه آنتروپی انتقال مؤثر طبق مراحل زیر است (مارسچینسکی و کانتز، ۲۰۰۲).

۱- برای سری زمانی $X = \{x_t\}$ ، سری وضعیت $X' = \{x'_t\}$ تولید شود.

۲- مقادیر TE به صورت $TE_{X' \rightarrow Y}$ محاسبه گردد.

۳- مراحل ۱ و ۲ به تعداد M بار تکرار شود، سپس $ETE_{X \rightarrow Y} = TE_{X \rightarrow Y} - \frac{1}{M} \sum TE_{X' \rightarrow Y}$ محاسبه گردد. در پژوهش حاضر به پیروی از نی (۲۰۲۳)، $M = 300$ قرار داده می‌شود.

برای یک پنجره محاسبه^۱ مفروض (w) ، با محاسبه مقادیر آنتروپی انتقال مؤثر بین هر جفت سری زمانی، می‌توان به یک ماتریس اطلاعات $I_w = [I_w(i, j)]$ دست یافت (بطوریکه $(I_w(i, i) = 0)$) که در آن مقدار آنتروپی انتقال مؤثر بین سری‌های زمانی Γ_i و Γ_j است. برای تجزیه و تحلیل مشخصه‌های زمان متغیر جریان اطلاعات، پنجره محاسبه غلتیده می‌شود که در نتیجه دنباله‌ای از ماتریس‌های اطلاعات محاسبه می‌شود. فرض می‌شود که اندازه پنجره محاسبه^۱ (w) برابر با L و اندازه پنجره غلتان^۲ برابر با L_1 است.

1. Calculation Window
2. Sliding Window

چنانچه هر سری زمانی حاوی تعداد l مشاهده باشد، تعداد ۵۹۱ ماتریس اطلاعات (براساس رابطه $(\frac{l-1}{L_1})$ ، $m = \text{round}(\frac{l-1}{L_1})$)، به صورت مجموعه $I = \{I_{\omega} | \omega = 1, 2, \dots, m\}$ ، می توان محاسبه نمود.

۳-۳. آنالیز قوت تأثیر

می توان مجموعه I فوق را از دو دیدگاه تجزیه و تحلیل نمود. نخست، از آنجاییکه I شامل پویایی های جریان اطلاعات است می توان آن را با یک ماتریس فاصله مشخص نمود. دوم، ماتریس فاصله برای هر پنجره زمانی را می توان به صورت یک شبکه وزنی جهت دار تصور نمود. براین اساس، فاصله فروبنیوس بین دو ماتریس اطلاعات برطبق رابطه ۳ محاسبه می شود که در آن $\|A\|_F$ بیانگر نرم فروبنیوس (رابطه ۴) است. از این رو، دنباله I با یک ماتریس فاصله $D_F = [D_F(l, m)]$ متناظر است:

$$D_F(l, m) = \|I_{\omega_1} - I_{\omega_m}\|_F \quad (۳)$$

$$\|A\|_F = \left[\sum_{l=1}^n \sum_{m=1}^n A(l, m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (۴)$$

بر مبنای ماتریس D_F ، سطحی که به میزان آن هر ماتریس از همسایه های خود منحرف می شود با استفاده از آنالیز قوت تأثیر مشخص می شود. شاخص قوت تأثیر وقتی به نقطه اوج موضعی خود می رسد که جریان اطلاعات در نزدیکی بازه های زمانی تغییر چشمگیر داشته باشد. به طور کلی، شاخص قوت تأثیر براساس مراحل زیر ساخته می شود (نی، 2020b).

- ۱- ماتریس فاصله D_F برای دنباله I محاسبه شود.
- ۲- شبکه k -نزدیک ترین همسایه برای D_F ساخته شود که در آن هر گره ω متناظر است با یک ماتریس اطلاعات I_{ω} . توجه شود که مجموعه k -نزدیک ترین همسایه از گره ω ، با N_{ω} نشان داده می شود. وزن یال ها نیز براساس درایه های ماتریس $D_F(\omega, \omega')$ تعریف می شوند.

۳- شاخص قوت تأثیر برای هر گره براساس رابطه ۵، تعریف شود.

$$IS_k(\omega) = \frac{1}{\text{Card}(N_\omega)} \sum_{v, \omega' \in N_\omega} D_F(\omega, \omega') \quad (5)$$

در این پژوهش به پیروی از نی (۲۰۲۳) مقدار $k = 20$ قرار داده می‌شود.

۳-۴. شبکه آستانه از ماتریس‌های اطلاعات

ماتریس اطلاعات را می‌توان به صورت یک شبکه جهت‌دار با وزن یال‌ها^۱ در نظر گرفت، بطوریکه هر گره در این شبکه، یک منبع اطلاعات است. از این رو، مجموع آنتروپی‌های انتقال مؤثر خارج شده از گره i ، تأثیر آن را بر دیگر صنایع نشان می‌دهد که با شاخص $I_{ete}^\omega(i) = \sum_{j=1}^n I_\omega(i, j)$ نشان داده می‌شود، که برای هر صنعت i یک دنباله $\{I_{ete}^\omega(i)\}$ وجود دارد.

برای نشان دادن ساختار شبکه با جزئیات بیشتر، ماتریس اطلاعات با استفاده از روش آستانه، فیلتر می‌شود. بدین منظور از رابطه ۶ برای ساختن ماتریس مجاورت $T_\omega(i, j)$ استفاده می‌شود، بطوریکه یال‌های بزرگ‌تر یا مساوی مقدار آستانه e ، به عدد ۱ و در غیر اینصورت به عدد ۰ تبدیل می‌شوند (تسه و همکاران، ۲۰۱۰). چون آنتروپی انتقال نامتقارن است، ماتریس ۱-۰ حاصله نیز نامتقارن خواهد بود، که از این رو این شبکه، یک شبکه جهت‌دار است. درجه خروج از گره i عبارت است از $\sum_{j=1}^n T_\omega(i, j)$ که از علامت deg برای بیان آن استفاده می‌شود.

$$T_\omega(i, j) = \begin{cases} 1 & I_\omega(i, j) \geq e \\ 0 & I_\omega(i, j) < e \end{cases} \quad (6)$$

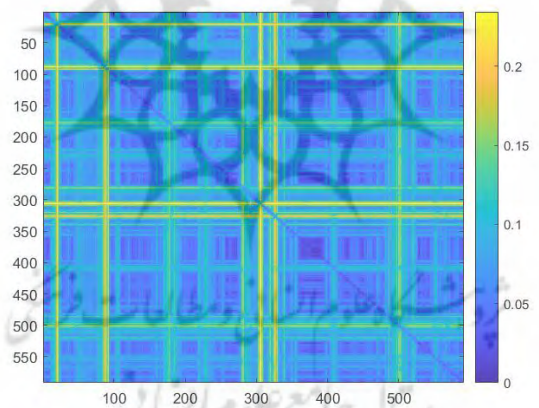
۴. یافته‌ها

۴-۱. شناسایی تأثیر رخدادهای مهم با استفاده از آنالیز قوت تأثیر

در بورس اوراق بهادار تهران، یک سال به طور متوسط شامل ۲۳۷ روز معاملاتی و یک هفته شامل ۵ روز معاملاتی می‌شود. از این رو، اندازه پنجره محاسباتی برابر ۲۳۷ روز و اندازه پنجره غلتان برابر ۵ روز قرار داده می‌شود. در این پژوهش، با استفاده از Q_1 و Q_2 ، دنباله‌های ماتریس اطلاعات و ماتریس‌های فروبنیوس ساخته می‌شوند. شکل ۱، ماتریس

فاصله فروبنیوس مبتنی بر Q_1 را به تصویر می کشد^۱. ملاحظه می شود که این ماتریس حاوی مدول‌هایی است که الگویی مشابه با مطالعات انجام گرفته برای آنالیز داده‌های بازار سهام با استفاده از متدولوژی مبتنی بر پویایی‌های همبستگی را نشان می دهد (مونیکس و همکاران، ۲۰۱۴؛ نی و سانگ^۲، ۲۰۲۳). مطالعات انجام گرفته نشان می دهند که دوره‌های بین مدول‌ها اغلب حاوی رخدادهایی بحرانی هستند که بر بازار تأثیر گذاشته‌اند (نی، ۲۰۲۳). در پژوهش حاضر، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در فاصله بین ماتریس‌های اطلاعات محاسبه شده برای بورس تهران وجود دارد. مدول‌های مشاهده شده در ماتریس فاصله متناظر هستند با تغییرات در جریان اطلاعات بین سری‌های زمانی صنایع. به همین خاطر، از رویکرد IS استفاده می شود تا بتوان سطوح تغییرات چشم‌گیر در پویایی‌های جریان اطلاعات را مشخص نمود. اعداد ۰ تا ۵۰۰ متناظر با شش پنجره محاسباتی هستند که در جدول ۳ گزارش شده‌اند.

شکل ۱. ماتریس فاصله فروبنیوس از دنباله ماتریس‌های اطلاعات بدست آمده بر مبنای Q_1



منبع: یافته‌های تحقیق

۱. به دلیل شیوه‌نامه نگارش مجله مبنی بر محدودیت تعداد کلمات، نتایج مربوط به Q_2 ارائه نشده است.

2. Nie, C. X., & Song, F. T.

جدول ۳. بازه زمانی مربوط به ماتریس فاصله

کد	پنجره محاسباتی
۰	۱۳۸۹/۱/۸ - ۱۳۹۱/۱/۱۶
۱۰۰	۱۳۹۱/۱/۲۳ - ۱۳۹۳/۲/۱۰
۲۰۰	۱۳۹۳/۲/۱۷ - ۱۳۹۵/۲/۲۹
۳۰۰	۱۳۹۵/۳/۸ - ۱۳۹۷/۴/۳
۴۰۰	۱۳۹۷/۴/۱۰ - ۱۳۹۹/۴/۲۹
۵۰۰ <	۱۳۹۹/۵/۵ - ۱۴۰۱/۳/۴

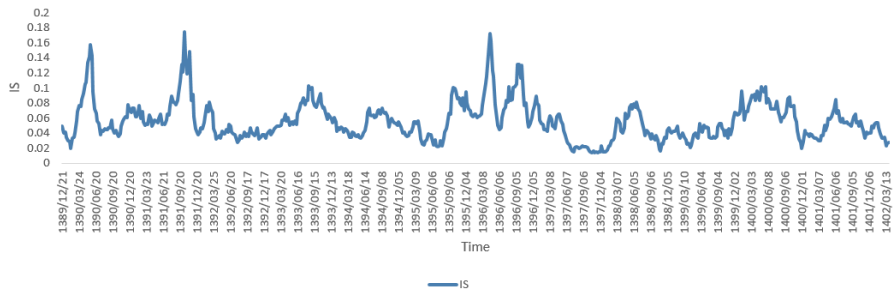
منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۲، سری IS مبتنی بر Q_1 را طی بازه زمانی ۱۳۸۹/۱/۷ تا ۱۴۰۲/۳/۳۱ به تصویر کشیده است که اوج‌های موضعی متعددی را نشان می‌دهد. برای برخی اوج‌های موضعی، رخداد مهمی طی بازه زمانی پژوهش وجود ندارد. جدول ۴، اوج‌های متناظر با رخداد‌های بحرانی بوقوع پیوسته در کشور طی دوره زمانی پژوهش را گزارش می‌دهد. ستون‌های دوم و سوم جدول، به ترتیب مقادیر IS و پنجره‌های محاسباتی را نشان می‌دهند. در این پژوهش، تاریخ متناظر با هر پنجره و رخداد بحرانی مهم مربوط به آن تاریخ تجزیه و تحلیل می‌شود. برای کلیه ۷ رخداد موضعی فوق، بازار بشدت نوسان داشته است که موجب ریزش سریع شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران شده است. برای مثال، در اوج شماره ۲، بازار نوسانات شدیدی داشته که عمدتاً نتیجه بحران مالی بین‌المللی ۲۰۰۸ بوده است که به‌طور غیرمستقیم از طریق درآمدهای نفتی بر ایران اثر گذاشت. بعلاوه، این پنجره زمانی مصادف است با دوره اولیه تحریم‌های نفت و پتروشیمی علیه ایران که از ۲۳ ژانویه ۲۰۱۲ شروع شده است که موجب شده شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران از مقدار ۳۷۲۸۴ (۱۳۹۱/۱۱/۲) به ۳۶۵۹۴ (۱۳۹۱/۱۱/۳) ریزش کند. برای اوج شماره ۴ مربوط به توافق هسته‌ای ایران با کشورهای گروه ۵+۱ در سال ۲۰۱۵ (دوره پسابرجام)، شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران از مقدار ۷۹۸۷۱/۴ (۱۳۹۵/۸/۱۸) به ۷۸۴۱۱/۶ (۱۳۹۵/۸/۱۹) ریزش داشته است. طی دوره اوج شماره ۵ و پس از خروج آمریکا از برجام و شروع دوره جدید تحریم‌های همه‌جانبه، شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران از مقدار ۲۲۴۰۵۷/۳ (۱۳۹۸/۲/۱۵) به ۲۱۵۸۲۰/۶ (۱۳۹۸/۲/۱۶) سقوط کرده است. اوج‌های شماره ۱، ۳ و ۷ نیز

مربوط به دوره فروپاشی حباب‌های قیمتی سهام به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۹ است که اوج اخیر به سقوط بی‌سابقه بورس اوراق بهادار تهران شده است که به دوشنبه سیاه لقب داده شده است. علت اصلی تشکیل حباب و فروپاشی متعاقب بازار، رفتار گله‌ای و مبتنی بر هیجان سرمایه‌گذاران در نتیجه سیاست دولت مبنی بر آزادسازی سهام عدالت همراه با سقوط بازارهای موازی بازار سرمایه بوده است. بالأخص، یافته‌ها نشان می‌دهد که پنجره متناظر با ماکزیمم مقدار IS، ۰/۱۷۵۷، عبارت است از پنجره ۱۳۹۱/۱۰/۱۱-۱۳۹۲/۱۰/۱۷. طی این دوره، حبابی که در قبلاً در بازار شکل گرفته بود در دی‌ماه ۱۳۹۲ ترکید که منجر به سقوط شدید بورس اوراق بهادار تهران گردید. بعلاوه، اوج شماره ۶، متناظر است با دوره ۱۳۹۹/۴/۲۹-۱۴۰۰/۴/۱۶ که به روزهای اولیه تأثیر شیوع پاندامی کرونا در کشور مربوط می‌شود. در پایان طی دوره ۱۴۰۱/۳/۱۱-۱۴۰۲/۳/۱۳ شاهد ریزش شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران هستیم. در واقع، در ۱۹ اردیبهشت ۱۴۰۱ دولت در جهت اصلاح سیاست هدفمندی یارانه‌ها، با اجرای سیاست حذف نرخ ارز ترجیحی کالاهای اساسی، اقدام به حذف یارانه کالاهای اساسی کرد که تأثیر منفی بر قیمت برخی شرکت‌ها و صنایع مربوطه در بورس اوراق بهادار تهران گذاشت که در نهایت موجب ریزش کل بازار گردید، اما این تأثیر منفی در کوتاه‌مدت بوده است، نمودار روند زمانی شاخص کل بورس، نمو افزایشی آن را نشان می‌دهد که در تاریخ ۱۴۰۲/۲/۱۶ به ماکزیمم مقدار ۲۵۳۵۲۳۶/۵۴ طی بازه زمانی پژوهش می‌رسد.

برای بررسی اثر پارامتر Q_q ، نتایج حاصل از محاسبات مبتنی بر Q_2 نیز در جدول ۳ و در ستون‌های ۵ و ۶ گزارش شده است. ملاحظه می‌شود بین مقادیر سری IS که بر مبنای این دو پارامتر بدست آمده‌اند، نوعی همبستگی بالا وجود دارد و در واقع ضریب همبستگی پیرسون مقدار ۰/۷۲۷۲ بدست آمده است. بعلاوه، بین اوج‌های موضعی نیز نوعی تناظر وجود دارد. از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که تغییر در Q_q فقط بر تاریخ اوج‌ها تأثیرگذار است بطوریکه پنجره تقریباً بدون تغییر باقی می‌ماند. در روند IS چندین مقدار غیرعادی دیده می‌شود که از مقادیر دیگر IS حول خود به‌طور قابل توجهی بزرگ‌تر هستند که از این رو اوج‌های موضعی محسوب می‌شوند.

شکل ۲. سری زمانی IS ($Q_t = Q_1$)



منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۴. تجزیه و تحلیل رخدادهای بحرانی بر پایه نتایج حاصل از آنالیز قوت‌تأثیر

شماره اوج	$IS_{20}(Q_1)$	تاریخ	رخداد	$IS_{20}(Q_2)$	تاریخ
۱	۰/۱۴۲۶	۱۳۸۹/۶/۷ ۱۳۹۰/۵/۲۶	ترکیدن حباب در سال ۱۳۸۹	۰/۰۹۶۸	۱۳۸۹/۵/۲۴ ۱۳۹۰/۵/۱۲
۲	۰/۰۸۳۸	۱۳۹۰/۱۱/۲۶ ۱۳۹۱/۱۱/۲۱	بحران مالی ۲۰۰۸-دوره پیشین تحریم‌ها	۰/۰۶۸۳	۱۳۹۰/۱۰/۱۷ ۱۳۹۱/۱۰/۱۱
۳	۰/۰۸۳۳	۱۳۹۲/۹/۱۶ ۱۳۹۳/۹/۸	ترکیدن حباب در سال ۱۳۹۲	۰/۰۸۵۱	۱۳۹۲/۱۱/۱ ۱۳۹۳/۱۰/۲۳
۴	۰/۱۲۳۱	۱۳۹۵/۵/۵ ۱۳۹۶/۵/۱	پسا برجام (دوره پیشین تحریم‌ها)	۰/۰۶۹۱	۱۳۹۵/۳/۲۳ ۱۳۹۶/۳/۱۷
۵	۰/۰۵۲۷	۱۳۹۷/۷/۲۵ ۱۳۹۸/۷/۲۰	دوره جدید تحریم‌ها (خروج آمریکا از برجام)	۰/۰۳۸۰	۱۳۹۷/۸/۱۲ ۱۳۹۸/۸/۶
۶	۰/۰۸۴۱	۱۳۹۹/۴/۲۹ ۱۴۰۰/۴/۱۶	شیوع پاندامی کرونا	۰/۰۸۱۰	۱۳۹۹/۵/۲۷ ۱۴۰۰/۵/۱۹
۷	۰/۰۷۲۴	۱۳۹۹/۶/۲۶ ۱۴۰۰/۶/۲۲	دوشنبه سیاه، سقوط ۹۹ بورس	۰/۰۶۸۶	۱۳۹۹/۶/۳ ۱۴۰۰/۶/۱
۸	۰/۰۲۳۱	۱۴۰۱/۳/۱۱ ۱۴۰۲/۳/۱۳	ریزش بورس اوراق بهادار تهران	۰/۰۳۸۳	۱۴۰۱/۲/۲۱ ۱۴۰۲/۲/۲۰

منبع: یافته‌های تحقیق

۴-۲. آنالیز دوره‌های زمانی خاص

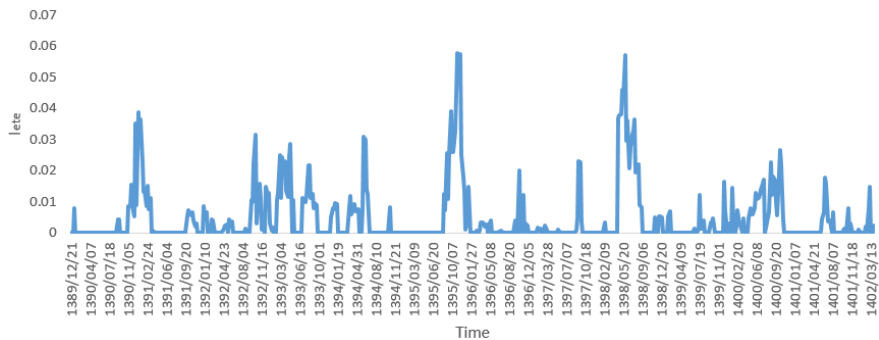
به منظور بررسی با جزئیات بیشتر پویایی‌های تأثیر صنعت بر جریان اطلاعات، از سری $I_{ete}(i)$ که برای هر صنعت i محاسبه می‌شود، استفاده می‌شود.^۱

به عنوان مثال، گره شماره ۳۷ (صنعت مالی) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد، سری $I_{ete}(37)$ (شکل ۳) به ماکزیمم مقدار خود طی دوره ۱۳۹۴/۱۱/۱۳-۱۳۹۵/۱۱/۶ می‌رسد. طی این دوره، بورس اوراق بهادار تهران که تحت تأثیر نااطمینانی ناشی از برجام قرار داشته است با سقوط و تنزل شاخص کل روبه‌رو شده است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که صنعت مالی تأثیر قوی بر همه صنایع طی دوره پس‌برجام داشته است. برای نمایش تصویری ماتریس اطلاعات، آن را با استفاده از آستانه ۰/۰۱ فیلتر کرده و شبکه جهت‌دار حاصله مطابق شکل ۴ به تصویر کشیده می‌شود. ملاحظه می‌شود که طی بازه زمانی فوق، جریان اطلاعات بین صنعت مالی با همه صنایع به جز صنعت مبلمان (گره ۲۰) و صنعت پیمانکاری (گره ۲۶) وجود دارد.

علاوه بر گره ۳۷ (صنعت مالی، $deg=34$) که طی بازه فوق گره مرکزی محسوب می‌شود، گره ۳۴ (بانک‌ها و مؤسسات اعتباری، $deg=34$) نیز درجه بزرگی دارد. بالاترین مقدار I_{ete} برای گره ۳۴ برابر ۰/۰۵۷۲ است، در حالی که بالاترین مقدار I_{ete} برای گره ۳۷ برابر ۰/۰۵۷۹ است که مقداری بزرگ‌تر از گره ۳۷ دارد. لازم به ذکر است که طی پنجره فوق، گره ۳۹ (صنعت استخراج نفت گاز جز اکتشاف، $deg=33$) و گره ۳۵ (صنعت سایر مالی، $deg=32$) به ترتیب از بالاترین درجه برخوردار هستند. این یافته‌ها دلالت دارند بر اینکه تأثیر صنعت مالی، صنعت بانک‌ها و مؤسسات اعتباری، صنعت استخراج نفت و صنعت سایر مالی، بر شبکه جریان اطلاعات طی دوره ۱۳۹۴/۱۱/۱۳-۱۳۹۵/۱۱/۶ که متناظر با پس‌برجام (دوره پیشین تحریم‌ها) می‌باشد، قوی‌ترین است. این درحالیست که یو و همکاران (۲۰۲۰a) و نی (۲۰۲۳) تأثیر قوی صنعت مالی غیر بانکی را به ترتیب بعد از بحران مالی ۲۰۰۸ و طی دوره حباب قیمتی در بازار سهام چین نتیجه گرفتند.

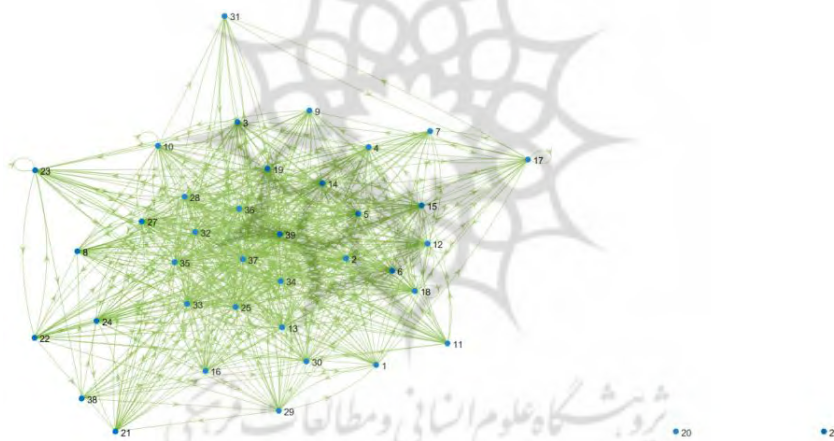
۱. در پژوهش حاضر سری $I_{ete}(i)$ برای همه صنایع محاسبه شده است، اما به دلیل ضوابط مجله، تجزیه و تحلیل‌ها فقط برای دو صنعت انجام می‌شود.

شکل ۳. سری زمانی Iete مربوط به صنعت مالی



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۴. شبکه آستانه طی دوره ۱۳۹۵/۱۱/۶-۱۳۹۴/۱۱/۱۳ (e = 0/01)



منبع: یافته‌های تحقیق

در ادامه این پژوهش، ماتریس اطلاعات متناظر با اوج شماره ۶ (جدول ۴)، یعنی دوره متناظر با شیوع پاندامی کرونا، استخراج و براساس آن یک شبکه فیلتر شده، ساخته می‌شود. این شبکه در شکل ۵ به تصویر کشیده شده است. ملاحظه می‌شود که چندین گره مرکزی همانند گره ۳۸ (بیمه و بازنشستگی، $deg=30$)، گره ۲۲ (چندرشته‌ای صنعتی، $deg=29$)، گره ۲۷ (رایانه، $deg=26$)، گره ۳۵ (سایر مالی، $deg=24$)، گره ۳۳ (سرمایه‌گذاری‌ها،

$deg=24$) و گره ۷ (محصولات چوبی، $deg=24$) وجود دارد. به هر حال، طی بازه زمانی مربوط به اوج ۶، گره ۲۴ (صنعت دارویی) بیشترین مقدار I_{ete} (۰/۰۱۰۵) را دارد که دلالت بر این دارد که قوی ترین تأثیر در شبکه مربوط به گره صنعت دارویی می باشد.

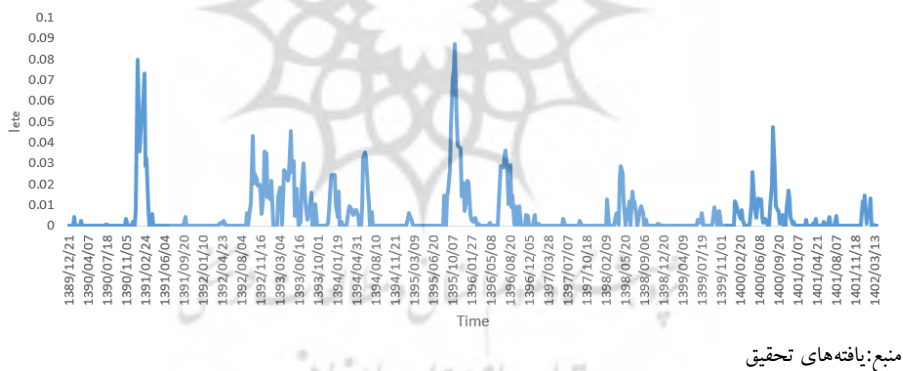
شکل (۶) سری I_{ete} صنعت دارویی را نشان می دهد که به ماکزیمم مقدار (۰/۰۸۷۴) طی بازه ۱۳۹۴/۱۰/۲۹-۱۳۹۵/۱۰/۲۲ می رسد که مربوط به دوره پسابرجام می شود. بررسی ها نشان می دهد که برای برخی صنایع دیگر نیز مقدار I_{ete} طی دوره پسابرجام، افزایش یافته است. این درحالیست که ماکزیمم مقدار I_{ete} برای تعدادی از صنایع عمدتاً در دوره های بحرانی دیگر از قبیل ترکیدن حساب سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ و دوره جدید تحریم ها، اتفاق افتاده است. می توان این گونه استدلال کرد که طی دوره زمانی پسابرجام به هر حال فضای نااطمینانی حاکم بر کشور موجب تغییرات نرخ ارز گردید و مقدار آن که به دلیل مشخص نبودن نتیجه مذاکرات هسته ای شدت افزایش یافته بود پس از برجام با کاهش همراه شد. نوسانات و بی ثباتی نرخ ارز بر اکثر شرکت های فعال در بورس اوراق بهادار از جمله شرکت های فعال در صنعت دارویی تأثیر منفی گذاشته است. چراکه بی ثباتی نرخ ارز مشکلاتی را برای این صنعت در راستای تأمین مواد اولیه از خارج هم از نظر هزینه و هم از نظر واردات و نقل و انتقال پول و هم از نظر دریافت دانش فنی تولید، به وجود آورده است. این مشکلات موجب کاهش شدید تولید این شرکت ها شده است.

از نتایج بدست آمده ملاحظه می شود که منبع اطلاعاتی غالب، طی زمان متغیر است، چراکه در برخی دوره ها تنها برخی صنایع تأثیر قوی تر بر شبکه دارند که نتیجه اش ایجاد گره های مرکزی است. تأثیر گذاری این صنایع طی زمان از ثبات خاصی برخوردار نیست چراکه در برخی دوره ها شدت افزایش می یابد و در دوره های دیگر تأثیر گذاری آنها بشدت کاهش می یابد.

شکل ۵. شبکه آستانه طی دوره ۱۳۹۹/۴/۲۹-۱۴۰۰/۴/۱۶ (e = 0/01)



شکل ۶. سری زمانی Iete مربوط به صنعت دارویی



۵. بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های تجربی در پژوهش حاضر بیانگر آن است که ماتریس اطلاعات طی اکثر دوره‌های زمانی تغییرات ملایم دارد اما در برخی دوره‌ها نیز بشدت تغییر می‌کند. این مشخصه‌ها از آنالیز قوت‌تأثیر بدست آمده‌اند، بعلاوه مقادیر غیرنرمال قوت‌تأثیر با نوسانات غیرنرمال بازار و برخی رخداد‌های مهم و بحرانی هم‌زمان شده‌اند. تجزیه و تحلیل بیشتر و با

استفاده از پنجره محاسباتی غلتان، نشان‌دهنده مشخصه زمان‌متغیر منابع اطلاعاتی غالب در شبکه است، برای مثال صنعت مالی، منبع اطلاعاتی غالب طی دوره ۱۳۹۴/۱۱/۱۳-۱۳۹۵/۱۱/۶ مربوط به پسابرجام، است، درحالی‌که صنعت دارویی، منبع اطلاعاتی غالب طی دوره شیوع پاندامی کرونا است. درواقع، برخی صنایع طی دوره پسابرجام منبع اطلاعاتی غالب در شبکه هستند، برخی صنایع دیگر در دوره‌های بحرانی ناشی از ترکیدن حساب بازار اوراق بهادار تهران و تعدادی دیگر از صنایع در دوره بحرانی دور جدید تحریم‌ها، منبع اطلاعاتی غالب بوده‌اند. ازاین‌رو، پدیده چرخش صنعت که توسط نی (۲۰۲۳) نتیجه گرفته شده است، برای صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران نیز تأیید می‌شود. بعلاوه، نی (۲۰۲۳) نیز در پژوهش خود زمان‌متغیر بودن ماتریس انتقال آنتروپی را برای بخش‌های مختلف بازار سهام چین نتیجه گرفت. یافته‌های پژوهش حاضر از این نظر که رخدادهای بحرانی بر پویایی‌های جریان اطلاعات تأثیرگذار است با یافته‌های نی (۲۰۲۰a، ۲۰۲۰b) سازگاری دارد.

یافته‌های این پژوهش بامطالعه اصولیان و کوشکی (۱۳۹۹) متفاوت است. چراکه آن‌ها توانایی معیار آنتروپی باقی‌مانده تجمعی را برای پیش‌بینی بحران پاندامی کرونا در سطح شاخص کل بازار نتیجه گرفتند.

برخلاف یافته‌های پژوهش حاضر از نظر وجود یک شبکه جریان اطلاعات بین صنایع مختلف، مهاجری و طالبلو (۱۴۰۱) اتصالات بین ۱۲ صنعت را برحسب سرریز تلاطمات و نه سرریز اطلاعات نتیجه گرفتند. بااین‌حال نتایج این محققین از این دیدگاه که اتصالات بین صنایع مختلف طی زمان به‌طور قابل‌توجهی تغییر می‌یابد را می‌توان با نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر مبنی بر اینکه منبع اطلاعاتی غالب در شبکه، طی زمان‌متغیر است قابل‌قیاس قرارداد.

یافته‌های پژوهش حاضر از این نظر که ماتریس اطلاعات طی زمان‌متغیر است با یافته‌های نمکی و همکاران (۱۴۰۰) مبنی بر رشد ارتباطات اطلاعاتی صنایع طی دوره زمانی پژوهش، مشابه است. برخلاف یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر اینکه منبع اطلاعاتی غالب طی دوره زمانی پژوهش باثبات نیست و تغییر می‌کند، نمکی و همکاران (۱۴۰۰) نقش اطلاعاتی پررنگ صنایع تولیدی را در بازار اوراق بهادار تهران طی بازه زمانی پژوهش نتیجه گرفتند.

به طور خلاصه، نتیجه گرفته می‌شود که با در کنار هم قرارداد دادن آنالیز قوت‌تأثیر و ماتریس انتقال آنتروپی مؤثر می‌توان به یک روش کارآ برای تجزیه و تحلیل پویایی‌های جریان اطلاعات دست یافت. از طرف دیگر، پژوهش حاضر با بررسی شبکه جریان اطلاعات بین صنایع، به نوعی ساختار داخلی در بورس تهران را نشان می‌دهد. بالأخص، تعاملات و نحوه جریان اطلاعات بین صنایع با تاثیرگذاری بر احساسات سرمایه‌گذاران در تصمیمات سرمایه‌گذاری آن‌ها وارد می‌شود که در نهایت بر فرآیند کشف قیمت و نیز گسترش ریسک در شبکه تاثیرگذار خواهد بود، در نتیجه آن شاهد تغییرات ناگهانی در روند سری‌های زمانی قیمت‌های مشاهده شده در بازار خواهیم بود. تغییر رژیم‌ها اغلب اوقات تنها اندکی از دارایی‌ها را متأثر می‌سازد، اما زمان‌هایی هم هست که کل بازار را تحت تاثیر قرار داده و الگویی منطبق با آن را دنبال می‌کند. این آشفتگی‌ها تنها به بازار سهام محدود نمی‌شود و می‌تواند به صورت موج‌گونه بر کل اقتصاد یا حتی اقتصاد جهانی نیز تأثیرگذار باشد. بنابراین، یافته‌های تجربی این پژوهش برای بورس تهران می‌تواند به سرمایه‌گذاران، مدیران پرتفوی و سیاست‌گذاران که به تدوین استراتژی‌های کاهش ریسک و بالأخص استراتژی‌های چرخش صنعت توجه دارند، کمک نماید. بالأخص، سرمایه‌گذاران و مدیران پرتفوی در بورس تهران، با آگاهی از چگونگی جریان اطلاعات بین صنایع می‌توانند صناعی که کمتر در معرض انتقال اطلاعات و گسترش ریسک قرار دارند را شناسایی نمایند. همچنین، سرمایه‌گذاران با مطالعه پویایی‌های جریان اطلاعات از دوره‌هایی که بازار رفتار کاملاً متفاوتی دارد آگاهی یافته که از این رو می‌توانند در رابطه با لحاظ صنعتی خاص در تصمیمات سرمایه‌گذاری و پوشش ریسک انتخاب بهتری داشته باشند. همچنین یافته‌های تجربی این پژوهش برای سیاست‌گذاران این دلالت را دارد که می‌باید توجه، نظارت و برنامه‌های اجرایی برای مدیریت حوادث بحرانی نامطلوب داشته باشند و با انجام اقدامات در جهت کنترل گسترش ریسک در شبکه بازار، گام‌های سیاستی مطلوبی بردارند.

متدولوژی پژوهش حاضر را می‌توان به سری‌های مالی دیگر از جمله پویایی‌های جریان اطلاعات بین گروه سهم‌های مختلف شرکت‌ها تعمیم داد. پیشنهاد دیگر این است که در پژوهش‌های آتی آنتروپی انتقال با در نظر گرفتن اندازه‌های متفاوت پنجره غلتان و نیز با در

نظر گرفتن تأخیر در جهت جریان اطلاعات، محاسبه شود. همچنین می‌توان از معیارهای دیگر معرفی شده در ادبیات از قبیل همبستگی خطی پیرسون، برای اندازه‌گیری انتقال اطلاعات و شناسایی شبکه‌های اطلاعاتی استفاده و نتایج را با معیارهای غیرخطی مقایسه کرد. حتی محققین می‌توانند پژوهش خود را در سطح سهام شرکت‌های پذیرفته شده در هر صنعت قرار داده و ارتباط اطلاعاتی بین سهام‌ها را مورد بررسی قرار دهند. محققین می‌توانند به بررسی انتقال اطلاعات و شبکه مبتنی بر آنتروپی میان بورس اوراق بهادار تهران و سایر بازارهای دارایی داخلی و خارج کشور نیز بپردازند.

از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم امکان بدست آوردن داده‌های آماری لازم برای همه صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران است. از این رو نمونه آماری، شامل کلیه صنایع فعال در بازار اوراق بهادار تهران نشده است.

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

سپاسگزاری

از سردبیر، هیئت تحریریه و داوران محترم بابت نقطه نظرات و پیشنهادهای ارزشمند که موجب غنای این مقاله شده است، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

ORCID

Elham Farzanegan  <http://orcid.org/0000-0002-3725-3189>

منابع

اصولیان، محمد و کوشکی، علی. (۱۳۹۹). بررسی توانایی معیار آنتروپی باقی مانده تجمعی در پیش‌بینی بحران بوسیله داده‌های شبیه‌ساز بحران نقشه لوجستیک و شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران. چشم‌انداز مدیریت مالی، ۱۰(۳۱)، ۹-۲۷.
doi: 10.52547/jfmp.10.31.9

- جهانگیری، خلیل و حکمتی فرید، صمد. (۱۳۹۴). مطالعه آثار سرریز تلاطم بازارهای سهام، طلا، نفت و ارز. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۵(۵۶)، ۱۶۱-۱۹۴.
- کشاورز حداد، غلامرضا و وحیدی، حامد. (۱۴۰۱). نابرابری اطلاعاتی بین معامله‌گران حقیقی و حقوقی: شواهدی از بازار سهام تهران. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۲۲(۸۶)، ۱-۳۶. doi: 10.22054/joer.2023.69382.1086
- محمدی، احمد، سواری، زینب و احمدزاده، خالد. (۱۳۹۵). تجزیه و تحلیل کارکرد کشف قیمت قراردادهای آتی سکه طلا در ایران. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۶(۶۳)، ۲۵-۶۰. doi: 10.22054/joer.2017.7583
- مهاجری، پریسا و طالبلو، رضا. (۱۴۰۱b). بررسی پویایی‌های سرریز تلاطمات بین بازده بخش‌ها با رویکرد اتصالات خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر در طول زمان (TVP-VAR)، شواهدی از بازار سهام ایران. *تحقیقات اقتصادی*، ۵۷(۲)، ۳۲۱-۳۵۶. doi: 10.22059/jte.2023.349895.1008727
- طالبلو، رضا و مهاجری، پریسا. (۱۴۰۱a). اتصالات و سرریز ریسک در بازار سهام ایران، یک تحلیل بخشی با به‌کارگیری مدل خودرگرسیون برداری با پارامترهای متغیر طی زمان (TVP-VAR). *مدلسازی اقتصادسنجی*، ۷(۳)، ۹۵-۱۲۵. doi: 10.22075/jem.2022.28780.1771
- طالبلو، رضا و مهاجری، پریسا. (۱۴۰۰). الگوسازی تلاطم در بازارهای دارایی ایران با استفاده از مدل تلاطم تصادفی چند متغیره عاملی. *مدلسازی اقتصادسنجی*، ۶(۳)، ۶۳-۹۶. doi: 10.22075/jem.2021.23659.1607
- نمکی، علی، خورسندی، اشکان و سلیمانی دامنه، مجید. (اسفند ۱۴۰۰). بررسی انتقال اطلاعات میان صنایع مختلف بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از انتقال آنتروپی، مجموعه مقالات دومین کنفرانس فیزیک اقتصاد و اقتصاد پیچیدگی. تهران، ایران.

References

- Assaf, A., Mokni, K., & Youssef, M. (2023). COVID-19 and information flow between cryptocurrencies, and conventional financial assets. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 89, 73-81.
- Behrendt, S., & Schmidt, A. (2021). Nonlinearity matters: The stock price-trading volume relation revisited. *Economic Modelling*, 98, 371-385.
- Dimpfl, T., & Peter, F. J. (2014). The impact of the financial crisis on transatlantic information flows: An intraday analysis. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 31, 1-13.
- Dimpfl, T., & Peter, F. J. (2019). Group transfer entropy with an application to cryptocurrencies. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 516, 543-551.

- Elsayed, A. H., Naifar, N., Uddin, G. S., & Wang, G. J. (2023). Multilayer information spillover networks between oil shocks and banking sectors: Evidence from oil-rich countries. *International Review of Financial Analysis*, 87, 102602.
- He, J., & Shang, P. (2017). Comparison of transfer entropy methods for financial time series. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 482, 772-785.
- Hung, N. T., Nguyen, L. T. M., & Vo, X. V. (2022). Exchange rate volatility connectedness during Covid-19 outbreak: DECO-GARCH and Transfer Entropy approaches. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 81, 101628.
- Jahangiri, K., & Hekmati Farid, S. (2015). Investigating the Effects of Volatility Spillover between Stock, Gold, Oil and Exchange Markets. *Economics Research*, 15(56), 161-194. [In Persian]
- Jizba, P., Kleinert, H., & Shefaat, M. (2012). Rényi's information transfer between financial time series. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(10), 2971-2989.
- Jurczyk, J., Rehberg, T., Eckrot, A., & Morgenstern, I. (2017). Measuring critical transitions in financial markets. *Scientific Reports*, 7(1), 11564.
- Keshavarz Haddad, G., & Vahidi, H. (2022). Informational Asymmetry between Institutional and Individual Traders: Evidence from Tehran Stock Exchange. *Economics Research*, 22(86), 1-36. doi: 10.22054/joer.2023.69382.1086. [In Persian]
- Long, H., Zhang, J., & Tang, N. (2017). Does network topology influence systemic risk contribution? A perspective from the industry indices in Chinese stock market. *PloS one*, 12(7), e0180382.
- Marschinski, R., & Kantz, H. (2002). Analysing the information flow between financial time series: An improved estimator for transfer entropy. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 30, 275-281.
- Mohajeri, P., & Taleblou, R. (2022). Investigating the Dynamics of Volatility Spillovers across Sectors«Returns Utilizing a Time-Varying Parameter Vector Autoregressive Connectedness Approach; Evidence from Iranian Stock Market. *Journal of Economic Research (Tahghighat- E- Eghtesadi)*, 57(2), 321-356. [In Persian]
- Mohammadi, A., savari, Z., & Ahmadzadeh, K. (2016). Analyzing Price Discovery Function of Gold Coin Futures Contracts in Iran. *Economics Research*, 16(63), 25-60. [In Persian]
- Münnix, M. C., Schäfer, R., & Grothe, O. (2014). Estimating correlation and covariance matrices by weighting of market similarity. *Quantitative Finance*, 14(5), 931-939.
- Nie, C. X. (2020a). Correlation dynamics in the cryptocurrency market based on dimensionality reduction analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 554, 124702.

- Nie, C. X. (2020b). A network-based method for detecting critical events of correlation dynamics in financial markets. *Europhysics Letters*, 131(5), 50001.
- Nie, C. X. (2021). Dynamics of the price–volume information flow based on surrogate time series. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 31(1), 013106.
- Nie, C. X. (2023). Time-varying characteristics of information flow networks in the Chinese market: An analysis based on sector indices. *Finance Research Letters*, 54, 103771.
- Nie, C. X., & Song, F. T. (2023). Stable versus fragile community structures in the correlation dynamics of Chinese industry indices. *Chaos, Solitons & Fractals*, 167, 113044.
- Nie, C. X., & Xiao, J. (2022). Dynamics of information flow between the Chinese A-Share market and the US stock market: from the 2008 crisis to the COVID-19 pandemic period. *Entropy*, 24(8), 1102.
- Oh, G., Oh, T., Kim, H., & Kwon, O. (2014). An information flow among industry sectors in the Korean stock market. *Journal of the Korean Physical Society*, 65, 2140-2146.
- Osoolian, M., & Koushki, A. (2020). Investigating the crisis forecasting ability of the cumulative residual entropy measure by using logistic map simulation data and Tehran stock exchange overall index. *Journal of Financial Management Perspective*, 10(31), 9-27. [In Persian]
- Papana, A., Kyrtsov, C., Kugiumtzis, D., & Diks, C. (2016). Detecting causality in non-stationary time series using partial symbolic transfer entropy: Evidence in financial data. *Computational Economics*, 47, 341-365.
- Peng, S., Han, W., & Jia, G. (2022). Pearson correlation and transfer entropy in the Chinese stock market with time delay. *Data Science and Management*, 5(3), 117-123.
- Schreiber, T. (2000). Measuring information transfer. *Physical Review Letters*, 85(2), 461.
- Èkrinjarić, T., Quintino, D., & Ferreira, P. (2021). Transfer entropy approach for portfolio optimization: An empirical approach for CESEE markets. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(8), 369.
- Taleblou, R., & Mohajeri, P. (2023). Modeling the Daily Volatility of Oil, Gold, Dollar, Bitcoin and Iranian Stock Markets: An Empirical Application of a Nonlinear Space State Model. *Iranian Economic Review*, 27(3), 1033-1063. doi: 10.22059/ier.2023.328120.1007235 [In Persian]
- Tse, C.K., Liu, J., & Lau, F.C.M. (2010). A network perspective of the stock market. *Journal of Empirical Finance*, 17(4), 659-667.
- Yang, R., Li, X., & Zhang, T. (2014). Analysis of linkage effects among industry sectors in China's stock market before and after the financial crisis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 411, 12-20.

- Yang, Y., & Yang, H. (2008). Complex network-based time series analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(5-6), 1381-1386.
- Yue, P., Cai, Q., Yan, W., & Zhou, W. X. (2020a). Information flow networks of Chinese stock market sectors. *IEEE Access*, 8, 13066-13077.
- Yue, P., Fan, Y., Batten, J. A., & Zhou, W. X. (2020b). Information transfer between stock market sectors: A comparison between the USA and China. *Entropy*, 22(2), 194.



استاد به این مقاله: فرزادگان، الهام. (۱۴۰۲). بررسی ویژگی‌های زمان متغیر شبکه جریان اطلاعات میان شاخص‌های صنایع اصلی در بورس اوراق بهادار تهران. پژوهشنامه اقتصادی. ۲۳(۸۸). ۵۴-۸۶.



Journal of Economic Research is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.