Budget and Finance Strategic Research

4

1986
Imam Hossein
Comprehensive
University

Vol. 4
Winter 2024

The Art of Investment Portfolio Curation through Centrality Metrics (An Enchanting Network Analysis of Tehran Stock Exchange's Top 50 Companies)

Marzie Noor Ahmadi [1] | Fatemeh Rasti [2] | Hojatolah Sadeghi [3]

Research Paper

Received:
9 December
2023
Revised:
20 December
2023
Accepted:
20 December
2023
Published:
20 December
2023
P.P: 35-61

ISSN: 2717-1809
E-ISSN: 2717-199x

Abstract

The stock market, as a prominent financial domain, presents a formidable challenge in comprehending and evaluating an extensive array of stocks employing centrality measurements to portray the key variables within a network, companies' stocks can be visualized and comprehended. The utilization of stock network analysis facilitates a comprehensive understanding of the entire network through diverse visualization techniques. This study delves into the data of the top 50 companies listed on the Tehran Securities Exchange during the period from January 1, 2019, to July 6, 2021. Employing unsupervised machine learning tools such as Community Detection algorithms and network analysis methods like Louvain and Girvan-Newman, we construct a stock network. Subsequently, we compute five Centrality Metrics, including Degree Centrality, Closeness Centrality, Eigen Centrality, Betweenness Centrality, and PageRank, for these companies. By formulating a similarity matrix based on these criteria for the remaining stocks in the network, we determine a portfolio of 25 stocks suitable for investment, derived from the ranking of stocks according to the Centrality Metrics.

Keywords: Community Detection Algorithms, Centrality Metrics, Graph Visualization, Network Analysis, Stock Portfolio Selection.

DOR: 20.1001.1.27171809.1402.4.4.2.8

1. Ph.D. in Financial Engineering, Faculty of Economic, Management , and Accounting, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Corresponding Author, Ph D Candidate. Department of Management, Faculty of Social and Economic Sciences, Al-Zahra University, Tehran, Iran. Fatima.rasti@yahoo.com
3. Associate Professor .Department of Accounting and Finance, Faculty of Humanities and Social Sciences, Yazd University, Yazd, Iran.

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution Non-Commercial (CC-BY-NC) license.

٤
سال چهارم
زمستان ١٤٠٢

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
١٤٠٢/٠٩/١٨
تاریخ بازنگری:
١٤٠٢/٠٩/٢٩
تاریخ پذیرش:
١٤٠٢/٠٩/٢٩
تاریخ انتشار:
١٤٠٢/٠٩/٢٩
صص: ٦١-٣٥

شاپا چاپی: ٢٧١٧-١٨٠٩
الکترونیکی: ٢٧١٧-١٩٩x

هنر مدیریت سبد سرمایه‌گذاری بر اساس معیارهای مرکزیت (تحلیل شبکه سهام ۵۰ شرکت برتر بورس اوراق بهادار تهران)

مرضیه نوراحمدی [۱] | فاطمه راستی [۲] | حجت اله صادقی [۳]

چکیده

بازار سهام، به‌عنوان یک حوزه مالی برجسته، چالش بزرگی را در درک و ارزیابی مجموعه گسترده ای از سهام ارائه می‌دهد. استفاده از تحلیل شبکه سهام، درک جامعی از کل شبکه را از طریق تکنیک‌های متنوع مصورسازی تسهیل می‌کند. این مطالعه به بررسی داده‌های ۵۰ شرکت برتر پذیرفته شده در بورس اوراق‌بهادار تهران در بازه زمانی ۱ ژانویه ۲۰۱۹ تا ۶ ژوئیه ۲۰۲۱ می‌پردازد. با استفاده از ابزارهای یادگیری ماشینی بدون نظارت مانند الگوریتم‌های تشخیص جامعه و روش‌های تحلیل شبکه مانند لاوین، گیروان – نیومن، شبکه‌ای از سهام تشکیل شد. پس از آن، پنج معیار مرکزیت برای این شرکت‌ها محاسبه شد که شامل مرکزیت درجه، مرکزیت نزدیکی، مرکزیت ویژه، مرکزیت بینابینی و رتبه صفحه است. با فرمول‌بندی یک ماتریس شباهت بر اساس این معیارها برای سهام باقی‌مانده در شبکه، مجموعه‌ای از ۲۵ سهام مناسب برای سرمایه‌گذاری تعیین شد که از رتبه‌بندی سهام بر اساس معیارهای مرکزیت به‌دست می‌آید.

کلیدواژه‌ها: الگوریتمهای تشخیص جامعه، معیارهای مرکزیت، مصورسازی شبکه، تحلیل شبکه، انتخاب سبد سهام

DOR: 20.1001.1.27171809.1402.4.4.2.8

۱. دکتری مهندسی مالی، گروه حسابداری و مالی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۲. نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری رشته مالی بانکداری، گروه مدیریت، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران. Fatima.rasti@yahoo.com
۳. دانشیار گروه حسابداری و مالی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution Non-Commercial (CC BY-NC) توزیع شده است.

مقدمه و بیان مسئله

بازار مالی سیستم پیچیده‌ای است که از بخش‌های بسیار زیادی تشکیل شده‌است. تجزیه و تحلیل شبکه با مطالعه سیستماتیک این پیچیدگی‌ها می‌تواند پویایی‌های بازار را شناسایی کرده و به پیش‌بینی آینده بازار بپردازد (جورج[1] و چنگات،۲۰۱۷). مطالعات مبتنی بر شبکه یکی از موضوعات مطالعاتی میان رشته‌ای است که در مدل‌سازی پدیده‌های مختلف از جمله بازار مؤثر است (دی پونت[2] و همکاران،۲۰۲۲) در طول چند دهه گذشته، پژوهش‌هایی با محوریت شبکه به طور گسترده در زمینه‌های مختلف علمی و فناوری از جمله فیزیک، جامعه شناسی و علوم کامپیوتر انجام گرفته است. در حوزه مالی، مطالعه شبکه‌ها نیز توجه فراوانی را به خود جلب کرده است و محققان را به استفاده از مدل‌های شبکه مالی برای بررسی مسائل مهمی مانند اثر عدم قطعیت، ریسک سیستمی و بدهی وثیقه بین بانکی در بازار سوق داده است (آلن[3] و همکاران ۲۰۰۰) یک ویژگی‌های پیچیده در ساختار جامعه مانند آنها نهفته‌است، که در آن گره‌ها در گروه هایی طبقه بندی می‌شوند. شبکه‌ها معمولاً به‌عنوان مجموعه‌ای از گره‌ها تعریف می‌شوند که توسط پیوندها یا لبه‌ها به‌هم متصل شده‌اند. در بررسی یک شبکه قیمت سهام، هر گره نشان دهنده یک سهم خاص و پیوندهای بین گره‌ها نشان دهنده شباهت و ارتباط بین سهام متصل است (چی[4] و همکاران،۲۰۱۰) امروزه، بهره‌گیری از یادگیری ماشین در معاملات بازار سهام، رشد قابل‌توجهی داشته است و استفاده از این روش برای پیش‌بینی حرکات بازار به‌عنوان یک روش کاربردی در حوزه مالی ظاهر شده‌است (چن[5] و همکاران،۲۰۱۷). در این پژوهش، با استفاده از ابزارهای یادگیری ماشین نظارت‌نشده، مانند الگوریتم‌های تشخیص جامعه، و تکنیک‌های تحلیل شبکه مانند لاوین و گیروان-نیومن، برای ایجاد یک شبکه سهام جامع استفاده‌شده، سپس پنج معیار مرکزیت، (مرکزیت درجه، مرکزیت بینابینی، مرکزیت نزدیکی، مقادیر ویژه و رتبه صفحه) محاسبه شده است. در ادامه ۲۵ سهم با بالاترین معیار مرکزیت از هر معیار به‌عنوان سهام منتخب برای تشکیل پرتفوی انتخاب شده و در آخر ماتریس مشابهت این پنج معیار ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفته

1. George 2017
2. de Pontes 2022
3. Allen 2000
4. Chi2010
5. Chen 2017

است. در واقع، هدف اصلی این پژوهش، تشخیص ویژگی‌های ساختاری خاص بازار با استفاده از مدل‌سازی از طریق شبکه‌های بازار و شناسایی عوامل برجسته در آن است. این عوامل کلیدی بر اساس روابط آنها با سایر نهادهای مرتبط تعریف می‌شوند .علاوه بر این، تجزیه و تحلیل این اجزا در شناسایی بخش‌های به اثبات بازار مفید می‌باشد همچنین به‌هم پیوستگی گره‌ها و شرایط مکان شناختی هر پیوند حاوی اطلاعات مهمی در مورد پویایی بازار است.

مبانی نظری پژوهش

همواره انتخاب سبد سهام و نحوه تخصیص سرمایه به‌عنوان یکی از چالش‌های همیشگی سرمایه‌گذاران مطرح است و مدیران سبد سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذاران برای انتخاب سهام نیاز به بررسی بهترین روش برای تشکیل سبد سهام هستند (نور احمدی، صادقی،۱۴۰۱). طی سالیان گذشته تلاش‌های بسیار زیادی به‌منظور تدوین و ارائه مدل‌هایی به‌منظور تسهیل این فرایند صورت گرفته است، نظریه مارکوییتز (۱۹۵۲) به‌عنوان نظریه مدرن سبد سرمایه‌گذاری با فرمول‌بندی مرز کارا، شناسایی پرتفوی بهینه را با بالاترین بازده مورد انتظار برای یک سطح ریسک معین یا کمترین ریسک امکان‌پذیر می‌کند (بنویس[1]،۲۰۲۰). اما افزایش تعداد سهام و پیچیدگی بازارهای مالی پژوهشگران را بر آن داشت که تحقیقات متعددی درزمینه‌ی تشکیل سبد سهام انجام دهند، طی سال‌های اخیر پژوهشگران در بخش‌های مختلف، بازارهای مالی را به‌عنوان شبکه‌هایی توصیف کرده‌اند (راستی[2] و صادقی،۱۴۰۰)

بررسی شبکه‌های سهام از آن نظر حائز اهمیت است که ارتباط بین انواع سهام با یکدیگر را بررسی می‌کند و میزان شباهت‌های رفتاری آنها را مشخص می‌نماید. همچنین بررسی شبکه‌های سهام می‌تواند سرمایه‌گذاران را در تصمیم گیری انتخاب سبد سهام یاری نماید و با مشخص کرد میزان شباهت‌ها کمک کند تا انتخاب‌های مناسب‌تری را داشته‌باشیم.

طبق نظر بعضی پژوهشگران بازار سهام به‌عنوان شبکه‌ای که در آن گره‌ها نشان‌دهنده سهام و یال‌ها مقادیر همبستگی بازده دارایی را در یک بازه زمانی مشخص نشان می‌دهند تعریف می‌شود به‌گونه‌ای که اگر همبستگی سری زمانی قیمت روزانه دو سهام بیشتر از آستانه ۰,۷ باشد، آن دو

1. Benchis2020
2. Rasti 1400

سهم به‌هم متصل در نظر گرفته‌می‌شود و با همبستگی هر سهم با دیگر سهام، ماتریس همبستگی محاسبه می‌شود. این ماتریس نقش مهمی در امور مالی مدرن به‌ویژه در تجزیه و تحلیل ریسک و مدیریت پرتفوی ایفا می‌نماید. با مطالعه خصوصیات آماری شبکه سهام و مهم‌تر از آن بررسی تاثیرگذارترین بخش‌ها و سهام در بازار این امکان فراهم می‌شود که ویژگی‌های منحصربه‌فرد برای هر سهم شناخته شود (به‌عنوان مثال معیار مرکزیت[1]). این ویژگی‌ها که با معیارهای مختلف تعریف می‌شوند، نشان دهنده اهمیت یا برجسته بودن هر سهم موجود در شبکه است (جورج و همکاران،۲۰۱۷).معیارهای مرکزیت، ابزارهای پذیرفته شده‌ای برای ارزیابی اهمیت نسبی اجزای شبکه‌ها هستند (ژانگ[2] و همکاران،۲۰۲۲)

طبقه بندی انواع معیارهای مرکزیت (راستی و صادقی،۱۴۰۰):

- روش‌های مبتنی بر همسایه
  - مرکزیت درجه
- روش‌های مبتنی بر مسیر
  - مرکزیت بینابینی
  - مرکزیت نزدیکی
- روش‌های تکراری یا مبتنی بر ارزش
  - مرکزیت مقادیر ویژه
  - رتبه صفحه

در ادامه به توضیح هر کدام از این معیارهای مرکزیت پرداخته می‌شود:

مرکزیت درجه[3]

مرکزیت درجه به تعداد پیوندهایی گفته‌می‌شود که به یک گره متصل است. درجه را می‌توان به‌عنوان تأثیرگذاری فوری یک گره بر هر آنچه که از طریق شبکه جریان دارد، تفسیر کرد. هرچه تعداد گره‌های مجاور بیشتر باشد، گره، مهم‌تر خواهد بود؛ زیرا مستقل از دیگر سهامی است که به بخش‌های عمده شبکه می‌رسند.

1. Centrality Measure
2. Zhang 2022
3. Degree Centrality

درجه مرکزیت گره V برای گراف با ماتریس adjacency matrix $A = (a_{iv})$ به‌صورت زیر تعریف می‌شو (جورج و همکاران،۲۰۱۷):

$$Deg(v) = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{a}_{iv} \quad (۱)$$

مرکزیت بینابینی[1]

مرکزیت بینابینی به میزان اهمیت یک سهم در برقراری پیوند بین شبکه‌های متفاوت اشاره دارد. این معیار معرف تعداد گزینه‌هایی است که یک سهم برای انتقال از طریق سهام تعیین شده و دسترسی به سهام دیگری که به آن نیاز دارد، است. سهام با مرکزیت بینابینی بالا، قادر به کنترل جریان اطلاعاتی هستند، زیرا آن‌ها پل‌های حیاتی بین دیگر سهام یا گروه‌هایی از سهام را شکل می دهند (آل تایی[2] و همکاران،۲۰۱۷)

مرکزیت نزدیکی[3]

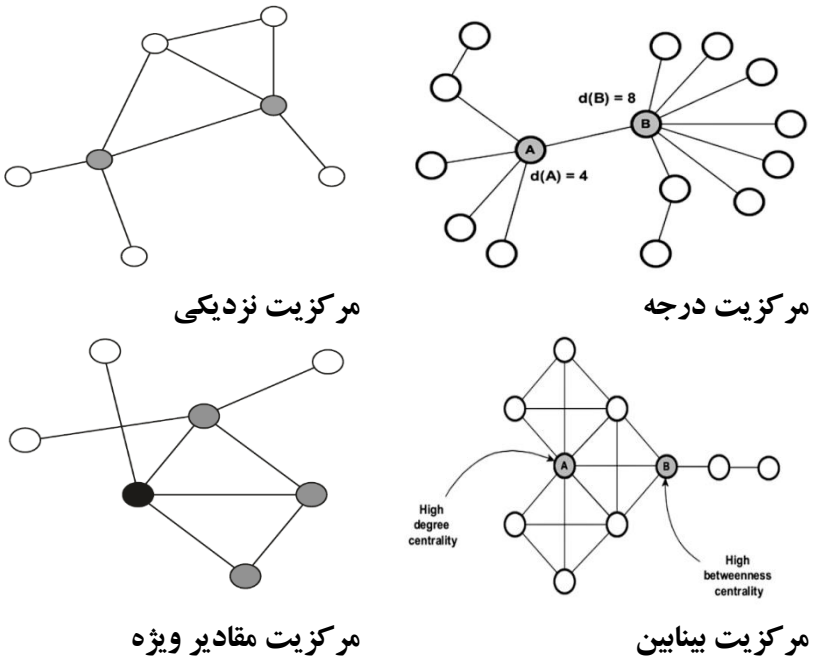
مرکزیت نزدیکی معرف نحوه نزدیکی سهام به سهمی خاص است. در شبکه مالی، سهمی مهم خواهد بود که نسبتاً نزدیک به بقیه سهام در شبکه باشد. این سهم قابلیت دسترسی ساده و یکسان به دیگر سهام شبکه را دارد و به‌نوعی دارای موقعیت‌های ممتاز است. به‌صورت رابطه زیر محاسبه می شود (آل تایی و همکاران،۲۰۱۷):

$$c(i) = \sum_{j} d_{ij} \quad (۲)$$

مرکزیت مقادیر ویژه[4]

تأثیر گره را بر اساس تعداد پیوندهایی که با سایر گره‌های شبکه دارد را اندازه‌گیری می‌کند.

1. Closeness Centrality
2. Al-Taie 2017
3. Closeness Centrality
4. Eigen Centrality



نمودار (۱) (آل تایی و همکاران،۲۰۱۷)

رتبه صفحه[1]

رتبه صفحه یکی دیگر از ابزار اساسی برای ارزیابی اهمیت نسبی گره‌ها در یک شبکه است و بیان می‌کند گره‌ای که با گره‌های بیشتری در ارتباط باشد از اهمیت بیشتری برخوردار است (ژانگ و همکاران،۲۰۲۲)

بهینه سازی مادیولاریتی[2]

مادیولاریتی[3] معیار اندازه‌گیری ساختار گراف (نه گره محور) است و کمیتی است که مشخص می‌کند یک ساختار انجمن در یک شبکه تا چه اندازه خوب تقسیم شده‌است. و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = \frac{|E_{in}| - |E_{in-R}|}{|E|} \qquad (۳)$$

1. PageRank
2. Optimization Modularity
3. Modularity

$|E_{in}|$ تعداد پیوندهای گره‌های متصل است که به یک انجمن مشابه تعلق دارند و $|E_{in-R}|$ اگر پیوندها تصادفی باشند تخمین زده می‌شود.

مادیولاریتی توسط نیومن و گیروان در سال ۲۰۰۳ معرفی شد. هدف از ارائه این روش، دستیابی به درکی از چگونگی خوشه‌بندی است. این روش شامل دو مرحله است: مرحله اول: تقسیم، شامل حذف پیوندهای تکراری از شبکه برای رسیدن به انجمن نهایی و مرحله دوم با حذف پیوند، امتیاز بینابینی مجدداً محاسبه می‌شود. این دو فرایند تا رسیدن به حداکثر امتیاز مادیولاریتی تکرار می‌شود. در نتیجه مجموعه‌ای از شبکه‌های فرعی گره‌ها تشکیل‌می‌شود.

امتیاز مادیولاریتی بین ۰,۵- و ۱+ است که مقدار بیشتر نشان دهنده تقسیم بندی بهتری است (آل تایی و همکاران،۲۰۱۷)

روش لاوین

روش لاوین الگوریتمی برای تشخیص انجمن در شبکه‌های بزرگ است که نشان‌می‌دهد که چگونه می‌توان شبکه را به‌طور طبیعی به گروه‌های از گره‌ها تقسیم کرد به‌نحوی که در آن پیوندهای درون گروه‌ها متراکم و پیوندهای بین گروه‌ها پراکنده باشد. بر اساس مفهوم حداکثرسازی مادیولاریتی، این روش رویکرد کارآمدی است که در نمودارهای بزرگ با حداکثر 10^9 لبه (یک میلیون لبه) اندازه گیری می‌گردد.

این الگوریتم به‌صورت زیر عمل می‌کند:

۱) با بهینه سازی محلی مادیولاریتی در همه گره‌ها، انجمن‌های کوچکی از گره‌ها تشکیل‌می شود. ۲) سپس انجمن‌های کوچک در یک گره گروه‌بندی می‌شوند و مرحله اول تکرار می‌شود. برای نمودارهای وزنی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Q = \frac{1}{2m} \cdot \sum_{i,j} \left[a_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \cdot \delta(c_i c_j) \qquad (۴)$$

که a_{ij} وزن پیوند بین گره‌های i و j است. $k_i k_j$ مجموع وزنی گره‌های متصل به گره i و j است. m مجموع همه وزن‌های گره در گراف است. $c_i c_j$ انجمن‌های گره‌هاست. δ دلتا که برای

کنترل اینکه آیا جفت نمونه‌ها به یک انجمن یکسان تعلق دارند یا نه استفاده می‌شود (آل تایی و همکاران،۲۰۱۷) .

پیشینه پژوهش

منتگنا به‌عنوان اولین پژوهشگری که بازارهای مالی را در قالب شبکه‌های مالی تدوین کرد شناخته می‌شود، او در پژوهشی با عنوان "ساختار سلسله‌مراتبی در بازارهای مالی"، سبد سهامی از شاخص داوجونز و شاخص S&P را مورد بررسی قرارداد با استفاده از مفهوم ضریب همبستگی، شبکه‌ای مبتنی بر شباهت سهام را ارائه کرد که ضمن آن روابط سلسله‌مراتبی آنها را مشخص کرد که حاوی اطلاعات اقتصادی مفیدی بود (منتگنا[1]،۱۹۹۹)

اونلا[2] و همکاران قیمت‌های تعدیل شده روزانه سهام بورس اوراق‌بهادار نیویورک را مطالعه نمودند و نمودار همبستگی قیمت‌ها ایجاد نمودند و خصوصیات آن را مورد بحث و تحلیل قرار دادند[3].

باتارچی[4] و همکاران(۲۰۱۷) در پژوهش خود مدل‌های شبکه‌های موزون همراه با معیارهای شبکه را برای کشف ساختارهای پیوند متقابل بین بازارهای آسیایی به کار گرفتند. همچنین بیان کردند ویژگی‌های مکان‌شناسی یک شبکه با استفاده از معیارهای مرکزیت قابل توصیف هستند. نویسندگان این پژوهش ادعا می‌کنند که با استفاده از رویکردهای داده محور می‌توان در مدیریت ریسک سیستمیک مؤثر و برای انتخاب پرتفوی بهینه به‌خوبی متنوع شده که در مقابل شوک‌های سطح سیستم مقاوم باشند استفاده نمود. لیو[5] و همکارانش (۲۰۱۱) در پژوهشی با ارائه تعاریف مختلف گره‌ها پیوندها بیان کردند که می‌توان انواع مختلفی از شبکه‌ها را ایجاد نمود. برخی از محققان نماد سهام را به‌عنوان گره تعریف می‌کنند، در حالی که برخی دیگر شاخص-های سهام را به‌عنوان گره تعریف می‌کنند تا تعامل بازارهای سهام در کشورهای مختلف را تجزیه و تحلیل کنند پس از بررسی‌های انجام شده مشخص شد بخش عمده از پژوهش‌های انجام شده در این

1. Mantegna1999
2. Onnela
3. Onnela et al. 2003
4. Bhattacharjee2017
5. Liu 2011

حوزه از ضریب همبستگی برای تعریف روابط استفاده نموده‌اند مانند (چی[1] و همکاران ۲۰۱۰)، (کومار[2] و همکاران،۲۰۱۲) ، برخی دیگر هم از اثر علیت گرنجر استفاده کرده‌اند (وی[3] و همکاران،۱۹۹۵). ویزوگنوف[4] و همکاران شبکه سهام را براساس بازار سهام روسیه ایجاد نمودند, دریافتند که برای بازار روسیه ارتباط زیادی بین حجم سهام و ساختار ماکسیمم کلیک در طول دوره مشاهده وجود دارد. در پژوهش دیگری خوشه بندی شرکت‌ها با استفاده از شاخص داوجونز و S&P500 مورد مطالعه قرار گرفت (کولمن[5] و همکاران، ۲۰۰۰)

ثبات مکان شناختی بازار سهام چین توسط هوانگ و همکاران با ایجاد یک شبکه همبستگی مورد مطالعه قرار گرفت (هوانگ و همکاران،۲۰۰۹)[6] در پژوهش دیگری از رویکرد شبکه‌ای برای انتخاب پرتفوی استفاده شد. هدف عمده این مقاله به‌کارگیری شبکه‌های مالی به‌عنوان ابزاری مفید برای انتخاب پرتفوی با توجه معیار مرکزیت آن‌ها بود. (هاتنر و همکاران،۲۰۱۸)[7]

نور احمدی[8] و صادقی(۱۴۰۲) در پژوهشی با استفاده از تئوری شبکه برای توصیف تأثیر بین سهام استفاده کردند و با استفاده از آستانه بهینه، پرتفوی متنوع و غیر متنوع به‌دست آوردند. نتایج سهام منتخب برای پرتفوی در این پژوهش با استفاده از رویکرد برابری ریسک سلسله‌مراتبی (HRP) پیاده سازی نموده و نتایج آن را با سه روش مینیمم واریانس، توزیع یکنواخت و برابری ریسک برای دو دوره زمانی درون نمونه و برون نمونه، برای هر دو پرتفوی متنوع و غیر متنوع مقایسه شد. در نهایت نتایج با استفاده از چهار معیار سورتینو، شارپ، ماکسیمم DD و کالمر مقایسه شده‌است. نتایج این پژوهش نشان دهنده برتری رویکرد سبد غیر متنوع در دوران‌های نزولی بازار و برتری رویکرد سبد متنوع‌سازی شده در سایر زمان‌ها است.

به‌طور کلی، مطالعات انجام شده در این حوزه نشان‌می‌دهد استفاده از رویکرد شبکه و بررسی معیارهای مرکزیت می تواند درک مناسبی از بازار ارائه داده و انتخاب سبد سرمایه‌گذاری را تسهیل کند.

1. Chi 2010
2. Kumar 2012
3. Wei 1995
4. Vizgunov2014
5. Kullmann2000
6. Huang,2009
7. Hüttner2018
8. Nourahmadi1402

روش‌شناسی پژوهش

بازارهای مالی سیستم‌های کاملاً پیچیده‌ای هستند از شرکت‌ها و مؤسسات و افراد متعددی تشکیل‌شده‌اند. عملکرد سهام اغلب متأثر از یکدیگرند که منجر به ارتباطات متقابل می‌شود. هدف اصلی این پژوهش، ایجاد شبکه سهام متشکل از گره‌ها و پیوندهایی است که گره‌ها همان قیمت سهام هستند و پیوندها همبستگی‌ها هستند و گروه‌های سهام، جامعه[1] هستند. در این پژوهش از یکی از ابزارهای یادگیری ماشین بدون نظارت تحت عنوان الگوریتم‌های تشخیص جامعه و تحلیل شبکه مانند لاوین و گیروان - نیومن استفاده شد تا از طریق آن شبکه کلی سهام ترسیم شود.

در این پژوهش از اطلاعات قیمت شاخص ۵۰ شرکت برتر پذیرفته شده بورس اوراق‌بهادار استفاده‌شده است .آماده‌سازی داده‌ها شامل استخراج داده‌های روزانه تعدیل‌شده نمادهای شاخص مورد نظر از تاریخ ۱۱-۱۰-۱۳۹۷[2] الی ۱۵-۰۴-۱۴۰۰[3] (حدود ۵۰ سهم) برای ۹۱۸ روز معاملاتی، از طریق نرم‌افزار ره‌آورد صورت گرفت. در دومین مرحله از این فرایند که پیش‌پردازش داده‌ها است ابتدا لازم است داده‌ها از عواملی همچون نویز، داده‌های پرت و داده‌های گمشده که کیفیت داده‌ها را به مخاطره می‌اندازند، پاک‌سازی شوند. در این پژوهش ابتدا تعداد روز معاملاتی همه سهام بررسی شد و با توجه به تعداد روزهای معاملاتی ۴۴ سهم باقی‌مانده و بقیه به‌دلیل عدم وجود اطلاعات معاملاتی کافی از جامعه آماری حذف شدند. برای تمامی محاسبات در این تحقیق از Python 3.8استفاده‌شده است.

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش قیمت پایانی تعدیل‌شده به‌عنوان متغیر اصلی ایجاد خوشه استفاده‌شده است. شروع آن با سری قیمت‌های خام P_{it} است که نشان از قیمت سهام شرکت i در روز t است، همچنین P_{it-1} نشان‌دهنده قیمت سهام شرکت i در روز $t-1$ است. با توجه به اینکه توزیع

1. communities

۲. ۰۱-۰۱-۲۰۱۹

۳. ۰۶-۰۷-۲۰۲۱

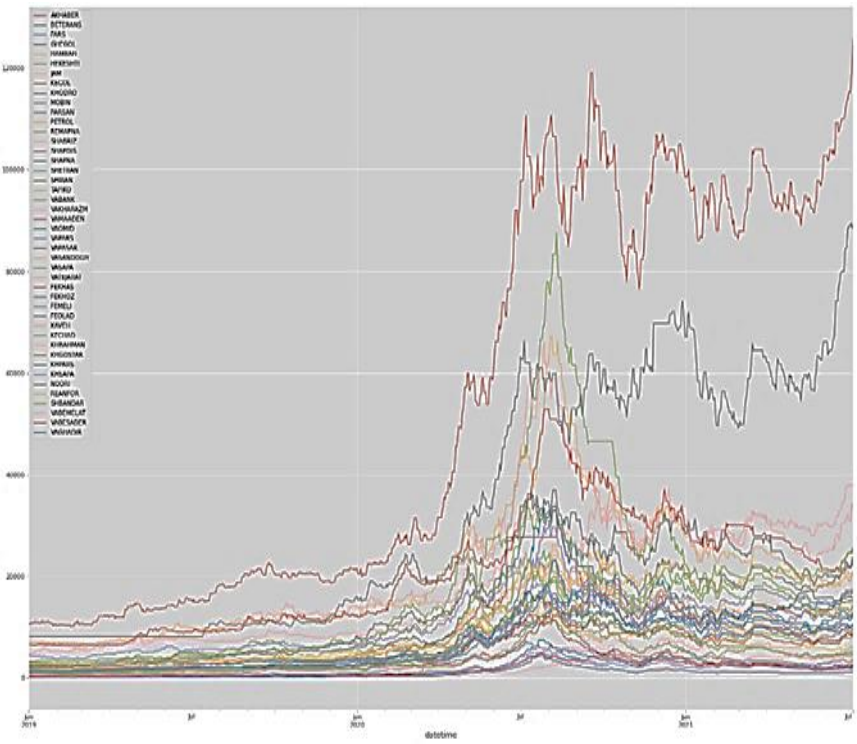
قیمت سهام به توزیع لاگ‌نرمال[1] نزدیک می‌باشد برای محاسبه بازده داده‌ها از فرمول بازده لگاریتمی به‌صورت زیر استفاده می‌نماییم:

$$R_{it} = ln\frac{P_{it}}{P_{it-1}} \quad (۵)$$

برای دو دارایی i و j، ماتریس همبستگی به ماتریس همبستگی - فاصله D به‌شکل زیر تبدیل می‌شود (برگرفت،۲۰۲۰)[2]

$$D(X_i, X_j) = \sqrt{\frac{1}{2}(1 - \rho_{i,j})} \quad (۶)$$

نمودار زیر قیمت سهام در دوره مورد بررسی را نشان‌می‌دهد



نمودار (۲) قیمت کلیه سهام در دوره زمانی آزمون

1. lognormal
2. Bargraft,,2020

یکی از محبوب‌ترین و شهودی‌ترین روش‌ها برای تجزیه‌وتحلیل روابط پیچیده درداده‌ها، روش تجزیه‌وتحلیل شبکه است از جمله نشان‌دادن روابط بین طبقات مختلف دارایی‌ها به‌عنوان مثال، معمولاً اعتقاد بر این است که رابطه بین سهام و اوراق قرضه مخالف یکدیگر است، در حالی که دارایی‌هایی مانند طلا ایمن تلقی می‌شوند و تمایل به نشان دادن رفتارهای مشابه دارند. با این حال، این سؤال مطرح می‌شود که آیا روابط دیگر بین دارایی‌ها را می‌توان از طریق تجزیه و تحلیل شبکه کشف کرد و درک بهتری از پویایی بین عوامل مختلف سهام را به‌دست‌آورد.

ابتدا به بررسی همبستگی بین سهام مختلف می‌پردازیم. همان‌گونه که می‌دانید که اگر بین دو سهم همبستگی مثبت وجود داشته‌باشد در این صورت اگر عاملی منفی بر یکی از آن‌ها اثر گذارد بر سهم دیگر نیز می‌تواند همان تأثیر را داشته‌باشد و روند قیمت هر دو نزولی خواهند شد. بنابراین، تنوع بخشی در پرتفوی را فقط می‌توان با سرمایه‌گذاری در دارایی‌های غیر هبسته با یکدیگر به دست‌آورد.

داده‌های قیمت پایانی ۴۴ شرکت از شاخص ۵۰ شرکت برتر بورس اوراق‌بهادار تهران را برای دوره زمانی ۱۱-۱۰-۱۳۹۷[1] الی ۱۵-۰۴-۱۴۰۰[2] به‌مدت ۹۱۸ روز معاملاتی استخراج شد. قبل از محاسبه ماتریس همبستگی، مهم است که ابتدا مجموعه داده‌ها به بازده روزانه تبدیل شوند. زیرا سرمایه‌گذاران معمولاً به بازده دارایی‌ها علاقه دارند نه قیمت مطلق آن‌ها. با نرمال سازی داده‌ها می توانیم به‌راحتی بازده دو دارایی را با یکدیگر مقایسه نماییم.

یکی از روش‌های متداول برای مصورسازی داده‌ها، نقشه‌های حرارتی[3] است. قبل از توسعه شبکه، ابتدا یک نقشه حرارتی از ماتریس همبستگی ایجاد می‌شود تا بتوان برخی از روابط موجود در داده‌ها به‌سرعت بررسی شود در کنار رسم نمودار نقشه حرارتی یک خوشه‌بندی نیز انجام می میشود و داده‌ها را به‌صورت ساختاریافته‌تر بررسی می‌شود.

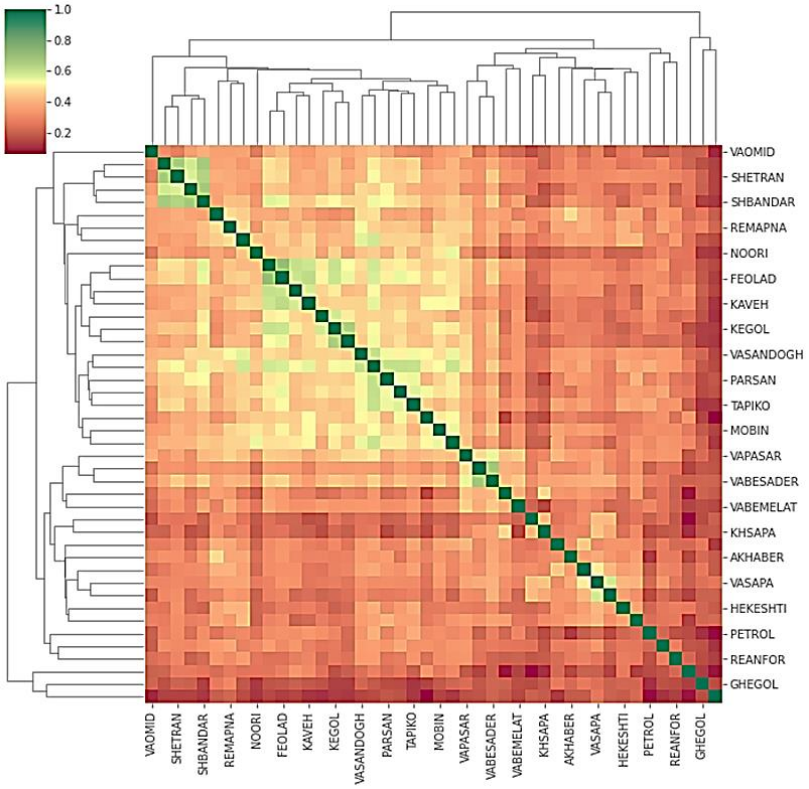
نمودار نقشه حرارتی از یک طیف مقیاس رنگی کدگذاری می‌شود که در آن همبستگی‌های مثبت قوی (همبستگی = یک) سبز تیره، دارایی‌های غیر همبسته (همبستگی =صفر) و دارایی‌های دارای همبستگی منفی (همبستگی= منفی یک) را به‌رنگ قرمز نشان‌می‌دهد.

---

۱. ۰۱-۰۱-۲۰۱۹

۲. ۰۶-۰۷-۲۰۲۱

3. heatmap



نمودار (۳) ماتریس خوشه بندی همبستگی

نقشه‌های حرارتی با نمایش میزان همبستگی بین دو دارایی، اطلاعات ارزشمندی را ارائه می دهند. بااین‌حال، محدودیت‌هایی نیز دارند؛ زیرا فقط می‌توانند یک بعد از اطلاعات را ارائه دهند و نمی‌توانند به سرمایه‌گذاران در تصمیم‌گیری‌های انتخاب دارایی کمک کنند. درحالی‌که یافته‌های اولیه از نقشه‌های حرارتی می‌تواند مفید باشد، می‌توان آنها را با استفاده از نمودارهای شبکه به شیوه‌ای در دسترس‌تر نشان داد.

نقشه‌های حرارتی مفید هستند؛ بااین‌حال، فقط می‌توانند یک بعد از اطلاعات (میزان همبستگی بین دو دارایی) را نمایش بدهند. به‌عنوان یک سرمایه‌گذاری که می‌خواهد تصمیم بگیرد در کدام گروه از دارایی‌ها سرمایه‌گذاری نماید، نقشه حرارتی هنوز نمی‌تواند کمک کننده باشد.

یکی از محبوب‌ترین و مفیدترین کتابخانه‌های پایتون برای تجزیه‌وتحلیل شبکه‌ها کتابخانه Networkx است. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل ماتریس همبستگی‌ها به‌عنوان یک شبکه، ابتدا باید ارتباطات بین دارایی‌ها را به یک لیست پیوند تبدیل شود این لیست حاوی اطلاعات مربوط به هر پیوند بین همه دارایی‌هاست.

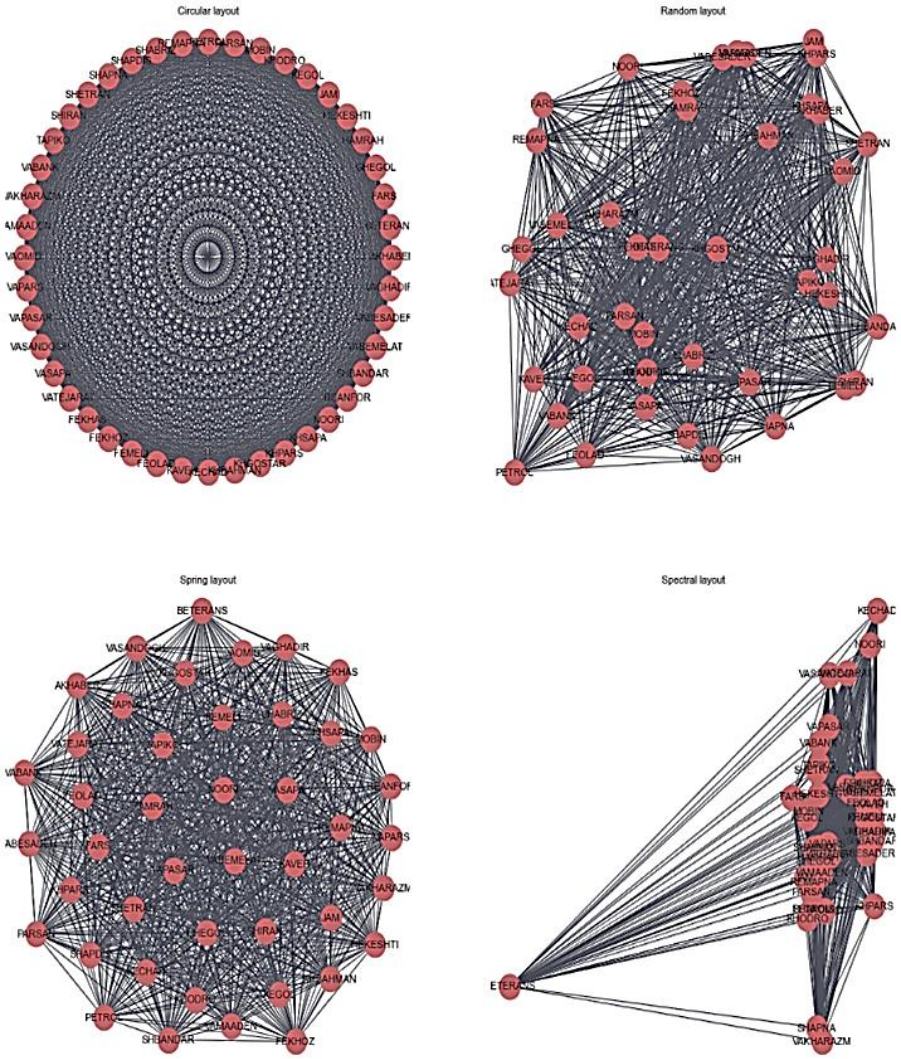
برای مصورسازی نموداری که رسم شده‌است، می‌توان از مدل‌های زیر که در کتابخانه networkx وجود دارد استفاده‌کرد:

Circular_layout – گره‌ها را روی یک دایره قرار دهید.

random_layout – گره‌ها را به‌طور تصادفی در مربع واحد قرار دهید.

spectral_layout – گره‌ها را با استفاده از بردارهای ویژه نمودار Laplacian قرار می‌دهید.

Spring_layout – گره‌های موقعیت را با استفاده از الگوریتم Fruchterman-Reingoldinhd هدایت می‌کند.

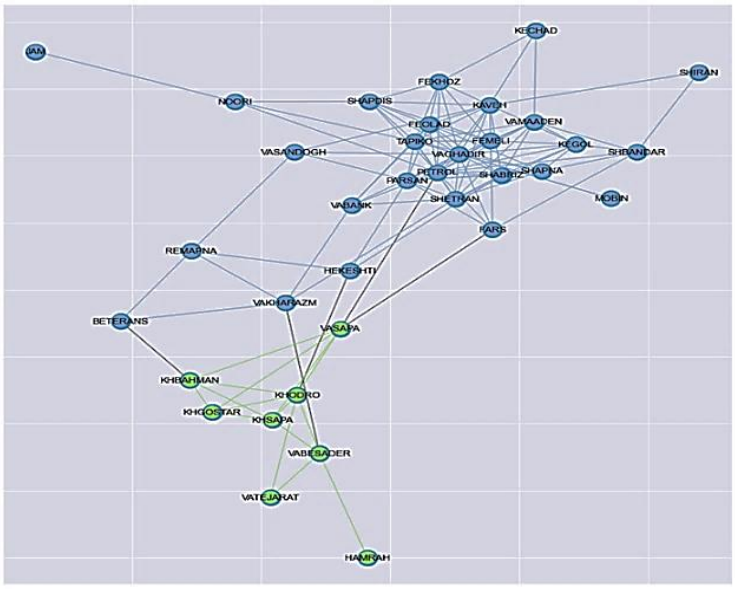


نمودار (۴) شبکه کلی از سهام

سرمایه‌گذاران برای ارزیابی ریسک غیر سیستماتیک پرتفوی خود باید اطلاعاتی در مورد اینکه کدام دارایی‌ها همبسته و کدام دارایی‌ها نامرتبط هستند به‌دست‌آورد. آنها به‌دنبال شناسایی دارایی‌هایی با بالاترین همبستگی و دارایی‌هایی با کمترین همبستگی هستند، بنابراین بین دارایی هایی که رفتارهای مشابه (ریسک بالا) و دارای ریسک کمتر (همبستگی کم) از خود نشان می

دهند، تمایز قائل می‌شوند. برای دستیابی به این هدف، بهبود مدل شبکه ضروری است. برای این منظور، تعداد پیوندهای بین گره‌ها با معرفی یک مقدار آستانه برای قدرت همبستگی کاهش می یابد. اندازه گره‌ها نشان‌می‌دهد که کدام دارایی‌ها بیشترین همبستگی را با سایر دارایی‌ها دارند

الگوریتم گیروان - نیومن بر اساس حذف مکرر پیوندهایی با بیشترین تعداد، کوتاه‌ترین مسیرهایی که از آنها می‌گذرد استفاده می‌شود با افزایش یا کاهش آستانه همبستگی، می‌توان انجمن‌های متنوعی را شناسایی نمود که سرمایه‌گذاران را قادر می‌سازد تا تصمیمات آگاهانه‌تری در مورد مدیریت پرتفوی و ارزیابی ریسک بگیرند. در نمودار زیر آستانه همبستگی را ۰,۶ در نظر گرفته شده و نمودار زیر به‌دست‌آمده است.



نمودار (۵)

عنوان: الگوریتم گیروان- نیومن

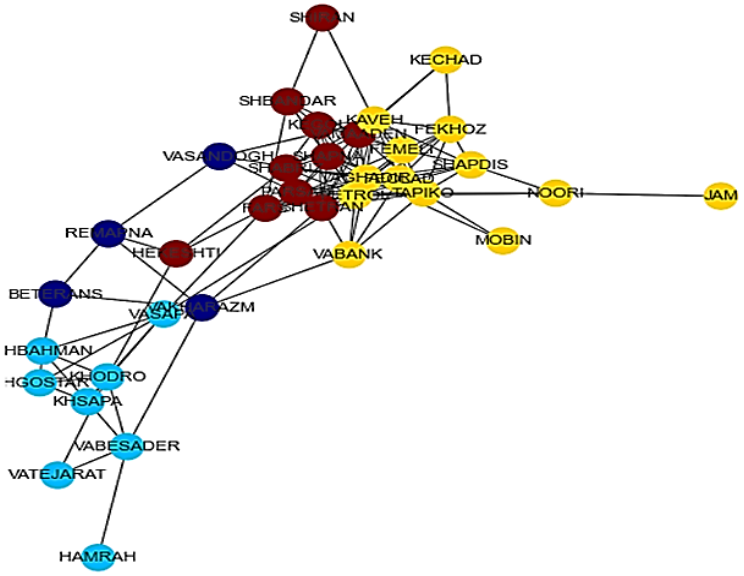
نوع: گراف

تعداد گره‌ها: ۳۵

تعداد پیوندها: ۱۲۲

میانگین درجه: ۶,۹۷۱۴

ایده اصلی الگوریتم لوین یک خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی است که در آن جوامع به‌صورت بازگشتی در یک گره واحد در یک گره واحد ادغام می‌کند و خوشه‌بندی مدولار را روی نمودارهای متراکم اجرا می‌کند.



نمودار (۶)

عنوان: خوشه‌بندی مدلاریته

نوع: گراف

تعداد گره‌ها: ۳۵

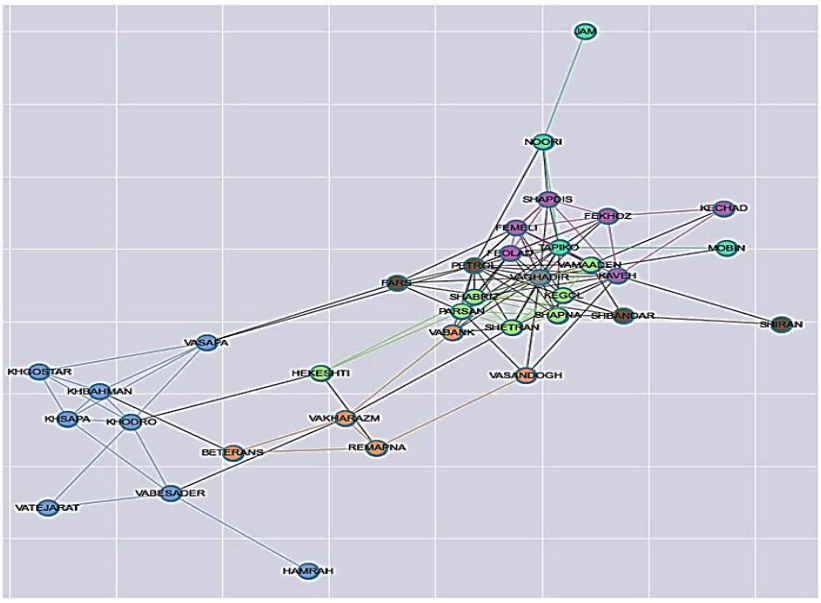
تعداد پیوندها:۱۲۲

میانگین درجه: ۶,۹۷۱۴

تعداد کل انجمن‌ها: ۳۵

برای پیاده‌سازی الگوریتم CNM[1] آستانه همبستگی ۰,۶ تنظیم شده‌است. مشابه الگوریتم لاوین، الگوریتم CNM نیز از مدولار بودن به‌عنوان معیار و هدف خود برای تشخیص جامعه استفاده می‌کند.

1. (Clique Percolation Method)



نمودار (۷)

عنوان: کلاوست، الگوریتم نیومن مور

نوع: گراف

تعداد گره‌ها: ۳۵

تعداد پیوندها:۱۲۲

میانگین درجه: ۶,۹۷۱۴

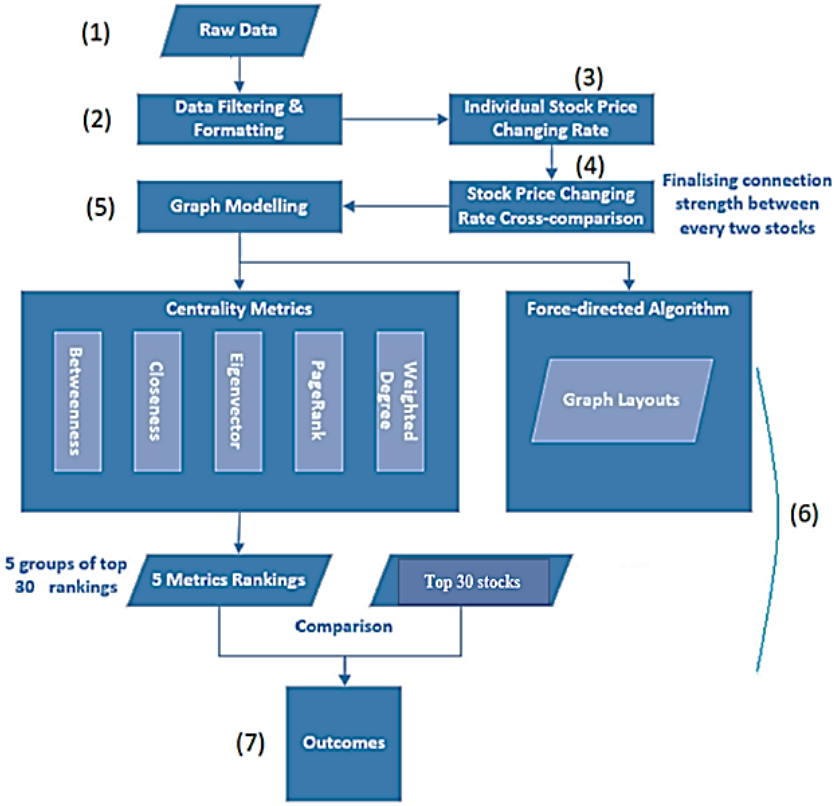
جوامع CNM: ۷

مسلماً هرچه آستانه را سخت‌گیرانه‌تر کنیم و درجه همبستگی را بیشتر کنیم، تعداد سهام باقی مانده در شبکه کمتر می‌شود.

تحلیل داده‌ها

مراحل کلی پژوهش در نمودار (۸) نشان داده‌شده‌است. ابتدا داده‌های سری زمانی قیمت سهام را استخراج شده و سپس داده‌ها را پاک‌سازی می‌شوند و شرکت‌هایی که داده کافی ندارند از مجموع داده‌ها حذف می‌شوند. بازده قیمتی سهام را محاسبه شده و مدل شبکه ایجاد می‌شود. در

مرحله بعد از ۵ روش معیارهای مرکزیت، مرکزیت درجه[1]، مرکزیت بینابین[2]، مرکزیت نزدیکی[3]، مرکزیت مقادیر ویژه[4]، رتبه صفحه[5] برای محاسبه معیارهای مرکزیت سهام استفاده می‌شود و در نهایت ۲۵ سهم با بالاترین معیار مرکزیت از هر معیار به‌عنوان سهام منتخب برای تشکیل پرتفوی انتخاب می‌شود. و در گام آخر ماتریس مشابهت این پنج معیار با یکدیگر را نیز ترسیم شده که امکان مقایسه جامع بین آنها را فراهم می کند.



نمودار(۸) مراحل کلی اجرای فرایند (هوا و همکاران،۲۰۱۹)

1. Degree Centrality
2. Betweenness Centrality
3. Closeness Centrality
4. Eigen Centrality
5. PageRank

در جدول زیر نتایج معیارهای مرکزیت برای ۳۵ سهم برتر نمایش داده‌شده‌است. لازم به توضیح است که جامعه آماری ۴۴ شرکت از ۵۰ شرکت برتر بود اما زمانی‌که سهام با آستانه همبستگی ۰٫۶ را نگه‌داشته شد، تنها ۳۵ سهام باقی‌ماند.

جدول ۱. اندازه گیری معیارهای مرکزیت برای سهام

	مرکزیت درجه	مرکزیت نزدیکی	مرکزیت مقادیر ویژه	مرکزیت بینابین	رتبه صفحه
بترانس	۰٫۰۱۰۸۸	۰٫۰۰۶۳۳	۰٫۰۸۸۲۴	۰٫۳۵۰۵۲	۰٫۰۱۷۸۲۵
رمپنا	۰٫۰۲۲۹۸	۰٫۰۱۷۰۴	۰٫۱۱۷۶۵	۰٫۳۸۲۰۲	۰٫۰۲۰۹۷۱
وخوارزم	۰٫۱۲۷۳۱	۰٫۰۴۰۸۲	۰٫۱۴۷۰۶	۰٫۴۴۷۳۷	۰٫۰۲۵۴۴۴
خبهمن	۰٫۰۱۵۹۵	۰٫۰۰۸۰۷	۰٫۱۴۷۰۶	۰٫۳۸۲۰۲	۰٫۰۲۷۵۲۵
فارس	۰٫۰۲۹۷۶	۰٫۱۲۸۲۰	۰٫۱۷۶۴۷	۰٫۴۷۸۸۷	۰٫۰۲۳۲۵۹
پارسان	۰٫۰۴۶۴۲	۰٫۲۳۴۲۴	۰٫۳۲۳۵۳	۰٫۵۰۷۴۶	۰٫۰۳۸۷۸۳
پترول	۰٫۲۴۱۴۷	۰٫۳۵۴۳۳	۰٫۵۲۹۴۱	۰٫۶۰۷۱۴	۰٫۰۶۲۶۱۶
وساپا	۰٫۱۷۱۸۲	۰٫۰۴۹۷۹	۰٫۱۷۶۴۷	۰٫۴۸۵۷۱	۰٫۰۳۰۶۸۴
فملی	۰٫۰۰۶۷۳	۰٫۲۳۸۰۴	۰٫۲۹۴۱۲	۰٫۴۵۳۳۳	۰٫۰۳۵۴۰۹
شبندر	۰٫۰۱۷۰۵	۰٫۱۱۳۲۵	۰٫۱۷۶۴۷	۰٫۴۱۴۶۳	۰٫۰۲۳۷۶۷
وغدیر	۰٫۰۸۱۹۱	۰٫۳۴۵۵۱	۰٫۵۰۰۰۰	۰٫۵۴۸۳۹	۰٫۰۶۱۶۸۱
همراه	۰٫۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۰۵۹	۰٫۰۲۹۴۱	۰٫۲۶۷۷۲	۰٫۰۰۹۳۵۷
وبصادر	۰٫۰۸۲۳۴	۰٫۰۰۶۱۱	۰٫۱۴۷۰۶	۰٫۳۶۱۷۰	۰٫۰۳۳۰۶۱
حکشتی	۰٫۰۵۰۰۳	۰٫۰۴۷۵۹	۰٫۱۱۷۶۵	۰٫۴۴۷۳۷	۰٫۰۱۸۵۶۱
خودرو	۰٫۰۷۵۲۳	۰٫۰۱۲۳۸	۰٫۲۰۵۸۸	۰٫۴۰۴۷۶	۰٫۰۴۰۸۵
شبریز	۰٫۰۳۲۱۹	۰٫۲۳۲۰۱	۰٫۲۹۴۱۲	۰٫۵۰۷۴۶	۰٫۰۳۵۳۶۸
جم	۰٫۰۰۰۰۰	۰٫۰۰۷۸۶	۰٫۰۲۹۴۱	۰٫۲۹۰۶۰	۰٫۰۰۸۴۹۶
نوری	۰٫۰۵۸۸۲	۰٫۰۸۱۸۷	۰٫۱۱۷۶۵	۰٫۴۰۴۷۶	۰٫۰۱۹۹۷۵
کگل	۰٫۰۰۶۸۷	۰٫۲۱۵۱۹	۰٫۲۶۴۷۱	۰٫۴۷۸۸۷	۰٫۰۳۰۲۸

جدول ۱. اندازه گیری معیارهای مرکزیت برای سهام

	مرکزیت درجه	مرکزیت نزدیکی	مرکزیت مقادیر ویژه	مرکزیت بینابین	رتبه صفحه
شنا	۰,۰۰۷۱۹	۰,۲۲۰۶۷	۰,۲۶۴۷۱	۰,۴۷۲۲۲	۰,۰۳۱۳۳۵
شتران	۰,۰۹۳۹۶	۰,۲۴۷۳۵	۰,۳۲۳۵۳	۰,۵۳۱۲۵	۰,۰۳۹۲۱۶
ومعادن	۰,۰۲۸۸۰	۰,۲۲۴۷۳	۰,۲۹۴۱۲	۰,۴۸۵۷۱	۰,۰۳۵۰۹
و تجارت	۰,۰۰۰۰۰	۰,۰۰۱۷۸	۰,۰۵۸۸۲	۰,۳۰۳۵۷	۰,۰۱۵۸۴۱
خساپا	۰,۰۱۲۱۷	۰,۰۰۸۰۵	۰,۱۴۷۰۶	۰,۳۷۷۷۸	۰,۰۲۸۵۴۵
مبین	۰,۰۰۰۰۰	۰,۰۶۱۵۰	۰,۰۵۸۸۲	۰,۳۶۹۵۷	۰,۰۰۹۹۲۶
تاپیکو	۰,۰۶۴۸۷	۰,۲۹۵۰۳	۰,۴۱۱۷۶	۰,۵۲۳۰۸	۰,۰۴۸۱۳۱
و صندوق	۰,۰۲۹۲۰	۰,۰۸۲۷۷	۰,۱۱۷۶۵	۰,۴۲۵۰۰	۰,۰۱۷۱۸۶
شپدیس	۰,۰۰۹۰۹	۰,۱۹۵۴۴	۰,۲۳۵۲۹	۰,۴۴۷۳۷	۰,۰۲۸۵۵۷
وبانک	۰,۰۳۸۷۲	۰,۱۴۸۲۹	۰,۱۷۶۴۷	۰,۴۷۲۲۲	۰,۰۲۳۲۴۹
فخوز	۰,۰۱۰۴۰	۰,۱۹۴۰۲	۰,۲۳۵۲۹	۰,۴۴۱۵۶	۰,۰۲۸۶۲۲
فولاد	۰,۰۱۱۷۲	۰,۲۶۱۴۴	۰,۳۲۳۵۳	۰,۴۹۲۷۵	۰,۰۳۸۳۶۶
کاوه	۰,۰۸۵۳۱	۰,۲۶۵۳۰	۰,۳۸۲۳۵	۰,۵۱۵۱۵	۰,۰۴۵۴۰۱
کچاد	۰,۰۰۰۵۸	۰,۰۶۵۶۸	۰,۰۸۸۲۴	۰,۳۶۱۷۰	۰,۰۱۳۰۹۹
شیران	۰,۰۰۰۸۱	۰,۰۳۶۳۵	۰,۰۵۸۸۲	۰,۳۶۱۷۰	۰,۰۱۰۳۶۱
خگستر	۰,۰۰۰۰۰	۰,۰۰۷۵۲	۰,۱۱۷۶۵	۰,۳۶۵۵۹	۰,۰۲۳۱۶

در جدول زیر شرکت‌ها بر اساس معیارهای مرکزیت رتبه‌بندی شده‌اند و برای هر پنج روش از بیشترین به کمترین معیار مرکزیت مرتب‌شده‌اند. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود شرکت پتـرول در هر ۵ روش بالاترین معیار مرکزیت را داشته است واساپا رتبه دوم معیار مرکزیـت درجـه را کسـب کرد و غدیر برای چهار روش دیگر رتبه دوم را کسب کرد.

جدول ۲. ۲۵ شرکت با بالاترین معیار مرکزیت در ۵ روش

	مرکزیت درجه		مرکزیت نزدیکی		مرکزیت مقادیر ویژه		مرکزیت بینابین		رتبه صفحه
پترول	۰,۲۴۱۵	پترول	۰,۳۵۴۳	پترول	۰,۵۲۹۴	پترول	۰,۶۰۷۱	پترول	۰,۰۶۲۶۲
وساپا	۰,۱۷۱۸	وغدیر	۰,۳۴۵۵	وغدیر	۰,۵۰۰۰	وغدیر	۰,۵۴۸۴	وغدیر	۰,۰۶۱۶۸
وخوارزم	۰,۱۲۷۳	تاپیکو	۰,۲۹۵۰	تاپیکو	۰,۴۱۱۸	شتران	۰,۵۳۱۳	تاپیکو	۰,۰۴۸۱۳
شتران	۰,۰۹۴۰	کاوه	۰,۲۶۵۳	کاوه	۰,۳۸۲۴	تاپیکو	۰,۵۲۳۱	کاوه	۰,۰۴۵۴۰
کاوه	۰,۰۸۵۳	فولاد	۰,۲۶۱۴	پارسان	۰,۳۲۳۵	کاوه	۰,۵۱۵۲	خودرو	۰,۰۴۰۸۵
وبصادر	۰,۰۸۲۳	شتران	۰,۲۴۷۳	شتران	۰,۳۲۳۵	پارسان	۰,۵۰۷۵	شتران	۰,۰۳۹۲۲
وغدیر	۰,۰۸۱۹	فملی	۰,۲۳۸۰	فولاد	۰,۳۲۳۵	شبریز	۰,۵۰۷۵	پارسان	۰,۰۳۸۷۸
خودرو	۰,۰۷۵۲	پارسان	۰,۲۳۴۲	فملی	۰,۲۹۴۱	فولاد	۰,۴۹۲۸	فولاد	۰,۰۳۸۳۷
تاپیکو	۰,۰۶۴۹	شبریز	۰,۲۳۲۰	شبریز	۰,۲۹۴۱	وساپا	۰,۴۸۵۷	فملی	۰,۰۳۵۴۱
نوری	۰,۰۵۸۸	ومعادن	۰,۲۲۴۷	ومعادن	۰,۲۹۴۱	ومعادن	۰,۴۸۵۷	شبریز	۰,۰۳۵۳۷
حکشتی	۰,۰۵۰۰	شنا	۰,۲۲۰۷	کگل	۰,۲۶۴۷	فارس	۰,۴۷۸۹	ومعادن	۰,۰۳۵۰۹
پارسان	۰,۰۴۶۴	کگل	۰,۲۱۵۲	شنا	۰,۲۶۴۷	کگل	۰,۴۷۸۹	وبصادر	۰,۰۳۳۰۶
وبانک	۰,۰۳۸۷	شپدیس	۰,۱۹۵۴	شپدیس	۰,۲۳۵۳	شنا	۰,۴۷۲۲	شنا	۰,۰۳۱۳۴
شبریز	۰,۰۳۲۲	فخوز	۰,۱۹۴۰	فخوز	۰,۲۳۵۳	وبانک	۰,۴۷۲۲	وساپا	۰,۰۳۰۶۸
فارس	۰,۰۲۹۸	وبانک	۰,۱۴۸۳	خودرو	۰,۲۰۵۹	فملی	۰,۴۵۳۳	کگل	۰,۰۳۰۲۸
و صندوق	۰,۰۲۹۲	فارس	۰,۱۲۸۲	فارس	۰,۱۷۶۵	وخوارزم	۰,۴۴۷۴	فخوز	۰,۰۲۸۶۲
ومعادن	۰,۰۲۸۸	شبندر	۰,۱۱۳۲	وساپا	۰,۱۷۶۵	حکشتی	۰,۴۴۷۴	شپدیس	۰,۰۲۸۵۶
رمپنا	۰,۰۲۳۰	و صندوق	۰,۰۸۲۸	شبندر	۰,۱۷۶۵	شپدیس	۰,۴۴۷۴	خساپا	۰,۰۲۸۵۴
شبندر	۰,۰۱۷۱	نوری	۰,۰۸۱۹	وبانک	۰,۱۷۶۵	فخوز	۰,۴۴۱۶	خبهمن	۰,۰۲۷۵۲
خبهمن	۰,۰۱۵۹	کچاد	۰,۰۶۵۷	وخوارزم	۰,۱۴۷۱	و صندوق	۰,۴۲۵۰	وخوارزم	۰,۰۲۵۴۴
خساپا	۰,۰۱۲۲	مبین	۰,۰۶۱۵	خبهمن	۰,۱۴۷۱	شبندر	۰,۴۱۴۶	شبندر	۰,۰۲۳۷۷
فولاد	۰,۰۱۱۷	وساپا	۰,۰۴۹۸	وبصادر	۰,۱۴۷۱	خودرو	۰,۴۰۴۸	فارس	۰,۰۲۳۲۶
بترانس	۰,۰۱۰۹	حکشتی	۰,۰۴۷۶	خساپا	۰,۱۴۷۱	نوری	۰,۴۰۴۸	وبانک	۰,۰۲۳۲۵

جدول ۲. ۲۵ شرکت با بالاترین معیار مرکزیت در ۵ روش

	مرکزیت درجه		مرکزیت نزدیکی		مرکزیت مقادیر ویژه		مرکزیت بینابین		رتبه صفحه
فخوز	۰،۰۱۰۴	وخوارزم	۰،۰۴۰۸	رمپنا	۰،۱۱۷۶	رمپنا	۰،۳۸۲۰	خگستر	۰،۰۲۳۱۶

همان‌طور که گفته شد، معیار درجه مرکزیت به پیوند مستقیم سهام در شبکه مالی اشاره دارد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که نمادهای «پترول»، «واساپا» و «خوارزم»، «شتران» و «کاوه» پنج نمادی هستند که بیشترین تأثیر را بر شبکه مالی دارند.

شاخص مرکزیت نزدیکی نشان‌می‌دهد که یک گره میانگین طول کوتاه‌ترین مسیرهای بین گره و سایر گره‌های شبکه را دارد. بنابراین گره‌هایی با مرکزیت نزدیکی بالاتر در شبکه قدرت بیشتری دارند و نقش مرکزی بیشتری دارند. نتایج نشان‌می‌دهد که نمادهای «پترول»، «وغدیر»، «تاپیکو»، «کاوه» و «فولاد» پنج نماد با بیشترین نقش محوری در بورس هستند.

مقادیر ویژه تأثیر یک گره را بر اساس تعداد پیوندهایی که با گره‌های دیگر در شبکه دارد اندازه‌گیری می‌کند. نمادهای «پترول»، «وغدیر»، «تاپیکو «کاوه» و «فارسان» پنج نماد با بیشترین تعداد پیوند با سایر گره‌های شبکه هستند.

سهام با مرکزیت میانی بالا می‌توانند جریان اطلاعات را کنترل کنند؛ زیرا پل‌های حیاتی را بین سایر سهام یا گروه‌های سهام تشکیل می‌دهند. نمادهای «پترول»، «وغدیر»، «شتران»، «تاپیکو» و «کاوه» پنج نمادی هستند که بیشترین میزان مرکزیت میانی را دارند.

رتبه صفحه نشان‌دهنده گره‌ای است که نقش اساسی ایفا می‌کند و با گره‌های بیشتری مرتبط است و اهمیت بیشتری دارد. «پترول»، «وغدیر»، «تاپیکو«،» کاوه» و «پارسان» پنج نمادی هستند که اساسی‌ترین نقش را در شبکه بورس دارند.

جدول (۳) شباهت خروجی هر پنج روش محاسبه معیار مرکزیت را با یکدیگر نشان‌می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود، روش‌های مرکزیت ارزش ویژه و رتبه صفحه بیشترین شباهت را دارند (۰/۹۵۵)، در حالی که روش‌های مرکزیت درجه و مرکزیت نزدیکی کمترین شباهت را دارند(۳۸,۰).

جدول (۳) ماتریس مشابهت معیارهای مرکزیت درجه

	مرکزیت درجه	مرکزیت نزدیکی	مرکزیت مقادیر ویژه	مرکزیت بینابین	رتبه صفحه
مرکزیت درجه	۱,۰۰۰	۰,۳۱۸	۰,۵۲۰	۰,۵۹۲	۰,۶۱۶
مرکزیت نزدیکی	۰,۳۱۸	۱,۰۰۰	۰,۹۲۵	۰,۸۷۰	۰,۷۷۹
مرکزیت مقادیر ویژه	۰,۵۲۰	۰,۹۲۵	۱,۰۰۰	۰,۸۹۸	۰,۹۵۵
مرکزیت بینابین	۰,۵۹۲	۰,۸۷۰	۰,۸۹۸	۱,۰۰۰	۰,۸۲۲
رتبه صفحه	۰,۶۱۶	۰,۷۷۹	۰,۹۵۵	۰,۸۲۲	۱,۰۰۰

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تجزیه‌وتحلیل شبکه سهام یک روش محبوب برای تجزیه‌وتحلیل روابط پیچیده در داده‌ها است. هدف این پژوهش بررسی شبکه سهام و مهم‌تر از آن بررسی معیارهای تعیین شده هر سهم در بازار بود.

این پژوهش ضمن بهره‌گیری از پنج معیار مرکزیت به‌منظور اندازه‌گیری روابط بین سهام، سبدی با ۲۵ سهم از بالاترین معیار مرکزیت شناسایی شود. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به سرمایه گذاران و افراد فعال در بازار سرمایه در شناسایی سهام پیشرو بازار و انتخاب سبد سرمایه‌گذاری مناسب کمک کند.

با بررسی پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت در صورتی که معیارهای مرکزیت برای سهام اندازه گیری شود، سهامی که دارای میزان نسبی بالاتری از هرکدام از معیارها را دارا باشد می‌تواند تأثیر بیشتری بر دیگر سهام بازار داشته‌باشد از این رو نحوه تخصیص سرمایه به چنین سهامی می تواند برای سرمایه‌گذاران مسئله مهمی محسوب شود لذا پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده این بررسی بر روی تعداد بیشتری از سهام و معیارهای بیشتری صورت گیرد.

در ادامه، چند پیشنهاد پژوهشی برای پژوهشگران علاقه‌مند در این حوزه ارائه می‌شود: تجزیه و تحلیل روند زمانی معیارهای مرکزیت: در این پژوهش، معیارهای مرکزیت به‌صورت

استاتیک بررسی شدند. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، روند زمانی این معیارها نیز بررسی شود تا بتوان تأثیر آنها بر عملکرد سهام در بلندمدت را بهتر درک کرد.

تجزیه و تحلیل روند زمانی معیارهای مرکزیت می‌تواند به درک بهتر تأثیر این معیارها بر عملکرد سهام در بلندمدت کمک کند. به‌عنوان مثال، اگر یک سهام دارای روند صعودی در مرکزیت خود باشد، می‌توان انتظار داشت که عملکرد این سهام در بلندمدت نیز صعودی باشد. استفاده از روش‌های یادگیری ماشینی:. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، از روش‌های یادگیری ماشینی پیشرفته‌تری استفاده شود تا بتوان سهام پیشرو بازار را با دقت بیشتری شناسایی کرد. تحلیل تأثیر عوامل خارجی بر معیارهای مرکزیت: در این پژوهش، عوامل داخلی شرکت‌ها (قیمت سهم) بر معیارهای مرکزیت تأثیرگذار بودند. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، تأثیر عوامل خارجی مانند شرایط اقتصادی، سیاسی و اجتماعی نیز بر معیارهای مرکزیت بررسی شود.

فهرست منابع

Allen, F., & Gale, D. (2000). Financial contagion. **Journal of political economy**, **108**(1), 1-33.

Al-Taie, M. Z., & Kadry, S. (2017). **Python for graph and network analysis**. Springer.

Bhattacharjee, B., Shafi, M., & Acharjee, A. (2017). Investigating the evolution of linkage dynamics among equity markets using network models and measures: The case of asian equity market integration. **Data**, **2**(4), 41.

Bechis, L. (2020). Machine learning portfolio optimization: hierarchical risk parity and modern portfolio theory

Chen, H., Xiao, K., Sun, J., & Wu, S. (2017). A double-layer neural network framework for high-frequency forecasting. **ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)**, **7**(4), 1-17.

Chi, K. T., Liu, J., & Lau, F. C. (2010). A network perspective of the stock market. **Journal of Empirical Finance**, **17**(4), 659-667.

de Pontes, L. S., & Rêgo, L. C. (2022). Impact of macroeconomic variables on the topological structure of the Brazilian stock market: A complex network approach. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 604, 127660.

George, Susan, and Manoj Changat. 2017. "Network Approach for Stock Market Data Mining and Portfolio Analysis." In 2017 International Conference on Networks & Advances in Computational Technologies (NetACT), IEEE, 251–56.

Huang, Wei-Qiang, Xin-Tian Zhuang, and Shuang Yao. 2009. "A Network Analysis of the Chinese Stock Market." **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications** 388(14): 2956–64.

Hüttner, Amelie, Jan-Frederik Mai, and Stefano Mineo. 2018. "Portfolio Selection Based on Graphs: Does It Align with Markowitz-Optimal Portfolios? " **Dependence Modeling** 6(1): 63–87.

Kullmann, L, J Kertesz, and R N Mantegna. 2000. "Identification of Clusters of Companies in Stock Indices via Potts Super-Paramagnetic Transitions." **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications** 287(3–4): 412–19.

Kumar, Sunil, and Nivedita Deo. 2012. "Correlation and Network Analysis of Global Financial Indices." **Physical Review E** 86(2): 26101.

Liu, Jing, Chi K Tse, and Keqing He. 2011. "Fierce Stock Market Fluctuation Disrupts Scalefree Distribution." **Quantitative Finance** 11(6): 817–23.

Mantegna, R. N. (1999). Hierarchical structure in financial markets. **The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems**, 11(1), 193-197.

Nourahmadi, M., & Sadeghi, H. (2023). Application of Threshold-based Filtered Networks in Stock Portfolio Selection and Performance Evaluation. **Financial Economics**, **17**(64), 1-26. doi: 10.30495/fed.2023.705588(in persian)

Nourahmadi, M., & Sadeqi, H. (2022). The Application of the Main Components in Investment Basket Management: A Case Study of Fifty Stock Exchange Companies. **Scientific Journal of Budget and Finance Strategic Research**, **3**(1), 95-71. (in persian)

Onnela, J-P et al. 2003. "Dynamics of Market Correlations: Taxonomy and Portfolio Analysis." **Physical Review E** 68(5): 56110.

Rasti, F., & Sadeqi, H. (2021). Development of Financial Networks Based on Cointegration Concept (A Study on Tehran Stock Exchange). Financial Engineering and Portfolio Management, 12(46), 235-254. (in persian)

Vizgunov, Arsenii et al. 2014. "Network Approach for the Russian Stock Market." Computational Management Science 11(1–2): 45–55.
Wei, K C John, Yu-Jane Liu, Chau-Chen Yang, and Guey-Shiang Chaung. 1995. "Volatility and Price Change Spillover Effects across the Developed and Emerging Markets." Pacific-Basin Finance Journal 3(1): 113–36.
Zhang, P., Wang, T., & Yan, J. (2022). PageRank centrality and algorithms for weighted, directed networks. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 586, 126438.