فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و ششم / بهار ۱۴۰۰

تدوین شبکه‌های مالی مبتنی بر مفهوم هم‌جمعی
(مطالعه‌ای در بورس اوراق بهادار تهران)

فاطمه راستی[۱]
حجت الله صادقی[۲]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۵/۱۹

چکیده

برای درک بهتر بازارهای مالی که یکی از پیچیده‌ترین مفاهیم دنیای امروز هستند می‌توان از تئوری شبکه استفاده کرد. شبکه‌های مالی، به مجموعه‌ای از رأس‌ها و یال‌ها گفته می‌شود. هر رأس بیانگر یک سهم و هر یال مبین رابطه بین سهام می‌باشد. مطالعات ابتدایی در این حوزه با استفاده از ضریب همبستگی به توصیف روابط کوتاه‌مدت بین سهام و مدل‌سازی بازارها پرداخت. این روش مدل‌سازی در مورد داده‌هایی صدق می‌کند که دارای تقارن هستند و فقط وجود یا عدم وجود رابطه بین سهام را مشخص کرده، نوع رابطه، جهت و وزن آن رابطه را تبیین نمی‌کند. در سال‌های اخیر مدل‌سازی سری‌های زمانی مالی با استفاده از مفهوم هم‌جمعی انجام می‌شود. طی پژوهش حاضر نیز، با استفاده از آزمون مانایی سری‌های زمانی، آزمون‌های ریشه واحد دیکی فولر و KPSS و آزمون انگل و گرانجر شبکه مبتنی بر هم‌جمعی طراحی‌شده و به‌منظور تجزیه‌وتحلیل این شبکه از معیارهای مرکزیت همچون: درجه مرکزیت، مرکزیت بینابینی مرکزیت نزدیکی، رتبه‌بندی صفحه و بوناچیچ، استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد شبکه‌های مبتنی بر هم‌جمعی می‌توانند گراف کامل‌تری از بازارها ارائه دهند و همچنین تجزیه‌وتحلیل معیارهای مرکزیت می‌توانند نقش مؤثری در انتخاب سبد سهام داشته باشند و الگوی مناسبی جهت درک روابط بین سهام ارائه دهند.

کلمات کلیدی

آزمون انگل و گرانجر، شبکه‌های مالی، معیارهای مرکزیت، هم جمعی

۱-گروه مدیریت مالی، دانشگاه یزد، یزد، ایران، (نویسنده مسئول)، Fatima.rasti@yahoo.com
۲-گروه مدیریت مالی، دانشگاه یزد، یزد، ایران، sadeqi@yazd.ac.ir

مقدمه

همواره انتخاب سبد سهام و تخصیص سرمایه در بین تعداد زیادی از اوراق بهادار یکی از مباحث مهم و پیچیده در سرمایه‌گذاری است. بدین منظور در طی سالیان گذشته تلاش‌هایی برای تسهیل این فرایند صورت گرفته و مدل‌هایی ارائه‌شده است، می‌توان به تئوری مدرن سبد سهام[1] که توسط مارکوئیتز[2] (۱۹۵۲) ارائه شد، اشاره کرد. این تئوری با معرفی دو معیار بازده و ریسک سعی در تحلیل رفتار سرمایه‌گذاران دارد و بیان می‌کند که سرمایه‌گذاران همواره به دنبال به حداکثر رساندن میزان بازده هستند و تلاش می‌کنند تا میزان ریسک سرمایه‌گذاری خود را در کمترین حالت ممکن قرار دهند [۱۵] اما افزایش تعداد سهام و پیچیدگی بازارهای مالی پژوهشگران را بر آن داشت که تحقیقات متعددی درزمینه ی تشکیل سبد سهام انجام دهند، این پژوهش‌ها با استفاده از مباحث بهینه‌سازی سعی در افزایش بازدهی و کاهش ریسک سبد سرمایه‌گذاری داشت. هرچه به زمان حال نزدیک‌تر می‌شویم استفاده از مباحث پیچیده ریاضیات، الگوریتم‌های فرا ابتکاری همانند مورچگان، الگوریتم‌های ژنتیک و... در جهت تحلیل بازارهای مالی افزایش می‌یابد.

تجزیه‌وتحلیل بازارهای سهام برای توسعه و طراحی استراتژی‌های سرمایه‌گذاری بسیار مهم است. علاوه بر این درک چگونگی تکامل بازارهای سهام باگذشت زمان نیز مهم و سودمند است؛ بنابراین، توصیف الگوهای موجود در بازارهای سهام، به یک برنامه تحقیقاتی محبوب در سال‌های گذشته تبدیل‌شده است. توسعه تئوری شبکه بستری فراهم کرده تا این الگوها به روشی شفاف و آسان مورداستفاده قرار گیرد [۲۰]. طی سال‌های اخیر پژوهشگران در بخش‌های مختلف، بازارهای مالی را به‌عنوان شبکه‌هایی توصیف کرده‌اند که هر سهم به‌صورت یک رأس نمایش داده‌شده و ارتباط رئوس با یکدیگر به‌وسیله‌ی یال‌هایی مشخص می‌شوند [۱۴،۱۶]. بررسی شبکه‌های سهام از این جهت حائز اهمیت است که ارتباط بین انواع سهام را بررسی می‌کند. روابط و فواصل بین سهام در شبکه می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار سرمایه‌گذاران قرار دهد به این صورت که هر چه سهام موجود در یک شبکه دارای فواصل کمتری با یکدیگر باشند از لحاظ ریسک و بازده شباهت بیشتری دارند و برعکس. پژوهش حاضر نیز، با هدف طراحی و بررسی شبکه بر اساس مفهوم هم‌جمعی در بازار بورس اوراق بهادار تهران صورت گرفته و سعی شده است شمای کلی روابط سهام شرکت‌های موردمطالعه را نمایش دهد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

اخیراً محققان از رشته‌های علمی مختلف علاقه‌ی بسیاری به ویژگی‌های مکان شناختی شبکه‌ها نشان داده‌اند. به‌طور خاص، شبکه‌های مشاهده‌شده در علوم اجتماعی و طبیعی ویژگی‌های مختلفی از خود بروز داده‌اند که آن‌ها را از علومی با نمودارهای تصادفی متمایز می‌سازد. جهان اقتصاد که گفته می‌شود بیشترین پیچیدگی ساختاری را در میان این علوم داراست، از طریق یک تعامل غیرخطی از عوامل ناهمگون مختلف استنتاج می‌شود. بازار سهام نمونه‌ی بارزی از این موضوع است. قیمت سهام شرکت‌ها توسط یک پروسه تکاملی پیچیده، از اطلاعات مختلف ایجادشده در بازار شکل می‌گیرد و این شرکت‌ها از طریق فاکتورهای مشترکی که در بازار دارند روابط قوی با یکدیگر برقرار می‌کنند. به‌عبارت‌دیگر بازارهای سهام فردی تمایل دارند با یکدیگر و دیگر شرکت‌هایی که با آن‌ها ویژگی مشترک دارند، اجتماع تشکیل دهند [۱۰].

تئوری شبکه‌های پیچیده در اصل به ریاضیات گسسته و تئوری گراف برمی‌گردد و در دو دهه‌ی اخیر به‌عنوان چارچوبی برای درک خواص ساختاری شبکه مورد استفاده قرارگرفته است [۲]. شبکه معمولاً به‌عنوان مجموعه‌ای از گره‌ها تعریف می‌شود که توسط پیوندها یا لبه‌هایی به یکدیگر متصل می‌شوند. اگر شبکه‌ای از قیمت سهام را در نظر بگیریم، گره‌ها نشان‌دهنده‌ی هر یک از سهام خواهند بود و پیوند بین دو گره نشان می‌دهد که دو سهام متصل به یکدیگر دارای شباهت هستند [۸]. یکی از ویژگی‌های مهم شبکه‌های پیچیده، ساختار جامعه مانند آن است. این جوامع را می‌توان به‌عنوان گروه‌هایی از گره‌ها توصیف کرد به‌طوری‌که حجم سنگینی از گره در محدوده‌ی هر گروه و نه بین گروه‌ها، وجود دارد [۲۲]. هنگام صحبت از یک شبکه، در واقع منظور مجموعه از گره‌ها که توسط یال‌هایی مرتبط شده‌اند می‌باشد. شبکه مالی را در نظر بگیرید که در آن هر موسسه مالی یک گره شبکه باشد و در آن هر یک از مؤسسات به‌وسیله‌ی یال‌هایی با دیگر مؤسسات در ارتباط هستند [۱۱]. به‌منظور تحلیل و بررسی این شبکه‌ها از معیارهای مرکزیت استفاده می‌شود:

معیار مرکزیت درجه: ساده‌ترین معیار مرکزیت در یک شبکه درجه هر گره می‌باشد؛ خصوصاً در شبکه‌های جهت‌دار که هر گره دارای درجه ورودی و درجه خروجی می‌باشند که هردو این‌ها می‌تواند برای اندازه‌گیری مرکزیت مفید باشد. درجه هر گره به یال‌هایی گفته می‌شود که به آن گره متصل هستند. با توجه به این‌که شبکه‌های مبتنی بر هم‌جمعی شبکه‌های جهت‌دار، موزون، غیرمتقارن هستند مرکزیت درجه می‌تواند بسیار روشنگر باشد. درجه هر سهم نشان‌دهنده‌ی تعداد سهامی است که با آن در ارتباط است. درجه ورودی هر سهم بیانگر تعداد سهامی است که بر آن سهم تأثیر می‌گذارند و درجه خروجی

بیانگر تعداد سهامی است که از آن سهم تأثیر می‌پذیرند [۲۱]

معیار مرکزیت بینابینی[۳]: بر اساس تئوری شبکه‌های پیچیده، مرکزیت بینابینی معیاری به‌منظور سنجش میزان اهمیت هر گره و یال در انتقال اطلاعات در شبکه می‌باشد. مفهوم مرکزیت بینابینی نخستین بار توسط فریمن مطرح شد معیار بینابینی برای یک گره مشخص می‌کند که گره به چه اندازه در مسیرهای بین گره‌های دیگر واقع‌شده است [۱۲].

معیار مرکزیت نزدیکی[۴]: در معیار مرکزیت نزدیکی، میزان نزدیکی هر گره به دیگر گره‌های شبکه محاسبه می‌شود. به این شکل که گره دارای میانگین فاصله کمتری با بقیه گره‌های موجود در شبکه، بیشترین معیار مرکزیت را داراست [۱۸].

معیار بوناچیچ[۵]: شاخص مرکزیت بوناچیچ برای تجزیه‌وتحلیل قدرت تعامل بین بازارها استفاده می‌شود که اهمیت یک گره را در روند انتقال شوک مالی نشان می‌دهد. این شاخص بیان می‌کند که یک گره تا چه اندازه به گره‌هایی که دارای قدرت مرکزیت هستند متصل است [۶].

مفهوم هم‌جمعی اولین بار توسط گرانجر در سال ۱۹۸۹ معرفی شد این مفهوم در پاسخ به سؤالاتی چون آیا یک رابطه تعادلی بلندمدت بین بازارهای سهام وجود دارد، رابطه هم‌جمعی بین بازارهای سهام تحت تأثیر بحران‌های مالی افزایش یا کاهش می‌یابد و مورداستفاده قرار گرفت [۲۱].

پس‌ازآن که کوئنزنای[۶] (۱۷۸۵) جریان‌های پولی صندوق‌ها را در قالب یک شبکه مدل‌سازی کرد، منتگنا اولین شخصی بود که بازارهای مالی را در قالب شبکه‌های مالی مبتنی بر ضریب همبستگی طراحی کرد. منتگنا در پژوهشی تحت عنوان "ساختار سلسله مراتبی در بازارهای مالی"، سبد سهامی از شاخص داو جونز و شاخص S&P را مورد بررسی قرارداد. این شاخص‌ها عملکرد بورس اوراق بهادار نیویورک را توصیف می‌کردند. نقطه شروع این پژوهش، تعیین کمیتی به‌منظور شناسایی میزان شباهت قیمت‌های هر جفت سهام بود. در این پژوهش با استفاده از شبکه‌ی طراحی‌شده بر اساس ضریب همبستگی، ترتیب سلسله‌مراتبی از سهام کشف شد که این ساختار در توصیف بازارهای مالی و تأثیر عوامل اقتصادی بر گروه‌های خاصی از سهام مفید بود و همچنین مشخص شد که سری زمانی قیمت سهام حاوی اطلاعات اقتصادی باارزشی است. در این پژوهش از درخت پوشای کمینه نیز برای ایجاد ساختار شبکه استفاده شد [۱۴].

لی و همکارانش در پژوهشی تحت عنوان "نوسانات روزانه و ویژگی‌های مکان‌شناسی شبکه در بازار سهام کره"، نشان دادند که شبکه مبادلات سهام کره یک شبکه مقیاس آزاد است.

بنجامین تاباک و همکاران در پژوهش خود تحت عنوان "خصوصیات مکان‌شناسی شبکه‌های بورس اوراق بهادار: مطالعه موردی بازار برزیل"، به بررسی ویژگی‌های توپولوژیکی شبکه بورس سهام و ارز در کشور برزیل پرداختند. تاباک بیان می‌کند که بازار سهام برزیل بنا به دلایلی یک نمونه تحقیقی جذاب هست؛ زیرا این بازار در آمریکای لاتین و از بازارهای در حال ظهور بسیار مهم می‌باشد و همچنین، بخش قابل‌توجهی از تعدد و تنوع شرکت‌ها را داراست و با بازارهای سهام بین‌المللی مرتبط است. [۲۰]

تسی و همکارانش نیز طی مطالعات خود با استفاده از قیمت پایانی روزانه سهام ایالات‌متحده به طراحی شبکه پرداخته‌اند. این پژوهش در دو مقطع زمانی با در نظر گرفتن هر سهم به‌عنوان یک رأس تحقق یافته و ارتباط رئوس با یکدیگر به‌وسیله‌ی همبستگی متقابل تغییرات سهام، بازده قیمت و حجم معاملات در مدت‌زمان معین مشخص شده است [۸].

پژوهشی با عنوان ویژگی‌های توپولوژیکی شبکه سهام در بازار بورس اوراق بهادار تهران (مطالعه موردی اثر برجام) توسط شریفی انجام شد. در این پژوهش دو بازه زمانی قبل و بعد از برجام در قالب تئوری شبکه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که حداقل درخت پوشای کمینه حاوی اطلاعات مفیدی به‌منظور تجزیه‌وتحلیل بازار سهام می‌باشد همچنین نشان داد که شبکه‌های تدوین‌شده قبل و بعد از برجام دارای تفاوت‌های چشمگیری هستند. در این پژوهش مشخص شد که برخی شاخص‌ها به دلیل ارتباط نزدیک‌تر با سایر بخش‌ها از اهمیت بیشتری برخوردارند همچنین خوشه‌بندی، مرکزیت نمودار و میزان ارتباط و نزدیکی شاخص‌ها با یکدیگر در طول زمان تغییر می‌یابد و برخی شاخص‌ها به دلیل ارتباط کمی که با سایر شاخص‌ها دارند به‌صورت منفرد خوشه‌بندی‌شده و در شبکه از اهمیت کمی برخوردار هستند [۴].

رحیم نژاد در پژوهشی تحت عنوان انتخاب سبد سهام با استفاده از تحلیل‌های پیچیده بازار بهابازار تهران با استفاده از آخرین قیمت معاملات سهام در بورس اوراق بهادار تهران شبکه‌ای از همبستگی بازده سهام تشکیل داد و با طراحی مدل بهینه‌سازی از مرکزیت‌های شبکه، از هر اجتماع یک سهم را انتخاب کرده و سبدی متنوع از سهام را تشکیل داد و نشان داد شبکه‌های پیچیده نقش کاملاً مؤثری در انتخاب سبد سهام دارد [۲].

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از بعد هدف کاربردی، از بعد ماهیت توصیفی–تحلیلی و از بعد گردآوری اطلاعات از نوع مطالعات کتابخانه‌ای می‌باشد. قلمرو زمانی این پژوهش از ابتدای مهرماه ۱۳۹۵ تا ابتدای مهرماه ۱۳۹۸ است که شامل قیمت‌های روزانه سهام در قالب سری‌های زمانی می‌باشد.

در این پژوهش از قیمت نهایی ۳۰ سهم موجود در شاخص ۳۰ شرکت بزرگ از بورس اوراق بهادار تهران که در بیش از ۸۰٪ کل مقطع زمانی مورد نظر به‌صورت ثابت وجود داشتند استفاده‌شده است. این پژوهش با استفاده از بانک اطلاعاتی نرم‌افزار Tse Client اقدام به جمع‌آوری داده‌ها کرده و به‌منظور پردازش داده‌ها از نرم‌افزار The R Studioاستفاده‌شده است.

سهام شرکت‌های مورد بررسی شامل نمادهای زیر است:

شپنا، خودرو، ونوین، حکشتی، شپدیس، وپاسار، اخابر، همراه، شبهرن، وبصادر، وبملت، رمپنا، تاپیکو، فارس، وتجارت، وصندوق، وپارس، رانفور، فملی، وبانک، شبندر، ومعادن، فخوز، فولاد، پارسان، کچاد، کگل، وغدیر، شخارک، وکار، شاخص ۳۰ شرکت بزرگ.

به‌منظورتدوین شبکه‌ی مبتنی بر هم‌جمعی و تحلیل‌آن ازیک الگوریتم۳ مرحله‌ای استفاده‌شده است:

۱ – سری‌های زمانی مورداستفاده می‌بایست با استفاده از آزمون‌های مانایی مورد بررسی قرار گیرند و نامانایی آن‌ها تائید شود که در این پژوهش با استفاده از آزمون‌های دیکی فولر تعمیم‌یافته و KPSS، غیر مانا بودن سری‌های زمانی مورد تایید قرار گرفت.

۲ – با استفاده از آزمون انگل و گرانجر شبکه مبتنی بر هم‌جمعی ترسیم شد.

۳- با استفاده از معیارهای مرکزیت شبکه تدوین شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

گام اول: در این پژوهش ابتدا سری های زمانی از حیث مانایی مورد بررسی قرار گرفتند، به‌طورکلی مانایی در سری‌های زمانی بدین مفهوم است که ویژگی‌های آماری یک فرآیند تصادفی با تغییر در مبدأ زمانی تغییر نکند یعنی با انتقال در زمان توزیع آماری مشترک مجموعه تصادفی ثابت بماند این مفهوم به مانای اکید مشهور است که تمام گشتاورهای آن مستقل از زمان هستند. اگر یک فرآیند تصادفی تنها دارای گشتاورهای مرتبه دوم باشد و این گشتاورها مستقل از زمان باشند این فرآیندها مانا در کوواریانس یا مانای ضعیف نامیده می‌شوند [۱]. پس متغیری را مانا می‌دانیم که اگر شوکی به آن وارد شود، اثر شوک موقت باشد و در طی زمان از بین برود و این متغیر به مقدار تعادلی بلندمدت خود برگردد. از طرفی بسیاری از متغیرهای سری زمانی در اقتصاد مانا نیستند. ازاین‌رو، قبل از استفاده از این متغیرها لازم است نسبت به مانایی یا عدم مانایی آن‌ها اطمینان حاصل کرد.

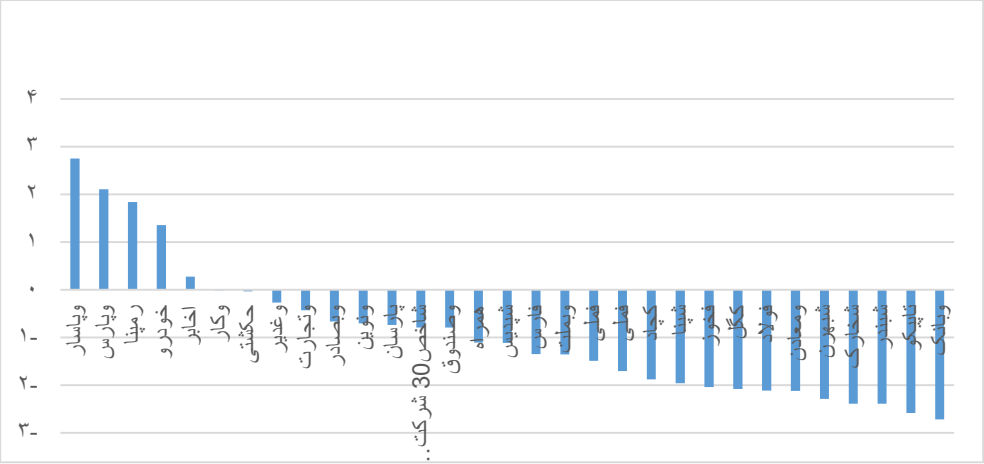
به‌منظور بررسی مانایی متغیرها از روش‌های متعدد موجود از آزمون دیکی-فولر تعمیم‌یافته که نسبت به دیگر آزمون‌ها از عمومیت بیشتری برخوردار است استفاده شد آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته با استفاده از یک مدل رگرسیونی به تعیین مانایی می‌پردازد:

فرضیه تحقیق در آزمون ریشه واحد به‌صورت زیر است:

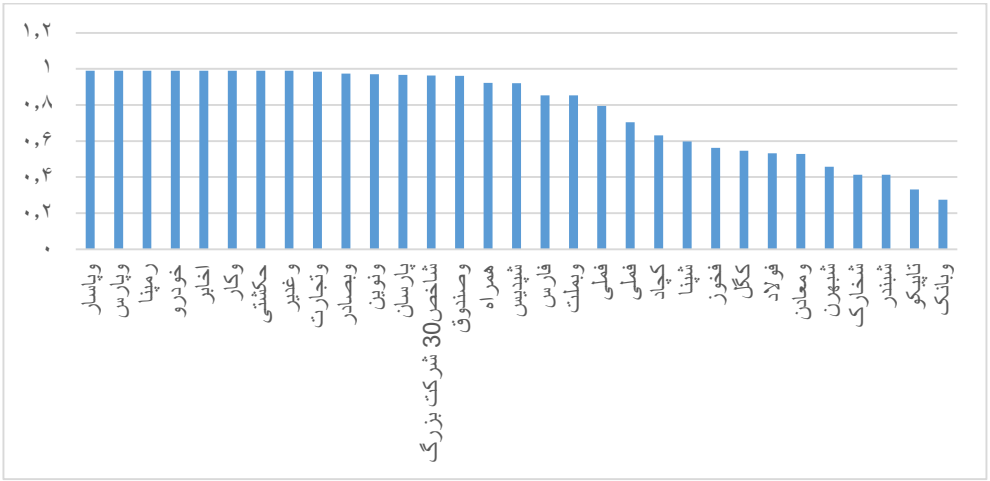
$H_0: \lambda = 0$شه واحد و عدم مانایی

$H_1: \lambda \neq 0$ عدم وجود ریشه واحد و وجود مانایی

در صورت قبول فرض H_0 به این نتیجه می‌رسیم که سری زمانی داده‌ها از الگوی گشت تصادفی پیروی می‌کند، به‌عبارت‌دیگر سری زمانی مورد بررسی دارای ریشه واحد بوده و غیر ماناست [۳].



نمودار ۱ : آزمون دیکی – فولر

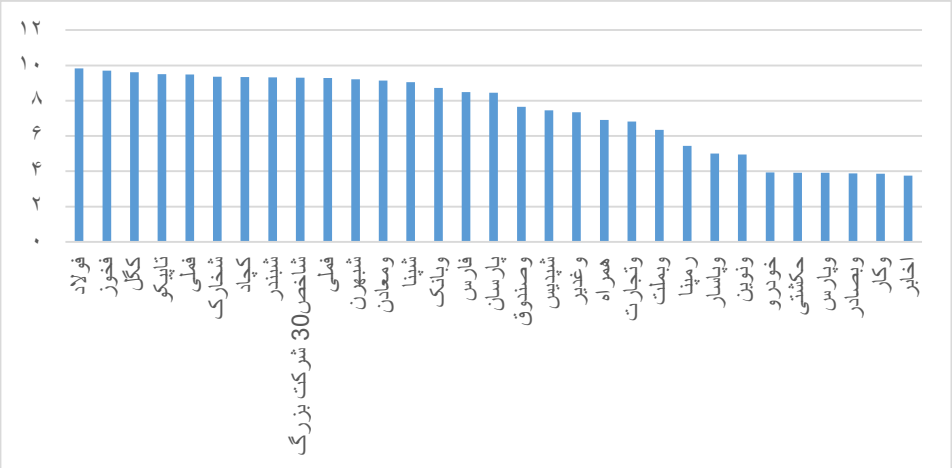


نمودار ۲ : میزان P-VALUE برای آزمون دیکی فولر

طبق نمودار ۱، نمادهای وپارس، پاسار، رمپنا، خودرو و اخابر دارای بیشترین میزان از آزمون دیکی فولر هستند که این میزان در محدوده مثبت قرار دارد و در طرف دیگر نمادهای وبانک، تاپیکو، شبندر دارای کمترین میزان در محدوده اعداد منفی هستند و همان‌طور که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود نمادهای وپارس، وپاسار، وغدیر، وکار، حکشتی، رمپنا، اخابر، خودرو، وتجارت، وبصادر، ونوین، پارسان، شاخص ۳۰ شرکت بزرگ و وصندوق دارایP-VALUE نزدیک به عدد یک بوده و نمادهای وبانک و تاپیکو دارای اندازه‌ای تقریباً ۰,۳ از این شاخص هستند.

از دیدگاه آمار P-VALUE احتمال رد فرضیه صفر به شرط درست بودن آن بر اساس داده‌های مشاهده‌شده است. در این پژوهش میزان P-VALUE برای آزمون دیکی فولر نزدیک به یک بوده و فرض نامانایی برای تعدادی از داده‌ها رد می‌شود.

ازآنجایی‌که آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته، توان اندکی در نشان دادن مانایی سری‌های زمانی دارد و ممکن است یک سری زمانی مانا باشد اما آزمون نتواند آن را نشان دهد و نتیجه اشتباه ارائه دهد پس‌نیاز به آزمون دیگری به‌منظور بررسی مانایی در سری‌های زمانی وجود دارد [۱۷]. همچنان که در این پژوهش آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته قادر به ارائه نتیجه مطلوب در بررسی مانایی سری‌های زمانی نبود پس می‌بایست از آزمون دیگری جهت بررسی مانایی سری‌های زمانی مورد پژوهش استفاده شود، معروف‌ترین آماره برای آزمون فرضیه صفر مبنی بر مانا نبودن سری زمانی، آزمونی به نام KPSS است که توسط «کوویت کووسکی، فیلیپس، اشمیت، شین[۷]» معرفی شد.



نمودار ۳ : آزمونKPSS

همان‌طور که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود نمادهای فولاد، فخوز، کگل، تاپیکو، فملی، شخارک، شبندر، کچاد دارای بیشترین میزان از آزمون KPSS بوده و کمترین میزان مربوط به نماد اخابر می‌باشد.

P-VALUE برای آزمون KPSS برای تمام نمادهای موردنظر یکسان و نزدیک به ۰,۰۱ می‌باشد. پس فرضیه نامانایی سری‌های زمانی موردپژوهش تائید می‌شود.

گام دوم: پس از آن که آزمون‌های مانایی انجام شد در مرحله دوم از روش تحقیق، با استفاده از میزان باقی‌مانده رگرسیون سری‌های زمانی آزمون علیت گرانجر گرفته می‌شود. به منظور طراحی شبکه می‌بایست روابط بین هر سهم با دیگر سهام مشخص شود و تعیین شود هر سهم با چه تعداد سهامی در ارتباط است. بدین منظور ماتریسی از همه‌ی نمادها تشکیل شد و به ازای وجود رابطه هر سهم با سهم دیگر عدد ۱ و عدم وجود رابطه عدد ۰ تعیین شد و شبکه طراحی گردید.

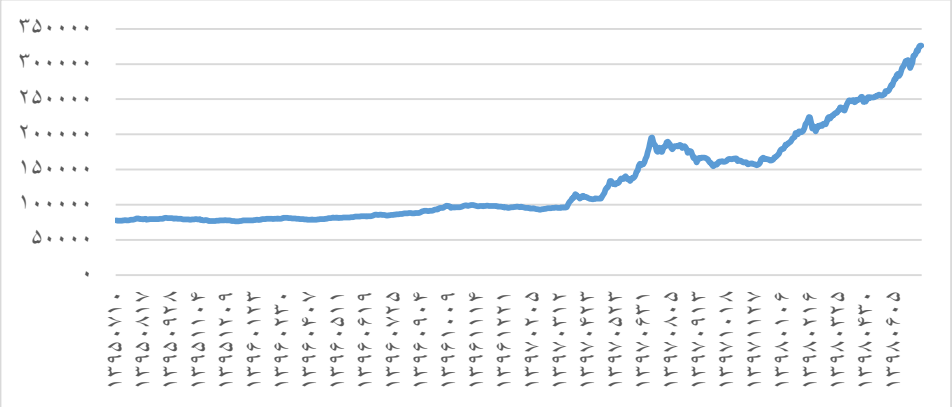
مفهوم اقتصادی هم‌جمعی آن است که دو یا چند متغیر سری زمانی با یکدیگر ارتباط داده می‌شوند تا یک رابطه تعادلی بلندمدت را شکل دهند، هرچند ممکن است خود این سری‌های زمانی دارای روندی تصادفی بوده باشند اما در طول زمان یکدیگر را به‌خوبی دنبال می‌کنند به‌گونه‌ای که تفاضل بین آن‌ها مانا باشد [۹]. روش انگل و گرانجر یک روش دومرحله‌ای برای مدل‌سازی فرایندهای هم‌جمعی است. در مرحله اول این روش، با استفاده از آزمون‌های ریشه واحد متغیرها را مانا کرده و سپس با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی معادله موردنظر تخمین زده می‌شود، در مرحله دوم نیز با استفاده از آزمون‌های ریشه واحد، مانایی جملات خطا را آزمون کرده و اگر جملات خطا مانا باشند، نتیجه‌گیری خواهد شد که متغیرهای موردبحث هم جمع‌اند و رابطه بلندمدت بین آن‌ها وجود دارد [۵].

گام سوم: در این پژوهش بعد از بررسی روابط بلندمدت بین سری‌های زمانی با استفاده از آزمون انگل و گرانجر به‌منظور تدوین شبکه و بررسی روابط بین سهام در قالب شبکه از الگوریتم‌هایی استفاده‌شده است. رتبه‌بندی صفحه معیار اندازه‌گیری متداول برای مرکزیت است، این معیار به‌وسیله درجات خروجی همسایگان هر رأس تعریف می‌شود. بدین‌صورت که هرچه یال‌های خارج‌شده به‌طرف یک رأس مشخص بیشتر باشد رتبه‌بندی آن نیز بیشتر بوده و آن رأس از اهمیت بیشتری برخوردار است. رأس‌هایی که دارای اطلاعات مفیدی هستند به‌عنوان رئوس اثرگذار شناخته‌شده و رأس‌هایی که به‌وسیله‌ی بال‌هایی به رئوس اثرگذار متصل می‌شوند رئوس اثرپذیر گفته می‌شود؛ بنابراین، مرکزیت مرجع یک رأس به مجموع مرکزیت رئوس اثرپذیر که به آن اشاره دارد تعریف می‌شود.

رتبه‌بندی صفحه یکی از شاخص‌های طیفی است که امروزه به دلیل استفاده در الگوریتم رتبه‌بندی گوگل بیشتر بحث و نقل می‌شود. این الگوریتم جزء الگوریتم‌های مرجع به‌حساب می‌آید که اهمیت یک صفحه را از طریق ارجاعات لینکی به آن به دست می‌آورد [۷].

یافته‌های پژوهش

پیش از آن‌که به تحلیل شبکه‌های تدوین‌شده پرداخته شود لازم است شاخص کل بورس و اوراق بهادار در مقطع زمانی موردپژوهش مورد بررسی قرار گیرد، همان‌طور که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود، شاخص کل بورس اوراق بهادار در طی در مدت‌زمان قابل‌توجهی (از ابتدای مهرماه ۱۳۹۵ تا اواسط خردادماه سال ۱۳۹۷) دارای شیب صعودی بسیار کمی است به صورتی که مقدار شاخص از ۷۶۴۵۰ به ۱۰۰۰۰۰ می‌رسد. سپس تا ابتدای مهرماه ۱۳۹۷ روند صعودی همراه با شیب بیشتری را در پیش‌گرفته و به مقدار ۲۰۰۰۰۰ می‌رسد و پس‌ازآن روند صعودی قطع‌شده و روند نزولی همراه با شیب نسبتاً کم جایگزین می‌شود؛ و از نیمه اسفندماه سال ۱۳۹۷ شاخص کل به میزان بسیار زیادی رشد می‌کند.

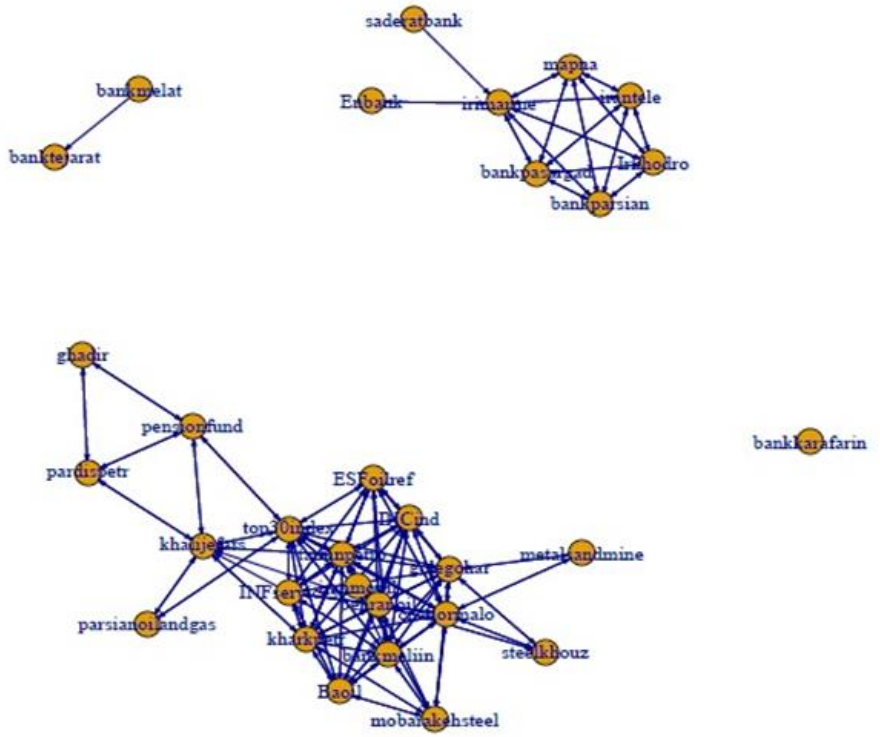


نمودار ۴ : نمودار شاخص کل

شبکه مبتنی بر هم جمعی

مفهوم هم‌جمعی پاسخ مناسبی در برابر نوسانات سهام نسبت به ضریب همبستگی ارائه می‌کند. بدین‌صورت که اگر یک جفت سری زمانی هم‌زمان افزایش‌یافته یا سقوط کرده باشند، همبسته هستند. به‌عنوان‌مثال، سری زمانی A یک روز بالا می‌رود (پایین)، سپس سری زمان B نیز در همان روز بالا می‌رود. اگر برای سری زمانی A و B امکان ایجاد یک ترکیب خطی وجود داشته باشد، به‌هم‌پیوسته می‌شوند، یعنی دو سری زمانی نمی‌توانند برای مدت طولانی در جهت‌های مخالف سرگردان شوند بدون

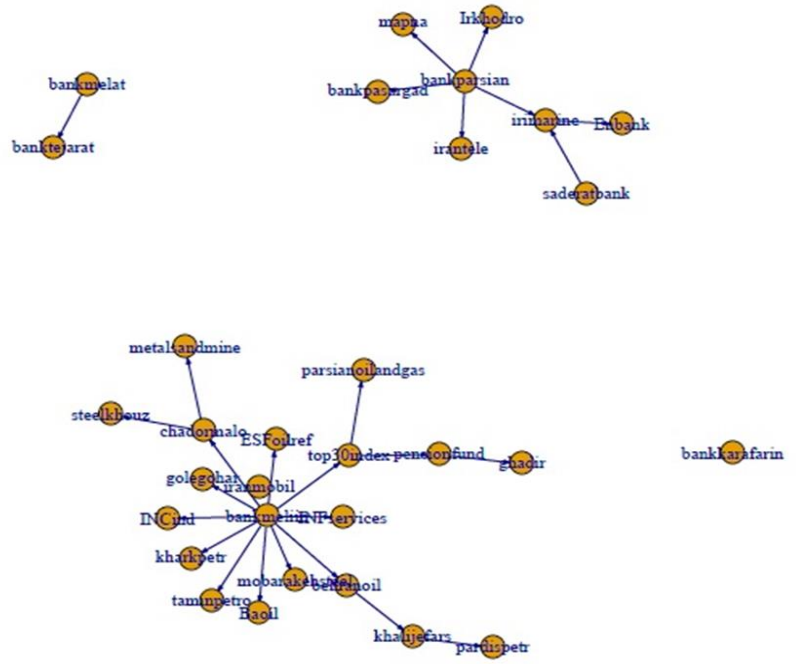
اینکه سرانجام به یک‌فاصله متوسط برگردند. یک تفاوت بین آن‌ها این است که سهام همبسته در بیشتر مواقع در یک راستا حرکت می‌کنند، درحالی‌که هم‌جمعی به معنای این است که دو سهام نمی‌بایست همیشه به‌صورت هم‌زمان حرکت کنند. تفاوت دیگر این است که بزرگی حرکت‌ها در نظریه همبستگی نامعلوم است [۲۱] درنتیجه برای بررسی و ایجاد گراف‌های مبتنی بر هم‌جمعی ابتدا می‌بایست مانایی و نا مانایی سری‌های زمانی بررسی شود.



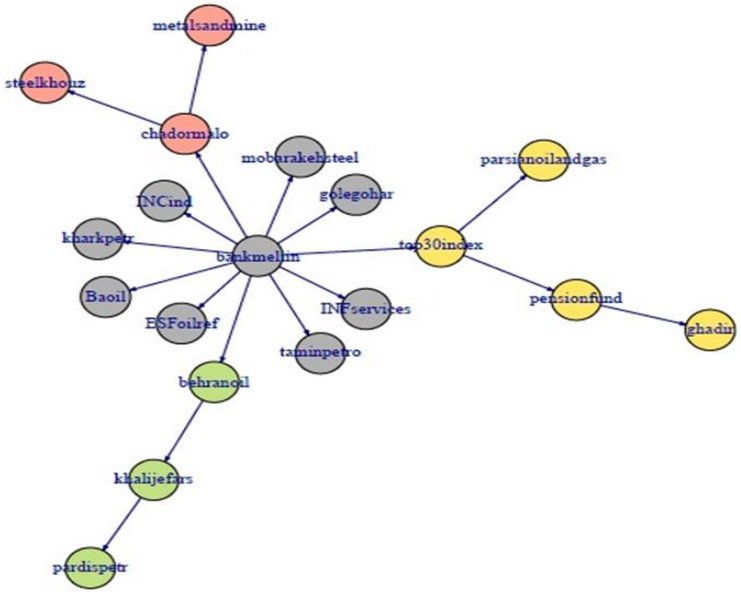
شکل ۱ : تدوین شبکه بر اساس هم جمعی

شکل ۱ نشان‌دهنده‌ی گراف مبتنی بر هم‌جمعی است. همان‌طور که مشاهده می‌شود به‌طورکلی این گراف از چهار بخش تشکیل‌شده است. نماد وکار که به‌صورت منفرد قرار دارد که نشان از عدم تأثیرگذاری و تأثیرپذیری

بر دیگر نمادهاست. همچنین نمادهای وبملت نیز تنها بر نماد وتجارت مؤثر است.



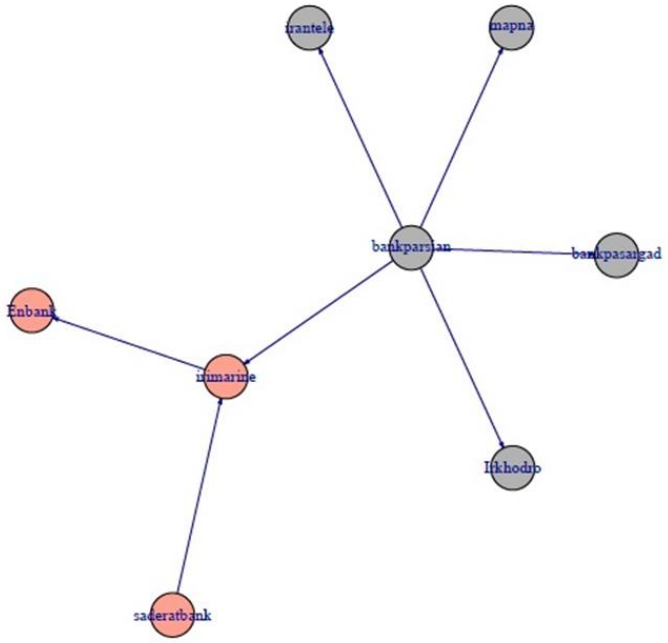
شکل ۲ : درخت پوشای کمینه برای شبکه مبتنی بر هم جمعی



شکل ۳ : درخت پوشای کمینه شبکه مبتنی بر هم‌جمعی بخش اول

جدول ۱ : نمایش خوشه‌بندی‌های گراف مبتنی بر هم‌جمعی (بخش اول)

خوشه ۴	خوشه ۳	خوشه ۲	خوشه ۱
شاخص ۳۰ شرکت بزرگ	شبهرن	وبانک	کچاد
پارسان	فارس	رانفور	فخوز
وصندوق	شپدیس	تاپیکو	ومعادن
وغدیر		شپنا	
		شبندر	
		شخارک	
		فملی	
		فولاد	
		کگل	



شکل ۴ : درخت پوشای کمینه شبکه مبتنی بر هم‌جمعی بخش دوم

جدول ۲ : نمایش خوشه‌بندی‌های گراف مبتنی بر هم‌جمعی (بخش دوم)

خوشه ۲	خوشه ۱
حکشتی	وپارس
ونوین	اخابر
وبصادر	رمپنا
	وپاسار
	خودرو

بررسی معیارهای مرکزیت در شبکه مبتنی بر هم جمعی

طبق جدول ۳، نمادهای کچاد و شاخص ۳۰ شرکت بزرگ هرکدام با ۲۶ نماد دیگر در ارتباط بوده که نشان از اهمیت این دو نماد دارد و نمادهای وکار و همراه با حداقل صفر ارتباط نشان از عدم تأثیرپذیری و تأثیرگذاری در میان دیگر نمادهای مورد بررسی را نشان می‌دهد.

در این پژوهش به‌منظور ترسیم شبکه مبتنی بر مفهوم هم‌جمعی برخلاف شبکه‌های مبتنی بر ضریب همبستگی بجای بازده قیمت از قیمت استفاده‌شده است در شبکه‌های جهت‌دار معمولاً دو معیار متمایز از مرکزیت درجه تعریف‌شده است که عبارت‌اند از درجه ورودی و درجه خروجی.

جدول ۳ : نمایش درجه سهام

نماد	درجه	نماد	درجه	نماد	درجه	نماد	درجه
کچاد	۲۶	فملی	۲۰	رمپنا	۱۰	پارسان	۴
شاخص ۳۰ شرکت بزرگ	۲۶	شبندر	۲۰	اخابر	۱۰	ونوین	۲
کگل	۲۵	شپنا	۱۷	خودرو	۱۰	وبملت	۱
شبهرن	۲۵	فولاد	۱۴	وصندوق	۸	وتجارت	۱
شخارک	۲۴	فارس	۱۴	فخوز	۶	وبصادر	۱
تاپیکو	۲۳	حکشتی	۱۳	شپدیس	۶	همراه	۰
وبانک	۲۱	وپارس	۱۰	وغدیر	۴	وکار	۰
رانفور	۲۱	وپاسار	۱۰	ومعادن	۴		

بررسی درجات ورودی، درجات خروجی

همان‌طور که در جدول ذیل مشاهده می‌شود شاخص ۳۰ شرکت بزرگ با ۰,۰۰۲۵۳۱۶۴۶ بیشترین درجه خروجی را دارد و نمادهای شبهرن و کچاد با ۰,۰۰۲۵۲۵۲۵۳ و ۰,۰۰۲۵۱۸۸۹۲ نمادهایی هستند که بیشترین تأثیر بر دیگر نمادها هستند و نمادهای وکار، همراه و وتجارت با ۰,۰۰۱۰۷۵۲۶۹ دارای کمترین میزان تأثیرگذاری هستند.

جدول ۴ : توزیع درجات خروجی برای گراف مبتنی بر هم جمعی

نماد	درجه خروجی	نماد	درجه خروجی	نماد	درجه خروجی
وپاسار	۰.۰۰۱۳۳۱۵۵۸	فارس	۰.۰۰۲۴۷۵۲۴۸	شاخص ۳۰ شرکت بزرگ	۰.۰۰۲۵۳۱۶۴۶
رمپنا	۰.۰۰۱۳۳۱۵۵۸	فولاد	۰.۰۰۲۴۶۳۰۵۴	شبهرن	۰.۰۰۲۵۲۵۲۵۳
اخابر	۰.۰۰۱۳۳۱۵۵۸	وصندوق	۰.۰۰۲۴۵۷۰۰۲	کچاد	۰.۰۰۲۵۱۸۸۹۲
خودرو	۰.۰۰۱۳۳۱۵۵۸	فخوز	۰.۰۰۲۴۳۹۰۲۴	کگل	۰.۰۰۲۵۱۸۸۹۲
ونوین	۰.۰۰۱۳۲۴۵۰۳	پارسان	۰.۰۰۲۴۳۹۰۲۴	شخارک	۰.۰۰۲۵۱۸۸۹۲
وبملت	۰.۰۰۱۱۱۱۱۱۱	معادن	۰.۰۰۲۴۲۱۳۰۸	تاپیکو	۰.۰۰۲۵۱۲۵۶۳
وتجارت	۰.۰۰۱۰۷۵۲۶۹	شپدیس	۰.۰۰۲۳۹۲۳۴۴	رانفور	۰.۰۰۲۵۱۲۵۶۳
همراه	۰.۰۰۱۰۷۵۲۶۹	وغدیر	۰.۰۰۲۳۶۴۰۶۶	وبانک	۰.۰۰۲۵۰۶۲۶۶
وکار	۰.۰۰۱۰۷۵۲۶۹	وبصادر	۰.۰۰۱۳۷۷۴۱	فملی	۰.۰۰۲۵
		حکشتی	۰.۰۰۱۳۳۳۳۳۳	شبندر	۰.۰۰۲۵
		وپارس	۰.۰۰۱۳۳۱۵۵۸	شپنا	۰.۰۰۲۴۸۷۵۶۲

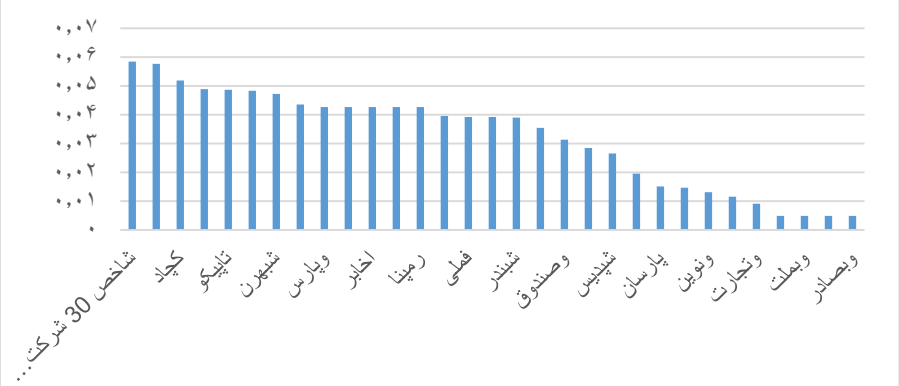
همان‌طور که گفته شد درجه ورودی نشان‌دهنده‌ی میزان تأثیرپذیری هر نماد است و شاخص ۳۰ شرکت‌بزرگ با ۰,۰۰۲۵۳۱۶۴۶ وکچاد، شخارک‌وتاپیکو با۰,۰۰۲۵۱۸۸۹۲ بیشترین میزان را دارا هستند و نمادهای وبصادر، وکار، همراه و وبملت با ۰,۰۰۱۰۷۵۲۶۹ دارای کمترین میزان درجه ورودی هستند.

جدول ۵ : توزیع درجات ورودی برای گراف مبتنی بر هم جمعی

نماد	درجه ورودی	نماد	درجه ورودی	نماد	درجه ورودی
رمپنا	۰.۰۰۱۳۸۵۰۴۲	شپنا	۰.۰۰۲۴۹۳۷۶۶	شاخص ۳۰ شرکت بزرگ	۰.۰۰۲۵۳۱۶۴۶
اخابر	۰.۰۰۱۳۸۵۰۴۲	فولاد	۰.۰۰۲۴۶۳۰۵۴	کچاد	۰.۰۰۲۵۱۸۸۹۲
خودرو	۰.۰۰۱۳۸۵۰۴۲	وصندوق	۰.۰۰۲۴۵۷۰۰۲	شخارک	۰.۰۰۲۵۱۸۸۹۲
ونوین	۰.۰۰۱۳۷۷۴۱	پارسان	۰.۰۰۲۴۳۹۰۲۴	تاپیکو	۰.۰۰۲۵۱۸۸۹۲
وتجارت	۰.۰۰۱۱۱۱۱۱۱	فخوز	۰.۰۰۲۴۲۷۱۸۴	کگل	۰.۰۰۲۵۱۲۵۶۳
وبملت	۰.۰۰۱۰۷۵۲۶۹	ومعادن	۰.۰۰۲۴۲۱۳۰۸	شبهرن	۰.۰۰۲۵۱۲۵۶۳
همراه	۰.۰۰۱۰۷۵۲۶۹	شپدیس	۰.۰۰۲۴۰۹۶۳۹	وبانک	۰.۰۰۲۵
وکار	۰.۰۰۱۰۷۵۲۶۹	وغدیر	۰.۰۰۲۳۶۴۰۶۶	فملی	۰.۰۰۲۵
وبصادر	۰.۰۰۱۰۷۵۲۶۹	حکشتی	۰.۰۰۱۳۸۸۸۸۹	شبندر	۰.۰۰۲۵
		وپارس	۰.۰۰۱۳۸۵۰۴۲	رانفور	۰.۰۰۲۵
		وپاسار	۰.۰۰۱۳۸۵۰۴۲	فارس	۰.۰۰۲۴۹۳۷۶۶

رتبه‌بندی صفحه

همان‌طور که در نمودار زیر مشخص است شاخص ۳۰ شرکت بزرگ با ۰,۰۵۸۶۴ و نماد حکشتی با ۰,۰۵۷۶۸ دارای بیشترین مقدار شاخص رتبه‌بندی صفحه هستند و همچنین کمترین میزان رتبه‌بندی صفحه مربوط به نماد وبصادر، وکار، همراه و وبملت با ۰,۰۰۴۹۱۸ می‌باشد.

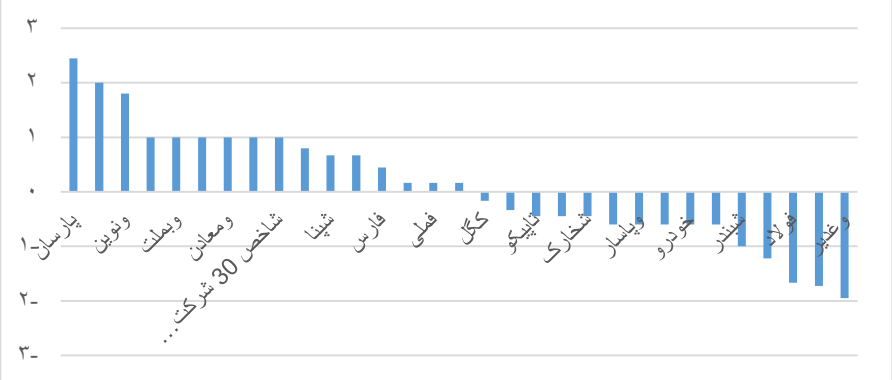


نمودار ۵ : رتبه‌بندی صفحه برای سهام در گراف مبتنی بر هم جمعی

معیار بوناچیچ

این معیار به اتصالات هر گره با گره‌های پرقدرت اشاره دارد و هرچه این معیار بیشتر باشد به این معنی است که گره‌هایی که هر گره به آن‌ها متصل است تا چه حد قدرتمند و تأثیرگذار در شبکه هستند.

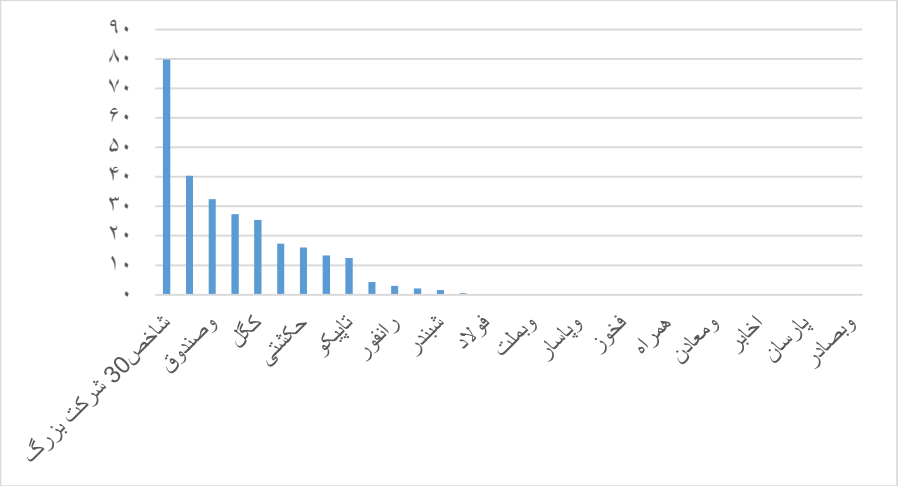
نمادپارسان با۲,۴۴۴۴، وتجارت با۲ و نمادونوین با ۱,۸ به ترتیب بیشترین مقدار معیار بوناچیچ را دارا هستند و نمادهای وغدیر با ۱,۹۴-، شپدیس با ۱,۷۲- و فولاد با ۱,۶۶- کمترین میزان بوناچیچ هستند.



نمودار ۶ : معیار بوناچیچ برای گراف مبتنی بر هم جمعی

بررسی مرکزیت بینابینی برای گراف مبتنی بر هم جمعی

در طبقه‌بندی نمادهای موردمطالعه بر اساس مرکزیت بینابینی با طیف گسترده‌ای از اعداد وجود دارند شاخص ۳۰ شرکت بزرگ با ۷۹,۷۵۸۱۵۸۵۱ بیشترین میزان و سپس نمادهای فارس، وصندوق و کچاد با ۴۰,۳۵۲۹۵۲۶، ۳۲,۴۷۰۷۴۵۹۲ و ۲۷,۳۰۸۳۰۸۳۶ قرار دارند و همان‌طور که مشاهده می‌شود نمادهای بسیاری دارای مرکزیت بینابینی صفر هستند.



نمودار ۷: معیار مرکزیت بینابینی برای گراف مبتنی بر هم جمعی

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات گذشته در مورد تجزیه‌وتحلیل شبکه در بورس اوراق بهادار را می‌توان در سه دسته طبقه‌بندی کرد: (۱) استفاده از روش‌های تحلیل شبکه برای بازارهای مختلف و تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های مکان‌شناسی هر بازار. (۲) استفاده از انواع معیارهای همبستگی بین بازارهای مختلف به‌منظور ارائه تعریف‌های متفاوت از یال‌های بین سهام و مطالعه تأثیر آن بر روی شبکه‌ها. (۳) انتخاب سهام برای مدیریت سبد سهام با استفاده از اطلاعات حاصل از تجزیه‌وتحلیل شبکه و معیار عملکرد سبد سهام در برابر شاخص‌ها [۱۹]. بررسی شبکه‌های سهام از آن نظر اهمیت دارد که ارتباط بین انواع سهام با یکدیگر را بررسی می‌کند و میزان نزدیکی یا دوری سهام از یکدیگر را مشخص می‌نماید. به این نحو که سهام موجود در یک شبکه هر چه به یکدیگر نزدیک‌تر باشند به یکدیگر شبیه‌تر بوده و ریسک و بازده مشابه‌تری نسبت به سهامی که از یکدیگر دور هستند دارند. همچنین بررسی شبکه‌های سهام می‌تواند سرمایه‌گذاران

را در بحث انتخاب پرتفوی یاری نماید و مشخص کردن میزان دوری یا نزدیکی سهام به سرمایه‌گذاران کمک کند تا انتخاب‌های مناسب‌تری را برگزینند [۴]. مطالعات مختلفی در این حوزه انجام‌شده و هریک از بازار متفاوتی را ازنظر تئوری خاصی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده است؛ اما اندک مطالعاتی در حوزه شبکه سهام بورس تهران انجام‌شده است.

آثار و نتایج این تحقیق را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود:

شبکه ایجادشده بر اساس مفهوم هم‌جمعی به چهار بخش مجزا تقسیم می‌شود که توزیع سهام در این چهار بخش به‌صورت نامساوی می‌باشد. نمادهای وبملت و وتجارت تنها به‌وسیله‌ی یک یال به یکدیگر متصل هستند و با دیگر نمادها ارتباطی ندارند، هردو این نمادها دارای درجات ورودی و خروجی کم و همچنین دارای رتبه‌بندی صفحه کم هستند؛ اما رابطه مستقیمی بین معیار بوناچیچ و مرکزیت نزدیکی این دو نماد وجود ندارد. نماد وکار دارای معیارهای مرکزیت کم می‌باشد اما برخلاف اینکه دارای معیار بوناچیچ زیادی است فاقد هرگونه ارتباط با دیگر سهام است. شاخص ۳۰ شرکت بزرگ ازلحاظ مکان‌شناسی تقریباً با تمام معیارهای مرکزیت هماهنگ می‌باشد. تجزیه‌وتحلیل معیارهای مرکزیت در مبحث هم‌جمعی ما را به این سمت رهنمون می‌کند که هرچه درجه‌یک سهم بیشتر باشد، میزان رتبه‌بندی صفحه برای هر رأس بیشتر، معیار بوناچیچ آن بالاتر و میزان مرکزیت نزدیکی آن کمتر باشد آن سهم ازلحاظ مکان‌شناسی مهم‌تر است.

این پژوهش از حیث تشکیل شبکه مبتنی بر مفهوم هم‌جمعی با پژوهش یانگ و همکاران [۲۳] و تو [۲۱] همسو می‌باشد. همچنین از حیث بررسی معیارهای مرکزیت در گراف‌های تدوین‌شده با پژوهش‌های توو [۲۱] و رحیم نژاد [۲] هم سو است؛ اما به‌طور کامل قادر به توجیه گراف تدوین‌شده با استفاده از معیارهای مرکزیت نیست.

منابع

۱) حیرانی مهرداد، روشن‌ضمیر نسیم،(۱۳۹۷)، مدل‌سازی سری‌های زمانی مالی با R. چاپ اول. تهران. انتشارات بورس.

۲) رحیم نژاد فهیمه،(۱۳۹۶)، انتخاب سبد سهام با استفاده از تحلیل شبکه‌های پیچیده بازار بورس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی فناوری اطلاعات – سامانه‌های شبکه‌ای. دانشگاه تربیت مدرس.

۳) رستمی محمدرضا، قالیباف اصل حسن، احمدی، مهری،۱۳۹۱، آزمون کارایی در سطح ضعیف: شاخص شرکت‌های مشمول اصل ۴۴ قانون اساسی عرضه‌شده در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه تحقیقات حسابداری و حسابرسی.

۴) شریفی سامانی فرشاد،۱۳۹۵، ویژگی‌های توپولوژیکی شبکه سهام در بازار بورس تهران (مطالعه موردی اثر برجام)، (۱۳۹۵). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت مالی. دانشگاه علم و هنر یزد.

۵) عظیمی مجید، کریمی فرزاد، نوروزی محمد، ۱۳۸۹،تجزیه‌وتحلیل عوامل مؤثر بر شاخص قیمت بازار اوراق بهادار تهران با استفاده از روش هم جمعی. فصلنامه علمی-پژوهشی حسابداری مالی.

6) Bonacich, P. (1987). Power and centrality: A family of measures. *American journal of sociology*, *92*(5), 1170-1182.

7) Brin, S., & Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine.

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

9) Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.

10) Eom, C., Oh, G., & Kim, S. (2007). Deterministic factors of stock networks based on cross-correlation in financial market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *383*(1), 139-146

11) Huang, W. Q., Zhuang, X. T., Yao, S., & Uryasev, S. (2016). A financial network perspective of financial institutions' systemic risk contributions. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 456, 183-196.

12) Jin, Y., Zhang, Q., & Li, S. P. (2016). Topological properties and community detection of venture capital network: Evidence from China. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *442*, 300-311.

13) Lee, J., Youn, J., & Chang, W. (2012). Intraday volatility and network topological properties in the Korean stock market. *Physica A: Statistical mechanics and its Applications*, *391*(4), 1354-1360

14) Mantegna, R. N. (1999). Hierarchical structure in financial markets. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, 11(1), 193-197.
15) Onnela, J. P., Chakraborti, A., Kaski, K., & Kertesz, J. (2003). Dynamic asset trees and Black Monday. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *324*(1-2), 247-252.
16) Ozdamar, G. (2015). Factors affecting current account balance of Turkey: A survey with the cointegrating regression analysis. *Journal of Business Economics and Finance*, *4*(4)
17) Sabidussi, G. (1966).The centrality index of a graph. *Psychometrika*,.
18) Sun, W., Tian, C., & Yang, G. (2015). Network analysis of the stock market
19) Tabak, B. M., Serra, T. R., & Cajueiro, D. O. (2010). Topological properties of stock market networks: The case of Brazil. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *389*(16), 3240-3249
20) Tu, C. (2014). Cointegration-based financial networks study in Chinese stock market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *402*, 245-254.
21) Wu, S., Tuo, M., & Xiong, D. (2015). Network structure detection and analysis of Shanghai stock market. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, *8*(2), 383-398
22) Yang, C., Chen, Y., Niu, L., & Li, Q. (2014). Cointegration analysis and influence rank—A network approach to global stock markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 400, 168-185.

یادداشت‌ها:

1 MPT
2 Markowitz,1952
3 Betweeness
4 Closeness
5 Bonacich
6 Quensnay
7 Kwiatkowski-Phillips-Schmit-Shin