فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و پنجم / زمستان ۱۳۹۹

گونه‌شناسی شبکه‌های مالی بر اساس ویژگی‌های مکان‌شناختی آن‌ها (مطالعه‌ای در بورس اوراق بهادار تهران)

مجید منتشری[۱]
حجت اله صادقی[۲]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۲/۲۷

چکیده

تجزیه و تحلیل صورت‌های بورس سهام، بررسی چگونگی تکامل آن در طول زمان و توصیف الگوها در داخل بازار سهام برای توسعه و طراحی استراتژی‌های سرمایه‌گذاری مهم و سودمند است. هدف این پژوهش ایجاد و معرفی یک شبکه مالی جدید و بررسی معیارهای مرکزیت سهام برای بهینه‌سازی سبد سهام سرمایه گذاران و همچنین شناسایی رهبران بازار سهام است. در این پژوهش ۱۰۰ شرکت برتر بورس اوراق بهادار که دارای بیشترین سرمایه ثبت شده‌اند در بازه زمانی دی ماه ۱۳۸۸ تا دی ماه ۱۳۹۸ انتخاب شدند. شبکه مالی با استفاده از قیمت پایانی تعدیل شده به بازده لگاریتمی تبدیل و ضریب همبستگی پیرسون بازده‌های سهام محاسبه گردید. از مفاهیم تئوری گراف و الگوریتم پریم برای کشف روابط و فاصله‌های موجود بین سهام برای ساخت حداقل درخت پویا استفاده گردید. نتایج نشان داد بر اساس معیار مرکزیت درجه، سهام مخابرات ایران و بانک آینده، بر اساس معیار مرکزیت نزدیکی، سهام سرمایه‌گذاری بهمن، تامین سرمایه امید و بانک گردشگری، بر اساس معیار مرکزیت بینابینی، سهام تامین سرمایه امید، سرمایه‌گذاری بهمن و بیمه آسیا و بر اساس معیار مرکزیت تنگنا، سهام بیمه آسیا، بانک گردشگری و تامین سرمایه امید بیشترین تاثیر را بر شبکه مالی و بازار سهام دارند. همچنین در نهایت شبکه مالی به ۹ خوشه تقسیم شد که هر خوشه نشان دهنده ارتباط قوی‌تر اجزای آن با یکدیگر است.

کلمات کلیدی

شبکه مالی – حداقل درخت پویا – معیارهای مرکزیت

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

مقدمه

امروزه شناسایی و انتخاب سهام برتر اصلی‌ترین دغدغه افراد برای سرمایه‌گذاری در بازار اوراق بهادار است. توانایی شناسایی سهام مناسب بدون ابزاری شایسته، کاری دشوار برای افراد است. موفقیت انتخاب سهام منوط به شناسایی شبکه مالی، بررسی عملکرد و همچنین پیش‌بینی آتی آن‌ها است، لذا کشف ارتباطات بین سهام می‌تواند به عنوان یکی از راه‌های مفید کمک به سرمایه‌گذاران برای انتخاب سهام برتر و همچنین بهینه سازی سبد باشد [۱].

طی سالیان اخیر تلاش‌های زیادی در راستای هدایت سرمایه‌گذاران به‌نحوه انتخاب سهام مناسب صورت گرفته و مدل‌های زیادی معرفی شده است [۲]. مفاهیم بهینه‌سازی سبد سهام و تنوع بخشی مانند ابزاری در راستای توسعه و گسترش فهم بازارهای مالی و تصمیم‌گیری درآمده‌اند. از زمانی که مارکویتز مدل خود را منتشر کرد، این مدل تغییرات و بهبودهای فراوانی را در شیوه نگرش افراد به سرمایه‌گذاری و سبدسهام ایجاد کرد و به عنوان ابزاری کارا برای بهینه‌سازی سبدسهام به کار گرفته شد.

اگرچه حداقل کردن ریسک و حداکثر کردن بازده سرمایه گذاری به نظر ساده می‌رسد، اما در عمل روش‌های متعددی برای تشکیل پرتفوی بهینه به کار گرفته می‌شود، مارکویتز نظریه مدرن پرتفوی را به عنوان یک روش کلاسیک به صورت فرمول ریاضی بیان کرد. در الگوی میانگین-واریانس طراحی شده توسط وی میانگین، بازده مورد انتظار را نشان می‌دهد و واریانس بیانگر ریسک پرتفوی است. تئوری پرتفوی مارکویتز، تنها راه حلی برای تخصیص سرمایه به دست می‌دهد. در بازارهای سرمایه که سرمایه‌های مختلف وجود دارد، سرمایه‌گذار با هجوم اطلاعاتی روبرو است که انتخاب را برای وی دشوار می‌نماید، لذا سرمایه گذاران به دنبال بررسی بهترین استراتژی برای سرمایه گذاری و بهینه سازی سبد سهام می‌باشند. از اصلی‌ترین استراتژی‌ها زمان ایجاد سبد سهام در مباحث مالی، متنوع‌سازی کردن[۱] است[۳]، از آنجا که انتظار می‌رود سرمایه‌گذاری در سهام به صورت متفاوتی رفتار کند، لذا به صورت ایده آل باید قویا یک همبستگی منفی وجود داشته باشد تا بتواند واریانس و بنابراین ریسک را حداقل کند. اولین روش برای شناسایی سهام با رفتار مشابه، مرتب کردن شرکت‌ها بر اساس نوع صنعت آن‌ها [۴]و سرمایه‌گذاری سهام در صنایع مختلف است؛ استراتژی که بدون شک از سرمایه‌گذاران در مقابل بحران‌هایی که ممکن است یک صنعت خاص را تحت تاثیر قرار دهد، محافظت می‌کند، ولیکن به علت ناشناخته بودن بازار سهام، تضمینی برای داشتن یک فعالیت اصلی متفاوت که منجر به رفتارهای متفاوتی در قیمت سهام شود، وجود ندارد، لذا مطالعه عمیق همبستگی سهام که منجر به درک درستی از حرکات و شناسایی گروه‌هایی از آن‌ها که پویایی مشترکی دارند، در متنوع سازی پرتفوی امری حیاتی است.

ساختن یک شبکه از سهام شرکت‌ها یک رویکرد جدید برای شناسایی روابط میان شرکت‌ها و به طور خاص، برای ارتباط قیمت است[۵،۶،۷]، لذا هدف این پژوهش ایجاد یک شبکه مالی و بررسی ارتباط بین سهام شرکت‌های مختلف با استفاده از یک درخت پویای حداقلی است که این امر باعث کمک به سرمایه‌گذاران برای ایجاد یک سبد بهینه و حداکثرسازی سود سرمایه‌گذاری خواهد شد. همچنین با استفاده از معیارهای مرکزیت می‌توان به شناسایی سهام پیشرو (رهبران) بازار از جهات مختلف پی برد.

در ادامه این پژوهش در ابتدا مبانی نظری موضوع پژوهش توضیح داده شده و سپس مطالعاتی که دراین زمینه در داخل و خارج کشور انجام شده، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در قسمت بعد، به بررسی روش پژوهش و مباحثی از قبیل سوال پژوهش، قلمرو پژوهش، جامعه آماری، روش گردآوری داده‌ها و شیوه تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته خواهد شد. در قسمت تجزیه و تحلیل داده‌ها، نتایج به دست‌آمده از روش‌پژوهش، نشان داده خواهد شد و در نهایت در قسمت بحث و نتیجه‌گیری، نتایج حاصل از پژوهش را شرح داده، محدودیت‌های پژوهش توضیح و برای پژوهش‌های آتی پیشنهاداتی ارائه خواهد شد.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

شبکه و کاربرد آن در مشکلات مدل‌سازی با نام تئوری نمودار توسط اویلر (۱۷۳۶) ابداع شد و در زمینه‌هایی مانند ریاضیات، زیست شناسی، جامعه شناسی، حمل و نقل و اخیرا در علوم رایانه، شبکه‌ای ارتباطی و امور مالی به ابزاری محبوب تبدیل شد. [۸]. شبکه‌ها اخیرا برای مدل‌سازی بازارهای مالی و همچنین بررسی روابط اقتصادی به‌طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شبکه یک شی ریاضی است که روابط بین اجزا را توصیف می‌کند. این یک ساختار برای مدل‌سازی اطلاعات است و شامل گره‌هایی است که اشیاء و لبه‌هایی را نشان می‌دهند که یک گره را به گره دیگری مرتبط می‌کند. نظریه گراف ابزارهای مورد نیاز برای توصیف و تجسم ترکیبات را که از سه یا چند بازیگر تشکیل شده است، ارائه می‌دهد. نمودارها در محاسبات بسیار فراگیر شده‌اند، زیرا می‌تواند نمایانگر انواع مختلفی از روابط دنیای واقعی باشند؛ دوستان در یک شبکه اجتماعی، صفحات وب‌سایت، سلول‌های موجود در یک شبکه عصبی و غیره. آن‌ها همچنین ساختار داده استاندارد در مطالعه علوم رایانه هستند. نمودارها در پژوهش‌ها مهم هستند زیرا آن‌ها اتنزاعی برای زندگی واقعی ارائه می‌دهند، جریان‌های اطلاعاتی را نشان می‌دهند، به‌طور صریح روابط را نشان می‌دهند و امکان محاسبات را در بین داده‌های بزرگ فراهم می‌کنند. بسیاری از مشکلات علمی را می‌توان به عنوان شبکه نشان داد. به‌عنوان مثال، آن‌ها برای مدل‌سازی مشکلات یا موقعیت‌های فیزیک، زیست‌شناسی، روان‌شناسی و علوم رایانه استفاده شده‌اند [۹]. ماهیت یک شبکه به

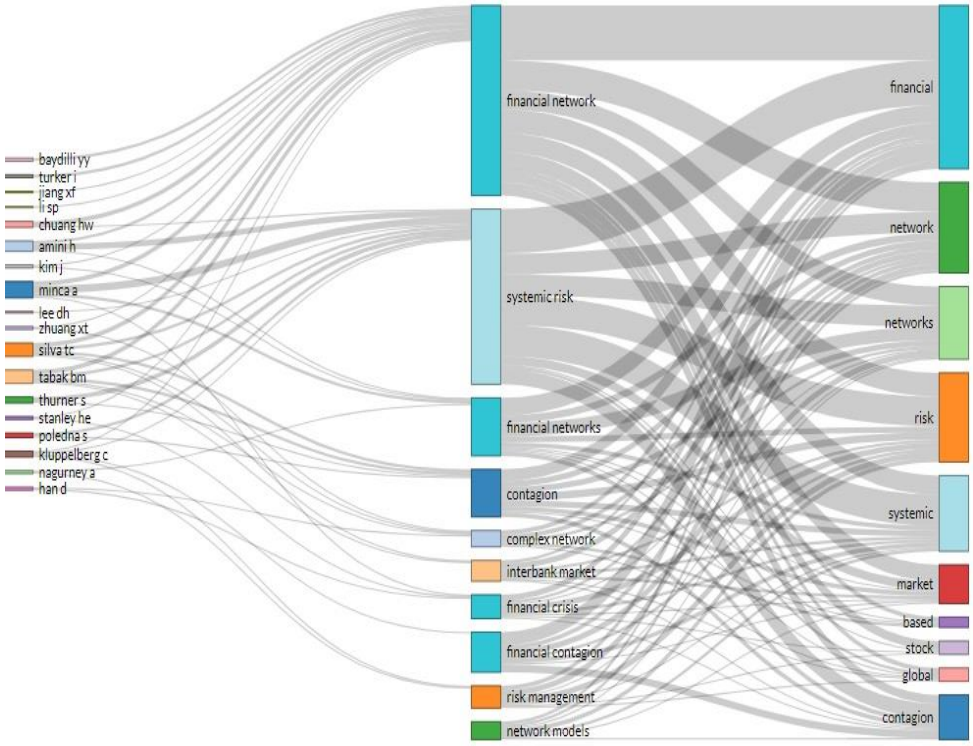
وجود رابطه بین دو جزء بستگی دارد که این رابطه توسط لبه گره‌های شبکه ارائه می‌شود. در شبکه‌های مالی، اجزاء سهام هستند و روابط، ضریب همبستگی بین جفت سهام را نشان می‌دهند [۵].

ایده اولیه برای ساختن یک شبکه بر اساس تفاوت قیمت لگاریتمی سهام از مانتگنا شروع شد، کسی که پیشنهاد ساختن یک ماتریس همبستگی بازده‌های لگاریتمی[۲] که باعث ایجاد فاصله و در نتیجه شبکه‌ای از شرکت‌ها 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[۳] " را پیشنهاد داد که می‌تواند یک نمای کلی از ساختار بدون دور را ارائه دهد که متخصصان قابل درک خواهد بود [۱۰].

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 مالی 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.

کار اولیه بر روی روش حداقل درخت پویا (MST) در دهه ۱۹۵۰ توسط کروسکال[۴] (۱۹۵۶) و پرایم[۵] (۱۹۵۷) انجام شد که مفاهیم فرعی مختلفی را که در استخراج درختان، نمودار و گره‌ها شکل می‌داد را فرموله کردند. از آن زمان، حداقل درختان پویا برای مطالعه همبستگی دارایی‌ها در تعدادی از شبکه‌های توسعه یافته بازار استفاده شده‌اند [۱۱].

پایگاه‌های اطلاعاتی به نمایه‌سازی و نشر مجموعه مقالات می‌پردازند. این پایگاه‌ها با هدف اطلاع رسانی و دسترسی به کتابخانه ای از مقالات ایجاد شده اند. از پایگاه‌های اطلاعاتی مهم و به روز دنیا، می‌توان به وب‌گاه علم[۶] یا (WOS) اشاره کرد که در این پژوهش برای بررسی تعداد پژوهش‌های انجام شده در زمینه "شبکه مالی" از اطلاعات آن استفاده خواهد شد. کلید واژه مربوطه با استفاده از نرم افزار R و توسط بسته کتاب شناسی[۷] تحلیل شده است. با توجه به نتایج به دست آمده تاکنون تحقیقات محدودی در زمینه "شبکه مالی[۸]" انجام شده است. طبق نتایج درگاه WOS تنها 202 مدرک تحت این عنوان انجام شده است. خلاصه ای از نتایج آمار توصیفی به شرح زیر است.



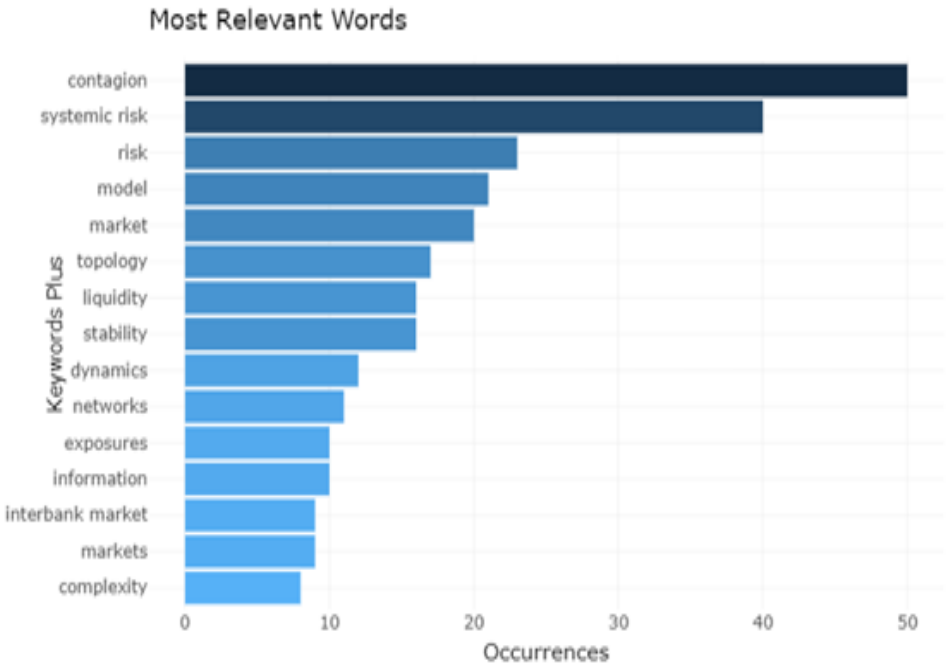
شکل ۱ : اهمیت شبکه مالی در تحقیقات انجام گرفته

منبع: یافته‌های پژوهش از پایگاه WOS

در این شبکه ارتباط بین نویسندگان، واژگان کلیدی و همچنین موضوع پژوهش انجام گرفته مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از این شکل می‌توان به زمینه‌های پژوهشی مهم و مورد علاقه نویسندگان دست یافت. شبکه‌های مالی، ریسک سیستماتیک، ثبات مالی، بحران مالی، تحلیل شبکه، شبکه درون بانکی، مدیریت ریسک و ... از کلید واژه‌های اصلی تحقیقات انجام گرفته است که در زمینه‌های مالی، شبکه، ریسک، سهام، بازار و... انجام شده است. از مهم‌ترین نویسندگان در زمینه‌های پژوهشی انجام گرفته می‌توان به امینی، مینکا، ترنر، تباک، سیلوا و ... اشاره کرد. در سمت چپ نویسندگان، در قسمت وسط واژگان کلیدی و در سمت راست عناوین پژوهش مربوط به پژوهش‌های اصلی در این زمینه ارائه شده است.

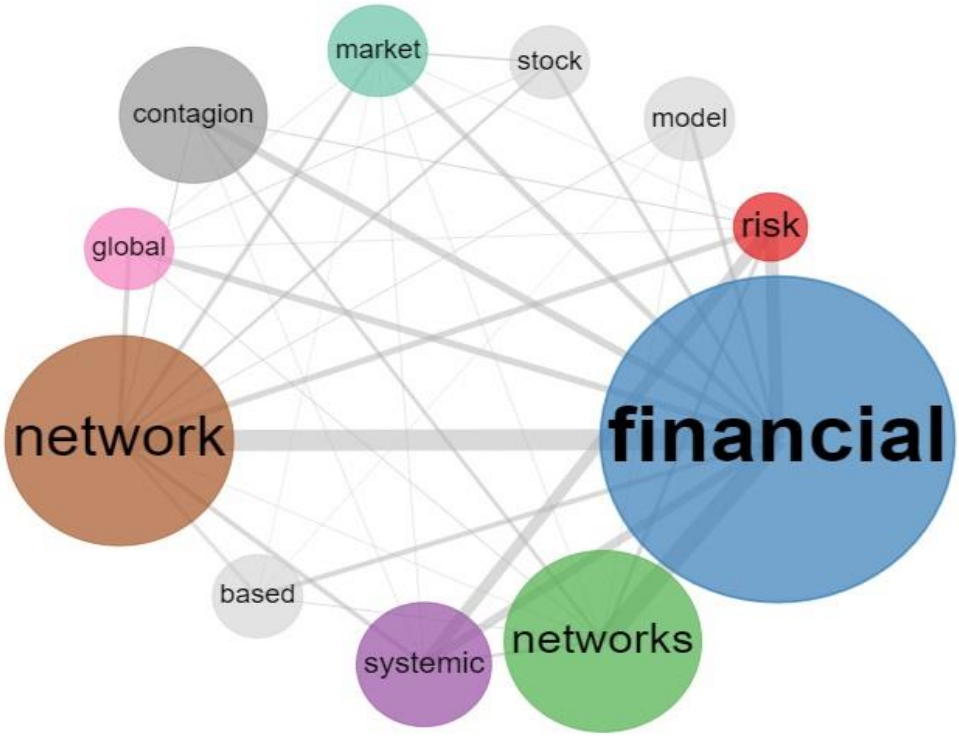
با توجه به شبکه زیر و توضیحات ارائه شده می‌توان به اهمیت شبکه‌های مالی در پژوهش‌های انجام‌گرفته و ضرورت انجام آن در پژوهش‌های آتی و بررسی یک شبکه از سهام برای بررسی نحوه ارتباط و نزدیکی آن‌ها برای انتخاب سهام و همچنین بهینه‌سازی سبد سهام پی برد.

جدول ۱ : مهم‌ترین واژگان کلیدی در ارتباط با شبکه مالی



منبع: یافته‌های پژوهش از پایگاه WOS

در این جدول، مهم‌ترین واژگان کلیدی در تحقیقات انجام گرفته به تصویر کشیده شده است. در بین تحقیقات انجام گرفته در این زمینه، سرایت (بحران اقتصادی) بیشترین کلید واژه مورد استفاده با ۵۰ دفعه در تحقیقات مورد استفاده و بررسی قرار گرفته است. همچنین در پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه شبکه مالی، ریسک سیستماتیک و ریسک نیز ۴۰ و ۲۳ دفعه در تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته اند که نشان از اهمیت موضوعی آن‌ها دارد. از اهمیت این جدول می‌توان به شناسایی مهم‌ترین واژگان کلیدی در طی تحقیقات انجام گرفته توسط محققین و کمک به پژوهشگران برای انجام تحقیقات آتی اشاره کرد.



شکل ۲ :شبکه گرایش موضوعی

منبع: یافته‌های پژوهش از پایگاه WOS

در این شکل نقشه موضوعی و کلید واژه‌های مربوطه به صورت شبکه‌ای از ارتباطات به تصویر کشیده شده است. با توجه به شبکه زیر می‌توان به این نتیجه دست یافت که مفاهیم شبکه و مالی قوی‌ترین ارتباط را در بین شبکه گرایش موضوعی[۹] (که نشان دهنده اصلی‌ترین واژگان کلیدی است) دارند که نشان از اهمیت موضوعی آن و لزوم بررسی دقیق‌تر شبکه‌های مالی در پژوهش‌های آتی را دارد. لذا این پژوهش به دنبال بررسی شبکه‌های مالی و بررسی ارتباط بین سهام و شرکت‌ها در صنایع مختلف و کمک به ایجاد سبد بهینه سرمایه‌گذاری است.

در قسمت زیر مواردی از پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

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 (مانند جنگل تصادفی) 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 خواهند کرد[۱۲].

خوجین و هان (۲۰۱۹) در پژوهشی 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 CSI300 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 [۱۳].

وگنر (۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی " سیاست‌های نقدینگی و شبکه‌های مالی" پرداخت. این پژوهش یک نمونه از اینکه چگونه سیاست‌های دولت و بانک مرکزی که باعث ارتقای نقدینگی بازار می‌شود منجر به تغییر ساختار سیستم بانکی می‌شود، ارائه می‌دهد. در این پژوهش دو سناریو متفاوت در نظر گرفته شده است؛ یکی با تامین نقدینگی به وسیه بانک مرکزی/ دولت و دیگری بدون تامین نقدینگی بانک مرکزی/ دولت که منجر به دو ساختار شبکه مختلف می‌شود و سپس برای بررسی احتمال ابتلا به بحران استفاده می‌شوند. یافته‌ها نشان می‌دهد که سیاست‌های دولت و بانک مرکزی باعث افزایش نقدینگی در بازار می‌شوند می‌توانند منجر به شبکه‌های مالی شوند که دارای سرمایه بهتری هستند، اما در عین حال شکننده‌تر خواهند بود[۱۴].

اینکه و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی "شبکه مالی جهانی و ریسک نقدینگی" پرداختند. در این پژوهش به بررسی تأثیر ادغام مالی جهانی بر ریسک نقدینگی پرداخته شده است. با استفاده از رویکرد شبکه و داده‌های سطح بانکی برای ۹۵ کشور، عدم تقارن ضعیف در رابطه بین بودجه پایدار

خالص و اتصال مالی مشاهده می‌شود. نتایج حاکی از آن است که میزان ارتباط بین بانک‌ها با ثبات بودجه رابطه معکوس دارد. همچنین بانک‌هایی که به وام دهندگان مهم وصل هستند، نسبت به بانک‌هایی که دسترسی مستقیمی به امور مالی در شبکه مالی دارند، خطرات بیشتری را متحمل می‌شوند. هنگامی که از ابزارهای داخلی یا خارجی برای حل مسائل اقتصادی استفاده می‌شود ، نتایج سازگار و ثابت است[۱۵].

انگ (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی " پیش‌بینی بازده بازار سهام: آیا شبکه توپولوژی مهم است؟" پرداخت. این مقاله شواهد جدیدی را برای پیش بینی میزان بازده اضافی سبد خرید بازار با استفاده از رویکرد شبکه ارائه می‌دهد. به طور خاص، در این مقاله یک اندازه‌گیری از همبستگی برای ضبط روابط بازده ۱۰۰ سهام بزرگ S&P500 در طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۴ ارائه شده است. انتشار ریسک غیرسیستماتیک برای بحث در مورد رابطه بین ریسک غیرسیستماتیک و بازده بازار بسیار مهم است، زیرا این ریسک همیشه متنوع نیست. درعوض، شبکه گاهی اوقات می‌تواند اثر ریسک غیرسیتماتیک را افزایش دهد و باعث ایجاد نوسانات کل شود. مطابق با این استدلال نظری، به صورت تجربی نشان داده می‌شود که توپولوژی شبکه، با ریسک غیرسیستماتیک که با واریانس میانگین سهام اندازه‌گیری می‌شود، کار می‌کند تا بر بازده سبد خرید بازار تأثیر بگذارد. این رابطه پس از کنترل متغیرهای مهم شناخته شده برای پیش بینی بازده بازار سهام ادامه می یابد[۱۶].

بریدا و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی "تحلیل شبکه بازده و حجم معاملات در بازار سهام" پرداختند. در این پژوهش از تجزیه و تحلیل شبکه برای بررسی شبکه شاخص یورو استاکس در دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ استفاده شده است. در این پژوهش بازده دارایی‌ها و حجم معاملات به عنوان متغیرهای اصلی تحقیق در نظر گرفته شده است. همچنین شبکه شاخص به وسیله حداقل درخت پوشا مورد بررسی قرار گرفته است. از بین توپولوژی‌های ساختاری این درختان، خوشه‌های مختلف شرکت‌ها با توجه به پیوندهای جغرافیایی و اقتصادی آن‌ها شناسایی و تحلیل می‌شوند. نتایج این پژوهش شامل ۲ بخش است. بخش اول به مانند مطالعات قبلی نشان دهنده یک شبکه متمرکز تر پس از بحران مالی سال ۲۰۰۸ است. بخش دوم نتایج مربوط به سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴ است که شبکه سلسه مراتب به دست آمده خاص‌تر است و در آن زیر گروه‌های مختلف سهام مربوط به کشورهای فرانسه، آلمان، اسپانیا یا ایتالیا جدا از بخش تجاری هستند که به نظر می‌رسد این نتایج نشان دهنده آن باشد که در این دوره زمانی سرمایه گذاران بیشتر نگران شرایط اقتصادی خاص کشور می‌باشند[۱۷].

در پژوهش حاضر نیز پس از جمع‌آوری داده‌های پژوهش در زمان‌های مختلف، بازده سهام شرکت‌های بورس تهران محاسبه شده است. پس از کمی کردن و تبدیل قیمت سهام که در قالب ضریب همبستگی بیان شده است، از الگوریتم پرایم برای ساخت شبکه مالی و درخت پویای حداقلی و همچنین از الگوریتم حریصانه سریع برای شناسایی ارتباطات بین سهام برای خوشه‌بندی شبکه مالی استفاده شده است. این روش از تحلیل در پژوهش‌های پیشین مالی نیز کاربردهای فراوانی داشته است. برای مثال، در پژوهش کولتی (۲۰۱۶) از حداقل درخت پویا برای بررسی شبکه مالی و شناسایی رهبران بازار سهام در بورس ایتالیا در بین سال‌های مختلف استفاده شده است [۲]. در بخش بعدی به روش پژوهش، شامل قلمروهای پژوهش، الگوریتم حریصانه و نیز روش حداقل درخت پویا پرداخته می‌شود.

روش‌شناسی

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 برتر، بررسی ویژگی مکان‌شناختی شبکه سهام و همچنین شناسایی رهبران 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 آر 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 ۱۰ سال شمسی است که به‌عنوان نمونه انتخاب شده‌اند تا بر اساس آن‌ها، درخت پویا و مقایسه شرکت‌ها صورت پذیرد. در صورتی که نتایج این بازده زمانی با مقاطع دیگر مقایسه شود، تصویر بهتر و روشن‌تری از شبکه مالی به دست خواهد آمد، موضوعی که می‌تواند موضوع پژوهش‌های آتی قرار بگیرد. در این پژوهش قیمت پایانی تعدیل شده به عنوان متغیر اصلی ساخت شبکه استفاده شده 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} نشان دهنده قیمت سهام شرکت i در روز t است. سپس بازده لگاریتمی سهام شرکت‌ها مطابق با رابطه ۱، محاسبه خواهد شد.

$$R_{it} = ln\frac{P_{it}}{P_{it-1}}$$ 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 شبکه های مالی بر اساس همبستگی بازده به دست می‌آید [۱۸]. در این پژوهش از همبستگی پیرسون برای به دست آوردن ماتریس همبستگی استفاده خواهد شد.

رابطه (۲)
$$\frac{\sum(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i-\bar{x})^2\sqrt{\sum(y_i-\bar{y})^2}}}$$

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[۱۹،۲۰].

رابطه (۲)
$$d_{ij} = \sqrt{2\,(1-p_{ij}}$$

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[۱۹]:

رابطه (۳)
$$d_{ij}\geq 0,\ d_{ij}=0 \iff i=j,\ d_{ij} = d_{ji}$$
$$d_{ij} \leq d_{kj} + d_{ik} \quad \forall k$$

پس از محاسبه ماتریس فاصله، آن‌ها به عنوان ورودی گراف استفاده می‌شود. نظریه گراف یک شاخه از علوم ریاضیات است که در مورد گراف‌ها بحث می‌کند. این موضوع شاخه‌ای از توپولوژی (مکان‌شناسی) است که با نظریه ماتریس‌ها و جبر پیوند محکم و نزدیکی دارد. بر خلاف سایر شاخه‌های ریاضیات، نظریه گراف نقطه آغاز مشخصی دارد و آن مقاله ای از اویلر، ریاضی‌دان سوئیسی برای حل مسئله کونیگسبرگ در سال ۱۷۳۶ است. یک‌گراف شامل دو مجموعه است؛ مجموعه غیرتهی ازگره‌ها 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 پوشا، زیر گرافی 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.

حداقل درخت پویا که از آن به عنوان درخت پویای کمینه نیز گفته می‌شود، 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 [۶].

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 درآن $\sum_{I=1}^{M} C_I$ حداقل است. دراین پژوهش برای‌تشکیل 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∈ E یک عدد حقیقی C(e)>0 منسوب شده است و خروجی آن درخت پویای حداقلی است[۹].

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 از ۴ معیار اصلی مرکزیت برای شناسایی سهامی که بیشترین تاثیرگذاری را دارند، ارائه خواهد شد.

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 [۲۲].

$$C_D(v) = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{a}\,(i.v)$$

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.

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[۲۳].

$$C_c(u) = \frac{1}{\sum_{t \in V \setminus} dist\{v.t)}$$

کوتاه‌ترین مسیر بین مرکزیت۱۷

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 [۲۴]. 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 [۲۵].

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 $\sigma_{st}(v) = 0$ خواهد شد [۲۶].

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 n_v، 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.

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

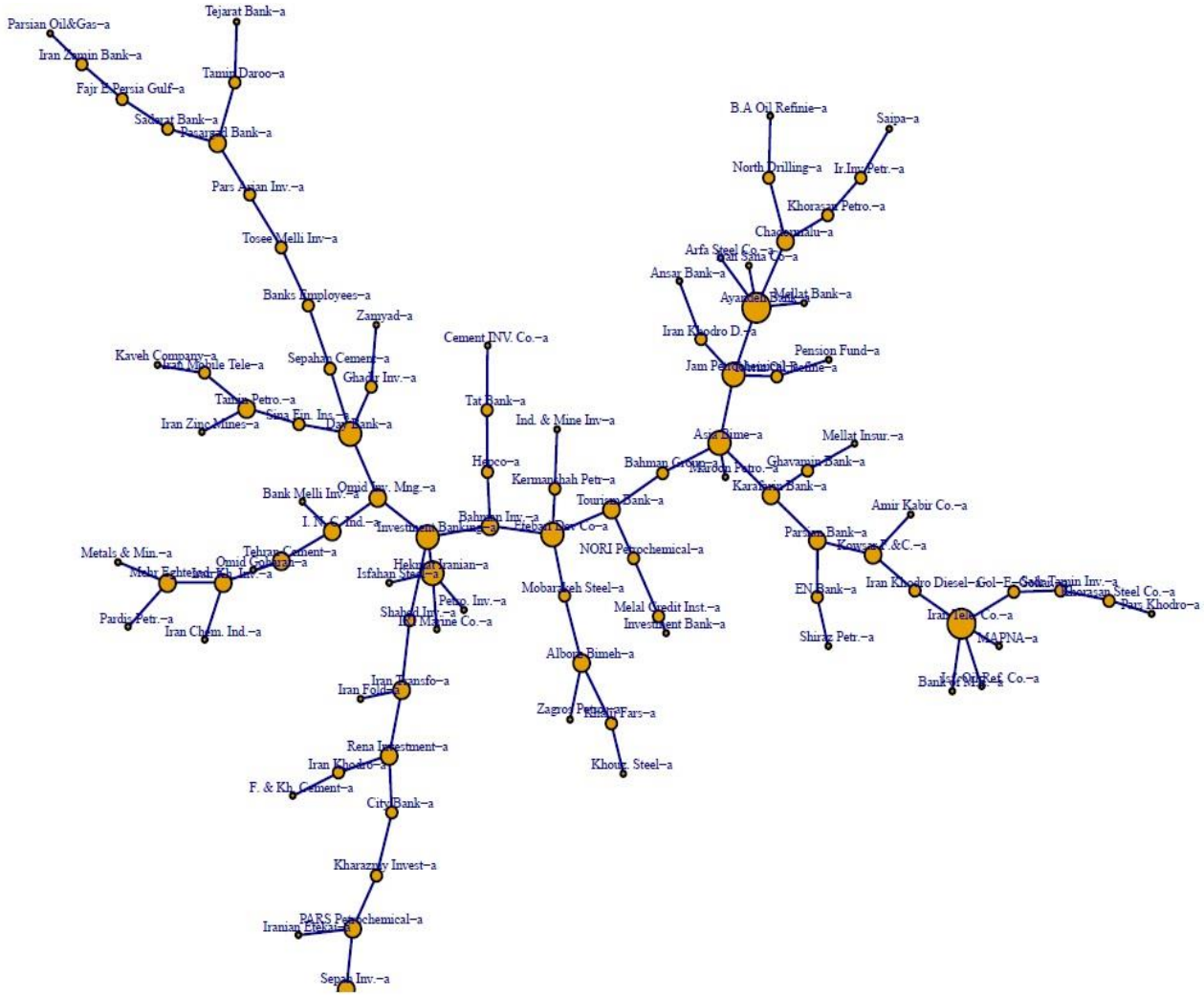
تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش برای دریافت داده‌ها، ساخت گراف، محاسبه ضریب همبستگی پیرسون و بازده لگاریتمی، ایجاد حداقل درخت پویا و همچنین محاسبه معیارهای مرکزیت از نرم افزار R استفاده شده است. در جدول زیر توابع و کتابخانه‌های مورد استفاده ذکر خواهد گردید.

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 ۳ 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 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.



شکل۳ : شبکه مالی تشکیل شده بر اساس حداقل درخت پویا

در جدول۳ نتایج اولین و بدیهی‌ترین معیار مرکزیت، ارائه شده است. مرکزیت درجه نشان دهنده تعداد پیوندهای مستقیم یک سهم با سهام دیگر است. این درجه به ارتباط مستقیم سهام با یکدیگر در شبکه مالی دارد. در این پژوهش مخابرات ایران و بانک آینده بیشترین ارتباط مستقیم با سهام دیگر را دارند به‌طوری که هر کدام از این سهام با ۵ یال بیشترین تاثیر را بر سهام اطراف خود می‌گذارد.

همچنین بیمه آسیا، اعتباری توسعه، پتروشیمی جم، تامین سرمایه امید، بانک دی و بانک حکمت ایرانیان با ۴ ارتباط مستقیم بعد از دو سهام مربوطه، بیشترین تاثیر گذاری مستقیم را بر شبکه مالی دارد.

جدول ۳ : سهام برتر شبکه از نظر معیار مرکزیت درجه

رتبه-معیار	سهام	مرکزیت درجه	رتبه-معیار	سهام	مرکزیت درجه
۱	مخابرات ایران	۵	۶	تامین سرمایه امید	۴
۲	بانک آینده	۵	۷	بانک دی	۴
۳	بیمه آسیا	۴	۸	بانک حکمت ایرانیان	۴
۴	پتروشیمی جم	۴	۹	چادرملو	۳
۵	اعتباری توسعه	۴	۱۰	سیمان تهران	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.

جدول۴ : سهام برتر شبکه از نظر معیار مرکزیت نزدیکی

رتبه-معیار	سهام	مرکزیت نزدیکی	رتبه-معیار	سهام	مرکزیت نزدیکی
۱	سرمایه گذاری بهمن	۰/۰۰۱۲۱	۶	سرمایه گذاری شاهد	۰/۰۰۱۰۸۴
۲	تامین سرمایه امید	۰/۰۰۱۲۰۸	۷	هپکو	۰/۰۰۱۰۴۸
۳	بانک گردشگری	۰/۰۰۱۱۵۳	۸	بانک حکمت ایرانیان	۰/۰۰۱۰۴۷۷
۴	م. سرمایه گذاری امید	۰/۰۰۱۱۳	۹	بیمه آسیا	۰/۰۰۱۰۴۷۲
۵	گروه بهمن	۰/۰۰۱۰۹۹	۱۰	مبارکه اصفهان	۰/۰۰۱۰۴۰۴

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 توسط حداقل درخت پویا، سهام شرکت تامین سرمایه امید بیشترین نقش را در انتقال دهندگی اطلاعات در بازار ایفا می‌کند. پس

از آن به ترتیب سرمایه گذاری بهمن، بیمه آسیا، بانک گردشگری، سرمایه گذاری بهمن، مدیریت سرمایه-گذاری امید، بانک دی بانک کارآفرین، سرمایه‌گذاری شاهد و پتروشیمی جم سهام مهم بعدی در انتقال-دهندگی اطلاعات در بازار سهام ایران می‌باشند.

جدول ۵ : سهام برتر شبکه از نظر معیار مرکزیت بینابینی

رتبه-معیار	سهام	مرکزیت بینابینی	رتبه-معیار	سهام	مرکزیت بینابینی
۱	تامین سرمایه امید	۳۱۴۳	۶	م. سرمایه گذاری امید	۲۱۸۷
۲	سرمایه گذاری بهمن	۲۶۴۱	۷	بانک دی	۱۵۶۳
۳	بیمه آسیا	۲۴۹۸	۸	بانک کارآفرین	۱۳۷۲
۴	بانک گردشگری	۲۴۶۱	۹	سرمایه گذاری شاهد	۱۲۷۵
۵	گروه بهمن	۲۲۴۴	۱۰	پتروشیمی جم	۱۲۴۸

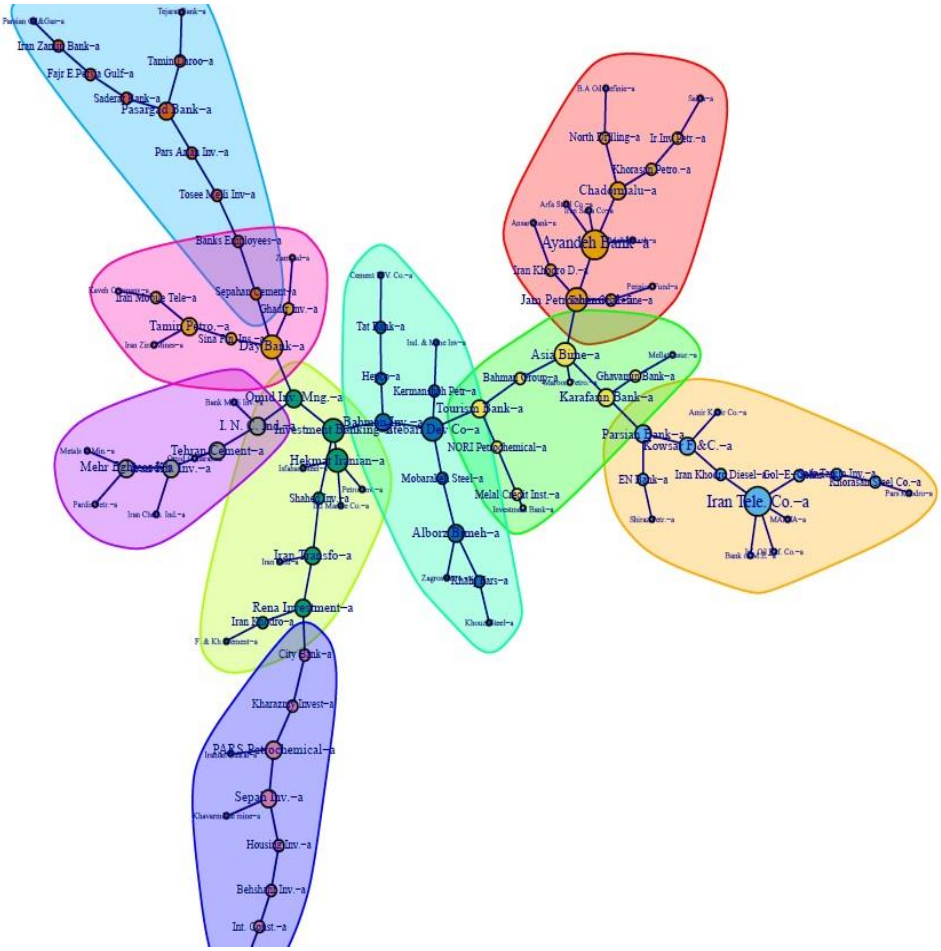
جدول ۶ نتایج معیار مرکزیت تنگنا را نشان می‌دهد. برای هر سهم در گراف غیرجهت‌دار، یک درخت از کوتاه‌ترین مسیر از سهم مورد نظر به تمام سهام در شبکه ساخته خواهد شد. برای سهم i ، n_i تعداد سهامی که است به طور مستقیم یا غیرمستقیم به سهم i متصل هستند. در شبکه مالی ارائه شده سهام بیمه آسیا، گروه بهمن، مدیریت سرمایه گذاری امید، تامین سرمایه امید، سرمایه گذاری بهمن، توسعه اعتباری و بانک گردشگری با ۹۹ اتصال مستقیم و غیر مستقیم بیشترین ارتباط را در بین سهام شرکت‌ها دارند. همچنین بانک دی با ۱۸، بانک کارآفرین با ۱۶ و سرمایه گذاری شاهد 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	بیمه آسیا	۹۹	۶	م. سرمایه گذاری امید	۹۹
۲	بانک گردشگری	۹۹	۷	گروه بهمن	۹۹
۳	تامین سرمایه امید	۹۹	۸	بانک دی	۱۸
۴	سرمایه گذاری یهمن	۹۹	۹	بانک کارآفرین	۱۶
۵	توسعه اعتباری	۹۹	۱۰	سرمایه گذاری شاهد	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 می‌باشند. 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 خوشه‌بندی ارائه شده در این پژوهش نشان می‌دهد گروه‌های سهام به ۹ خوشه طبقه بندی شده‌اند که هر کدام از این خوشه‌ها نشان‌گر اتصلات بیشتر آن‌ها در خوشه مورد نظر است.



شکل۴ : خوشه‌بندی شبکه مالی

بحث و نتیجه‌گیری

تصمیم‌گیرندگان در حوزه سرمایه‌گذاری معمولا ناچار به انتخاب از بین گزینه‌های متنوع می‌باشند. آن‌ها باید به اندازه نیاز با شیوه‌های مقایسه گزینه‌ها از نظر سودآوری آشنا باشند تا بتوانند بهترین گزینه را انتخاب نمایند. از آنجا که شناسایی سهام برتر از جمله مهم‌ترین مراحل ایجاد سبد سهام بهینه است، لذا در این پژوهش با استفاده از تئوری گراف یک شبکه مالی در بورس اوراق بهادار تهران ایجاد شد. از داده‌های ۱۰۰ شرکت که دارای بیشتری سرمایه ثبت شده بودند برای ساخت ماتریس همبستگی برای بازه زمانی دی ۱۳۸۸ تا دی ۱۳۹۸ استفاده شد. از دیدگاه مانتگنا برای ساخت ماتریس همبستگی بازده استفاده شد که یک ماتریس فاصله و یک شبکه را معرفی می‌کند و هنگامی که مسافت‌ها در ماتریس متفاوت باشد، باعث ایجاد حداقل درخت پویا خواهد شد. برای بررسی اهمیت سهام، از معیارهای مرکزیت استفاده شد.

مرکزیت 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 گره‌های مجاور بیشتر باشد، گره، مهم‌تر خواهد بود؛ زیرا مستقل از دیگر سهامی است که به بخش‌های عمده شبکه می‌رسند. مطابق تحلیل‌های انجام‌گرفته بر اساس مرکزیت درجه، مخابرات ایران و بانک آینده بیشترین ارتباط مستقیم را با سایر سهام در شبکه مالی موجود دارند، لذا این سهام بیشترین تاثیر را نسبت به سایر سهام دارد.

مرکزیت نزدیکی معرف نحوه نزدیکی سهام به سهامی خاص است. در شبکه مالی، سهامی مهم خواهد بود که نزدیکی نسبی با مجموعه سهام باقی‌مانده در شبکه داشته باشد. این سهام قابلیت دسترسی ساده و یکسان به دیگر سهام شبکه را دارند و به نوعی دارای موقعیت‌های ممتاز هستند. بر اساس معیار نزدیکی سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری بهمن، تامین سرمایه امید و بانک گردشگری کوتاه‌ترین فاصله را تا تمام سهام موجود در شبکه دارند. این نتایج نشان دهنده آن است که این سهام بیشترین سرعت پخش اطلاعات را نسبت به سایر سهام دارد.

مرکزیت بینابین به میزان اهمیت یک سهام به‌عنوان لینکی که بین شبکه‌های متفاوت وجود دارد، اشاره دارد. این معیار معرف تعداد گزینه‌هایی است که یک سهام برای انتقال از طریق سهام تعیین شده و دسترسی به سهام دیگری که به آن نیاز دارد، می‌باشد. سهام با مرکزیت بینابینی بالا، قادر به کنترل جریان اطلاعاتی هستند، زیرا آن‌ها پل‌های حیاتی بین دیگر سهام یا گروه‌هایی از سهام را شکل می‌دهند.

بر اساس نتایج معیار مرکزیت بینابینی سهام شرکت‌های تامین سرمایه امید، سرمایه گذاری بهمن و بیمه آسیا بیشترین نقش را در بین سهام برای کنترل اطلاعات ایفا می‌کنند.

مرکزیت تنگنا نشان‌دهنده کوتاه‌ترین مسیر از سهم مورد نظر به تمامی سهام در شبکه خواهد بود. مرکزیت تنگنا تعداد سهامی است که به نحو مستقیم و غیرمستقیم به سهم مورد نظر متصل شده است. بر اساس نتایج معیار مرکزیت تنگنا، سهام شرکت‌های بیمه آسیا، گروه بهمن، مدیریت سرمایه گذاری امید، تامین سرمایه امید، سرمایه گذاری بهمن، توسعه اعتباری و بانک گردشگری با ۹۹ اتصال مستقیم و غیر مستقیم بیشترین ارتباط را در بین سهام شرکت‌ها دارند.

از آنجا که شبکه‌مالی ایجاد شده لزوم بر بررسی دقیق دارد، با خوشه‌بندی شبکه، ۹ گروه که ارتباط بیشتری با یکدیگر دارند مشخص گردید.

در نهایت با توجه به نتایج ارائه شده می‌توان سهام شرکت‌های تامین سرمایه امید، سرمایه‌گذاری بهمن و بیمه آسیا را قدرتمندتر از سایر سهام با توجه به درنظر گرفتن تمامی معیارهای مرکزیت در نظر گرفت.

در نهایت به سرمایه‌گذاران بازار سرمایه توصیه می‌گردد در استفاده از تکنیک‌های بهینه سازی سبد به این مهم توجه داشته باشند. شبکه مالی می‌تواند یک نمای کلی از وضع فعلی بازار سهام و ارتباطات موجود در آن را به سرمایه‌گذار انتقال دهد.

در این پژوهش تنها قیمت پایانی تعدیل شده سهام مورد بررسی قرار گرفت، لذا پیشنهاد می‌شود:

۱- در تحقیقات آتی از معیار قیمت و حجم برای ساخت شبکه استفاده گردد.

۲- روابط غیرخطی موجود در بین سهام مورد بررسی قرار گیرد.

۳- رابطه علّی بین سهام (جهت‌دار) برای ایجاد شبکه مالی استفاده گردد.

۴- شبکه مالی برای تمامی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران ایجاد گردد.

منابع

1) Gan, S. L., & Djauhari, M. A. (2015). New York Stock Exchange performance: evidence from the forest of multidimensional minimum spanning trees. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, *2015*(12), P12005.

2) Coletti, P. (2016). Comparing minimum spanning trees of the Italian stock market using returns and volumes. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *463*, 246-261.

3) Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The journal of finance*, *7*(1), 77-91.

4) Fama,E. F., & French, K. R.(1997). Industry costs of equity.*Journal of financial economics*, *43*(2), 153-193.

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

6) Bonanno, G., Caldarelli, G., Lillo, F., Micciche, S., Vandewalle, N., & Mantegna, R. N. (2004). Networks of equities in financial markets. The European Physical Journal B, 38(2), 363-371.

7) Tumminello, M., Lillo, F., & Mantegna, R. N. (2010). Correlation, hierarchies, and networks in financial markets. *Journal of Economic Behavior & Organization*, *75*(1), 40-58.

8) Graham, R. L., & Hell, P. (1985). On the history of the minimum spanning tree problem. *Annals of the History of Computing*, *7*(1), 43-57.

9) Al-Taie, M. Z., & Kadry, S. (2017). *Python for graph and network analysis* (pp. 1-184). Cham: Springer International Publishing.

10) Gower, J. C., & Ross, G. J. (1969). Minimum spanning trees and single linkage cluster analysis. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 18(1), 54-64.

11) Majapa, M., & Gossel, S. J. (2016). Topology of the South African stock market network across the 2008 financial crisis. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 445, 35-47.

12) Li, Y., Jiang, X. F., Tian, Y., Li, S. P., & Zheng, B. (2019). Portfolio optimization based on network topology. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, *515*, 671-681. doi:10.1016/j.physa.2018.10.014

13) Khoojine, A. S., & Han, D. (2019). Network analysis of the Chinese stock market during the turbulence of 2015-2016 using log-returns, volumes and mutual information. Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications, 523, 1091-1109. doi:10.1016/j.physa.2019.04.128.

14) Wegner, D. L. B. (2019). A note on liquidity policies and financial networks. Journal of Financial Economic Policy,11(3),451-456.doi:10.1108/jfep-10-2018-0148.

15) Inekwe, J. N., Jin, Y., & Valenzuela, M. R. (2018). Global financial network and liquidity risk. Australian Journal of Management, 43(4), 593-613. doi:10.1177/0312896218766219

16) Eng-Uthaiwat, H. (2018). Stock market return predictability: Does network topology matter? Review of Quantitative Finance and Accounting, 51(2), 433-460. doi:10.1007/s11156-017-0676-3

17) Brida, J. G., Matesanz, D., & Seijas, M. N. (2016). Network analysis of returns and volume trading in stock markets: The Euro Stoxx case. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 444, 751-764.

18) Wang, Y., Li, H., Guan, J., & Liu, N. (2019). Similarities between stock price correlation networks and co-main product networks: Threshold scenarios. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *516*, 66-77.

19) Iori, G., & Mantegna, R. N. (2018). Empirical analyses of networks in finance. In Handbook of Computational Economics (Vol. 4, pp. 637-685). Elsevier.

20) Tumminello, M., Coronnello, C., Lillo, F., Micciche, S., & Mantegna, R. N. (2007). Spanning trees and bootstrap reliability estimation in correlation-based networks. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, *17*(07), 2319-2329.

21) Brida, J. G., & Risso, W. A. (2009). Dynamic and Structure of the Italian Stock Market based on returns and volume trading. Economics Bulletin, 29(3), 2420-2426.

22) Newman, M. (2018). Networks. Oxford university press.

23) Rochat, Y. (2009). Closeness centrality extended to unconnected graphs: The harmonic centrality index (No. CONF).

24) Cheng, B. (2006). Using social network analysis to investigate potential bias in editorial peer review in core journals of comparative/international education.

25) Scott, J. (2000). Social network analysis: A handbook. 2nd edn sage publications.

26) Dangalchev, C. (2006). Residual closeness in networks. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 365(2), 556-564.

یادداشت‌ها :

۱ Diversification
۲ Log-Returns
۳ Minimum Spannig Tree
۴ Kruskal
۵ Prim
۶ Web Of Science
۷ Bibliometrics
۸ Financial Network
۹ Trend Topic
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