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

استراتژی تنوع سازی سبد سهام بهینه با استفاده از معیارهای ریسک WCVaR و β مقایسه آن با روش مونت کارلو

محمدرضا حدادی[۱]
سید پرویز جلیلی‌کامجو[۲]
سارا گودرزی دهریزی[۳]

چکیده

انتخاب سبد بهینه سهام از اهداف اصلی مدیریت سرمایه است. معیارهای متعددی برای اندازه‌گیری ریسک سبد سرمایه‌گذاری و انتخاب سبد بهینه ارائه‌شده است. در این پژوهش مدل کاربردی WCVaR با روش مونت‌کارلو برای اندازه‌گیری ریسک سبد سهام و انتخاب یک سبد بهینه وزنی متنوع استفاده شد. WCVaR یکی از جدیدترین سنجه‌های ریسک است و نواقص مدل VaR و CVaR را پوشش می‌دهد. این پژوهش از اطلاعات روزانه ده شرکت پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران در دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۷ استفاده نمود. این پژوهش در حالت حداقل ریسک WCVaR به مقایسه میانگین بازده سرمایه‌گذاری و میانگین ارزش سرمایه‌گذاری در سبدهای منتخب با دو روش برنامه‌ریزی خطی و مونت‌کارلو می‌پردازد. نتایج حاصل از برآورد مدل با استفاده روش برنامه‌ریزی خطی، نشان داد که تغییر معیار بهینه‌سازی منجر به تغییر وزن سهام سبد و تغییر استراتژی تنوع سازی در سبد سهام بهینه خواهد شد. به‌طوری‌که از بین ۴۴ سبد با وزن‌های مختلف بهینه‌ترین سبد وزنی متنوع بر اساس ارزش سبد و بازده تحت معیار WCVaR سبد شماره ۱۶ و ۲۵ است. همچنین نتایج نشان داد که در سبد بهینه مقدار ریسک و بازدهی بیشتری با شبیه‌سازی مونت‌کارلو نسبت به برنامه‌ریزی خطی برآورد شده است. درنهایت نیز با مقایسه ریسک WCVaR و β با روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو نتایج نشان داد که بازدهی بیشتری در سبد بهینه با ریسک β نسبت به WCVaR برآورد شده است.

کلمات کلیدی

بهینه‌سازی سبد، روش مونت‌کارلو، برنامه‌ریزی خطی، ارزش در معرض خطر شرطی، WCVaR، آزمون کوپیک، آزمون کریستوفرسن.

۱- گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آیت‌الله بروجردی، بروجرد، ایران. (نویسنده مسئول) haddadi@abru.ac.ir
۲- گروه اقتصاد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آیت‌الله بروجردی، بروجرد، ایران. parviz.jalili@abru.ac.ir
۳-گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آیت‌الله بروجردی، بروجرد، ایران. S.goodarzi1995@gmail.com

مقدمه

انتخاب سبد بهینه سهام از اهداف اصلی مدیریت پرتفوی است لذا گسترش و پیچیدگی روزافزون بازارهای مالی، تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب سبد بهینه را برای سرمایه‌گذاران دشوار نموده است. از سویی بر اساس نظریه مدرن پرتفوی، متنوع‌سازی سرمایه‌گذاری‌ها می‌تواند منجر به کاهش نوسان‌ها در عین حفظ متوسط بازده گردد [۳]. در سال‌های گذشته تمایل اشخاص حقیقی و حقوقی به سرمایه‌گذاری در بازارهای مالی و به‌طور ویژه بورس اوراق بهادار رشد بسیاری داشته است [۷]. با پیشرفت دانش مالی انتخاب‌های سرمایه‌گذاران روشمند شد و آن‌ها با کاربرد مدل‌های مختلف و تلفیق نتایج حاصل از آن با تجربیات خود قادر شدند تا انتخاب بهینه را محقق نمایند [۱۰]. تنوع روش‌های سرمایه‌گذاری و پیچیدگی تصمیم‌گیری در دهه‌های اخیر به‌شدت گسترش‌یافته و این رشد گسترده نیاز به مدل‌های فراگیر و یکپارچه را ایجاد نموده است. برای پاسخ به این نیاز، مدل‌های مالی از پیوند رویکرد مالی و برنامه‌ریزی ریاضی به وجود آمد، برنامه‌ریزی ریاضی یکی از مهم‌ترین ابزارهای پژوهش به شمار می‌آید و به‌طور وسیعی در تجزیه‌وتحلیل منابع مورداستفاده قرار می‌گیرد. فن برنامه‌ریزی خطی یکی از ابزارهایی است که به‌وسیله آن می‌توان از بین گزینه‌های مختلف، گزینه‌ای که حداکثر کارایی را دارد، یعنی به بهترین نحو هدف را تأمین کند، انتخاب کرد [۱۴].

تاکنون مدل‌های متنوعی در زمینه انتخاب بهینه سبد سرمایه‌گذاری ارائه گردید و افزون بر این به دلیل پویایی بازار سرمایه همواره فرآیندها و نیازهای جدیدی در رابطه با مدل‌های بهینه انتخاب سبد مورد شناسایی قرار می‌گیرد. اوایل سال ۱۹۵۲ نظریه نوین سبد برای بهینه‌سازی سبد سهام توسط مارکویتز[1] مطرح شد [۲۳]. مارکویتز مدل سازمان‌یافته‌ای به‌سوی تشکیل سبدهایی با حداکثر نرخ بازده در سطح معین از ریسک ایجاد نمود. دو عامل ریسک و بازده از عوامل مهم در انتخاب سهام برای سرمایه‌گذاری هستند. هدف سرمایه‌گذاران حداکثر کردن بازده مورد انتظار است. اگرچه علاوه بر حداکثر کردن بازده آن‌ها همواره قصد دارند ریسک را نیز کاهش دهند با توجه به اینکه بازده سهام در دوره‌های متفاوت ثابت نیست و روند متغیری رادار است این تغییر و نوسان بازده عدم اطمینان نسبت به بازده‌های آتی سهام سرمایه‌گذاری را ایجاد می‌کند و سرمایه‌گذاری را با ریسک همراه می‌نماید. مدیریت ریسک به فرآیندی اطلاق می‌شود که در شرایط عدم اطمینان برای مقابله با ریسک نخست انواع آن را شناسایی کرد و در مرحله بعد با روشی بهینه به کنترل ریسک می‌پردازد [۷]؛ اما در مطالعاتی که در این زمینه انجام‌شده به حالت بهینه‌ایی که به‌صورت هم‌زمان برای هر دو عامل (بازدهی، ریسک) که همواره مسئله‌ای مهم برای بسیاری از سرمایه‌گذاران بوده منجر نشده و به بهینه‌ترین حالت سبد

سرمایه‌گذاری برمبنای هر دو عامل ذکر شده دست نیافته‌اند. ارزش در معرض ریسک (VaR)به‌عنوان پرکاربردترین معیار ریسک نامطلوب در حوزه مالی مطرح است پس برای سرمایه‌گذاری که ریسک خود را بر اساس ارزش در معرض ریسک اندازه (VaR) گیری می‌کند بسیار ضروری است که مدل انتخاب سبد سرمایه‌گذاری خود را نیز بر اساس آن تنظیم کند اما ابزار VaR و CVaR در مورد وزن سهام موجود در سبد سهام، پیشنهادی به سرمایه‌گذار ارائه نمی‌دهند. جیلی و کلیز[۲] (۲۰۰۱) ضمن اشاره به عدم وجود راه‌حل بهینه برای بهینه‌سازی پرتفوی در چارچوب $Mean - VaR$، سعی شده است با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری Threshold Accepting این مسئله حل گردد که به‌جای واریانس از دو معیار VaR و CVaR استفاده‌شده است و دو مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای هرکدام از این معیارها طراحی گشته است. به این دو مدل محدودیتهای دیگری همانند تعداد دارایی‌های مجاز پرتفوی و همچنین حداکثر و حداقل هر دارایی در پرتفوی هم اضافه‌شده است [۱]. در این پژوهش این محدودیت‌ها با استفاده از مدل WCVaR برطرف خواهد شد. بازده پرتفوی در مدل WCVaR تفاوت معناداری با بازده پرتفوی در مدل CVaR و ریسک پرتفوی مدل WCVaR تفاوت معناداری با ریسک پرتفوی CVaR دارد [۳].

به‌این‌ترتیب سؤال‌های اصلی این پژوهش به این ترتیب است:

- تحت معیارهای ارزش سبد و بازدهی مورد انتظار چه سبدی بهینه است؟
- تنوع‌سازی سهام (وزن سهام در سبد بهینه) با استفاده از بهینه‌سازی تحت معیارهای مختلف ریسک به چه شکلی تغییر خواهد نمود؟
- بر اساس وزنی که مبتنی بر سنجه ریسک WCVaR و β است، بازدهی سبد بهینه در کدام روش بیشتر است؟
- مقدار ریسک و بازدهی در سبد بهینه مبتنی بر سنجه ریسک WCVaR در روش برنامه‌ریزی خطی و مونت کارلو چه تغییری می‌کند؟

به این منظور با استفاده از اطلاعات ۱۰ شرکت مختلف پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران در دوره ۱۳۹۷-۱۳۸۷ و کاربرد روش برنامه‌ریزی خطی و مدل ارزش در معرض خطی شرطی وزنی (WCVaR) تحت معیارهای مجزای ارزش سبد- ریسک و بازدهی مورد انتظار- ریسک و به‌طور هم‌زمان، سبدهای بهینه از بین ۴۴ سبد شبیه‌سازی‌شده، انتخاب خواهند شد تا فرض تنوع سازی مورد آزمون قرار گیرد. همچنین نتایج پژوهش با روش مونت کارلو مقایسه خواهد شد. برای اطمینان از صحت نتایج، پس‌آزمایی نتایج برآورد شده با استفاده آزمون کوپیک و کریستوفرسن مورد بازبینی قرار خواهد گرفت.

با توجه به سئوال‌ها و اهداف پژوهش، فرضیه‌های پژوش به این صورت خواهند بود.

- در سبد بهینه مقدار ریسک (WCVaR) و بازدهی بیشتری با شبیه‌سازی مونت‌کارلو نسبت به برنامه‌ریزی خطی با داده‌های تاریخی برآورد می‌شود.
- بازدهی سبد بهینه با ریسک β نسبت به WCVaR بیشتر خواهد بود.

ساختار این پژوهش به این شکل است که در بخش دوم پیشینه پژوهش داخلی و خارجی ارائه می‌گردد. بخش سوم به مدل پژوهش شامل روش برنامه‌ریزی خطی تحت مدل VaR، CVaRو WCVaR تخصیص داده خواهد شد. در بخش چهارم مدل WCVaR با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی در نرم‌افزار matlab تحت سه معیار مختلف برآورد خواهد شد و سبدهای بهینه مختلف تحت استراتژی تنوع سازی انتخاب خواهد شد. درنهایت در بخش آخر نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها ارائه خواهد شد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

سرمایه‌گذاران به هنگام سرمایه‌گذاری در پروژه‌های مختلف به‌طور هم‌زمان ریسک و بازده آن پروژه‌ها را به‌عنوان یکی از عمده‌ترین عوامل در تصمیمات سرمایه‌گذاری مدنظر قرار می‌دهند. باید اذعان نمود که ریسک جز لاینفک بازده است و هنگام تصمیم‌گیری در مورد بازده پروژه‌های مختلف سرمایه‌گذاری می‌بایست به میزان ریسک آن‌ها توجه نمود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدیریت ریسک فرآیندی است که در آن مدیران به شناسایی، اندازه‌گیری و تصمیم‌گیری در مورد ریسک و نظارت بر انواع ریسک‌های مطرح برای بنگاه‌های اقتصادی می‌پردازند [۷]. در ادامه به ترتیب برخی از مهم‌ترین معیارهای اندازه‌گیری ریسک بیان می‌شوند. انحراف‌معیار نشان‌دهنده پراکندگی بازده دارایی یا پرتفولیو است. انحراف‌معیار مربوط به بازده‌های گذشته را می‌توان از طریق بازده کل برای دوره‌های خاصی محاسبه کرد. مقدار به‌دست‌آمده را می‌توان در ارزیابی ریسک کلی برای دوره خاصی مربوط به گذشته و برآورد ریسک کلی مورداستفاده قرار داد[۲۵].

انتخاب سبد سهام با کمک نیم‌واریانس سعی در حداقل کردن عملکرد بازه‌های پایینی (منفی) سبد دارد و کاری به عملکرد بازده‌های بالای ندارد. البته در انتخاب سبد سهام به کمک نیم‌واریانس نیازی به ماتریس واریانس کواریانس نیست اما باید توزیع بازده سهام را مشخص نمود. درواقع این سنجه ریسک سعی می‌کند مقدار پراکندگی بازده سبد از بازده مورد انتظار را نشان دهد. بنابر نتایج بدست آمده، مارکویتز در مبحث بررسی معیارهای مختلف اندازه‌گیری ریسک، نیم‌واریانس را به‌عنوان اندازه ریسک جدید مطرح نمود. نیم‌واریانس که از مجذورات انحرافات نامطلوب حول میانگین نرخ بازده بدست می‌آید را به‌عنوان سنجه ریسک در نظر گرفته و در مدل بهینه‌سازی قرار داده می‌شود[۲۶].

معیار شارپ، معیاری ترکیبی از عملکرد پرتفولیو ارائه کرده که نسبت پاداش به تغییرپذیری(RVaR) نام دارد و بر مبنای تئوری بازار سرمایه استوار است[۲۵]. ارزش در معرض خطر (VaR)، بیانگر حداکثر زیان مورد انتظار روی سبد دارایی‌ها یا مجموعه سرمایه‌گذاری در طول افق زمانی معین مثل یک روز یا یک ماه و یا یک هفته در شرایط عادی بازار و در سطح اطمینان معین می‌باشد[۴]. به سبب از معیارهای مهم اندازه‌گیری ریسک، ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR) است که نشان‌دهنده بدترین زیان ممکن در سطح اطمینان مشخص، برای مقابله با تغییرات پیش روی بازار در طی دوره‌های زمانی بعدی، مشروط بر تغییرپذیری مربوط به پورتفوی موجود و اطلاعات بازار است[۲]. مدل‌های بهینه‌سازی سبدسهام به دنبال انتخاب سبد سهامی هستند که بیش‌ترین بازده و کمترین ریسک را دارد. در ادامه برخی از این مدل‌ها بیان می‌شوند. مدل میانگین-ارزش در معرض خطر بهینه‌سازی، حداکثر کاهش ارزش دارایی در یک افق زمانی معین و با یک احتمال مشخص که ممکن است اتفاق بیافتد و حداکثر بازده انتظاری را ارائه می‌کند[۴].

مدل میانگین-ارزش در معرض خطر شرطی، مدل بهینه‌سازی است که پرتفولیوهایی با حداقل ارزش در معرض خطر شرطی و حداکثر بازدهی انتظاری را ارائه می‌کند[۵]. مدل میانگین نیمه انحراف، مدل برنامه‌ریزی خطی است که با بیشینه‌کردن نیمه انحراف اندازه ریسک به تشکیل سبد سهام می‌پردازد[۱۲]. مدل میانگین-واریانس، الگوی میانگین–واریانس طراحی شده توسط مارکویتز، میانگین بازده مورد انتظار را نشان می‌دهد و واریانس بیانگر خطرپذیری پرتفوی هست[۱۵].

در زمینه بهینه‌سازی سبد سهام پژوهش‌های گسترده‌ایی صورت گرفته است و روش‌های بسیاری برای بهینه‌سازی آن پیشنهادشده است. در مدل مارکویتز، ریسک به‌وسیله واریانس بازده تاریخی اندازه‌گیری می‌شود [۲۳]. مارکویتز در سال‌های بعد (۱۹۹۱- ۱۹۵۹) نیم واریانس را جایگزین واریانس نمود. واریانس هر انحرافی را از بازده مورد انتظار نشان می‌دهد درحالی‌که نیم‌واریانس تنها انحراف منفی و پایین را از بارده مورد انتظار نشان می‌دهد ازاین‌رو سرمایه‌گذاران نیم‌واریانس را نسبت به واریانس ترجیح می‌دهند [۲۴]. مفهوم ارزش در معرض خطر (VaR) به‌عنوان یک الگوی جدید سنجش ریسک، نخستین بار توسط بامول[۳] پیشنهاد شد و از اوایل دهه ۱۹۹۰ به‌عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری ریسک، کاربرد وسیعی یافت. دلیل محبوبیت و نیز عمومیت این روش، سادگی آن در ایجاد شکل آماری خلاصه از زیان‌های بالقوه، طی یک افق زمانی معین بود [۱۶]. کونو و یامازاکی[۴] (۱۹۹۱) از انحراف مطلق به‌عنوان مقیاس اندازه‌گیری ریسک استفاده و راه‌حلی برای مسئله انتخاب سبد با کمک مدل برنامه‌ریزی

خطی پیشنهاد کردند [۲۱]. راکفلر و یوریاسیو[۵] (۲۰۰۰) سنجه ریسک جدیدتری با نام ارزش در معرض خطر مشروط (CVaR) معرفی کردند [۲۸].

گوه جی و ژانگ[۶] مبتنی بر مفهوم ارزش در معرض خطر (VaR) یک مدل برنامه ریاضی ارائه دادند که با حداقل کردن ارزش در معرض ریسک یک سبد، میزان هر سهم در سبد را مشخص می‌کند [۱۹]. ژو و فوکوشیما[۷] مفهوم بدترین حالت WCVaR را پیشنهاد کردند که با حداقل سازی WCVaR مسائل را به‌صورت برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی مخروطی درجه‌دو فرمول سازی کردند و با استفاده از اعمال مدل به مسئله مدیریت سبد از طریق آزمایش عددی و با استفاده از داده‌های بازار واقعی نشان دادند که مدل به‌صورت عملی کارا است [۲۹]. کائورا و فوکوشیما[۸] ارزش در معرض خطر مشروط در بدترین حالت را در مسئله انتخاب سبد بهینه پایدار با ترکیب مدل جند عاملی موردبررسی قراردادند [۲۰]. لی و خو[۹] پژوهشی در رابطه با بهینه‌سازی پویا در چارچوب مدل میانگین ارزش در معرض خطر شرطی و ارزش در معرض خطر انجام داده‌اند. آن‌ها در این پژوهش مدل‌های مختلف را با یک و دو محدودیت آزمون کردند و با اضافه کردن محدودیت بر بازده مورد انتظار با دیدگاه ارزش در معرض خطر شرطی، به انتخاب سبد سهام بهینه در مجموعه پویا پرداختند [۲۲]. یو و همکاران به مقایسه روش امگا بدترین و روش ارزش در معرض خطر به منظور انتخاب سبد بهینه پرداختند. نتایج نشان داد که روش ارزش معرض خطر سبد بهینه با ریسک کمتر را انتخاب می‌کند[۳۱]. لینگ و همکاران۱۵ با استفاده از روش برنامهریزی خطی مبنی بر سنجه ریسک WCVaR و یک مجموعه نااطمینانی متقارن با ریسک نزولی، اقدام به انتخاب یک سبد بهینه چند دورهای قوی۱۶ نمودند [۳۰].

راعی و بیگی بهینه‌سازی سبد سهام را با استفاده از روش حرکت تجمعی ذرات و استفاده از اطلاعات قیمت ۲۰ سهم پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران در فاصله زمانی مهر ۱۳۸۵ تا شهریور ۱۳۸۷ پرداختند. ایشان در پژوهش خود نشان داده‌اند که روش حرکت تجمعی ذرات در بهینه‌سازی سبد سهام باوجود محدودیت بازار، موفق عمل می‌کند [۶]. رهنمای رود پشتی و همکاران ایشان در پژوهش خود بهینه‌سازی سبد با استفاده از بهینه‌سازی پایدار و تخمین ریسک و بازده سبد و مقایسه ریسک و بازدهی پیش‌بینی‌شده این مدل با ریسک و بازده پیش‌بینی‌شده در مدل کلاسیک را مورد مطالعه قراردادند. در پژوهش مذکور، مشخص شد بازده پیش‌بینی‌شده سبد در مدل پایدار تفاوت معناداری با بازده پیش‌بینی‌شده در مدل کلاسیک و ریسک پیش‌بینی‌شده در مدل پایدار با ریسک پیش‌بینی‌شده در مدل کلاسیک تفاوت معناداری ندارد؛ اما با بررسی بازدهی و ریسک سبدهای تشکیل‌شده بر اساس وزن ارائه‌شده توسط هر یک از مدل‌ها، مشخص گردید در بازار ایران بازده واقعی از هر دو روش تفاوت

معناداری با یکدیگر ندارند. این در حالی است که ریسک واقعی سبدهای بهینه‌شده با روش پایدار کمتر از ریسک سبدهای بهینه‌شده با روش کلاسیک است[۸]. غلامرضا اسلامی بیدگلی و احسان طیبی نیا در پژوهش خود با عنوان بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری بر اساس ارزش در معرض ریسک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها نشان دادند که الگوریتم ترکیبی مورچگان و ژنتیک در این پژوهش نتایجی بهتر از نتایج به‌دست‌آمده توسط الگوریتم ژنتیک به‌تنهایی دارد[۱]. مرضیه بیات، مهدی معدنچی و حسین موسی زاده در پژوهش خود تلاشی برای بررسی مدل انتخاب سبد بهینه با ترکیب بدترین حالت ارزش در معرض خطر مشروط WCVaR و مدل چندعاملی و تخمین ریسک و بازدهی سبد و مقایسه ریسک و بازدهی این مدل با ریسک و بازدهی در مدل CVaR است که با توجه به داده‌های بازار بورس اوراق بهادار تهران به بررسی ۶۶ سبد در طول ۱۱ سال پرداختند که در بهینه‌سازی پایدار با ترکیب WCVaR و مدل جند عاملی نسبت به بهینه‌سازی CVaR عملکرد بهتری را برای سرمایه‌گذار محقق می‌سازد[۳]. مجید غیاث (۱۳۹۳) در پژوهش خود مونت- کارلو، مزیت‌ها و پرسش‌هایی از قبیل این و چگونگی استفاده از مونت‌کارلو را برای شبیه‌سازی فرایندها که سؤال بسیاری از پژوهشگران و دانشجویان است را پاسخ داده‌اند[۱۳].

مدل پژوهش

در شروع یک دوره، سرمایه‌گذار سرمایه خود را به چندین سهم مختلف با وزن غیر منفی یعنی برای هر سهم قسمتی از سرمایه خود را اختصاص می‌دهد. فرض کنید $j = 1,2, \dots, n$ مجموع‌هایی از n سهم برای سرمایه‌گذار مشخص می‌کند. نرخ بازده هر سهم $j \in J$ را با متغیر تصادفی R_j و میانگین بازدهی را با $\mu_j = \mathbb{E}\{R_j\}$ نمایش داده می‌شود. علاوه بر این برای $j = 1,2, \dots, n$ ،$X = (x_j)$ بردار متغیرهای تصمیم را یا همان سهم‌های سبد در نظر گرفته می‌شود. مجموعه امکان‌پذیر مجموعه‌ای است که مجموع وزن‌های آن‌یک و امکان فروش استقراضی موجود نباشد [۲۷]. هدف از حل مسائل انتخاب سبد سرمایه‌گذاری (سبد) آن است که از بین یک مجموعه دارایی‌های در دسترس، سبد انتخاب شود که علاوه بر کمینه‌سازی ریسک سبد، یک سطح حداقلی از بازده‌ی سبد را نیز برای سرمایه‌گذار برآورده کند. رویکرد حل این‌گونه مسائل آن است که بیشینه‌سازی بازده را تنها پارامتر در نظر نگرفته، بلکه تنوع‌بخشی یک سبد را نیز مدل پایه‌ای مسئله به‌منزله‌ی معیار دیگر سرمایه‌گذاری مطرح می‌کند. هدف اصلی این مدل، بیشینه کردن بازده برای سطح مشخصی از ریسک و یا کمینه کردن ریسک به ازای سطح مشخصی از بازده است به‌طورکلی در بهینه‌سازی سبد باید این موارد مشخص باشد:

۱- سهامی که باید در سبد نگهداری شود.

۲- وزن سهم‌های داخل سبد (نسبت بودجه‌ی تخصیصی بین سهام تعیین‌شده).

۳- بازدهی و ریسک حاصل از سرمایه‌گذاری چگونه است.

سبد بهینه به انتخاب بهترین ترکیب دارایی‌ها که متضمن کسب بیشترین بازدهی در یک سطح مشخص ریسک یا تحمل کمترین ریسک در یک سطح مشخص از بازدهی باشد گویند [۲۳].

یکی از مسائل اصلی سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار، تخصیص سرمایه به سهام شرکت‌ها است و انتخاب سبدی از سهام است که ازلحاظ دو هدف متضاد سودآوری و مخاطره بهینه باشد. به‌منظور ایجاد چنین سبد سهامی، روش‌های متنوعی ارائه‌شده است اما مارکویتز اولین کسی بود که مفهوم سبد و کاربرد آن در مدیریت ریسک را به‌طور رسمی بیان کرد و پدیده تنوع‌بخشی را توضیح داد. او در یک غالب علمی نشان داد که چگونه می‌توان ریسک کاهش ارزش یک دارایی را با نگهداری دارایی‌های دیگر کاهش داد و بدین ترتیب با سرمایه‌گذاری در چند دارایی مختلف و تشکیل سبد دارایی، اقدام به مدیریت ریسک سرمایه‌گذاری‌ها نمود. این مسئله منطق اصلی تلاش‌هایی است که برای یافتن سبدی بهینه صورت می‌گیرد راه عمده‌ی کنترل و مدیریت ریسک این است که سبدی از دارایی‌ها را تشکیل شود اما با تعداد مشخصی از دارایی‌ها می‌توان بی‌نهایت سبد تشکیل داد.

روش مونت-کارلو

روش مونت-کارلو یک الگوریتم محاسباتی است که از نمونه‌گیری تصادفی برای محاسبه نتایج استفاده می‌کند. روش مونت‌کارلو معمولاً برای شبیه‌سازی دستگاه‌های فیزیکی، ریاضیاتی و اقتصادی استفاده می‌شوند. در این روش فرض نرمال بودن بازده دارایی‌ها الزامی نیست .همچنین تغییرات آتی به‌وسیله‌ی فرآیندهای تصادفی شبیه‌سازی‌شده توسط کامپیوتر انجام می‌شود.

ویژگی اصلی این روش در این است که زمان نقش تعیین‌کننده‌ای در آن ندارد و از اعداد تصادفی برای حل مسائل پیچیده استفاده می‌شود .از این روش می‌توان برای بهینه‌سازی سبد نیز بهره گرفت. اساس بهینه‌سازی سبد به روش مونت‌کارلو بر روی معیار آلفا استوار است. مزیت این معیار در این است که به‌صورت هم‌زمان بتای سبد را که معیار اندازه‌گیری ریسک سیستماتیک است، برآورد می‌کند. آلفا یک معیار بازدهی است و هدف روش مونت‌کارلو به حداکثر رساندن آن است .این معیار به‌صورت زیر تعریف می‌شود [۱۸].

$$\alpha = rp - (rf + \beta p(rm - rf)) \qquad (۱)$$

که در آن rp بازدهی مورد انتظار سبد، rf ریسک خنثی، rm ریسک بازار، βp بتای سبد است

.

ارزش در معرض خطر[۱۰]

فرض کنید α اسکالری از بازه (۰,۱) باشد برای متغیر تصادفی X ارزش در معرض خطر$\mathrm{VaR}_{1-\alpha}(X)$ از X به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$VaR_{1-\alpha}(X) = -inf\{x \in R;\ \mathbb{P}(X \leq x) > \alpha\} \qquad (۲)$$

VaR بیانگر حداکثر زیان مورد انتظار سبد دارایی‌ها در طول افق زمانی معین و در سطح اطمینان معین است [۲۷].

ارزش در معرض خطر شرطی[۱۱]

فرض کنید Y یک متغیر تصادفی باشد و $\alpha \in (0,1)$ آنگاه ارزش در معرض خطر شرطی که به‌صورت $\mathrm{CVaR}_{1-\alpha}(Y)$ نمایش داده می‌شود به‌صورت زیر تعریف می‌شود [۲۷].

$$\mathrm{CVaR}_{1-\alpha}(Y) = \frac{1}{\alpha}\int_0^{\alpha} \mathrm{VaR}_{1-\alpha}(Y(t))dt. \qquad (۳)$$

درعین‌حال که مزیت‌های VaR را دارد از معایب آن بر حذر است و روش جدیدی برای اندازه‌گیری و احتمالی موجود در بازار سرمایه است. بیشترین زیان مورد انتظار را در افق زمانی مشخص در سطح اطمینان معین اندازه‌گیری می‌نماید و زیان مورد انتظاری برابر و یا بالاتر از VaR در سطح اطمینان مشخص برآورد می‌کند [۱۱].

مدل ارزش در معرض خطر شرطی وزنی[۱۲]

به پیروی مدل مسئله بهینه‌سازی سبد مارکویتز به‌عنوان یک مدل بهینه‌سازی دوتایی میانگین ریسک که در آن میانگین $\mu(x)$ حداکثر و اندازه‌گیری ریسکϱ_x حداقل است. در مدل اصلی مارکویتز از انحراف استاندارد $\sigma(x) = \left[E\left\{\left(R_x - \mu(x)\right)^2\right\}\right]^{\frac{1}{2}}$ برای اندازه‌گیری ریسک استفاده می‌شود بعدها چندین معیار برای اندازه‌گیری ریسک در خانواده مدل میانگین-ریسک مشاهده‌شده است. این مقدار برای سبدهای ریسکی مثبت و برای سبدهای ریسک خنثی مقدارش صفر می‌شود. هر اندازه ریسک $\varrho(x)$ را متناظر با اندازه اطمینان $\mu_\varrho(x) = \mu(x) - \varrho(x)$ و بلعکس می‌توان تعریف کرد اندازه ریسک ایمن $\varrho(x)$ تابعی محدب از x و متناظر با اندازه اطمینان مقعر $\mu_\varrho(x)$ است اندازه اطمینان رابطه‌ایی ریسکی است که اگر میزان بازده مورد انتظار دو سبد برابر باشد در این صورت سبد ریسکی ارزشی کمتر از سبد ریسک خنثی دارد[۲۷].

$$max\{\mu(x), \mu_\varrho(x) \ : x \in \rho\ \} \qquad (۴)$$

بنابراین برای بهینه‌سازی (۴) و مدل دوتایی میانگین - ریسک ایمن ترجیحاً بر مدل کلاسیک میانگین ریسک متمرکز می‌شویم روش معمول پذیرفته‌شده برای پیاده‌سازی مدل مارکویتز میانگین-ریسکی بر استفاده از یک محدودیت پایین مشخص μ_0 در بازده مورد انتظار درحالی‌که حداقل معیار ریسک را در برمی‌گیرد از رویکرد محدود برای حداکثر سازی اندازه اطمینان استفاده می‌شود[۲۷].

$$max\{\mu_\varrho(x) : x \in \rho\ , \mu(x) \geq \mu_0\ \} \qquad (۵)$$

CVaR اندازه ریسک را در بازه $0 < \beta < 1$ محاسبه می‌کند و مفهوم ریسک را در بخش‌های انتهایی و در نقاط بحرانی نمایش می‌دهد. اندازه CVaR چندگانه را می‌توان به‌عنوان معیار ریسک ایمن در نظر گرفت و در چندین محدوده، به‌ویژه در m سطح، $0 < \beta_1 < \beta_2 < \beta_3 < \cdots \beta_m \leq 1$ در نظر می‌گیریم و با استفاده از اندازه CVaR مشابه، $M_{\beta_k}(x)$ یک سبد چند معیار درست می‌شود[۲۷].

$$\max\{[\mathrm{M}_{\beta_1}(\mathrm{x}), \mathrm{M}_{\beta_2}(\mathrm{x}), \dots, \mathrm{M}_{\beta_\mathrm{m}}(\mathrm{x})]: \mathrm{x} \in \rho\} \qquad (۶)$$

β در m سطح اطمینان $0 < \beta_1 < \beta_2 < \beta_3 < \cdots \beta_m \leq 1$ در نظر گرفته می‌شود که $M_{\beta_k}(X)$ مشخصه CVaR نسبت به β_k است. وزن‌دهی ساده‌ترین فن در بهینه‌سازی معیارهای چندگانه است. اندازه CVaR چندگانه وزنی با $\beta_0 = ۰$ و $\beta_{m+1} = ۱$ که با ترکیب $\mu(X)$ و $M_{\beta_k}(X)$ با وزن‌های مثبت به‌صورت زیر معرفی می‌شود[۲۷].

$$M_w{}^{(m)}(X) = w_0\mu(X) + \sum_{k=1}^{M} w_k M_{\beta_k}(X),$$

$$\sum_{k=1}^{M} w_k = 1,\ w_0 \geq 0\ ,\quad w_k > 0 \quad k = 1, \qquad (۷)$$

اندازه WCVaR اندازه‌ای ایمن و مشابه اندازه ریسک تولیدشده با مجموع وزنی که به‌وسیله اندازه $\Delta_{\beta_k}(x)$ تولید می‌شود نمایش داده می‌شود.

$$\Delta_\beta(x) = \mu(x) - M_\beta(x) \qquad (۸)$$

$$\Delta_w{}^{(m)}(X) = \mu(X) - M_w{}^{(m)}(X) = \sum_{k=1}^{M} w_k \Delta_{\beta_k}(X)$$

$$\sum_{k=1}^{M} w_k \leq 1,\ w_0 \geq 0\ ,\quad w_k > 0 \quad k = 1, \dots, m \qquad (۹)$$

مشابه فرمول میانگین- ایمن در رابطه (۴)، برای ارزش در معرض خطر شرطی وزن‌دار به‌صورت زیر نمایش داده می‌شود [۲۷].

$$max\{[\mu(X), M^{(m)}{}_{\mathrm{w}}(X),]: X \in \rho\} = max\{[\mu(X), \mu(X) - \Delta_w{}^{(m)}(X): X \in \rho]\}$$

این مدل حاوی یک سری محدودیت‌ها درون سبد و برای تعریف سبدهای شدنی، تعمیم و بازدهی مورد انتظار سبد از رابطه زیر پیروی می‌کند.

$$X \in \rho,\ \ Z \geq \mu_0,\ \ \sum_{j=1}^{n} \mu_j x_j = Z,\ \ \sum_{j=1}^{n} r_{jt} x_j = y_t,\ t = 1, \dots, T \qquad (۱۰)$$

Z متغیری بیکران است که برای نمایش بازدهی سبد X مورداستفاده قرار می‌گیرد؛ y_t متغیری که بازدهی سبد X را تحت سناریو t ارائه می‌دهد [۲۷]. با استفاده از استانداردسازی مدل و شرایط (۷) به مسئله LP بهینه‌سازی زیر تبدیل می‌شود [۱۷].

$$\max \quad w_0 Z + \sum_{k=1}^{m} w_k q_k - \sum_{k=1}^{m} \frac{w_k}{\beta_k} \sum_{t=1}^{T} P_t d_{tk}$$
$$s.t.\ d_{tk} - q_k + y_t \geq 0,\ \ d_{tk} \geq 0,\ \ t = 1, \dots, T; \quad (۱۱)$$

پس آزمایی مدل

بعد از ایجاد مدل و قبل از اینکه در عمل مورد استفاده قرار گیرد، اعتبار آن باید به‌دقت بررسی شود. پیش آزمایی فرآیندی است که عملکرد روش محاسبه ریسک را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در این پژوهش، برای سنجش اعتبار VaR، از آزمون‌های کوپیک[۱۳] و کریستوفرسن[۱۴] استفاده می‌شود که در ذیل به توضیح آن‌ها می‌پردازیم.

آزمون کوپیک

پیش از محاسبه ارزش در معرض ریسک ضروری است تا آزمون راست آزمایی و اطمینان برای این‌که آیا مدل VaR به کار گرفته‌شده به میزان کافی ریسک واقعی حدی را نشان می‌دهد یا خیر، انجام می‌شود. برای این منظور، معمولاً آزمون اطمینان که توسط کوپیک (۱۹۹۵) معرفی‌شده، به کار گرفته می‌شود. برای انجام آزمون کوپیک از آماره نسبت راست‌نمایی LR_{PoF} استفاده می‌شود که دارای توزیع کای دو است. فرمول این آزمون به‌صورت رابطه زیر است.

$$LR_{PoF} = 2ln\left(\frac{V^f(1-V)^{T-f}}{\alpha^f(1-\alpha)^{T-f}}\right) \qquad (۱۲)$$

در رابطه فوق، f بیانگر تعداد شکست‌ها یا تعداد دفعاتی است که زیان واقعی از زیان برآورد شده توسط VaR بزرگ‌تر است. T نیز بیان‌گر پیش‌بینی‌های انجام‌شده توسط مدل VaR، V نسبت شکست و α سطح خطا یا معنی‌داری است. پس از محاسبه مقدار آماره نسبت راست نمایی، مقدار آماره آزمون با مقدار بحرانی مقایسه شده و درصورتی‌که مقدار آماره LR بزرگ‌تر از مقدار بحرانی باشد، فرضیه صفر

مبنی بر مناسب بودن مدل VaR در سطح معناداری موردنظر تائید شده و درنتیجه نتایج مدل قابل استناد و مناسب است [۹].

آزمون کریستوفرسن

این آزمون شناخته‌شده‌ترین آزمون پوشش شرطی است که توسط کریستوفرسن ارائه‌شده است. آزمون کریستوفرسن علاوه بر نرخ صحیح پوشش، احتمال وابستگی یک استثنا در یک روز بر بازده روز گذشته را نیز موردبررسی قرار می‌دهد. آزمون کریستوفرسن استقلال شکست‌ها و پیروزی‌ها را از یکدیگر نشان می‌دهد، به عبارتی نشان می‌دهد که شکست‌ها و پیروزی‌ها ارتباطی با یکدیگر دارند و یا ندارند. آماره مربوطه این آزمون برای استقلال استثنائات نسبت درست نمایی است که به‌صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود[۹].

$$LR_{ind} = 2ln\left[\frac{(1-\hat{\pi}_{01})^{T_{00}}\hat{\pi}_{01}{}^{T_{01}}(1-\hat{\pi}_{11})^{T_{01}}\hat{\pi}_{11}{}^{T_{11}}}{\hat{\alpha}^{T_1}(1-\alpha)^{T_0}}\right] \sim x^2 \qquad (۱۳)$$

$\hat{\pi}_{ij}$ احتمال رخداد حالت j مشروط بر رخداد حالت i و T_{ij} تعداد مشاهداتی است که در آن حالت j بعد از حالت i رخ می‌دهد.

اگر آماره محاسبه‌شده توسط این آزمون از آماره مقدار بحرانی کای دو در سطح اطمینان مورد نظر کمتر باشد، نشان‌دهنده این موضوع است که شکست‌ها و پیروزها از یکدیگر مستقل می‌باشند.

حالت ترکیب این آماره استقلال با آزمون کوپیک LR_{PoF} می‌توان آزمون توامی را به دست آورد که هر دو ویژگی یک مدل ارزش در معرض ریسک خوب – رخ شکست صحیح و استقلال استثنائات یا پوشش شرطی را موردبررسی قرار می‌دهد. این آزمون توأم را می‌توان به‌صورت رابطه زیر بیان نمود.

$$LR_{cc} = LR_{ind} + LR_{PoF} \qquad (۱۴)$$

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش جهت گزینش بهترین سبد یا بهینه‌سازی سبد، بر اساس اطلاعات واقعی بازار سهام و از ۱۰ شرکت پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران در صنایع مختلف (سبد متنوع) در دوره ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ انجام می‌گیرد. با استفاده از فرض‌های موجود در معادله (۱۱) و با استفاده از قیود موجود در رابطه (۱۰) و اینکه m سطح خطای نوع اول $0 < \beta_1 < \beta_2 < \beta_3 < \cdots \beta_m \leq 1$ در نظر گرفته‌شده است و $M_{\beta_{\mathrm{k}}}(X)$ مشخصه CVaR نسبت به β_{k} است، مدل WCVaR در سطح خطای نوع اول ($\alpha =$ 0.1) و روش برنامه‌ریزی خطی با استفاده از نرم‌افزار matlab با استفاده از قیمت بسته شدن سهم در لحظه t، در جدول ۴ برآورد شد. میانگین قیمت بسته شدن، بازده مورد انتظار و واریانس در جدول ۱

محاسبه‌شده است. همچنین ماتریس همبستگی میان سهام شرکت‌ها در جدول ۲ ارائه‌شده است.

جدول ۱ : قیمت در لحظه t، واریانس σ_i^2 و بازده مورد انتظار

سهم (i)	قیمت P_{it}	بازده مورد انتظار r_i	واریانس σ_i^2
سدرو ۱	۱۶۶۸	۰,۱۵۰	۱۸,۸۰۷
پسهند ۱	۳۴۱۸	۰,۲۱۵	۱۲,۰۹۰
شبهرن ۱	۱۷۷۰۷	۰,۲۴۷	۵,۴۴۷
فخاس ۱	۹۰۴۶	۰,۱۸۱	۴,۵۳۲
لبوتان ۱	۸۵۵۸	۰,۲۶۹	۱۵,۱۴۱
فملی ۱	۴۴۱۹	۰,۱۶۹	۴,۰۰۷
ومعادن ۱	۳۷۹۵	۰,۱۸۶	۴,۸۵۷
دلر ۱	۶۸۵۹	۰,۱۶۳	۶,۱۴۳
دعبید ۱	۳۴۲۹۷	۰,۳۰۴	۶,۳۸۵
خساپا ۱	۱۳۶۷	۰,۱۵۰	۱۲,۴۲۵

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

جدول ۲ : ماتریس همبستگی بین سهام شرکت‌ها

R	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱	۱									
۲	-۰,۰۰۵	۱								
۳	۰,۰۱۸	۰,۰۵۵	۱							
۴	۰,۰۱۹	-۰,۰۰۸	۰,۰۷۴	۱						
۵	۰,۰۱۴	-۶,۰۴۱	-۰,۰۱۳	-۰,۰۳۰	۱					
۶	۰,۰۱۶	۰,۰۰۳	۰,۰۰۸	۰,۰۰	-۰,۰۲۲	۱				
۷	۰,۰۰۹	۰,۰۱۲	-۰,۰۱۶	-۰,۰۰۷	-۰,۰۰۲	-۰,۰۱۵	۱			
۸	-۰,۰۲۸	۰,۰۳۶	-۰,۰۲۳	-۰,۰۲۹	۰,۰۰۱	۰,۰۱۹	۰,۰۲۲	۱		
۹	۰,۰۱۴	۰,۰۵۱	۰,۰۱۴	۰,۰۳۷	-۰,۰۲۳	-۰,۰۱۹	-۰,۰۲۲	۰,۰۰۶	۱	
۱۰	۰,۰۴۱	-۰,۰۱۵	۰,۰۵۰	۰,۰۲۷	-۰,۰۲۹	۰,۰۳۶	۰,۰۰۲	۰,۰۳۱	-۰,۰۳۷	۱

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که سبد انتخاب‌شده از تنوع مناسبی برخوردار است به‌طوری‌که در

همبستگی‌های دوبه‌دو ۳۷ درصد سهام سبد با یکدیگر همبستگی منفی و ۶۳ درصد همبستگی مثبت دارند.

مانایی متغیرها

به منظور اطمینان از عدم رگرسیون کاذب که منجر به عدم تورش و سازگاری ضرایب برآورد شده می‌گردد، نیاز به آزمون عدم ریشه واحد و مانایی متغیرها است. البته به این دلیل که در این پژوهش از داده‌های روزانه استفاده می‌گردد و همچنین بازده قیمت‌های روزانه در مدل وارد شده است، به طوری که بازدهی به لحاظ ریاضی رشد قیمت پایانی محسوب می‌گردد، متغیرها حتما پایا (مانا یا ایستا) خواهند بود. اما به منظور در نظر گرفتن شکست ساختاری در دوره ۱۳۸۷-۱۳۹۷ از آزمون فلپس- پرون استفاده شد. زیرا در این دوره ۱۱ ساله اتفاقات مختلفی مانند حجم مبنا، بازار پایه و تغییر گسترده قوانین مختلف وجود داشته است که ممکن است منجر به شکست ساختاری گردد. آزمون مانایی فلپس- پرون در ارزیابی مانایی متغیرها فرض شکست ساختاری را نیز در نظر می‌گرد.

جدول ۳- آزمون مانایی ان جی- پرون

متغیر	آماره فلپس- پرون	آماره در سطح ۰/۰۱	آماره در سطح ۰/۰۵	آماره در سطح ۰/۱۰	احتمال آزمون	مانایی
سدرو ۱	-۳۸/۱۲۲	-۳/۴۳۳	-۲/۸۶۲	-۲/۵۶۷	۰/۰۰۰	$I(0)$
پسهند ۱	-۳۸/۰۰۶	-۳/۴۳۳	-۲/۸۶۲	-۲/۵۶۷	۰/۰۰۰	$I(0)$
شبهرن ۱	-۱۷/۱۷۹	-۳/۹۶۳	-۳/۴۱۲	-۳/۱۲۸	۰/۰۰۰	$I(0)$
فخاس ۱	-۴۰/۶۷۰	-۳/۴۳۳	-۲/۸۶۲	-۲/۵۶۷	۰/۰۰۰	$I(0)$
لبوتان ۱	-۳۴/۴۹۲	-۳/۴۳۴	-۲/۸۶۳	-۲/۵۶۷	۰/۰۰۰	$I(0)$
فملی ۱	-۳۷/۵۹۱	-۳/۴۳۳	-۲/۸۶۲	-۲/۵۶۷	۰/۰۰۰	$I(0)$
ومعادن ۱	-۳۴/۷۰۱	-۳/۴۳۳	-۲/۸۶۲	-۲/۵۶۷	۰/۰۰۰	$I(0)$
دلر ۱	-۳۲/۵۸۳	-۳/۴۳۴	-۲/۸۶۳	-۲/۵۶۷	۰/۰۰۰	$I(0)$
دعبید ۱	-۳۴/۷۲۰	-۳/۹۶۳	-۳/۴۱۲	-۳/۱۲۸	۰/۰۰۰	$I(0)$
خساپا ۱	-۲۹/۰۹۱	-۳/۴۳۳	-۲/۸۶۲	-۲/۵۶۷	۰/۰۰۰	$I(0)$

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

نتایج آزمون مانایی فلپس- پرون در جدول ۳ نشان میدهد که متغیرهای مورد استفاده در پژوهش در سطح مانا هستند و نیاز به آزمون هم‌انباشتگی وجود ندارد. به‌این‌ترتیب در ادامه با برآورد مدل WCVaR با روش برنامه‌ریزی خطی، استراتژی تنوع سازی تحت معیارهای مختلف ارزش سبد- ریسک و بازدهی مورد انتظار- ریسک با شبیه‌سازی ۴۴ سبد وزنی مختلف مورد آزمون قرار خواهد گرفت.

سرمایه‌گذاران اغلب برای سهامی که در سبد موجود است وزن برابری در نظر می‌گیرند اما با توجه به نوسان بازار و نبود تعادل در میان بازدهی و ریسک نمی‌توان در یک سبد سهام، شرکت‌ها را برابر (وزن) در نظر گرفت. درواقع برای بهینه‌سازی وزن هر سهم در سبد که سرمایه‌گذار چه مقدار از هر سهمی را انتخاب کند که درنهایت با توجه به شرایط سهم موجود به سبدی بهینه برای سرمایه‌گذاری دست‌یابد بنا بر رابطه (۸) و قیود موجود در معادله (۱۰) با توجه به مدل در خروجی‌های دریافت شده از مدل وزن‌های متفاوتی برای سهام موجود در سبد یافت شده که با توجه به حالت‌های مختلف، سبد بهینه انتخاب و وزن بهینه سهام مشخص‌شده. در سرمایه‌گذاری سهام انتخاب سبد بهینه سهام ازجمله مهم‌ترین موارد قابل‌توجه است. در این رابطه ایجاد مدل‌هایی که بتوانند منجر به انتخاب بهترین سبد سهام شود از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است هدف این پژوهش ایجاد مدلی هوشمند جهت انتخاب سبد بهینه سهام با استفاده از WCVaR که یک سنجه جدیدی در ریسک است. سبد بهینه بر اساس ارزش سبد و بازده مورد انتظار در بین ۴۴ سبد با وزن‌های مختلف شامل ۱۰ سهام از صنایع مختلف شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران، با استفاده از مدل WCVaR در جدول ۴ ارائه‌شده است.

جدول ۴ : سبد بهینه باارزش سبد و بازده مورد انتظار

	وزن سبد	ارزش سبد	بازده مورد انتظار	WCVaR	سبد بهینه
۱	]۰,۱ ۰,۱ ۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۱ ۰,۱[	۱۰۱۹۸	۰,۲۱۲	۷۲۱۵	
۲	]۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰ ۰ ۰,۲ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۱ ۰,۱[	۱۰۶۱۲	۰,۲۲۲	۸۳۷۹	
۳	]۰,۱ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۱ ۰,۱ ۰ ۰ ۰,۳ ۰,۱ ۰[	۱۱۴۱۴	۰,۲۰۹	۷۹۹۹	
۴	]۰ ۰,۱ ۰,۳ ۰,۱ ۰ ۰,۲ ۰,۱ ۰,۲ ۰ ۰[	۱۲۰۲۵	۰,۲۱۹	۸۸۴۹	
۵	]۰ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۱ ۰ ۰,۲ ۰,۱ ۰,۳ ۰ ۰[	۱۳۱۰۹	۰,۲۲۸	۹۱۸۶	
۶	]۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰ ۰,۲ ۰,۱ ۰,۴ ۰ ۰[	۱۴۱۹۴	۰,۲۳۶	۱۰۱۶۵	**
۷	]۰ ۰,۳ ۰,۱ ۰,۱ ۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱[	۱۵۳۹۴	۰,۲۳۳	۱۵۶۴۱	
۸	]۰,۴ ۰,۴ ۰ ۰ ۰ ۰,۲ ۰ ۰ ۰ ۰[	۱۵۹۷۷	۰,۲۳۶	۱۹۷۰۵	
۹	]۰ ۰,۳ ۰,۴ ۰ ۰ ۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰[	۱۶۰۵۰	۰۲۲۱	۱۳۹۷۹	
۱۰	]۰ ۰,۴ ۰,۵ ۰ ۰,۱ ۰ ۰ ۰ ۰ ۰[	۱۷۵۹۰	۰,۲۲۰	۱۹۲۹۰	
۱۱	]۰,۴ ۰,۵ ۰ ۰ ۰ ۰,۱ ۰ ۰ ۰ ۰[	۱۸۵۵۱	۰,۲۳۹	۲۳۰۶۱	
۱۲	]۰ ۰,۴ ۰,۴ ۰ ۰ ۰ ۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰[	۱۸۵۷۸	۰,۲۳۳	۱۸۷۱۸	
۱۳	] ۰,۶ ۰,۴ ۰ ۰ ۰ ۰ ۰ ۰ ۰ ۰[	۲۳۶۸	۰,۱۷۶	۴۶۶۵	

۱۴	]۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰ ۰,۴ ۰,۵[	۳۱۰۵۸	۰,۱۷۹	۴۷۶۲	
۱۵	]۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۳ ۰ ۰,۵ ۰,۲[	۳۱۸۱۱	۰,۱۹۴	۴۲۸۰	
۱۶	]۰,۵ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۴ ۰ ۰,۱ ۰,۰ ۰[	۳۳۵۵۷	۰,۱۶۰	۲۴۴۸	***
۱۷	]۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰ ۰,۴ ۰,۴[	۳۶۲۴۹	۰,۱۸۱	۴۳۷۱	
۱۸	]۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۴ ۰,۴[	۳۹۴۱۸	۰,۱۸۶	۵۰۹۷	
۱۹	]۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۵ ۰,۴[	۴۱۴۶۹	۰,۱۹۲	۵۶۱۶	
۲۰	]۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۶ ۰,۱[	۴۵۰۴۵	۰,۲۰۳	۵۹۹۶	
۲۱	]۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۳ ۰,۵[	۴۵۳۴۷	۰,۱۸۳	۴۸۶۰	
۲۲	]۰,۱ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۵ ۰,۲[	۴۶۳۵۹	۰,۱۹۴	۴۸۱۲	
۲۳	]۰,۱ ۰,۰ ۰ ۰,۱ ۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۳[	۵۲۳۱۳	۰,۱۹۲	۴۵۴۰	
۲۴	]۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۳ ۰,۳[	۵۴۳۶۴	۰,۱۹۸	۴۷۷۰	
۲۵	]۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۶ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰[	۵۵۱۷۳	۰,۱۹۱	۳۴۹۸	***
۲۶	]۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۲ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۴[	۵۸۱۳۱	۰,۱۹۴	۶۲۵۱	
۲۷	]۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۲ ۰,۵ ۰,۲[	۵۹۶۳۵	۰,۲۰۶	۶۰۱۷	
۲۸	]۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۴ ۰,۴ ۰,۱ ۰,۰ ۰[	۶۲۳۲۱	۰,۲۰۸	۱۰۷۷۰	
۲۹	]۰,۲ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۵ ۰,۱[	۶۲۶۴۸	۰,۱۹۹	۶۴۴۲	
۳۰	]۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۵ ۰,۲[	۶۴۸۸۶	۰,۲۰۵	۶۴۶۰	
۳۱	]۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۵ ۰,۱[	۶۵۰۷۶	۰,۲۰۳	۶۳۳۷	
۳۲	]۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۵ ۰[	۶۷۸۲۷	۰,۲۰۵	۶۱۵۹	
۳۳	]۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۳ ۰,۳ ۰,۴[	۷۰۰۴۷	۰,۱۹۹	۶۷۶۰	
۳۴	]۰,۰ ۰,۰ ۰,۴ ۰,۰ ۰,۴ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۰۰ ۰,۱[	۷۱۸۶۵	۰,۱۷۵	۴۵۵۱	*
۳۵	]۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۴ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۱ ۰[	۷۲۹۸۳	۰,۲۰۶	۵۴۲۵	**
۳۶	]۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۵ ۰,۱[	۷۸۹۸۸	۰,۲۰۹	۶۹۸۶	
۳۷	]۰,۱ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۲ ۰,۴ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۰ ۰۰[	۸۲۱۶۶	۰,۱۹۸	۵۹۷۳	
۳۸	]۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱[	۸۶۵۰۷	۰,۲۰۲	۵۵۷۱	
۳۹	]۰,۲ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱[	۸۸۰۸۲	۰,۲۰۲	۵۸۵۶	
۴۰	]۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۳ ۰,۱[	۸۸۶۸۴	۰,۲۰۲	۶۱۶۰	

۴۱	]۰ ۰ ۰,۱ ۰ ۰,۳ ۰,۲ ۰,۲ ۰,۲ ۰ ۰[	۹۰۷۳۸	۰,۲۰۶	۶۸۴۹	
۴۲	]۰ ۰,۱ ۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۲[	۹۳۶۲۲	۰,۲۰۵	۵۱ ۶۲	
۴۳	]۰,۱ ۰,۲ ۰,۱ ۰ ۰ ۰ ۰ ۰,۵ ۰,۱[	۹۵۵۷۸	۰,۲۱۵	۱۰۷۴۳	
۴۴	]۰ ۰ ۰,۱ ۰ ۰,۳ ۰,۳ ۰ ۰,۳ ۰ ۰[	۹۸۹۱۱	۰,۲۲۲	۱۰۵۸۲	

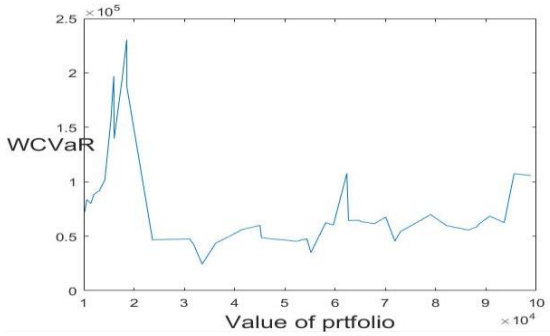
منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

سبد بهینه بر اساس معیار ارزش سبد* ، بازدهی ** و هر دو معیار*** مشخص‌شده است.

سبد شماره ۱۶ با تنوع سازی [۰ ۰ ۰,۱ ۰ ۰,۴ ۰ ۰ ۰,۵] و سبد شماره ۲۵ با تنوع سازی [۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰ ۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۶ ۰,۱ ۰] بر اساس هر دو معیار ارزش سبد و بازده مورد انتظار با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی با معیار ریسک WCVaR به‌عنوان سبد بهینه برآورد شدند. یعنی بهینه‌ترین سبد وزنی با توجه به معیار ارزش سبد نسبت به کمترین ریسک و به‌طور هم‌زمان بهینه‌ترین سبد با توجه به معیار بازدهی مورد انتظار نسبت به کمترین ریسک یا به‌بیان‌دیگر بهینه‌سازی سبد بر اساس دو عامل هم‌زمان بازدهی-ریسک و ارزش سبد-ریسک توسط وزن‌های شماره ۱۶ و ۲۵ تأمین خواهند نمود.

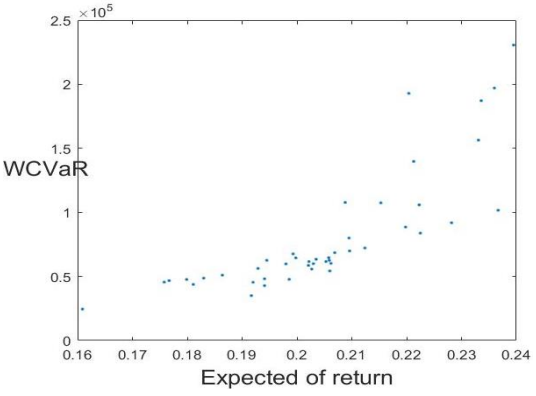
بهینه‌سازی سبد بر اساس ارزش سبد-ریسک سبدی متفاوت از بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از بازدهی-ریسک است. نتایج برآورد مدل با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و مدل WCVaR مبتنی بر معیار بازدهی- ریسک نشان می‌دهد که سبد وزنی شماره ۶ با تنوع سازی [۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰ ۰,۲ ۰,۱ ۰,۴ ۰ ۰] و سبد وزنی شماره ۳۵ با وزن [۰,۱ ۰ ۰ ۰,۴ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۱ ۰,۲ ۰,۱ ۰ ۰] سبدهای بهینه در بین ۴۴ سبد وزنی مختلف مشتمل بر ۱۰ سهام متفاوت هستند.

بهینه‌سازی بر اساس معیار بازدهی مورد انتظار- ریسک نیز از دو روش قبلی بسیار متفاوت بود. به‌طوری‌که نتایج برآورد مدل با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و مدل WCVaR مبتنی بر معیار ارزش- ریسک نشان می‌دهد که سبد وزنی شماره ۳۴ با تنوع سازی [۰ ۰ ۰,۴ ۰ ۰,۴ ۰,۱ ۰ ۰,۱ ۰,۱ ۰ ۰] به‌عنوان سبد بهینه انتخاب می‌گردد.



شکل ۱ : ارزش سبد سرمایه‌گذاری نسبت به ریسک (منبع:یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

نتایج نشان می‌دهد که تغییر معیار بهینه‌سازی منجر به تغییر وزن سهام سبد و تغییر استراتژی تنوع سازی در سبد سهام خواهد شد. در بهینه‌سازی تحت معیار ارزش سبد-ریسک، روش برنامه‌ریزی خطی سبد وزنی شماره ۳۴، سبد بهینه وزنی تحت معیار WCVaR انتخاب می‌شود. در بهینه‌سازی تحت معیار بازدهی مورد انتظار-ریسک، روش برنامه‌ریزی خطی سبد وزنی شماره ۶ و شماره ۳۵ را با تنوع سازی ۶۰ درصدی تحت WCVaR انتخاب می‌نماید. درنهایت در بهینه‌سازی تحت معیارهای ارزش سبد-ریسک و بازدهی مورد انتظار- ریسک، روش برنامه‌ریزی خطی سبد وزنی شماره ۱۶ با تنوع سازی ۴۰ درصدی و سبد وزنی شماره ۲۵ را با تنوع سازی ۵۰ درصدی تحت WCVaR انتخاب می‌نماید. به‌این‌ترتیب استفاده از معیارهای مختلف به‌منظور بهینه‌سازی سبد بهینه سهام منجر به تغییر وزن سهام سبد خواهد شد. به‌این‌ترتیب بهینه‌ترین سبد سهام الزاماً متنوع‌ترین سبد سهام نیست و فرض تنوع سازی به‌منظور انتخاب سبد بهینه پذیرفته نمی‌شود.



شکل ۲ : بازده نسبت به ریسک(منبع:یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

با استفاده از اطلاعات سهام شرکت‌ها، نمودارهای شکل ۱ و ۲ به ترتیب بر اساس ارزش سبد نسبت به ریسک WCVaR و بازده مورد انتظار نسبت به ریسک رسم شده‌اند که شکل ۱ نشان‌دهنده بهترین ارزش سبد با کمترین میزان ریسک است. ارزش سبد در ابتدای دوره میزان ریسک بالایی و در طول دوره با نوساناتی همراه بوده اما با افزایش تدریجی ارزش سبد ریسک سبد با شیب تقریباً تندی کاهش‌یافته و در بالاترین مقادیر از ارزش سبد، ریسک به ثبات رسیده است. شکل ۲ میزان بازدهی مورد انتظار را با کمترین ریسک نشان می‌دهد. بازدهی بین بازه ۰/۱۹ تا ۰/۲۱، بازهایی که بیشترین میزان تمرکز را دارد که بازدهی بالایی با کمترین میزان ریسک WCVaR مقدار ۰/۵ است. برای بهینه‌سازی به روش مونت-کارلو از مقدار شاخص سهام از سال ۱۳۸۷-۱۳۹۷ استفاده‌شده است. سپس مقدار بتای هر سهم از رابطه زیر به‌دست‌آمده است:

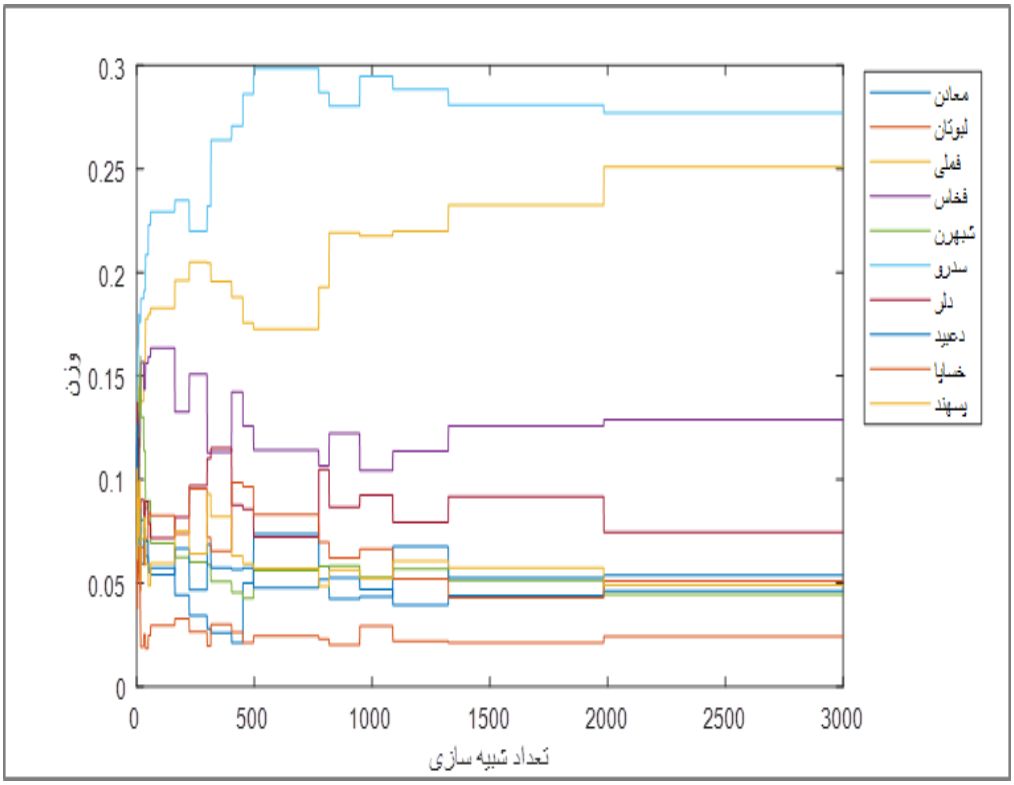
$$\beta_i = COV_{i,M}/VAR(RM) \qquad (۱۵)$$

با استفاده از مقدار قیمت و شاخص سهم با ۳۰۰۰ بار تکرار، WCVaR و وزن هر سهم را با استفاده از ۳۰۰۰ شبیه‌سازی مونت‌کارلو محاسبه و نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است. با استفاده از مقدار قیمت و شاخص سهم با ۳۰۰۰ بار تکرار، بتا و وزن هر سهم را با استفاده از ۳۰۰۰ شبیه‌سازی مونت‌کارلو محاسبه و نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۵ : بازده-ریسک WCVaR و β با ۳۰۰۰ شبیه‌سازی مونت‌کارلو(منبع:یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹)

	بازده مورد انتظار	وزن بر اساس WCVaR	مقدار ریسک WCVaR	وزن بر اساس β	مقدار ریسک β
سدرو ۱	۰,۳۵۶	۰,۱۹۵	۵۶۶۵	۰,۲۷۶	۸۸۱,۶۸۶
پسهند ۱	۰,۱۱۲	۰	۰	۰,۰۴۸	۲۰۵,۴۰۰
شبهرن ۱	۰,۱۹۵	۰	۰	۰,۰۴۴	۲۷۳,۷۲۴
فخاس ۱	۰,۲۲۶	۰,۱۲۱	۲۹۶۰	۰,۱۲۸	۴۹۴,۹۹۷
لبوتان ۱	۰,۱۰۹	۰	۰	۰,۰۲۴	۹۸,۸۹۹
فملی ۱	۰,۳۵۲	۰,۱۶۰	۵۴۱۵	۰,۲۵۰	۷۹۴,۶۴۱
و معادن ۱	۰,۱۶۸	۰	۰	۰,۰۴۶	۲۶۳,۷۸۱
دلر ۱	۰,۲۱۹	۰,۲۰۲	۲۴۲۹	۰,۰۷۴	۳۸۶,۳۳۶
دعبید ۱	۰,۲۳۳	۰,۳۱۹	۲۸۸۷	۰,۰۵۳	۲۵۶,۲۰۴
خساپا ۱	۰,۱۳۵	۰	۰	۰,۰۵۰	۲۳۵,۵۹۱
سبد بر اساس وزنWCVaR	۰,۲۷۰	-	۳۷۴۰	-	-
سبد بر اساس وزنβ	۰,۲۷۴	-	-	-	۵۹۵,۷۲۳

بازدهی سبد درروش مونت‌کارلو با معیار ریسک بتا بهتر از بازدهی سبد نسبت به معیار ریسک WCVaR است. در شکل۳ نمودار وزن سهام شرکت‌ها با ۳۰۰۰ شبیه‌سازی روش مونت‌کارلو نمایان است و بالاترین نمودار مربوط به شرکت ومعادن و پایین‌ترین مربوط به خساپا است.



شکل۳ : وزن هر سهم با شبیه‌سازی مونت‌کارلو سهام با ۳۰۰۰ تکرار

منبع:یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

پس آزمایی کوپیک- کریستوفرسن

پس آزمایی کوپیک- کریستوفرسن برای ارزیابی صحت نتایج مدل مورد برآورد شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که نتایج مدل برآورد شده با استفاده از ۱۹۸۶ مشاهده با آماره احتمال ۰/۴۹۷ با احتمال ۰/۹۹ درصد رد نمی‌شود.

جدول ۶: پس آزمایی کوپیک- کریستوفرسن در مدل مورد برآورد شده در جدول ۳

PortfolioID	WCVaRID	WCVaRLevel	POF	LRatioPOF	PValuePOF	Observations	Failures	TestLevel
"Portfolio"	" WCVaR "	۰/۹۵	پذیرش	۰/۳۹۶	۰/٤۹۷	۱۹۸٦	۵۷	۰/۹۹

منبع: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری

تاکنون معیارهای متعددی برای اندازه‌گیری ریسک سبد سرمایه‌گذاری و انتخاب سبد بهینه ارائه‌شده است. در این پژوهش مسئله انتخاب سبد بهینه سهام تحت سنجه ریسک WCVaR و β موردبررسی قرار گرفت. در این پژوهش از اطلاعات دوره ۱۱ ساله (۱۳۹۷-۱۳۸۷) از داده‌های واقعی سهام ده شرکت مختلف پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران استفاده شد. نتایج حاصل از برآورد مدل با استفاده روش برنامه‌ریزی خطی، نشان داد که تغییر معیار بهینه‌سازی منجر به تغییر وزن سهام سبد و تغییر استراتژی تنوع سازی در سبد سهام بهینه خواهد شد. به‌طوری‌که از بین ۴۴ سبد با وزن‌های مختلف بهینه‌ترین سبد وزنی متنوع بر اساس ارزش سبد و بازده تحت معیار WCVaR سبد شماره ۱۶ و ۲۵ است. سبد ۱۶ تشکیل‌شده از سه سهم و سبد ۲۵ تشکیل‌شده از پنج سهم است و به‌این‌ترتیب بهینه‌ترین سبد سهام الزاماً متنوع‌ترین سبد سهام نیست و فرض تنوع سازی به‌منظور انتخاب سبد بهینه پذیرفته نمی‌شود. هوشمندی مدل به سبب بهینه‌سازی هم‌زمان بر اساس بازدهی و ارزش سبد است. این مهم توانایی این را دارد که توجه بسیاری از سرمایه‌گذاران را در بازارهای مالی به خود جلب کند.

در مقایسه داده‌های تاریخی از طریق بهینه‌سازی خطی با شبیه‌سازی مونت‌کارلو نتایج نشان داد که بازدهی سبد درروش مونت‌کارلو بسیار بالاتر برآورد شده است (یعنی ۱۶ درصد و ۱۹ درصد بازده در مقایسه با ۲۷ درصد بازده). همچنین در مقایسه داده‌های تاریخی از طریق بهینه‌سازی خطی با شبیه‌سازی مونت‌کارلو دیده می‌شود که مقدار ریسک WCVaR سبد درروش مونت‌کارلو بسیار بالاتر برآورد شده است (یعنی مقدار ۲۴۴۸ و ۳۴۹۸ WCVaR در مقایسه با ۳۷۴۰) که نتیجه می‌دهد روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو درنهایت مقدار ریسک و بازدهی بیشتری نسبت به برنامه‌ریزی خطی با داده‌های تاریخی نشان می‌دهد. درنهایت نیز با مقایسه ریسک WCVaR و β با روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو دیده می‌شود که بازدهی بیشتری در سبد بهینه با ریسک β برآورد شده است.

پیشنهادها

معیار VaR و CVaR و WCVaR در حوزه مالی کاربردهای متعددی دارند و ارزیابی عملکرد شرکت‌های موجود در گروه بورس اوراق بهادار با روش مونت‌کارلو و پیش‌بینی سبد بهینه با استفاده از سهم‌های عرضه‌شده در فرابرس از مهم‌ترین فرصت‌های موجود است. این مدل را می‌توان در تمام زمینه‌های بورسی برای محاسبه ریسک سهام و سرمایه‌گذاری شرکت‌های مختلف به کاربرد.

به سرمایه‌گذاران پیشنهاد می‌شود سهم‌های شرکت‌های خودروسازی و پتروشیمی با توجه به سبد ۱۶ و سبد ۲۵. (با توجه به شرایط فعلی بازار سهام شرکت‌های پتروشیمی و به‌ویژه خودرو نوسانات بسیار اما پرسود هستند) را به سبد اضافه و به‌جای آن سهام شرکت‌های سیمان را از سبد خارج کنند. البته نتایج این پژوهش باید به صورت داینامیک و با برآوردهای مکرر در میان مدت مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از رویکرد تحقیق حاضر در راستای محاسبه ریسک متغیرهای اقتصادی ازجمله نرخ ارز- قیمت نفت بسیار ارزشمند می‌گردد.

درنهایت به سرمایه‌گذاران توصیه می‌شود برای تصمیم‌گیری در حوزه ریسک و بازدهی و پیش‌بینی روند قیمت‌ها در کنار تحلیل تکنیکال و معیار تسلطی از معیار WCVaR نیز بهره ببرند.

منابع

۱) اسلامی بیدگلی، غلامرضا. طیبی نیا، احسان. بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری بر اساس ارزش در معرض ریسک با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۱۳۹۳، شماره ۱۸، ص ۱۶۳-۱۸۴.

۲) ایزدی‌گنابادی، مینا. محاسبه فاصله‌ی اطمینان روش درست‌نمایی تجربی برای CVaR با استفاده از مدل‌های ARCH\GARCH، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی‌مالی، دانشگاه علم و فرهنگ، ۱۳۹۱.

۳) بیات، مرضیه. معدنچی‌زاچ، مهدی. موسی زاده، حسین. بررسی بهینه‌سازی سبد بر اساس مدل ارزش در معرض خطر مشروط در بدترین حالت (WCVaR) با ترکیب مدل چندعاملی با مدل ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR)، چهارمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در مدیریت و حسابداری، ۱۳۹۵.

۴) پرتویی، هاشم. انتخاب سبد میانگین-ارزش در معرض خطر شرطی در چهارچوب برآوردی ناپارامتریک، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته ریاضی‌مالی، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه علامه طباطبایی، ۱۳۹۳ .

۵) داراب ملک آبادی، سعید . تلفیق مدل میانگین- واریانس-ارزش در معرض خطر شرطی و متدهای خلق سناریو جهت تشکیل پرتفولیوی بهینه در بورس اوراق بهادار تهران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، ۱۳۹۰.

۶) راعی، رضا. علی‌بیگی، هدایت. بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از روش حرکت تجمعی ذرات. نشریه علمی پژوهشی پژوهشات مالی، ۱۳۸۹، دوره۱۲، شماره۲۹، ص ۴۰ - ۲۱.

۷) راعی، رضا. تلنگی، احمد. مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته، چاپ اول. تهران: سازمان سمت. ۱۳۸۳.

۸) رهنمای رودپشتی، فریدون و همکاران. بررسی کارایی بهینه‌سازی سبد بر اساس مدل پایدار با بهینه‌سازی کلاسیک در پیش‌بینی ریسک و بازده سبد، مجله‌ی مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۱۳۹۴، شماره ۲۲، ص ۲۹-۵۹.

۹) زمردیان، غلامرضا و کاتبی، حمیدرضا. بررسی قدرت تبیین سنجه‌های ریسک طیفی، منسجم، انحراف و شبکه‌های عصبی مصنوعی و کاربرد آن‌ها در انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، ۱۳۹۶، سال ۸ شماره ۳۰، ص ۲۸۷-۳۱۲.

۱۰) شهرآبادی، ابوالفضل. بشیری، ندا. مدیریت سرمایه‌گذاری و بورس اوراق بهادار، ناشر سازمان بورس و اوراق بهادار. چاپ اول، ۱۳۸۹.

۱۱) شمس، مرضیه. صادقی، حجت ا. محاسبه ارزش در معرض ریسک بر اساس تقریب کورنیش-فیشر از توزیع نرمال (مطالعه‌ای در نهادهای مالی بازار بورس اوراق بهادار تهران)، فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی، ۱۳۹۳، سال دوم، شماره ۱، ص ۲۰-۱.

۱۲) علی‌پور جورشری ارمغان، یاکیده کیخسرو، محفوظی غلامرضا. بهینه‌سازی سبد سهام با حداقل میانگین انحرافات مطلق کاریابی‌های متقاطع، فصلنامه مدیریت صنعتی، ۱۳۹۶، دوره۹، شماره۳، ص ۴۹۶-۴۷۵.

۱۳) غیاث مجید. مقدمه‌ای بر روش مونت‌کارلو، فصلنامه علمی– پژوهشی بسپارش، ۱۳۹۳، سال چهارم ، شماره اول ، صفحه ۶۷-۷۷.

۱۴) قاسم‌پور، صابر. پژوهش در عملیات، ج ۱، چ دوم، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص ۲۹، ۱۳۸۹.

۱۵) ولی‌زاده مصطفی، بحری‌ثالث جمال، پاک‌مرام عسگر. انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک با بهره‌گیری از مدل میانگین-نیم‌واریانس مارکویتز، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۱۳۹۵، شماره ۳۱، ص ۱۹-۴۲.

16) Baumol, W. (1963). An expected gain confidence limit criterion for portfolio selection, Journal of Management Science, No10, pp: 174-182.

17) Bjork, T. (2009). Arbitrage Theory in Continues Time, Thired Edition, Oxford.

18) Chlokhlov, A. Uryasev, S. Zabarankin, M. (2000), Portfolio optimization with drawdown constraints, Department of Industrial & Systems Engineering., University of Florida

19) Goh, J., Zhang, W. and Lim K. (2012). portfolio value- at- risk optimization for symmetrically distributed asset returns. European Journal of operational Research, vol 221, pp: 397-41

20) K. Ruan and M. Fukushima. (2012). Robust portfolio selection with a combined WCVaR and factor model. Journal of Hndus trial and Management optimization, 8, pp: 343-362.

21) Konno, H. Yamazaki, H. (1991). Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market. Management Science, vol 37, No5, pp: 519-531.

22) Li, J. and Xu, M. (2013). Optimal dynamic portfolio with Mean- CVaR criterion. Risk1 (3), pp: 119-147.

23) Markowitz, H.M. (1952). Portfolio Selection. Journal of Finance, No.7, pp. 77–91.

24) Markowitz, H. (1991). Foundations of portfolio theory, Journal of finance, vol46, No2, pp: 469-477, 1991.

25) Markowitz, Harry, et al. (1993) Computation of mean-semivariance effigient sets by the critical line algorithm. Annals of Operations Research, 45.1:307.

26) Moon, Y., Yao, T., (2011). A robust mean-absolute deviation model for portfolio optimization, Computers and Operation Research, 38(9), pp 1251-1258.

27) Renata, M. Wlodzimierz, O. (2007). Conditional value at risk and related linear programming models for portfolio optimizing, No152, pp: 227–256.

28) Rockafellar, R.T. and S. Uryasev. (2000). Optimization of conditional-value-at-risk. The Journal of Risk, No 2, pp: 21 –42.

29) S.S. Zhu and M. Fukushima. (2009). worst – case conditional Value-at-risk with application to robost portfolio managrment, operations Research 57, pp: 1155-1168.

30) Ling, A., Sun, J., & Wang, M. (2020). Robust multi-period portfolio selection based on downside risk with asymmetrically distributed uncertainty set. European Journal of Operational Research.

31) Yu, J. R., Chiou, W. J. P., Lee, W. Y., & Chuang, T. Y. (2019). Realized performance of robust portfolios: Worst-case Omega vs. CVaR-related models. Computers & Operations Research, 104, 239-255.

یادداشت‌ها

۱ Markowitz
۲ Gilli & Kellezi
۳ Baumol
۵Konno, Yamazaki
٤ Rockafellar, Uryasev
۷ Goh,J,Zhang
۸ Zhu and Fukushima
۹K.Ruan and Fukushima
٦Li -Xu
۱۰ value at risk(VaR)
۱۱Conditional value at risk(CVaR)
۱۲ Wighted CVaR(WCVaR)
۱۳ Kupiec
۱٤ Christofferssen
۱۵ Ling, A., Sun, J., & Wang, M.
۱۶ Robust multi-period portfolio selection
17 Yu, J. R., Chiou, W. J. P., Lee, W. Y., & Chuang, T. Y.