فصلنامــه اقتصاد مالی
دورهٔ ۱۷ / شمارهٔ ۳ (پیاپی ٦٤)/ پائیز ۱٤۰۲
صفحه ۰۱ تا ۲٦

https://doi.org/10.30495/fed.2023.1950169.2637

# کاربرد شبکه‌های فیلترشده برمبنای آستانه در انتخاب سبد سهام و ارزیابی عملکرد آن

مرضیه نوراحمدی[۱]
حجت الله صادقی[۲]✉

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰٤/۰٦ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰٦/۰۱

## چکیده

تجزیه و تحلیل شبکه یکی از روش‌های مورد توجه تحلیل‌گران برای تجزیه و تحلیل روابط پیچیده در داده‌ها به روش شهودی است. یکی از کاربردهای تجزیه و تحلیل شبکه، مصورسازی روابط بین طبقات مختلف دارایی‌هاست. بازار سهام به عنوان یک سیستم پیچیده‌ای در نظر گرفته می‌شود که پویایی پیچیده متعلق به خود را نشان می‌دهد. شناسایی پویایی‌های بازار سهام برای بازیگران، سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران مالی مهم است. پیچیدگی بازار سهام می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد که وابستگی متقابل سهام به یکدیگر می‌تواند یکی از برجسته‌ترین این عوامل باشد. یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های افراد در بازار سرمایه، یافتن روشی جهت ارائه و تحلیل داده‌های سهام شرکت‌های مختلف است. شرکت‌های مختلفی در بورس وجود دارد و همواره مدیران سبد سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذاران در انتخاب سبد سهام مناسب، نیاز به بررسی بهترین روش برای تشکیل سبد سهام هستند. در این مقاله در خصوص تشکیل پرتفوی متنوع و غیرمتنوع از طریق تئوری شبکه بحث می‌شود. برای اجرای این پژوهش، از قیمت پایانی تعدیل‌شده ۱۳۸ شرکت شاخص بورسی برای دوره ۱۳۹۵-۱۰-۱۱ الی ۱٤۰۰-۰٤-۱۵معادل ۱۶٤۸روز معاملاتی استفاده شده است. برای توصیف تاثیر بین سهام از ماتریس مجاورت استفاده شده و با استفاده از آستانه بهینه، پرتفوی متنوع و غیرمتنوع بدست می‌آید. نتایج سهام منتخب برای پرتفوی را با استفاده از رویکرد برابری ریسک سلسله مراتبی (HRP) پیاده‌سازی نموده و نتایج آن ربا سه روش مینیمم واریانس (MVP)[۳]، توزیع یکنواخت (UNIF) و برابری ریسک (RP) برای دو دوره زمانی درون نمونه و برون نمونه، برای هر دو پرتفوی متنوع و غیر متنوع مقایسه می‌شود. در نهایت نتایج با استفاده از چهار معیار سورتینو، شارپ، ماکسیمم DD و کالمر مقایسه شده است. نتایج نشان دهنده برتری رویکرد سبد غیرمتنوع در دوران‌های نزولی بازار و برتری رویکرد سبد متنوع‌سازی شده در سایر زمان‌هاست.

**واژه‌های کلیدی:** انتخاب سبد سهام، رویکرد برابری سلسله مراتبی ریسک، شبکه سهام، ماتریس مجاورت.

**طبقه بندی JEL:** G10، G11

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

[3] Minimum Variance



نوع مقاله: علمی پژوهشی
Eci@iauctb.ac.ir

Creative Commons – Attribution 4.0 International – CC BY 4.0
Creativecommons.org

**۱- مقدمه**

بازار مالی یک سیستم پیچیده است که از واحدهای متقابل بسیاری تشکیل شده است. قبل از بحران مالی در سال ۲۰۰۸، تمرکز تحلیل‌گران ریسک مالی به ترازنامه سازمان‌ها بود. روابط متقابل بین سازمان‌ها به‌طور رسمی مورد توجه قرار نگرفته بود. اما، این دیدگاه در طی بحران ۲۰۰۸ تغییر پیدا کرد. نیاز به درک وابستگی متقابل بین بازار سهام پس از بحران مالی افزایش پیدا نمود. محققان دیدگاه خود را گسترده‌تر نمودند و کم‌کم نگرش سیستمی‌تری به ریسک پیدا کرده و ریسک‌هایی که مرتبط با سازمان خودشان هم هست را در نظر گرفتند (گروج و چانگت[1]، ۲۰۱۷).

یکی از مهم‌ترین مشکلات سرمایه‌گذاران در بازار بورس اوراق بهادار، تصمیم‌گیری در مورد انتخاب سهام جهت کسب سود، محسوب می‌شود. از دیدگاه سرمایه‌گذاران، یک رابطه مستقیم بین میزان ریسک و بازده یک دارایی وجود دارد و با افزایش ریسک به طبع میزان بازده بالاتری نیز مورد انتظار خواهد بود و بالعکس. مدیران سرمایه-گذاری می‌توانند عملکرد پرتفوی سرمایه‌گذاری را در سه فعالیتی که روند مدیریت پرتفوی را تشکیل می‌دهند، پیدا کنند: سیاست سرمایه‌گذاری، انتخاب سبد و زمان‌بندی بازار (برینسون و همکاران[2]، ۱۹۸۶). مدیریت دارایی و تخصیص سرمایه‌گذاری فرایندی خسته کننده و زمان‌بر است که در آن مدیران سرمایه گذاری معمولاً باید رویکردهای سفارشی را برای هر مشتری یا سرمایه گذار طراحی کنند.

نظریه میانگین-واریانس توسط مارکوییتز (۱۹۵۲) ارائه شده است. نظریه مارکویتز امروزه به عنوان تئوری مدرن سبد سرمایه گذاری شناخته می‌شود و پایه و اساس کلیه ادبیات سرمایه‌گذاری و روش‌های بهینه سازی اوراق بهادار را نشان می‌دهد. این روش موفق شد که رویکردی بهینه برای تخصیص منابع در میان اوراق بهادار ریسکی را جایی که مردم فقط به میانگین و واریانس بازده سبد سهام علاقه مند هستند فرموله کند. MPT یک روش رسمی و در عین حال قابل قبول برای یافتن سبدهای بهینه فراهم می‌کند که مرز کارا نامیده می‌شود که بیشترین بازده مورد انتظار برای یک سطح معین از ریسک یا کمترین ریسک را به ازای یک سطح معین از بازده مورد انتظار نشان می‌دهد (بچیسه و همکاران[3]، ۲۰۲۰).

سیاست سرمایه گذاری مهم‌ترین بخش در مدیریت سبد سرمایه گذاری است و اغلب به آن تخصیص استراتژیک گفته می‌شود. سیاست سرمایه‌گذاری یا تخصیص استراتژیک، تعیین می‌کند که کدام دسته از دارایی‌ها و با چه وزنی برای رسیدن به هدف سرمایه گذاری انتخاب شوند (برینسون و همکاران، ۱۹۸۶). با توجه به کلاس دارایی و وزن آن، از آنجا که هر کلاس دارایی با ریسک وبازده خود مرتبط است، مدیر سرمایه‌گذاری باید در مورد تحمل ریسک، افق سرمایه‌گذاری و سطح ریسک سرمایه‌گذاری تصمیم بگیرد (کوهرنس[4]، ۱۹۹۹). تجزیه و تحلیل شبکه می‌تواند پیچیدگی مطالعه سیستمی بازارهای سهام را حل کند. از خصوصیات آن می‌توان برای پیش بینی پویایی‌های بازار استفاده نمود.

[1] George & Changat
[2] Brinson et al.
[3] Bechis et al.
[4] Cochrane

تاکنون روش‌های زیادی برای تشکیل پرتفوی معرفی شده است که مشهورترین آن رویکرد مارکویتز است. تئوری میانگین-واریانس به دلیل دشواری در تخمین بازده مورد انتظار و کواریانس برای طبقات مختلف دارایی دارای اشکالات عملی زیادی است. با توجه به مدل مارکوویتز در مسئله انتخاب سبد مالی بهینه، به دلیل کوادراتیک بودن و محدودیت بالا و پایین سرمایه‌گذاری در هر دارایی و با توجه به راه حل‌های دقیق موجود در برنامه ریزی ریاضی، همواره مشکلاتی در به دست آوردن پاسخ بهینه برای آن وجود داشته است (میزبان و همکاران ۱۳۹۱).

در این پژوهش ابتدا با استفاده از تعیین آستانه مناسب دو پرتفوی متنوع و غیر متنوع را تشکیل می‌شود. سپس از تکنیک یادگیری ماشین HRP استفاده نموده و نتایج آن با سه روش مینیمم واریانس (MVP)، توزیع یکنواخت (UNIF) و برابری ریسک (RP) مقایسه میشود. برای اجرای این پژوهش، از قیمت پایانی تعدیل‌شده ۱۳۸ شرکت شاخص بورسی برای دوره ۱۱-۱۰-۱۳۹۵[۱] الی ۱۵-۰۴-۱۴۰۰[۲] معادل ۱۶۴۸روز معاملاتی استفاده شده است. ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان درون نمونه و ۳۰ درصد باقی مانده به عنوان برون نمونه در نظر گرفته می‌شود. در نهایت نتایج با استفاده از چهار معیار شارپ، ماکسیمم ریزش مورد انتظار[۳]، کالمر، سورتینو مقایسه می‌شود.

## ۲- ادبیات نظری و پیشینه

شبکه‌های پیچیده مورد توجه بسیاری از محققان مختلف جهان قرار گرفته است. این تحقیقات باعث ایجاد ابزاری قدرتمند و پایگاه مرجعی برای درک بسیاری از سیستم‌های پیچیده دنیای واقعی مانند شبکه‌های پروتئینی در زیست شناسی، شبکه‌های اجتماعی و شبکه‌های همکاری دانشمندان در زمینه جامعه شناسی شده است. نظریه و ابزارهای شبکه‌های پیچیده چشم انداز جدیدی برای مطالعه بازارهای سهام در اختیار ما قرار می‌دهند.

ارزش قیمت سهام یک شاخص اصلی است که نشان‌دهنده پویایی بازار سهام است. ما شبکه‌های سهام را براساس قیمت سهام ایجاد می‌کنیم و با کمک نظریه و ابزارهای پیچیده شبکه، ویژگی‌های ساختار انجمن در آن را تحلیل می‌کنیم. نوسانات قیمت سهام بسیار بهم وابسته‌اند و با بخش‌های تجاری و صنایعی که با آن‌ها تعلق دارند ارتباط زیادی دارد. شبکه پویای روابط بین شرکت‌ها می‌تواند زمینه‌ساز شکست‌ها و بحران‌های اقتصادی شود (هارمون و همکاران[۴]، ۲۰۱۰). بخش خدمات مالی با برقراری پیوند بین بخش‌های ضعیف اقتصادی، ریسک اقتصادی را افزایش می‌دهد و اگر خدمات مالی به‌نحوی‌که مانع رشد اقتصادی نشود محدود شوند می‌تواند ریسک سیستمیک را کاهش دهد (هارمون و همکاران، ۲۰۱۰).

باتاچارجی و همکاران[۵] (۲۰۱۷) در مقاله خود مدل‌های شبکه‌های موزون همراه با معیارهای شبکه برای کشف ساختارهای پیوند متقابل بین بازارهای آسیایی به کار گرفته شدند. همچنین ویژگی‌های مکان‌شناسی یک شبکه

[۱] ۲۰۱۷-۰۱-۰۱
[۲] ۲۰۲۱-۰۷-۰۶
[3] Drawdown
[4] Harmon et al.
[5] Bhattacharjee et al.

با استفاده از معیارهای مرکزیت قابل توصیف هستند. نویسندگان این پژوهش ادعا می‌کنند که با استفاده از رویکردهای داده محور می‌توان در مدریت ریسک سیستمیک مؤثر و برای انتخاب پرتفوی بهینه به‌خوبی متنوع شده که در مقابل شوک‌های سطح سیستم مقاوم باشند استفاده نمود.

با ارائه تعاریف مختلف گره‌ها[1] و لینک‌ها می‌توان انواع مختلفی از شبکه‌ها را ایجاد نمود. برخی از محققان نماد سهام را به عنوان گره تعریف می‌کنند (جی لیو و همکاران[2]، ۲۰۰۸)، (چی و همکاران[3]، ۲۰۰۸)، (لان و ژائو[4]، ۲۰۱۰)و (بونانو و همکاران[5]، ۲۰۰۳)، در حالی‌که برخی دیگر از محققان شاخص‌های سهام را به عنوان گره تعریف می‌کنند تا تعامل بازارهای سهام در کشورهای مختلف را تجزیه و تحلیل کنند (ایکس، اف، لیو و تی سی[6] ۲۰۱۰). بیشتر مقاله‌ها از ضریب همبستگی برای تعریف لینک‌ها[7] استفاده نموده‌اند مانند (چی و همکاران[8]، ۲۰۱۰)، (کیومارو دئو[9]، ۲۰۱۲)، (جی لیو و همکاران[10]، ۲۰۱۱) برخی دیگر هم از اثر علیت گرنجر[11] استفاده کرده‌اند (وی و همکاران[12]، ۱۹۹۵). در این پژوهش شبکه سهام به گراف متشکل از گره‌ها (رئوس) و لبه‌ها اشاره دارد، که نودها به سهام شرکت‌ها (سهام) تعلق دارد و لبه‌هایی بین آن‌ها با نوسان قیمت سهام بین آنها مطابقت دارد. تجزیه و تحلیل شبکه سهام بر اساس همبستگی قیمت سهام برای اولین بار توسط منتگنا[13] (۱۹۹۹) انجام شد. اونلا[14] و همکاران (۲۰۰۳) قیمت‌های تعدیل شده روزانه برای سهام بورس اوراق بهادار نیویورک را مطالعه نمودند و درختان دارایی را براساس همبستگی قیمت ها ایجاد نموند و خصوصیات و تفاوت آن‌ها را مورد بحث قرار دادند. ویزوگنوف و همکاران[15] (۲۰۱۴) شبکه سهام را براساس بازار سهام روسیه ایجاد نمودند. آن‌ها دریافتند که برای بازار روسیه ارتباط زیادی بین حجم سهام و ساختار ماکسیمم کلیک[16] در طول دوره مشاهده وجود دارد. کیلامان و همکاران[17] (۲۰۰۰) خوشه‌بندی شرکت‌ها را با شاخص داو جونز یا S&P500 مورد مطالعه قرار دادند. ثبات توپولوژیکی بازار سهام چین توسط هوانگ و همکاران با ایجاد یک شبکه همبستگی مورد مطالعه قرار گرفت (هانگ و همکاران[18]، ۲۰۰۹). پراتلا و زارعی[19] (۲۰۱۶) در پژوهش خود از رویکرد شبکه‌ای برای انتخاب پرتفوی استفاده نمودند. هدف

[1] nodes
[2] J. Liu et al
[3] Chi et al.
[4] Lan & Zhao
[5] Bonanno et al.
[6] X. F. Liu & Tse
[7] links
[8] Chi et al.
[9] Kumar & Deo
[10] J. Liu et al.
[11] ranger-Causality effects
[12] Wei et al.
[13] Mantegna
[14] Onnela
[15] Vizgunov et al.
[16] maximum cliques
[17] Kullmann et al.
[18] Huang et al
[19] Peralta & Zareei

عمده این مقاله به‌کارگیری شبکه‌های مالی به‌عنوان ابزاری مفید برای انتخاب پرتفوی باهدف قرار دادن گروهی از دارایی‌ها با توجه معیار مرکزیت آن‌هاست. هانتر و همکاران[1]( ۲۰۱۸) این مقاله رابطه ابتکاری بین مرکزیت شبکه و MVP از یک شباهت ساختاری بین دو مکانیسم انتخاب پرتفوی نشأت نمی‌گیرد بلکه به دلیل ویژگی‌های خاص ماتریس‌های همبستگی مشاهده‌شده است.

اسماعیل پورمقدم و همکاران(۱۳۹۷) در پژوهش خود شاخصی جدید برای انعکاس رفتار بازار سهام بر مبنای تحلیل شبکه‌های پیچیده معرفی نموده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص معرفی شده می‌تواند به خوبی روند بازار را نشان دهد.

انتخاب سهام و تشکیل سبد سهام بهینه یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های سرمایه‌گذاران از دیرباز بوده است. به‌همین منظور روش‌های بسیاری در رابطه با نحوه انتخاب سبد سرمایه گذاری به وجود آمده و معرفی شده است

انتخاب سبد سهام فرایندی است که در آن سرمایه‌گذاران نحوه تخصیص دارایی را انتخاب می‌نمایند. نظریه سبد سهام مارکویتز نه تنها عوامل تعیین کننده ریسک پرتفلیو را آشکار می‌نماید، بلکه مهم‌تر از آن، این نتیجه‌گیری مهم را نشان می‌دهد که «بازده مورد انتظار یک دارایی توسط ریسک دارایی تعیین می‌شود». بنابراین قیمت یک دارایی توسط واریانس یا انحراف معیار آن تعیین می‌شود.

ابونوری و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه خود از چهار استراتژی مبتنی بر ریسک: وزن دهی برابر (EW)، وزن دهی بر اساس ریسک برابر(ERC)، بیشترین تنوع بخشی (MDP) و کمترین میانگین واریانس (GMV) برای ۳۰ شرکت برتر بورس اوراق بهادار استفاده نمودند. نتایج بدست آمده بیانگر این موضوع بود که مدل GMV کمترین ریسک نامطلوب را در بین استراتژی های بکار رفته داشته است.

نوراحمدی و صادقی (۱۴۰۰) در پژوهش خود از تکنیک یادگیری ماشینی برابری ریسک سلسله مراتبی (HRP) استفاده می‌نمایند و نتایج را با سه روش حداقل واریانس (MVP)، توزیع یکنواخت (UNIF) و برابری ریسک (RP) مقایسه می‌نمایند. نتایج نشان دهنده برتری رویکرد MVP و UNIF در درون نمونه و رویکرد HRP و UNIF در برون نمونه است.

مدیریت سبد سهام می‌تواند به دودسته مدیریت فعال و غیر فعال تقسیم شود (آل-آرادی و جیمانگل[2]، ۲۰۱۸)، (شارپ[3] ۱۹۹۱). ابتدا به عنوان مثال یک بازار اوراق بهادار مانند s&p500 یا OMXS 30 انتخاب می‌شود. پس از آن سرمایه‌گذار باید فعال یا منفعل بودن را انتخاب نماید. سرمایه‌گذار منفعل با توجه به وزنی که هر اوراق بهادار در بازار دارد، کلیه اوراق بهادار بازار را خریداری و نگهداری می‌کند (جاسمین و ساتینارایانا[4]، ۲۰۱۲)، (شارپ، ۱۹۹۱). اگر اوراق بهادار x نشان دهنده ۲ درصد از بازار باشد، پرتفلیو سرمایه گذار منفعل نیز شامل ۲ درصد از اوراق بهادار x است. سرمایه گذاران منفعل بازده‌ای دقیقاً مشابه با بازده بازار بدست خواهند آورد و به دلیل تحقیق کم در مورد انتخاب دارایی هزینه کمتری را متحمل می‌شود. با مدیریت منفعل، به نمایندگی از بازار، می‌توان از

[1] Hüttner et al.
[2] Al-Aradi & Jaimungal
[3] Sharpe
[4] Jasmeen & Satyanarayana

تنوع گسترده‌ای بهره مند شد که سهم مهمی در استراتژی‌های مدیریت منفعل مشاوران روبو دارد (مانگا و برگ[1]، ۲۰۱۹).

مدیران پرتفلیو فعال از دو طریق برای سرمایه گذاران خود ارزش ایجاد می‌نمایند:

الف) هدف مدیران پرتفلیو انتخاب سبدی از اوراق بهادار و تخصیص آن به روشی است که بازدهی بالاتری نسبت به خرید شاخصی مانند *S&P500* برای سرمایه گذار فراهم نماید و ب) تجدید نظر در تخصیص اوراق بهادار و نظارت بر اوراق بهادار براساس شرایط بازار.

اگر یک مدیر صندوق در هر دو فرایند موفق باشد، عملکرد او موفق قلمداد شده و معیاری برای موفقیت یا شکست یک صندوق است (شوکلا[2]، ۲۰۰۴).

مدیریت فعال یک روش گران قیمت برای مدیریت پرتفلیو است و تنها در صورتی برای سرمایه گذاران ارزش افزوده ایجاد می‌کند که بازده اضافی بعد از هزینه‌ها بیشتر از هزینه‌ای باشد که او برای این روش پرداخته است (شارپ، ۱۹۹۱).

ساختار سلسله مراتبی سیستم‌های پیچیده مالی برای اولین بار توسط هربرت سایمون برنده جایزه نوبل در سال ۱۹۹۱ مورد بررسی قرار گرفت. در مقاله معروف «معماری پیچیدگی» نویسنده اظهار می‌کند که «با یک سیستم پیچیده یعنی که از قسمت‌های زیادی تشکیل شده است که به روشی غیر ساده با یکدیگر به روشی غیر ساده تعامل دارند». در چنین سیستم‌هایی، کل بیشتر از مجموع اجزا است.

وی معتقد است که سیستم‌های پیچیده مالی از یک سازمان سلسله مراتبی برخوردارند که به موجب آن کل سیستم به زیر گروه‌های مختلف متمایز تجزیه می‌شود که می‌توان آن‌ها را با سهولت بیشتری تجزیه و تحلیل نمود. یک سیستم سلسله مراتبی یعنی اینکه سیستمی که از سیستم‌های به هم پیوسته تشکیل شده باشد که هر یک از آن‌ها به نوبه خود دارای ساختار سلسله مراتبی است که زمانی‌که به پایین‌ترین سطح از زیر سیستم اولیه برسیم. بنابراین یک ساختار سلسله مراتبی می‌تواند به حل مشکلات پیچیده کمک کند و آن‌ها را به زیر گروه‌های کوچکتر و ساده‌تری تقسیم کند که پس از آن همه آن راه حل‌ها با هم گروه می‌شوند.

با این وجود، استنباط روابط سلسله مراتبی بین اوراق بهادار در طی فرایند تخصیص سبد سهام، چالش‌های بسیاری را به‌همراه دارد. در واقع ماتریس‌های همبستگی مورد استفاده از پایداری پرتفلیو، ساختار سلسله مراتبی را نشان نمی‌دهد. این مساله حتی در مورد ماتریس‌های بزرگ کواریانس بیشتر مشهود است.

به منظور پیش بینی ماتریس کواریانس به اندازه N، حداقل نیاز به $\frac{N(N+1)}{2}$ بازده مورد انتظار iid (دارای توزیع یکسان و مستقل) داریم. با این حال، اثبات کافی وجود دارد که بازده دارایی‌ها دارای نوسانات خوشه ای و ناهمسانی واریانس هستند و دارای ساختار همبستگی ناپایدار در طول دوره‌های زمانی بلند مدت هستند و منجر به خطاهای جدی می‌شود که می‌تواند مزایای متنوع سازی پرتفوی را از بین ببرد.

[1] Mhanga & Berg
[2] Shukla

برای غلبه بر این مشکل، دپرادو[1] (۲۰۱۶) اولین محققی بود که مدل سلسله مراتبی را ساخت پرتفلیو پیشنهاد نمود. نویسنده اسپانیایی از تئوری شبکه و یادگیری ماشینی برای ساخت یک پرتفلیو متنوع با رویکرد برابری ریسک سلسله مراتبی (HRP) استفاده می‌کند که تفاوت قابل ملاحظه‌ای با مدل‌های بهینه سازی پرتفلیو مبتنی بر ریسک دارد. روش HRP از وارونگی ماتریس کواریانس جلوگیری می‌کند. رابطه اوراق بهادار در پرتفوی به عنوان یک سلسله مراتب سازمان یافته است که در آن خوشه‌های دارایی مشابه با استفاده از ضریب همبستگی ایجاد می‌شوند. جایگزینی ساختار کواریانس سنتی با یک ساختار سلسله مراتبی سه هدف اصلی را امکان پذیر می‌کند: اول، به طور کامل از اطلاعات ماتریس کواریانس استفاده می‌کند. دوم، پایداری وزن‌ها را پوشش می‌دهد. و سوم، برخلاف بیشتر روش‌های سنتی تخصیص دارایی مبتنی بر ریسک، نیازی به وارونگی ماتریس کواریانس نیست (بچیسیه و همکاران ۲۰۲۰).

## ۳- روش پژوهش

### ۳-۱- استخراج داده‌ها

پرسش اصلی مطرح شده در این پژوهش این است که چگونه می‌توان از تئوری گراف برای سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار استفاده نمود؟ این پاسخ ممکن است به سرمایه گذاران کمک کند که ریسک‌های واقعی سرمایه‌گذاری خودشان را شناسایی کنند و از رکودهای اقتصادی مانند رکود سال ۲۰۰۸ جلوگیری نماید و همچنین منجر به افزایش سواد مالی افراد گردد.

بازارهای مالی سیستم‌های کاملاً پیچیده‌ای هستند از شرکت‌ها و موسسات و افراد بسیاری تشکیل شده‌اند. انگیزه اصلی این است عملکرد برخی از سهام اغلب همبسته هستند یا به‌دلیل جهت‌گیری کلی بازار یا چرخه فعالیت‌های همان بخش بازار با هم همبستگی دارند. همان‌گونه که در مقدمه مطرح شد، ایده اصلی ما این است که با استفاده از شبکه سهام، بتوانیم سبد سهامی برای سرمایه‌گذاری انتخاب نماییم. شبکه سهام اشاره گراف‌هایی متشکل از گره‌ها و لبه‌ها دارد. گره‌ها همان قیمت سهام هستند و لبه‌ها همبستگی‌ها هستند.

داده‌های ما کلیه شرکت‌های پذیرش شده در بورس اوراق بهادار هستند. اولین مرحله از فرایند آماده‌سازی داده‌ها استخراج داده می‌باشد. ازاین‌رو داده‌های روزانه تعدیل‌شده کلیه شرکت‌های بورسی برای دوره ۱۱-۱۰-۱۳۹۵ الی ۱۵-۰۴-۱۴۰۰ معادل ۱۶۴۸روز معاملاتی، از طریق نرم‌افزار ره‌آورد نوین استخراج شد. دومین مرحله از فرایند آماده‌سازی داده‌ها، پیش‌پردازش داده‌ها است. در ابتدای این مرحله لازم است داده‌ها از عواملی همچون نویز، داده‌های پرت و داده‌های گمشده که کیفیت داده‌ها را به مخاطره می‌اندازند، پاک‌سازی شوند. در این پژوهش ابتدا تعداد روز معاملاتی همه سهام بررسی شدند و با توجه به تعداد روزهای معاملاتی ۱۳۸ سهم باقی‌مانده و بقیه به دلیل عدم وجود اطلاعات معاملاتی کافی از جامعه آماری حذف شدند.

[1] De Prado

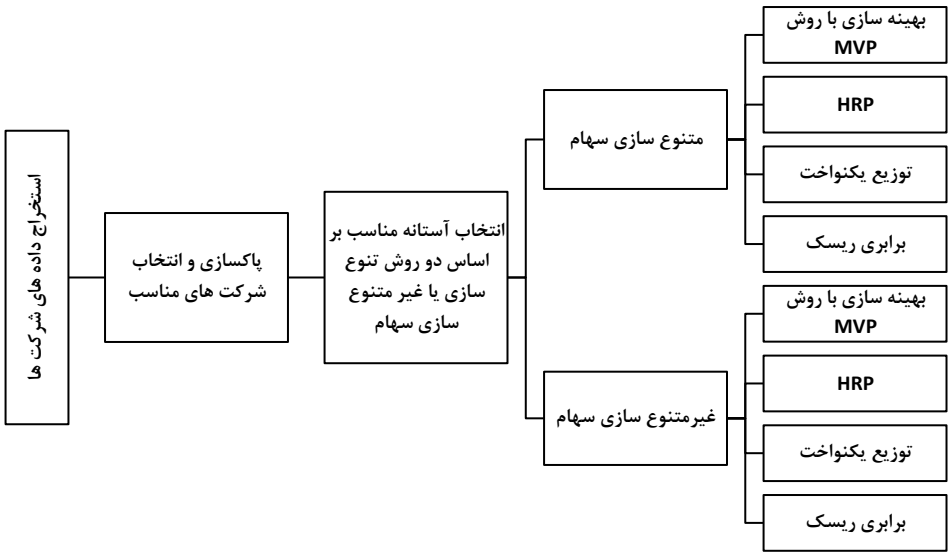
در این پژوهش قیمت پایانی تعدیل‌شده به‌عنوان متغیر اصلی ایجاد شبکه استفاده‌شده است. شروع آن با سری قیمت‌های خام $P_{it}$ است که نشان از قیمت سهام شرکت i در روز t است، همچنین $P_{it-1}$ نشان‌دهنده قیمت سهام شرکت i در روز $t-1$ است. با توجه به این که توزیع قیمت سهام به توزیع لاگ‌نرمال[1] نزدیک می‌باشد برای محاسبه بازده داده‌ها از فرمول بازده لگاریتمی به صورت زیر استفاده می‌نماییم:

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

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

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

پس از پردازش داده‌ها و در مرحله‌ی یادگیری مدل به دنبال دستیابی به نظم موجود در داده‌ها هستیم. مراحل کلی انجام کار به شرح نمودار زیر است:




**نمودار(۱) فرایند کلی کار**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

[1] lognormal
[2] Burggraf

### ۳-۲- شبکه کلی سهام

تجزیه و تحلیل شبکه یکی از روش‌های بسیار محبوب برای تجزیه و تحلیل روابط پیچیده در داده‌ها به روش شهودی است. یکی از کاربردهای تجزیه و تحلیل شبکه، مصورسازی روابط بین طبقات مختلف دارایی‌هاست. برای مثال همیشه گفته می‌شود که رابطه بین سهام و اوراق قرضه خلاف یکدیگر است، دارایی‌هایی مانند طلا به عنوان دارایی‌های امن هستند و رفتارهای مشابهی دارند. آیا روابط دیگری بین دارایی‌ها وجود دارد؟ شبکه‌ها می‌توانند راهی برای انتقال این گونه اطلاعات در سطح بالا باشند و به درک پویایی‌های بین عوامل مختلف سهام به ما کمک کنند.

ابتدا به بررسی همبستگی بین سهام مختلف می‌پردازیم. همان‌گونه که می‌دانید که اگر بین دو سهم همبستگی مثبت وجود داشته باشد در این صورت اگر عاملی منفی بر یکی از آن‌ها اثر بگذارد بر سهم دیگر نیز می‌تواند همان تاثیر را بگذارد و روند قیمت هر دو نزولی خواهند شد. بنابراین، تنوع بخشی در پرتفوی را فقط می‌توان با سرمایه-گذاری در دارایی‌های غیر هبسته با یکدیگر بدست آورد.

ما در این قسمت داده‌های قیمت پایانی ۱۳۸ شرکت برتر بورس اوراق بهادار تهران را استخراج می‌نماییم. قبل از محاسبه ماتریس همبستگی، مهم است که ابتدا مجموعه داده‌ها به بازده روزانه تبدیل شوند. زیرا سرمایه گذاران معمولاً به بازده دارایی‌ها علاقه دارند نه قیمت مطلق آن‌ها. با نرمال‌سازی داده‌ها می‌توانیم به‌راحتی بازده دو دارایی را با یکدیگر مقایسه نماییم.

روش متداول برای مصورسازی داده ها از طریق نقشه حرارتی[1] است. قبل از توسعه شبکه، ابتدا یک نقشه حرارتی از ماتریس همبستگی ایجاد می‌نماییم تا بتوانیم برخی از روابط موجود در داده‌ها را به سرعت بررسی کنیم. در کنار رسم نمودار نقشه حرارتی یک خوشه‌بندی نیز انجام می‌دهیم و داده‌ها را به صورت ساختار یافته‌تر می‌توان بررسی نمود.

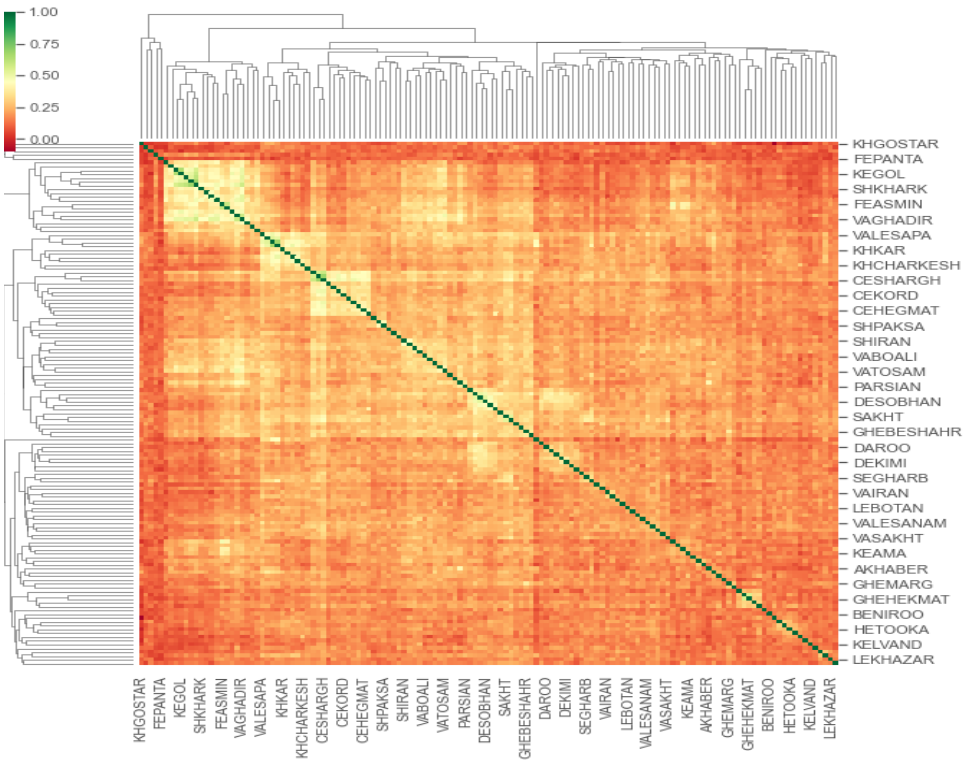
نمودار نقشه حرارتی از یک طیف مقیاس رنگی کدگذاری می‌شود که در آن همبستگی‌های مثبت قوی سبز تیره و دارایی‌های دارای همبستگی کمتر را به رنگ قرمز نشان می‌دهد.

نقشه‌های حرارتی مفید هستند اما با این حال، آن‌ها فقط می‌توانند یک بعد از اطلاعات (میزان همبستگی بین دو دارایی) را انتقال بدهند. به عنوان یک سرمایه گذاری که می‌خواهد تصمیم بگیرد در کدام گروه از دارایی‌ها سرمایه گذاری نماید، نقشه حرارتی هنوز نمی‌تواند به ما کمک نماید.

پس از محاسبه همبستگی بین دارایی‌ها، در گام بعدی میانگین همبستگی بین سهم‌ها را معادل ۰.۲۱۱۸محاسبه می‌نماییم. سپس میانه همبستگی بین سهام را معادل ۰.۲۰۶۸ بدست می‌آوریم.

در این پژوهش از کتابخانه networkx در پایتون برای تجزیه و تحلیل شبکه‌ها استفاده می‌شود. به منظور تجزیه و تحلیل ماتریس همبستگی‌ها به عنوان یک شبکه، ابتدا باید ارتباطات بین دارایی‌ها را به یک لیست لبه (edge) تبدیل کنیم. این لیست حاوی اطلاعات مربوط به هر اتصال بین هر دارایی‌هاست.

[1] heatmap




نمودار(۲) نقشه حرارتی کلیه سهام

منبع: یافته‌های پژوهشگر

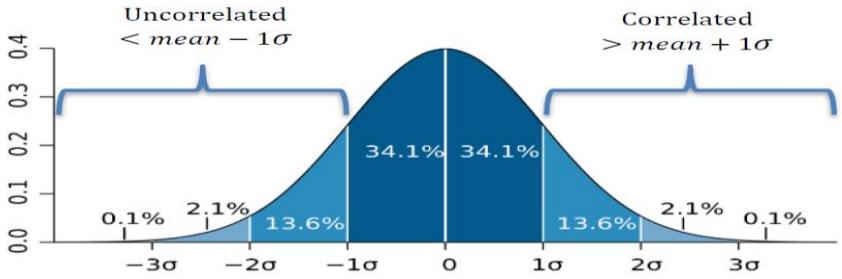
در این پژوهش، ابتدا به دنبال یافتن ارتباط بین هر جفت سهام در یک مجموعه داده شده و ایجاد یک ماتریس همبستگی خواهیم بود. سپس، ما از یک آستانه ورودی برای تغییر آن مقادیر به یک یا صفر استفاده خواهیم کرد که بر اساس آن بیشتر یا کمتر از مقدار آستانه باشد. ماتریس حاصل یک ماتریس مجاورت[1] است که در آن گره‌ها نشان‌دهنده سهام و لبه‌ها کمترین یا بالاترین همبستگی را نشان می‌دهند.

هنگام تجزیه و تحلیل همبستگی بین تعداد جفت سهم‌های زیاد، ممکن است ایجاد آستانه‌ها و تجزیه و تحلیل صحیح نمودار دشوار باشد. برای کمک بهتر به کاربر در تعیین آستانه، تجزیه و تحلیل مجموعه داده‌ها و ارائه آمارهای مشخصی درباره مجموعه داده‌ها مفید است.

یکی از سوالاتی که در این خصوص مطرح می‌شود این است که وقتی آستانه را به کاربر پیشنهاد می‌کنیم، چگونه تعیین کنیم که کدام آستانه لبه‌های مناسب را فراهم می‌کند؟ برای انجام این کار از انحراف استاندارد

[1] adjacency matrix

استفاده خواهیم کرد تا مطمئن شویم که درصد مشخصی از لبه‌ها را در نمودار خود بدست می‌آوریم. میانگین مجموعه داده منهای یک انحراف استاندارد یک نمودار را ارائه می‌دهد که لبه‌ها را بین ۱۶ درصد از سهام همبسته حفظ می‌کند. میانگین به علاوه یک انحراف معیار نمودار را نشان می‌دهد که ارتباط بین ۱۶٪ بیشترین سهام همبسته را نشان می‌دهد.




**نمودار(۳)**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

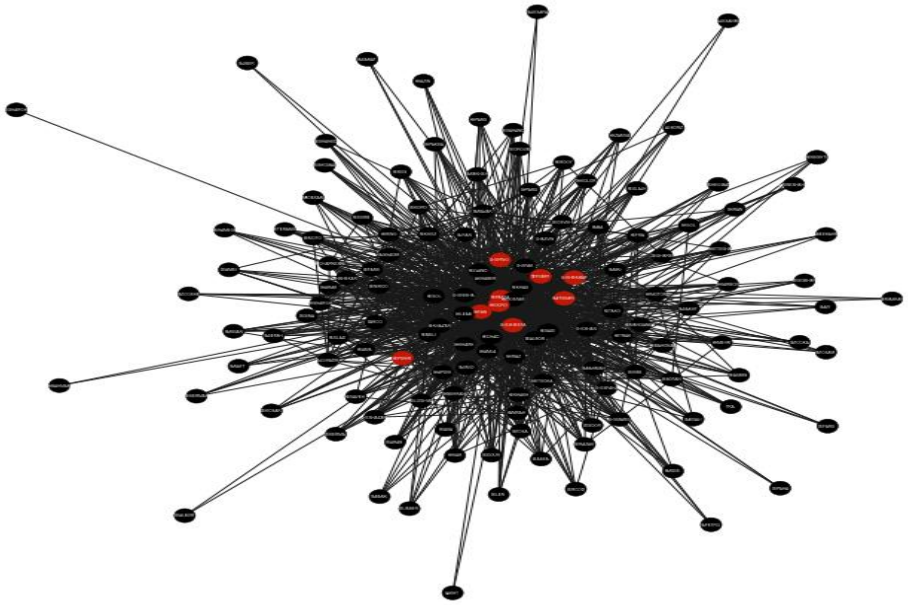
برای تعیین بهترین آستانه، از کاربر می‌خواهیم ابتدا انتخاب نماید که بدنبال سبد سهام متنوع یا غیر متنوع است. حرف U نمایانگر سبد سهام غیر متنوع و حرف D نمایانگر سبد سهام متنوع است.

```
#Asks the user if they are looking for correlated stocks or uncorrelated stocks.
user_preference = input ("Type in 'U' if you want undiversified(correlated) stocks in your portfolio, or 'D' if you want diversified(uncorrelated) stocks.")


if user_preference == "D:"
#Subtracts one standard deviation from the mean to get the 16 percent most uncorrelated relationships
    threshold_with_standard_deviation = (statistics.mean(correlations_list)- standard_deviation)


if user_preference == "U:"
#Adds one standard deviation from the mean to get the 16 percent most correlated relationships
    threshold_with_standard_deviation = (statistics.mean(correlations_list)+ standard_deviation)


print("\nUsing the Standard Deviation,", threshold_with_standard_deviation," should be the best threshold for the inputted stock tickers.")
```

کد نحوه انتخاب بهترین آستانه برای سبد سهام متنوع و غیر متنوع

### ۳-۳- سبد متنوع D

اگر کاربر عبارت D را وارد نماید یعنی بدنبال سبد متنوع است و مقدار آستانه بهینه برابر ۰.۱۳۸۵۴ است. بنابراین سهم‌های منتخب برای سبد عبارت‌اند از نه سهم : (فپنتا، قهکمت، غپینو، غشصفا، کپشیر، خودرو، شنفت، تپمپی، وتجارت)

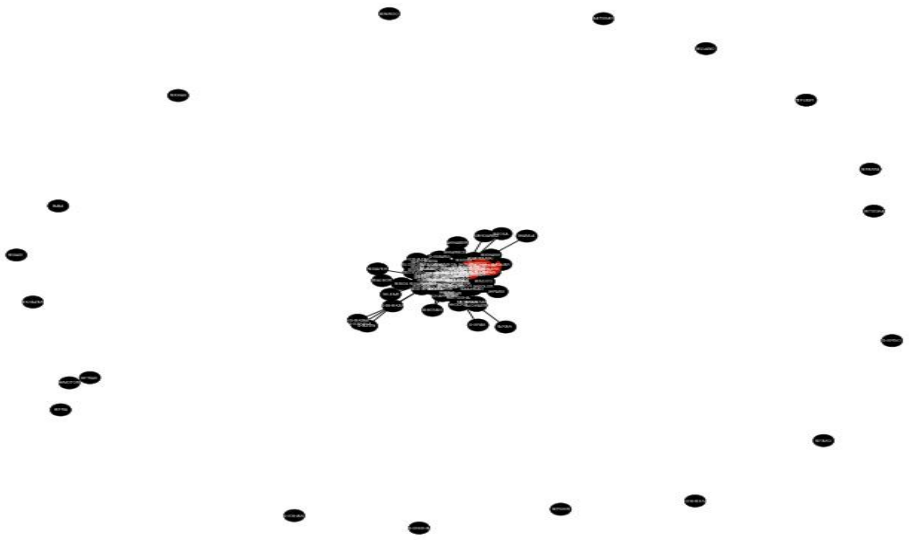


**نمودار(۴) شبکه سهام سبد متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

### ۴-۳- سبد غیر متنوع U

اگر کاربر عبارت U را وارد نماید یعنی بدنبال سبد غیر متنوع است و مقدار آستانه بهینه برابر ۰.۲۸۵۰۹ است. بنابراین سهم های منتخب برای سبد عبارت‌اند از ۱۶ سهم: (فاسمین، فخوز، فملی، فولاد، فولاژ، کچاد، کگل، کروی، شپدیس، شاراک، شیراز، شخارک، وبانک، وغدیر، وامید، وسپه).



**نمودار(۵) شبکه سهام غیر متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

### ۴- تحلیل داده‌ها

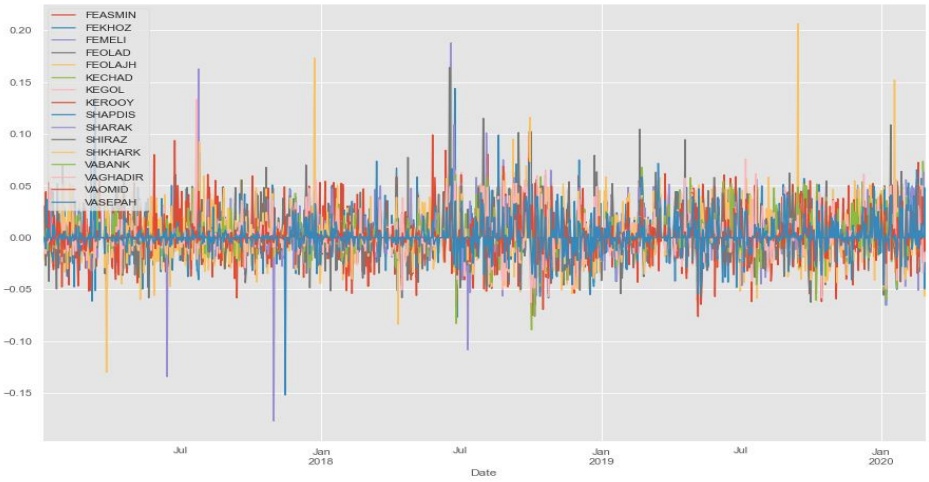
در گام بعدی ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان درون نمونه و ۳۰ درصد به عنوان برون نمونه در نظر گرفته می‌شود. عملکرد سبد سهام متنوع و غیر متنوع را به وسیله چهار روش بهینه سازی برای دوره زمانی درون نمونه و برون نمونه اندازه‌گیری میشود. در نهایت نتایج با استفاده از چهار معیار شارپ، ماکسیمم ریزش مورد انتظار، کالمر، سورتینو مقایسه میگردد.

- درون نمونه: ۱۲-۱۰-۱۳۹۵[۱] الی ۰۸-۱۲-۱۳۹۸[۲] ۱۱۵۳ روز
- برون نمونه: ۰۹-۱۲-۱۳۹۸[۳] الی ۱۵-۰۴-۱۴۰۰[۴] ۴۹۵ روز

### ۴-۱- سبد غیر متنوع

در نمودار(۶) بازده دارایی‌های سبد سهام غیر متنوع را نشان داده شده است:

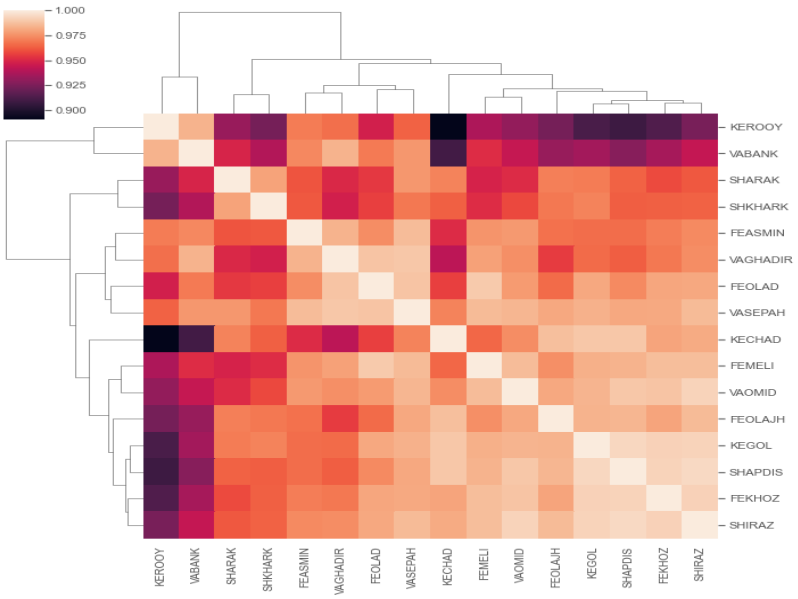
[۱] ۰۱-۰۱-۲۰۱۷
[۲] ۲۷-۰۲-۲۰۲۰
[۳] ۲۸-۰۲-۲۰۲۰
[۴] ۰۶-۰۷-۲۰۲۱




**نمودار(۶) بازده سبد سهام غیرمتنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

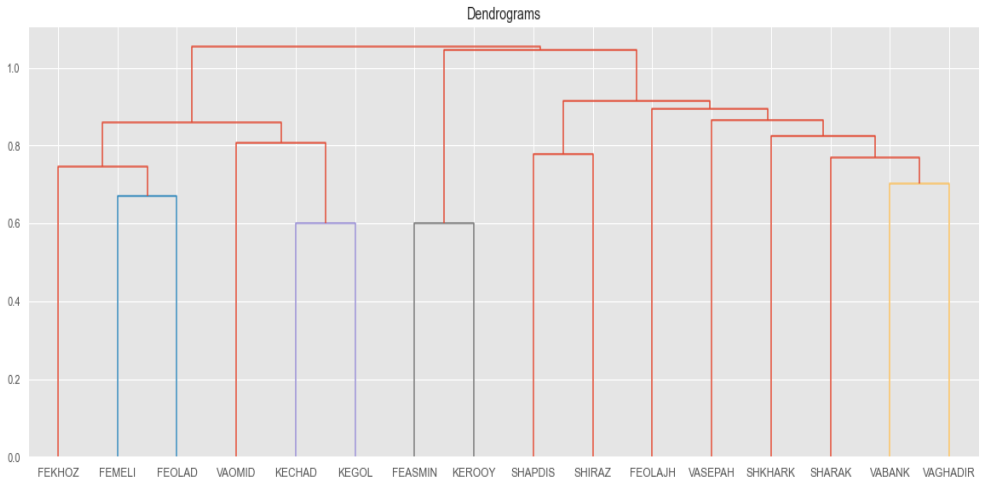
نمودار(۷) ماتریس خوشه بندی همبستگی سهام غیر متنوع را نشان می‌دهد:




**نمودار(۷) ماتریس خوشه بندی همبستگی سهام غیر متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

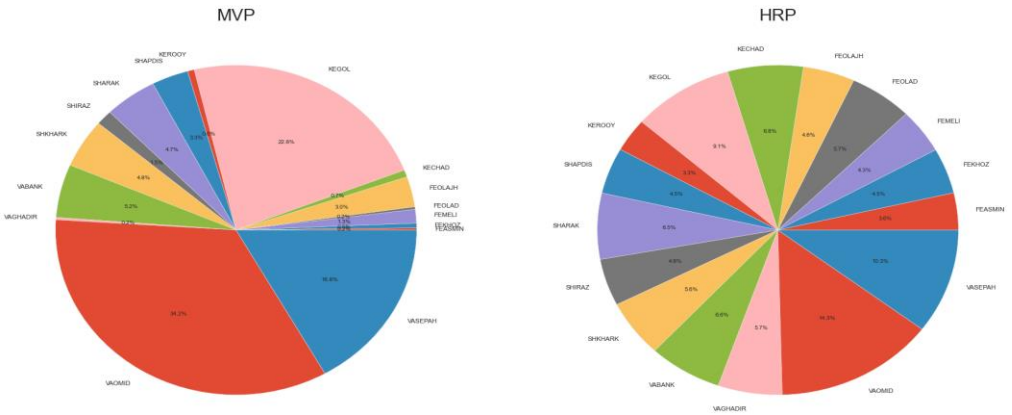
نمودار(۸) دندروگرام سبد سهام غیر متنوع را نشان می‌دهد:

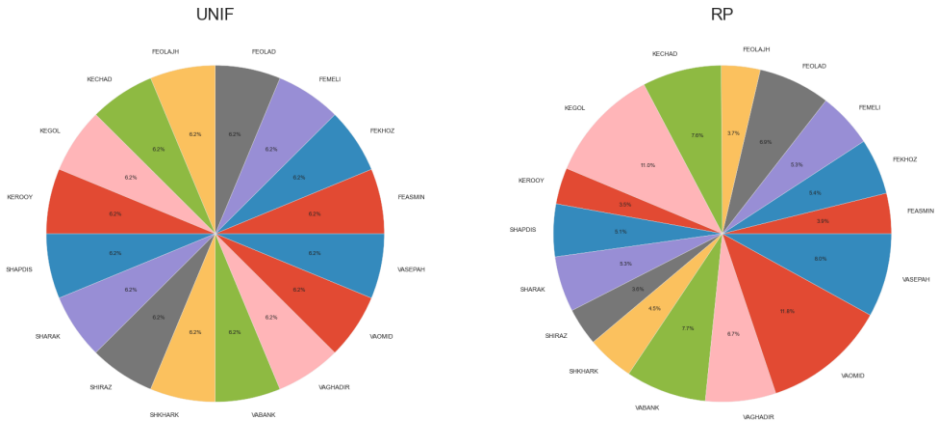



**نمودار(۸) دندروگرام سبد سهام غیر متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

نمودار(۹) وزن هر سهم بر اساس چهار روش بهینه سازی_ سبد سهام غیرمتنوع را ارائه می‌نماید:

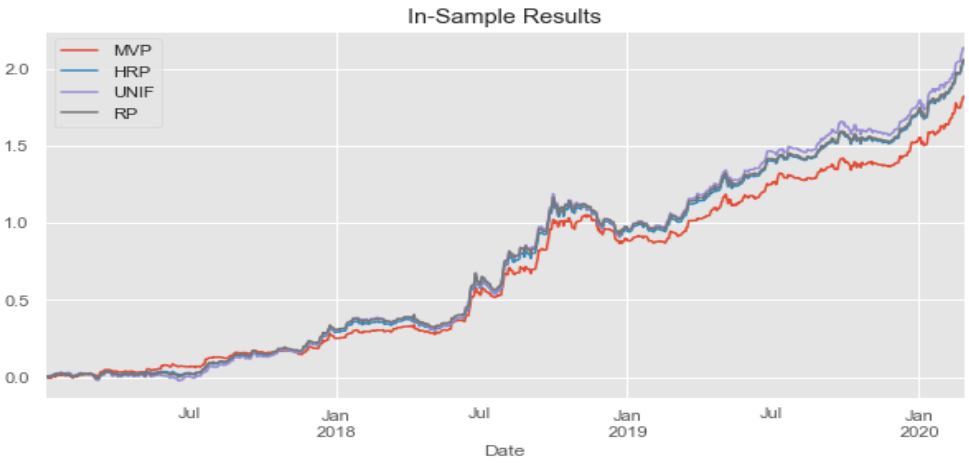





**نمودار(۹) وزن هر سهم بر اساس چهار روش بهینه سازی_ سبد سهام غیرمتنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

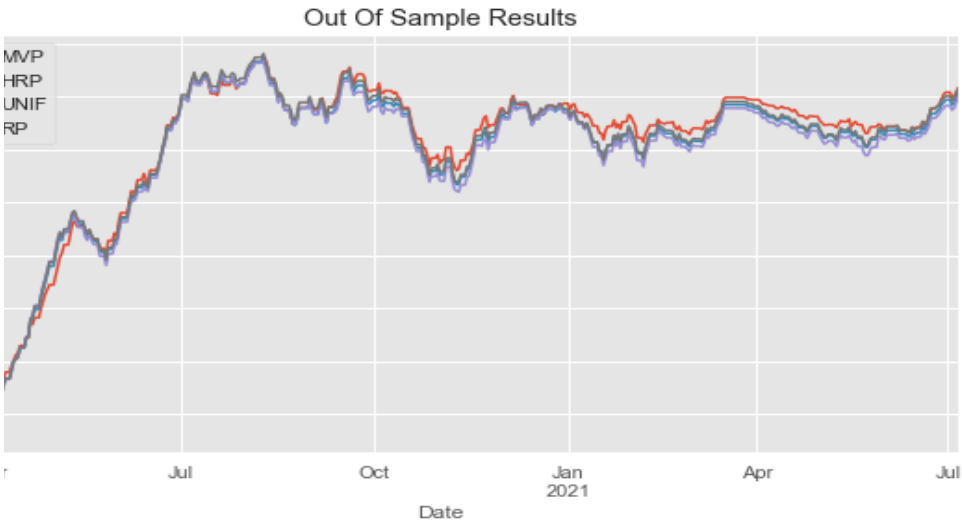
نمودار (۱۰) درون نمونه_ سبد غیر متنوع را برای هر چهار روش بهینه سازی ارائه می‌دهد:




**نمودار (۱۰) درون نمونه_ سبد غیر متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

نمودار(۱۱) برون نمونه_سبد غیر متنوع را برای هر چهار روش بهینه سازی نشان می‌دهد:




**نمودار(۱۱) برون نمونه_سبد غیر متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در جدول(۱) نتایج معیارهای ارزیابی سورتینو، شارپ، ماکسیمم زیر مورد انتظار و کالمر برای هر دو دوره زمانی درون نمونه و برون نمونه ارائه شده است:

**جدول(۱)**

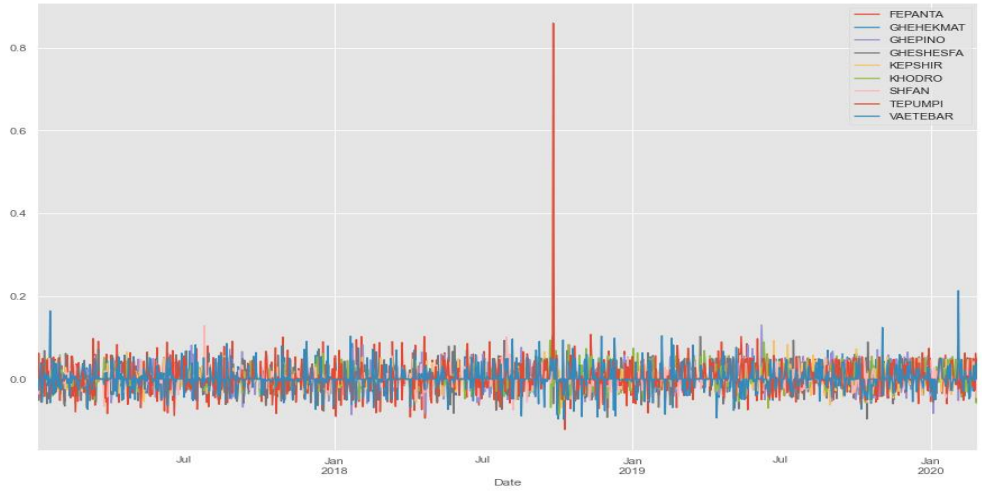
| | | سورتینو | شارپ | ماکسیمم ریزش مورد انتظار | کالمر |
|---|---|---|---|---|---|
| درون نمونه | MVP | ۱.۹۸۸۸ | ۱.۴۶۷۵ | -۰.۱۷۱۷ | ۲.۳۴۵۳ |
| | HRP | ۲.۲۰۷۲ | ۱.۶۷۵۷ | -۰.۲۱۷۳ | ۲.۰۸۵۲ |
| | UNIF | ۲.۲۴۸۶ | ۱.۶۸۴۵ | -۰.۲۴۶۲ | ۱.۹۱۷۸ |
| | RP | ۲.۱۹۵۳ | ۱.۶۶۹۷ | -۰.۲۲۳۴ | ۲.۰۳۸۳ |
| برون نمونه | MVP | ۲.۱۹۷۵ | ۱.۵۴۱۴ | -۰.۳۶۴۴ | ۳.۷۱۱۸ |
| | HRP | ۲.۲۵۰۶ | ۱.۴۷۲۹ | -۰.۳۹۳۹ | ۲.۸۹۲۸ |
| | UNIF | ۲.۱۹۱۴ | ۱.۴۱۴۵ | -۰.۴۰۵۴ | ۲.۵۱۵۸ |
| | RP | ۲.۲۶۰۴ | ۱.۴۷۳۹ | -۰.۴۰۰۲ | ۲.۸۴۹۲ |

منبع: یافته‌های پژوهشگر

براساس جدول(۱) برای دوره زمانی درون نمونه، براساس معیار سورتینو، عملکرد توزیع یکنواخت و HRP بهتر بوده است و در دوره زمانی برون نمونه عملکرد HRP و RP بالاتر بوده است. بر اساس معیار شارپ نیز برای دوره زمانی درون نمونه توزیع یکنواخت و HRP عملکرد بهتری داشتند و برای دوره زمانی برون نمونه MVP و RP عملکرد بهتری داشتند. براساس معیار کالمر نیز در دوره زمانی درون نمونه عملکرد MVP و HRP بهتر از سایر روش‌ها بوده است و بر اساس دوره زمانی برون نمونه عملکرد MVP و HRP بهتر از سایر روش‌ها بوده است. همچنین ماکسیمم ریزش مورد انتظار برای روش‌های MVP و HRP نسبت به سایر روش‌ها کمتر بوده است. بنابراین به صورت کلی می‌توان نتیجه گرفت عملکرد MVP و HRP برای هر دو دوره زمانی درون نمونه و برون نمونه برای سبد سهام غیر متنوع بهتر بوده است.

### ۴-۲- سبد متنوع

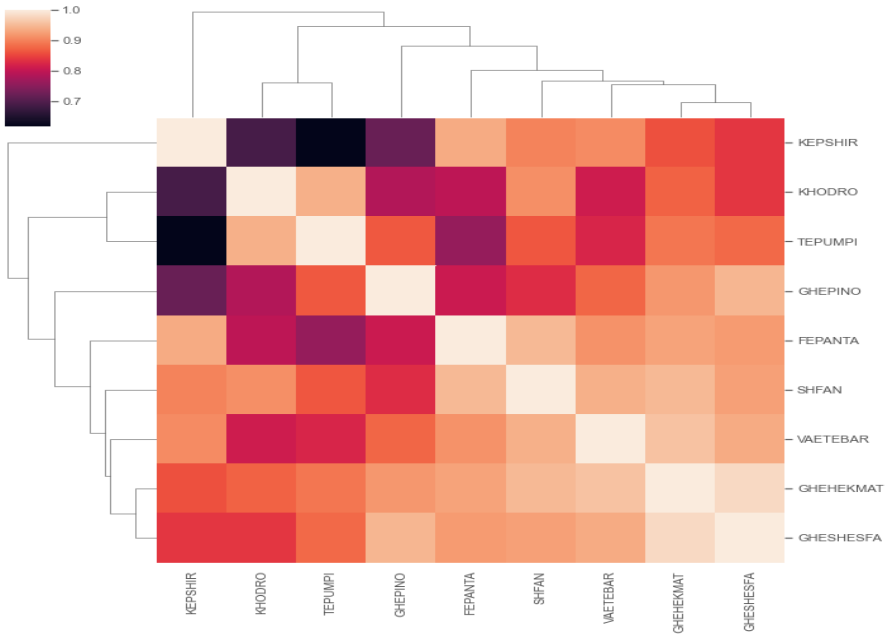
در نمودار(۱۲) بازده دارایی‌های سبد سهام متنوع ترسیم شده است:




**نمودار(۱۲) بازده_سبد متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

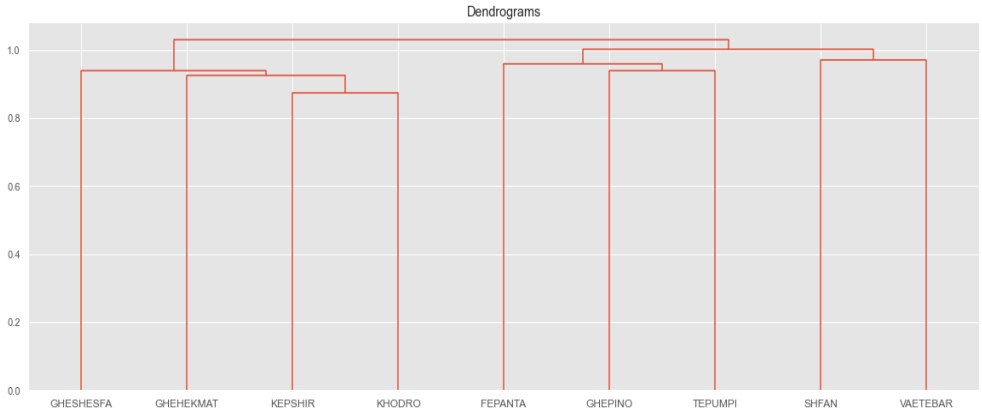
نمودار(۱۳) ماتریس خوشه بندی همبستگی سهام متنوع را نشان می‌دهد:




**نمودار(۱۳) ماتریس خوشه بندی همبستگی سهام متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

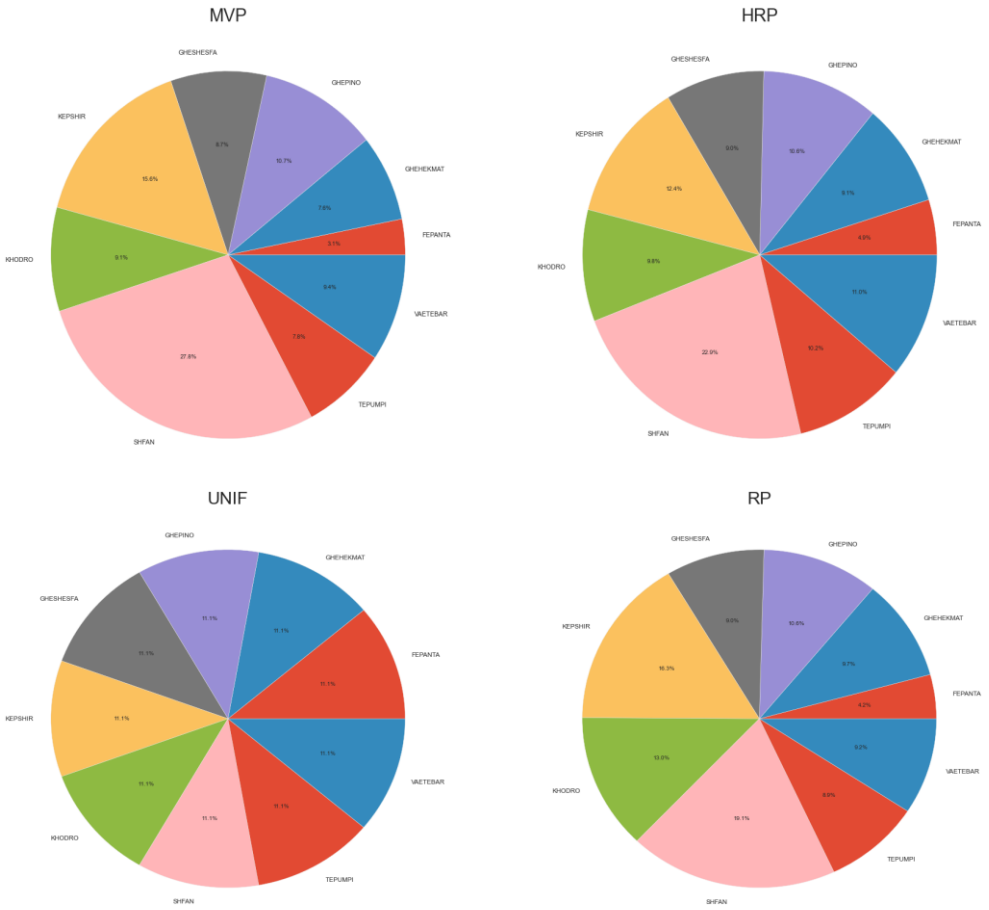
نمودار(۱۴) دندروگرام سبد سهام متنوع را نشان می‌دهد:




**نمودار(۱۴) دندروگرام_ سبد متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

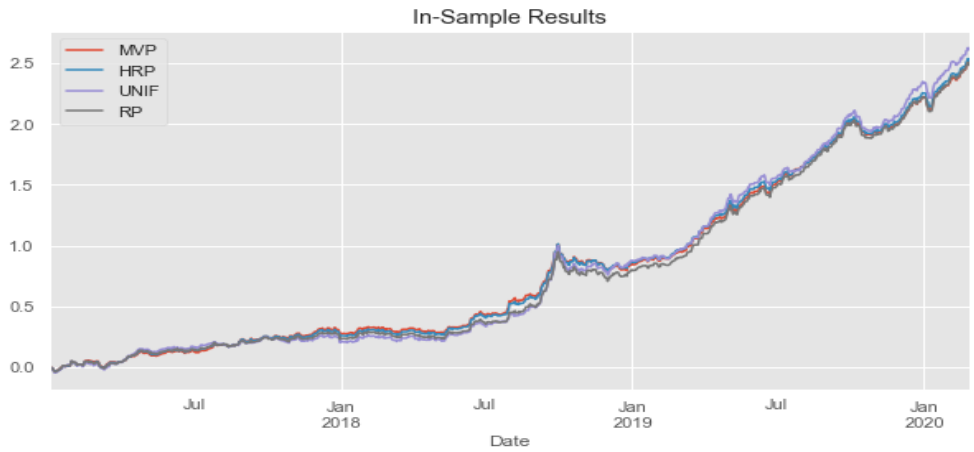
نمودار(۱۵) وزن هر سهم بر اساس چهار روش بهینه سازی_ سبد سهام متنوع را ارائه می‌نماید:




**نمودار(۱۵)وزن هر سهم بر اساس چهار روش بهینه سازی_ سبد متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

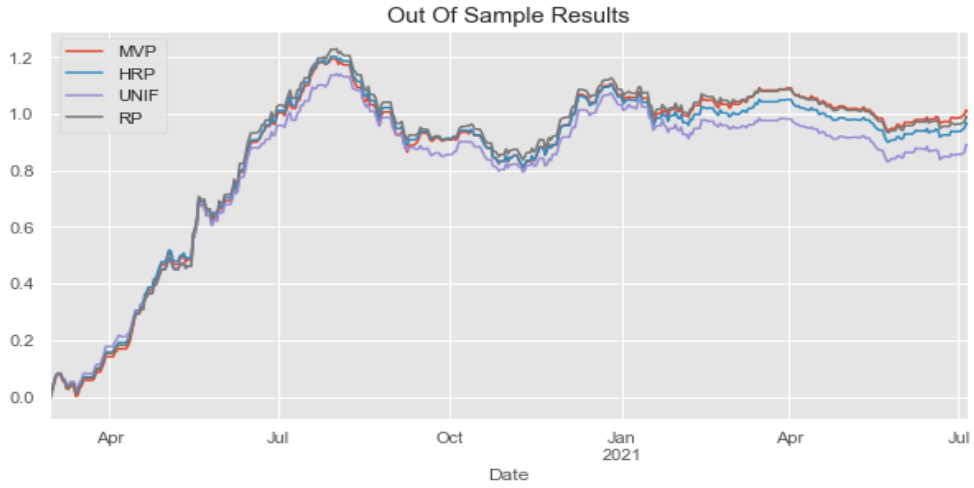
نمودار (۱۶) درون نمونه_ سبد متنوع را برای هر چهار روش بهینه سازی ارائه می‌دهد:




**نمودار(۱۶) درون نمونه_ سبد متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

نمودار(۱۷) برون نمونه_سبد متنوع را برای هر چهار روش بهینه سازی نشان می‌دهد:




**نمودار(۱۷) برون نمونه_ سبد متنوع**

منبع: یافته‌های پژوهشگر

در جدول (۲) نتایج معیارهای ارزیابی سورتینو، شارپ، ماکسیمم زیر مورد انتظار و کالمر برای هر دو دوره زمانی درون نمونه و برون نمونه ارائه شده است:

**جدول(۲)**

| | | سورتینو | شارپ | ماکسیمم ریزش مورد انتظار | کالمر |
|---|---|---|---|---|---|
| **درون نمونه** | MVP | ۳.۰۵۰۳ | ۲.۳۲۵۳ | -۰.۲۱ | ۲.۶۲۰۴ |
| | HRP | ۳.۰۵۸ | ۲.۳۴۰۴ | -۰.۲۱۲ | ۲.۶۲۷۵ |
| | UNIF | ۳.۰۲۷۴ | ۲.۲۷۱۷ | -۰.۲۱۹۲ | ۲.۶۳۸۵ |
| | RP | ۲.۹۴۶۳ | ۲.۲۷۸۶ | -۰.۲۲۰۳ | ۲.۴۹۷۵ |
| **برون نمونه** | MVP | ۲.۰۶۱ | ۱.۴۹۶۶ | -۰.۳۲۸۳ | ۲.۴۸۰۴ |
| | HRP | ۱.۹۹۹۸ | ۱.۴۲۶۷ | -۰.۳۳۰۱ | ۲.۳۴۶۹ |
| | UNIF | ۱.۹۱۷۳ | ۱.۳۰۲۲ | -۰.۲۹۷۳ | ۲.۰۹۰۱ |
| | RP | ۲.۱۳۹۵ | ۱.۴۴۰۴ | -۰.۳۳۰۲ | ۲.۳۱۱۶ |

منبع: یافته‌های پژوهشگر

براساس معیار سورتینو، برای دوره زمانی درون نمونه عملکرد پرتفوی MVP و HRP بهتر بوده است و برای برون نمونه عملکرد MVP و RP بهتر از سایر روش‌ها بوده است. براساس معیار شارپ نیز عملکرد پرتفوی MVP و HRP برای درون نمونه و عملکرد MVP و RP برای برون نمونه بهتر بوده است. برای معیار کالمر نیز عملکرد پرتفوی MVP و یکنواخت برای درون نمونه و برای برون نمونه نیز عملکرد MVP و HRP بهتر بوده است. و بر اساس معیار حداکثر ریزش مورد انتظار نیز عملکرد MVP و HRP در دوره زمانی درون نمونه و MVP و یکنواخت در دوره زمانی برون نمونه بهتر بوده است. و به صورت کلی نیز می‌توان نتیجه گیری نمود که عملکرد MVP و HRP در همه معیارها بهتر از سایر پرتفوی‌ها بوده است.

با مقایسه نتایج سبد سهام متنوع و غیر متنوع در می‌یابیم که به صورت کلی سبد سهام متنوع در دوره‌های صعودی و نرمال بازار عملکرد بهتری نسبت به سبد سهام غیر متنوع دارد و سبد سهام غیر متنوع در دوره‌های نزولی بازار عملکرد بهتری نسبت به سبد سهام متنوع دارد. بنابراین بهترین الگوریتم برای بازارهای نزولی این است که کلا در زمان‌های نزولی اگر خواستیم سهامی بخریم، سهام با بتای منفی با شاخص بازار خریداری شود و حتی سبد متنوع سازی شده در بازار نزولی نمی‌تواند به سرمایه گذاران کمک کند. زیرا در زمان‌های ریزش بازار همبستگی همه سهم‌ها با یکدیگر افزایش می‌یابد و همه با هم به صورت گله‌ای ریزش می‌نمایند.

## ۵- نتیجه گیری

از دیرباز تصمیم‌گیری در مورد انتخاب صحیح دارایی‌های مالی و سهام برای ایجاد یک سبد سرمایه‌گذاری همیشه با شک و تردید همراه بوده است و یکی از دغدغه‌های اساسی مدیران سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذاران بوده است. مدیریت سبد سرمایه گذاری سهام که شامل تجزیه‌وتحلیل ترکیب سرمایه‌گذاری‌ها و انتخاب و مدیریت نگهداری مجموعه‌ای از سرمایه‌گذاری‌ها است، یک فرآیند پیچیده است و اغلب از ساختار خاصی تبعیت نمی‌کند. بازارهای سرمایه منجر می‌شوند تا سرمایه گذاران منابع مالی مازاد خود را در یک یا چند دارایی سرمایه‌گذاری کرده و از این طریق سود بدست آورند. سرمایه‌گذاران همواره در پی یافتن سبدی با بیشترین بازده و کمترین ریسک هستند و امروزه با پیچیده‌تر شدن شرایط بازار، اهمیت این موضوع بیشتر شده است. در اصل، یک سرمایه‌گذار در زمان سرمایه‌گذاری ترجیح می‌دهد تا دارایی و یا ترکیبی از دارایی‌ها را انتخاب کند که در آینده با ریسک معین، بیشترین بازده را داشته باشد؛ بنابراین سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران به دنبال دانستن قیمت آینده دارایی‌ها و عوامل مؤثر بر آن و ریسک سرمایه‌ها هستند. تجزیه‌وتحلیل بازارهای مالی و ریسک‌های اساسی صنعت بسیار مهم است و تأثیر آن در توسعه و طراحی سبد سرمایه گذاری و استراتژی‌های سرمایه‌گذاری بسیار مهم و قابل توجه است.

در این پژوهش، با استفاده از برنامه پایتون۳.۸، یک ماتریس همبستگی بین قیمت سهام در نظر گرفته شده و سپس آن را به یک ماتریس مجاورت گراف باینری تبدیل می‌نماییم. از این نمودار، گرافی را بدست آورده که در آن هر لبه نشان دهنده همبستگی ضعیف بین دو سهم است. یافتن بزرگترین نمودار کامل، پرتفلیوهای متنوعی ایجاد می‌کند. آزمایش‌های زیادی نشان داده‌اند که پرتفلیو متنوع در دوره‌های ثبات اقتصادی به طور مداوم از بازار عملکرد بهتری دارند اما پرتفلیوهای غیرمتنوع ثابت شده که ریسکی‌تر و غیرقابل پیش‌بینی‌اند و همچنین می‌توانند زیان‌ها یا سودهای کلانی را منجر شوند. هنگام تصمیم‌گیری در مورد سبد سهام، دنبال این هستیم که سود ما حداکثر شود (آتیا[1]، ۲۰۱۹). همان‌گونه که در قسمت قبل برای هر دو سبد متنوع‌سازی و غیر متنوع سازی نشان دادیم که در بازارهای نزولی رویکرد بهینه سازی سبد غیر متنوع و در سایر بازارها رویکرد بهینه سازی سبد متنوع مناسب است، بنابراین نتایج بدست آمده از پژوهش ما نیز موید همین نتیجه‌گیری آتیا(۲۰۱۹) است.

برای اجرای این پژوهش از قیمت پایانی تعدیل‌شده ۱۳۸ شرکت شاخص بورسی برای دوره ۱۱-۱۰-۱۳۹۵ الی ۱۵-۰۴-۱۴۰۰معادل ۱۶۴۸روز معاملاتی استفاده شده است. ۷۰ درصد داده‌ها به عنوان درون نمونه و ۳۰ درصد باقی مانده به عنوان برون نمونه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین بر اساس روش ذکر شده، دو آستانه برای پرتفوی متنوع و غیر متنوع در نظر گرفته شد. در گام بعدی با استفاده از چهار روش بهینه سازی تکنیک یادگیری ماشین HRP ،مینیمم واریانس، توزیع یکنواخت و برابری ریسک (RP) وزن هر سهم را بر اساس این روش‌ها بدست آورده و پرتفوی حاصل از این سهم‌ها محاسبه شده است. در نهایت نتایج با استفاده از ۴ معیار شارپ، ماکسیمم ریزش مورد انتظار، کالمر، سورتینو ارزیابی شده است.

[1] Attia

همان‌طور که در نتایج بیان‌شده است متنوع‌سازی سبد سهام برای دوره‌های ریزش بازار مناسب نمی‌باشد، چون سهم‌ها در آن دوره همه با هم همبستگی مستقیم شدید دارند و با هم ریزش می‌کنند، پژوهشگران می‌توانند استراتژی معاملاتی‌ای تدوین کنند که بتواند این رژیم‌های بازار را پیش‌بینی کنند و اگر جهت بازار نزولی بود از سایر استراتژی‌های معاملاتی بجای استفاده از تحلیل شبکه سهام استفاده کنند. همچنین می‌توانند نتایج این پژوهش را با سایر روش‌های بهینه‌سازی نیز مقایسه کنند.

## فهرست منابع


۱) ابونوری، اسماعیل، تهرانی، رضا، شامانی، مسعود (۱۳۹۷)، عملکرد پرتفوی‌های مبتنی بر ریسک تحت شرایط مختلف بازار سهام (شواهد تجربی از بازار سهام ایران)، فصلنامه اقتصاد مالی، ش۴۵، ص۵۱-۷۱.

۲) پورمقدم، اسماعیل، محمدی، تیمور، فقهی کاشانی، محمد، شاکری، عباس (۱۳۹۷)، ارائه شاخصی جدید برای انعکاس رفتار بازار سهام با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه های پیچیده، فصلنامه اقتصاد مالی، ش۴۶، ص۲۵-۳۹.

۳) میزبان، هدیه سادات، افچنگی، زهرا، احراری، مهدی، آروین، فرشاد، سوری، علی (۱۳۹۱)، بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات در تعاریف مختلف اندازه گیری ریسک، فصلنامه اقتصاد مالی، ش۱۹، ص۲۰۵-۲۲۷.

4) Al-Aradi, A., & Jaimungal, S. (2018). Outperformance and tracking: Dynamic asset allocation for active and passive portfolio management. *Applied Mathematical Finance*, *25*(3), 268–294.

5) Attia, J. (2019). The Applications of Graph Theory to Investing. *ArXiv Preprint ArXiv:1902.00786*.

6) Bechis, L., Cerri, F., & Vulpiani, M. (2020). *Machine Learning Portfolio Optimization: Hierarchical Risk Parity and Modern Portfolio Theory*.

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

8) Bonanno, G., Caldarelli, G., Lillo, F., & Mantegna, R. N. (2003). Topology of correlation-based minimal spanning trees in real and model markets. *Physical Review E*, *68*(4), 46130.

9) Brinson, G. P., Hood, L. R., & Beebower, G. L. (1986). Determinants of portfolio performance. *Financial Analysts Journal*, *42*(4), 39–44.

10) Burggraf, T. (2020). Beyond Risk Parity–A Machine Learning-based Hierarchical Risk Parity Approach on Cryptocurrencies. *Finance Research Letters*, 101523.

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

12) Cochrane, J. H. (1999). *Portfolio advice for a multifactor world*. National Bureau of Economic Research.

13) De Prado, M. L. (2016). Building diversified portfolios that outperform out of sample. *The Journal of Portfolio Management*, *42*(4), 59–69.

14) George, S., & Changat, M. (2017). Network approach for stock market data mining and portfolio analysis. *2017 International Conference on Networks & Advances in Computational Technologies (NetACT)*, 251–256.

15) Harmon, D., Stacey, B., Bar-Yam, Y., & Bar-Yam, Y. (2010). Networks of economic market

interdependence and systemic risk. *ArXiv Preprint ArXiv:1011.3707*.
16) Huang, W.-Q., Zhuang, X.-T., & Yao, S. (2009). A network analysis of the Chinese stock market. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *388*(14), 2956–2964.
17) Hüttner, A., Mai, J.-F., & Mineo, S. (2018). Portfolio selection based on graphs: Does it align with Markowitz-optimal portfolios? *Dependence Modeling*, *6*(1), 63–87.
18) Jasmeen, S., & Satyanarayana, S. V. (2012). What differentiates Active and Passive Investors? *I-Manager's Journal on Management*, *7*(1), 44.
19) Kullmann, L., Kertesz, J., & Mantegna, R. N. (2000). Identification of clusters of companies in stock indices via Potts super-paramagnetic transitions. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *287*(3–4), 412–419.
20) Kumar, S., & Deo, N. (2012). Correlation and network analysis of global financial indices. *Physical Review E*, *86*(2), 26101.
21) Lan, W., & Zhao, G. (2010). Stocks network of coal and power sectors in china stock markets. *International Conference on Information Computing and Applications*, 201–208.
22) Liu, J., Tse, C. K., & He, K. (2008). Detecting stock market fluctuation from stock network structure variation. *International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications*.
23) Liu, J., Tse, C. K., & He, K. (2011). Fierce stock market fluctuation disrupts scalefree distribution. *Quantitative Finance*, *11*(6), 817–823.
24) Liu, X. F., & Tse, C. K. (2010). A complex network perspective to volatility in stock markets. *2010 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications NOLTA*, 402–405.
25) Mantegna, R. N. (1999). Hierarchical structure in financial markets. *The European Physical Journal B-Condensed Matter and Complex Systems*, *11*(1), 193–197.
26) Mhanga, S., & Berg, A. (2019). *Robo-advisors on the Swedish Market: From a Portfolio Management Perspective*.
*27) Nourahmadi, M., & Sadeqi, H. (2021). Hierarchical Risk Parity as an Alternative to Conventional Methods of Portfolio Optimization: (A Study of Tehran Stock Exchange). Iranian Journal of Finance, 5(4), 1–24. https://doi.org/10.30699/ijf.2021.289848.1242.*
28) Onnela, J.-P., Chakraborti, A., Kaski, K., Kertesz, J., & Kanto, A. (2003). Dynamics of market correlations: Taxonomy and portfolio analysis. *Physical Review E*, *68*(5), 56110.
29) Peralta, G., & Zareei, A. (2016). A network approach to portfolio selection. *Journal of Empirical Finance*, *38*, 157–180.
30) Sharpe, W. F. (1991). The arithmetic of active management. *Financial Analysts Journal*, *47*(1), 7–9.
31) Shukla, R. (2004). The value of active portfolio management. *Journal of Economics and Business*, *56*(4), 331–346.
32) Vizgunov, A., Goldengorin, B., Kalyagin, V., Koldanov, A., Koldanov, P., & Pardalos, P. M. (2014). Network approach for the Russian stock market. *Computational Management Science*, *11*(1–2), 45–55.
33) Wei, K. C. J., Liu, Y.-J., Yang, C.-C., & Chaung, G.-S. (1995). Volatility and price change spillover effects across the developed and emerging markets. *Pacific-Basin Finance Journal*, *3*(1), 113–136.

**Financial Economics**
Vol. (17) Issue (64) November 2023
**Abstract**

https://doi.org/10.30495/fed.2023.1950169.2637

# Application of Threshold-based Filtered Networks in Stock Portfolio Selection and Performance Evaluation

**Marzieh Noorahmadi** [1]
**Hojatullah Sadeghi** [2]

Received: 27 / June / 2023 Accepted: 23 / August / 2023

## Abstract
Network analysis is one of the methods of attention of analysts to analyze complex relationships in data in an intuitive way. One of the applications of network analysis is illustrating the relationships between different classes of assets. Identifying stock market dynamics is essential for actors, investors, and financial policymakers. The stock market is considered a complex system that shows its complex dynamics. The complexity of the stock market can have several reasons that the interdependence of stocks can be one of the most prominent of these factors. One of the most important concerns of people in the capital market is finding a way to present and analyze stock data of different companies. There are different companies in the stock market and portfolio managers and investors, in choosing the right stock portfolio, need to consider the best way to form a stock portfolio. This article discusses the formation of diverse and non-diverse portfolios through network theory. To conduct this research, the adjusted final price of 138 listed companies for the period 2017-01-01 to 2021-07-06, equivalent to 1648 trading days, has been used. To describe the effect between stocks, the Adjacency Matrix is used and using the optimal threshold, diverse and non-diverse portfolios are obtained. We implement the results of selected stocks for the portfolio using the Hierarchical Risk Parity (HRP) approach based on clustering methods and the results with three methods of Minimum Variance (MVP), Uniform Distribution (UNIF), and Risk Parity (RP) for both in-sample and out-of-sample periods are compared for both diverse and non-diversified portfolios. Finally, the results have been compared using the four criteria of Sortino, Sharpe, Maximum DD, and Calmar. The results show the superiority of the non-diversified portfolio approach in market downturns and the superiority of the diversified portfolio approach in other periods.
**Keywords:** stock portfolio selection, Hierarchical Risk Parity approach, stock network, Adjacency Matrix.
**JEL Classification:** G10 ،G11

[1] Department of Financial Management, Yazd University, Yazd, Iran. mnourahmadi@ut.ac.com
[2] Department of Financial Management, Yazd University, Iran. (corresponding author*), sadeqi@yazd.ac.ir


Creative Commons – Attribution 4.0 International – CC BY 4.0
Creativecommons.org