

ارائه الگوی بهینه سبد سهام از طریق محدودیت تسلط تصادفی و کاهش ریسک گریزی مطلق

نوع مقاله: پژوهشی

مریم رضاشاطری^۱

محمد نصیری^۲

مهدی زینالی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۳

چکیده

برنامه نویسی تصادفی هنگامی که یک توصیف احتمالی دقیق یعنی مقادیر دقیق پارامترهای سیستم و توزیع احتمال خاص برای متغیرهای تصادفی در دسترس است، خود را به عنوان یک ابزار مدل سازی قدرتمند نشان داده است. با این حال، چنین اطلاعاتی در عمل به ندرت در دسترس است. در چنین شرایطی دو روش اصلی برای مقابله با ابهامات وجود دارد. یکی از طریق تقریبی نمونه متوسط (SAA) همچنین به عنوان روش مونت کارلو شناخته شده است، جایی که SAA از مقدار مورد انتظار عملکرد زیربنایی با استفاده از داده های تجربی ساخته می شود. پژوهش حاضر با هدف ارائه الگوی بهینه سبد سهام از طریق محدودیت تسلط تصادفی و کاهش ریسک گریزی مطلق انجام شد. نمونه آماری بورس اوراق بهادار و نوع داده های گردآوری شده از آن سری زمانی تغییرات و تغییرات تجمعی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران در سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ است. سبد سهام براساس اطلاعات ۵۰ شرکت مورد بررسی قرار گرفته است. در ابتدا این داده ها مورد بررسی قرار می گیرند، سپس الگوریتم های مورد نظر طراحی شده و مدل براساس شرایط و آزمون های لازم مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. کارایی براساس آزمون های معیار شارپ، معیار ترینر،

۱ گروه مدیریت، اقتصاد، حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

maryamshateri@yahoo.com

۲ گروه علوم انسانی، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران (نویسنده مسئول).

Nasiri@iaushab.ac.ir

Zeynali@iaut.ac.ir

۳ گروه حسابداری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

معیار سورتینو و معیار امگا مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در ادامه سبد سهام مورد بررسی براساس فروض اولیه تعیین شده و براساس بازدهی شرکت‌ها مورد الگوسازی و سنجش قرار می‌گیرند.

کلمات کلیدی: الگوی بهینه، ریسک گریزی مطلق، سبد سهام، محدودیت تسلط تصادفی.

طبقه بندی JEL: C41 ، H54 ، B23 ، D81

مقدمه

الگوریتم ژنتیک^۱، شبکه‌های عصبی^۲، منطق فازی^۳ نمونه‌هایی از روش‌های نوین برای تحلیل در جهت انتخاب سبد سهام است. (سن و همکاران^۴، ۲۰۲۱؛ مسمودی و عبدالعزیز^۵، ۲۰۱۸) انتخاب یک مجموعه از سهام معمولاً با تعامل بین ریسک و بازده مطرح می‌شود. هر چه ریسک سبد سهام بیشتر باشد، احتمال دریافت بازده بالاتر بیشتر خواهد بود (بابات و همکاران^۶، ۲۰۱۸). در دنیای واقعی درجه ریسک پذیری افراد با یکدیگر متفاوت است و بازده سهام به دلیل وجود عوامل متعدد مؤثر بر آن غیر قابل پیش بینی است. به دلیل اینکه سرمایه‌گذاران نمی‌توانند در مورد آینده مطمئن باشند (رضائی پندری و همکاران^۷، ۱۳۹۰؛ ایکسیدواس و همکاران^۸، ۲۰۲۰)؛ به همین علت یکی از مفروضات مهم رفتاری در شرایط عدم اطمینان، ریسک‌گریزی سرمایه‌گذاران است یعنی سرمایه‌گذاران طرح‌های مخاطره‌آمیز (دارای ریسک) را نمی‌پذیرند مگر اینکه بازده مورد انتظار طرح خیلی زیاد باشد (ائونی و همکاران^۹، ۲۰۱۸؛ لیو و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۰). در نتیجه ریسک‌گریزی به این مفهوم نیست که سرمایه‌گذاران اصلاً ریسک نمی‌پذیرند، بلکه از ریسک‌گریزانند مگر بازده خیلی زیادی را در قبال پذیرش ریسک بدست آورند. بنابراین اگر مایل هستند ریسک خود را کاهش دهند، باید به متنوع‌سازی سبد سهام (پرتفوی) خود مبادرت ورزند (اصل و همکاران^{۱۱}، ۲۰۲۱؛ گورگانتاس و همکاران^{۱۱}، ۲۰۲۱). متنوع‌سازی تا آن اندازه اهمیت دارد که می‌توان گفت نخستین قاعده مدیریت سبد سهام، پرگونه‌سازی است (سن و همکاران^۴، ۲۰۲۱).

با توجه به اینکه بازار سهام در ایران دارای شوک‌های قیمتی فراوانی است؛ مطالعه روند ایجاد سبد سهام برای پیشگیری از این شوک‌ها و پیش‌بینی شوک‌های احتمالی در آینده و ایجاد سبد سهام بهینه برای کسب سود در شرایط نوسان بازار سهام؛ از اهمیت خاصی برای سیاست‌گذاران اقتصادی و فعالان بازار سرمایه برخوردار است. پژوهش حاضر با مد نظر قرار دادن ناهمگونی

۱ . Genetic Algorithm

۲ . Neural Network

۳ . Fuzzy Logic

۴ . Sen, et al.

۵ . Masmoudi & Abdelaziz

۶ . Babat, et al.

۷ . Xidonas, et al.

۸ . Aouni, et al.

۹ . Liu, et al.

۱۰ . Asl et al.

۱۱ . Georgantas, et al.

بازارهای سهام در بین شرکت های مختلف فعال در این بازار، به دنبال ارائه سبد سهام براساس مدل محدودیت تسلط تصادفی با رویکرد کاهش ریسک گریزی و تبیین کارکرد سبد سهام در بازار سهام می باشد. در روند ارائه مدل محدودیت تسلط تصادفی برای ایجاد سبد سهام بهینه؛ سوالات و مسائل فراوانی شکل می گیرد:

۱- آیا مدل تبیین کننده سبد سهام؛ با ریسک یکسان در برابر شوک قیمتی همه شرکت ها و بخش ها تدوین می شود؟

۲- مدل تبیین کننده محدودیت تسلط تصادفی دارای چه مولفه هایی است؟

۳- کارایی مدل های حاضر چگونه تعیین می شود؟

برخی از سرمایه گذاران و به خصوص موسسات بزرگ سرمایه گذاری از روش میانگین واریانس^۱ تئوری مارکویتز جهت طراحی و مدیریت پرتفوی خود، استفاده می کنند (کیم و همکاران^۲، ۲۰۱۸؛ پاولو و همکاران^۳، ۲۰۱۹). ولی روش میانگین واریانس در بسیاری تحقیقات مورد انتقاد واقع شده است (کاچادور و همکاران^۴، ۲۰۲۲). بسیاری از مجریان و سرمایه گذاران معتقدند، واریانس یک معیار مناسب برای اندازه گیری ریسک نمی باشد، زیرا ریسک یک احتمال از عدم دستیابی به حداقل بازده مورد انتظار می باشد (زلنی^۵، ۱۹۸۲). واریانس درباره رابطه بین بازده و ریسک اغراق می کند (فیشبورن^۶، ۱۹۷۷). یکی از مشکلات روش میانگین واریانس تعیین تابع مطلوبیت سرمایه گذاران جهت تشخیص پرتفوی بهینه می باشد (هادار و راسل^۷، ۱۹۶۹). از طرفی بسیاری از سرمایه گذاران عقیده مشخصی از شکل تابع مطلوبیت خود ندارند (التون و همکاران^۸، ۲۰۰۹). شایان ذکر است که بعضی پرتفوی ها در روش میانگین واریانس در مقایسه با پرتفوی های دیگر نامطلوبتر می باشد، زیرا با تابع توزیع بازده همپوشانی ندارد (سن و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین روش تسلط تصادفی^۹ به عنوان آلترناتیو توسط هانوچ و لوی^{۱۰} (۱۹۷۵) و هادار و راسل (۱۹۶۹) پیشنهاد گردید. در این روش به جای استفاده از میانگین و واریانس از تابع توزیع بازده استفاده می گردد، به

۱ . Mean-Variance

۲ . Kim, et al.

۳ . Pavlou, et al.

۴ . Caçador, et al.

۵ . Zeleny

۶ . Fishburn

۷ . Hadar & Russell

۸ . Elton, et al.

۹ . Stochastic Dominance

۱۰ . Hanoch & Levy

همین خاطر معیاری وسیع تر برای تعیین ریسک و بازده می باشد. به بیان دیگر وقتی بعضی پرتفوی‌ها بر دیگری تسلط داشته باشند، دیگر نیازی به داشتن بعضی مفروضات مانند تابع مطلوبیت نمی‌باشد. باتوجه به موارد ذکرشده، این پژوهش در صدد بهینه‌سازی سبد سهام از طریق محدودیت تسلط تصادفی است.

۱. پیشینه پژوهش

کوپا و پست^۱ (۲۰۱۷)، در پژوهشی با عنوان بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از محدودیت تسلط تصادفی، به این نتیجه دست یافتند که روش بهینه‌سازی برای ساخت سبد سرمایه‌گذاری، بر اساس یک معیار خاص برای تمام سرمایه‌گذاران با ریسک مطلق قابل انجام است، این روش با استفاده از برنامه نویسی انجام شده است و برای مجموعه داده‌های استاندارد از بازده‌های سهام و پورتفولیوهای مختلف به کار می‌رود. روش بهینه‌سازی پیشنهادی، عملکرد بهینه واریانس واریانس را به میزان فراوانی بهبود می‌بخشد. این روش مبتنی بر ریسک مطلق و ریسک گریزی است. بکروس و همکاران^۲ (۲۰۱۵)، در پژوهشی با عنوان بهینه‌سازی پرتفوی با در نظر گرفتن ریسک چند متغیره به این مهم دست یافتند که این مطالعه یک چارچوب یکپارچه را برای مدلسازی و تخمین معیارهای وابستگی نسبتاً بزرگ با استفاده از پورتفولیوی بهینه ریسک مینیموم و کاپیولای تاک جفت^۳ در رابطه با پنج معیار ریسک در چارچوب بحران مالی جهانی مطرح نموده است. این متدولوژی به دو پورتفولیوی بخش معدنی ۲۰ دارایی (سنگ آهن-نیکل و طلا) از بورس اوراق بهادار اعمال شده است. در نتیجه کاپیولای تاک جفت ابزارهایی قدرتمند برای مدلسازی تغییر ریسک وابستگی تحت سه سناریوی مختلف دوره ای در کنار بهینه‌سازی پورتفولیوهایی هستند که دارای الگوهای پیچیده وابستگی است. نتایج بهینه‌سازی پورتفولیو، به طور متوسط، در برخی از سهامها همگرا می‌شوند.

ماینیک و همکاران^۴ (۲۰۱۵)، در پژوهشی با عنوان بهینه‌سازی پرتفوی با استفاده از شاخص ریسک حدی و مارکویتز به این مهم دست یافتند که در خصوص دارایی‌های دنباله پهن، استراتژی ERI عملکرد بسیار بهتری در مقایسه با پورتفولیوی حداقل واریانس و پورتفولیو هم وزن دارد. این مطالعه با استفاده از سود ۵۰۰ سهام S&P از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ به بررسی استراتژی‌های

۱ . Kopa & Post

۲ . Bekiros, et al.

۳ pair vine copula

۴ . Mainik, et al.

بهینه‌سازی پورتفولیو (یا همان سبد سهام) بر اساس شاخص ریسک حدی^۱ پرداخته است. در این روش از نظریه ارزش حدی چندمتغیری برای به حداقل رساندن احتمال خسارت‌های بزرگ پورتفولیو استفاده می‌شود. این مطالعه با در اختیار داشتن اطلاعات بیش از ۴۰۰ سهام ظاهراً اولین تحقیقی است که به کاربرد تکنیک ارزش حدی در مدیریت پورتفولیو با مقیاس بزرگ اقدام می‌کند. هدف اصلی این تحقیق بررسی پتانسیل کاربرد عملی ERI است. عملکرد این استراتژی معیاری در برابر حداقل واریانس پورتفولیو و پورتفولیوی هم وزن می‌باشد. این استراتژی‌های اساسی، معیارهای مهمی برای کاربردهای بزرگ مقیاس هستند. این پژوهش شامل سود پورتفولیوی (سبد سهام) سالانه، حداکثر افت، هزینه‌های تراکنش، تراکم پورتفولیو و پراکندگی دارایی در پورتفولیو می‌باشد. افزون بر این، به بررسی تاثیر یک تخمین زننده جایگزین شاخص دنباله پرداخته شده است.

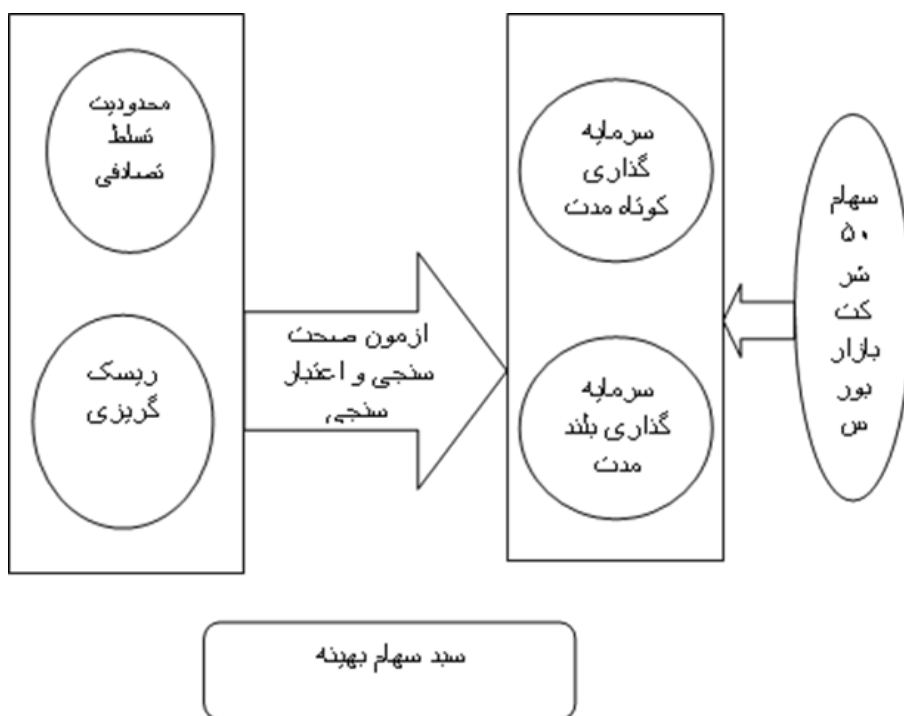
۲. روش پژوهش

در پژوهش حاضر از شاخص قیمت روزانه، ماهانه و فصلی برای تعیین سبد سهام بهینه برای مدت‌های زمانی کوتاه مدت و بلند مدت استفاده می‌گردد. همچنین مدلسازی براساس کد نویسی در برنامه Matlab و با در نظر گرفتن توزیع تابع و قید (محدودیت‌های مساله موردنظر) خواهد بود. جامعه آماری در پژوهش حاضر، کلیه شرکت‌های عضو در سازمان بورس و اوراق بهادار کشور می‌باشد که با توجه به دسترسی به داده‌های صحیح و همچنین قدرت تعمیم‌پذیری مدل، نمونه آماری به تعداد ۵۰ شرکت مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت. گروه‌های هدف شامل تمام گروهی‌های صنعتی، مالی، بانکی، بیمه‌ای و .. خواهد بود.

متغیرهای مورد بررسی در پژوهش حاضر عبارتند از:

۱. قیمت هر سهم
 ۲. تغییرات قیمتی
 ۳. میزان ریسک هر سهم
 ۴. اندازه شرکت
 ۵. بدهی‌ها و دارایی‌های شرکت
 ۶. بازده سهام
 ۷. بازده در بازارهای موازی
 ۸. ریسک در بازارهای موازی
- بر این اساس، مدل مفهومی پژوهش حاضر به صورت زیر تبیین می‌گردد.

^۱. ERI



نمودار ۱- مدل مفهومی پژوهش

منبع: محقق ساخته

۳. رویکرد مورد استفاده در پژوهش برای پاسخ گویی به سوال های پژوهش

این تئوری تحلیل میانگین واریانس را با کنکاش بسیار برای تعیین مرز کارای فرصت های سرمایه گذاری، از دیدگاه های مختلف به چالش می کشد. تسلط تصادفی نه فرض می کند که توزیع احتمال بازده نرمال است و نه اینکه شکل تابع مطلوبیت در همه جا مقعر است. معیار تسلط تصادفی یک مدل جامع برای انتخاب پرتفولیو است که مطلوبیت مورد انتظار را حداکثر می کند. این معیار، به جای اینکه ویژگی های یک توزیع را با لحظه های آماری نشان دهد کل تابع چگالی احتمال را مورد استفاده قرار می دهد. در مقایسه دو گزینه سرمایه گذاری در یک زمان، تسلط تصادفی تعیین می کند که هیچ کدام از این فرصت های سرمایه گذاری احتمال مرتبط با پاداش بزرگتر را دارند. این رویه ناشی از مقایسه گزینه های سرمایه گذاری، هر دارایی یا پرتفولیویی که توسط دارایی یا پرتفولیوی دیگر تحت تسلط قرار می گیرد را از منطقه موجه خارج می کند. این روند ادامه می یابد تا زمانی که مرز کارایی دارای هایی که تحت تسلط قرار گرفته اند، شکل می گیرد. در این قسمت

این معیار را مورد مطالعه قرار می دهیم. بر مبنای گراف جریان کنترلی که خود نیز مبنایی جهت تحلیل کد برنامه ها است، می توان از تکنیک های بهینه سازی استفاده کرد. تکنیک های بهینه سازی، جهت کاهش حجم برنامه ها و تسریع کد اجرایی آن بکار می روند. تکنیک های بهینه سازی در دو سطح عمل می کنند، محلی و سراسری. تحلیل محلی در سطح بلاک اولیه انجام می شود. تکنیک هایی که در این بخش مورد بررسی قرار می گیرند عبارتند از:

الف - حذف عبارات مشترک^۱

ب - انتشارکپی^۲

ج - حذف کد زائد^۳

د - جایگزینی مقادیر ثابت^۴

ه - بهینه سازی حلقه ها^۵

و - بهینه سازی بلاکهای اولیه^۶

یکی از مواردی که در بهینه سازی کد مطرح می باشد، مقوله تحلیل جریان داده^۷ است، بدینترتیب که جریان داده ها در داخل برنامه یا تکنیک هایی مشخص می شود که ارائه خواهد شد. این تکنیک ها در مجموع تحلیل جریان داده نامیده می شوند. اصولاً جهت تحلیل کد برنامه ها و بهینه سازی آن دو مقوله زیر مطرح می باشد:

الف - تحلیل جریان داده که مبتنی بر پیمایش گراف جریان داده یا گردآوری اطلاعات در مورد اتفاقاتی است که در زمان اجرا رخ می دهد.

ب - تبدیلات که براساس تحلیل های انجام شده جهت بهینه کردن کد اعمال می شود. برای اینکه تحلیل جریان داده را انجام داد، می بایست زنجیره ای به نام زنجیره تعریف و استفاده^۸ را از کد برنامه استخراج کرد. برای این منظور مقوله تعاریف دسترسی شونده^۹ مطرح می گردد. تفاوت اصلی تسلط تصادفی بر سایر مدلهای انتخاب نمونه کارها در این است که کل توزیع

۱ . Common expretion elimination

۲ . Copy propagation

۳ . Dead code elimination

۴ . Constant flooding

۵ . Loop optimization

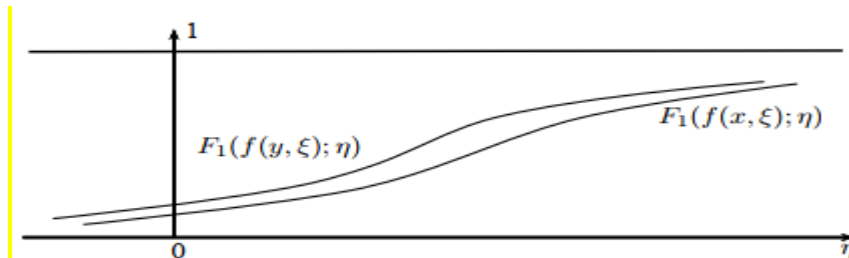
۶ . Basic block optimization

۷ . Data flow analysis

۸ . Def-Use Chain

۹ . Reaching definition

متغیرهای تصادفی را در نظر می‌گیرد. علاوه بر این، آن را به تئوری ابزار مورد انتظار مرتبط می‌کند. با این وجود، نیازی به مشخص نمودن یک عملکرد ابزار نیست.



نمودار ۱- تحلیل جریان داده‌ها

منبع: خروجی نرم افزار

با روابط تسلط تصادفی، متغیرهای تصادفی تحت فرضیات در مورد ویژگیهای کلی عملکردهای ابزار که از حالت‌های شایع رفتار اقتصادی دنبال می‌شود، رتبه بندی می‌شوند. تسلط تصادفی تضمین می‌کند که همه افراد، که عملکردهای مطلوب آنها در یک کلاس قرار دارند، انتخاب‌ها را به همان شیوه رتبه بندی می‌کنند. بهینه سازی اوراق بهادار مبتنی بر تسلط تصادفی (SD) از لحاظ نظری برای استراتژی‌های سرمایه گذاری با پروفایل‌های ریسک نامتقارن مانند تغییر پویای قیمت و بازی‌های حرکت جذاب است. در این موارد، افزایش میانگین واریانس (MV) دارای تعدادی نقص مفهومی شناخته شده است. با وجود، نرم افزار رایانه ای مدرن و نرم افزار بهینه سازی، رویکرد SD راه‌های در دسترس فراوان و کاربردهای عملی به پژوهش‌گر می‌دهد.

در روش غالب تصادفی متغیرهای تصادفی با مقایسه نقطه ای برخی از توابع عملکردی که از توابع توزیع آنها ساخته شده اند مقایسه می‌شوند. بگذارید $F_1(f(x, \xi); p)$ و $F_1(f(y, \xi); p)$ به ترتیب عملکرد توزیع تجمعی $f(x, \xi)$ و $f(y, \xi)$ را نشان دهند. گفته می‌شود که $f(x, \xi)$ تصادفی مرتبه اول بر $f(y, \xi)$ غلبه می‌کند و با $f(x, \xi) > (1) f(y, \xi)$ نشان داده می‌شود:

$$F_1(f(x, \xi); \eta) \leq F_1(f(y, \xi); \eta), \forall \eta \in R.$$

این در شکل فوق نشان داده شده است.

به طور مشابه، $f(x, \xi)$ تصادفی بر مرتبه دوم بر $f(y, \xi)$ غلبه می‌کند،

اگر با $f(x, \xi) \geq (2) f(y, \xi)$ نشان داده شود:

$$F_2(f(x, \xi); \eta) \leq F_2(f(y, \xi); \eta), \forall \eta \in R,$$

$$F_2(f(x, \xi); \eta) := \int_{-\infty}^{\eta} F_1(f(x, \xi); \alpha) d\alpha,$$

تابع $F_2(f(x, \xi); \eta)$ می‌تواند به عنوان کمبود مورد انتظار بیان شود. برای هر مقدار هدف

که ما داریم

$$F_2(f(x, \xi); \eta) = E[(\eta - f(x, \xi))^+],$$

$$(\eta - f(x, \xi))^+ = \max(\eta - f(x, \xi), 0)$$

عملکرد $F_2(f(x, \xi); \cdot)$ پیوسته، محدب، غیر منفی و غیر قابل استفاده است. این برای همه متغیرهای تصادفی $f(x, \xi)$ با مقدار مورد انتظار محدود تعریف شده است. با توجه به این نمایه، رابطه غالب تصادفی مرتبه دوم را می توان به طور برابر با سیستم بی نهایت نابرابری زیر توصیف کرد:

$$E[(\eta - f(x, \xi))^+] \leq E[(\eta - f(y, \xi))^+], \forall \eta \in R$$

روابط غالب تصادفی برای نظریه تصمیم گیری از اهمیت اساسی برخوردار است. مشخص است که:

$$f(x, \xi) \geq f(y, \xi)$$

و اگر:

$$E[U(f(x, \xi))] \geq E[U(f(y, \xi))]$$

برای هر عملکرد غیرقابل افزایش $U(\cdot)$ که این مقادیر مورد انتظار محدود هستند. علاوه بر این $f(x, \xi) \geq f(y, \xi)$ اگر و فقط اگر $E[U(f(x, \xi))] \geq E[U(f(y, \xi))]$ صحیح است برای هر نوع عدم تولید و مقعر $U(\cdot)$ که این مقادیر مورد انتظار محدود هستند. بررسی نظریه تسلط تصادفی و سودمندی را می توان در یافت. اثبات ثبات تسلط تصادفی با نظریه ابزار و تجزیه و تحلیل بیشتر در این موضوع را می توان در (تسفاتشین، ۱۹۷۶) یافت.

در این پژوهش توابع تجمعی سرمایه گذاری براساس صنایع مختلف به صورت زیر مورد بررسی قرار خواهند گرفت. لازم به ذکر است کد نویسی نرم افزار به صورت تخصصی انجام خواهد شد و معادلات لازم برای مدلسازی پژوهش عبارتند از:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & x < x_1 \\ \frac{1}{n} & x_1 \leq x < x_2 \\ \vdots & \vdots \\ \frac{n-1}{n} & x_{n-1} \leq x < x_n \\ 1 & x_n \leq x \end{cases}$$

$$F_2(x) = \int_{-\infty}^x F(t) dt = \begin{cases} 0 & x \leq x_1 \\ \frac{1}{n}(x - x_1) & x_1 \leq x \leq x_2 \\ \frac{2}{n}x - \frac{1}{n}(x_1 + x_2) & x_2 \leq x \leq x_3 \\ \vdots & \vdots \\ \frac{k}{n}x - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^k x_i\right) & x_k \leq x \leq x_{k+1} \\ \vdots & \vdots \\ x - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^n x_i\right) & x_n \leq x \end{cases}$$

$$F_3(x) = \int F_2(t) dt = \begin{cases} 0 & \text{for } x \leq x_1 \\ \frac{1}{2n}(x - x_1) & \text{for } x_1 \leq x \leq x_2 \\ F_3(x_k) + \int_{x_k}^x F_2(t) dt = F_3(x_k) + \frac{k}{2n}(x^2 - x_k^2) - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^k x_i\right)(x - x_k) & \text{for } x_k \leq x \leq x_{k+1} \quad k=2, \dots, n-1 \\ F_3(x_n) + \int_{x_n}^x F_2(t) dt = F_3(x_n) + \frac{1}{2}(x^2 - x_n^2) - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)(x - x_n) & \text{for } x_n \leq x \end{cases}$$

ضرایب توابع:

$$c = G_3(y_i) - \frac{j}{2n}y_j^2 + \frac{1}{n}\left(\sum_{t=1}^j y_t\right)y_j - \left[F_3(x_i) - \frac{i}{2n}x_i^2 + \frac{1}{n}\left(\sum_{t=1}^i x_t\right)x_i\right]$$

$$b = \frac{1}{n}\left(\sum_{t=1}^i x_t\right) - \frac{1}{n}\left(\sum_{t=1}^j y_t\right)$$

$$a = \frac{j-i}{2n}$$

توابع مورد نظر:

$$I_3(x) = \int_a^x \int_a^z [G(t) - F(t)] dt dz \geq 0$$

$$E_F(x) \geq E_G(x) \quad \text{or} \quad I_2(b) \geq 0$$

۴. یافته ها

روش تقریب تصادفی (SA) را می توان به کارهای پیشگامانه رابینز و مونرو ردیابی کرد (رابینز و مونرو، ۱۹۹۵). از آن زمان الگوریتم SA به طور گسترده ای در بهینه سازی تصادفی مورد استفاده قرار گرفته است. در این بخش، ما روی یک روش شبه گرایی تصادفی محدودیت تسلط تصادفی و کاهش ریسک گریزی مطلق (SQG) متمرکز شده ایم که روش SA را تعمیم می دهد. روش SQG یک روش الگوریتمی تصادفی برای حل مشکلات بهینه سازی عمومی محدود با عملکردهای غیر متمایز و غیر محدب است. روشهایی را برای بررسی همگرایی محلی فرآیندهای بهینه سازی تصادفی ارائه داد و برخی از نتایج مربوط به بهینه سازی متفاوت را اثبات کرد. بررسی رسمی میزان همگرایی همگرایی روش SQG نیز توسط Poljak انجام شد (ولفowitz، ۱۹۵۲).

برای الگوریتم سازی مساله مورد پژوهش، $x_k \in X$ یک راه حل تقریبی از مساله مورد نظر است. روش SQG یک quasigradient، مشخص شده توسط $\phi(x, \rho)$ ، ζ_k را در x_k محاسبه می کند به طوری که:

$$E[\zeta_k / \{x_0, \dots, x_k\}] \in -E[\nabla f(x_k, \xi)] + \rho \partial_x \vartheta(x_k) + v_k,$$

که v_k یک خطای کنترل شده است و به مساله به عنوان دو عامل از محدودیت تسلط تصادفی و کاهش ریسک گریزی مطلق وارد می شود.

$$\partial_x \vartheta(x_k) = \text{conv} \left\{ \bigcup_{\eta \in T^*(x_k)} \partial_x P(x_k, \eta) \right\}$$

که در آن $T^*(x_k)$ مجموعه ای از راه حل های (λ, η) برای $x = x_k$ است. برای محاسبه یک عنصر $\partial \vartheta(x_k)$ باید یک $\eta \in T^*(x_k)$ پیدا کنیم. برای حل مشکل بهینه سازی w.r.t. η توجه داشته باشید که $G(x, \eta) := \max(G(x, \eta), 0)$ ، and $G(x, \eta) = E[(\eta - g(x, \xi))^+] - E[(\eta - g(y, \xi))^+]$. بدیهی است که برای x ثابت، $G(x, \eta)$ تفاوت دو عملکرد محدب در η است، بدین معنی که $P(x, \eta)$ یک عملکرد محدب در η نیست.

۱. Robbins & Monro

۲. Wolfowitz

هومم دی ملو و همکاران^۱ (۱۹۹۹) با استفاده از روش شاخه و برش، با این نوع چالش مقابله کردند: اصلاح مسئله به عنوان یک مشکل برنامه نویسی DC و سپس حل آن با الگوریتم شاخه و برش.، ξ^N نمونه ای از ξ و w_{ki} می باشد که زیر x_k را تجزیه کنید Then سپس راه حل های ممکن را ما انتخاب می کنیم.

$$\zeta_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (-\nabla f(x_k, \xi^i) + \rho w_{ki})$$

$$\mathbb{E}[(\eta - g(x, \xi))_+] \leq \mathbb{E}[(\eta - g(y, \xi))_+], \quad \forall \eta \in [a, b],$$

$$\mathbb{E}[(\eta_i - g(x, \xi))_+] \leq \mathbb{E}[(\eta_i - g(y, \xi))_+], \quad i = 1, \dots, N,$$

$$\eta_i = g(x, \xi_i), \quad i = 1, \dots, N \text{ که}$$

فرض کنید $g(x, \xi)$ محدود است. سپس ما ممکن است فاصله $[a, b]$ را طوری انتخاب کنیم که $\xi \in \Xi$ ، $x \in X$ همه $g(x, \xi) \in [a, b]$ for all $x \in X$ ، $\xi \in \Xi$ باشد، که به معنی $\eta_i \in [a, b]$ ، $i = 1, \dots, N$ است. در نتیجه می توانیم مساله فوق را به شرح زیر اصلاح کنیم:

$$\max_{\eta_i} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\eta_i - g(x_k, \xi^i))_+ - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\eta_i - g(y, \xi^i)).$$

بر اساس مباحث فوق، ما یک الگوریتم شبه تصادفی براساس فروض کاهش ریسک گریزی مطلق و محدودیت تسلط تصادفی برای حل مسئله ارائه می دهیم. برای الگو نویسی مدل پژوهش براساس فروض مورد نظر مراحل زیر در پژوهش پیگیری شده اند:

مرحله ۱. سهام مورد نظر به صورت ماتریس واحد ایجاد شده است. برای این منظور از معادلات زیر استفاده شده است.

$$\sum_{k=0}^{\infty} \lambda_k^2 < \infty, \quad \sum_{k=0}^{\infty} \lambda_k = \infty, \quad \lambda_k \geq 0$$

که برای آن یک بردار اولیه $x_0 \in X$ انتخاب شده و $k=0$ قرار داده شد.

^۱ . Homem-de-Mello, et al.

مرحله ۲. در x_k ، فرضیه تقریبی $\phi(x, \rho)$ ، که توسط ζ_k مشخص شده است، محاسبه می گردد.

$E[\zeta_k/x_0, \dots, x_k] \in -E[\nabla f(x_k, \xi)] + \rho \partial x \vartheta(x_k) + v_k$,
 که $\partial x \vartheta(x)$ همان فرض اصلی پژوهش است.
 همانطور که در فروض اصلی آورده شده است v_k یک خطای کنترل شده را ترتیب بندی می کند.

$$\sum_{k=0}^{\infty} E[\lambda_k \|\nu_k\| + \lambda_k^2 \|\zeta_k\|^2] < \infty.$$

مرحله ۳. تنظیم معادله زیر :

$$x_{k+1} := P_X(x_k - \lambda_k \zeta_k).$$

که در آن $P_X(x)$ پیش بینی متعامد x در X است.

مرحله ۴. ایجاد الگوی کوفاکتور

If $x_{k+1} = x_k$ and $v_k = 0$, stop. Otherwise, set $k := k + 1$, go to Step 2
 استفاده از قانون توقف در مورد

$$x_{k+1} = P_X(x_k - \lambda_k \zeta_k) = x_k,$$

$$-\lambda \zeta_k \in N_X(x_k),$$

$$-\zeta_k \in N_X(x_k)$$

با توجه به اینکه : $v_k = 0$

$$0 \in -E[\nabla f(x_k, \xi)] + \rho \partial x \vartheta(x_k) + N_X(x_k)$$

با توجه به الگوریتم فوق، الگوریتم حاضر دلالت دارد که x_k یک راه حل بهینه است.

سپس الگوی زیر برای مساله در نظر گرفته می شود:

$$x_k = x_{k0} \text{ اما } v_k \neq 0 \text{ برای } k \geq k_0.$$

$$0 \in -E[\nabla f(x_k, \xi)] + \rho \partial x \vartheta(x_k) + v_k + N_X(x_k)$$

$v_k \rightarrow 0$ به عنوان $k \rightarrow \infty$ با در نظر گرفتن حد معادله فوق:

$$0 \in -E[\nabla f(x_{k0}, \xi)] + \rho \partial x \vartheta(x_{k0}) + N_X(x_{k0}),$$

این بدان معنی است که x_{k0} شرط بهینه سازی مرتبه اول را برآورده می کند و از این رو x_{k0} یک راه حل بهینه است.

مرحله ۵. تشکیل توابع محدودیت تصادفی و ریسک گریزی مطلق SD رابطه ترجیحی برای یک طبقه خاص از سرمایه گذاران است. برای تعریف SSD، TSD و DSD، سه مجموعه توابع زیر را در نظر گرفته می شود:

$$\begin{aligned} \mathcal{U}_{SSD} &:= \{u \in \mathcal{C}^2 : u'(x) \geq 0; u''(x) \leq 0 \forall x \in \mathcal{X}\}; \\ \mathcal{U}_{TSD} &:= \{u \in \mathcal{C}^3 \cap \mathcal{U}_{SSD} : u'''(x) \geq 0 \forall x \in \mathcal{X}\}; \\ \mathcal{U}_{DSD} &:= \{u \in \mathcal{C}^3 \cap \mathcal{U}_{SSD} : \ln(u'(x))'' \geq 0 \forall x \in \mathcal{X}\} \end{aligned}$$

USSD فرض عدم اشباع ($u_0(x) \geq 0$) و ریسک پذیری ($u_0(x) \leq 0$) را بر عهده دارد. UT SD فرض دیگری را برای کاهش ریسک گریزی ($U_0(x) \geq 0$) ایجاد می کند. فرض محدودیت تسلط تصادفی را بر مدل اعمال می کند (دوازده و همکاران، ۲۰۲۰).

DARA برای محدب بودن ابزار حاشیه ای ($\ln(u_0(x)) \geq 0$) مقدار دارد. به دلیل پیچیدگی این شرایط، DSD از SSD و TSD قابل ردیابی کمتری است. دو معیار آخر با تمرکز روی فرضهای شدید USSD و UT SD که یک شکل عملکردی قابل ردیابی دارند قابل اجرا است. در مقابل، حد های شدید UDSD کارکردهای تجسمی- مبهم و غیرقابل نفوذ است، همانطور که نیش و کوپا (۲۰۱۵) در تحقیقات خود آن را نشان داده اند.

یک تابع ابزار که توسط SSD و TSD پذیرفته شده است اما DSD، تابع درجه دوم $u(x) = x - cx^2$ ، $0 < c \leq 21b$ است که از کاهش خطر جلوگیری می کند ($u(x) = 0$) اما با نشان دادن روند صعودی کاهش خطر مطلق (IARA)، یا DARA، $\ln(u_0(x)) \geq 0$ را نقض می کند. اگر "نقطه تعادل" ($U_0(x) = 0$) باشد، یک عملکرد درجه دوم در UT SD و USSD گنجانده شده است. (در خارج از محدوده بازگشت، یا $u_0(x) = 0$ برای مقدار $x \geq b$)

$$\mathbb{E}_{\mathcal{F}_\lambda}[u(x)] \geq \mathbb{E}_{\mathcal{F}_\tau}[u(x)] \quad \forall u \in \mathcal{U}_{DSD}.$$

رابطه غالب یک مقدمه ریاضی است، زیرا انعکاس پذیر و گذرا است. با این وجود ضد متقارن نیست، زیرا پرتفوی های متعدد ممکن است از نظر توزیع بازده همراه معادل باشند. با توجه به ساختار تو در تو سه مجموعه ابزار ($UDSD \subset UTSD \subset USSD$) DSD کمترین معیار در رابطه زیر است:

$$\lambda \geq_{SSD} \tau \Rightarrow \lambda \geq_{TSD} \tau \Rightarrow \lambda \geq_{DSD} \tau$$

۱. Dzuiche, et al.

قدرت تبعیض آمیز اضافی DSD می تواند بسیار مهم باشد ، به ویژه اگر توزیع های مربوطه تنوع ماده ای را در مکان و شکل آنها نشان دهند.

۵. اضافه نمودن شروط مدل

بعد از تعیین میزان بازدهی هر کدام از سهام، شروط مربوط به تسلط تصادفی و ریسک گریزی مطلق به مدل اضافه می گردند؛ در این حالت نتایج جدول زیر به دست می آید:

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{k=1}^m \sum_{n=1}^N p_k r_{nk} z_n \\ \text{subject to} \quad & \sum_{n=1}^N r_{nk} z_n + s_{ik} \geq y_i, \quad i = 1, \dots, m, k = 1, \dots, m, \\ & \sum_{k=1}^m p_k s_{ik} \leq v_i, \quad i = 1, \dots, m, \\ & s_{ik} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, k = 1, \dots, m, \\ & \sum_{n=1}^N z_n = 1, \\ & z_n \geq 0, \quad n = 1, \dots, N. \end{aligned}$$

۶. یافته ها

برای روند مدلسازی در پژوهش حاضر در ابتدا شرکت های زیر براساس معیار بتا انتخاب میشوند. این شرکت ها دارای ریسک های بهینه برای ایجاد سبد سهام در دوره مورد مطالعه هستند.

جدول ۱-رتبه بندی مقادیر ریسک سرمایه گذاری شرکت ها

رتبه بندی رتبه کمتر- ریسک بالاتر	بتا	گشتاور جزئی پایین مرتبه اول	رتبه بندی کمتر- ریسک بالاتر	سهام	ردیف
۲۶	۱,۷۳۷۲۰۳	۰,۰۳۸۶۸۶	۱	بانک سینا	۱
۵۰	۱,۱۷۷۱۱۵	۰,۰۴۲۳۸۶	۳۱	بانک صادرات ایران	۲
۷	۱,۳۶۲۲۷	۰,۰۵۴۱۴۹	۴۵	بانک اقتصادنویین	۳
۴۲	۱,۴۴۸۲۹	۰,۰۳۵۴۲۲	۲۱	بیسکویت گرجی	۴
۲۷	۱,۵۲۵۹۲۹	۰,۰۴۲۹۴۶	۲۰	بیمه آسیا	۵
۱۴	۱,۷۶۷۹۹۵	۰,۰۵۴۰۸۶	۴۷	بیمه البرز	۶

۴۱	۱,۴۸۳۲۸	۰,۰۶۸۳۳۴	۳۲	بیمه پارسیان	۷
۹	۱,۴۱۱۴۱۳	۰,۰۳۶۲۵	۲۲	بیمه دانا	۸
۳۸	۱,۲۰۹۲۰۳	۰,۰۴۴۲۷۶	۴۶	بین‌المللی توسعه ساختمان	۹
۱۰	۱,۳۴۹۱۲۶	۰,۰۶۵۴۲۱	۲	پارس الکتریک	۱۰
۱۳	۱,۲۳۸۲۶	۰,۰۶۴۴۱	۲۳	پارس خزر	۱۱
۳۹	۲,۳۰۳۸۷۷	۰,۰۴۹۵۶۲	۳۳	پاکسان	۱۲
۲۸	۰,۹۲۷۵۷	۰,۰۴۸۳۶	۱۸	پالایش نفت بندرعباس	۱۳
۴۰	۱,۴۳۸۷۹	۰,۰۶۲۱۷۹	۴۴	پالایش نفت تبریز	۱۴
۱۱	۱,۵۰۱۵۳۹	۰,۰۳۸۹۹۲	۱۹	پالایش نفت تهران	۱۵
۲۹	۱,۸۲۵۵۵۸	۰,۰۶۹۸۷۱	۴۸	پتروشیمی پردیس	۱۶
۱۲	۱,۳۲۴۶۴۳	۰,۰۳۶۲۰۸	۵	پتروشیمی جم	۱۷
۳۱	۰,۸۶۷۵۹۴	۰,۰۵۸۳۵۲	۱۷	پتروشیمی خارک	۱۸
۴۵	۱,۳۷۷۸۳۶	۰,۰۳۷۵۶۸	۳	پتروشیمی خراسان	۱۹
۲۱	۱,۵۲۴۵۴۴	۰,۰۶۰۳۱۵	۳۴	پتروشیمی شازند	۲۰
۲۰	۱,۵۸۲۷۳۵	۰,۰۲۶۴۵۱	۲۴	پست بانک ایران	۲۱
۴۷	۱,۰۶۹۸۲۲	۰,۰۴۲۸۰۵	۴	پگاه آذربایجان غربی	۲۲
۳۲	۱,۶۳۹۲۲۶	۰,۰۲۹۰۴۵	۳۵	داروسازی اسوه	۲۳
۲۲	۱,۷۳۹۲۲۵	۰,۰۳۱۱۱۶	۳۰	داروسازی جابر ابن حیان	۲۴
۴۶	۱,۷۱۳۵۸۶	۰,۰۲۹۷۱۶	۱۶	داروسازی زاگرس فارمد پارس	۲۵
۲	۱,۲۲۹۸۵۶	۰,۰۳۲۶۹۴	۲۵	داروسازی سینا	۲۶
۲۳	۱,۷۶۷۱۳۱	۰,۰۵۱۲۰۲	۴۳	داروسازی فارابی	۲۷
۳۳	۱,۵۳۶۹۷۲	۰,۰۳۳۸۸	۶	ماشین سازی اراک	۲۸
۱۸	۰,۸۷۸۰۵۴	۰,۰۴۵۸۴	۴۹	ماشین سازی نیرومحرکه	۲۹
۴۴	۱,۶۷۰۵۹۳	۰,۰۵۹۰۸۱	۳۷	محورسازان ایران خودرو	۳۰
۱۹	۱,۶۰۸۵۸۱	۰,۰۵۵۸۸۴	۱۵	معادن بافق	۳۱

۴۸	۱,۶۷۸۹۴۸	۰,۰۴۵۴۱۷	۸	معادن منگنز ایران	۳۲
۵	۱,۵۰۹۶۲۹	۰,۰۴۸۹۱۳	۳۶	معدنی دماوند	۳۳
۱۷	۱,۵۰۶۱۱۵	۰,۰۴۶۷۲۶	۲۶	معدنی و صنعتی گل گهر	۳۴
۳	۱,۲۷۲۴۳۹	۰,۰۱۶۵۵۹	۵۰	معدنی و صنعتی چادرملو	۳۵
۳۴	۱,۵۵۷۵۵۶	۰,۰۲۸۶۷۳	۷	ملی سرب و روی ایران	۳۶
۲۴	۱,۸۰۸۲۱۷	۰,۰۴۲۱۷	۴۲	ملی صنایع مس ایران	۳۷
۴	۱,۴۸۹۲۱۱	۰,۰۴۷۹۱۱	۲۷	موتورسازان تراکتورسازی ایران	۳۸
۳۵	۱,۰۵۲۲۱۷	۰,۰۳۷۲۵۲	۱۴	نفت بهران	۳۹
۳۰	۲,۰۳۶۲۴۹	۰,۰۵۹۹۷۸	۴۱	نفت پارس	۴۰
۱۶	۱,۵۰۲۱۴۷	۰,۰۴۰۷۵۷	۹	نفت سپاهان	۴۱
۲۵	۱,۴۶۰۶۸۸	۰,۰۴۶۱۶۱	۳۸	نورد آلومینیوم	۴۲
۴۳	۱,۶۹۳۰۴۵	۰,۰۴۲۱۱۲	۱۰	نورد و قطعات فولادی	۴۳
۶	۲,۱۳۳۴۷۸	۰,۰۳۲۶۷۳	۱۳	نوش مازندران	۴۴
۴۹	۱,۹۸۷۴۰۷	۰,۰۲۴۴۰۸	۳۹	کالسیمین	۴۵
۳۷	۱,۱۸۷۵۰۹	۰,۰۲۹۹۴	۲۸	کربن ایران	۴۶
۱۵	۱,۸۱۰۵۰۹	۰,۰۴۳۷۱۶	۴۰	کشت و صنعت چین چین	۴۷
۸	۱,۳۲۷۸۹	۰,۰۲۷۳۶۴	۱۱	کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران	۴۸
۳۶	۱,۵۹۹۷۰۲	۰,۰۴۲۳۵۱	۲۹	فجر انرژی خلیج فارس	۴۹
۱	۱,۰۷۵۷۳۵	۰,۰۴۶۷۶۲	۱۲	فرآورده های نسوز آذر	۵۰

منبع: نتایج تحقیق

۷. انتخاب پرتفوی بهینه

براساس نتایج حاصل از الگوریتم و تجزیه و تحلیل داده ها، بانک سینا، پارس الکتریک، پتروشیمی خراسان، پگاه اذربایجان و پتروشیمی جم دارای بیشترین ریسک در سرمایه گذاری هستند و رتبه های ۱ تا ۵ را به خود اختصاص داده اند. سهام مربوط به چادرملو، ماشین سازی نیرو محرکه، پتروشیمی پردیس، بیمه البرز و بین المللی توسعه ساختمان دارای ریسک کمتری هستند. پس از تعیین میزان بازدهی و رنک دهی به هر یک از سهام، پرتفوی بهینه به صورت زیر تعیین می گردد:

شرکت های منتخب عبارتند از:

۱. چادر ملو
۲. ماشین سازی نیرو محرکه
۳. پتروشیمی پردیس
۴. بیمه البرز
۵. بین المللی توسعه ساختمان

جدول ۲-مقادیر الگوریتم حاصل از تجزیه و تحلیل داده های شرکت های فوق

		R1-2				R2-12		
	mv	ssd	tsd	dsd	mv	ssd	tsd	dsd
mean	۱,۴۲۹۴۵	۱,۰۴۳۸۴۶	۱,۰۴۳۳۸۶	۱,۰۱۰۷۸۴	۱,۰۴۰۸۵۹	۱,۴۲۴۹۹	۱,۰۳۹۸۸۵	۱,۰۴۱۹۵۱
st. dev.	۱,۰۴۲۱۲۴	۱,۰۴۱۴۲۴	۱,۰۴۱۳۴۳	۱,۰۴۲۱۴۴	۱,۰۴۱۹۰۲	۱,۰۴۱۷۴۵	۱,۰۴۲۴۳۵	۱,۰۴۲۵۴۱
semi-dev.	۱,۰۴۰۹۱۳	۱,۰۴۰۶۶۱	۱,۰۴۱۹۴۱	۱,۰۴۱۹۳۱	۱,۰۴۴۲۲۵	۱,۰۴۲۷۷۸	۱,۰۴۰۵۱	۱,۰۴۰۸۵۷
skew.	۱,۰۴۱۵۲۸	۱,۰۴۲۵۶۸	۱,۰۴۲۵۹۲	۱,۰۴۱۴۰۹	۱,۰۴۴۴۱۳	۱,۰۴۱۹۷۷	۱,۰۴۲۲۰۲	۱,۰۴۲۰۱۵
VaR	۱,۰۴۲۴۹۸	۱,۰۴۱۷۵۲	۱,۰۴۲۱۸۹	۱,۰۴۰۵۰۷	۱,۰۴۱۵۷۹	۱,۰۴۴۱۶	۱,۰۴۱۸۴۲	۱,۰۴۱۸۳۹
CVaR	۱,۰۴۲۵۰۹	۱,۰۴۰۸۸۳	۱,۰۴۱۰۸۳	۱,۰۴۲۳۴۱	۱,۰۴۲۱۱۴	۱,۰۴۳۷۸۴	۱,۰۴۱۵۹۵	۱,۰۴۱۴۳۲
CER	۱,۰۴۳۳۱۱	۱,۰۳۹۵۷۸	۱,۰۴۲۷۱۶	۱,۰۴۳۵۱۴	۱,۰۴۲۲۴۴	۱,۰۴۱۳۹۵	۱,۰۴۰۷۸	۱,۰۴۳۸۲۸
Sharpe	۱,۰۴۳۵۵۵	۱,۰۴۲۷۱۴	۱,۰۴۲۴۳۸	۱,۰۴۲۳۱۷	۱,۰۴۱۹۰۵	۱,۰۴۱۷۸۲	۱,۰۴۴۸۵۱	۱,۰۴۰۸۹۹
Sortino	۱,۰۴۳۳۵۷	۱,۰۴۳۲۵۳	۱,۰۴۲۸۹۸	۱,۰۴۳۱۵۸	۱,۰۴۱۸۱۸	۱,۰۴۴۱۴۵	۱,۰۴۲۵۷۴	۱,۰۴۰۸۹۷
p-value	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱

منبع: نتایج تحقیق

در رویکرد برون نمونه ای، همانطور که مشاهده میشود در هر دو پنجره، با کمتر شدن آماره p -value نسبت به سطح خطا (درصد $a=5$) در معیارهای ارزیابی عملکرد شارپ، سورتینو و امگا، فرضیه صفر تأیید نشده و نتایج نشاندهنده وجود اختلاف معنادار بین معیارهای ارزیابی عملکرد ذکر شده پرتفویهای بهینه میانگین-واریانس مارکویتز و تسلط تصادفی مرتبه دوم، در سطح اطمینان ۸۵ درصد می باشد.

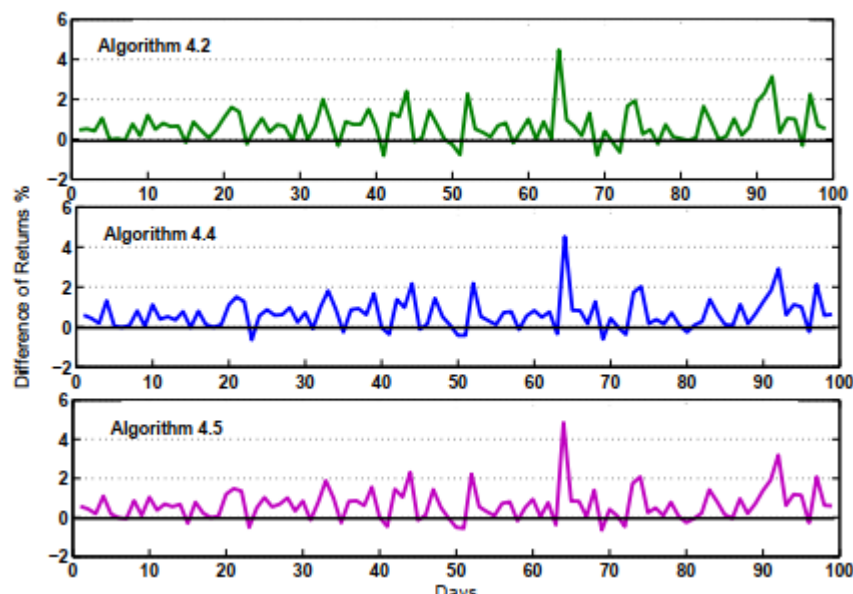
نمودار بازدهی براساس مقادیر ssd و tsd و dsd به صورت زیر خواهد بود:

جدول ۳- نمودار بازدهی براساس مقادیر ssd و tsd و dsd

معیار ارزیابی عملکرد	پنجره ۸ ساله			پنجره ۹ ساله		
	p-value	تفاوت انحراف معیار	تفاوت میانگین	p-value	تفاوت انحراف معیار	تفاوت میانگین
معیار شارپ	۰/۰۰۰	۰/۱۲۰	-۰/۱۴۶	۰/۰۰۰	۰/۴۳۹	-۰/۲۴۸
معیار ترینر	۰/۰۰۰	۰/۰۳۴	-۰/۲۵۲	۰/۰۰۰	۰/۲۱۴	۰/۰۰۱
معیار سورتینو	۰/۰۰۰	۰/۰۱۲	-۰/۳۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۱۷۰	-۰/۳۱۱
معیار امگا	۰/۰۰۰	۰/۱۶	-۰/۳۴۲	۰/۰۰۰	۰/۳۲۱	-۰/۵۲۱

منبع: نتایج تحقیق

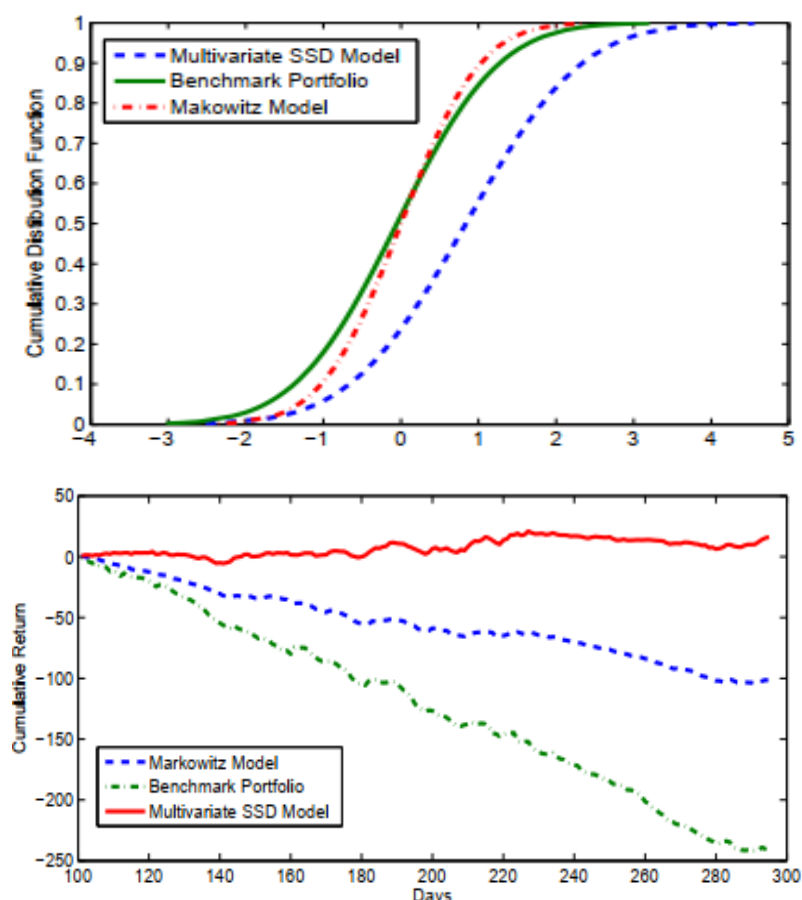
آزمون صحت سنجی تنظیم شده از ۵۰ مشاهدات باقیمانده برای ساختن یک تست خارج از نمونه به منظور بررسی عملکرد نمونه کارها انتخاب شده استفاده شده است. شکل های زیر تفاوت بازده نمونه کارها و سبد معیار را نشان می دهد. پرتفوی معیار نشان دهنده بازده متوسط سه شاخص است.



شکل ۱- بازده نمونه کارها و سبد معیار

منبع: خروجی نرم افزار

در شکل فوق، خط عمده تا بالای خط صفر قرار دارد، به این معنی که بازده نمونه کارها تولید شده بالاتر از نمونه کارها معیار است. علاوه بر این، برای بررسی رابطه ی غالب، نمودار عملکردهای توزیع تجمعی بازده نمونه کارها تولید شده توسط مدل چند SSD با استفاده از الگوریتم های ایجاد شده در نرم افزار، مدل Markowitz و نمونه کارها معیار را در شکل زیر ارائه شده است. واضح است که استراتژی پرتفوی تولید شده بر سبد معیار حاکم است. علاوه بر این، برای دیدن عملکرد استراتژی تولید شده خارج از نمونه، نمودار بازگشت تجمعی بازده نمونه کارها تولید شده توسط مدل چند SSD با استفاده از الگوریتم های نمونه، مدل Markowitz و نمونه کارها معیار را در شکل ۲ ارائه می گردد. مشاهده می شود که بازده حاصل از استراتژی نمونه کارها مبتنی بر مدل SSD چند متغیره در مقایسه با مدل مارکوویتز و نمونه کارها معیار بسیار بیشتر است.



شکل ۲-مقایسه بازده حاصل از استراتژی نمونه کارها مبتنی بر مدل SSD چند متغیره در مقایسه با مدل مارکویتز و نمونه کارها

منبع: خروجی نرم افزار

۸. نتیجه گیری

در این پژوهش، برنامه نویسی تصادفی را با محدودیت های سلطه تصادفی مرتبه دوم و کاهش ریسک گریزی مطلق در خصوص سهام مورد نظر، مورد مطالعه قرار گرفت. در پژوهش حاضر، یک روش دقیق را برای محدودیت های سلطه تصادفی چند متغیره مرتبه دوم و پیشنهاد شد. برای این امر، با استفاده از روش عملکرد سطح و همچنین یک روش برش، با استفاده از روش عملکرد سطح،

و همچنین با استفاده از روشهای پیشنهادی در روند تعیین الگوریتم، مسئله طراحی شده حل شد. رویکرد مورد استفاده در پژوهش با روش مقطعی ارائه شده در معادلات پژوهش و روش خطی ارائه شده، مورد مقایسه قرار گرفت. پژوهش حاضر، طرح تسلط تصادفی و روشهای عددی را برای یک مشکل آزمون دانشگاهی، یک مشکل تخصیص بودجه و یک مسئله بهینه سازی نمونه کارها به کار گرفت. نتایج آزمون نشان داد که رویکرد طراحی شده و روشهای عددی منجر به همان راه حل بهینه مشابه راه حل تولید شده در مساله این پژوهش می شود. مشکل تخصیص نشان داد که روش ارائه شده با الگوریتم حل شده در مقایسه با روش خطی زمانی که اندازه نمونه بزرگ است، کارایی بیشتری دارد. با این حال، این مورد در شرایطی که اندازه نمونه نسبتاً کوچک است، کارایی ندارد. مهمترین مزیت روش پیشنهادی در پژوهش حاضر، با روش خطی این است که می تواند با توابع زمینه ای غیرخطی مقابله کند. در مشکل بهینه سازی نمونه کارها، از داده های ۵۰ دارایی از شاخص های مختلف در بازار سهام، استفاده کردیم. برای بررسی عملکرد استراتژی مورد استفاده، یک آزمون گذشته نگر و یک آزمون خارج از نمونه انجام شده و عملکرد نمونه کارها انتخاب شده را با شاخص های مربوطه مقایسه کردیم. نتیجه نشان داد که نمونه تولید شده نسبت به شاخصها از نظر بازدهی بالاتر چه در نمونه و چه از خارج از نمونه عملکرد بیشتری دارند.

منابع

۱. پیری، حبیب و همکاران (۱۴۰۱)، اثر تعدیلی جبهه‌گیری مدیران بر روابط بین استراتژی تجاری و خطر سقوط قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، نشریه اقتصاد و بانکداری اسلامی، ۱۱(۴۱)، ۲۷۶، ۲۵۳.
۲. جونز، چارلز پارکر (۱۳۸۰)، مدیریت سبد سهام (سبد سرمایه‌گذاری)، مترجم محمدشاه علیزاده، تهران: جامعه دانشگاهی: مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.
۳. رضائی پندری، عباس، آذر، عادل، و رعیتی شوازی، علیرضا (۱۳۹۰). به کارگیری الگوریتم ژنتیک برای انتخاب پرتفولیوی بهینه ای با اهداف غیر خطی (بورس اوراق بهادار تهران). فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۱۶(۴۸)، ۱۳۴-۱۰۹.
۴. سعیدآبادی، سمانه، محمدی، علی، بیات، علی و محمدی، مهدی (۱۴۰۰)، ارائه الگوی بهینه حسابرسی در راستای کاهش گزارشگری مالی متقلبانه، نشریه اقتصاد و بانکداری اسلامی، ۱۰(۳۷)، ۳۴۵-۳۷۷.
5. Aouni, B., Doumpos, M., Pérez-Gladish, B., & Steuer, R. E. (2018). On the increasing importance of multiple criteria decision aid methods for portfolio selection. *Journal of the Operational Research Society*, 69(10), 1525-1542
6. Babat, O., Vera, J. C., & Zuluaga, L. F. (2018). Computing near-optimal value-at-risk portfolios using integer programming techniques. *European Journal of Operational Research*, 266(1), 304-315.
7. Hanoch, G., & Levy, H. (1975). The efficiency analysis of choices involving risk. In *Stochastic optimization models in finance* (pp. 89-100). Academic Press.
8. Bekiros, S., Hernandez, J. A., Hammoudeh, S., & Nguyen, D. K. (2015). Multivariate dependence risk and portfolio optimization: An application to mining stock portfolios. *Resources Policy*, 46, 1-11.
9. Caçador, S. C., Godinho, P. M. C., & Dias, J. M. P. C. M. (2022). A minimax regret portfolio model based on the investor's utility loss. *Operational Research*, 22(1), 449-484.
10. Dzuiche, J., Tassak, C. D., Sadefo Kamdem, J., & Fono, L. A. (2021). On two dominances of fuzzy variables based on a parametrized fuzzy measure and

11. application to portfolio selection with fuzzy return. *Annals of Operations Research*, 300, 355-368.
12. Elton, E. J., Gruber, M. J., Brown, S. J., & Goetzmann, W. N. (2009). *Modern portfolio theory and investment analysis*. John Wiley & Sons.
13. Fishburn, P. C. (1977). Mean-risk analysis with risk associated with below-target returns. *The American Economic Review*, 67(2), 116-126.
14. Georgantas, A., Doumpos, M., & Zopounidis, C. (2021). Robust optimization approaches for portfolio selection: a comparative analysis. *Annals of Operations Research*, 1-17.
15. Hadar, J., & Russell, W. R. (1969). Rules for ordering uncertain prospects. *The American economic review*, 59(1), 25-34.
16. Sen, J., Dutta, A., & Mehtab, S. (2021). Stock portfolio optimization using a deep learning LSTM model. In 2021 IEEE Mysore Sub Section International Conference (MysuruCon) (pp. 263-271). IEEE.
17. Kim, J. H., Kim, W. C., Kwon, D. G., & Fabozzi, F. J. (2018). Robust equity portfolio performance. *Annals of Operations Research*, 266, 293-312.
18. Kopa, M., & Post, T. (2017). Portfolio Optimization with DARA Stochastic Dominance Constraints. Available at SSRN 3063141.
19. Liu, Y. J., Zhang, W. G., & Gupta, P. (2019). Multiperiod portfolio performance evaluation model based on possibility theory. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 28(12), 3391-3405.
20. Asl, M. G., Canarella, G., & Miller, S. M. (2021). Dynamic asymmetric optimal portfolio allocation between energy stocks and energy commodities: Evidence from clean energy and oil and gas companies. *Resources Policy*, 71, 101982.
21. Mainik, G., Mitov, G., & Rüschendorf, L. (2015). Portfolio optimization for heavy-tailed assets: Extreme Risk Index vs. Markowitz. *Journal of Empirical Finance*, 32, 115-134.
22. Masmoudi, M., & Abdelaziz, F. B. (2018). Portfolio selection problem: a review of deterministic and stochastic multiple objective programming models. *Annals of Operations Research*, 267, 335-352.
23. Pavlou, A., Doumpos, M., & Zopounidis, C. (2019). The robustness of portfolio efficient frontiers: A comparative analysis of bi-objective and multi-objective approaches. *Management Decision*, 57(2), 300-313.

24. Xidonas, P., Steuer, R., & Hassapis, C. (2020). Robust portfolio optimization: a categorized bibliographic review. *Annals of Operations Research*, 292(1), 533-552.
25. Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill, Company.
26. Wolfowitz, J. (1952). On the stochastic approximation method of Robbins and Monro. *The Annals of Mathematical Statistics*, 457-461.
27. Homem-de-Mello, T., Shapiro, A., & Spearman, M. L. (1999). Finding optimal material release times using simulation-based optimization. *Management Science*, 45(1), 86-102.