تحقیقات حسابداری و حسابرسی، تابستان ۱۴۰۳، شماره ۶۲، از صفحه ۱۸۱ تا ۲۰۲

ارائه مدلی جهت بهینه سازی و مدیریت ریسک پرتفولیو با استفاده از نظریه شبکه در بازار سهام ایران

سید کاظم ابراهیمی[1]©

دانشیار حسابداری، دانشکده اقتصاد، علوم اداری و مدیریت دانشگاه سمنان

حمیدرضا رجبی

دانشجوی دکتری مالی، دانشگاه سمنان

(تاریخ دریافت: ۲۰ اردیبهشت ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۲۸ آذر ۱۴۰۱)

مساله بهینه سازی سبد سرمایه گذاری یکی از مهمترین مباحث در مدیریت سرمایه محسوب می گردد.هدف ما در این مقاله طراحی یک مدل انتخاب سبد بهینه بر اساس روش درخت پوشای کمینه در بازار بورس ایران است.طراحی و تدوین یک مدل برای انتخاب سبد شامل دو مرحله اساسی می باشد .مرحله اول انتخاب سبد سرمایه گذاری ,این کار با استفاده از پنج معیار مرکزیت, بینابینی, فاصله از مرکز, فاصله از همبستگی و فاصله از معیار فاصله انجام شد.حاصل این کار تشکیل دو سبد مرکزی و پیرامون به ترتیب از یال های مرکزی و یال های پیرامون شبکه بود.درمرحله دوم با استفاده از معیار های سنجش ریسک و بازده , سبد های انتخابی بهینه سازی و مدیریت ریسک شد . در پایان سبدهای استخراج شده با شاخص کل و یک سهم از سبد برا ی یک دوره ۲۰۰ روزه مورد ارزیابی عملکرد قرار گرفت .نتایج نشان داد که هر دو سبد با توجه به شرایط بازار از بازدهی بالاتری برخوردار بودند. همانطور که انتظار می رفت در زمان رشد بازار, سبد پیرامون بازدهی بالاتری در مقایسه با بازار ثبت نمود.

واژه‌های کلیدی: بازار سهام , بهینه سازی پورتفولیو ,درخت پوشای کمینه , مدیریت ریسک ,نظریه شبکه.

[1] kebrahimi@semnan.ac.ir

© (نویسندهٔ مسئول)

مقاله علمی - پژوهشی

مقدمه

بازارهای مالی از پیچیده ترین سیستم های موجود دنیای امروزی محسوب می شوند ***[22]***. این پیچیدگی سبب شده است که تحلیل و پیش بینی در این بازار ها همواره با عدم قطعیت همراه باشد. داده های تولید شده در این سیستم سری زمانی بازده سهام در دوره های زمانی مختلف می باشد و از آنجا که براساس یک الگوی ریاضیات مالی تشکیل می شود میتوان از قواعدو قوانین علم ریاضیات برای تجزیه تحلیل و تصمیم گیری در این ارتباط استفاده کرد***[19]***. بر این اساس تجزیه و تحلیل و شناخت رفتار این بازار ها موضوع تحقیق بسیاری از دانشمندان علوم اقتصاد, ریاضی وحتی اخیرا فیزیک بوده است . ازنتایج این توجه می توان به کاربرد نظریه شبکه در یکی از مهمترین مباحث حوزه مالی یعنی بهینه سازی پورتفولیو اشاره کرد. شبکه طراحی شده بر این مبنا یک شبکه موزون از شرکتهای مرتبط بهم خواهد بود که در قالب یک ساختار سلسله مراتبی طراحی می گردد. در این شبکه نود های متصل بهم میزان تشابه و یال های شبکه نیز ارتباط بین بازده قیمت سهام شرکتها ی مورد نظر را نشان می دهد. با ترسیم یک فضای توپولوژیک از اطلاعات این شبکه می توان نگاه جامع تری از روابط بین شرکتها را بدست آورد, نحوه تعامل آنها را مشخص و از نتایج آن یک سبد کاملا متنوع استخراج کرد.

ادبیات و مبانی نظری پژوهش

در ریاضیات کاربردی نظریه گراف[1] ابزاری است که با بهره گیری از آن می توان اقدام به ساده سازی وحل مسایل پیچیده نمود. یک گراف از تعدادی نود[2] و یال[3] تشکیل شده وعموما از طریق این رابطه $G=(V,E)$ نشان داده می شود. در یک گراف $\boldsymbol{V}$نشان دهنده نود ها (گره ها) و $\boldsymbol{E}$ یال های (لبه های) شبکه می باشد. تاکنون در علوم مختلف کاربرد های متفاوتی از نظریه گراف مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است. علوم اجتماعی از پیشگامان بهره برداری از نظریه گراف ها بوده اند. آنها با استفاده ازابزار هایی مانند پرسشنامه سعی در یافتن ارتباطات بین افرادجامعه و مدل کردن تعاملات بین آنها از طریق گراف داشته اند.گراف ها همچنین بعنوان ابزاری برای بهینه سازی و حل مسایل مهندسی مالی نیز به گستردگی مورد استفاده قرار می گیرند.

بطو مشخص می توان گفت ایده بکار گیری نظریه شبکه در مباحث مالی را برای اولین بار منتگنا ***[12]***معرفی و پیشنهاد کرد . وی معتقد بود که می توان بازار سهام را به عنوان یک شبکه در نظر گرفت. بگونه ای که رئوس یا نود های شبکه را شرکت ها, لبه ها و فواصل شبکه (که به عنوان وزن در نمودار نشان داده می شوند) نیز روابط بین هرشرکت در نظر گرفت. خصوصیات توپولوژیکی مانند درجه و مرکزیت نیز در شبکه می توانند توصیفات آماری بیشتری از بازار مالی در اختیار تحلیل گران قرار دهد, بگونه ای که می توان از آن در مباحثی مانند سنجش ریسک , قیمت گذاری دارایی ، بهینه سازی

[1] Graph theory
[2] vertices
[3] edges

سبد سهام استفاده کرد. این موضوع سبب شد که از روش های بکار گرفته شده در فیزیک (عمدتا روش های آماری) برای بررسی پدیده های اقتصادی بویژه دربررسی سری زمانی داده های تولید شده در بازارهای سهام بهره گرفته شود. ***[3]***

در شبکه و در متون الگوریتم های خوشه بندی یکی از مهمترین مفاهیم, فاصله است. فاصله بصورت یک رابطه خطی بین دو متغیر تعریف می شود که مقدار آن از طریق انجام یک سری عملیات ریاضی بر روی اعداد ماتریس ضریب همبستگی بدست می آید. زمانیکه این اعداد در مقیاس فاصله تعریف می گردد لازم است که ضرورتا ویژگی های یک فاصله متریک را در خود داشته باشد. برخی محققان معتقدندکه می توان از روابط غیر خطی بین متغیر ها نیز در تشکیل ماتریس استفاده کرد, در این صورت امکان استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن نیز در تشکیل ماتریس وجود خواهد داشت ***[6] [1]***. هارتمن ***[9]*** نیز معتقد بود از هر روشی که برای تشکیل ماتریس استفاده کنیم تاثیر چندانی بر کیفیت اطلاعات شبکه نخواهد داشت. هرچند ممکن است در مواقعی که بازار با یک شوک شدید (مانند بحران سال ۲۰۰۸) مواجهه شود بکارگیری هر یک از روش های فوق میتواند اثر گذاری قابل توجهی بر کیفیت اطلاعت خواهد گذاشت.

از آنجا که در هر دو ماتریس ضریب همبستگی و فاصله برای هر جفت از عناصر یک رابطه منحصر بفرد تعریف می شود, در نتیجه تعداد روابط بدست آمده, بویژه در ماتریس های با ابعاد بزرگ, بسیار زیادواکثر این لینک ها مازاد خواهد بود. روشهای فیلتر کردن و خوشه بندی داده ها ی ماتریس ابزاری است که میتوان بوسیله آن اطلاعات اضافی را بدون اینکه تاثیر قابل ملاحظه ای بر روابط بین عناصر داشته باشند حذف نمود ,سپس آنها را خلاصه و دسته بندی کرد***[10]*** . تا کنون الگوریتم های گوناگونی برای فیلتر کردن داده های ماتریس مورد استفاده قرار گرفته است. بسیاری از این الگوریتم ها نیز در بازار های مالی و بطور مشخص در زمینه بهینه سازی سبد انجام شده است. از آن جمله می توان به الگوریتم های خوشه بندی ***K***میانگین[1] و خوشه بندی بر اساس الگوریتم فازی[2] که توسط ناندا در بازار بورس سهام هند استفاده شد اشاره کرد***[17]*** .

الگوریتم ها خوشه بندی سلسله مراتبی[3] نیز یکی از الگوریتم های بسیار کارآمد در این زمینه محسوب می گردد. این روش بر اساس تئوری گراف استوار است و از آنجاکه داده های ماتریس را بصورت درختواره (بالا به پایین یا پایین به بالا) فیلتر می کند بسیار مورد استفاده قرار می گیرد***[20] [17]***. در محاسبات این الگوریتم ها از دو معیار "فاصله بین نود ها" و "فاصله بین خوشه ها" و همچنین از فاصله اقلیدسی[4] یا فاصله منهتن[5] که در داده ای کمّی قابلیت کاربرد دارد استفاده می شود.

---

[1] K-means
[2] FC-means
[3] Hierarchical Clustering
[4] Euclidean Distance
[5] Manhattan Distance

ترسیم این الگوریتم ها نیز با استفاده از روشهایی مختلفی انجام می شود. روش درخت پوشای کمینه[1] (***MST***) بعنوان یک ابزار مهم در این زمینه و همچنین برای فیلتر کردن اطلاعات مهم در ساختار های پیچیده ماتریس همبستگی به میزان بسیار زیادی مورد استفاده قرار میگیرد***[5]***.

درخت پوشای کمینه در گراف هایی تعریف میشود که یال های گراف وزن داشته باشند. منظور از یک گراف موزون گرافی است که به هر یال آن گراف عددی راتخصیص دهند. این عدد در واقع وزن آن یال محسوب شده و گراف تشکیل شده از این روش را گراف وزن دار یا موزون می نامند. یک گراف وزن دار را با این رابطه ***G (E, V, W)*** نشان می دهند. دراین عبارت ***W*** ورزن گراف ***G*** محسوب می گردد.در واقع مسئله اساسی در درخت پوشای کمینه, یافتن یک زیر مجموعه از یال های گراف با کمترین مجموع وزن است که بین هر دو نود این زیر گراف همچنان مسیر مشخص وجود داشته باشد. در مسائلی که هدف یافتن چگونگی ارتباطات بین اعضا می باشد درخت پوشای کمینه نشان دهنده حداقل ارتباط بین آن دو عضو تعریف می شود. معمولا ***MST*** برای تجزیه وتحلیل شبکه از دو الگوریتم معروف استفاده می کند, این دو الگوریتم که برای تجزیه و تحلیل شبکه بین سهام استفاده می شود, الگوریتم کروسکال[2] و الگوریتم پریم[3] نامیده می شود .

روش درخت پوشای کمینه با حذف لینک های اضافی یک ساختار سلسله مراتبی از شرکتها را ایجاد می کند. این ساختار $N-1$ یال تولید خواهد کرد بشرطی که در آن هیچ حلقه ای تشکیل نشود. مبنای محاسبات در این روش, قیمت بسته شدن سهم در پایان دوره مورد نظر می باشد(مثلا روزانه , هفتگی و ...). یکی از معایب روش مذکور حذف بیش از حد لینک های ایجاد شده می باشد, بگونه ای که از $n(n-1)/2$ لینک فقط $N-1$ لینک نگهداری و بقیه از درخت حذف می شوند. تومینلو و همکاران ***[21]*** پیشنهاد دادند که می توان از گراف حداکثر فیلتر مسطح[4] در کنار درخت پوشای کمینه به منظور جبران لینک های حذف شده درایجاد یک ساختار سلسله مراتبی استفاده کرد. طبق این روش درخت ایجاد شده علاوه بر اینکه تمام ویژگی های یک درخت پوشای کمینه را دارد اطلاعات بیشتری از روابط بین نودها در اختیار میگذارد. در هر دو روش هیچگونه حلقه ای ایجاد نمی شود و تنها شرط برای ماندن یک لینک در شبکه ایجاد شده مسطح ماندن[5] شبکه است. در هر دو روش همچنین هیچگونه تقاطعی از لبه ها[6] بوجود نخواهدآمد. رابطه بین این دو بگونه ای است که اگر این دو روش در در دو طیف حداقل و حداکثر تعداد لینک های مشمول قرار دهیم ***MST*** در بر گیرنده حداقل لینک های یک گراف مسطح است و ***PMFG*** نشان دهنده حداکثر لینک های یک گراف خواهد بود. هرچند الگوریتم

---

[1] Minimum Spanning Tree
[2] Kruskal
[3] Prim
[4] Planar Maximally Filtered Graph(PMFG)
[5] Planner
[6] Edge Crossing

های دیگری نیز برای فیلتر کردن بوسیله محققان پیشنهاد شد در ادامه و به منظور تکمیل این مبحث به دو الگوریتم ازاین نوع اشاره خواهیم کرد.

تومینلو ***[20]*** الگوریتمی تحت عنوان الگوریتم خوشه بندی اتصال میانگین ***ALCA***[1]؛ معرفی کرد.این روش در زمان کلاستر کردن شرکتها علاوه بر توجه به لینکهای ایجاد شده در روش درخت پوشای کمینه به طبقه بندی شرکتها در بخش های اقتصادی نیز توجه میکند. مسارا ***[15]*** یک روش برای فیلتر کردن شبکه با عنوان روش گراف فیلتر شده حداکثر مثلثی ***TMFG***[2] ؛ را معرفی کرد که یک راه حل تقریبی برای حل مسایل گراف مسطح حداکثر موزون ***WMPG***[3] محسوب می شود. از آنجا که این روش برای داده های با اندازه بزرگ پیشنهاد شده بود, بنابر این به گونه ای طراحی شد که بتواند سریع و با قابلیت انطباق بالا در محاسبات و مدل سازی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این ، ***TMFG***می تواند در ساختار های ۳ و ۴ کلیک[4] که تا حدودی بعنوان نقطه ضعف روش ***PMFG*** محسوب می شد مورد استفاده قرار گیرد.

موضوع دیگری که علاوه بر مباحث مربوط به الگوریتم ها و فاصله ها ، در شبکه باید به آن پرداخت قابلیت اطمینان داده های آماری ایجاد شده بعد از فیلتر کردن داده ها می باشد. مسکیوتو و همکاران ***[16]*** مطالعه ای با استفاده از تکنیک بوتستراپ و مارتی ***[14]*** با بهره گیری از شبکه های مولد تخاصمی ***GAN***[5] بر روی تعدادی از سهام شرکتهای حاضر در بازار سهام امریکا انجام دادند. این تحقیقات نشان داد که روشهای فیلتر کردن داده ها در شبکه صرفا اطلاعات اضافی و غیر ضروری را حذف می کند و همچنان اطلاعات مهم و ضروری بعد از فیلتر کردن حفظ می شود. آنها به مقایسه ماتریس ضریب همبستگی قبل و بعد از فیلتر کردن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که نتایج هر دو روش تا حدود بسیار زیادی مشابه می باشد.پس می توان روشی را برای فیلتر کردن استفاده کرد که در عین سادگی از حداقل لینک های مفید نیز برخوردار باشد.

بهینه سازی سبد

بهینه سازی سبد همواره برای سرمایه گذاران در حوزه بازار های مالی موضوعی چالش برانگیز بوده است**.** در واقع مدلسازی بازار های مالی با هدف ساخت یک مدل از وضعیتهای مختلف تصمیم گیری در حوزه مالی صورت می گیرد و در آن عملکرد یک سبد, در یک دوره زمانی مشخص مورد بررسی و تجزیه وتحلیل قرار میگیرد. ***[2]***

در فضای مدلسازی که خروجی آن به تصمیم گیری در حوزه بازار سهام منجر می شود, توجه به ریسک از اهمیت ویژه ای برخوردار است. عدم قطعیت در داده های بازار موجب شده است که ریسک بعنوان یک

---

[1] Average Linkage Clustering Algorithm
[2] Triangulated Maximally Filtered Graph
[3] Weighted Maximal Planar Graph
[4] cliques
[5] generative adversarial networks

عامل ثابت در تصمیم گیری های مالی لحاظ گردد. هری مارکویتز در سال ۱۹۵۲ توانست ریسک را در تصمیمات مالی کمّی و آن را بعنوان یک معیار قابل سنجش تعریف و تبیین کند. مارکوییتز مدل خود را در قالب نظریه مدرن پورتفولیو[1] بیان کرد***[13]***. ***MPT*** یکی از مهمترین و تأثیرگذارترین نظریه های اقتصادی است که در زمینه بازار های مالی و سرمایه گذاری تا کنون مطرح شده است. هرچند که این مدل توسط سایمون ***[18]*** بدلیل وجود مفروضات گوناگون از جمله نرمال بودن داده ها وعدم تمایز میان نوسانات مطلوب و نوسانات نامطلوب بازده مورد انتقاد قرار گرفت.این انتقادات موجب شدکه محققان بعدی روش های بهینه سازی دیگری که مفروضات کمتری را داشته باشد مورد بررسی قرار دهند.

مالی عصبی یکی از نتایج این تغییر روش بهینه سازی است . در طول دهه گذشته شواهد تجربی گسترده ای از بکارگیری شبکه های عصبی در حوزه مالی وجود دارد. برای نمونه می توان به مطالعه انجام شده توسط گورسن***[7]*** اشاره کرد. مالی عصبی زمینه ای نوپا محسوب می شود و می کوشد با درک عملکرد مغزانسان، در کنار استفاده از علوم روان پزشکی و اعصاب شناختی، رفتار سرمایه گذاران را در هنگام اخذ تصمیمات مالی را مورد بررسی قرار دهد. در حقیقت مالی عصبی پلی است بین دانش اعصاب و علم مالی، تا به وسیله آن بتوان تصمیمات مالی و اقتصادی افراد رابهتر درک کرد.

با وجود پیشرفت ها در این حوزه هنوز مسایلی مانند سناریو های واقع گرایانه در رفتار سرمایه گذاران, تحرکات دسته جمعی سرمایه گذاران (رفتار گله ای) لاینحل باقی مانده است . در این وضعیت بود که روشهای ابتکاری و فرا ابتکاری و شبکه مورد توجه قرار گرفتند. به این امید که این روشها بتوانند بخشی از این مسایل را حل کنند. یکی از اولین کاربرد های روشهای فراابتکاری در حل مسائل بهینه سازی پورتفولیو به کار چانگ و همکاران ***[4]*** بر می گردد که بر روی ۲۲۵ سهم از سهام بازار سهام آمریکا انجام شد. آنها با بکارگیری سه الگوریتم ژنتیک[2] , روش جستجوی ممنوع[3] و روش شبیه سازی تبرید [4] به این نتیجه رسیدند که یافتن جواب بهینه در هریک از روشها یکسان بوده وتنها ممکن است با طرق مختلفی به جواب بهینه دستیابی پیدا کنند. معیار های ریسک و بازده در این مطالعه همان میانگین واریانس بود.

وجود بحران های مالی فراگیر, نظیر بحران مالی سال ۲۰۰۸ , ریسک سیستمیک[5] موجود در ساختار فعلی اقتصاد دنیا و رشد سریع علوم کامپیوتری, توجه محققان رابه سمت روش هایی هدایت کرد که بر اساس آن روش ها بتوانند ماهیت تحلیلی واضح تری از روابط بین شرکتها را درک کنند.اینکه بخواهیم روابط بین شرکتها را صرفا بر مبنای بخش ها و گروه های صنعت تحلیل کنیم موجب می شود که درک درستی از روابط خارج از این چارچوب نداشته باشیم. از طرفی میدانیم که تغییرات در درون یک شرکت

[1] Modern portfolio theory(MPT)
[2] genetic algorithms
[3] tabu search
[4] simulated annealing
[5] Systemic Rick

و یک گروه خاص از صنعت نه تنها بر سایر شرکتهای آن گروه بلکه می تواند بر کل اقتصادحتی در خارج از محدوده جغرافیایی آن کشور نیزاثر گذار باشد.این دلایل سبب می شود تا لزوم یکپارچه نگریستن به شرکتها بدون توجه به مرزبندی بر اساس گروه یا محدوده جغرافیای از اهمیت خاصی برخوردار باشد و بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. موضوعی که بر اساس آن نظریه شبکه مالی پایه ریزی شد و به این صورت بود که استفاده از نظریه شبکه در حوزه بهینه سازی بازار های مالی با هدف بکارگیری آن در جهت اهداف سرمایه گذاری نیز مورد توجه بیش از پیش قرار گرفت.

روش شناسی پژوهش

جامعه آماری تحقیق حاضر را کلیه شرکتهای سهامی عام فعال در بازار بورس , بجز شرکتهای سرمایه گذاری و چند رشته ای صنعتی, که سهام آنها در طی سال های ۱۳۹۰تا سال ۱۴۰۰ در تابلو معاملات بورس اوراق بهادار تهران معامله می شود را تشکیل می دهد.در تحقیق حاضر نمونه گیری از میان شرکتها انجام نخواهد شد. محدودیت عمده ایجاد شده مربوط به شرکتهایی است که برای مدت طولانی از فهرست تابلو معاملات حذف شده و یا آن دسته از شرکتهایی که به تازه گی وارد بورس شده و داده کافی برای تجزیه و تحلیل در دوره مورد نظر از این شرکتها در اختیار نباشد, می باشد. از ۳۵۲ شرکت فعال در بازار بورس (تابلو اول دوم و بازار اول) ۷۲ شرکت بدلایل فوق از فهرست حذف شدند و ۲۸۰ شرکت بعنوان فهرست نهایی انتخاب گردید.

داده های مورد نظر مربوط به قیمت پایانی روزانه سهام شرکتهای منتخب بوده وازبانکهای اطلاعاتی سازمان بورس برای دوره مورد نظر استخراج شد. داده های استخراج شده ابتدا با استفاده از نرم افزار اکسل پاکسازی شده و سپس با استفاده از نرم افزار پایتون , مساله درخت پوشای کمینه را با الگوریتم پریم موجود در نرم افزار بدست آوردیم. برای محاسبه معیار های مرکزیت و ترسیم دقیق تر شبکه درخت پوشای کمینه استخراج شده را بصورت یک گراف وارد نرم افزار گفی (***Gephi***) گردید. اصولا نرم افزار گفی بدلیل اینکه دارای گرافیک و امکانات بالایی در ترسیم شبکه میباشد جهت خروجی نهایی شبکه مورد استفاده قرار خواهدگرفت.

مدل مورد نظر در طی مراحل زیر طراحی و اجرا گردید:

محاسبه بازده لگاریتمی قیمت بسته شدن سهم با استفاده رابطه زیر:

$$R_i(t) = \ln P_i(t) - \ln P_i(t-1)$$

در فرمول فوق:

$P_i(t)$ قیمت سهم شرکت (***i***) در زمان (***t***) است و $R_i(t)$ بازده سهام شرکت (***i***) در زمان (***t***) است .

محاسبه ضریب همبستگی پیرسون برای هر جفت سهم و تشکیل ماتریس ضریب همبستگی, از طریق رابطه زیر :

$$\rho_{ij} = \frac{\langle Y_i Y_j \rangle - \langle Y_i \rangle \langle Y_j \rangle}{\sqrt{(\langle Y_i^2 \rangle - \langle Y_i \rangle^2)(\langle Y_j^2 \rangle - \langle Y_j \rangle^2)}}$$

ماتریس ضریب همبستگی ماتریسی است با قطر $\rho_{ij} = 1$ و هر پرتفولیوی n سهمی $n(n-1)/2$ ضریب همبستگی خواهد داشت. در ماتریس همبستگی دامنه ضرایب $-1 \le \rho_{ij} \le +1$ خواهد بود.

تشکیل ماتریس فاصله ؛ تبدیل ماتریس ضریب همبستگی به ماتریس فاصله از طریق فرمول زیر انجام شد[12] :

$$d_{i,j} = \sqrt{2(1-\rho_{i,j})}$$

تابع تابع فوق سه ویژگی که یک فاصله متریک باید داشت باشد را دارد؛این سه ویژگی عبارتند از**[12]**:

اصل انطباق $D_{ij} = 0 \rightarrow if \ \rightarrow i = j$

تقارن $D_{ij} = D_{ji}$

نابرابری مثلثی $D_{ij} =< D_{ik} + D_{kj}$

لازم به ذکر است که در ماتریس فاصله, دامنه ضرایب $0 \le d_{ij} \le 2$ خواهد بود.ضرایب کوچکتر نشان دهنده همبستگی قوی بین هر جفت سهم می باشد.

طراحی شبکه سهام و تجزیه وتحلیل ماتریس, در این مرحله به منظور کلاستر کردن و طراحی شبکه با استفاده از روش درخت پوشای کمینه (***MST***[1]) و الگوریتم پریم[2] اقدام به فیلتر کردن گراف شبکه و حذف نویز های موجود در آن شد . نتیجه این مرحله حذف لینک های اضافی ونگهداری روابط با اهمیت شبکه خواهد بود. انجام این کار بطور موثری باعث حذف اطلاعات غیر مفید می گردد؛ بگونه ای که در این مرحله حجم داده ها (یال های درخت) از $n(n-1)/2$ به $(n-1)$ کاهش پیدا می کند.

تجزیه و تحلیل ماتریس (تعیین سهام مرکز و پیرامون شبکه). برای این کار از معیار های مرکزیت شبکه استفاده شد . این معیارها را در دو گروه مورد بررسی قرار خواهیم داد . در گروه اول درجه و بینابینی قرار می گیرند.

الف) درجه[3] اولین و ساده ترین معیار مرکزیت در هر شبکه , درجه است . تعداد اتصال هایی که بر روی یک نود (***Node***) ایجاد می شود درجه آن نود بخصوص را تشکیل می دهد. بعبارتی مرکزیت درجه نشان دهنده تعداد شرکتهایی است که به شرکت ***i*** ام متصل هستند. اندازه درجه مرکزیت از رابطه زیر بدست می آید:

[1] Minimum Spanning Tree
[2] Prim
[3] Degree

$$D_i = \frac{\sum_j^N A_{ij}}{N-1}$$

ب) بینابینی[1] منعکس کننده سهم یک نود در اتصال شبکه , یا نسبت تعداد دفعاتی که یک نود یا یک یال برروی کوتاه ترین مسیر میان نودهای مختلف یک گراف قرار می گیرد تعریف می شود. بعبارتی ساده تر بینابینی نشان می دهد که یک نود بخصوص چقدر سر راه نود های دیگر در شبکه قرار دارد وبراساس رابطه زیر بدست می آید:

$$C = \sum_{i,j \in V} \frac{\delta_{i,j}(V)}{\delta_{i,j}}$$

در رابطه فوق $\delta_{i,j}$ تعداد کوتاهترین مسیرها از نود i به نود j است ، $\delta_{i,j}(V)$ زیرمجموعه ای از $\delta_{i,j}$ است که نشان دهنده تعدا مسیرهای است که از این نود عبور میکنند و V مجموعه کل نود های شبکه را شامل می شود.

در گروه دوم به جهت اینکه خطای استفاده از یک روش را کاهش دهیم از سه معیار برای اندازه گیری میزان فاصله هر نود در شبکه استفاده شد. درواقع فاصله, اشاره به کوتاهترین مسیر از یک نود به نود مرکز شبکه دارد, هر نودی که ازاین نظر مقادیر بالاتری داشته باشد در سبد پیرامون قرار خواهد گرفت.این سه معیار عبارتند از:

الف) فاصله بر مبنای درجه(D_{degree})؛ بر این اساس یک نودمرکزی نودی است که بیشترین درجه را داشته باشد .

ب) فاصله بر مبنای همبستگی($D_{correlation}$)؛ بر این اساس یک نود مرکزی نودی است که بیشترین مقدار از مجموع ضریب همبستگی نودخاص با ضریب همبستگی نود های همسایه خود داشته باشد.

ج) فاصله بر مبنای فاصله($D_{distance}$)؛ که در این رابطه نودمرکزی نودی است که کوچکترین مقدار را از میانگین فاصله داشته باشد.

بعد از انجام محاسبات فوق دو شاخص برای اندازه گیری مرکزیت وپیرامون(دوری از مرکزیت) بدست خواهد آمد که عبارتند از:

$$\text{Centrality index} = \frac{1}{2} \times K + \frac{1}{2} \times BC$$

$$\text{Distance index} = \frac{D_{degree} + D_{correlation} + D_{distance}}{3}$$

[1] Betweenness

انتخاب سبد

معیار های مورد استفاده در گروه اول معیار های صعودی هستند .بعبارتی شرکتهایی که بر اساس این دو معیار در ابتدای فهرست قرار می گیرند, شرکتهایی هستند که ضریب همبستگی بالا و مقدار فاصله کم با سایر شرکتها دارند وسبد مرکز از میان آنها استخراج می شود. سبد مرکز از ۱۵ سهم ابتدایی دو معیار گروه اول انتخاب خواهد شد.

معیار های مورد استفاده در گروه دوم معیار های نزولی هستند. شرکتهایی که براین مبنا انتخاب می شوند شرکتهایی هستند که درانتهای فهرست قرار دارند.این شرکتها دارای ضریب همبستگی کم ومقدار فاصله بالایی با سایر شرکت ها دارند. از میان آنها سبد پیرامون (دوری از مرکز) استخراج خواهد شد و سبد پیرامون(دوری از مرکز) نیز از ۱۵ سهم اول با بزرگ ترین شاخص فاصله تشکیل خواهد شد.

اینکه چه تعداد سهام در هر سبد قرار گیرد موضوع نسبی است. اما تشکیل یک سبد ۱۵ سهمی میتواند از تنوع مناسبی برخوردار باشد. در مدل سازی شبکه تعداد نود های پیرامون یا برگ های شبکه درجه ای برابر یک و بینابینی برابر صفر خواهد داشت. البته اینجا هیچ گونه تفاوتی نخواهد داشت که سبد خود را چگونه از این نودهای حاشیه انتخاب کنیم و در صورت انتخاب تصادفی باز هم نتایج هیچگونه تفاوتی نخواهد داشت. ذکر این نکته ضروری است که سبد مرکز و سبد پیرامون دو طرف متضاد و کاملاً مخالف از نظر همبستگی و تراکم و انباشتگی قرار دارند .

نتایج حاصل از پژوهش

همانطور که بیان شد در این تحقیق نمونه گیری از میان شرکتها انجام نشد. به منظور بررسی اثر محدودیتهای ایجاد شده در انتخاب شرکت های مورد مطالعه, سنجه های آماری زیر مورد سنجش قرار گرفت و نتایج آن در جدول شماره یک نشان داده شده است. بر اساس اطلاعات جدول میانگین و واریانس دو ماتریس همبستگی و ماتریس فاصله بسیار بهم نزدیک هستند وازاین نظر اختلاف قابل توجی بین آنها وجو ندارد . این موضوع در خصوص مقایسه شرکتهای مورد مطالعه و شرکتهای فعال نیز صدق میکند.

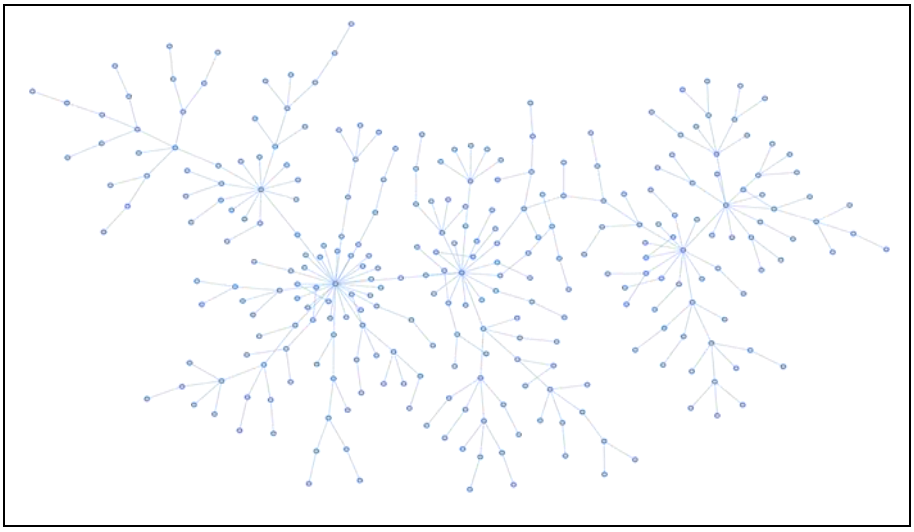
جدول شماره (۱) مقایسه سنجه های آماری دو ماتریس همبستگی و فاصله

		میانگین	واریانس
شرکتهای مورد مطالعه(۲۸۰ شرکت)	ماتریس همبستگی	*0.0229*	*4.98*
	ماتریس فاصله	*1.39*	*1.07*
شرکتهای فعال در بازار(۶۵۴ شرکت)	ماتریس همبستگی	*0.016*	*4.11*
	ماتریس فاصله	*1.41*	*1.087*

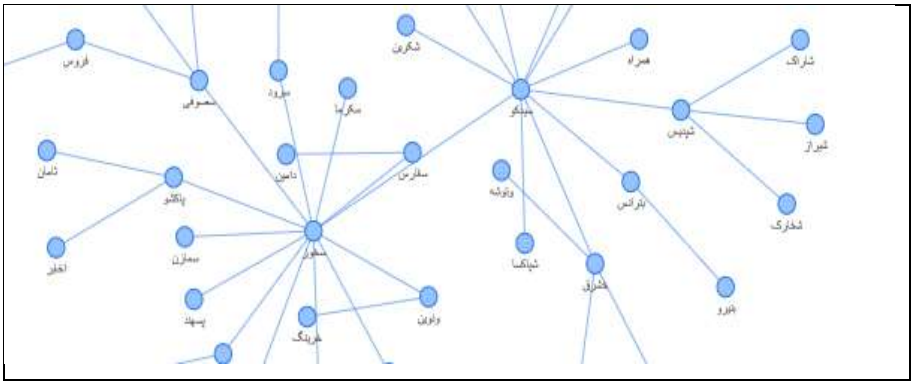
ترسیم درخت پوشای کمینه

برای ترسیم درخت پوشای کمینه ابتدا داده های مربوط به قیمت روزانه بسته شدن سهام شرکتهای مورد مطالعه برای دوره مشخص شده استخراج ،بازده لگاریتمی این داده ها محاسبه و ماتریس ضریب همبستگی پیرسون تشکیل شد. ماتریس فاصله با توجه به دستورالعمل فوق از ماتریس ضریب همبستگی پیرسون استخراج و در نهایت با استفاده از الگوریتم پریم درخت پوشا کمینه ترسیم گردید. شکل شماره (۱) درخت پوشای کمینه شرکتهای مورد مطالعه را نشان میدهد. بعد از انجام عملیات فوق تعداد نود های مساله تغییر نخواهد کرد اما تعداد یال های مساله از ۳۹۳۴۰ یال به ۲۷۹ یال تغییر خواهد کرد .هر یال نشان دهنده ارتباط هر جفت از شرکتهای مورد نظر با یکدیگر می باشد.

درشکل شماره (۲) برشی از این درخت با وضوح بیشتری نشان داده شده است.



شکل شماره (۱) درخت پوشای کمینه شرکتهای مورد مطالعه



شکل شماره (۲) برشی از درخت پوشای کمینه شرکتهای مورد مطالعه

بعد از ترسیم درخت پوشای کمینه و با استفاده از معیار های مرکزیت, شرکتها در دو طیف گراف دسته بندی شد. در گروه اول شرکتهایی که در مرکز شبکه قرار دارند و این شرکتها دارای درجه و بینابینی بالایی برخوردارهستند. دسته دوم شرکتهایی که در پیرامون شبکه قرار دارند . این دسته از شرکتها برعکس دسته فوق فاصله بیشتری با سایر شرکتها در شبکه دارند. پس دو گروه سبد مرکز و پیرامون به شرح زیر بدست آمد.

سبد مرکز(شرکتهایی که درمرکز شبکه قرار دارند)

در جدول شماره(۲) اطلاعات مربوط به معیار های مرکزیت ۱۵ سهم اول از شرکتهای مورد مطالعه آورده شده است. اطلاعات با توجه به ستون مرکزیت(***Centrality***) به ترتیب نزولی مرتب شده اند.با توجه به استراتژی مشخص شده سبد مرکز ازهمین تعداد سهام اول لیست تشکیل خواهد شد. این دسته از سهام بیشترین همبستگی و کمترین فاصله با سایر سهام شرکت های مورد مطالعه را دارند.برای مثال درجه سهم (***BRKT***) ۲۹ و بینابینی آن ***0.653*** است.این سهم بالاترین درجه مرکزیت را دارد. از نظر ارتباط با سایرشرکتها بیشترین همسایه مستقیم در شبکه را و با مرکزیت ۱۴,۸۲ نیز متمرکز ترین سهام بازار می باشد. اثر گذاری و اثر پذیری این سهم در بازار بسیار بالا می باشد.اصولا شرکتی است که بیشتری حساسیت را در نوسانات و بازار خواهد داشت.

جدول شماره(۲) اطلاعات مربوط به معیار های مرکزیت سبد مرکز

نماد	*Degree*	*Betweenness*	*Centrality*	*Ddegree*	*Dcorr*	*Ddis*	*Distance*
BRKT	***29***	***0.653284***	***14.8266***	***5***	***0***	***2***	***2.33333***
DSBH	***16***	***0.69877***	***8.34938***	***3***	***2***	***0***	***1.66667***
KHOC	***13***	***0.409556***	***6.70477***	***9***	***8***	***6***	***7.66667***
PRKT	***13***	***0.279003***	***6.63950***	***7***	***2***	***4***	***4.33333***
CIDC	***11***	***0.233078***	***5.61653***	***10***	***9***	***7***	***8.66667***
MOBN	***6***	***0.070344***	***3.03517***	***11***	***10***	***8***	***9.66667***
SSNR	***6***	***0.035584***	***3.01779***	***5***	***4***	***2***	***3.66667***
KVRZ	***5***	***0.187231***	***2.59361***	***2***	***3***	***1***	***2***
EPRS	***5***	***0.123952***	***2.56197***	***9***	***4***	***6***	***6.33333***
SURO	***5***	***0.097032***	***2.54851***	***10***	***9***	***7***	***8.66667***
BFJR	***5***	***0.083855***	***2.54192***	***1***	***4***	***2***	***2.33333***
NMOH	***5***	***0.063304***	***2.53165***	***6***	***1***	***3***	***3.33333***
SEPP	***5***	***0.056445***	***2.52822***	***11***	***10***	***8***	***9.66667***
PTAP	***5***	***0.056445***	***2.52822***	***4***	***5***	***3***	***4***
NASI	***5***	***0.042547***	***2.52127***	***4***	***3***	***1***	***2.66667***

سبد پیرامون

در جدول شماره (۳) اطلاعات مربوط به ۱۵ سهم انتهایی فهرست شرکتهای مورد مطالعه آورده شده است. معیار انتخاب این سبد سهام اطلاعات محاسبه شده در ستون فاصله است. با نگاهی به ستون فاصله(***Distance***) که به ترتیب نزولی مرتب شده است در می یابیم که این سهام از میان کل سهام مورد بررسی از پراکندگی بیشتری برخوردارند. این سهام دارای کمترین همبستگی با سایر سهام بازار و بیشترین فاصله را با آنان دارد. همانطور که مشخص است از نظر معیار های مرکزیت رتبه بسیار پایین اما از نظر معیار های پراکندی درجه بالایی دارد. سهم (***MESI***) با عدد فاصله ۱۲,۶۷ بیشترین فاصله را با سایر سهام دارد عدد مذکور حاصل تاثیر سه معیار فاصله از شبکه سهام می باشد. این دسته از سهام کمترین اثرگذاری و اثر پذیری را در بازار خواهد داشت , بگونه ای که تغیرات ناگهانی در وضعیت بازار نیز تاثیر کمتری بر آن خواهد گذاشت.

جدول شماره(۳) اطلاعات مربوط به معیار های مرکزیت سبد پیرامون

نماد	*Degree*	*Betweenness*	*Centrality*	*Ddegree*	*Dcorr*	*Ddis*	*Distance*
MESI	***1***	***0***	***0.5***	***14***	***13***	***11***	***12.666***
GMR	***1***	***0***	***0.5***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
BML	***1***	***0***	***0.5***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
PKE	***1***	***0***	***0.5***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
CHC	***1***	***0***	***0.5***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
MNG	***1***	***0***	***0.5***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
JOSH	***1***	***0***	***0.5***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
KSKA	***2***	***0.007168***	***1.00358***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
FKH	***1***	***0***	***0.5***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
MNS	***1***	***0***	***0.5***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
DMO	***1***	***0***	***0.5***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
KFA	***1***	***0***	***0.5***	***13***	***12***	***10***	***11.666***
SKHS	***4***	***0.028493***	***2.01424***	***12***	***11***	***9***	***10.666***
SGE	***1***	***0***	***0.5***	***12***	***11***	***9***	***10.666***
KPRS	***1***	***0***	***0.5***	***12***	***11***	***9***	***10.666***

سبد بهینه مرکز

بعد از تعیین سبد های مورد نظر اکنون می توان با استفاده از نظریه های موجود در خصوص بهینه سازی, اقدام به تعیین سبد بهینه کرد. همانطو ر که میدانیم سبد بهینه از طریق اختصاص وزن های مشخص به هر دارایی و با توجه به میزان ریسک و بازده آن سبد تعیین می شود.این نتایج بهمراه سایر اطلاعات ابتدا برای سبد مرکز و سپس برای سبد پیرامون مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت .

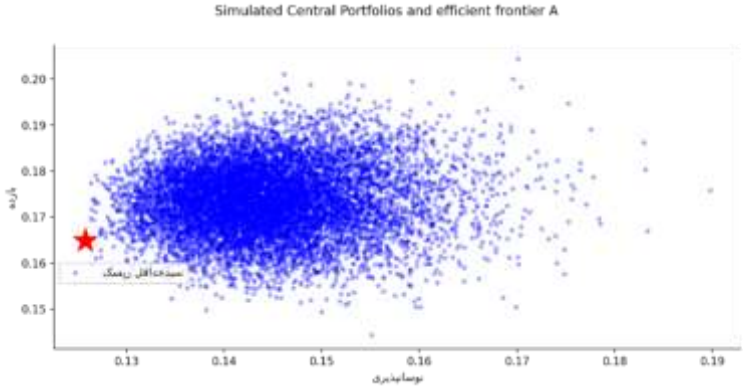
در خصوص سبد مرکز این اطلاعات درجدول شماره (۴) نشان داده شده است.سه سبد تشکیل شد. در ابتدا یک وزن دلخواه برای هر دارایی تعیین و بازده و ریسک آن را مورد سنجش قرار دادیم.این سبد سبد

اول ما را خواهد بود. همانطور که در جدول ملاحظه میشود بازدهی این سبد در این مرحله به ۱۶,۷ درصد سالیانه رسید. این سبد بهینه نیست چون می توان با تخصیص وزن های متفاوتی به باز دهی بالاتری نیز دست یافت. برای این هدف و با یک عملیات شبیه سازی و با یکصد هزار تکرارسبد های متنوع دیگر را مورد بررسی قرار دادیم. بعبارتی با تخصیص دقیق تر وزن به هر دارایی ضمن دستیابی به یک ریسک معقول بازدهی بالاتری را توانستیم کسب کنیم .دو سبد متفاوت بعد از انجام این عملیات از میان سبد های موجود استخراج شد . سبد دوم سبد حداقل ریسک می باشد. بازدهی این سبد نزدیک به ۱۸ درصد و ریسک آن نیز ۰,۱۲۳ می باشد. این سبد برای آن دسته از سرمایه گذاران که ریسک پذیری بالایی ندارند و در عین حال بدنبال بازدهی معقولی از بازار هستند مناسب خواهد بود. شکل شماره(۳) موقعیت این سبد را برروی مرز کارا نشان میدهدکه با علامت ستاره قرمز رنگ مشخص شده است.

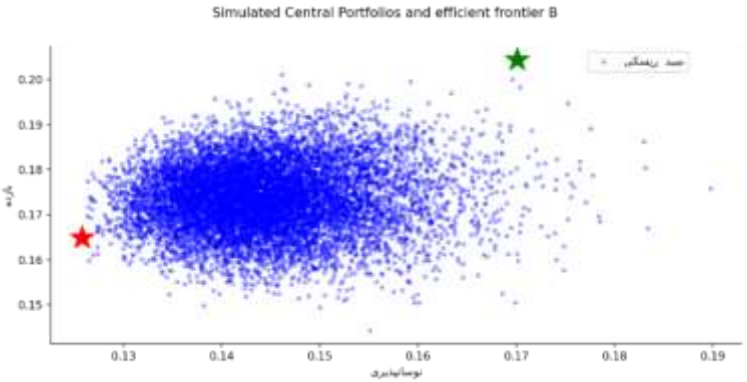
جدول شماره (۴) سبد های پیشنهادی بهینه مرکز

نماد	سبد با وزن دلخواه				سبد حداقل ریسک			سبد ریسکی و بهینه		
	وزن	ریسک	بازده درصد	بازده درصد	وزن	ریسک	بازده درصد	وزن	ریسک	بازده درصد
BRKT	***0.1***	***0.466***	***0.2189***		***0.0664***			***0.1011***		
DSBH	***0.1***	***0.3891***	***0.1504***		***0.0476***			***0.0347***		
KHOC	***0.1***	***0.3863***	***0.1901***		***0.0743***			***0.0252***		
PRKT	***0.1***	***0.3673***	***0.1183***		***0.0817***			***0.0049***		
CIDC	***0.1***	***0.3084***	***0.1272***		***0.0861***			***0.0156***		
MOBN	***0.1***	***0.3064***	***0.1526***		***0.1142***			***0.0158***		
SSNR	***0.1***	***0.4082***	***0.2116***		***0.0953***			***0.148***		
KVRZ	***0.05***	***0.4439***	***0.2946***	***17***	***0.0482***	***0.12***	***18***	***0.1123***	***0.16***	***21***
EPRS	***0.1***	***0.338***	***0.1005***		***0.0629***			***0.029***		
SURO	***0.02***	***0.3769***	***0.1838***		***0.0233***			***0.1181***		
BFJR	***0.01***	***0.3367***	***0.182***		***0.1021***			***0.0847***		
NMOH	***0.02***	***0.5188***	***0.1366***		***0.0028***			***0.0253***		
SEPP	***0.01***	***0.3716***	***0.1747***		***0.1034***			***0.0133***		
PTAP	***0.06***	***0.356***	***0.2251***		***0.0829***			***0.1414***		
NASI	***0.01***	***0.5458***	***0.1983***		***0.0089***			***0.1306***		

سبد سوم یک سبد ریسکی بهینه می باشد. بازدهی این سبد از دو سبد قبلی بالاتر و به میزان ۲۱ درصد خواهد بود و ریسکی نیز معادل۰,۱۵۵ به سرمایه گذار متحمل خواهد کرد. شکل شماره(۴) موقعیت این سبد را در کل ترکیب سبدهای پیشنهادی با ستاره سبز رنگ بهمراه موقعیت سبد دوم با ستاره قرمز رنگ نشان میدهد. سبد قرمز رنگ ریسک کمتر و بازدهی کمتری دارد و سبد سبز رنگ ریسک بالاتر و بازدهی بالاتری در مقایسه عاید سرمایه گذار کرده است.



شکل شماره(۳) موقعیت سبدحداقل ریسک برروی مرز کارا-سبد مرکز



شکل شماره(۴) موقعیت سبدحداقل ریسک و سبد ریسکی برروی مرز کارا-سبد مرکز

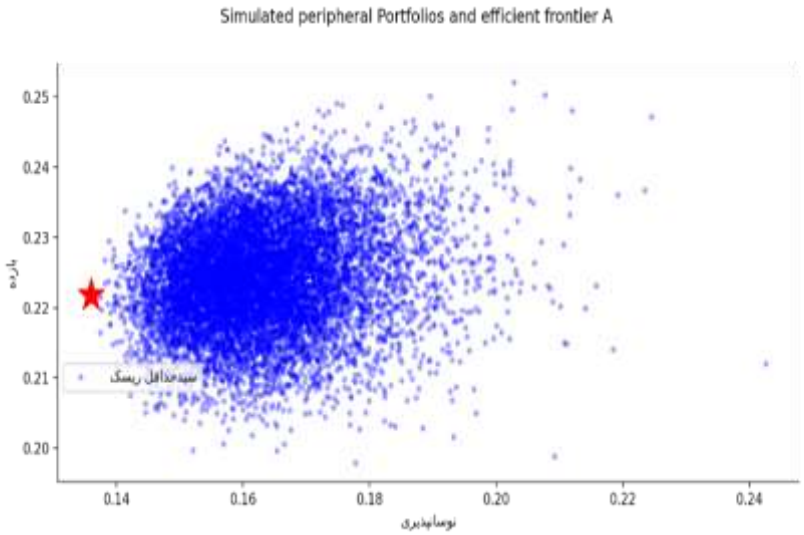
سبد بهینه پیرامون

در خصوص سبد پیرامون نیز این اطلاعات در جدول شماره(۵)نشان داده شده است. ابتدا با دادن وزن دلخواه شروع می کنیم. در این حالت بازدهی سبد معادل ۲۰,۳۶ درصد خواهد بود این بازدهی از میزان بازدهی سبد مرکز در حالت وزن دلخواه بالاتر است می توان همچنین دو ترکیب دیگری از سبد کم ریسک ویک سبد ریسکی نیز بدست آورد و اینکار از طرق تغییر ترکیب اوزان هر دارایی حاصل خواهد شد. ریسک سبد حداقل ریسک که از میان سهام پیرامون استخراج شده باشد معادل ۰,۱۳۵ و بازدهی آن معادل ۲۱,۸۲ درصد خواهدبود. شکل شماره(۵) موقعیت این سبد بر روی مرز کارا را با ستاه قرمز رنگ درمیان سبدهای موجود نشان میدهد. همچنین می توان یک سبد ریسکی نیز با ترکیب وزنهای مختلف بدست آورد. همانطور که در ستون سوم جدول نشان داده شده است, این سبد, ریسکی معادل ۱۷,۵ درصدکه بالاترین درصد ریسک موجود در میان ۶ سبد پیشنهادی را دارد و مشخصا بالاترین بازدهی سالیانه یعنی معادل ۲۴ درصد را خواهد داشت. عاید سرمایه گذار خواهد کرد. شکل شماره(۶)

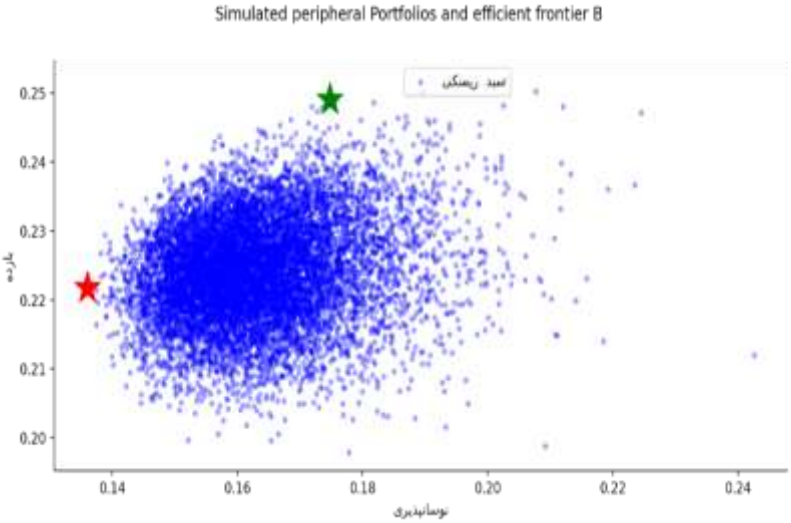
موقعیت این سبد را با ستاره سبز رنگ درمیان سبد های موجود نشان می دهد.سرمایه گذارانی که از قدرت ریسک پذیری بالایی برخوردار باشند می تواند سبد خود را بر این اساس انتخاب کنند. این میزان بازده در صورتی بدست خواهد آمد که به میزان مشخص شده در ستون وزن در هر دارایی سرمایه گذاری گردد .

جدول شماره(۵) سبد های پیشنهادی بهینه پیرامون(خارج از مرکز)

پورتفوی ریسکی و بهینه			پورتفوی حداقل ریسک			پورتفوی با وزن دلخواه				نماد
بازده درصد	ریسک	وزن	بازده رصد	ریسک	وزن	بازده درصد	بازده	ریسک	وزن	
		0.0052			0.0641		0.4871	0.1633	1	MESI
		0.118			0.0424		0.6547	0.2477	0.1	GMRO
		0.0063			0.0806		0.4043	0.1494	0.1	BMLT
		0.0039			0.0959		0.3113	0.1975	0.1	PKER
		0.0336			0.0333		0.7913	0.2403	0.1	CHCH
		0.0978			0.0674		0.4616	0.219	0.1	MNGZ
		0.073			0.0469		0.4451	0.2102	0.1	JOSH
24.00%	0.1755	0.0157	21.82%	0.1351	0.0579	20.36%	0.4825	0.1631	0.05	KSKA
		0.0682			0.1055		0.3498	0.1987	0.1	FKHZ
		0.1426			0.0627		0.5113	0.2815	0.02	MNSR
		0.0682			0.1334		0.4234	0.2663	0.01	DMOR
		0.03			0.0293		0.6391	0.1932	0.02	KFAN
		0.1116			0.1073		0.3675	0.2399	0.01	SKHS
		0.1325			0.0509		0.618	0.2662	0.06	SGEN
		0.0935			0.0224		0.5586	0.2261	0.01	KPRS



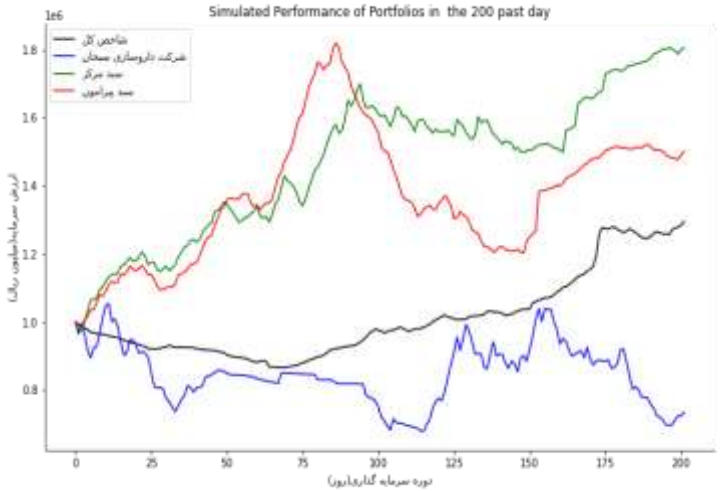
شکل شماره(۵) موقعیت سبدحداقل ریسک برروی مرز کارا-سبد پیرامون



شکل شماره(۶) موقعیت سبدحداقل ریسک و سبد ریسکی برروی مرز کارا-سبد پیرامون

ارزیابی عملکرد سبد

فرض بر این است که سبد های انتخاب شده سبد هایی بهینه هستند و از نظر بازدهی نسبت به بقیه سبد های قابل استخراج در موقعیت بالاتری قرار دارند. برای اثبات این فرض این دو سبد مورد ارزیابی عملکرد قرارگرفتند. ارزیابی عملکرد سبد های پیشنهادی از طریق مقایسه عملکرد سبد های مورد نظر در یک دوره ۲۰۰ روز معاملاتی گذشته انجام شد.سنجه مورد نظر شاخص کل بود. بدین منظورداده های مربوط به این شاخص در دوره مورد نظر استخراج و بازدهی و نوسانپذیری آن نیز محاسبه شد. در مرحله بعد فرض شد که اگر مبلغ یک میلیون ریال بعنوان سرمایه اولیه هر کدام از سبد های پیشنهادی و شاخص کل سرمایه گذاری شود ارزش این سرمایه در پایان دوره مورد نظر چه میزان خواهد شد. این نتایج در شکل شماره(۷) نشان داده شده است. با توجه به شکل عملکرد هر دو سبد مرکز و پیرامون در مقایسه با شاخص کل بعنوان یک سنجه در دوره مورد نظر بالاتر بود.با نگا دقیق تر به نمودار هر دو سبد در زمان رشد بازار بالاتر از نمودار بازدهی شاخص کل قرار دارند و با شیب بیشتری رشد کردند. به منظور تاکید بر تشکیل سبد در زمان سرمایه گذاری, صددرصد دارایی خود را بر روی فقط یک سهم از سبد سرمایه گذاری کردیم. با توجه به نمودار بازدهی این سهم نه تنها از دو سبد پیشنهادی, بلکه از شاخص کل نیز پایین تر بود. این موضوع تاکید دیگری براهمیت تشکیل سبد در بازار سهام می باشد.



شکل شماره(۷) مقایسه عملکرد سبد های پیشنهادی با شخص کل

در جدول شماره (۶) مقایسه ریالی و درصد بازدهی مبلغ سرمایه گذاری شده در هر یک از چهار سبد فوق برای یک دوره ۲۰۰ روزه انجام شده است . فرض بر این است که مبلغ مذکور را برای یک دوره کامل سرمایه گذاری شود. اعداد ستون سوم جدول نشان میدهد که اگر سرمایه گذار در دوره مورد نظر با وزن های پیشنهاد شده در هریک از این سبد ها سرمایه گذاری می کرد می توانست به بازدهی ۱۸ درصدی از شاخص کل و یا ۸۱ درصدی از سبد پیرامون دست یابد. سرمایه گذاری در یک سهم خاص نیز بازدهی منفی ۲۶ درصدی خواهد داشت.

شماره (۶) مقایسه ریالی و درصد بازدهی مبلغ سرمایه اولیه

	سرمایه اولیه(ریال)	ارزش سرمایه در پایان دوره(ریال)	بازدهی-درصد
شاخص کل	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱/۱۸۹/۱۰۰	۱۸,۹
سهم	۱/۰۰۰/۰۰۰	۷۳۵/۷۳۷	-۲۶,۴
سبد مرکز	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱/۸۰۵/۶۰۵	۸۱
سبد پیرامون	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱/۵۰۱/۶۶۴	۵۰

بحث ونتیجه گیری

در تحقیق حاضر بدنبال تدوین یک مدل از بکار گیری نظریه شبکه برای تعیین و انتخاب یک سبد سرمایه گذاری از میان شرکتهای مورد مطالعه بودیم. البته اهداف دیگری مانند کلاستر کردن شرکتهای موجود در بازار بورس ایران با رویکرد نوع رابطه و رفتار شرکتها هم دنبال می کردیم. سبد مورد نظر

استخراج شد و سپس آن را بهینه کردیم و با ارزیابی عملکرد آن متوجه شدیم که دردوره مورد بررسی عملکرد بهتری در مقایسه با شاخص کل که معیار عملکرد کل بازار سرمایه بود داشت. نتیجه دیگر تحقیق حاضر تاکید بر تشکیل سبد سرمایه گذاری بجای سرمایه گذاری بر یک سهم خاص بود که این موضوع نیز با توجه به نتیجه بدست آمده اثبات شد. در نهایت اینکه افراد می توانند با توجه به میزان ریسک پذیری خود از میان ترکیبات بدست آمده سبد مورد نظر خود را انتخاب و اقدام به سرمایه گذاری کنند. بعنوان یک نتیجه کلی درصورتیکه افراد ریسک پذیر باشد می توانند از سبد ریسکی برای سرمایه گذراری خود استفاده کنند و همراه ضمن پذیرش ریسک بالاتر در بازدهی بالاتری تیز برخوردار باشند.

پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی سبد مستخرج از روش شبکه را با یکی از الگوهای فراابتکاری مورد مقایسه قرار گیرد.

پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی شرکتهای دو بازار بورس و فرابورس از نظر تشکیل سبد و میزان بازدهی از طریق مدل فوق موردبررسی و مقایسه قرار گیرد.

فهرست منابع

1. Barbi A., Prataviera G., (2019), “Nonlinear dependencies on brazilian equity network from mutual information minimum spanning trees”, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 523,876-885.
2. Birch J., Athanasios A. Pantelous, and Konstantin Zueva, (2015), “The Maximum Number of 3- and 4-Cliques within a Planar Maximally Filtered Graph”, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications Volume 417, 1 January 2015, Pages 221-229
3. Birch Jenna Louisa,(2015), “Modelling Financial Markets using Methods from Network Theory”, Thesis submitted in accordance with the requirements of the University of Liverpool for the degree of Doctor in Philosophy,
4. Chang T.-J., Meade N., Beasley J.E. , Sharaiha Y.M.(2000) , "Heuristics for Cardinality Constrained Portfolio Optimization", Computers & Operations Research, Vol. 27, 1271-1302
5. Eom C. , Oh G. , Kim S. , (2008), “Statistical investigation on connected structures of stock networks in a financial time series”, J. Korean Phys. Soc. 53, 3837–3841

6. Goh YK, Hasim HM, Antonopoulos CG (2018) “Inference of financial networks using the normalised mutual information rate”. PLoS ONE 13(2)
7. Guresen, E., Kayakutlu, G., and Daim, T.U. (2011) “Using artificial neural network models in stock market index prediction”. Expert Systems with Applications., 38(8), pp. 10389-10397.
8. Hafizah Bahaludin1, Mimi Hafizah Abdullah1, Lam Weng Siew, Lam Weng Hoe,(2019), “The Investigation on the Impact of Financial Crisis on Bursa Malaysia Using Minimal Spanning Tree”, Mathematics and Statistics Vol. 7(4A), pp. 1 - 8
9. Hartman D. , Hlinka J. , (2018), “Nonlinearity in stock networks”, Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science,28
10. Jain, A. K. (2010), “Data Clustering: 50 Years Beyond K-Means”, Pattern Recognition Letters, 31, (8), 651-666
11. Kenett, D., Tumminello, M., Madi, A., Gur-Gershgoren, G., Mantegna, R. and Ben-Jacob, E., (2010), “Dominating clasp of the financial sector revealed by partial correlation analysis of the stock market”. PLoS One, 5
12. Mantegna, R.N., (1999), “Hierarchical structure in financial markets”. Eur. Phys. J. B, 11, 193–197
13. Markowitz, H., (1952), “Portfolio selection”. J. Finance, 7, 77–91
14. Marti G. , (2020), “Corrgan: Sampling realistic financial correlation matrices using generative adversarial networks”, Economics, Mathematics, Computer Science,
15. Massara G. P. , Di Matteo T. , Aste T. , (2017) , “Network filtering for big data: triangulated maximally filtered graph”, Journal of complex Networks, 5 161–178.

16. Musciotto F., Marotta L., Miccichè S., Mantegna R. N. (2018). "Bootstrap validation of links of a minimum spanning tree". Phys. A Stat. Mech. Appl. 512 1032–1043
17. Nanda, S., R., Mahanty, B. & Tiwari, M., K., (2010), "Clustering Indian stock market data for portfolio management", Expert Systems with Applications, 37, 8793–8798
18. Simon, H. A. (1956). "Rational choice and the structure of the environment". Psychological Review, 63(2), 129–138
19. Tumminello, M., Aste, T., Di Matteo, T. and Mantegna, R.N., (2005), "A tool for filtering information in complex systems". Proc. Natl. Acad. Sci, 102 (30) 10421-10426
20. Tumminello, M., Lillo, F. and Mantegna, R.N., (2010), "Correlation, hierarchies, and networks in financial markets". J. Econ. Behave. Org., 75, 40–58
21. Tumminello M. , Matteo T. Di , Aste T. , and Mantegna, R.N. , (2007), "Correlation based networks of equity returns sampled at different time horizons", Eur. Phys. J. B, 55, 209–217
22. Zhi-Qiang Jiang, Wei-Xing Zhou, (2010), "Complex stock trading network among investors", Physica A, 389 ,4929_4941.

Accounting & Auditing Researches, Summer 2024, No. 62. pp. 181-202

A Model for Optimization and Portfolio Risk Management Using Financial Network Theory in the Iranian Stock Market

Seyyed Kazem Ebrahimi[1]**©**

Associate Professor of Accounting, Faculty of Economics, Administrative Sciences and Management, Semnan University

Hamid Reza Rajabi

Ph.D candidate in Finance, Faculty of Economics, Administrative Sciences and Management, Semnan University

(Received: 10 May 2022; Accepted: 19 December 2022)

The optimizing the investment portfolio is considered one of the most important topics in capital management. Our goal in this article is to design an optimal portfolio selection model based on the Minimum Spanning Tree method in the Iranian stock market. Designing and compiling a portfolio selection model includes two It is the basic stage. The first stage of choosing the investment portfolio was done using five criteria of centrality, betweenness, distance from the center, distance from correlation and distance from the distance criterion. The result of this work is the formation of two central and peripheral portfolios, respectively. It was the central portfolio and peripheral portfolio the network. In the second step, using risk and return measurement criteria, selected portfolios were optimized and risk managed. At the end, the extracted portfolios were evaluated with the total index and one share of the portfolio for a period of 200 days. The results showed that both portfolios had higher efficiency according to the market conditions. As expected, during the growth of the market, the surrounding portfolio recorded a higher return compared to the market.

Keywords: Stock Market, Portfolio Optimization, Minimum Spanning Tree, Risk Management, Network Theory.

[1] kebrahimi@semnan.ac.ir © (Corresponding Author)