فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و هشتم / پائیز ۱۴۰۰

تحلیل شبکه‌های مالی در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از کاربرد معیارهای مرکزیت

مجید منتشری[۱]
حجت اله صادقی[۲]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۰۶/۰۹ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۶/۲۹

چکیده

هدف این پژوهش ایجاد یک شبکه مالی برای شناسایی رهبران بازار سهام با استفاده از معیارهای مرکزیت است. این پژوهش در نهایت یک خوشه‌بندی از سهام برتر ارائه می‌دهد که می‌تواند به عنوان یک سبد سهام بهینه مورد استفاده سرمایه‌گذاران قرار گیرد. جامعه آماری کلیه بورس اوراق بهادار است که تعداد ۱۰۰ شرکت که بیشترین سرمایه را دارند، به‌عنوان نمونه آماری در محدوده زمانی ۱۱ ساله انتخاب شدند. به علت ماهیت رتبه‌بندی پژوهش، از ضریب همبستگی کندال برای محاسبه همبستگی استفاده شد. از الگوریتم پرایم برای شناسایی روابط و ساخت حداقل درخت پویا و از الگوریتم سریع حریصانه برای خوشه‌بندی سهام استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد از لحاظ معیار مرکزیت درجه، سهام شرکت‌های سیمان سپاهان، مدیریت سرمایه‌گذاری امید و سرمایه‌گذاری بانک ملی، از بعد معیار مرکزیت نزدیکی، سهام شرکت‌های سیمان سپاهان، بین‌المللی توسعه ساختمان و فولاد خوزستان، از منظر معیار مرکزیت بینابینی، سهام شرکت‌های سیمان سپاهان، سرمایه‌گذاری غدیر و سرمایه‌گذاری بانک ملی و در نهایت از جهت معیار مرکزیت تنگنا، سهام شرکت‌های سیمان سپاهان، فولاد خوزستان و بین المللی توسعه ساختمان بیشترین تاثیر را بر شبکه سهام دارند. همچنین سهام برتر در ۱۱ خوشه دسته‌بندی شدند که هر خوشه نشان دهنده ارتباط قوی اجزای آن با یکدیگر است.

کلمات کلیدی

شبکه مالی، معیارهای مرکزیت، درخت پویای حداقلی، خوشه‌بندی

۱-دانشجوی دکتری، گروه حسابداری و مالی، دانشکده مدیریت دو، دانشگاه یزد، یزد، ایران. Montashery@stu.yazd.ac.ir
۲-استادیار، گروه حسابداری و مالی، دانشکده مدیریت دو، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (نویسنده مسئول) sadeqi@yazd.ac.ir

مقدمه

پرتفوی سهام مجموعه ای از بهترین سهام است که هر سهم موجود در آن، بازدهی و ریسک مشخصی دارد. آنچه در تشکیل پرتفوی دارای کمترین مقدار ریسک اهمیت بسیاری دارد، یافتن سهام هایی است که دارای کمترین میزان ارتباط با یکدیگر باشند. به منظور بررسی ارتباط بین سهام شرکت های مختلف و به تبع آن انتخاب سبد سهام بهینه، شیوه ها و تکنیک های مختلفی وجود دارد که می‌توان از آن‌ها استفاده کرد، یکی از بهترین تکنیک‌ها برای شناسایی و انتخاب پرتفوی بهینه سهام متنوع، شناسایی ارتباط و همبستگی سپس خوشه‌بندی بین سهام مختلف و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس فاکتورهای مهمی است که سرمایه گذاران برای سرمایه گذاری مدنظر قرار می‌دهند. درنهایت با استفاده از این این تکنیک، انتخاب سهام و تشکیل پرتفوی بهینه از گروه‌های مختلف انجام می‌پذیرد که علاوه بر اینکه می‌تواند مسلئه بازده مورد انتظار سرمایه گذاران را حل کند، مشکلات ناشی از ریسک سرمایه گذاری در بازار بورس نیز قابل حل است. یکی از مهم‌ترین مشکلات در مباحث مدرن مالی ، یافتن روش‌های کارا برای ارائه و جمع‌بندی داده‌های بازار سهام است. حجم قابل توجهی از داده روزانه توسط بورس تولید می‌شود و این اطلاعات به‌وسیله هزاران شکل نمایش داده می‌شود و هر کدام از آن‌ها جداگانه نشان دهنده حرکت قیمتی هر سهم می‌باشد. زمانی که تعداد سهام افزایش می‌یابد، تحلیل و بررسی این شکل‌ها پیچیده تر خواهد شد [۱]. علاوه بر این، اگر چندین مولفه غیرمتجانس وجود داشته باشد، رفتار بازار سهام پیچیده‌تر خواهد شد [۲]. همچنین نوسانات قیمت سهام مستقل از یکدیگر نیست و با تجارت و صنایعی که سهام متعلق به آن‌هاست، ارتباط مستقیمی دارد [۳]. بر اساس تحقیقات اخیر، روش شبکه پیچیده[1] برای مصورسازی و جمع‌بندی داده‌های سهام و بررسی ارتباط قیمت سهام بسیار توصیه می‌شود [۴،۵]. با استفاده از تجزیه و تحلیل شبکه پیچیده می‌توان یک تصویر شفاف از ساختار داخلی بورس اوراق بهادار ارائه داد [۲]. در این روش، برخلاف روش‌های کلاسیک هزینه-منفعت، تغییرات قیمت سهام تحت تاثیر رفتارهای گروهی قرار می‌گیرد. تعداد زیادی از سیستم‌ها را می‌توان از طریق شبکه‌های پیچیده و قوانین مرتبط با آن‌ها در طبیعت توضیح داد [۶،۷،۸]. در یک شبکه، راس‌ها برابر با عناصر اصلی بوده و هر دو رأس که با یکدیگر ارتباط دارند، با یک یال به هم وصل می‌شوند. طی دهه ۱۹۷۰، زمانی که دانشمندان نکات بیشتری درباره رفتار نظام‌های پیچیده فهمیدند، علاقه بیشتری به نظام‌هایی با مقداری هوش و توانایی انطباق یافتن با محیط زیست خود پیدا کردند. ویژگی اصلی اقتصاد این است مجموعه‌هایی از مردم به شیوه‌های پیچیده که در آن با یکدیگر تعامل داشته، اطلاعات را پردازش کرده و رفتارشان را تطبیق می‌دهند [۹]. در دنیای واقعی نیز بازارهای سهام با توجه به ارتباط و تعامل بین سرمایه‌گذاران و

شرکت‌ها، نوعی از شبکه‌های پیچیده چند عامله می‌باشند. این شبکه‌ها ناشی از نوسانات قیمت سهام‌های گوناگون بوده، همچنین پژوهش‌هایی که بر روی شبکه سهام در بازارهای مختلف انجام گرفته است، دو ویژگی "بی مقیاس بودن" و "دنیای کوچک بودن" در یک شبکه حاصله از ماتریس همبستگی بازار سهام که در آن سهام شرکت‌ها به عنوان رأس و اثرات تغییری قیمتی میان سهام به عنوان یال‌ها در نظر گرفته می‌شود، یافت شده است [۱۱،۱۰]، لذا هدف این پژوهش ایجاد و معرفی یک شبکه مالی مبتنی برروابط بین سهام در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است که توسط حداقل درخت پویا[۲] ارائه خواهد شد. این شبکه توسط معیارهای مرکزیت مورد بررسی قرار گرفته و از بین سهام شرکت-ها، سهام برتر و رهبران بازار سهام با توجه به معیارهای مختلف مورد بررسی قرار خواهد گرفت و در نهایت سهام برتر خوشه بندی شده و به سرمایه گذاران در راستای بهینه سازی سبد سهام و حداکثرسازی سود سرمایه گذاری کمک خواهد کرد.

چارچوب نظری

اولین ایده برای ایجاد یک شبکه بر اساس تفاوت قیمت لگاریتمی سهام[۳] از مانتگنا شروع شد، وی پیشنهاد ساخت یک ماتریس همبستگی بازده‌های لگاریتمی[۴] که باعث ایجاد فاصله و در نتیجه شبکه‌ای از سهام خواهد شد را ارائه کرد. از آنجایی که ماتریس همبستگی متراکم است و شبکه حاصل از آن پیوندهای زیادی را به همراه خواهد داشت، لذا مانتگا ساخت یک " حداقل درخت پویا " را پیشنهاد داد که می‌تواند یک نمای کلی از ساختار بدون دور را ارائه دهد که برای متخصصان قابل درک خواهد بود. ساخت یک شبکه مالی از آن نظر اهمیت دارد که ارتباط بین انواع حوزه‌های مالی را با یکدیگر بررسی و میزان فاصله آن‌ها را از یکدیگر مشخص می‌کند. ویژگی توپولوژیک شبکه‌های مالی باعث شناسایی سهام با ریسک و بازده مشابه شده و به سرمایه‌گذار در انتخاب سهام و تشکیل پرتفوی بهینه کمک خواهد کرد. معیارهای مرکزیت شبکه سهام این امکان را به سرمایه‌گذاران می‌دهد که ارتباط بین انواع سهام را شناسایی و به این صورت تمام سرمایه خود را در سهام‌های مشابه سرمایه‌گذاری نکنند [۱۲]. این پژوهش دارای ابعاد مختلفی است که علاوه بر نوآوری در زمینه موضوعی، جزء اولین تحقیقات در زمینه بررسی ویژگی مکان شناختی شبکه‌های مالی است.

این پژوهش دارای ابعاد مختلفی است که علاوه بر نوآوری در زمینه موضوعی، جزء اولین تحقیقات در زمینه بررسی ویژگی مکان شناختی شبکه‌های مالی است.

از پایگاه‌های اطلاعاتی مهم در دنیای اطلاعات، می‌توان به وب‌گاه علم[۵]یا (WOS) اشاره نمود که برای برای بررسی کلید واژه اصلی این پژوهش "شبکه مالی" از این پایگاه اطلاعاتی استفاده خواهد شد.. این

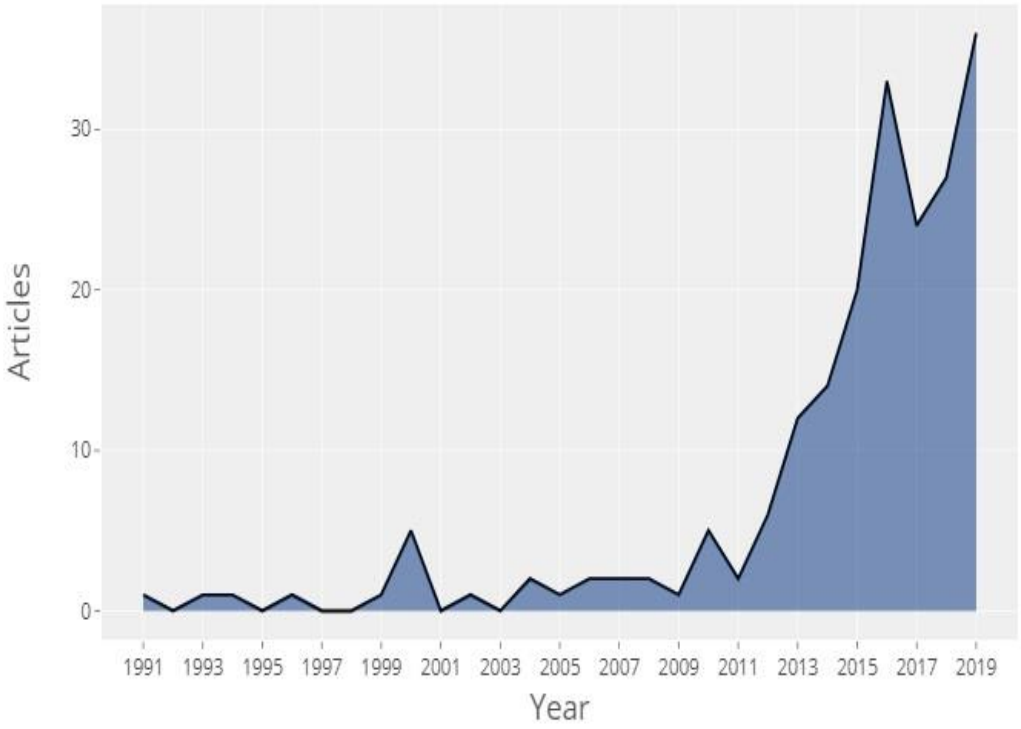
کلید واژه با استفاده از نرم‌افزار R و توسط بسته کتاب شناسی[۶] تحلیل شده است. نتایج به دست آمده مبین آن است که تاکنون پژوهش زیادی در این زمینه انجام نشده‌هاست و این فرصت برای پژوهشگران علاقه‌مند به این حوزه برای بررسی بیشتر فراهم شده است. طبق نتایج پایگاه اطلاعاتی وب‌گاه علم تاکنون تنها ۲۰۲ مدرک تحت این عنوان انجام شده است که خلاصه‌ای از این نتایج به صورت آمار توصیفی به شرح زیر ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه‌ای از آمار توصیفی "شبکه مالی" در وب‌گاه علم

Description	Results
Documents	202
Sources (Journals, Books, etc.)	124
Keywords Plus (ID)	337
Author's Keywords (DE)	605
Period	1991 - 2019
Average citations per documents	14.91
Authors	469
Author Appearances	553
Authors of single-authored documents	36
Authors of multi-authored documents	433
Single-authored documents	39
Documents per Author	0.431
Authors per Document	2.32
Co-Authors per Documents	2.74
Collaboration Index	2.66
Document types	
ARTICLE	183
ARTICLE; EARLY ACCESS	2
ARTICLE; PROCEEDINGS PAPER	9
BOOK REVIEW	2
EDITORIAL MATERIAL	2
REVIEW	4

نتایج نشان می‌دهد دوره زمانی مورد بررسی از سال ۱۹۹۱ -۲۰۱۹ است که در طی این سال‌ها تنها ۴۶۹ پژوهشگر در این زمینه فعالیت داشته‌اند که از این تعداد ۴۳۳ پژوهش مشترک و ۳۶ پژوهش به تنهایی انجام شده است. از تعداد پژوهش‌های انجام گرفته، ۱۸۳ مورد شامل مقاله، ۹ مقاله در حال

چاپ، ۲ کتاب مروری انجام شده است. در ۲۰۲ پژوهش انجام گرفته تاکنون، تنها از ۳۳۷ کلیدواژه در این پژوهش‌ها استفاده شده است که نشان‌دهنده فرصت انجام پژوهش در زمینه‌های گوناگون با موضوع شبکه مالی است.



شکل۱) روند پژوهشی انجام گرفته در زمینه شبکه مالی

در شکل ۱، روند زمانی انجام پژوهش‌ها در شبکه مالی مورد بررسی قرار گرفته شده است. در سال‌های ابتدایی تحقیقاتی زیادی در این زمینه انجام نشده است ولی از سال ۲۰۱۰ این موضوع مورد توجه بیشتری قرار گرفته و به مرور زمان پژوهش‌های بیشتری در این زمینه انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد در سال ۲۰۱۹ تعداد پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه به ۳۶ مورد رسیده است که نشان دهنده پی بردن به اهمیت این موضوع در سال‌های اخیر است.

تانگ و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی "چگونه بازارهای سهام جهانی بر یکدیگر تاثیر می‌گذارند؟" پرداختند. رویکرد تحلیل شبکه مالی اخیر نشان می‌دهد که توپولوژی بازارهای مالی تأثیر مهمی در پویایی بازار دارد. با این وجود، اکثر شبکه های داده بزرگ[۷] مالی، به عنوان شبکه‌های غیرمستقیم غیرمستقیم و بدون اطلاع در مورد جهت نفوذ در میان قیمت‌ها ساخته می شوند. این تحقیق به جای

درک همبستگی‌ها، از آزمایش علیت گرنجر برای ساخت شبکه کارگردانی گرنجر برای ۳۳ شاخص اصلی بازار سهام استفاده می‌کند. در ادامه با بررسی لبه‌های کارگردانی در شبکه‌های فیلتر شده مختلف، چگونگی نفوذ بازارها بر یکدیگر را بررسی می کند. توپولوژی شبکه‌ای که در دوره‌های مختلف بازار تکامل می‌یابد از طریق یک رویکرد پنجره کشویی[۸] و تجسم مالی داده‌های بزرگ مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. با تعیین کمیت تأثیر شاخص های بازار، ۳۳ بازار بزرگ سهام جهانی از شبکه علیت گرنجر در مقایسه با نتیجه بر اساس الگوریتم مرکزیت PageRank رتبه بندی می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که لیست‌های رده بندی در هر دو رویکرد مشابه است که شاخص‌های ایالات متحده بر رتبه برتر و بعد دیگر شاخص‌های آمریکایی، اروپایی و آسیایی حاکم هستند. تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که اثرات تاخیر در بین شاخص‌های جهانی وجود دارد[۱۳] .

ارس و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی "پیش‌بینی سقوط مالی با محاسبات کوانتوم" پرداختند. یک مشکل اساسی در ریاضیات مالی پیش بینی سقوط مالی است؛ در این پژوهش این پرسش مطرح می‌شود که اگر قیمت دارایی‌ها مختل شوند، آیا موسسات مالی در مقیاس گسترده‌ای شکست خواهند خورد؟ اخیراً این مسئله به عنوان یک مسئله محاسبه نشدنی (NP-hard) نشان داده شده است. پیش بینی سقوط‌های مالی ذاتاً دشوار است، حتی برای تنظیم کننده‌ای که اطلاعات کاملی در مورد سیستم مالی داشته باشد. در این ارتباط سریع نشان داده می‌شود که چگونه می‌توان با استفاده از آنیلرهای[۹] کوانتومی این مشکل را اداره کرد. به طور خاص، وضعیت تعادل یک شبکه مالی مدل اسباب بازی را به مشکل وضعیت زمین یک چرخش کوانتومی همیلتون با تعامل دو بدن، نقشه برداری می‌شود، به عنوان مثال، یک مسئله بهینه سازی باینری چهار حد غیرقابل تصور. ارزش بازار تعادل موسسات پس از شوک ناگهانی به شبکه می‌تواند از طریق محاسبات کوانتومی ادیاباتیک و به طور عادی تر توسط آنیلرهای کوانتومی محاسبه شود. این روش می‌تواند بر روی پردازنده‌های کوانتومی اجرا شود ، بنابراین یک روش بالقوه کارآمدتر برای ارزیابی تعادل مالی و پیش بینی سقوط های مالی ارائه می‌شود[۱۴] .

لی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی "استراتژی‌های سرمایه گذاری جهانی بورس بر اساس شاخص‌های شبکه مالی با استفاده از تکنیک یادگیری ماشین" پرداختند. در این پژوهش یک شبکه مستقیم و غیر مستقیم از نوسانات بر اساس همبستگی زوجی ساده و اتصال گسترده به سیستم از شاخص‌های مالی به وسیله یک مدل خودرگرسیون برداری پیشنهاد شده است. تاثیرات و فواید شاخص‌های شبکه از طریق ورود آن‌ها برای شناسایی استراتژی‌ها از طریق چندین رهیافت یادگیری ماشین (جنگل تصادفی، رگرسیون لوجستیک) آزمایش شد. دو استراتژی با توجه به شاخص‌های قیمت

ساخته شد. ۱- استراتژی تخصیص منطقه‌ای برای بازار توسعه یافته ۲- استراتژی پیش بینی بازار سهام جهانی. با توجه به نتایج تحلیل عملکرد، شاخص‌های شبکه، ابزار مهمی در پیش بینی بازار جهانی سهام و جهت‌های نسبی منطقه (بالا/پائین) هستند. همچنین این شاخص‌ها در دوران بحران بازار موثرتر عمل کردند[۱۵].

خوجین و هان (۲۰۱۹) به بررسی " تحلیل شبکه بازار سهام چین در طی تلاطم ۲۰۱۵-۲۰۱۶ با استفاده از بازده، حجم و اطلاعات شرکتی" پرداختند. در این پژوهش برای ساختن حداقل درخت پوشا شبکه مالی، بازده و حجم معاملات ۱۱۰ شرکت برتر موجود در بازار چین که در فهرست شاخص CSI۳۰۰ از ژانویه ۲۰۱۴ تا دسامبر ۲۰۱۷ لیست شده بودند، استفاده شد. سه نوع حداقل درخت پوشا که شامل پیش از تلاطم، تلاطم و پس از تلاطم بود، با استفاده از بازده لگاریتمی و حجم معاملات ساخته شد. یافته‌ها نشان می دهد که حداقل درخت پوشاننده تلاطم از نظر ویژگی‌های توپولوژیکی و اندازه‌گیری شبکه با شبکه‌های پیش از تلاطم و پس از تلاطم اختلاف معنی داری دارد. علاوه بر این، شبکه پیش از تلاطم در برابر حمله گره‌ها قوی است در حالی که شبکه تلاطم در برابر آن شکننده است[۱۶].

فری و هلدیک (۲۰۱۸) به بررسی " تنوع‌سازی و ریسک سیستماتیک: یک چشم‌انداز شبکه مالی" پرداختند. در این پژوهش، تاثیرات متنوع سازی در سبد دارایی بانک‌ها برای ثبات مالی و ریسک سیستماتیک بررسی شده است. این موضوع در مدل شبکه‌ای از بازار بین بانکی تجزیه و تحلیل می‌شود. در این پژوهش یک مطالعه شبیه سازی انجام می‌شود که احتمال بروز یک بحران سیستمی در شبکه بانکی را به عنوان تابعی از سطح تنوع و ارتباط و ساختار شبکه مالی در آن مشخص می‌شود. بر خلاف نتایج پژوهش‌های پیشین، نتایج نشان می‌دهد تنوع در سطح بانک‌های فردی ممکن است برای ثبات مالی سودمند باشد حتی اگر منجر به همبستگی بازده دارایی در بانک‌ها شود[۱۷].

بایدیلی و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی" نمای سلسله مراتبی از بازار سهام ملی به عنوان یک شبکه پیچیده" پرداختند. یک شبکه مالی برای شاخص بورس استانبول که تعداد آن‌ها ۱۰۰ سهم و در طی دو سال (۲۰۱۱-۲۰۱۳) است، ساخته شد. بازار به وسیله حداقل درخت پوشا و درخت سلسه مراتبی که از طریق ماتریس همبستگی فیلترشده ساخته شده بود، تحلیل شد. در حالی که از روش‌های سلسله مراتبی به منظور بررسی عوامل مؤثر بر گروه‌بندی سهام استفاده شده است، سایر روش‌های آماری و داده کاوی نیز برای بررسی موفقیت مفهوم شبکه همبستگی سهام برای بهینه سازی نمونه کارها، مدیریت ریسک و تحلیل بحران در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که سهام مالی، به ویژه بانک‌ها، موقعیت اصلی

شبکه و جریان کنترل اطلاعات هستند. علاوه بر رفتارهای بخشی و فرعی، شرکت‌ها در گروه بندی سهام نقش دارند. سرانجام، این روش نکات مهمی را برای تعیین سهام ریسک پذیر در بازار ارائه می‌دهد[۱۸] .

پاپانا و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی به بررسی " شبکه‌های مالی بر مبنای علیت گرنجر" پرداختند. در این پژوهش، تجزیه و تحلیل اتصال در یک سابقه مالی طولانی از ۲۱ شاخص بین المللی سهام با استفاده از یک اندازه‌گیری علی خطی و غیر خطی، شاخص علیت گرنجر شرطی (CGCI) و اطلاعات متقابل جزئی در مورد جاسازی مخلوط (PMIME) به ترتیب انجام می‌شود. در هر دو هدف، تعیین ارتباط روابط بین شاخص‌های بین المللی سهام و به تصویر کشیدن پیوندهای شبکه‌های حاصله با حضور اتصال مستقیم بین متغیرها از تمام اطلاعات موجود است. با این حال، اختلافات آن‌ها غیرخطی ارزیابی می‌شود. شبکه های وزنی تشکیل شده با توجه به اقدامات علیت با استفاده از یک آزمون اهمیت به شبکه‌های باینری تبدیل می‌شوند. شبکه‌های مالی به منظور بررسی ویژگی‌های شبکه و ردیابی تغییرات در ساختار اتصال روی پنجره‌های کشویی تشکیل می‌شوند. پس از آن، دو مقدار شبکه آماری محاسبه می‌شود؛ درجه میانگین و متوسط کوتاه‌ترین طول مسیر. یافته‌های تجربی خصوصیات زمان متغیر شبکه ساخته شده را نشان می‌دهد که کاملاً به ماهیت چرخه مالی وابسته است[۱۹] .

در این پژوهش ابتدا داده‌های پژوهش جمع‌آوری شده و سپس بازده لگاریتمی سهام محاسبه خواهد شد. در ادامه ضریب همبستگی کندال محاسبه و از الگوریتم پرایم برای ساخت درخت پویای حداقلی و همچنین از الگوریتم حرصیانه سریع برای شناسایی ارتباط بین سهام برای خوشه‌بندی استفاده خواهد شد. در بخش بعدی به روش پژوهش، شامل قلمروهای پژوهش، الگوریتم حریصانه و نیز روش حداقل درخت پویا پرداخته می‌شود.

روش شناسی

پژوهش حاضر از لحاظ هدف از نوع کاربردی، از نظر فرآیند اجرا از نوع کمی، از بعد زمانی از نوع گذشته‌نگر و پس رویدادی است. این پژوهش به دنبال تشکیل یک شبکه سهام، کشف ارتباط بین سهام منتخب، بررسی ویژگی مکان‌شناختی شبکه مالی و همچنین شناسایی رهبران بازار و تاثیرگذار بازار سهام ارائه شده است. هدف از این مطالعه، اندازه‌گیری رابطه بین دو متغیر است که ماهیتی تبیینی دارد؛ بنابراین این پژوهش مشمول فرضیه و یا سوال پژوهشی خاصی نیست و پژوهش ماهیت اکتشافی دارد. داده‌های استفاده شده در این پژوهش به روش کتابخانه‌ای از بانک اطلاعاتی ره‌آورد نوین و سایت بورس گردآوری شده و پس از پردازش توسط برنامه اکسل برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار R استفاده شده است. داده‌های روزانه ۱۰۰ شرکت که بیشترین سرمایه ثبت شده را در بورس اوراق بهادار تهران

دارا بودند، در ۲۴۳ روز کاری از "سایت بورس اوراق بهادار تهران" از تاریخ ۱۳۸۸/۱۰/۲ تا ۱۳۹۸/۱۰/۱۷ دریافت شد. این داده‌ها متناظر با ۱۱ سال شمسی است که به‌عنوان نمونه انتخاب شده‌اند تا بر اساس آن‌ها، درخت پویا و مقایسه شرکت‌ها صورت پذیرد. در این پژوهش قیمت پایانی تعدیل شده به عنوان متغیر اصلی ساخت شبکه استفاده شده است. شروع آن با سری قیمت‌های خام Pit است که نشان از قیمت سهام شرکت i در روز t است، همچنین $Pit - ۱$ نشان دهنده قیمت سهام شرکت i در روز t است. سپس بازده لگاریتمی سهام شرکت‌ها مطابق با رابطه ۱، محاسبه خواهد شد.

$$R_{it} = lnP_{it} - P_{it-۱}$$ رابطه (۱)

پس از آن ماتریس همبستگی سهام محاسبه خواهد شد که در قطر اصلی عدد یک را به خود گرفته و سایر عناصر میزان ضریب همبستگی آن‌ها را نشان می‌دهد. بخش اصلی و عمده‌ای از شبکه‌های مالی بر اساس همبستگی بازده به دست می‌آید [۲۰]. در این پژوهش از همبستگی کندال برای به دست آوردن ماتریس همبستگی استفاده خواهد شد. ضریب همبستگی کندال به جای مقدار، از ترتیب مقدارها برای اندازه‌گیری میزان وابستگی استفاده می‌کند. کندال از تعداد توافق‌ها و عدم توافق‌ها در رتبه بندی‌ها برای محاسبه ضریب خود استفاده می‌کند. ضریب همبستگی رتبه‌ای کندال متقارن است و مقدار آن بین ۱+ و ۱- قرار دارد و مشابه با ضریب همبستگی پیرسون تفسیر می‌شود.

$$\rho_{ij} = \frac{۲S}{n(n-۱)}$$ رابطه (۲)

در فرمول فوق n حجم نمونه مورد بررسی است.

مقدار S از مجموع اختلاف ui (تعداد داده هایی که بعد از داده مورد نظر قرار گرفته و بیشتر از آن است) و vi (تعداد داده هایی که بعد از داده مورد نظر قرار گرفته و کمتر از آن است) بدست می‌آید

$$S = \sum_{i=۱}^{n} d_i = \sum_{i=۱}^{n}(u_i - v_i)$$ رابطه (۳)

در این روش که توسط مانتگنا ارائه شده است، همبستگی بین هر جفت سهام i و j محاسبه خواهد شد. از آنجایی که همبستگی ارزشی بین -۱ و +۱ را در بر می‌گیرد، لذا می‌توان یک فاصله متریک را به صورت رابطه ۲ بیان نمود که نشان‌دهنده میزان نزدیکی نتایج بازده سهام i و j است را اندازه گیری کرد [۲۱،۲۲].

$$d_{ij} = \sqrt{۲(۱ - p_{ij}}$$ رابطه (۴)

براساس این فاصله، در صورتی که همبستگی کاملی (۱- و ۱+) بین سهام برقرار باشد، بیشترین فاصله بین دو سهم اتفاق می‌افتد. اگر در مجموعه داده‌ها هرگز دو شرکت با همبستگی ۱ وجود نداشته باشد،

این مسافت متریک بدیهیات یک متریک را برآورده می‌کند، که برای هر i و j روابط زیر برقرار است (یوری و مانتگنا، ۲۰۱۸):

رابطه (۵)

$$d_{ij} \geq 0,\ d_{ij} = 0 \iff i=j,\ d_{ij} = d_{ji}$$

$$d_{ij} \leq d_{kj} + d_{ik} \quad \forall k$$

پس از محاسبه ماتریس فاصله، آن‌ها به عنوان ورودی گراف استفاده می‌شود. یک گراف شامل دو مجموعه است؛ مجموعه غیرتهی از گره‌ها یا رئوس[۱۰] و مجموعه‌ای از یال‌ها[۱۱] که راس‌ها را به هم متصل می‌کند. قیمت سهام هر شرکت رئوس و ارتباط آن با سهام سایر شرکت‌ها، یال نامیده می‌شود. گراف تهی تنها شامل راس است و یال‌های آن تهی است. یک گراف می‌تواند به دو شکل جهت‌دار[۱۲] و غیرجهت‌دار[۱۳] باشد. یک گراف جهت‌دار گرافی است که جهت هر یال در آن تعیین شده است. در گراف جهت‌دار ترتیب رئوس در هر یال اهمیت دارد و یال‌ها با پیکان‌هائی از راس ابتدا به راس انتها رسم می‌شوند. در گراف غیرجهت‌دار می‌توان در هر دو جهت بین راس‌ها حرکت کرد و ترتیب راس‌های یال اهمیت ندارد.

در نظریه گراف، درخت پویا زیرگرافی است بدون دور و بدون جهت که تمامی گره‌ها را بهم وصل می‌کند. یعنی گراف همبندی که دور ندارد. از ویژگی‌های درخت آن است که تنها یک مسیر برای اتصال هر دو راس آن وجود دارد. در واقع، اگر تعداد رئوس، n باشد، تعداد یال‌ها $n-1$ است [۱۲].

حداقل درخت پویا کوتاه‌ترین درختی است که تمام عناصر موجود در یک گره را به هم متصل می‌نماید؛ به‌عبارتی به زیرمجموعه‌ای از یال‌های گراف که یک درخت شامل تمام راس‌ها تشکیل می‌دهد و مجموع وزن یال‌های آن‌ها کمترین مقدار ممکن بین تمام چنین درخت‌هایی باشد، حداقل درخت پویا نامیده می‌شود [۲۳].

به‌طور کلی درخت‌ها حالت خاصی از گراف‌ها هستند. اگر $G(V,E)$ گرافی بی سو و بی حلقه باشد، G درختی است درصورتی که همبند بوده و دارای هیچ دوری نباشد. زیرگراف H از گراف $G(V,E)$ را یک درخت پویا برای G می‌گویند هرگاه H یک درخت باشد و همه رئوس V را شامل شود. اگر گراف G همبند باشد تعداد یال‌هایی که باید برای به دست آوردن درخت پویا از G حذف گردد برابر $|E| - |V| + 1$ است. این عدد را رتبه مداری G نامیده می‌شود. در گراف‌های وزن‌دار حداقل درخت پویا، درختی است که در آن $\sum_{I=1}^{M} C_I$ حداقل است. در این پژوهش برای تشکیل درخت پویای حداقلی، از الگوریتم پریم[۱۴] استفاده شده است. پریم الگوریتمی در نظریه گراف‌هاست که در زیر درخت پویای کمینه

را برای یک گراف همبند وزن‌دار پیدا می‌کند؛ یعنی زیر مجموعه‌ای از یال‌ها را در آن گراف می‌یابد که درختی را که تشکیل می‌دهند همه رئوس را شامل شده در حالیکه مجموع وزن همه آن‌ها کمینه شده است. در الگوریتم پریم، ورودی گراف‌های همبند و وزن‌دار $G(V,E)$ است که در آن برای $C\epsilon E$ یک عدد حقیقی $C(e) > ۰$ منسوب شده است و خروجی آن درخت پویای حداقلی است [۲۴]. پس از ایجاد شبکه مالی توسط درخت پویای حداقلی، معیارهای مرکزیت هریک از سهام بررسی خواهد شد. معیارهای مرکزیت به دو دسته معیارهای سراسری و معیارهای محلی تقسیم می‌شوند. معیارهای محلی، معیارهایی هستند که تنها به ساختار شبکه در همسایگی یک گره مربوط می‌شوند. معیارهای سراسری معیارهایی هستند که به ساختار کلی شبکه وابسته‌اند. در این پژوهش چهار معیار اصلی مرکزیت برای شناسایی سهامی که بیشترین تاثیرگذاری را دارند، ارائه خواهد شد.

۱- مرکزیت درجه[۱۵]

مرکز درجه به تعداد لینک‌هایی گفته می‌شود که روی یک گره اتفاق می‌افتد. درجه را می‌توان به عنوان تاثیرگذاری فوری یک گره برای هر آنچه که در از طریق شبکه جریان دارد، تفسیر کرد. هرچه تعداد ارتباطات یک سهم در شبکه مالی بیشتر باشد، آن سهم مهم‌تر است و به‌عبارتی رتبه بندی سهام بر اساس تعداد ارتباطات آن‌ها است. مرکزیت درجه گره در یک شبکه تعداد پیوندهایی است که گره با سایر گره های آن شبکه دارد. مرکزیت درجه تعداد پیوندهای مستقیم بین یک بازیگر معین و سایر بازیگران شبکه است. وقتی یک بازیگر پیوندهای زیادی را در یک شبکه برقرار می کند ، یک مرکزیت درجه بالا استنباط می‌شود، بنابراین روابط گسترده ای بین این بازیگر و دیگران برقرار می‌شود. با توجه به این روابط گسترده، منابع برای این بازیگر قابل دسترسی تر است و از این رو به عنوان بازیگر محوری تر مورد توجه قرار می‌گیرد.

مرکزیت درجه گره V برای گراف $G = (V,E)$ داده شده، با $|V|$ گره و $|E|$یال، به صورت زیر تعریف می‌شود [۲۵].

$$C_D(v) = \sum_{i=۱}^{n} \mathrm{a}\,(i.v)$$

این معیار بدیهی‌ترین و اولین معیار مرکزیت برای بررسی شبکه مالی است. هرچه درجه یک گره بیشتر باشد، به گره‌های بیشتری اتصال دارد و احتمال تاثیرگذاری این گره بیشتر خواهد شد.

۲- معیار مرکزیت نزدیکی (فریمن)[۱۶]

این معیار تلاقی مسافت کل از یک گره (v) تا همه گره‌های دیگر در یک شبکه است. جایی که فاصله (v,t)، فاصله ی بین گره v و t است. معمولا از آن به‌عنوان معیاری برای گسترش سریع از یک گره در یک شبکه به سایر گره‌ها استفاده می‌شود و یا در یک وضعیت برنامه‌ریزی شده شبکه، این گره به‌عنوان نقطه شروع مطلوبیت مناسبی دارد [۲۶].

$$C_c(u) = \frac{۱}{\sum_{t \in V \setminus} dist\{v.t)}$$

۳- کوتاه‌ترین مسیر بین مرکزیت[۱۷]

سنجه مرکزیت بینابینی، شاخصی است که مسیر دقیق‌تری برای اندازه‌گیری مرکزیت یک سهام را عرضه می‌کند. این شاخص، مرکزیت را با بررسی وسعتی که در آن یک سهام خاص بین دیگر سهام متنوع در شبکه قرار می‌گیرد را اندازه‌گیری می‌کند [۲۷]. سنجه مرکزیت بینابینی، موقعیت یک موجودیت را درون یک شبکه بر حسب توانایی‌اش برای ایجاد ارتباط با سایر زوج‌ها یا گروه‌ها در شبکه، شناسایی می‌کند. روش دیگر سنجش مرکزیت، مشخص کردن بینابینی گره‌هاست. این روش اشاره به گره مخصوصی دارد که در بین دیگر گره‌ها در شبکه واقع شده است. یک گره با رتبه نسبتا پائینن بینابینی ممکن است نقش میانجی مهمی را ایفا کند و برای شبکه خیلی مرکزی باشد [۲۸]. رئوسی که به احتمال زیاد در کوتاه‌ترین مسیری که به طور تصادفی بین دو راس که به طور تصادفی انتخاب شده، رخ می‌دهد، بینابینی بالایی دارد. به صورت فشرده‌تر بینابینی را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$C_B(v) = \sum_{s \neq v \neq t \in v} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

σ_{st} تعداد کوتاه‌ترین مسیرهای اتصال از s به t و $\sigma_{st}(v)$ تعداد کوتاه‌ترین مسیرهای اتصال از s به t از طریق عبور از یال v است. اگر هیچ راهی برای پیوستن از s به t وجود نداشته باشد $\sigma_{st}(v) =$ ۰خواهد شد [۲۹].

۴- معیار مرکزیت تنگنا[۱۸]

در این معیار برای هر گره v در یک گراف غیرجهت‌دار، یک درخت T_v با کوتاه‌ترین مسیر از آن گره به سایر گره‌های دیگر در گراف ساخته می‌شود. برای گره nv، V تعداد گره‌هایی است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم به گره V وصل می‌شوند (یعنی درخت T_v شامل گره‌های n_v است). برای هر گره V در گراف، این درخت کوتاه ترین مسیر که دارای ریشه در V است، ساخته می‌شود.

$$BN_V = \sum_{S \in V} Ps(V)$$

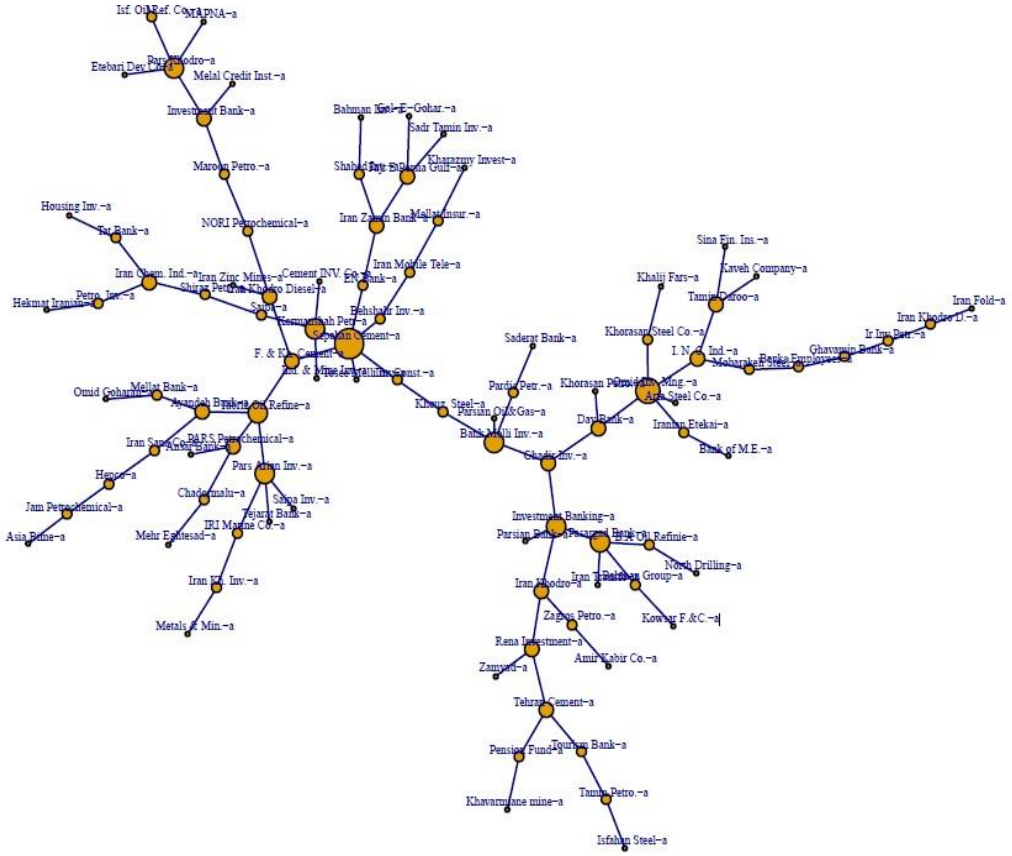
یافته‌ها

در این پژوهش برای دریافت داده‌ها، تبدیل داده‌ها، محاسبه بازده لگاریتیمی و ضریب همبستگی کندال، ساخت درخت پویای حداقلی و همچنین محاسبه معیارهای مرکزیت از نرم افزار R استفاده شده است. در جدول زیر توابع مورد استفاده و کتابخانه‌های مورد استفاده ذکر خواهد شد.

جدول ۲. توابع و بسته‌های مورد استفاده شده

مرحله	شرح	تابع استفاده شده	بسته استفاده شده	نرم افزار
۱	بررسی پیشینه پژوهش	Biblioshiny()	Bibliometrix	R
۲	ورود داده‌ها	Read.csv()	Base	R
۳	تبدیل داده‌ها به سری زمانی	TimeData() as.timeseries()	TimeSeries	R
۴	محاسبه بازده لگاریتمی	Returns()	Quantmod	R
۵	ایجاد گراف همبستگی سهام	Cor_mst_pearson()	igraph	R
۶	محاسبه معیارهای مرکزیت	calculate_centralities()	CINNA	R
۷	نگاره سازی نتایج	ggplot()	ggplot()	R

شکل ۲ حداقل درخت پویا را نشان می‌دهد. هر گره[۱۹] در این درخت به یک سهم تخصیص داده شده است و هر یال[۲۰] آن نشان دهنده ارتباط بین ۲ سهم است. این درخت بر اساس الگوریتم پریم مرتب شده شده است که بعد از تشکیل گراف، هریک از یال‌هایی که فاصله کمتری را دارند در شبکه حفظ کرده و مابقی یال‌ها را حذف می‌نماید. نمودار حداقل درخت پویا ابزاری مناسب برای شناسایی سهام دارای نقش اصلی در بازار بورس ایران است که دارای قدرت محدود برای نفوذ در بازار هستند.



شکل۲. شبکه مالی مبتنی بر حداقل درخت پویا

در ادامه به بررسی معیارهای مرکزیت حاصل از ایجاد شبکه مالی در راستای شناسایی رهبران بازار سهام با توجه به معیارهای مختلف پرداخته خواهد شد. در اولین جدول نتایج بدیهی‌ترین معیار مرکزیت، گزارش شده است. این درجه به ارتباط مستقیم سهام با یکدیگر در شبکه مالی اشاره دارد. در این پژوهش سهام شرکت "سیمان سپاهان" با ۶ ارتباط مستقیم بیشترین تاثیر را بر شبکه مالی دارد. پس از آن سهام شرکت "مدیریت سرمایه‌گذاری امید" با ۵ ارتباط مستقیم و پس از آن سهام شرکت‌های "سرمایه‌گذاری بانک ملی"، "بانک پاسارگاد"، "تامین سرمایه امید"، پتروشیمی کرمانشاه، "پارس خوردو"، "سرمایه گذاری پارس آریان" و "پالایش نفت تبریز" هریک با ۴ ارتباط مستقیم و بدون واسطه، بیشترین تاثیر را در شبکه مالی دارند.

جدول ۳. سهام برتر شبکه از نظر معیار مرکزیت درجه

رتبه-معیار	سهام	مرکزیت درجه	رتبه-معیار	سهام	مرکزیت درجه
۱	سیمان سپاهان	۶	۶	تامین سرمایه امید	۴
۲	مدیریت سرمایه گذاری امید	۵	۷	پتروشیمی کرمانشاه	۴
۳	سرمایه گذاری بانک ملی	۴	۸	پارس خودرو	۴
۴	سرمایه گذاری پارس آریان	۴	۹	بانک پاسارگاد	۴
۵	پالایش نفت تبریز	۴	۱۰	پتروشیمی پارس	۳

جدول۴ نتایج معیار مرکزیت نزدیکی را ارائه می‌دهد. شاخص مرکزیت نزدیکی یک گره میانگین طول کوتاه‌ترین مسیرها بین گره و تمام گره‌های دیگر شبکه است. بنابراین گره‌هایی که دارای شاخصه تمرکز بالاتر در شبکه هستند از قدرت بیشتری برخوردار هستند و نقش محوری‌تری در آن دارند. نتایج نشان می‌دهد سهام شرکت‌های "سیمان سپاهان"، "بین المللی توسعه ساختمان"، "فولاد خوزستان"، "سیمان فارس و خوزستان"، "سرمایه گذاری بانک ملی" دارای نقش محوری تری در بازار سهام هستند.

جدول۴. سهام برتر شبکه از نظر معیار مرکزیت نزدیکی

رتبه-معیار	**سهام**	**مرکزیت نزدیکی**	**رتبه-معیار**	**سهام**	**مرکزیت نزدیکی**
۱	سیمان سپاهان	۰/۰۰۱۲۹	۶	سرمایه گذاری غدیر	۰/۰۰۱۱۵
۲	بین‌المللی‌توسعه‌ساختمان	۰/۰۰۱۲۶	۷	پتروشیمی کرمانشاه	۰/۰۰۱۱۳
۳	فولاد خوزستان	۰/۰۰۱۲۳	۸	بانک اقتصاد نوین	۰/۰۰۱۱۲
۴	سیمان فارس و خوزستان	۰/۰۰۱۲۲	۹	توسعه صنایع بهشهر	۰/۰۰۱۱۱
۵	سرمایه گذاری بانک ملی	۰/۰۰۱۱۹	۱۰	پالایش نفت تبریز	۰/۰۰۱۱۰

جدول ۵ نتایج معیار مرکزیت بینابینی را ارائه می‌دهد. شاخص مرکزیت فاصله یک گره تعداد دفعاتی است که گره در کوتاه ترین مسیر بین هر جفت گره یک شبکه قرار دارد. گره‌های دارای مرکزیت فاصله زیاد نقش مهمی در اتصال شبکه و همچنین در گردش اطلاعات در شبکه دارند. گره ای که دارای یک مرکزیت فاصله زیاد است مانند پلی است که قسمت های مختلف شبکه را به هم وصل می‌کند و در صورت حذف از شبکه، تمام روابط در شبکه تحت تأثیر قرار می‌گیرد، لذا این معیار نشان دهنده نقش سهم در انتقال اطلات در شبکه مالی است. با توجه به شبکه مالی ارائه شده، سیمان سپاهان دارای بیشترین ضریب معیار مرکزیت بینابینی و پس از آن سهام سرمایه‌گذاری غدیر، سرمایه گذاری بانک ملی،

سیمان فارس و خوزستان، بین المللی توسعه ساختمان است که نقش مهمی در انتقال‌دهندگی اطلاعات در بازار سهام ایران دارند.

جدول ۵. سهام برتر شبکه از نظر معیار مرکزیت بینابینی

رتبه- معیار	سهام	مرکزیت بینابینی	رتبه- معیار	سهام	مرکزیت بینابینی
۱	سیمان سپاهان	۳۱۴۳	۶	فولاد خوزستان	۲۴۳۶
۲	سرمایه گذاری غدیر	۲۶۴۱	۷	تامین سرمایه امید	۱۵۵۹
۳	سرمایه گذاری بانک ملی	۲۵۳۵	۸	پالایش نفت تبریز	۱۵۰۵
۴	سیمان فارس و خوزستان	۲۴۸۱	۹	بانک دی	۱۴۲۷
۵	بین‌المللی‌توسعه‌ساختمان	۲۴۵۱	۱۰	م. سرمایه گذاری امید	۱۳۳۳

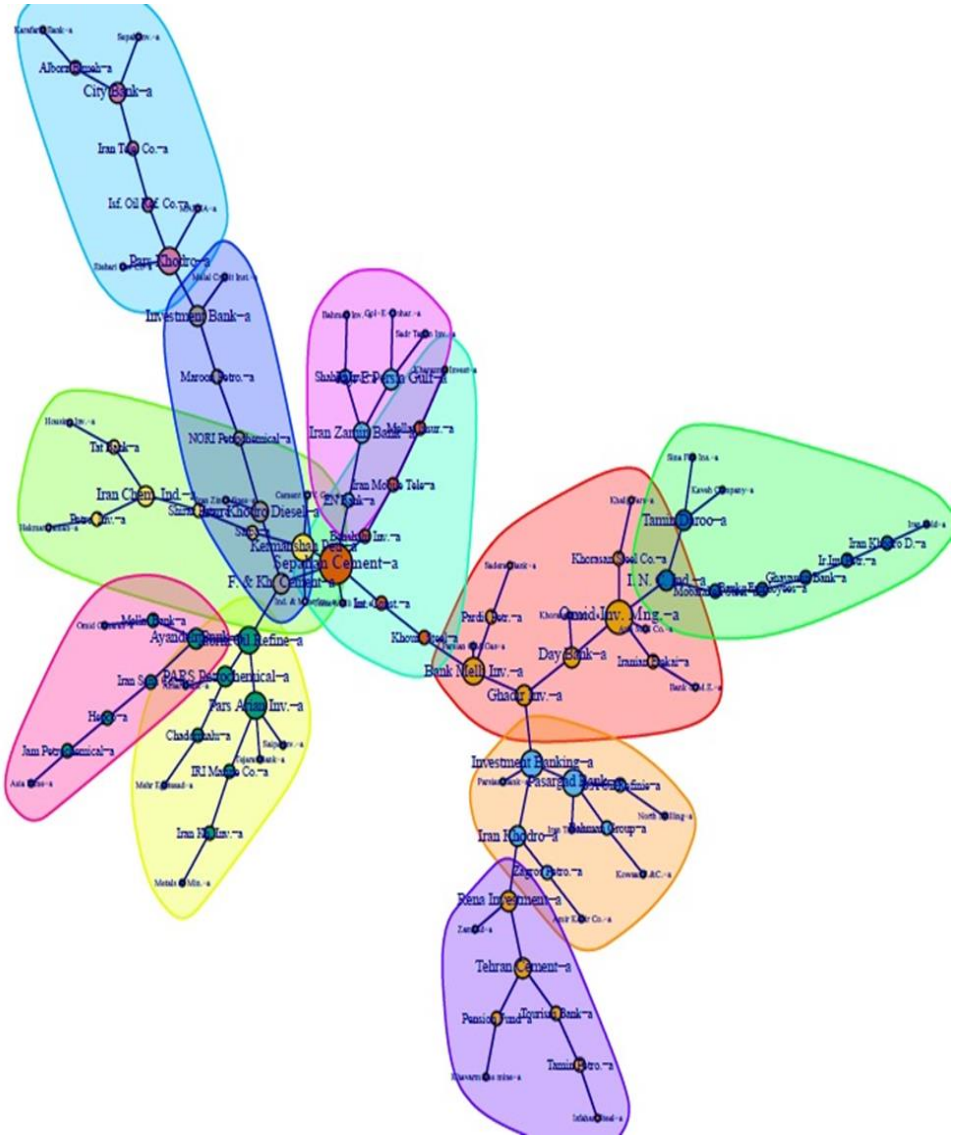
جدول ۶ نتایج معیار مرکزیت تنگنا را نشان می‌دهد. برای هر سهم در گراف غیرجهت‌دار، یک درخت از کوتاه‌ترین مسیر از سهم مورد نظر به تمام سهام در شبکه ساخته خواهد شد. برای سهم i ، ni تعداد سهامی که است به طور مستقیم یا غیرمستقیم به سهم i متصل هستند. در شبکه مالی ارائه شده سهام "سیمان سپاهان"، "فولاد خوزستان"، "بین‌المللی توسعه ساختمان"، سیمان فارس و خوزستان"، "سرمایه‌گذاری بانک ملی" و "سرمایه‌گذاری غدیر" با ۹۹ اتصال مستقیم و غیر مستقیم بیشترین ارتباط را در بین سهام شرکت‌ها دارند. همچنین سهام تامین سرمایه امید با ۱۸، بانک دی و پالایش نفت تبریز با ۱۷ و مدیریت سرمایه گذاری امید با ۱۵ اتصال را در شبکه دارند.

جدول ۶. سهام برتر شبکه از نظر معیار مرکزیت تنگنا

رتبه- معیار	سهام	مرکزیت تنگنا	رتبه- معیار	سهام	مرکزیت تنگنا
۱	سیمان سپاهان	۹۹	۶	سرمایه گذاری بانک ملی	۹۹
۲	فولاد خوزستان	۹۹	۷	تامین سرمایه امید	۱۸
۳	بین المللی توسعه ساختمان	۹۹	۸	بانک دی	۱۷
۴	سیمان فارس و خوزستان	۹۹	۹	پالایش نفت تبریز	۱۷
۵	سرمایه گذاری غدیر	۹۹	۱۰	م. سرمایه گذاری امید	۱۵

به دلیل حجم نسبتا زیاد شرکت‌ها نمی‌توان یک نگاه کامل به شبکه مالی انداخت و با نگاه به آن به کلیه موارد داخل آن پی برد. یک راه برای نگاه به شبکه مالی از طریق شبکه خارج از مرکز[۲۱] است. خوشه‌بندی‌های رنگی ارائه شده نشان دهنده گروه‌های مختلف شبکه مالی است. خوشه‌بندی‌ها گروه‌هایی

از سهام هستند که بین ان‌ها ارتباطات زیادی وجود دارد و از نظر گروهی محکم‌تر هستند. تعریف دقیقی برای تعریف خوشه‌بندی وجود ندارد ولی آن‌ها به راحتی در شبکه قابل شناسایی هستند. نتایج خوشه-بندی ارائه شده در این پژوهش نشان می‌دهد گروه‌های سهام به ۱۱ خوشه طبقه بندی شده‌اند که هر کدام از این خوشه‌ها نشان‌دهنده ارتباطات بیشتر آن‌ها در خوشه مورد نظر است.



شکل۳. خوشه بندی مالی

بحث و نتیجه‌گیری

در فرآیند هر پژوهشی، نتایج آن اهمیت بسزایی دارد، چراکه نتیجه‌گیری‌های پژوهش می‌تواند مبنایی برای رفع مشکلات موجود و یا بهبود وضع موجود به سمت وضع مطلوب باشد. یکی از اهداف این پژوهش کمک به سرمایه گذاران در انتخاب سهام به منظور تشکیل پرتفوی بهینه با استفاده از نتایج حاصل از ارائه شبکه مالی و خوشه‌بندی آن بود. تصمیم‌گیری در ارتباط با انتخاب سهم یک شرکت یا پرتفویی از سهام شرکت‌ها مساله مهم و پیچیده است. از آنجا که سرمایه گذاران نسبت به آینده مطمئن نیستند، باید برای کاهش ریسک، اقدام به متنوع‌سازی سهام خود کنند. سرمایه‌گذاران برای انتخاب پرتفوی در پژوهش حاضر به بررسی و ایجاد یک شبکه مالی از برترین سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداخته شد و نحوه همبستگی و ارتباط این شاخص‌ها با یکدیگر، میزان ارتباط آن‌ها، انواع ارتباط آن‌ها و شبکه‌هایی که بین سهام در بازار بورس اوراق بهادار وجود داشت در طول زمان مورد بررسی قرار گرفت. دامنه داده‌های مورد بررسی در بازه زمانی دی ماه ۱۳۸۸ الی دی ماه ۱۳۹۸ برای ۱۰۰ شرکت برتر بورس اوراق بهادار بر اساس سرمایه ثبت شده مورد بررسی قرار گرفت. بازده لگاریتمی هر یک از قیمت‌های پایانی تعدیل شده محاسبه و پس از آن ماتریس همبستگی اسپیرمن ساخته شد. با استفاده از مفاهیم تئوری گراف، شبکه مالی مربوطه ساخته و با توجه به روش حداقل درخت پویا مهم‌ترین ارتباطات بین سهام معرفی شد. چهار شاخص از معیارهای مهم مرکزیت مورد بررسی قرار گرفت که هر کدام از این معیارهای نشان‌دهنده جنبه ای از اهمیت سهام در شبکه مالی است. مطابق نتایج به دست آمده بر اساس معیار درجه مرکزیت، سهام شرکت‌های "سیمان سپاهان"، مدیریت سرمایه گذاری امید"، بر اساس معیار مرکزیت نزدیکی سهام شرکت‌های "سیمان سپاهان"، "بین المللی توسعه ساختمان" و "فولاد خوزستان"، بر اساس معیار مرکزیت بینابینی، سهام شرکت‌های "سیمان سپاهان"، "سرمایه-گذاری غدیر"، "سرمایه‌گذاری بانک ملی"، و بر اساس معیار مرکزیت تنگنا، سهام شرکت‌های "سیمان سپاهان"، "فولاد خوزستان" و "بین‌المللی توسعه ساختمان" به‌عنوان سهام برتر در بازار بورس ایران شناخته شدند. در نهایت برای بررسی و ایجاد یک دید کامل به شبکه سهام با استفاده از الگوریتم حریصانه سریع، شبکه مالی غیرخطی به ۱۱ دسته تقسیم شد که سهام منتخب در هر دسته دارای ارتباط قوی‌تر و همبستگی بالاتری نسبت به مابقی سهام در دسته‌های مختلف است.

پیشنهادات مورد نیاز برای پژوهش‌های آتی به شرح زیر ارائه می‌گردد:

۱- در این پژوهش تنها به بررسی سهام ۱۰۰ شرکت برتر پرداخته شدف لذا پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی کلیه سهام شرکت‌ها مورد بررسی قرار بگیرد.

۲- در این پژوهش تنها به بررسی بازه زمانی ۱۰ ساله پرداخته شد، پیشنهاد می‌شود شبکه مالی برای رویدادهای مهم مانند خروج آمریکا از برجام ارائه شود و با شبکه مالی قبل از آن مقایسه گردد.

۳- در این پژوهش تنها از قیمت پایانی تعدیل شده برای ساخت شبکه مالی استفاده شد که پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی از فاکتورهای دیگری مانند حجم و ارزش معاملات نیز برای ساخت شبکه استفاده گردد.

منابع

۱) Boginski, V., Butenko, S., & Pardalos, P. M. (۲۰۰٦). Mining market data: A network approach. *Computers & Operations Research*, ۳۳(۱۱), ۳۱۷۱-۳۱۸٤. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.cor.۲۰۰٥,۰۱,۰۲۷.

۲) Dimitrios, K., & Vasileios, O. (۲۰۱٥). A network analysis of the Greek stock market. *Procedia Economics and Finance*, ۳۳, ۳٤۰-۳٤۹. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/S۲۲۱۲-٥٦۷۱(۱٥)۰۱۷۱۸-۹

۳) Tse, C.K., Liu, J., Lau, F.C.M. (۲۰۱۰) "A Network Perspective of the Stock Market" Journal of Empirical Finance, Vol. ۱۷(۲), pp. ٦٥۹-٦٦۷.

٤) Nier, E. W., Yang, J., Yorulmazer, T., & Alentorn, A. (۲۰۰۸). Network models and financial stability.

٥) Jallo, D., Budai, D., Boginski, V., Goldengorin, B., & Pardalos, P. M. (۲۰۱۳). Network-based representation of stock market dynamics: an application to American and Swedish stock markets. In *Models, Algorithms, and Technologies for Network Analysis* (pp. ۹۳-۱۰٦). Springer, New York, NY. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۱-٤٦۱٤-٥٥۷٤-٥_٥

٦) Newman, M. E. (۲۰۰۳). The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, ٤٥(۲), ۱٦۷-۲٥٦. https://doi.org/۱۰,۱۱۳۷/S۰۰۳٦۱٤٤٥۰۳٤۲٤۸۰

۷) Albert, R., & Barabási, A. L. (۲۰۰۲). Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, ۷٤(۱), ٤۷. https://doi.org/۱۰,۱۱۰۳/RevModPhys.۷٤,٤۷

۸) Zhou, T., Liu, J. G., Bai, W. J., Chen, G., & Wang, B. H. (۲۰۰٦). Behaviors of susceptible-infected epidemics on scale-free networks with identical infectivity. *Physical Review E*, ۷٤(٥), ۰٥٦۱۰۹. https://doi.org/۱۰,۱۱۰۳/PhysRevE.۷٤,۰٥٦۱۰۹

۹) Beinhocker, E. D. (۲۰۰٦). *The origin of wealth: Evolution, complexity, and the radical remaking of economics*. Harvard Business Press.

۱۰) Mantegna, R. N. (۱۹۹۹). Hierarchical structure in financial markets. The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems, ۱۱(۱), ۱۹۳-۱۹۷.

۱۱) Huang, W. Q., Zhuang, X. T., & Yao, S. (۲۰۰۹). A network analysis of the Chinese stock market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, ۳۸۸(۱٤), ۲۹٥٦-۲۹٦٤.

۱۲) منتشری، مجید؛ صادقی، حجت‌الله. (۱۳۹۹). ایجاد شبکه مالی غیرخطی مبتنی بر ویژگی مکان شناختی آن بر مبنای نظریه گراف (مطالعه ای در بورس اوراق بهادار تهران). مدیریت دارایی و تامین مالی. ۱۰,۲۲۱۰۸/AMF.۲۰۲۰,۱۲۲۸۹٥,۱٥۳۸

۱۳) Tang, Y., Xiong, J. J., Luo, Y., & Zhang, Y. C. (۲۰۱۹). How Do the Global Stock Markets Influence One Another? Evidence from Finance Big Data and

Granger Causality Directed Network. *International Journal of Electronic Commerce,* ۲۲(۱), ۸۵-۱۰۹. doi:۱۰,۱۰۸۰/۱۰۸٦٤٤۱٥,۲۰۱۸,۱٥۱۲۲۸۳.

۱٤) Orus, R., Mugel, S., & Lizaso, E. (۲۰۱۹). Forecasting financial crashes with quantum computing. *Physical Review A,* ۹۹(٦), ٦. doi:۱۰,۱۱۰۳/PhysRevA.۹۹,۰٦۰۳۰۱

۱٥) Li, Y., Jiang, X. F., Tian, Y., Li, S. P., & Zheng, B. (۲۰۱۹). Portfolio optimization based on network topology. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications,* ٥۱٥, ٦۷۱-٦۸۱. doi:۱۰,۱۰۱٦/j.physa.۲۰۱۸,۱۰,۰۱٤

۱٦) Khoojine, A. S., & Han, D. (۲۰۱۹). Network analysis of the Chinese stock market during the turbulence of ۲۰۱٥-۲۰۱٦ using log-returns, volumes and mutual information. Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications, ٥۲۳, ۱۰۹۱-۱۱۰۹. doi:۱۰,۱۰۱٦/j.physa.۲۰۱۹,۰٤,۱۲۸.

۱۷) Frey, R., & Hledik, J. (۲۰۱۸). Diversification and Systemic Risk: A Financial Network Perspective. *Risks,* ٦(۲), ۱۱. doi:۱۰,۳۳۹۰/risks٦۰۲۰۰٥٤

۱۸) Baydilli, Y. Y., Bayir, S., & Turker, I. (۲۰۱۷). A HIERARCHICAL VIEW OF A NATIONAL STOCK MARKET AS A COMPLEX NETWORK. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research,* ٥۱(۱), ۲۰٥-۲۲۲.

۱۹) Papana, A., Kyrtsou, C., Kugiumtzis, D., & Diks, C. (۲۰۱۷). Financial networks based on Granger causality: A case study. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications,* ٤۸۲, ٦٥-۷۳. doi:۱۰,۱۰۱٦/j.physa.۲۰۱۷,۰٤,۰٤٦

۲۰) Wang, Y., Li, H., Guan, J., & Liu, N. (۲۰۱۹). Similarities between stock price correlation networks and co-main product networks: Threshold scenarios. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, ٥۱٦, ٦٦-۷۷. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.physa.۲۰۱۸.۰۹,۱٥٤

۲۱) Iori, G., & Mantegna, R. N. (۲۰۱۸). Empirical analyses of networks in finance. In Handbook of Computational Economics (Vol. ٤, pp. ٦۳۷-٦۸٥). Elsevier.

۲۲) Tumminello, M., Coronnello, C., Lillo, F., Micciche, S., & Mantegna, R. N. (۲۰۰۷). Spanning trees and bootstrap reliability estimation in correlation-based networks. *International Journal of Bifurcation and Chaos,* ۱۷(۰۷), ۲۳۱۹-۲۳۲۹.

۲۳) Bonanno, G., Caldarelli, G., Lillo, F., Micciche, S., Vandewalle, N., & Mantegna, R. N. (۲۰۰٤). Networks of equities in financial markets. *The European Physical Journal* B, ۳۸(۲), ۳٦۳-۳۷۱. https://doi.org/۱۰,۱۱٤۰/epjb/e۲۰۰٤-۰۰۱۲۹-٦

۲۴) Al-Taie, M. Z., & Kadry, S. (۲۰۱۷). *Python for graph and network analysis* (pp. ۱-۱۸۴). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۳-۳۱۹-٥۳۰۰۴-۸

۲٥) Newman, M. (۲۰۱۸). Networks. Oxford university press.

۲۶) Rochat, Y. (۲۰۰۹). Closeness centrality extended to unconnected graphs: The harmonic centrality index (No. CONF).
۲۷) Cheng, B. (۲۰۰۶). Using social network analysis to investigate potential bias in editorial peer review in core journals of comparative/international education.
۲۸) Scott, J. (۲۰۰۰). Social network analysis: A handbook. ۲nd edn sage publications.
۲۹) Dangalchev, C. (۲۰۰۶). Residual closeness in networks. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, ۳۶۵(۲), ۵۵۶-۵۶٤.

یادداشت‌ها :

۱ Complex Networks

۲ Minimum spanning trees

۳ Equity

۴ Log-Returns

۵ Web Of Science

۶ Bibliometrics

۷ Big Data

۸ Sliding Window

۹ Annealers

۱۰ Vertex

۱۱ Edge

۱۲ Directed

۱۳ Undirected

۱۴ Prim’s Algorithm

۱۵ Degree Centrality

۱۶ Closeness Centrality (Freeman)

۱۷ Shortest Path Betweenness Centrality

۱۸ Bottleneck Centrality

۱۹ Node

۲۰ Edge

۲۱ Egocentric network