

Analyzing the Time-varying Characteristics of Information flow Networks between Main Industries Indices in the Tehran Stock Exchange

Elham Farzanegan

Assistant Professor of Economics, 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. For the Tehran Stock Exchange, as the most important part of the capital market of Iran, little research has been conducted on the transfer entropy and the information flow within the market. In this research, the dynamics of information flow are investigated between the 39 major industries from March 27, 2010, to June 21, 2023. Effective transfer entropy is used to measure the intensity of information flow between industries indices. The sequence of information matrices is created by rolling one week window of length one year. Considering that the research period covers some critical events, their impact on the information flow is investigated through the Frebannius distance-based k -nearest neighbour network, Influence Strength analysis, and threshold network. Results show that the effective transfer entropy matrix has time-varying characteristics and is stable over most periods; In addition, most of the critical events have significantly influenced the dynamics of information flow. Moreover, abnormal values of Influence Strength are associated with market volatility and major events. Further, the dominant source of information in the sequence of the information flow network changes over time, indicating that the dominant industry in the network is not 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 فرزانگان: استادیار اقتصاد، دانشگاه بولی سینا - مجتمع آموزش عالی نهاوند(ویژه دختران)، همدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۰۰/۰۰/۰۰
تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۰/۰۰

ISSN: ۱۰۰۰-۰۰۰۰
eISSN:

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 به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های بازار سرمایه ایران تاکنون پژوهش چندانی 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 موقع رخدادهای بحرانی متعدد طی دوره زمانی پژوهش، به‌منظور بررسی تأثیر آن‌ها بر جریان اطلاعات، از شبکه k -نزدیک‌ترین همسایه مبتنی بر فاصله فروبنیوس، آنالیز قوت تأثیر و شبکه آستانه، استفاده می‌شود. محاسبات نشان می‌دهد که ماتریس آنتروپی انتقال مؤثر از ویژگی زمان‌متغیر برخوردار است و طی اکثر دوره‌ها پایدار هست؛ بعلاوه، اکثر رخدادهای بحرانی موقع 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: G14, C58, C32

* نویسنده مسئول:

۱. مقدمه

جريان اطلاعات و تعاملات درون بازارهای مالی تأثیر مهمی بر فرآیند کشف قیمت و انتشار احساسات و ریسک دارد. بورس اوراق بهادر تهران به عنوان 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 (کشاورز حداد و وحیدی، ۱۴۰۱؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۵؛ جهانگیری و حکمتی‌فرید، ۱۳۹۴)؛ اما در حوزه آنرودپی انتقال پژوهش چندانی انجام نشده است.

چشم‌انداز توسعه بورس اوراق بهادر تهران و معرفی ابزارهای مالی جدید، فرصت‌های سرمایه‌گذاری جدیدی را برای سرمایه‌گذاران ایجاد می‌نماید که نیاز به مطالعه و پژوهش پیرامون پویایی‌های جريان انتقال اطلاعات درون بازار را می‌رساند. یافته‌ها نشان می‌دهد که به طور 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 به عنوان نشانگرهای اقتصادی مورد توجه قرار بگیرند؛ بنابراین از نظر عموم به عنوان معیاری ذهنی برای قضاوت راجع به موقعیت لحظه‌ای اقتصاد، پذیرفته شده‌اند (He and Shang, 2017). تجزیه و تحلیل شبکه جريان اطلاعات در سطح شاخص‌های صنایع برای سرمایه‌گذاران، مدیران پرتفوی و سیاست‌گذاران که به تدوین استراتژی‌های کاهش ریسک و بالاخص استراتژی‌های چرخش صنعت (Nie, 2023) توجه دارند، دستاوردهای مهم و کاربردی خواهد داشت.

علی‌رغم اینکه موضوع جريان اطلاعات بين سری‌های زمانی، تاکنون برای کشورهای توسعه‌یافته و برای سایر کشورهای نوظهور مطالعه شده است اما برای بورس اوراق بهادر تهران به عنوان یک بازار نوظهور، تاکنون شبکه جريان اطلاعات میان شاخص‌های صنایع و ویژگی‌های زمان‌متغیر 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 به وقوع پیوسته، تأثیر آن‌ها بر جريان اطلاعات درون بازار اوراق بهادر تهران در هیچ پژوهشی مورد توجه قرار نگرفته است. مطالعات داخلی از معیار آنرودپی انتقال برای پیش‌بینی بحران از جمله شیوع پاندمی کرونا^۱ در بورس اوراق بهادر

^۱. COVID-19

تهران، استفاده کرده‌اند؛ از معیار آنتروپی برای بررسی جریان نوسان‌پذیری درون‌بازار اوراق بهادر تهران نیز استفاده شده است اما این مطالعات درسطح شرکت‌ها انجام شده است؛ در سطح صنایع، سریزهای اطلاعات به‌طور ایستا و پویا بالحاظ تقدم و تأخیر زمانی موردنرسی قرار گرفته است. درپیان، در مقایسه با همه مطالعات انجام شده، نمونه آماری درنظر گرفته شده در این پژوهش یک نمونه کامل‌تر شامل ۳۹ صنعت از ۴۸ صنعت فعال در بورس اوراق بهادر تهران است.

براین اساس، در پژوهش حاضر برای نخستین‌بار پویایی‌های جریان اطلاعات در بلندمدت میان صنایع اصلی در بازار اوراق بهادر ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۹/۱/۷ لغایت ۱۴۰۲/۳/۳۱ موردنرسی قرار می‌گیرد. بدین منظور از رویکرد نوین آنتروپی انتقال مؤثر^۱ 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 فربنیوس^۲، آنالیز قوت‌تأثیر^۳ و شبکه آستانه^۴، موردنرسی قرار می‌گیرد. ملاحظه می‌شود که با استفاده از مدل‌سازی انجام گرفته در پژوهش حاضر می‌توان درمقایسه با مطالعات گذشته به‌طور جامع‌تری به‌بررسی موضوع انتقال اطلاعات میان صنایع اصلی در بورس اوراق بهادر تهران پرداخت.

ادامه این پژوهش به‌شرح 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 درنهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی در بخش ۵ ارائه می‌شوند.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تجزیه و تحلیل جریان اطلاعات در بازارهای مالی تاریخچه طولانی دارد. نخستین‌بار، شریر^۵ (۲۰۰۰) مفهوم آنتروپی انتقال را معرفی کرد تا بتواند به اندازه‌گیری جهت جریان اطلاعات بین دو سری زمانی، پردازد.

¹. Effective Transfer Entropy (ETE)

². Frobenius Distance-based k -Nearest Neighbour (k NN) Network

³. Influence Strength (IS)-Analysis

⁴. Threshold Network

⁵. Schreiber, T.

در سال‌های اخیر، آنتروپی انتقال و برخی ابزارهای تجربی مشتق شده از آن یک جعبه‌ابزار را برای تجزیه و تحلیل‌های سیستمیک تولید کرده‌اند؛ از قبیل آنتروپی انتقال سیمبیلیک^۱ (Papana et al., 2016; Marschinski and Kantz, 2002)، آنتروپی انتقال گروهی^۲ (Dimpfl and Peter, 2019) و آنتروپی انتقال رنی^۳ (Jizba et al., 2012). 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 محتوا اطلاعات، پرداخت (Nie, 2021; Nie and Xiao, 2022). 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 (Dimpfl and Peter, 2014).

برخی از مطالعات پیشین به بررسی روابط متقابل درسطح صنایع مختلف در بازارهای سهام براساس رویکردهای مختلفی از شبکه جریان اطلاعات پرداخته‌اند. یو و همکاران^۴ (۲۰۲۰a) شبکه‌های اطلاعات میان شاخص‌های صنایع را با استفاده از آنتروپی انتقال ساختند و نشان دادند که صنعت کامپوزیت^۵ یک منبع اطلاعات برای دوره زمانی از سال ۲۰۰۰ لغاًیت ۲۰۱۷ است؛ همچنین، هر دو صنعت مالی غیربانکی و صنعت بانکداری درجه تأثیرگذاری بزرگ‌تری را بر سایر صنایع بعد از سال ۲۰۰۸ دارند. علاوه، یو و همکاران^۶ (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 آنتروپی انتقال قرار دارند، برخی مطالعات از روش‌های دیگر نیز استفاده کرده‌اند، مثل تئوری کاپیولا و ضریب همبستگی پیرسون (Long et al., 2017; Yang et al., 2014). این مطالعات عمدهاً به استخراج ساختارهای بازار با استفاده از روش‌های شبکه‌ای از قبیل درخت حداقل پوشاند (Yue et al., 2020a).

¹. Symbolic Transfer Entropy

². Group Transfer Entropy

³. Rényi Transfer Entropy

⁴. Yue, P., et al.

⁵. Composites Industry

⁶. Yue, P., et al.

همچنین، از آنتروپی انتقال برای ساختن پرتفوهای سرمایه‌گذاری (Škrinjarić et al., 2021) و برای بررسی روابط بین حجم-قیمت نیز استفاده شده است (Behrendt and Schmidt, 2021).

برای محاسبه آنتروپی انتقال حجم بسیار زیادی داده موردنیاز است؛ زمانیکه مجموعه داده‌ها کوچک است، تجزیه و تحلیل‌ها در عمل پیچیده می‌شود چراکه آزمون معناداری دشوار می‌گردد. برای حل این مشکل، مارشینسکی و کانتز^۱ (۲۰۰۲) آنتروپی انتقال مؤثر را معرفی کردند که امکان دست‌یابی به تخمین‌های کارآ تحت شرایط کوچک بودن مجموعه داده‌ها را فراهم می‌کند. آنتروپی انتقال مؤثر هرگونه نویز و تورش ناشی از نمونه‌های کوچک را در محاسبات حذف می‌کند. از این‌رو، آنتروپی انتقال مؤثر یک شاخص کمی از جهت جریان اطلاعات می‌باشد.

در ادبیات مربوطه، برای تجزیه و تحلیل پویایی‌های جریان اطلاعات از دنباله ماتریس‌های آنتروپی انتقال مؤثر، استفاده شده است. نی^۲ (۲۰۲۳) با استفاده از فاصله‌های ماتریسی^۳ که از تفاوت بین ماتریس‌های اطلاعات بدست می‌آید یک دنباله از ماتریس‌های اطلاعات تشکیل داده و براساس آن به مطالعه پویایی‌های بلندمدت جریان اطلاعات پرداخته است. مشابه این روش‌ها در تجزیه و تحلیل پویایی‌های همبستگی، از قبیل شناسایی Münnix et al., 2014; Jurczyk et al., 2017; Nie, 2020a

برای مطالعه مشخصه‌های زمان‌متغیر دنباله‌های ماتریس‌های اطلاعات، رویکرد آنالیز قوت‌تأثیر پیشنهادشده است (Nie, 2020b). آنالیز قوت‌تأثیر، ماتریس فاصله را به یک شبکه تبدیل می‌کند و تأثیر رخدادهای بحرانی را بر پویایی‌ها از طریق شناسایی قدرت تأثیر گره‌ها، موردنبحث 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 (Yang and Yang, 2008; Tse et al., 2010).

¹. Marschinski, R., & Kantz, H.

². Nie, C. X.

³. Matrix Distances

السید و همکاران^۱ (۲۰۲۳) شبکه‌های سریز اطلاعات چندلایه‌ای را بین شوک قیمت نفت و بخش بانکداری برای کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس ساختند. آسف و همکاران^۲ (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^۳ (۲۰۲۲) به مطالعه همبستگی خطی پیرسون و آنتروپی انتقال غیرخطی میان داده‌های سهام در صنایع مختلف بالحاظ تأخیر زمانی و پنجۀ غلتان پرداختند. هانگ و همکاران^۴ (۲۰۲۲) با استفاده از رویکردهای نوین مدل واریانس ناهمسان خودرگرسیو شرطی تعییم‌یافته بالحاظ ماتریس همبستگی پویا با درایه‌های یکسان^۵ و آنتروپی انتقال، به بررسی همبستگی و رابطه علیت بین بازارهای پولی طی دوره شیوع پاندامی کرونا پرداختند. یو و همکاران^۶ (۲۰۲۰a) با استفاده از معیار آنتروپی انتقال مؤثر نشان دادند که در 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 فربنیوس پرداخته است. هو و همکاران^۷ (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 بعدازاین بحران می‌باشد.

بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که در داخل کشوری چندان به مطالعه جریان انتقال اطلاعات میان صنایع فعال در بورس اوراق بهادر تهران، پرداخته نشده است. برخی پژوهشگران به مدل‌سازی تلاطم بازده پرداخته‌اند. برای نمونه، طالبلو و مهاجری (۱۴۰۰)،^۸ (۲۰۲۳) با استفاده از متداول‌تری تلاطم تصادفی چندمتغیره در چارچوب فضای حالت به تجزیه و تحلیل نحوه هم حرکتی تلاطمات دارایی‌ها طی زمان پرداخته‌اند. طالبلو و مهاجری (۱۴۰۱a، ۱۴۰۱b) با استفاده از مدل خودرگرسیو زمان‌متغیر و رویکرد تجزیه و واریانس

^۱. Elsayed, A. H., et al.

^۲. Assaf, A., et al.

^۳. Peng, S., et al.

^۴. Hung, N. T., et al.

^۵. Dynamic Equicorrelation GARCH (DECO-GARCH)

^۶. Sector Rotation Phenomenon

^۷. Oh, G., et al.

خطای پیش‌بینی تعمیم‌یافته 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 بهادر تهران با استفاده از روش انتقال آنتروپی شریر طی یک دوره زمانی یازده‌ساله پرداخته‌اند. یافته‌های آن‌ها بیانگر نقش اطلاعاتی پرنگ 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 ساخته‌شده‌اند و با استفاده از شاخص کل بورس اوراق بهادر تهران طی دوره ۱۳۸۷ لغایت ۱۳۹۸ با فراوانی روزانه، عملکرد برتر معیارهای آنتروپی باقی‌مانده تجمعی را در پیش‌بینی وقوع بحران نیجه گرفتند. ملاحظه می‌شود که در هیچ‌کدام از پژوهش‌های فوق موضوع پویایی‌های جریان اطلاعات و شبکه اطلاعات میان صنایع اصلی فعال در بورس اوراق بهادر تهران و قوت تأثیر آن‌ها بر این شبکه موردنظرسی قرار نگرفته است.

در پژوهش حاضر، براساس ادبیات موجود بالاً‌خصوص به پیروی از پژوهش‌نی (۲۰۲۳)، بردو موضوع تمرکز می‌شود. نخست، پویایی‌های جریان اطلاعات میان صنایع اصلی فعال در بورس اوراق بهادر تهران و تأثیر رخدادهای بحرانی مهم مورد مطالعه قرار می‌گیرد. دوم، نفوذ و تأثیر شاخص‌های صنایع در شبکه ساخته‌شده از شاخص‌ها از طریق غلتاندن پنجره محاسبات، نشان داده می‌شود؛ که براساس آن می‌توان به تجزیه و تحلیل جزئی‌تر پدیده چرخش صنعت نیز پرداخت. بالاً‌خصوص، از طریق آنالیز فاصله‌های ماتریسی بدست آمده از دنباله ماتریس‌های اطلاعات، پویایی‌های جریان اطلاعات موردنظرسی قرار می‌گیرد. در ادامه، با استفاده از رویکرد آنالیز قوت‌تأثیر، مشخصه‌های زمان‌متغیر دنباله‌های ماتریس‌های اطلاعات به طور 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. روش

جامعه آماری شامل کلیه صنایع اصلی فعال در بورس اوراق بهادر تهران است. بعلاوه، از قیمت‌های بسته شدن روزانه شاخص صنایع استفاده می‌شود که از نرم‌افزار رهآورد نوین^۳ استخراج شده‌اند. بازه زمانی از تاریخ ۱۴۰۲/۳/۳۱ لغایت ۱۳۸۹/۱/۷ می‌باشد. صنایعی که

نام خانوادگی نویسنده اول و دوم (بیش از دو نویسنده نام خانوادگی نویسنده اول و همکاران | ۹

داده‌های کاملی برای دوره زمانی در نظر گرفته شده ارائه نمی‌کنند، حذف گردیدند. براین اساس، تعداد ۳۹ صنعت (جدول ۱) به عنوان 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	ماشین آلات و تجهیزات	۲۷	رایانه
۲	زراعت و خدمات وابسته	۱۵	دستگاه‌های برقی	۲۸	فنی و مهندسی
۳	استخراج کانه‌های فلزی	۱۶	وسایل ارتباطی	۲۹	ابنوسازی
۴	استخراج سایر معدن	۱۷	ابزار آلات پزشکی	۳۰	کاشی و سرامیک
۵	منسوجات	۱۸	خودرو و قطعات	۳۱	سیمان آهک گچ
۶	محصولات چرمی	۱۹	حمل و نقل	۳۲	کانی غیرفلزی
۷	محصولات چوبی	۲۰	مبلمان	۳۳	سرمه‌ایه گذاری‌ها
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 به جز قند و شکر	۳۶	رادیویی
۱۱	لاستیک و پلاستیک	۲۴	دارویی	۳۷	مالی
۱۲	فلزات اساسی	۲۵	شیمیایی	۳۸	بیمه و بازنیستگی
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 باستفاده از نرم افزارهای اکسل ۱۶، ایویز ۱۲، متلب ۲۰۱۹ و آر استودیو، انجام شده‌اند. از جدول ۲ ملاحظه می‌شود که مقدار متوسط بازده به جز برای صنعت پیمانکاری، برای سایر ۳۸ صنعت بزرگ‌تر از ۰ است و انحراف معیار همه شاخص‌ها در بازه [۰/۰۰۴، ۰/۱۰۱] قرار می‌گیرد. بعلاوه، به جز برای صنایع محصولات چرمی، محصولات چوبی، فرآورده‌های نفتی و مالی، سایر صنایع مقدار

چولگی مثبت دارند. به ویژه، مینیمم مقدار کشیدگی مازاد^۱، مقدار ۰/۹۲۰۶ است^۲ که دلالت براین 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 ذغال‌سنگ	۰/۰۰۱۷۷۶	۰/۰۲۷۳۵۹	۰/۰۵۰۵۹۰	۵/۰۸۷۱۳۴
زراعت و خدمات وابسته	۰/۰۰۲۱۷۱	۰/۰۲۳۳۳۷	۳/۰۸۳۵۱۱	۵۵/۶۴۰۳۷
استخراج کانه‌های فلزی	۰/۰۰۱۷۱۹	۰/۰۱۶۴۶۶	۰/۶۰۴۷۲۲	۲/۲۷۴۱۷۳
استخراج سایر معادن	۰/۰۰۲۰۲۰	۰/۰۲۸۰۵۹	۲/۵۴۸۱۴۱	۵۰/۴۲۴۵۸
منسوجات	۰/۰۰۱۵۸۱	۰/۰۱۹۸۸۹	۰/۰۶۵۹۲۳	۱۳۳/۳۰۶۶
محصولات چرمی	۰/۰۰۱۶۵۴	۰/۰۲۹۴۱۸	-۱۴/۷۴۲۵۷	۶۶۸/۵۵۲۴
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
لاستیکوپلاستیک	۰/۰۰۱۶۹۶	۰/۰۱۷۸۱۸	۳/۰۷۷۵۲۱	۵۳/۲۲۵۰۶
فلزات اساسی	۰/۰۰۱۷۰۲	۰/۰۱۵۴۲۹	۰/۳۶۲۲۳۵	۱/۹۸۷۸۹۵
محصولات فلزی	۰/۰۰۱۴۶۹	۰/۰۱۸۲۳۵	۰/۳۶۲۲۲۸	۴/۳۴۶۸۶۷
ماشین‌آلات و تجهیزات	۰/۰۰۱۶۱۷	۰/۰۱۳۴۸۹	۰/۴۵۱۳۵۶	۲/۷۴۴۶۰۷
دستگاه‌های برقی	۰/۰۰۱۵۰۹	۰/۰۱۰۷۱۳	۰/۳۲۰۶۸۱	۵۰۳/۶۶۱۵
وسایل ارتباطی	۰/۰۰۱۵۶۱	۰/۰۳۲۸۲۷	۴/۱۵۷۷۳۹	۱۹۱/۰۳۳۱
ابزار آلات پیشکشی	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	۳/۶۰۷۲۱	۷۰/۶۰۷۲۱
مبلمان	۰/۰۰۰۱۳۰	۰/۰۰۴۲۴۹	۴/۴۰۷۵۶۷	۹۷/۱۷۱۰
قند و شکر	۰/۰۰۱۸۲۱	۰/۰۱۰۸۵۰	۰/۶۱۰۸۸۹	۳/۹۳۹۶۰۰
چندرشته‌ای صنعتی	۰/۰۰۱۸۳۲	۰/۰۱۴۴۶۸	۰/۱۸۷۷۸۴	۴/۰۸۷۹۷۶
غذایی به جز 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

^۱. Excess Kurtosis^۲. مقدار کشیدگی با تفریق عدد ۳ تعدیل شده است.

۱۱ | نام خانوادگی نویسنده اول و دوم (بیش از دو نویسنده نام خانوادگی نویسنده اول و همکاران)

نام صنعت	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
فنی و مهندسی	۰/۰۰۱۳۱۸	۰/۰۲۳۰۸۰	۰/۳۷۲۸۸۰	۵/۴۰۴۵۵۱
انبوه سازی	۰/۰۰۱۲۶۰	۰/۰۱۵۴۸۴	۰/۲۲۳۳۶۳	۰/۹۲۰۵۵۸
کاشی و سرامیک	۰/۰۰۱۶۴۸	۰/۰۱۴۹۱۶	۰/۰۷۸۰۶۲	۵/۱۴۶۱۶۰
سیمان آهک گچ	۰/۰۰۱۵۵۶	۰/۰۱۲۴۰۷	۰/۰۲۵۸۲۱	۱/۸۹۶۴۵۸
کانی غیر فلزی	۰/۰۰۱۸۳۴	۰/۰۱۴۵۴۲	۰/۶۸۸۸۹۷	۱۰/۴۹۶۹۶۴
سرمایه گذاری ها	۰/۰۰۱۴۱۰	۰/۰۱۱۲۶۰	۰/۶۹۷۰۳۹	۳/۴۸۹۰۴۰
بانک ها 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	۱۶/۷۷۷۱۴
مالی	۰/۰۰۱۲۸۱	۰/۰۸۲۲۸۳	-۰/۱۷۱۸۶۱	۷۶۱/۰۲۸۲
بیمه و بازنیستگی	۰/۰۰۱۲۷۴	۰/۰۱۴۴۳۶	۰/۴۰۹۱۵۸	۳/۶۶۲۰۴۴
استخراج نفت گاز جز اکتشاف	۰/۰۰۰۹۵۰	۰/۰۲۵۸۷۳	۰/۱۷۲۶۰۸	۵/۳۴۸۸۷۰

منبع: یافته های تحقیق

۱-۳. آنتروپی انتقال

در پژوهش حاضر، برای سری های زمانی $\{x_t\}$ و $\{y_t\}$ ، به تجزیه و تحلیل جریان اطلاعات درجهت $Y \rightarrow X$ پرداخته می شود. آنتروپی انتقال براساس رابطه ۱ تعریف می شود (Schreiber, 2000). نماد $x_t^{l_x}$ یانگر بردار $(x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-l_x+1})$ می باشد که شامل تعداد l_x مشاهده از سری زمانی مربوط به قبل از زمان ۱ است. بهمین شکل، $y_t^{l_y} = (y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-l_x+1})$ نیز تعریف می شود. در اینجا، سری بازده روزانه مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد و از آنجاییکه تمرکز بر رابطه بین روزهای معاملاتی مجاور قرار دارد، قرار می دهیم $l_x = l_y = 1$

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

احتمال شرطی $p(x_{t+1} | x_t^{l_x}, y_t^{l_y})$ ، به معنای احتمال اینکه متغیر X در زمان ۱ در t را در $t+1$ 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 پیوندد را نشان می دهد. براین اساس، آنتروپی انتقال به نوعی وابستگی زمانی را از طریق مرتبط کردن مشاهدات گذشته x_t و y_t برای پیش بینی 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_{\square} را 100 امین کوانتیل قرار می‌دهیم که با توجه به آن، کوانتیل‌های سری $\{x_t\}$ به صورت $\{q_{\square_1}, q_{\square_2}, \dots, q_{\square_g}\} = Q_q$ ، نشان داده می‌شود. سپس سری زمانی بر مبنای این کوانتیل‌ها به تعداد $(g+1)$ وضعیت مختلف تقسیم می‌شود. چون توزیع بازده همهٔ صنایع، دارای ویژگی دنباله‌پنهن است، دنباله‌های چپ و راست توزیع‌ها مورد توجه قرار خواهند داشت. از این‌رو، Q_q به صورت $\{q_{0/05}, q_{0/5}, q_{0/95}\} = Q_1 = \{q_{0/15}, q_{0/5}, q_{0/85}\} = Q_2$ قرار داده می‌شود تا وزن بیشتری به مقادیر حدی و از این‌رو به محتوای اطلاعاتی دنباله‌ها، اختصاص داده شود.

طبق رابطهٔ 2 ، سری زمانی X (Y) به سری زمانی وضعیت $\{x_{\square}(t)\}$ و $\{y_{\square}(t)\}$ تبدیل می‌شود. احتمال مشترک $p(0|0)$ و احتمال انتقال $p(0|1)$ بر مبنای سری زمانی وضعیت، تخمین زده می‌شوند و با استفاده از آن‌ها و مطابق رابطهٔ 1 ، مقدار محاسبه می‌گردد.

$$x_{\square}(t) = \begin{cases} 1 & x_t \leq q_{0/05} \\ 2 & x_t \in [q_{0/05}, q_{0/5}) \\ 3 & x_t \in [q_{0/5}, q_{0/95}) \\ 4 & x_t \geq q_{0/95} \end{cases} \quad (2)$$

به بیان دیگر، هر مقدار از سری زمانی بازده با مقادیر متناظر با 1 یا 2 یا 3 یا 4 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 (Marschinski and Kantz, 2002).

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

(۲) مقادیر TE _{$X' \rightarrow Y$} به صورت TE محاسبه گردد.

(۳) مراحل 1 و 2 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 (۱)، با محاسبه مقادیر آنتروپی انتقال مؤثر بین هر جفت سری زمانی، می‌توان به یک ماتریس اطلاعات $[I_{\square}(i,j)]$ دست یافت (بطوریکه $I_{\square}(i,i) = 0$) که در آن $I_{\square}(j,i)$ مقدار آنتروپی انتقال مؤثر بین سری‌های زمانی r_i و r_j است. برای تجزیه و تحلیل مشخصه‌های زمان متغیر جریان اطلاعات، پنجره محاسبه غلتبه می‌شود که درنتیجه دنباله‌ای از ماتریس‌های اطلاعات محاسبه می‌شود. فرض می‌شود که اندازه پنجره محاسبه^۲ برابر با L و اندازه پنجره غلتان^۳ برابر با L_1 است. چنانچه هر سری زمانی حاوی تعداد m مشاهده باشد، تعداد 591 ماتریس اطلاعات (براساس رابطه $\left(\frac{L-L_1}{L_1}\right)$)، به صورت مجموعه $\{I_{\square}| \square = 1, 2, \dots, m\}$ ، می‌توان محاسبه نمود.

۳-۳. آنالیز قوت تأثیر

می‌توان مجموعه I فوق را از دو دیدگاه تجزیه و تحلیل نمود. نخست، از آنجاییکه I شامل پویایی‌های جریان اطلاعات است می‌توان آن را با یک ماتریس فاصله مشخص نمود. دوم، ماتریس فاصله برای هر پنجره زمانی را می‌توان به صورت یک شبکه وزنی جهت‌دار تصور نمود. براین اساس، فاصله فربنیوس بین دو ماتریس اطلاعات برطبق رابطه^۴ ۳ محاسبه می‌شود که در آن $\|A\|_F = \sqrt{\sum_{l=1}^n \sum_{m=1}^n A(l,m)^2}$ است. ازین‌رو، دنباله I با یک ماتریس فاصله $D_F = [D_F(l,m)]$ متناظر است:

$$D_F(l,m) = \|I_{\square_l} - I_{\square_m}\|_F \quad (3)$$

$$\|A\|_F = \sqrt{\sum_{l=1}^n \sum_{m=1}^n A(l,m)^2} \quad (4)$$

بر مبنای ماتریس D_F ، سطحی که به میزان آن هر ماتریس از همسایه‌های خود منحرف می‌شود با استفاده از آنالیز قوت تأثیر مشخص می‌شود. شاخص قوت تأثیر وقتی به نقطه اوج موضعی^۵ خود می‌رسد که جریان اطلاعات در نزدیکی بازه‌های زمانی تغییر چشمگیر داشته باشد. به طور کلی، شاخص قوت تأثیر براساس مراحل زیر ساخته می‌شود (Nie, 2020b).

¹. Calculation Window

². Sliding Window

³. Local Peak

(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 v_ω متناظر است با یک ماتریس اطلاعات I_ω . توجه شود که مجموعه k -نزدیک ترین همسایه از گره v_ω , با N_ω نشان داده می‌شود. وزن یال‌ها نیز براساس درایه‌های ماتریس $D_F(\omega, \omega')$ تعریف می‌شوند.

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

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

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

۴-۳. 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. ازین‌رو، مجموع آنتروپی‌های انتقال مؤثر خارج شده از گره α ، تأثیر آن را بر دیگر صنایع نشان می‌دهد که با شاخص $I_{ete}^\square(i) = \sum_{j=1}^n I_\square(i, j)$ نشان داده می‌شود؛ که برای هر صنعت α ، یک دنباله I_{ete}^\square وجود دارد.

برای نشان دادن ساختار شبکه با جزئیات بیشتر، ماتریس اطلاعات باستفاده از روش آستانه، فیلتر می‌شود. بدین منظور از رابطه ۶ برای ساختن ماتریس مجاورت $T_\square(i, j)$ استفاده می‌شود؛ بطوریکه یال‌های بزرگ‌تر یا مساوی مقدار آستانه e ، به عدد ۱ و در غیر اینصورت به عدد ۰ تبدیل می‌شوند (Tse et al., 2010). چون آنتروپی انتقال نامتقارن است، ماتریس $1 - 1/\deg(i)$ حاصله نیز نامتقارن خواهد بود؛ که ازین‌رو این شبکه، یک شبکه جهت‌دار است. درجه خروج از گره i عبارت است از $\sum_{j=1}^n T_\square(i, j)$ که از علامت $\deg(i)$ برای بیان آن استفاده می‌شود.

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

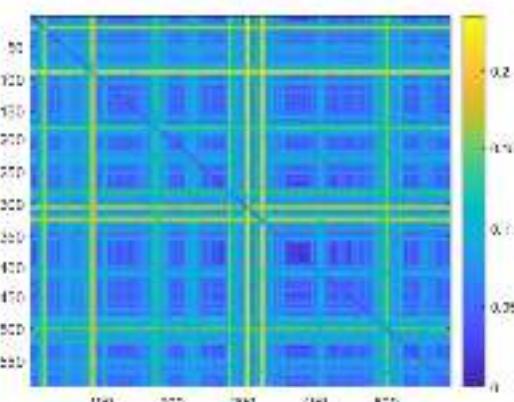
۴. یافته‌ها

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

^۱. Edge Weights

در بورس اوراق بهادار تهران، یک سال به طور متوسط شامل ۲۳۷ روز معاملاتی و یک هفته شامل ۵ روز معاملاتی می‌شود. از این‌رو، 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 ، ماتریس‌های ماتریس اطلاعات و ماتریس‌های فربنیوس ساخته می‌شوند. شکل ۱، ماتریس فاصله فربنیوس مبتنی بر Q_1 را به تصویر می‌کشد.^۱ ملاحظه می‌شود که این ماتریس حاوی مدل‌هایی است که الگویی مشابه با مطالعات انجام گرفته برای آنالیز داده‌های بازار سهام با استفاده از متدولوژی مبتنی بر پویایی‌های همبستگی را نشان می‌دهد (Münnix et al., 2023; Nie and Song, 2023). مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهند که دوره‌های بین مدل‌ها اغلب حاوی رخدادهایی بحرانی هستند که بر بازار تأثیر گذاشته‌اند (Nie, 2023). در پژوهش حاضر، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در فاصله بین ماتریس‌های اطلاعات محاسبه شده برای بورس تهران وجود دارد. مدل‌های مشاهده شده در ماتریس فاصله متناظر هستند با تغییرات در جریان اطلاعات بین سری‌های زمانی صنایع. به همین خاطر، از رویکرد IS استفاده می‌شود 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 نگارش شده‌اند.

شکل ۱. ماتریس فاصله فربنیوس 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.

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

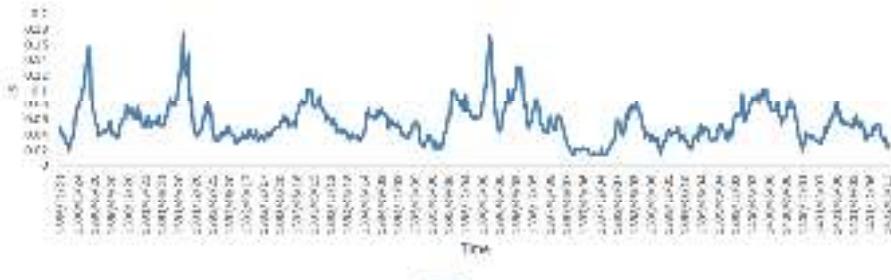
منبع: یافته‌های تحقیق

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 به طور 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 بی سابقه بورس اوراق بهادر 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 درنتیجه سیاست دولت مبنی بر آزادسازی سهام عدالت همراه با سقوط بازارهای موازی بازار سرمایه بوده است. بالاخص، یافه‌ها نشان می‌دهد که پنجۀ متناظر با ماکزیمم مقدار IS، ۰/۱۷۵۷، عبارت است از پنجۀ ۱۳۹۲/۱۰/۱۷-۱۳۹۱/۱۰/۱۱. طی این دوره، حبابی که در قبلۀ در بازار شکل‌گرفته بود در دی‌ماه ۱۳۹۲ ترکید که منجر به سقوط شدید بورس اوراق بهادر تهران گردید. بعلاوه، اوج شمارۀ ۶، متناظر است با دورۀ ۱۴۰۰/۴/۲۹-۱۳۹۹/۴/۲۹ که به روزهای اولیۀ تأثیر شیوع پاندامی کرونا در کشور مربوط می‌شود. در پایان طی دورۀ ۱۴۰۲/۳/۱۳-۱۴۰۱/۳/۱۱ شاهد ریزش شاخص کل بورس اوراق بهادر تهران هستیم. درواقع، 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 بهادر تهران گذاشت که درنهایت 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 ۵۴/۵۴ ۲۵۳۵۲۳۶ طی بازۀ 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 درواقع ضریب همبستگی پیرسون مقدار ۰/۷۷۷۲ بدست آمده است. بعلاوه، بین اوج‌های موضعی نیز نوعی تناظر وجود دارد. از این‌رو، می‌توان نتیجه گرفت که تغییر در Q_q فقط بر تاریخ اوج‌ها تأثیر گذار است بطوریکه پنجۀ تقریباً بدون تغییر باقی می‌ماند.

شکل ۲. سری زمانی IS ($Q_q = Q_1$). در روند IS چندین مقدار غیرعادی دیده می‌شود که از مقادیر دیگر IS حول خود به‌طور قابل توجهی بزرگ‌تر هستند که از این‌رو اوج‌های موضعی محسوب می‌شوند.



منبع: یافته‌های تحقیق

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

شماره اوج	IS ₂₀ (Q ₁)	تاریخ	رخداد	IS ₂₀ (Q ₂)	تاریخ
۱	۰/۰۸۳۸	-۱۳۹۰/۱۱/۲۶	بحران مالی -۲۰۰۸ -دوره پیشین تحریم‌ها	۰/۰۶۸۳	۱۳۹۰/۱۰/۱۷
۲	۰/۰۸۳۳	-۱۳۹۲/۹/۱۶	ترکیدن حباب در سال ۱۳۹۲	۰/۰۸۵۱	۱۳۹۲/۱۱/۱
۳	۰/۰۵۲۷	-۱۳۹۷/۷/۲۵	پسا بر جام (دوره پیشین تحریم‌ها)	۰/۰۶۹۱	-۱۳۹۵/۳/۲۳
۴	۰/۰۲۳۱	-۱۳۹۶/۵/۱	دوره جدید تحریم‌ها (خروج آمریکا از بر جام)	۰/۰۳۸۰	-۱۳۹۷/۸/۱۲
۵	۰/۰۸۴۱	-۱۳۹۹/۴/۲۹	شیوع پاندمی کرونا	۰/۰۸۱۰	۱۴۰۰/۵/۱۹
۶	۰/۰۷۲۴	-۱۳۹۹/۷/۲۶	دوشنبه سیاه، سقوط ۹۹ بورس	۰/۰۶۸۶	-۱۳۹۹/۷/۳
۷	۰/۰۲۳۱	-۱۴۰۱/۳/۱۱	ریزش بورس اوراق بهادر تهران	۰/۰۳۸۳	-۱۴۰۱/۲/۲۱
۸					۱۴۰۲/۲/۲۰

منبع: یافته‌های تحقیق

۴-۴. 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، گرده شماره ۳۷ (صنعت مالی) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد؛ سری $I_{ete}(37)$ (شکل ۳) به ماکریم مقدار خود طی دوره ۱۳۹۴/۱۱/۱۳-۱۳۹۵/۱۱/۶ می‌رسد. طی این دوره، بورس اوراق بهادار تهران که تحت تأثیر ناطمنانی ناشی از برجام قرار داشته است با سقوط و تنزل شاخص کل رو به رو شده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که صنعت مالی تأثیر قوی بر همه صنایع طی دوره پسابر جام داشته است. برای نمایش تصویری ماتریس اطلاعات، آن را با استفاده از آستانه $0/01$ 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 (گرده ۲۰) و صنعت پیمانکاری (گرده ۲۶) وجود دارد.

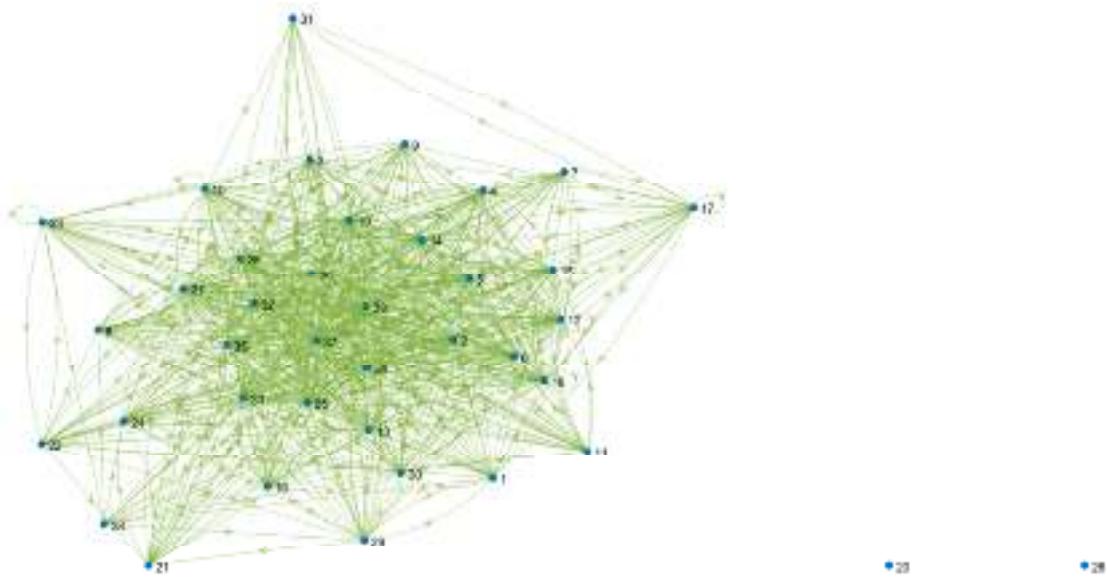
علاوه بر گرده ۳۷ (صنعت مالی، $deg=34$) که طی بازه فوق گرده مرکزی محسوب می‌شود، گرده ۳۴ (بانک‌ها و مؤسسات اعتباری، $deg=34$) نیز درجه بزرگی دارد. بالاترین مقدار I_{ete} برای گرده ۳۴ برابر $0/0572$ است، در حالی که بالاترین مقدار I_{ete} برای گرده ۳۷ برابر $0/0579$ است که مقداری بزرگ‌تر از گرده ۳۷ دارد. لازم به ذکر است که طی پنجره فوق، گرده ۳۹ (صنعت استخراج نفت‌گاز جز اکتشاف، $deg=33$) و گرده 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 پسابر جام (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.

شکل ۳. سری زمانی I_{ete} مربوط به صنعت مالی

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



منبع: یافته‌های تحقیق

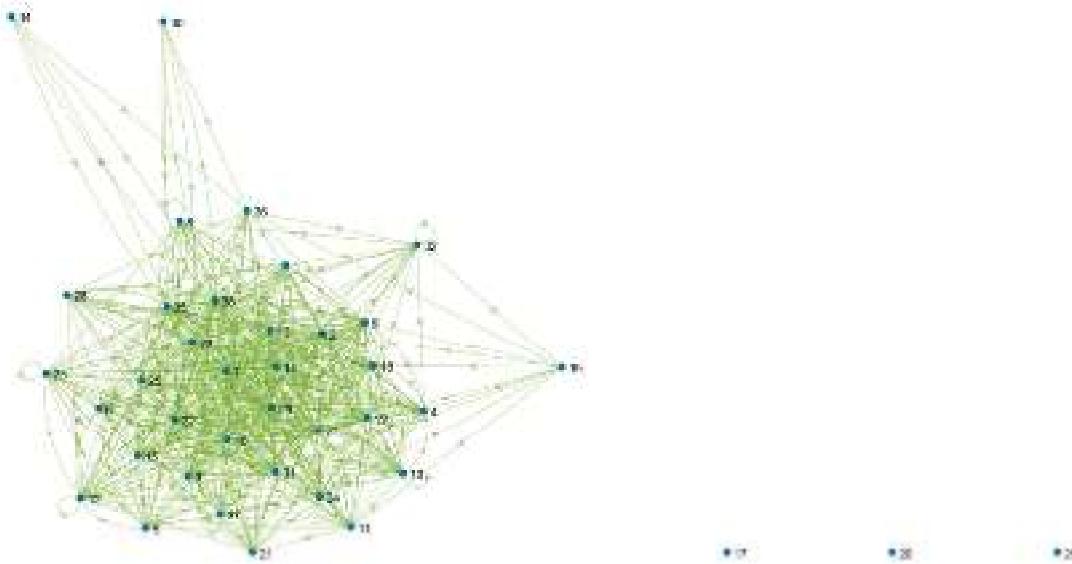
در ادامه این پژوهش، ماتریس اطلاعات متناظر با اوج شماره ۶ (جدول ۴)، یعنی دوره متناظر با شیوع پاندامی کرونا، استخراج و براساس آن یک شبکه فیلتر شده، ساخته می‌شود. این شبکه در شکل ۵ به تصویر کشیده شده است. ملاحظه می‌شود که چندین گره مرکزی همانند گره ۳۸ (بیمه و بازنشستگی، $\deg=30$)، گره ۲۲ (چندرشته‌ای صنعتی، $\deg=29$)، گره ۲۷ (رایانه، $\deg=26$)، گره ۳۵ (ساير مالي، $\deg=24$)، گره ۳۳ (سرمايه گذاريها، $\deg=22$) وجود دارند.

و گرده ۷ (محصولات چوبی، $deg=24$) و گرده ۶ (صنعت دارویی) بیشترین مقدار I_{ete} را دارد که دلالت بر این دارد که قوی ترین تأثیر در شبکه مربوط به گرده صنعت دارویی می‌باشد.

شکل ۶ سری I_{ete} صنعت دارویی را نشان می‌دهد که به ماکریم مقدار $0/0874$ طی بازه ۱۳۹۴/۱۰/۲۲-۱۳۹۵/۱۰/۲۹ می‌رسد که مربوط به دوره پسابرجام می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که برای برخی صنایع دیگر نیز مقدار I_{ete} طی دوره پسابرجام، افزایش یافته است. این در حالیست که ماکریم مقدار I_{ete} برای تعدادی از صنایع عمدتاً در دوره‌های بحرانی دیگر از قبیل ترکیدن حباب سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ و دوره جدید تحریم‌ها، اتفاق افتاده است. می‌توان این گونه استدلال کرد که طی دوره زمانی پسابرجام به‌مرحل فضای ناظمینانی حاکم بر کشور موجب تغییرات نرخ ارز گردید و مقدار آن که به دلیل مشخص نبودن نتیجه مذاکرات هسته‌ای بشدت افزایش یافته بود پس از برجام با کاهش همراه شد. نوسانات و بی‌ثباتی نرخ ارز بر اکثر شرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار از جمله شرکت‌های فعال در صنعت دارویی تأثیر منفی گذاشته است. چراکه بی‌ثباتی 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 شرکت‌ها شده است.

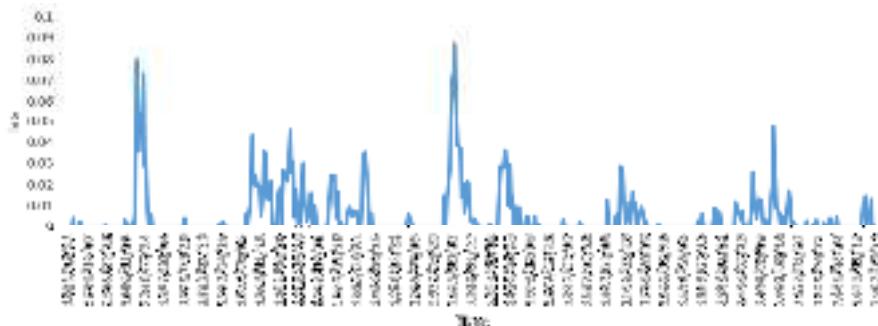
از نتایج بدست آمده ملاحظه می‌شود که منبع اطلاعاتی غالب، طی زمان متغیر است؛ چراکه در برخی دوره‌ها تنها برخی صنایع تأثیر قوی‌تر بر شبکه دارند که نتیجه‌اش ایجاد گرده‌های مرکزی است. تأثیرگذاری این صنایع طی زمان از ثبات خاصی برخوردار نیست چراکه در برخی دوره‌ها بشدت افزایش می‌یابد و در دوره‌های دیگر تأثیرگذاری آن‌ها بشدت کاهش می‌یابد.

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



منبع: یافته‌های تحقیق

شکل ۶. سری زمانی I_{ete} مربوط به صنعت دارویی



منبع: یافته‌های تحقیق

۵. بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های تجربی در پژوهش حاضر یانگر 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 هم زمان شده‌اند. تجزیه و تحلیل بیشتر و با

استفاده از پنجره محاسباتی غلتان، نشان دهنده مشخصه زمان متغیر منابع اطلاعاتی غالب در شبکه است؛ برای مثال صنعت مالی، منبع اطلاعاتی غالب طی دوره ۱۳۹۴/۱۱/۱۳-۱۳۹۵/۱۱/۶ مربوط به پسابر جام، است؛ در حالی که صنعت دارویی، منبع اطلاعاتی غالب طی دوره شیوع پاندامی کرونا است. درواقع، برخی صنایع طی دوره پسابر جام منبع اطلاعاتی غالب در شبکه هستند، برخی صنایع دیگر در دوره های بحرانی ناشی از ترکیدن حباب بازار اوراق بهادر تهران و تعدادی دیگر از صنایع در دوره بحرانی دور جدید تحریم ها، منبع اطلاعاتی غالب بوده اند. از این رو، پدیده چرخش صنعت (Nie, 2023) برای صنایع فعال در بورس اوراق بهادر تهران تأیید می شود. بعلاوه، نی (۲۰۲۳) نیز در پژوهش خود زمان متغیر بودن ماتریس انتقال آنتروپی را برای بخش های مختلف بازار سهام چین نتیجه گرفت. یافته های پژوهش حاضر از این نظر که رخدادهای بحرانی بر پویایی های جریان اطلاعات تأثیرگذار است با یافته های نی (۲۰۲۰a؛ ۲۰۲۰b) سازگاری دارد.

یافته های این پژوهش با مطالعه اصولیان و کوشکی (۱۳۹۹) متفاوت است. چراکه آنها توانایی معیار آنتروپی باقی مانده تجمعی را برای پیش بینی بحران پاندامی کرونا در سطح شاخص کل بازار نتیجه گرفتند.

برخلاف یافته های پژوهش حاضر از نظر وجود یک شبکه جریان اطلاعات بین صنایع مختلف، مهاجری و طالبو (۱۴۰۱) اتصالات بین ۱۲ صنعت را بر حسب سرریز تلاطمات و نه سرریز اطلاعات نتیجه گرفتند. با این حال نتایج این محققین از این دیدگاه که اتصالات بین صنایع مختلف طی زمان به طور قابل توجهی تغییر می یابد را می توان با نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر مبنی بر اینکه منبع اطلاعاتی قالب در شبکه، طی زمان متغیر است قابل قیاس قرارداد.

یافته های پژوهش حاضر از این نظر که ماتریس اطلاعات طی زمان متغیر است با یافته های نمکی و همکاران (۱۴۰۰) مبنی بر رشد ارتباطات اطلاعاتی صنایع طی دوره زمانی پژوهش، مشابه است. برخلاف یافته های پژوهش حاضر مبنی بر اینکه منبع اطلاعاتی غالب طی دوره زمانی پژوهش با ثبات نیست و تغییر می کند، نمکی و همکاران (۱۴۰۰) نقش اطلاعاتی پرنگ صنایع تولیدی را در بازار اوراق بهادر تهران طی بازه زمانی پژوهش نتیجه گرفتند.

به طور خلاصه، نتیجه گرفته می‌شود که با در کنار هم قراردادن 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. بالاخص، 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؛ که 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 آشنازگی‌ها تنها به بازار سهام محدود نمی‌شود و می‌تواند به صورت موج‌گونه بر کل اقتصاد یا حتی کل جهان 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 بالاخص استراتژی‌های چرخش صنعت توجه دارند، کمک نماید. بالاخص، سرمایه‌گذاران و مدیران پرتفوی در بورس تهران، با آگاهی از چگونگی جریان اطلاعات بین صنایع می‌توانند صنایعی 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.

متداول‌لوژی 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^۱، محاسبه شود. همچنین می‌توان از معیارهای

^۱. Time Delay

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 سهم‌ها را موردنبررسی قرار دهند. محققین می‌توانند به بررسی انتقال اطلاعات و شبکه مبتنی بر آنتروپی میان بورس اوراق بهادار تهران و سایر بازارهای دارایی داخل و خارج کشور نیز پردازنند.

از محدودیت‌های پژوهش حاضر عدم امکان بدست آوردن داده‌های آماری لازم برای همهٔ صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران است. از این‌رو نمونهٔ آماری، شامل کلیهٔ صنایع فعال در بازار اوراق بهادار تهران نشده است.

منابع

- اصولیان، محمد و کوشکی، علی. (۱۳۹۹). بررسی توانایی معیار آنتروپی باقیمانده تجمعی در پیش‌بینی بحران بوسیله داده‌های شبیه‌ساز بحران نقشهٔ لوچستیک و شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران. *چشم‌انداز مدیریت مالی*، ۱۰(۳۱)، ۲۷-۹. doi: 10.52547/jfmp.10.31.9
- جهانگیری، خلیل و حکمتی فرید، صمد. (۱۳۹۴). مطالعه آثار سریز تلاطم بازارهای سهام، طلا، نفت و ارز. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۱۵(۵۶)، ۱۹۴-۱۶۱.
- کشاورز حداد، غلامرضا و وحیدی، حامد. (۱۴۰۱). نابرابری اطلاعاتی بین معامله‌گران حقیقی و حقوقی: شواهدی از بازار سهام تهران. *پژوهشنامه اقتصادی*، ۲۲(۸۶)، ۳۶-۱. 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
- مهرجری، پریسا و طالبلو، رضا. (۱۴۰۱b). بررسی پویایی‌های سریز 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 مهرجری، پریسا. (۱۴۰۱a). اتصالات و سریز ریسک در بازار سهام ایران، یک تحلیل بخشی با به کارگیری 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 اقتصادستجی*, ۳(۶)، ۶۳-۹۶. doi: 10.22075/jem.2021.23659.1607

نمکی، علی، خورستنده، 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. (2019). Group transfer entropy with an application to cryptocurrencies. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 516, 543-551.
- 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.
- 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. (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. (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. (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., & 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.
- Škrinjarić, 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
- 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.