Financial Research Journal

Print ISSN: 1024-8153
Online ISSN: 2423-5377

An Analysis of Centrality's Features as a New Measure for Network Analysis, Risk Measurement & Portfolio Selection

Saeed Fallahpour
Assistant Prof., Department of Finance and Insurance, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: falahpor@ut.ac.ir

Ali Ghahramani
*Corresponding Author, MSc., Department of Finance and Insurance, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: a.ghahramani90@gmail.com

Abstract

Objective: In network theory, centrality is a measure to estimate importance and influence of a special node to the whole network structure. The aim of this research is to investigate the characteristics of stock centrality and its reliability in risk estimation and portfolio selection.

Methods: First in this paper, we analyzed the relationship between stock's centrality & benchmark risk estimation measures like beta & standard deviation. Then, we analyzed the relationship between stock's centrality & Markowitz framework's weights; and finally, we introduced centrality-based portfolio selection strategy and compared it with other benchmarks, by different portfolio performance measures.

Results: Our observations indicate that in Tehran stock exchange, centrality can have an effective role in stocks risk estimation and there is a meaningful relation between centrality and other measures. We also observed that out that low central stocks can raise the benefits of portfolio diversification, and centrality-based portfolio selection method can have a better performance than other benchmark portfolio selection methods and results in a better risk adjusted return.

Conclusion: Stock centrality, as a measure to estimate importance and influence of member of a network, is capable of describing stock risk characteristics like other accepted measures. We can take advantage of this capability for portfolio selection.

Keywords: Centrality, Centrality based Strategy, Financial market network, Portfolio selection

Citation: Fallahpour, Saeed and Ghahramani, Ali (2021). An Analysis of Centrality's Features as a New Measure for Network Analysis, Risk Measurement & Portfolio Selection. *Financial Research Journal*, 23(2), 158-171. https://doi.org/10.22059/JFR.2018.241407.1006515 (*in Persian*)

Financial Research Journal, 2021, Vol. 23, No.2, pp. 158-171
DOI: 10.22059/JFR.2018.241407.1006515
Received: June 09, 2019; Accepted: February 03, 2021
Article Type: Research-based
© Faculty of Management, University of Tehran

تحقیقات مالی
شاپا چاپی: ۸۱۵۳-۱۰۲۴
شاپا الکترونیکی: ۵۳۷۷-۲۴۲۳

معرفی و بررسی ویژگی‌های مرکزیت به‌عنوان معیاری نوین برای تحلیل شبکه، سنجش ریسک و انتخاب پرتفوی سهام

سعید فلاح‌پور
استادیار، گروه مالی و بیمه، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: falahpor@ut.ac.ir

علی قهرمانی
* نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مالی و بیمه، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: a.ghahramani90@gmail.com

چکیده

هدف: مرکزیت، در تئوری شبکه، معیاری است برای برآورد میزان اهمیت و تأثیرگذاری یک عضو در ساختار کلی شبکه. هدف از این پژوهش، بررسی ویژگی‌های مرکزیت سهام و توانایی این معیار در تخمین ریسک و همچنین، امکان‌سنجی استفاده از این معیار برای تشکیل سبد سهام است.

روش: در این پژوهش، ابتدا به بررسی ارتباط مرکزیت سهام با معیارهای پُرکاربرد تخمین ریسک، مانند بتا و انحراف معیار بازدهی و همچنین، بررسی رابطهٔ مرکزیت سهام پرداخته شد. وزن معیارها با استفاده از چارچوب مارکویتز به‌دست آمد. در پایان، پس از معرفی استراتژی مبتنی بر مرکزیت برای انتخاب پرتفوی، به‌کمک معیارهای مختلف ارزیابی عملکرد، نتایج با سایر روش‌های پُرکاربرد مقایسه شد.

یافته‌ها: یافته‌ها حاکی از آن است که در بورس اوراق بهادار تهران، مرکزیت می‌تواند نقش مؤثری در تخمین ریسک سهام ایفا کند و ارتباط معناداری بین مرکزیت و سایر معیارها وجود دارد. همچنین مشخص شد که سهام با مرکزیت کمتر، منافع مربوط به متنوع‌سازی پرتفوی را افزایش می‌دهند و استراتژی انتخاب پرتفوی با استفاده از مرکزیت در مقایسه با سایر روش‌های پُرکاربرد انتخاب پرتفوی، عملکرد بهتری دارد و می‌تواند بازدهی موزون شده با ریسک بهتری خلق کند.

نتیجه‌گیری: مرکزیت سهام، به‌عنوان معیاری برای تعیین اهمیت و تأثیرگذاری هر عضو یک شبکه، می‌تواند مانند سایر معیارهای پذیرفته شده برای توصیف ریسک سهام، مفید واقع شود. این توانایی توصیف ریسک باعث می‌شود که بتوان از مرکزیت برای تشکیل پرتفوی سرمایه‌گذاری بهره برد.

کلیدواژه‌ها: استراتژی مبتنی بر مرکزیت، انتخاب پرتفوی، شبکه بازار مالی، مرکزیت

استناد: فلاح‌پور، سعید؛ قهرمانی، علی (۱۴۰۰). معرفی و بررسی ویژگی‌های مرکزیت به‌عنوان معیاری نوین برای تحلیل شبکه، سنجش ریسک و انتخاب پرتفوی سهام. *تحقیقات مالی*، ۲۳(۲)، ۱۵۸- ۱۷۱.

تحقیقات مالی، ۱۴۰۰، دوره ۲۳، شماره ۲، صص. ۱۵۸- ۱۷۱
DOI: 10.22059/JFR.2018.241407.1006515
دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۹، پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۵
نوع مقاله: عملی پژوهشی
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

مقدمه

امروزه، بازار سرمایه، معیاری برای توصیف وضعیت اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه شمرده می‌شود و پرداختن به مسائل مربوط به آن، به‌دلیل نقش بسیار مهم بازار سرمایه در فراهم آوردن امکان سرمایه‌گذاری افراد و تأمین مالی بنگاه‌های اقتصادی، حائز اهمیت است. سرمایه‌گذاری فعالان در بازار سرمایه، به‌طور عمده با هدف افزایش ثروت انجام می‌شود. از این رو، یافتن روشی قابل اتکا برای کسب بیشترین منفعت توسط سرمایه‌گذاران، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دو موضوع مهم و بحث‌برانگیز در پژوهش‌های مربوط به حداکثرسازی منفعت فعالان بازار سرمایه، روش انتخاب پرتفوی و چگونگی بهینه‌سازی آن است که اگرچه در ادبیات مربوطه بسیار به آنها پرداخته شده، این دو اصل مهم، همچنان با چالش‌ها و مسائل حل‌نشده فراوانی مواجه‌اند.

عملکرد برون نمونه‌ای تئوری مدرن پرتفوی که در مقاله اصلی مارکویتز[1] (۱۹۵۲) پایه‌گذاری شد، علی‌رغم تأثیر شایان توجه این مقاله، مطابق انتظارات نبود. در تحقیقات اخیر، محققان حوزه‌های مختلف مالی، بازارهای مالی را به‌صورت شبکه‌ای (گراف) در نظر گرفته‌اند که در آن، اوراق بهادار به‌عنوان نقاط و هم‌بستگی بازده آنها با یکدیگر، به‌عنوان پیوندهای ارتباطی (یال‌های گراف یا لینک[2]) بوده است. در تحقیقات مرتبط با شبکه، ایده نوین و جالب توجهی استفاده شده است؛ اما نتایج عمدتاً توصیفی هستند و رهنمود منسجمی برای انتخاب دارایی‌های سبد سرمایه‌گذاری ندارند. پرالتا و زارعی[3] (۲۰۱۶) تلاش کردند تا در ادامه این روند تحقیقاتی، برای تشکیل پرتفوی، ساختاری کارا تحت شبکه بازار مالی ایجاد کنند. نتایج این تحقیق، پلی بین چارچوب مارکویتز و نظریه شبکه ایجاد کرد. آنها مدعی شدند که استفاده از مرکزیت[4] برای انتخاب پرتفوی، منطق پایه‌ای مدل مارکویتز را حفظ می‌کند و عملکرد آن را بهبود می‌بخشد تا تخصیص ناکارای سرمایه را کاهش دهد. این تحقیق، رابطه معکوس بین وزن دارایی‌ها در پرتفوی و مرکزیت آنها در شبکه بازار مالی را نمایان ساخت که توجیه ساده‌ای دارد: دارایی‌هایی که به میزان زیادی درون شبکه بازار مالی نهادینه شده‌اند و مرکزیت بالایی دارند، با سایر نقاط شبکه (سایر اوراق) ارتباط بیشتری داشته و انتخاب آنها در پرتفوی سرمایه‌گذاری، منافع حاصل از متنوع‌سازی را کاهش می‌دهد. در حقیقت، مرکزیت سهام، بُعد سیستمی آن را در بازار مالی نشان می‌دهد و وزن اوراق در پرتفوی سرمایه‌گذاری، برایندی از عملکرد اختصاصی و ابعاد سیستمی آنهاست که این ابعاد سیستمی با مرکزیت اوراق در شبکه بازار مالی ارتباط دارند.

هدف از این پژوهش، بررسی ویژگی‌های مرکزیت سهام و همچنین، بررسی کارایی استراتژی انتخاب پرتفوی مبتنی بر مرکزیت، در بورس اوراق بهادار تهران است. نتایج این پژوهش، سرمایه‌گذاران را در راستای تشکیل پرتفوی بهینه و تخصیص کارای منابع مالی یاری می‌کند.

1. Markowitz
2. Link
3. Peralta & Zareei
4. Centraltiy

ادامه مقاله به این صورت ساختاربندی شده است: در بخش دوم پیشینه پژوهش، در بخش سوم روش‌شناسی پژوهش و در بخش چهارم یافته‌های پژوهش بیان می‌شود. بخش پایانی نیز به نتیجه‌گیری و پیشنهادها اختصاص یافته است.

پیشینه پژوهش

همان طور که گفته شد، پژوهش مارکویتز (۱۹۵۲)، تئوری مدرن پرتفوی را پایه‌گذاری کرد که در این چارچوب، سرمایه‌گذاران، تنها با استفاده از گشتاورهای اول و دوم توزیع بازده، ثروت خود را به‌صورت بهینه به مجموعه‌ای از دارایی‌ها اختصاص می‌دهند. پژوهش مرتون[1] (۱۹۸۰) و جابسون و کورکی[2] (۱۹۸۰) نشان داد که مقدار بالای خطای استاندارد در تخمین‌های به‌کار رفته در این مدل، یکی از عوامل اصلی عملکرد برون‌نمونه‌ای ضعیف آن است. طبق پژوهش دمیگل، گارلاپی و اوپال[3] (۲۰۰۹) زمانی که پژوهشگران در پی ابداع راه‌هایی برای کاهش ریسک تخمین در مدل مارکویتز برمی‌آیند، خطای تخمین، به‌وضوح مشاهده می‌شود.

در تحقیقات اخیر، بررسی عملکرد بازارهای مختلف مالی، به‌صورت شبکه‌ای از نقاط و خطوط ارتباطی و استفاده از تحلیل‌های مبتنی بر توپولوژی شبکه، در کانون توجه پژوهشگران حوزه‌های مختلف مالی قرار گرفته است. مانتگا[4] (۱۹۹۹) طی بررسی سهام شاخص داوجونز[5]، نشان داد که استفاده از کوچک‌ترین درخت پوشاننده، به تشخیص عوامل اصلی در تحقیقات تجربی کمک می‌کند. اونلا، چاکرابورتی، کاسکی، کرتز و کانتو[6] (۲۰۰۳) با بررسی ۴۷۷ سهم از سهام پذیرفته شده در بورس نیویورک، نشان دادند که استفاده از گراف به‌جای درخت، در بلندمدت به نتایج بهتری منجر می‌شود.

در تحقیقی جامع و بنیادین، بنانو و همکارانش[7] (۲۰۰۴) پس از بررسی شاخص‌های مختلف در ۱۰۰ شرکت با بیشترین سرمایه در بازارهای مختلف آمریکا، نشان دادند که تحلیل معیارهای ریخت‌شناسانه شبکه‌های مالی، در بازارهای مختلف، به نتایج معنادار منجر می‌شود. در ادامه، تسه، لیو و لاو[8] (۲۰۱۰) پس از بررسی جامع شبکه‌های مبتنی بر هم‌بستگی بازده، قیمت پایانی و حجم معامله سهام، به این نتیجه رسیدند که تنوع قیمتی سهام، از تعداد معدودی از سهام نشئت می‌گیرد. بیلیو، گتمانسکی، لو و پلیزن[9] (۲۰۱۲) طی بررسی بانک‌ها، صندوق‌ها، کارگزاری‌ها و همچنین، بیمهٔ آمریکا دریافتند که با استفاده از معیار میزان اتصال[10] هر نقطه در شبکه، می‌توان نهادهایی را شناسایی کرد که به تمام بازار شوک وارد می‌کنند. پرالتا[11] (۲۰۱۵) نشان داد که شبکه بازار مالی، در طول زمان پایدار و قابل اتکاست و

1. Merton
2. Jobson & Korkie
3. DeMiguel, Garlappi & Uppal
4. Mantegna
3. Dow Jones index
6. Onnela, Chakraborti, Kaski, Kertész & Kanto
7. Bonanno and et al.
8. Tse, Liu & Lau
9. Billio, Getmansky, Lo & Pelizzon,
10. Connectedness
11. Peralta

همچنین، میزان ریسک سیستماتیک سهام با استفاده از مفهوم مرکزیت، توجیه می‌شود. بَعد از این، تحقیقات مبتنی بر شبکه، از توصیفی‌بودن فاصله گرفت و به تحقیقات کاربردی تبدیل شد. پرالتا و زارعی (۲۰۱۶) در تحقیقی جامع با تعریف استراتژی انتخاب پرتفوی با استفاده از مفهوم مرکزیت، به نتایج بهتری از مدل مارکویتز و حتی مدل ساده $1/N$دست یافتند.

روش‌شناسی پژوهش

مدل مفهومی

معیار مرکزیت، در ابتدا، برای تحلیل شبکه‌های اجتماعی و با هدف مشخص‌کردن سطح اهمیت و تأثیرگذاری نقاط مختلف در شبکه اجتماعی استفاده شد. طبق تحقیق فریمن[1] (۱۹۷۸)، در ادبیات تئوری شبکه، تعاریف و روش‌های متعددی برای محاسبه مرکزیت وجود دارد که یکی از آنها مرکزیت بردار ویژه[2] است که بناکیچ[3] (۱۹۷۲) آن را مطرح کرد و به معیار استاندارد در تحلیل شبکه تبدیل شد.

در این پژوهش از $G = \{N, \omega\}$ به‌عنوان شبکه‌ای یاد می‌شود که از مجموعه نقاط $N = \{1,2,3, \dots, n\}$ و مجموعه خطوط ω تشکیل شده است و نقاط را به یکدیگر متصل می‌کنند. پس اگر بین نقاط i و j خطی وجود داشته باشد، در نتیجه $(i, j) \in \omega$. روش دیگر برای بیان اطلاعات شبکه، استفاده از ماتریس مجاورت $n \times n$ به‌صورت $\Omega = [\Omega_{i,j}]$ است که درایه‌های این ماتریس، یعنی $\Omega_{i,j}$، در صورت نداشتن ارتباط بین نقاط i و j برابر با صفر و در صورت داشتن ارتباط، مخالف صفر هستند.

شبکه G غیرجهت‌دار خوانده می‌شود؛ اما در صورتی که رابطه بین هیچ جفت نقطه‌ای، به جهت حرکت بستگی نداشته باشد، یعنی $\Omega = \Omega^{T}$. طبق تعریف بناکیچ (۱۹۷۲ و ۱۹۸۷)، مرکزیت بردار ویژه نقطه i که با v_i نشان داده می‌شود، برابر با جمع نسبی مرکزیت نقاط همسایه (نقاطی که نقطه مدنظر با خط به آنها متصل شده است) آن است. نیومن[4] (۲۰۰۴) با تعمیم این تعریف، مرکزیت بردار ویژه نقطه i را به‌صورت جمع وزن‌دار نقاط همسایه آن تعریف کرد که در این رابطه از $\Omega_{i,j}$ به‌عنوان وزن استفاده می‌شود و عبارت ریاضی آن به‌صورت زیر است:

$$v_i = \lambda^{-1} \sum_j \Omega_{i,j} v_j \qquad \text{رابطه ۱)}$$

در این رابطه، v_i نشان‌دهنده مرکزیت بردار ویژه نقطه i، مجموعه j و مجموعه نقاط همسایه i است. $\Omega_{i,j}$ نشان‌دهنده هم‌بستگی بازده سهم i و j و λ بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس هم‌بستگی بین نقاط است. از این رابطه پیداست که برای محاسبات مرکزیت برای بازار مالی، از ماتریس هم‌بستگی سهام، به‌عنوان ماتریس مجاورت استفاده

1. Freeman
2. Eigenvector Centrality
3. Bonacich
4. Newman

می‌شود که هنگام محاسبه آن، ماتریس کوواریانس سهام با استفاده از روش شرینکیج[1] محاسبه می‌شود تا خطای برآورد ماتریس کوواریانس به روش سنتی، کاهش یابد و نتایج از دقت بالاتری برخوردار شود. گفتنی است که لدویت و ولف[2] این روش را در سال ۲۰۰۴ پیشنهاد کردند.

مدل بررسی شده در پژوهش

در این پژوهش، ابتدا با استفاده از رابطه ۱، مرکزیت سهام محاسبه می‌شود و پس از آن، ویژگی‌های مرکزیت سهام در بورس اوراق بهادار تهران بررسی خواهد شد. در محاسبه مرکزیت سهام، توجه به دو نکته ضروری است:

۱. برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر، از تمامی سهام موجود در بورس اوراق بهادار تهران، سهام شرکت‌هایی که از ویژگی‌های زیر برخوردار بوده‌اند، بررسی شده است:
   - سهم حداقل، در ۷۵ درصد از روزهای معاملاتی شرکت بازه زمانی مورد بررسی معامله شده و دارای داده قیمت باشد.
   - سهم حداقل، در ۴۰ درصد از روزهای معاملاتی هر فصل (سه‌ماهه) شرکت، در طول بازه مورد بررسی، معامله شده و دارای داده قیمت باشد.
۲. برای اینکه محاسبات به‌صورت کامل انجام شود و همچنین، از صفر شدن دترمینان ماتریس شبکه و مقادیر ویژه آن (با توجه به رابطه ۱) جلوگیری شود، به‌منظور محاسبه شبکه سهام، از کوچک‌ترین درخت پوشاننده[3] استفاده نشده است.

دمیگل و همکارانش (۲۰۰۹) نشان دادند که روش $1/N$، در میان روش‌های مشهور انتخاب پرتفوی، یکی از روش‌های برتر است، از سوی دیگر، دسمولیس لبالت و خروبی لاکوتومالالا[4] (۲۰۱۲) نشان دادند که منفعت بهینه ناشی از متنوع‌سازی، از خرید حدود ۲۰ سهم به‌دست می‌آید، با توجه به نتایج این دو پژوهش، استراتژی انتخاب پرتفوی با استفاده از مرکزیت بدین صورت خواهد بود که در هر دوره درون‌نمونه، مرکزیت سهام محاسبه می‌شود، سپس تعداد ۲۰ سهم از سهامی که کمترین مرکزیت را دارند با اوزان مساوی، برای دوره برون‌نمونه خریداری می‌شود.

در ادامه، عملکرد استراتژی مبتنی بر مرکزیت با سه روش دیگر که در زیر به اختصار معرفی شده، مقایسه می‌شود:

۱. روش ساده $1/N$: در این روش با فرض اینکه N دارایی در پرتفوی وجود داشته باشد، نسبت $1/N$ از سرمایه، به هر دارایی اختصاص داده می‌شود.
۲. روش میانگین ـ واریانس[5]: در مدل میانگین ـ واریانس مارکویتز، سرمایه‌گذار به‌دنبال بهینه‌کردن تعادل میانگین و واریانس بازده پرتفوی است. وزن سهام در این روش از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

1. Shrinkage
2. Ledoit & Wolf
3. Minimum Spanning Tree (MST)
4. Desmoulins-Lebeault and Kharoubi-Rakotomalala
5. Mean - variance

$$w_{mw}^{*}=\frac{R^{e}}{\mu^{eT}\Sigma^{-1}\mu^{e}}\Sigma^{-1}\mu^{e}$$ رابطه ۲)

۳. روش حداقل واریانس[1]: در این روش، پرتفوی از دارایی‌های ریسکی انتخاب می‌شود که واریانس بازده پرتفوی را حداقل کند. در اجرای این روش، بازده مورد انتظار به‌طور کامل نادیده گرفته می‌شود و فقط تخمین ماتریس واریانس ـ کوواریانس ضروری است. وزن سهام در این روش از رابطه ۳ به‌دست می‌آید:

$$w_{\min v}^{*}=\frac{1}{1^{T}\Sigma^{-1}1}\Sigma^{-1}1$$ رابطه ۳)

در رابطه‌های ۲ و ۳، w^{*}_{mv} و $w^{*}_{\min v}$ به‌ترتیب نشان‌دهنده وزن سهام در روش میانگین ـ واریانس و حداقل واریانس است، Σ ماتریس کوواریانس سهام و R^{e} و μ^{e} نیز به‌ترتیب نشان‌دهنده صرف ریسک پرتفوی هدف روش میانگین واریانس و بردار صرف ریسک میانگین بازدهی سهام است. 1 نیز ماتریسی ستونی است که همه درایه‌های آن برابر ۱ است.

۴. روش معکوس استراتژی مبتنی بر مرکزیت: برای اطمینان از این نکته که نتایج استراتژی مبتنی بر مرکزیت، به‌دلیل تصادف به‌دست نیامده است، مدل معکوس آن نیز بررسی می‌شود که در ابتدای دوره برون‌نمونه، ۱۵ سهم با بیشترین مرکزیت و وزن‌های مساوی، خریداری می‌شوند.

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش، برای پیاده‌سازی استراتژی مبتنی بر مرکزیت، از داده قیمت سهام کلیه شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران، در مدت ۶ سال (از ابتدای دی ۱۳۸۹ تا انتهای آذر ۱۳۹۵) استفاده شده است. همچنین، برای محاسبه بتا و نسبت‌های شارپ و ترینر، از نرخ سود اوراق مشارکت یک‌ساله به‌عنوان نرخ بازده بدون ریسک و شاخص کل بورس به‌عنوان معیاری برای محاسبه بازده بازار در همان بازه زمانی استفاده شده است. قیمت سهم شرکت‌های مختلف، به‌صورت تعدیل شده و با توجه به افزایش سرمایه و سود نقدی، از نرم‌افزار TseClient استخراج شده است.

سؤال‌های پژوهش

هدف از این پژوهش، بررسی ویژگی‌های مرکزیت سهام در بورس اوراق بهادار تهران و همچنین بررسی کارایی استراتژی انتخاب پرتفوی بر مبنای مرکزیت سهام است. بنابراین سؤال‌های پژوهش به‌شرح زیر بیان می‌شود:

- آیا مرکزیت سهام، در طول زمان، پایداری لازم برای قابل اتکا بودن را دارد؟
- مرکزیت سهام با معیار ریسک سیستماتیک (بتا)، معیار ریسک کلی بازده سهام (انحراف معیار بازدهی) و وزن اختصاص‌یافته به هر سهم در استراتژی‌های حداقل واریانس و میانگین ـ واریانس چه رابطه‌ای دارد؟

1. Minimum variance

- آیا استراتژی انتخاب پرتفوی مبتنی بر مرکزیت، در مقایسه با استراتژی‌های حداقل واریانس، میانگین ـ واریانس و روش ساده $1/N$ عملکرد بهتری دارد؟

معیارهای مورد استفاده برای سنجش

در این پژوهش، برای بررسی ارتباط مرکزیت سهام با معیارهای بتا، انحراف معیار بازدهی و وزن‌های محاسبه شده از مدل‌های حداقل واریانس و میانگین ـ واریانس، از آماره tstudent به‌دست آمده از رگرسیون استفاده شده است. همچنین، برای بررسی عملکرد استراتژی‌های انتخاب پرتفوی، از انحراف معیار، بتا و نسبت‌های شارپ[1]، ترینر[2]، M[2]، اطلاعات[3] و سورتینو[4] استفاده شده است. نحوه محاسبه این نسبت‌ها، به‌ترتیب در رابطه‌های ۴ تا ۸ مشاهده می‌شود.

رابطه ۴)
$$SR_p = \frac{\bar{r}_p - \bar{r}_f}{\sigma_p}$$

رابطه ۵)
$$T_p = \frac{\bar{r}_p - \bar{r}_f}{\beta_p}$$

رابطه ۶)
$$M^2{}_p = \bar{r}_f + (\frac{\bar{r}_p - \bar{r}_f}{\beta_p})\sigma_m$$

رابطه ۷)
$$IR_p = \frac{\bar{r}_p - \bar{r}_{bp}}{\sigma(r_p - r_{bp})}$$

رابطه ۸)
$$S_p = \frac{\bar{r}_p - MAR}{DR}$$

در این رابطه‌ها، r_{bp} بازده پرتفوی مبنا، MAR حداقل بازده قابل قبول[5] و DR ریسک نامطلوب[6] است.

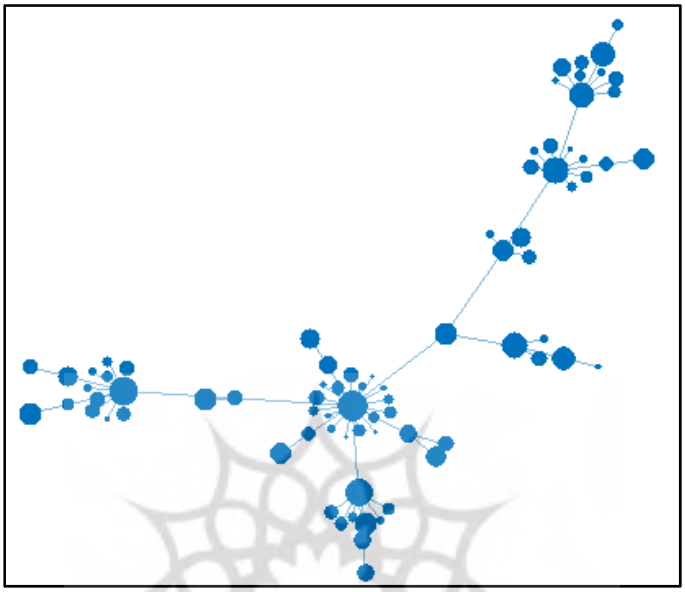
یافته‌های پژوهش

پایداری مرکزیت

در شکل ۱، شبکه بورس اوراق بهادار تهران (سهم‌های مورد بررسی) رسم شده است. در این شکل، نقاط نمایان‌کننده سهام و خطوط گویای ارتباط آنها در کوچک‌ترین درخت پوشاننده است. اندازه نقاط نیز، مرکزیت سهام را نشان می‌دهد.

1. Sharpe Ratio
2. Treynor Ratio
3. Information Ratio
4. Sortino Ratio
5. Minimum Acceptable Return
6. Downside Risk

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مطابق تعریف مرکزیت بردار ویژه، نقاطی که بـا تعـداد زیـادی از نقـاط دیگـر در ارتبـاط هستند، مرکزیت بالاتری نسبت به سایرین دارند و بیشتر از سایرین در شبکه نهادینه شده‌اند.



شکل ۱. ارتباط سهام و مرکزیت آنها در کوچک‌ترین درخت پوشاننده شبکه

با توجه به اینکه تحلیل مبتنی بر شبکه، به بازار مدنظر نگاه سیستماتیک دارد، پایداری نسـبی رفتـار کلـی شـبکه و معیار مدنظر (در اینجا مرکزیت)، می‌تواند حاکی از قابل اتکا بودن این تحلیل باشد. در گام نخست، برای بررسی چگونگی رفتار شبکه بورس اوراق بهادار تهران، پایداری این شبکه در طول زمان بررسی شده است. بدین منظور، مرکزیت سـهام، در بازه‌های زمانی ۱ تا ۶ ساله محاسبه و رتبه‌بندی شد و در سه طبقه مرکزیت بالا، مرکزیت متوسـط و مرکزیـت پـایین قرار گرفت، سپس درصد تعداد سهامی که دسته آنها از یک بازه زمانی به بازه دیگر تغییر یافتـه، محاسـبه شـد. آنچـه در جدول ۱ مشاهده می‌شود، نتایج مراحل بیان شده است.

جدول ۱. تغییر مرکزیت سهام در بازه‌های مختلف زمانی

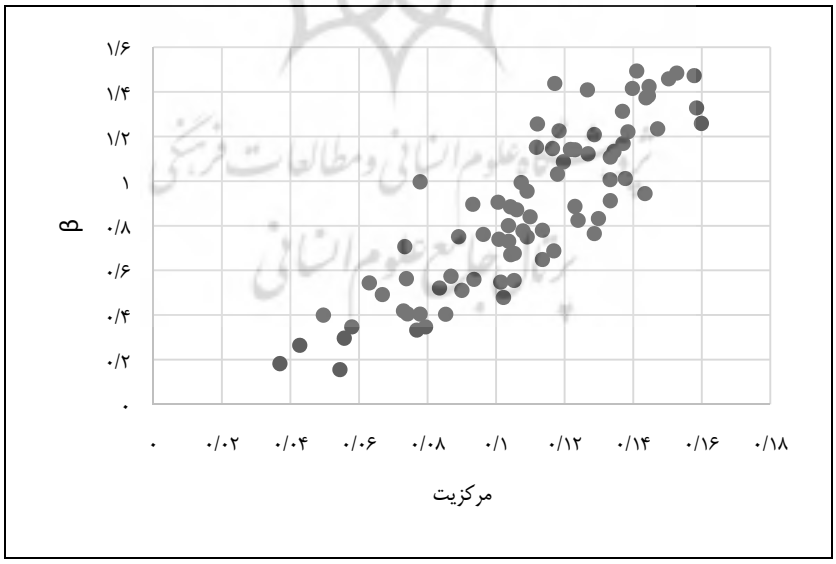
	از بازه ۱ساله به ۲ساله	از بازه ۲ساله به ۳ساله	از بازه ۳ساله به ٤ساله	از بازه ٤ساله به ٥ساله	از بازه ٥ساله به ٦ساله
درصـد سـهام انتقـال یافتـه از دسـته بـا مرکزیت بالاتر، به دسته با مرکزیت پایین‌تر	۱۵/۲	۱۱/۴	۵/۱	۲/۵	۶/۳
درصـد سـهام انتقـال یافتـه از دسـته بـا مرکزیت پایین‌تر، به دسته با مرکزیت بالاتر	۱۵/۲	۱۱/۴	۵/۱	۲/۵	۶/۳
درصـد سـهامی کـه در دسـته خـود بـاقی مانده‌اند	۶۹/۶	۷۷/۲	۸۹/۹	۹۴/۹	۸۷/۳

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، با تغییر بازه زمانی نمونه‌گیری، درصد بالایی از سهام جایگاه کلی خود را در شبکه بازار بورس اوراق بهادار تهران حفظ می‌کنند که این مسئله پایداری رفتار کلی شبکه و استواری نتایج رتبه‌بندی سهام بر مبنای مرکزیت در بازه‌های مختلف نمونه‌گیری را نشان می‌دهد.

ارتباط مرکزیت با ریسک و بازدهی سهام

در این قسمت به بررسی رابطه مرکزیت با ابعاد ریسک کلی و ریسک سیستمی سهام پرداخته می‌شود. سهام با مرکزیت بالاتر، از نظر هم‌بستگی بازده با سایر سهم‌های موجود، رابطه قوی‌تری دارند. بنابراین، می‌توان انتظار داشت که تغییرات در بازدهی سهام موجود در شبکه بازار، تأثیر بیشتری بر بازدهی سهام با مرکزیت بالا داشته باشد. نتیجه این استدلال، پیش‌بینی ریسک سیستماتیک و ریسک کل بالاتر برای سهام با مرکزیت بالا، نسبت به سایر سهم‌هاست. واضح است که اگر سرمایه‌گذار، در چارچوب تئوری مارکویتز تشکیل پرتفوی دهد، سرمایه خود را از سهام با ریسک بالاتر دور خواهد کرد. پس می‌توان نتیجه گرفت که بین مرکزیت و وزن سهم در چارچوب مدل مارکویتز، رابطه معکوس و معناداری وجود دارد. این گفته تنها یک پیش‌بینی نیست، بلکه می‌توان رابطه معکوس بین وزن سهام در مدل مارکویتز و مرکزیت بردار ویژه آن را به‌صورت ریاضی اثبات کرد که فرایند این اثبات، در پژوهش پرالتا و زارعی (۲۰۱۶) ذکر شده و خواننده درصورت نیاز می‌تواند به این تحقیق مراجعه کند.

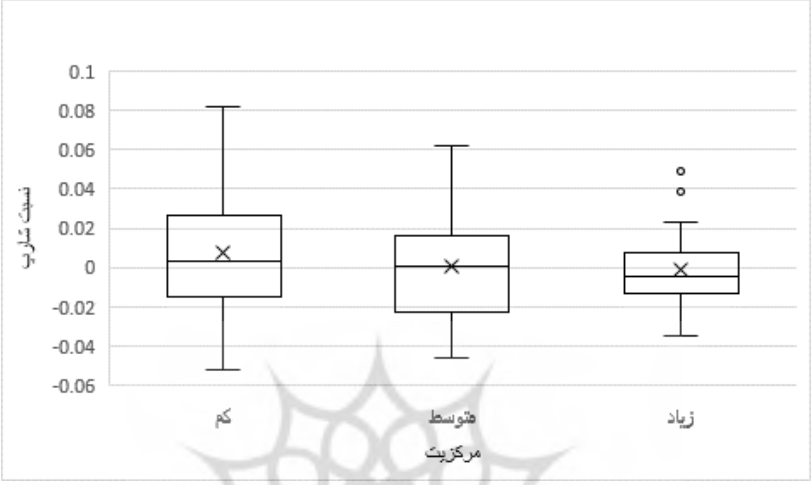
شکل ۲، نمودار مرکزیت بر حسب بتا (از مدل CAPM) به‌عنوان شاخص ریسک سیستماتیک را نشان می‌دهد.



شکل ۲. رابطه مرکزیت سهام با β به‌عنوان شاخص ریسک سیستماتیک

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، مطابق انتظار، در بورس اوراق بهادار تهران، سهام با مرکزیت بالاتر، ریسک سیستماتیک بالاتری دارند. آماره tstudent برای رگرسیون این دو معیار، مقدار ۱۵/۱۷ است که سطح بالایی از

معناداری را نشان می‌دهد و مطابق مدل CAPM می‌توان چنین تحلیل کرد که نوسان‌های بازار بر سهم‌های مرکزی‌تر تأثیر بیشتری می‌گذارد. در شکل ۳، نمودار جعبه‌ای نسبت شارپ سهام مورد بررسی در دسته‌بندی‌های مختلف مرکزیت آورده شده است.

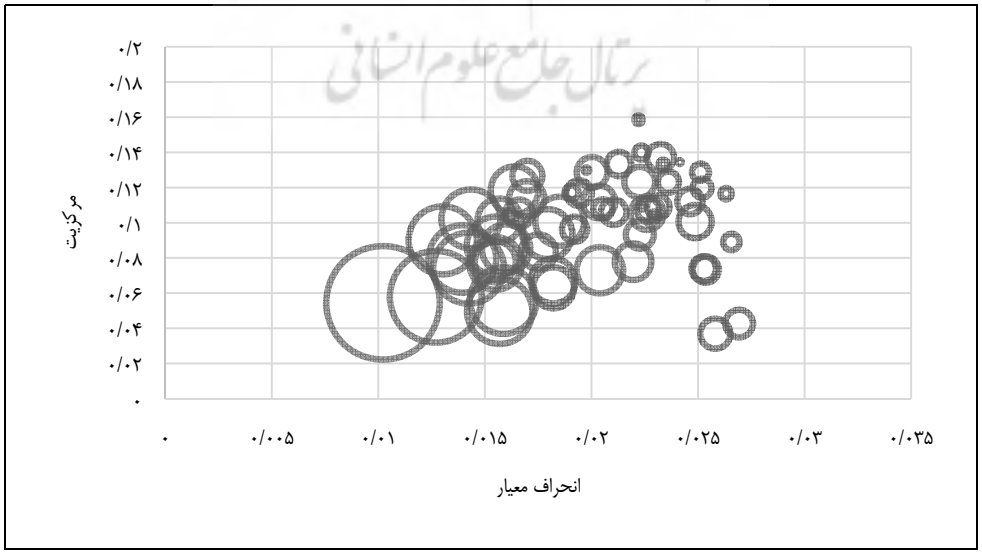


شکل ۳. نمودار جعبه‌ای نسبت شارپ سهام در دسته‌های مختلف مرکزیت

همان طور که مشاهده می‌شود با افزایش مرکزیت، میانگین نسبت شارپ سهام، کاهش پیدا کرده و پراکندگی آن پیرامون صفر، کاهش می‌یابد که از افزایش انحراف معیار و کاهش نسبت شارپ حکایت می‌کند.

با افزایش مرکزیت، ریسک سیستماتیک افزایش و نسبت شارپ کاهش می‌یابد. بنابراین با سرمایه‌گذاری در چارچوب مارکویتز، ثروت سرمایه‌گذار به‌سمت سهام با مرکزیت پایین‌تر حرکت خواهد کرد.

شکل ۴، نمودار انحراف معیار، مرکزیت و وزن سهام در پرتفوی حداقل واریانس را نشان می‌دهد.



شکل ٤. نمودار مرکزیت، انحراف معیار و وزن سهام در پرتفوی حداقل واریانس

در شکل ۴، دایره‌ها نشان‌دهنده سهم و اندازه آنها بیان‌کننده وزن سهم در پرتفوی حداقل واریانس است. دایره بزرگ‌تر، به‌معنای وزن بیشتر سهم است. در این نمودار، دو نکته حائز اهمیت است: نکته اول، رابطه معنادار (t = ۳/۷۳) مرکزیت با انحراف معیار سهام است که نشان می‌دهد با افزایش مرکزیت، علاوه بر ریسک سیستماتیک سهم، ریسک کل آن نیز افزایش می‌یابد و به بیان دیگر، سهم مرکزی‌تر، پرریسک‌تر است. نکته دوم این است که با حرکت از گوشه بالا و راست نمودار به‌سمت پایین و چپ، وزن سهام در پرتفوی حداقل واریانس افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد با افزایش مرکزیت سهم، قسمت کمتری از ثروت سرمایه‌گذار، به آن اختصاص می‌یابد.

برای روشن شدن بیشتر تأثیر مرکزیت بر تخصیص ثروت در چارچوب مارکویتز، نتایج رگرسیون‌های OLS در رابطه‌های ۹ و ۱۰ بررسی شده است.

$$w^*_{i,\min v} = \beta_0 + \beta_1 v_i + \beta_2 \sigma_i + \varepsilon_i$$ رابطه ۹)

$$w^*_{i,\mathrm{m}\,v} = \beta_0 + \beta_1 v_i + \beta_2 SR_i + \varepsilon_i$$ رابطه ۱۰)

در رابطه ۹، وزن سهم در روش حداقل واریانس بر حسب مرکزیت و انحراف معیار بازدهی سهم و در رابطه ۱۰، وزن سهم در روش میانگین ـ واریانس، برحسب مرکزیت و نسبت شارپ سهم بیان می‌شود. بنابراین، ضرایب β_1 و β_2، به‌ترتیب رابطه ابعاد سیستماتیک و عملکرد کلی سهام را با وزن‌های بهینه در مدل مارکویتز نشان می‌دهد. نتایج این دو رگرسیون در جدول ۲ درج شده است.

جدول۲. نتایج ضرایب رگرسیون روابط ۹ و ۱۰

	v_i	σ_i	SR_i	R^2
$w^*_{i,\min v}$	−۰/۴۹ (−۶/۴۱)	−۴/۱ (−۷/۲۶)		۰/۶۷
$w^*_{i,\mathrm{m}\,v}$	−۰/۳۷ (۴/۵۷)		۱/۴۶ (۱۵/۶۶)	۰/۸

در جدول ۲، آماره tstudent ضرایب، داخل پرانتز آورده شده است. مشاهده می‌شود که در هر دو رگرسیون، ضرایب با دقت بسیار زیادی معنادار هستند (با خطای کمتر از ۰/۰۱ درصد)، همچنین منفی بودن ضرایب مرکزیت در دو رگرسیون، گویای رابطه معکوس بین مرکزیت و وزن‌های حاصل از مدل مارکویتز است. به‌طبع با افزایش ریسک و بهبود عملکرد سهم، وزن آن در پرتفوی به‌ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد که این مسئله در علامت منفی ضریب انحراف معیار و علامت مثبت ضریب نسبت شارپ، مشاهده می‌شود.

استفاده از مرکزیت به‌منظور انتخاب پرتفوی سهام

ارتباط مرکزیت با ریسک سهم و به‌تبع آن، وزن سهم در چارچوب مارکویتز، موضوع تحلیل شبکه در انتخاب پرتفوی و

در این مبحث، استفاده از مزایای متنوع‌سازی برآمده از مرکزیت در تشکیل پرتفوی را مطرح می‌کند. در این قسمت، کارایی استراتژی انتخاب پرتفوی مبتنی بر مرکزیت بررسی شده و با استراتژی‌های زیر مقایسه می‌شود:

۱. مدل حداقل واریانس؛
۲. مدل میانگین ـ واریانس؛
۳. مدل ساده $1/N$؛
۴. معکوس استراتژی مبتنی بر مرکزیت.

استراتژی انتخاب پرتفوی مبتنی بر مرکزیت بدین شرح است که در هر دوره درون‌نمونه (۲ سال)، مرکزیت سهام موجود محاسبه شده و در ابتدای دوره برون‌نمونه (۷ ماه)، تعداد ۲۰ سهم از سهام با کمترین مرکزیت، با وزن مساوی خریداری می‌شود. برای جلوگیری از نتیجه‌گیری بر حسب تصادف، معکوس استراتژی مبتنی بر مرکزیت نیز بررسی خواهد شد که در آن، در ابتدای دوره برون‌نمونه، تعداد ۲۰ سهم با بیشترین مرکزیت خریداری می‌شود. علت انتخاب ۲۰ سهم و وزن‌های مساوی، در تشریح مدل بیان شده است. نتایج این بررسی در جدول ۳ آمده است.

جدول۳. نتایج اعمال استراتژی‌های مختلف انتخاب پرتفوی

	انحراف معیار	β	نسبت شارپ (درصد)	نسبت ترینر (درصد)	نسبت M^2 (درصد)	نسبت اطلاعات (درصد)	نسبت سورتینو (درصد)
$1/N$	۰/۹۷	۰/۸۹	۱/۳۷	۰/۰۱	۶۶/۲۰	۰/۸۳	۱/۱۷
مبتنی بر شبکه	۰/۸۱	۰/۵۶	۳	۰/۰۴	۶۶/۲۱	۲/۱۹	۳/۱۳
معکوس مبتنی بر شبکه	۱/۳۳	۱/۲۱	۰/۱۷	۰/۰۰	۶۶/۱۹	−۰/۶۴	−۰/۹۲
حداقل واریانس	۰/۷۱	۰/۳۳	۶/۰۹	۰/۱۳	۶۶/۲۴	۴/۱۶	۶/۳
میانگین ـ واریانس	۵/۷	۰/۸۲	۱/۵۵	۰/۱۱	۶۶/۲۰	۱/۴۲	۲/۰۱

با دقت در نتایج جدول ۳، می‌توان دریافت که تقریباً طبق تمامی معیارها، استراتژی مبتنی بر مرکزیت، از روش‌های ساده $1/N$ و روش میانگین ـ واریانس، عملکرد بهتری دارد و به بیان دیگر، در بین مدل‌های بررسی شده، بعد از مدل حداقل واریانس، بهترین روش انتخاب پرتفوی است.

از نظر ریسک کل (انحراف معیار) روش مبتنی بر مرکزیت، نسبت به روش‌های ساده $1/N$ و میانگین ـ واریانس ریسک کمتری را نشان می‌دهد. همان طور که گفته شد، مرکزیت به‌نوعی با ریسک سیستماتیک سهام در ارتباط است پس با توجه به تعریف روش انتخاب پرتفوی مبتنی بر مرکزیت، انتظار می‌رود که بتای حاصل از این روش در مقایسه با سایر روش‌ها مقدار کمتری داشته باشد که این مسئله نیز در نتایج جدول ۳ مشاهده می‌شود. در میان معیارهای بررسی شده، طبق نسبت‌های شارپ، M^2، اطلاعات و سورتینو، کارایی و بازده موزون شده با ریسک در روش مبتنی بر شبکه، از روش‌های ساده $1/N$ و میانگین ـ واریانس بهتر است و تنها طبق نسبت ترینر، روش مبتنی بر مرکزیت جایگاه سوم را کسب می‌کند. نتایج بررسی معکوس روش مبتنی بر مرکزیت، به‌وضوح از همه روش‌ها ضعیف‌تر است که تصادفی‌نبودن

نتایج روش مبتنی بر مرکزیت را نشان می‌دهد. با این توضیحات، می‌توان دریافت که معیار مرکزیت، علاوه بر تحلیل شبکه و فراهم‌کردن اطلاعات مفید و قابل اعتماد در خصوص ریسک سهام، می‌تواند در مسائل کاربردی مانند انتخاب پرتفوی نیز استفاده شده و مفید واقع شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق، ویژگی‌های مرکزیت سهام، به‌عنوان معیاری برای تعیین ریسک سهام و کارایی استفاده از مرکزیت برای انتخاب پرتفوی، بررسی شد. برای تعیین ریسک، ابتدا تعیین رابطه مرکزیت با معیارهای پرکاربرد تخمین ریسک سیستماتیک (بتا) و ریسک کل (انحراف معیار) مدنظر قرار گرفت، سپس با توجه به رابطه ریاضی مرکزیت و وزن سهام در پرتفوی بهینه مارکویتز، این رابطه بررسی شد. در پایان، مرکزیت سهام در قالب استراتژی مبتنی بر مرکزیت، برای انتخاب پرتفوی بهینه به‌کار گرفته شد و نتایج اعمال این استراتژی، به‌کمک معیارهای مختلف سنجش، با مدل‌های پرکاربرد انتخاب پرتفوی مقایسه شد.

نتایج این پژوهش حاکی از آن است که مرکزیت سهام، به‌عنوان معیاری برای تحلیل شبکه با بتا، به‌عنوان معیاری برای برآورد ریسک سیستماتیک سهام، ارتباط معناداری دارد و سهم مرکزی‌تر، به‌دلیل وابستگی بیشتر به شبکه، از آن تأثیر بیشتری می‌پذیرد. همچنین رابطه مرکزیت با انحراف معیار بازدهی سهم، به‌عنوان معیاری برای برآورد ریسک کل سهام نیز معنادار است و سهمی که مرکزی‌تر است، می‌تواند نوسان‌های بازدهی بیشتری را تجربه کند. در ادامه، با بررسی رابطه مرکزیت سهام با وزن به‌دست‌آمده از مدل‌های حداقل واریانس و میانگین ـ واریانس، چنین نتیجه شد که سهم‌های با مرکزیت بالاتر، در این مدل‌ها وزن کمتری دارند و سهم‌های با مرکزیت پایین‌تر، منافع حاصل از متنوع‌سازی را بهتر برآورده می‌کنند.

در پایان با بررسی عملکرد استراتژی انتخاب پرتفوی مبتنی بر مرکزیت و مقایسه آن با مدل‌های پرکاربرد دیگر، مشخص شد که عملکرد این استراتژی از روش میانگین واریانس و همچنین روش ساده $1/N$ بهتر بوده و طبق معیارهای سنجش مختلف، بازده موزون شده با ریسک بهتری را نتیجه می‌دهد.

با مقایسه یافته‌های این پژوهش و یافته‌های پرالتا و زارعی (۲۰۱۶) مشاهده می‌شود که نتایج به‌دست‌آمده درباره رابطه مرکزیت با بتا، انحراف معیار بازدهی و وزن سهام در چارچوب مارکویتز با نتایج آنها هم‌خوانی دارد. این یافته مهم نشان می‌دهد که کارایی مرکزیت، تنها به بازارهای خارجی مانند بورس نیویورک محدود نمی‌شود و در بازار ایران نیز می‌توان از آن استفاده کرد.

با توجه به یافته‌های پژوهش، به فعالان بازار سرمایه پیشنهاد می‌شود که برای تحلیل ریسک سهام، به‌خصوص ریسک سیستماتیک، از تحلیل شبکه و معیار مرکزیت استفاده کنند. همچنین برای تشکیل پرتفوی سهام، می‌توانند از استراتژی مبتنی بر مرکزیت بهره ببرند. به پژوهشگران نیز پیشنهاد می‌شود که با تحقیق و بررسی بیشتر درباره مرکزیت، به‌سمت یافتن کارکردهای جدید برای آن و همچنین طراحی استراتژی‌های مفیدتر و کاراتر حرکت کنند.

References

Billio, M. & Getmansky, M. & Lo, A.W. & Pelizzon, L. (2012). Econometric measures of connectedness and systemic risk in the finance and insurance sectors. *Journal of Financial Economics*, 104(3), 535-559.

Bonacich, P. (1972). Factoring and weighting approaches to status scores and clique identification. *The Journal of mathematical sociology*, 2(1), 113-120.

Bonacich, P. (1987). Power and centrality: a family of measures. *American Journal of Sociology*, 92(5), 1170-1182.

Bonanno, G. & Caldarelli, G. & Lillo, F. & Miccichè, S. & Vandewalle, N. & Mantegna, R.N. (2004). Networks of equities in financial markets. *The European Physical Journal B - Condensed Matter and Complex Systems*, 38(2), 363-371

DeMiguel, V., Garlappi, L. & Uppal, R. (2009). Optimal versus naive diversification: how inefficient is the 1/N portfolio strategy? *The Review of Financial Studies*, 22(5), 1915-1953.

Desmoulins-Lebeault, F. Kharoubi-Rakotomalala, C. (2012). Non-Gaussian diversification: when size matters. *Journal of Banking & Finance*, 36(7), 1987-1996.

Freeman, L. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239.

Jobson, D.J. & Korkie, B.M. (1980). Estimation for Markowitz efficient portfolios. *Journal of the American Statistical Association*, 75(3), 544-554.

Ledoit, O. & Wolf, M. (2004). Honey, I shrunk the sample covariance matrix. *Journal of Portfolio Management*, 30(4), 110-119.

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

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91

Merton, R. (1980). On estimating the expected return on the Market: An exploratory investigation. *Journal of financial Economics*, 8(4), 323-361.

Newman, M.E.J. (2004). Analysis Of Weighted Networks. *Physical Review E*, 70(5), 056131.

Onnela, J.P. & Chakraborti, A. & Kaski, K. & Kertész, J. & Kanto, A. (2003). Asset trees and asset graphs in financial markets. *Physica Scripta*, T106, International Conference on "Unconventional Applications of Statistical Physics" 20–22 March 2003, Kolkata, India, 48-54.

Peralta, G. & Zareei, A. (2016). A network approach to portfolio selection. *Journal of Empirical Finance*, 38(1), 157-180.

Peralta, G. (2015). Network-based measures as leading indicators of market instability: the case of the Spanish stock market. *Journal of Network Theory in Finance*, 1(3), 91-122.

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.