Journal of Securities Exchange
Securities & Exchange Organization, Research, Development & Islamic Studies (RDIS)
Journal of Securities and Exchange, Spring 2023, V. 16, No.61, pp. 283-302

Optimal Portfolio Selection Based on Parametric and Non-Parametric Multi-Horizon Expected Shortfall[1]

Mohamad Ali Tabibi[2], Sayyed Mohammad Reza Davoodi[3], Abdolmajid Abdolbaghy Ataabady[4]

Received: 2022/04/07
Accepted: 2022/09/10

Research Paper

Abstract

The aim of the current research is to design two stock portfolio models based on the expected multi-horizon drop, the first is based on historical scenario creation and the second is parametric. The method is based on the multiple Laplace-Normal mixed distribution with the aim of fitting properly in the return distribution sequences. Quantitative hope is used to numerically calculate the expected multi-dimensional drop in parametric form. A sample research portfolio of 8 major indexes or industries from the Tehran Stock Exchange, including banks, chemicals, pharmaceuticals, automobiles, tiles and ceramics, metal minerals, cement, and technical-engineering in the period 01/01/2013 to 12/26 It was formed in 2019. The result of the experimental study on a stock portfolio with eight indices from the Tehran Stock Exchange by coding in the MATLAB software environment and using the particle cumulative optimizer algorithm in the period from 1390 to 1399 shows that the parametric approach in the test data and in the three average performance measures , the Sharpe ratio and the relative error between the model-predicted polygonal expected fall and the actual observed value have a better performance than the historical scenario approach. As a result, in case of doubt or fear of the time horizon category, the parametric multi-horizon expected decline approach can be used.

Key Words: Expected Shortfall, Period Expected Shortfall, Normal-Laplace Mixed Distribution, Expectile.

JEL Classification: G19

---

1. DOI: 10.22034/JSE.2022.11896.1929

2. Ph.D. Student, Department of Management, Dahaghan Branch, Islamic Azad University, Dahaghan, Iran. (Iran.ali_tabibi110@yahoo.com).
3. Assistant Professor, Department of Management, Dehagan Branch, Islamic Azad University, Dehagan, Iran. (Corresponding author). (smrdavoodi@ut.ac.ir).
4. Assistant Professor, Department of Management, Faculty of Industrial Engineering and Management, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. (abdolbaghi@shahroodut.ac.ir).

سازمان بورس و اوراق بهادار، مرکز پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی

فصلنامه بورس اوراق بهادار، سال شانزدهم، شماره ۶۱، بهار ۱۴۰۲، صص ۳۰۲-۲۸۳

انتخاب سبد سهام بهینه بر اساس ریزش مورد انتظار چندافقی پارامتریک و ناپارامتریک [۱]

محمدعلی طبیبی[۲]، سید محمدرضا داودی[۳]، عبدالمجید عبدالباقی عطاآبادی[۴]

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹

چکیده

هدف پژوهش حاضر طراحی دو مدل سبد سهام بر اساس ریزش مورد انتظار چندافقی که اولی بر اساس سناریوسازی تاریخی و دومی به‌صورت پارامتریک است. روش بر اساس توزیع مخلوط نرمال – لاپلاس چندگانه باهدف برازش مناسب در دنباله‌های توزیع بازده است. برای محاسبه عددی ریزش مورد انتظار چندافقی در شکل پارامتریک از امید چندکی استفاده می‌شود. سبد سهام نمونه‌ای پژوهش از ۸ شاخص یا صنعت عمده از بورس اوراق بهادار تهران شامل شاخص بانک‌ها، مواد شیمیایی، مواد دارویی، خودرو، کاشی و سرامیک، کانی فلزی، سیمان و فنی – مهندسی در بازه ۱۳۹۰/۰۱/۶ تا ۱۳۹۹/۱۲/۲۶ تشکیل شده است. نتیجه مطالعه تجربی بر روی یک سبد سهام با هشت شاخص از بورس اوراق بهادار تهران با کدنویسی در محیط نرم‌افزار متلب و با استفاده از الگوریتم بهینه‌ساز تجمعی ذرات در بازه ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ نشان می‌دهد که رویکرد پارامتریک در داده‌های تست و در سه معیار متوسط بازده کسب شده، نسبت شارپ و خطای نسبی بین ریزش مورد انتظار چندافقی پیش‌بینی شده توسط مدل و مقدار واقعی مشاهده شده، عملکرد بهتری نسبت به رویکرد سناریوسازی تاریخی دارد. درنتیجه در صورت تردید یا ترس از مقوله افق زمانی‌می‌توان از رویکرد ریزش مورد انتظار چندافقی پارامتریک استفاده کرد.

واژه های کلیدی: ریزش مورد انتظار، ریزش مورد انتظار چندافقی، توزیع مخلوط نرمال – لاپلاس، امید چندکی.

طبقه بندی موضوعی: G19

---

۱. DOI: 10.22034/JSE.2022.11896.1929

۲. دانشجوی دکتری، واحد دهاقان، گروه مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، دهاقان، ایران. (ali_tabibi110@yahoo.com).

۳. استادیار، گروه مدیریت، واحد دهاقان، دانشگاه آزاد اسلامی، دهاقان، ایران.(نویسنده مسئول). (smrdavoodi@ut.ac.ir).

۴. استادیار، گروه مدیریت، دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران. (abdolbaghi@shahroodut.ac.ir).

مقدمه

در بهینه‌سازی سبد سهام، وزن دارایی‌ها به‌گونه‌ای انتخاب می‌شود که بازده سبد تا حد ممکن حداکثر و ریسک آن حداقل شود. یک سبد سهام در صورتی کارا است که بین تمام سبدهای دارای بازده برابر، دارای کمترین ریسک باشد و یا بین تمام سبدهای با ریسک برابر، بازده بالاتری داشته باشد. مدل سبد سهام مارکویتز[1] (مدل میانگین-واریانس) نخستین‌بار به مدل‌سازی انتخاب سبد کارا پرداخت. پس از آن تا کنون مدل‌های مختلفی از انتخاب سبد سهام بهینه ارائه شده است که در تعداد و نوع تابع هدف، محدودیت‌ها، تک چندافقی بودن یا چند چندافقی بودن و... با هم متمایز هستند. کسب بازده از سبد سهام متضمن تحمل ریسک است و ازاین‌رو یکی از مسائل مهم در طراحی و مدیریت سبد سهام، اندازه‌گیری ریسک است. یکی از معیارهای پرکاربرد اندازه‌گیری ریسک نامطلوب، ریزش مورد انتظار[2] است که میانگین یا امید ریاضی ضررهای بیشتر از یک مقدار آستانه (مثلاً یک چندک از توزیع بازده سبد) را اندازه‌گیری می‌کند.

ایده اصلی پژوهش حاضر درنظرگرفتن مجموعه‌ای از افق‌های زمانی (چندین سررسید) به‌جای یک نقطه زمانی ثابت به‌عنوان سررسید سبد سهام است. برای این منظور مفهوم ریزش مورد انتظار برای یک سرمایه‌گذاری با مجموعه‌ای از افق‌های سررسید توسیع داده می‌شود که به آن ریزش مورد انتظار چندافقی[3] گفته می‌شود و بر اساس آن یک مدل انتخاب سبد سهام شکل می‌گیرد. ریزش مورد انتظار چندافقی، حساسیت مدل را نسبت به مجموعه‌ای از افق‌های سرمایه‌گذاری خنثی می‌کند و بدین صورت سرمایه‌گذار می‌تواند تصمیم فروش خود را در مجموعه‌ای از نقاط سررسید اتخاذ کند که این آزادی عمل ریسک نقدشوندگی(به ویژه در بازارهای کم‌عمق مانند بورس اوراق بهادار تهران) را کاهش داده و امکان بهتری برای مدیریت سبد سهام فراهم می‌کند.

مبانی نظری و توسعه فرضیه‌ها

نزدیک بینی سرمایه گذاران به معنای بیش از واقع ارزیابی کردن عایدات کوتاه مدت و کمتر از واقع ارزیابی کردن عایدات بلندمدت توسط سرمایه گذاران فعال در بازار سرمایه است.

---

1. Markowitz
2. Expected shortfall
3. Period expected shortfall

نزدیک بینی سرمایه‌گذاران منجر به تغییر رفتار مدیریت شرکت شده و شرکت به جای تمرکز و برنامه ریزی جهت ارتقاء عملکرد بلند مدت، بر عملکرد جاری و کوتاه مدت تمرکز کنند و همین امر ممکن است موجب افزایش ریسک سقوط قیمت سهام در بلند مدت شود(تامرادی و صالحی نیا،۱۳۹۸). شناسایی عوامل موثر بر ریسک سقوط قیمت سهام از اهمیت بالایی نزد سرمایه‌گذاران برخوردار است. پژوهش‌های پیشین تاثیر ویژگی‌های مختلف از جمله ویژگی‌های شرکت، حاکمیت شرکتی و ساختار مالکیتی(تارکوفسکی[1]،۲۰۱۷) را به‌عنوان عوامل تعیین کننده ریسک سقوط قیمت سهام بررسی کرده‌اند. سنجش ریسک یکی از چالش‌های مهم در مساله انتخاب سبد سهام بهینه است. برای کمی‌سازی ریسک، سنجه‌های مختلفی در ادبیات مالی مورداستفاده قرار می‌گیرد که به‌عنوان نمونه، انحراف معیار بازده سبد سهام یکی از متداول‌ترین این معیارها است که هم انحرافات بالاتر از میانگین (انحراف مطلوب) و هم پایین‌تر از آن (انحراف نامطلوب) را در محاسبه ریسک مشارکت می‌دهد. معیارهای دیگری همچون نیم انحراف معیار، مجموع قدرمطلق انحرافات، ضریب بتا، ضریب تغییرات و ... نیز مورداستفاده قرار می‌گیرند، لکن عملکرد مناسب این معیارها به نرمال بودن توزیع بازده وابسته است و به علاوه چنین معیارهایی به‌صورت مستقیم با ضرر در ارتباط نیستند (برای سرمایه‌گذار اطلاعات شفافی در مورد میزان ضرر احتمالی فراهم نمی‌کنند)(بت‌شکن و همکاران،۱۳۹۷).

در سال‌های اخیر، شرکتها با یک سری ورشکستگی‌ها روبرو بوده‌اند که موجب بروز نگرانی در خطاپذیری فرایند مدیریت ریسک شده است.کیفیت گزارشگری مالی و تاثیرپذیری آن از مدیریت ریسک موضوعی است که بتازگی مورد اقبال پژوهشگران واقع شده است(باباجانی و همکاران،۱۴۰۰). ارزش در معرض ریسک[2](خطر) یکی از معیارهای سنجش ریسک نامطلوب است که به‌صورت مستقیم با مفهوم ضرر در ارتباط است و حداکثر ضرر یک سبد سهام را در یک سطح اطمینان مشخص برای یک چندافقی سرمایه‌گذاری معلوم اندازه می‌گیرد(هو وهمکاران[3]،۲۰۱۴). بدین صورت این معیار نیاز به نرمال بودن توزیع بازده ندارد و برای هر توزیعی از بازده قابل‌محاسبه است. ارزش در معرض ریسک با وجود کاربرد و گسترش فراوان،

1. Tarkovska
2. VaR: value at risk
3. Huo et al

دارای کاستی‌هایی است. از جمله اینکه ارزش در معرض ریسک در بازارهای پر نوسان به‌صورت مناسبی عمل نمی‌کند و دیگر اینکه این معیار شرط زیرجمعی از شروط یک اندازه ریسک منسجم[1] را ندارد.

آرتزنر و همکاران[2] (۱۹۹۹)، اندازه ریسک منسجم را معرفی کردند که امروز به‌عنوان یکی از پایه‌های مالی نوین شناخته می‌شود. به یک اندازه، ریسک منسجم گویند هرگاه دارای خاصیت‌های نرمالیتی، یکنوایی، زیر جمعی، همگونی مثبت و پایایی انتقال باشد. ارزش در معرض ریسک در شرط زیر جمعی که به مفهوم اثربخشی تنوع است، صدق نمی‌کند. برای رفع این ایراد، ریزش مورد انتظار یا ارزش در معرض ریسک شرطی معرفی شد. ریزش مورد انتظار، متوسط ضرر سبد را برای مواردی که میزان ضرر از ارزش در معرض ریسک بیشتر شود، اندازه‌گیری می‌کند. پژوهش‌هایی که در ادامه بیان می‌شود از جمله پژوهش‌های داخلی هستند که به بررسی سبد سهام بهینه با تابع هدف ریزش مورد انتظار پرداخته‌اند. بت شکن و همکاران (۱۳۹۷)، روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی را به‌عنوان روشی با رویکرد ناپارامتریک برای محاسبه ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار، بررسی کردند. فلاح‌پور و طبسی (۱۳۹۹)، مدلی ترکیبی با استفاده از نظریه ارزش فرین برای محاسبه ریزش مورد انتظار ارائه کردند که از داده‌های درون روزی نیز بهره می‌جوید. آسایش و همکاران (۱۳۹۹)، به ارزیابی مدل ریسک سیستماتیک برای بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از ریزش مورد انتظار نهایی پرداختند.

یکی از روش‌های محاسبه ریزش مورد انتظار، استفاده از امید چندکی[3] است. امید چندکی با الهام از نحوه محاسبه چندک[4](بر اساس یک مساله کمینه‌سازی با نرم دو) تعریف می‌شود با این تفاوت که به‌جای استفاده از نرم یک از نرم دو استفاده می‌کند. به‌عنوان نمونه، هاردلی و چن[5] (۲۰۲۱)، با استفاده از امید چندکی به محاسبه ریزش مورد انتظار برای توزیع مخلوط نرمال – لاپلاس[6] اقدام کردند. ژو و همکاران[7] (۲۰۲۰) نیز برای اندازه‌گیری ریسک بر اساس ریزش

1. Coherent risk measure
2. Artzner et al
3. Expectile
4. Quantile
5. Hardle and Chen
6. Laplace
7. Xu, et al

مورد انتظار، یک مدل رگرسیونی بر پایه امید چندکی را توسعه دادند. در پژوهش حاضر نیز از امید چندکی به‌منظور محاسبه ریزش مورد انتظار استفاده می‌شود.

یکی از پارامترهایی که در تعریف ریزش مورد انتظار بدان اشاره شد، افق زمانی سرمایه‌گذاری (سررسید) است. چالش اصلی پژوهش حاضر انتخاب یک مجموعه از افق‌های زمانی به‌جای یک عدد مشخص است. در واقع سرمایه‌گذار می‌تواند در هر نقطه از یک مجموعه زمانی در آینده سبد خود را بفروشد، بنابراین مدل سبد سهام بهینه پژوهش از ریزش مورد انتظار با درنظرگرفتن عدم‌قطعیت در افق زمانی بهره می‌برد. توسیع ریزش مورد انتظار با درنظرگرفتن مجموعه‌ای از افق‌های زمانی را ریزش مورد انتظار چندافقی می‌نامیم. سبد سهامی که بدین صورت به دست می‌آید، نسبت به افق زمانی مقاوم یا استوار است. این مطلب تأثیر ریسک‌هایی همچون نقدشوندگی را کاهش داده و امکان انتخاب زمان مناسب را برای فروش به سرمایه‌گذار می‌دهد و از بعد روحی از میزان اضطراب سرمایه‌گذار می‌کاهد.

نخستین پژوهش مرتبط با افق سرمایه‌گذاری نامشخص، مربوط به مرتون[1] (۱۹۷۱) است که در آن هدف، انتخاب بهترین سبد سرمایه‌گذاری تحت این فرض است که زمان سررسید از توزیع پواسون پیروی می‌کند. هاکانسون[2] (۱۹۶۹) و ریچارد[3] (۱۹۷۵)، استراتژی‌هایی سرمایه‌گذاری، مصرف و بیمه عمر را با طول عمر نامشخص مطالعه کردند. مارتلینی و اوروسویچ[4] (۲۰۰۶)، از مدل بهینه سازی میانگین- واریانس ایستا با زمان خروج نامشخص استفاده کردند تا تاثیر عدم قطعیت زمان پایان را بر روی سبدهای کارا مطالعه کنند. آنها دریافتند که وقتی توزیع زمان پایان و توزیع درآمد دارایی‌ها مستقل از یکدیگر باشند، سبد کارآمد به توزیع زمان پایان بستگی ندارد. اما وقتی توزیع زمان پایان به توزیع درآمد دارایی مربوط می‌شود، مجموعه سبدهای کارآمد به توزیع زمان پایان بستگی دارد. هوانگ و همکاران[5] (۲۰۰۸)، مساله انتخاب سبد سهام را با زمان پایان نامعلوم در نظر گرفتند. آنها از استراتژی بدترین حالت برای معیار ریسک ریزش مورد انتظار در زمانی که هیچ اطلاعاتی در مورد زمان خروج در دسترس نبوده است، استفاده کردند. اما استفاده از بدترین حالت برای ریزش مورد انتظار ممکن است به

1. Merton
2. Hakansson
3. Richard
4. Martellini & Urošević
5. Huang, et al

مجموعه‌ای بسیار محافظه کار منجر شود. بلانشت اسکالیت و همکاران [1] (۲۰۰۸)، مساله انتخاب سبد سهام پویا را با زمان پایان نامشخص مطالعه کردند و نشان دادند که سبد سهام تحت‌تأثیر عدم قطعیت زمان پایان قرار دارد. کیخایی [2] (۲۰۱۶)، مدل بهینه سازی میانگین-واریانس را به موقعیتی که هر دارایی زمان پایان متفاوتی دارد، توسعه داد و شرایطی را ارائه کرد که تحت آن مجموعه مطلوب مساله کلی، مستقل از توزیع زمان خروج است. در نظر گرفتن ارزش در معرض ریسک با افق زمانی مجموعه ای مقدار، برای نخستین بار توسط هو و همکاران (۲۰۱۴)، مورد مطالعه قرار گرفت. آنها یک مدل سبد سهام بهینه بر اساس ارزش در معرض ریسک چندافقی ارائه کردند و برای حل آن از شبیه سازی مونت کارلو استفاده کردند. نتیجه بهینه سازی نشان می‌دهد که تفاوت اساسی بین ارزش در معرض ریسک و ارزش در معرض ریسک چندافقی وجود دارد. در ادامه هو و همکاران [3] (۲۰۲۰)، از داده‌های تاریخی برای محاسبه ارزش در معرض ریسک چندافقی استفاده کردند و بر اساس آن یک مدل بهینه سازی سبد سهام ارائه کردند و آن را بر روی یک سبد سهام با ۳۰ دارایی مورد ارزیابی قرار دادند. دایر [4] (۲۰۲۰)، مساله تخصیص سرمایه گذارانی را مطالعه می کند که سبد خود را تا رسیدن به ثروت هدف نگه می‌دارند. این استراتژی قطعیت ثروت نهایی و نااطمینانی ریسک افق زمانی سرمایه گذاری را ایجاد می کند.

نوآوری پژوهش حاضر تعریف ریزش مورد انتظار چندافقی باهدف طراحی یک مدل سبد سهام بهینه و ارائه دو راهکار پارامتریک و ناپارامتریک برای محاسبه آن است. رویکرد اول ناپارامتریک است و بر سناریوسازی با استفاده از داده‌های تاریخی استوار است. در رویکرد دوم که یک رویکرد پارامتریک است، اندازه‌گیری ریزش مورد انتظار بر اساس اختصاص توزیع احتمال به بازده سهام محاسبه می‌شود. توزیع‌های احتمالی زیادی برای شبیه‌سازی رفتار بازده در دم دارایی‌های مالی در ادبیات پژوهش مورداستفاده قرار گرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به توزیع‌های حدی، توزیع نرمال، نرمال وارون، هایپربولیک، تی و ... اشاره کرد. توزیع نرمال برای دارایی‌هایی مناسب است که دنباله‌های باریک دارند و توزیع‌های هایپربولیک مثل توزیع لاپلاس برای دارایی‌های با ویژگی دنباله پهن یا چاق مناسب است. در پژوهش حاضر باهدف

1. Blanchet-Scalliet, et al
2. Keykhaei
3. Huo et al
4. Direr

برازش مناسب توزیع احتمالی بازده از توزیع مخلوط نرمال- لاپلاس استفاده می‌شود. بعلاوه وجود افق‌های زمانی مختلف در تعریف ریزش مورد انتظار چندافقی و احتمال چند کلاستر(خوشه) شدن بازده‌های حاصل شده در افق‌های زمانی مختلف، دلیل استفاده از توزیع مخلوط نرمال - لاپلاس چندگانه است. برای برآورد پارامترهای توزیع مخلوط از رویکرد مقدار مورد انتظار-بیشینه‌سازی[1] و برای محاسبه ریزش مورد انتظار نیز از امید چندکی استفاده می‌شود و عملکرد مدل‌های پارامتریک و ناپارامتریک مورد مقایسه قرار خواهند گرفت. جزئیات مربوط به پیاده‌سازی مدل ها در بخش روش پژوهش ارائه می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

ریزش مورد انتظار چندافقی به جای در نظر گرفتن یک نقطه زمانی درآینده بعنوان افق زمانی سرمایه‌گذاری، مجموعه‌ای از نقاط را به‌عنوان کاندیدهای افق زمانی سرمایه‌گذاری می‌پذیرد. بنابراین ریزش مورد انتظار چندافقی باید چنان مفهوم ریزش مورد انتظار را توسعه دهد که میزان ضرر محاسبه شده در یک سطح اطمینان مشخص به زمان های سررسید در نظرگفته شده، وابستگی نداشته باشد. نخستین رویکرد در مدل سازی ریزش مورد انتظار چندافقی و سبد سهام شکل گرفته بر اساس آن، رویکرد ناپارامتریک سناریوهای تاریخی است. در این رویکرد، سبد سهام برای یک افق زمانی نامشخص در مجموعه $\{t_1, t_2, ..., t_{T-1}, t_T\}$ بسته می‌شود. در ادامه از مجموعه اندیس های $I = \{1, 2, 3, ..., N\}$ برای نشان دادن دارایی ها و از $H = \{1, 2, 3, .., T\}$ برای نمایش افق‌های سرمایه‌گذاری استفاده می‌شود. در رویکرد سناریویی، با استفاده از داده‌های تاریخی در فواصل زمانی منظم نسبت به سناریوسازی برای افق‌های زمانی H اقدام می‌شود. هر سناریو را می‌توان به صورت یک ماتریس نشان داد که در این حالت یک سناریوی نوعی ξ^k به شکل

$$\xi^k = \begin{bmatrix} \xi_{11}^k & \xi_{21}^k & \cdots & \xi_{N1}^k \\ \xi_{12}^k & \xi_{22}^k & \cdots & \xi_{N2}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \xi_{1T}^k & \xi_{2T}^k & \cdots & \xi_{NT}^k \end{bmatrix} \quad k = 1, 2, ..., K \qquad (۱)$$

1. Expectation-maximization

است که ξ_{ti}^{k} نشان دهنده بازده دارایی i در سررسید t است. فرض کنید تعداد K سناریو تشکیل گردد. در صورتی که سبد سهام با بردار $x=[x_1,x_2,...,x_N]^T$ نشان داده شود، متناظر با هر سناریو یک بردار از بازده های سبد برای سررسیدهای مختلف ایجاد می‌شود که با R^k نشان داده می‌شود. بنابراین:

$$R^k=\xi^k x=[r_1^k,r_2^k,...,r_T^k]^T \quad k=1,2,...,K \qquad ۲$$

فرض کنید R متغیر تصادفی نشان دهنده بازده سبد سهام (با در نظر گرفتن مجموعه افق‌های زمانی) باشد. ایده اصلی در تعریف ریزش مورد انتظار چندافقی، بر روی اجتماع بازده های تولید شده توسط تمام سناریوها شکل می‌گیرد. بر این اساس اگر مجموعه $R_s=\bigcup_{k,t=1}^{K,T}\{r_t^k\}$ نشان دهنده اجتماع تمام بازده ها باشد، می‌توان آن را بعنوان یک نمونه آماری از متغیر تصادفی R در نظر گرفت. ریزش مورد انتظار چندافقی در سطح اطمینان $1-\tau$ (معادل سطح خطای τ) با $MHES_{1-\tau}$[1] نشان داده می‌شود و به صورت

$$PES_{1-\tau}=-E(R\,|\,R<q_\tau(R)) \qquad ۳$$

تعریف می‌شود که در آن q_τ تابع محاسبه چندک τاست. در رویکرد سناریوسازی تاریخی با وجود نمونه R_s می‌توان ریزش مورد انتظار چندافقی را به صورت گسسته محاسبه و برآورد کرد. در نهایت مدل سبد سهام بر اساس ریزش مورد انتظار چندافقی به صورت رابطه (۴) مدل سازی می‌شود.

$$\min \quad MHES_{1-\tau} \qquad ۴$$
$$\bar{r}^T x\geq r_0,\ 1^T x=1,\ x\geq 0$$

که در آن $\bar{r}$ بردار متوسط بازده دارایی های سبد است که برای دارایی iام (درایه iام بردار)به صورت

$$(\bar{r})_i=\frac{1}{K\times T}\sum_{k,t}\xi_{ti}^k \qquad ۵$$

1. Multi-horizon expected shortfall

تعریف می‌شود و r_0 حداقل بازده مورد انتظار سرمایه‌گذار است. محدودیت $\bar{r}^T x \geq r_0$ نشان می‌دهد که سرمایه‌گذار به دنبال یک حداقل بازده از سرمایه‌گذاری خود است و محدودیت های $1^T x = 1$ و $x \geq 0$ نیز نشان می‌دهد که کل سرمایه‌اولیه بدون امکان فروش استقراضی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رویکرد دوم در محاسبه ریزش مورد انتظار چندافقی، پارامتریک و بر پایه توزیع های احتمالی است. در این رویکرد فرض می‌شود که توزیع بازده سبد (با در نظر گرفتن همه افق‌های زمانی) از توزیع چگالی احتمال مخلوط پیروی می‌کند. ایده اصلی استفاده از توزیع های مخلوط، وجود سررسیدهای مختلف در سبد سهام است که می‌تواند ترکیبی از توزیع ها را برای برازش مناسب سازد. توزیع مخلوطی که در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرد، توزیع مخلوط نرمال-لاپلاس چندگانه است که در آن توزیع های نرمال و لاپلاس با کمک ضرایب (با مجموع یک) به صورت خطی با هم ترکیب می‌شوند. انتظار می‌رود ترکیب توزیع نرمال با ویژگی دم باریک و توزیع لاپلاس با ویژگی دم پهن بتواند به صورت مناسبی به داده‌های بازده برازش پیدا کند تا امکان مناسبی برای محاسبه ریزش مورد انتظار چندافقی که به رفتار دم توزیع وابسته است، فراهم آید. توزیع لاپلاس دارای تابع چگالی احتمال

$$h(u) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2}} \exp\{(-\sqrt{2})\frac{|u-\mu|}{\sigma}\} \qquad ۶$$

است که به μ پارامتر مکان یا میانگین و به σ پارامتر مقیاس یا انحراف معیار گفته می‌شود. در توزیع مخلوط نرمال-لاپلاس برای برآورد پارامترهای دو توزیع بهمراه ضرایب خطی ارتباط دهنده آنها از رویکرد مقدار مورد انتظار- بیشینه سازی یا EM[1] استفاده خواهد شد. در ابتدا الگوریتم EM برای توزیعی مخلوط شامل یک توزیع نرمال و یک توزیع لاپلاس بیان می‌گردد. تابع چگالی این ترکیب به صورت

$$f(u) = (1-\delta)\varphi_{\theta_1}(u) + \delta h_{\theta_2}(u) \qquad ۷$$

است که در آن $\theta_1 = (\mu_1, \sigma_1)^T$ و $\theta_2 = (\mu_2, \sigma_2)^T$ پارامترهای متناظر با توزیع نرمال با تابع چگالی احتمال φ و توزیع لاپلاس با چگالی احتمال h است. الگوریتم EM برای محاسبه پارامترهای توزیع مخلوط نرمال-لاپلاس در جدول ۱ ارائه شده است.

1. Expectation-Maximization

جدول ۱. الگوریتم EM برای محاسبه پارامترهای توزیع مخلوط نرمال-لاپلاس

فرض کنیم داده‌های در اختیار مجموعه $\{r_t\}_{t=1}^{N}$ باشد.

۱-در ابتدا قرار می‌دهیم:

$$r_t^{(0)} = r_t \quad , \delta^{(0)} = 0.5$$

$$\tilde{\mu}_1^{(0)} = N^{-1}\sum_{t=1}^{N} r_t^{(0)} \ , \ \tilde{\sigma}_1^{(0)} = N^{-1}\sum_{t=1}^{N}(r_t^{(0)} - \tilde{\mu}_1^{(0)})^2$$

$$\tilde{\mu}_2^{(0)} = N^{-1}\sum_{t=1}^{N} r_t^{(0)} \ , \ \tilde{\sigma}_2^{(0)} = \sqrt{2}N^{-1}\sum_{t=1}^{N}| r_t^{(0)} - \tilde{\mu}_2^{(0)} |$$

۲-با برآورد صورت گرفته برای پارامترها، احتمال هر مشاهده تحت دو توزیع محاسبه می‌شود:

$$\tilde{p}_{1t}^{(0)} = \varphi_{\tilde{\theta}_1}(r_t^{(0)}) \quad \tilde{p}_{2t}^{(0)} = h_{\tilde{\theta}_2}(r_t^{(0)})$$

۳-بر اساس احتمال‌های مشاهده شده، دو وزن (متناسب با دو توزیع) با مجموع یک به هر مشاهده نسبت داده می‌شود:

$$\tilde{w}_{1t}^{(0)} = \frac{\tilde{p}_{1t}^{(0)}(1-\delta^{(0)})}{\tilde{p}_{1t}^{(0)}(1-\delta^{(0)}) + \tilde{p}_{2t}^{(0)}\delta^{(0)}} , \tilde{w}_{2t}^{(0)} = \frac{\tilde{p}_{2t}^{(0)}\delta^{(0)}}{\tilde{p}_{1t}^{(0)}(1-\delta^{(0)}) + \tilde{p}_{2t}^{0}\delta^{(0)}}$$

۴-بر اساس وزن‌های محاسبه شده، پارامترها و داده‌ها مطابق روابط زیر به روزرسانی می‌گردد:

$$\tilde{r}_{1t}^{(1)} = \tilde{w}_{1t}^{(0)} r_t^{(0)} , \ \tilde{r}_{2t}^{(1)} = \tilde{w}_{2t}^{(0)} r_t^{(0)} , \tilde{\delta}^{(1)} = N^{-1}\sum_{t=1}^{n} \tilde{w}_{2t}^{(0)}$$

$$\tilde{\mu}_1^{(1)} = N^{-1}\sum_{t=1}^{N} \tilde{r}_{1t}^{(1)} / \sum_{t=1}^{n} \tilde{w}_{1t}^{(0)} \ , \ \tilde{\sigma}_1^{(1)} = N^{-1}\sum_{t=1}^{N}(\tilde{r}_{1t}^{(1)} - \tilde{\mu}_1^{(1)})^2 / \sum_{t=1}^{n} \tilde{w}_{1t}^{(0)}$$

$$\tilde{\mu}_2^{(1)} = N^{-1}\sum_{t=1}^{N} \tilde{r}_{2t}^{(1)} / \sum_{t=1}^{n} \tilde{w}_{2t}^{(0)} \ , \ \tilde{\sigma}_2^{(1)} = \sqrt{2}N^{-1}\sum_{t=1}^{N}| \tilde{r}_{2t}^{(1)} - \tilde{\mu}_2^{(1)} | / \sum_{t=1}^{n} \tilde{w}_{2t}^{(0)}$$

۵-با بروزرسانی‌های صورت گرفته، مراحل ۲ تا ۴ برای رسیدن به یک همگرایی در پارامترها یا تعداد تکرار مشخص ادامه می‌یابد.

با توجه به وجود افق‌های زمانی مختلف در ساختار ریزش مورد انتظار چندافقی، می‌توان از چند توزیع نرمال و چند توزیع لاپلاس یا توزیع مخلوط نرمال-لاپلاس چندگانه استفاده کرد. در ادامه فرض می‌شود K توزیع نرمال باK توزیع لاپلاس به کمک ضرایب $\delta^1, \delta^2, ..., \delta^{2K}$ مخلوط شود. برای این منظور الگوریتم جدول ۱ به الگوریتم ارائه شده در جدول ۲ توسیع داده شد. جدول برای برآورد اولیه پارامترها (اولین تقریب) از الگوریتم کی مینز[1] بهمراه الگوریتم

1. K-means

جدول ۱ استفاده می‌شود. در ابتدا، داده‌ها به کمک الگوریتم کی مینز به K دسته طبقه بندی می‌گردد و در هر دسته به کمک الگوریتم جدول ۱ عملیات تقریب پارامترها برای توزیع مخلوط نرمال-لاپلاس (یک نرمال و یک لاپلاس) صورت می‌گیرد. پارامترهای برآورد شده این مرحله، بعنوان اولین تقریب جهت مخلوط سازی چندگانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مراحل این الگوریتم به شرح جدول ۲ است.

جدول۲. الگوریتم EM برای محاسبه پارامترها توزیع مخلوط نرمال-لاپلاس چندگانه

۱-برای 2K توزیع شامل k توزیع نرمال و K توزیع لاپلاس، تقریب اولیه پارامترها برابر تقریب بهینه مرحله کی مینز تعریف می‌گردد و و تقریب اولیه ضرایب مخلوط سازی به صورت مساوی در نظر گرفته می‌شود. در ادامه k توزیع اول، نرمال و k توزیع بعدی لاپلاس در نظر گرفته می‌شود.

$$\tilde{\theta}_k = (\tilde{\mu}_k^{(0)}, \tilde{\sigma}_k^{(0)})^T,\ \tilde{\delta}_k^{(0)} = 1/(2K) \quad k = 1,2,..,2K$$

۲- با برآورد صورت گرفته برای پارامترها، به هر مشاهده 2K مقدار احتمال نسبت داده می‌شود:

$$\tilde{p}_{kt}^{(0)} = \varphi_{\tilde{\theta}_k}(r_t^{(0)}) \quad k = 1,2,...,K,\ \tilde{p}_{kt}^{(0)} = h_{\tilde{\theta}_k}(r_t^{(0)}) \quad k = K+1,...,2K$$

۳-بر اساس احتمال‌های مشاهده شده، 2K وزن با مجموع یک به هر مشاهده نسبت داده می‌شود:

$$\tilde{w}_{kt}^{(0)} = \frac{\tilde{p}_{kt}^{(0)}(\delta_k^{(0)})}{\sum_{k=1}^{2K} \tilde{p}_{kt}^{(0)} \delta_k^{(0)}} \quad k = 1,2,..,2K$$

۴-بر اساس وزن‌های محاسبه شده، پارامترها و داده‌ها مطابق روابط زیر به روزرسانی می‌گردد:

$$\tilde{\delta}_k^{(1)} = \sum_{t=1}^{n} (\tilde{w}_{kt}^{(0)} \times \tilde{\delta}_k^{(0)}) / \sum_{t=1}^{n} \tilde{w}_{kt}^{(0)} \quad k = 1,2,..,2K, \tilde{r}_{kt}^{(1)} = \tilde{w}_{kt}^{(0)} r_t^{(0)}$$

$$\tilde{\mu}_k^{(1)} = N^{-1} \sum_{t=1}^{N} \tilde{r}_{kt}^{(1)} / \sum_{t=1}^{n} \tilde{w}_{kt}^{(0)},\ \tilde{\sigma}_k^{(1)} = N^{-1} \sum_{t=1}^{N} (\tilde{r}_{kt}^{(1)} - \tilde{\mu}_k^{(1)})^2 / \sum_{t=1}^{n} \tilde{w}_{kt}^{(0)}$$

$$\tilde{\mu}_k^{(1)} = N^{-1} \sum_{t=1}^{N} \tilde{r}_{kt}^{(1)} / \sum_{t=1}^{n} \tilde{w}_{kt}^{(0)},\ \tilde{\sigma}_k^{(2)} = \sqrt{2} N^{-1} \sum_{t=1}^{N} | \tilde{r}_{kt}^{(1)} - \tilde{\mu}_k^{(1)} | / \sum_{t=1}^{n} \tilde{w}_{kt}^{(0)}$$

$$k = K+1,...,2K$$

۵- با بروزرسانی‌های صورت گرفته، مراحل ۲ تا ۴ برای رسیدن به یک همگرایی در پارامترها یا تعداد تکرار مشخص ادامه می‌یابد.

$$R_s = \bigcup_{k,t=1}^{K,T} \{r_t^k\}$$

در رویکرد پارامتریک پس از محاسبه برای یک سبد مشخص، مطابق الگوریتم بیان شده در جدول(۲)، توزیع احتمال مخلوط مناسب نرمال-لاپلاس چندگانه با

انتخاب $K=T$ برای متغیر تصادفیR برآورد می‌گردد که این تابع چگالی احتمال با f نشان داده می‌شود. سپس با استفاده از امید چندکی به محاسبه رابطه ۳ اقدام می‌شود. جزئیات استفاده از امید چندکی برای محاسبه ریزش مورد انتظار در هاردلی و چن(۲۰۲۰) ارائه شده است. برای این منظور ابتدا سطح خطای τبه کمک رابطه ۸ به سطح خطای w_τ تبدیل می‌شود.

$$w_\tau = \frac{LPM(q_\tau) - q_\tau \tau}{2\{LPM(q_\tau) - q_\tau \tau\} + q_\tau - E(R)} \qquad ۸$$

که $LPM(u) = \int_{-\infty}^{u} rf(r)dr$ را مومنتوم جزیی پایین[1] می‌گویند. حال برای محاسبه ریزش مورد انتظار چندافقی در رابطه (۳) از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$PES_{1-\tau} = e_{w_\tau} + \frac{e_{w_\tau} - E(R)w_\tau}{1-2w_\tau}\frac{w_\tau}{\tau} \qquad ۹$$

که e_{w_τ} امید چندکی برای چندک w_τ است و حاصل مینیم سازی در رابطه ۱۰ است.

$$e_\tau = \arg\min_\theta E[\rho_{\tau,2}(R-\theta)] \qquad ۱۰$$

که $\rho_{\tau,\gamma} = |\tau - 1_{\{u<0\}}||u|^\gamma$ را تابع ارزیاب[2] می‌گویند. با بیان نحوه محاسبه ریزش مورد انتظار چندافقی برای یک سبد مشخص به صورت پارامتریک، سبد بهینه شکل گرفته بر اساس این رویکرد نیز مشابه مدل ۴ است.

یافته‌های پژوهش

در این بخش ضمن بیان مراحل پیاده‌سازی و بهینه‌سازی دو مدل انتخاب سبد سهام پارامتریک و ناپارامتریک بر اساس معیار ریزش مورد انتظار چندافقی، به بررسی عملکرد و سودآوری آنها می‌پردازیم. غالباً در پژوهش‌های سبد سهام از یک سبد نمونه‌ای متنوع برای

1. LPM: lower partial momentum
2. Check function

بررسی عملکرد مدل ارائه شده استفاده می‌شود و تعداد دارایی‌های این‌گونه سبد بین ۵ تا ۱۰ دارایی است. سبد سهام نمونه‌ای پژوهش از ۸ شاخص یا صنعت عمده از بورس اوراق بهادار تهران شامل شاخص بانک‌ها، مواد شیمیایی، مواد دارویی، خودرو، کاشی و سرامیک، کانی فلزی، سیمان و فنی – مهندسی در بازه ۱۳۹۰/۰۱/۶ تا ۱۳۹۹/۱۲/۲۶ تشکیل شده است. در عمل برای انتخاب یک شاخص به‌عنوان دارایی باید یک سبد سهام متنوع متشکل از سهام زیر مجموعه آن شاخص تشکیل شود و بدین صورت سبد نمونه‌ای پژوهش به‌اندازه کافی متنوع است. سرمایه‌گذار می‌تواند در یک بازه زمانی شامل ۱۴ تا ۱۸ روز بعد از بسته‌شدن سبد نسبت به فروش آن اقدام کند، بنابراین مجموعه افق‌های زمانی شامل ۵ عضو است. آمار توصیفی مربوط به ۱۳۵ بازده ۱۴ روزه از دارایی‌ها در قلمرو زمانی پژوهش در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول۳. آمار توصیفی بازده ۱۴ روزه هشت شاخص موجود در سبد سهام

شاخص آماری دارایی	میانگین	میانه	انحراف معیار استاندارد	مقدار احتمال آماره چارک برا
فنی مهندسی	۰.۰۱۸	-۰.۰۰۰۲	۰.۱۱۰	۰
سیمان	۰.۰۱۳	-۰.۰۰۶۲	۰.۰۷۵	۰
کانی فلزی	۰.۰۲۰	۰.۰۰۰۷	۰.۰۸۶	۰
کاشی سرامی	۰.۰۱۷	-۰.۰۰۴۳	۰.۰۹۴	۰
خودرو	۰.۰۱۱	-۰.۰۱۰۶	۰.۱۰۳	۰
مواد دارویی	۰.۰۱۹	-۰.۰۰۴۱	۰.۰۶۵	۰
مواد شیمیایی	۰.۰۲۰	۰.۰۰۴۴	۰.۰۶۴	۰
بانک‌ها	۰.۰۱۰	-۰.۰۰۲۲	۰.۰۷۱	۰

مقدار احتمال آماره جارک برا نشان می‌دهد که توزیع بازده هیچ یک از دارایی‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند و بنابراین توزیع نرمال به‌صورت کامل نمی‌تواند نشان‌دهنده رفتار بازده باشد. در رویکرد

اول به‌عنوان یک رویکرد ناپارامتریک از سناریوسازی تاریخی استفاده می‌شود. براین‌اساس، داده‌ها به فواصل زمانی منظم ۱۴ تا ۱۸ روزه تقسیم می‌شود. از ۱۳۵ سناریوی موجود، ۱۰۰ سناریو برای بهینه‌سازی مدل سبد سهام و ۳۵ سناریو برای تست استفاده شد. همچنین مطابق رابطه ۵، بازده مورد انتظار برای دارایی‌های سبد سهام با درنظرگرفتن افق‌های پنج‌گانه مطابق جدول ۴ است.

جدول ۴. بازده مورد انتظار دارایی ها

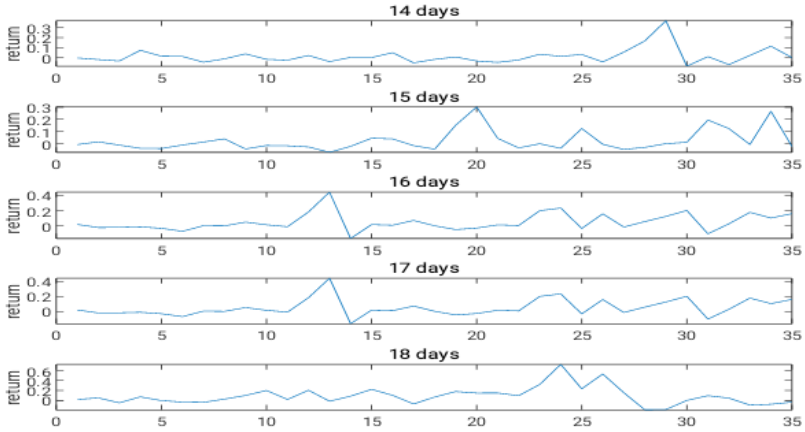
دارایی	بازده مورد انتظار	دارایی	بازده مورد انتظار
فنی مهندسی	۰.۱۰۲۲	خودرو	۰.۱۶۴۱
سیمان	۰	مواد دارویی	۰.۲۰۰۱
کانی فلزی	۰.۲۵۰۴	مواد شیمیایی	۰
کاشی و سرامیک	۰.۲۰	بانک ها	۰.۱۱۸۴

ارزش اولیه سبد برابر ۱ واحد پول، سطح اطمینان برابر ۰/۹۵ و حداقل بازده مورد انتظار سبد برابر ۰/۰۱۶ در نظر گرفته شد که بیش از دو برابر نرخ بهره بانکی ۲۰ درصدی برای یک چندافقی ۱۴ روزه است. برای بهینه سازی مدل انتخاب سبد سهام بر اساس معیار ریزش مورد انتظار چندافقی در رابطه ۴ از الگوریتم تجمعی ذرات در نرم افزار متلب با ۲۰۰ ذره و ۱۰۰۰ تکرار استفاده شد و قیود به صورت جریمه به تابع هدف اضافه شدند. پس از فرآیند بهینه سازی، سبد سهام بهینه مطابق جدول ۵ محاسبه شد.

جدول ۵. سبد سهام بهینه با رویکرد سناریوسازی تاریخی(ناپارامتریک)

دارایی	وزن	دارایی	وزن
فنی مهندسی	۰.۰۲۸۹	خودرو	۰.۰۲۴۸
سیمان	۰.۰۲۶۴	مواد دارویی	۰.۰۳۰۰
کانی فلزی	۰.۰۲۹۶	مواد شیمیایی	۰.۰۲۸۹
کاشی و سرامیک	۰.۰۳۱۳	بانک ها	۰.۰۲۰۳

عملکرد سبد سهام بهینه بر روی ۳۵ داده تست در افق‌های ۵ گانه در نمودار ۱ ارائه شده است.



نمودار ۱. عملکرد سبد سناریو سازی تاریخی در داده های تست در سررسیدهای ۵ گانه

خلاصه عملکرد سبد بر روی داده‌های تست در جدول ۵ ارائه شده است. در این جدول متوسط بازده حاصل میانگین‌گیری بازده‌های کسب شده بر روی داده‌های تست است و نسبت شارپ از تقسیم بازده به ریسک محاسبه می‌شود و نشان می‌دهد که به ازای یک واحد ریسک بیشتر، چه بازده‌ای حاصل می‌شود.

جدول۶. عملکرد سبد سهام بهینه با رویکرد سناریوسازی تاریخی(ناپارامتریک)

داده‌های تست	داده‌های آموزشی	شاخص عملکرد
۰/۰۵۳۹	۰/۰۲۹۱	متوسط بازده
۰/۱۷۰۶	۰/۱۶۳۴	ریزش مورد انتظار چندافقی
۰/۳۱۶۰	۰/۱۷۸۱	نسبت شارپ

بر اساس اطلاعات جدول ۶، ریزش مورد انتظار چندافقی در داده‌های تست برابر ۱۷۰۶/۰ است که نسبت به مقدار مورد انتظار۰/۱۶۳۴ دارای خطای نسبی ۰/۰۴۴است. نسبت شارپ در داده‌های تست نشان می‌دهد که به ازای یک واحد ریسک بیشتر با معیار ریزش مورد انتظار چندافقی، ۰/۳۱۶ واحد به بازده اضافه می‌شود.

در رویکرد دوم بعنوان یک رویکرد پارامتریک با توجه به وجود ۵ افق زمانی، از توزیع مخلوطی شامل ترکیب ۵ توزیع نرمال و ۵ توزیع لاپلاس برای مدل سازی توزیع بازده سبد سهام

استفاده شد. این توزیع مخلوط بر روی ۵۰۰ داده (۱۰۰ سناریو آموزشی با ۵ افق زمانی) مورد تقریب قرار گرفت. ابتدا داده‌ها به کمک دستور kmeans در متلب به ۵ گروه طبقه بندی شده و در هر گروه یک تقریب اولیه مطابق الگوریتم ارائه شده در جدول ۱ برای بازده و انحراف معیار توزیع های نرمال و لاپلاس محاسبه شد. پس از برآورد اولیه، با استفاده از الگوریتم جدول ۲ نسبت به برآورد پارامترها اقدام گردید که نتیجه برای سبد سهام بهینه در جدول ۷ ارائه شده است. در این جدول N برای توزیع نرمال و L برای توزیع لاپلاس استفاده شده است.

جدول ۷. برآورد پارامترهای توزیع مخلوط چندگانه

توزیع	ضرایب ترکیب	میانگین	واریانس
N1	۰/۱۲۳۵۱۸	-۰/۰۲۹۴۱	۰/۰۰۰۱۱۴
N2	۰/۱۲۱۲۸۲	۰/۰۵۵۸۳	۰/۰۰۰۳۹۴
N3	۰/۰۷۶۴۶۲	۰/۱۱۲۴۱۵	۰/۰۰۰۳۳۱
N4	۰/۰۶۳۷۲۴	-۰/۰۸۸۱۱	۰/۰۰۰۲۵۶
N5	۰/۰۸۹۳۵۷	-۰/۰۵۶۳۳	۰/۰۰۰۱۶۶
L1	۰/۰۱۸۹۸۶	-۰/۱۴۴۸۲	۰/۰۰۰۱۷۱
L2	۰/۰۷۵۵۹۶	۰/۲۴۰۹۶۹	۰/۰۱۴۷۲۱
L3	۰/۱۹۶۱۷	۰/۰۱۴۵۲۹	۰/۰۰۰۱۴۵
L4	۰/۱۷۴۵۳۴	-۰/۰۰۹۲۹	۰/۰۰۰۱۰۷
L5	۰/۰۶۰۳۷	۰/۱۷۲۵۹	۰/۰۰۰۵۵۶

سبد سهام بهینه به کمک الگوریتم تجمعی ذرات در نرم افزار متلب با ۲۰۰ ذره و ۱۰۰۰ تکرار در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸. سبد سهام بهینه با رویکرد پارامتریک

دارایی	وزن	دارایی	وزن
فنی مهندسی	۰.۱۹۴۴	خودرو	۰.۲۳۵۶
سیمان	۰.۰۰۸۰۹	مواد دارویی	۰.۱۰۹۷
کانی فلزی	۰.۱۵۰۷	مواد شیمیایی	۰.۱۹۲۵
کاشی و سرامیک	۰.۰۰۰۶	بانک ها	۰.۱۱۴۰

عملکرد سبد سهام بهینه پارامتریک بر روی ۳۵ داده تست در افق‌های ۵ گانه در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹. عملکرد سبد سهام بهینه با رویکرد پارامتریک

داده‌های تست	داده‌های آموزشی	شاخص عملکرد
۰/۰۵۷۶	۰/۰۲۹۳	متوسط بازده
۰/۱۶۴۶	۰/۱۶۲۰	ریزش مورد انتظار چندافقی
۰/۳۵۰۰	۰/۱۸۰۹	نسبت شارپ

بر اساس اطلاعات جدول ۹، ریزش مورد انتظار چندافقی در داده‌های تست برابر ۱۶۴۶/۰ است که نسبت به مقدار مورد انتظار ۰/۱۶۲۰ دارای خطای نسبی ۰/۰۱۶۰است. نسبت شارپ در داده‌های تست نشان می‌دهد که به ازای یک واحد ریسک بیشتر با معیار ریزش مورد انتظار چندافقی، ۰/۳۵۰۰ واحد به بازده اضافه می‌شود. مقایسه جدول ۶ و ۹ بیانگر عملکرد بهتر مدل پارامتریک نسبت به سناریوسازی تاریخی است.

بحث و نتیجه‌گیری

ریزش مورد انتظار چندافقی یکی از معیارهای پرکاربرد سنجش ریسک در مالی و به ویژه نظریه سبد سهام است. در پژوهش حاضر این معیار برای سنجش ریسک تحت شرایط نامشخص بودن افق زمانی توسیع داده شد که به آن ریزش مورد انتظار چندافقی گفته می‌شود. در این توسیع، سررسید سبد سهام می‌تواند به‌جای یک نقطه زمانی مشخص، داخل یک مجموعه مقدار بگیرد. در پژوهش حاضر دو رویکرد برای محاسبه ریزش مورد انتظار چندافقی بیان شد و بر اساس آن دو سبد سهام بهینه تشکیل شد. رویکرد اول به‌صورت ناپارامتریک و بر اساس سناریوسازی تاریخی و چندک ها صورت می‌گیرد و رویکرد دوم به‌صورت پارامتریک و بر اساس برازش توزیع مخلوط نرمال - لاپلاس چندگانه به توزیع بازده سبد صورت می‌گیرد. یکی از اهداف پژوهش تبیین عملیاتی نحوه پیاده‌سازی دو روش یادشده است که در روش شناسی به آن اشاره شد. همچنین عملکرد و سودآوری دو سبد سهام در معیارهای نزدیکی نسبی ریزش مورد انتظار چندافقی مورد انتظار و ریزش چندافقی مشاهده شده، متوسط بازده و نسبت شارپ بر روی ۱۰۰ داده آموزشی و ۳۵ چندافقی داده تست مورد مقایسه قرار گرفت. نتیجه مقایسه نشان می‌دهد که رویکرد پارامتریک در متوسط بازده کسب شده بر روی داده‌های تست، نزدیکی نسبی ریزش مورد انتظار چندافقی مورد انتظار و ریزش مورد انتظار مشاهده شده در

داده‌های تست و همچنین معیار نسبت شارپ به رویکرد سناریوسازیی برتری دارد. نتایج نشان می‌دهد که رویکرد پارامتریک نسبت به رویکرد سناریوسازی به‌صورت مناسب‌تری می‌تواند رفتار دنباله بازده را با وجود افق‌های زمانی متفاوت انعکاس دهد زیرا ریزش مورد انتظار مفهومی بر اساس رفتار بازده در دمهای توزیع است . عملکرد مناسب رویکرد پارامتریک را می‌توان به انتخاب توزیع نرمال-لاپلاس نسبت داد. توزیع نرمال برای دارایی‌هایی مناسب است که دم‌های باریک دارند و توزیع‌های هایپربولیک مثل توزیع لاپلاس برای دارایی‌های با ویژگی دم‌پهن یا چاق مناسب است و توزیع مخلوط نرمال - لاپلاس می‌تواند از هر دو بهره ببرد. به سرمایه‌گذاران، علاقه‌مندان به مدل‌سازی مالی و مدیران صندوق‌های سرمایه‌گذاری پیشنهاد می‌شود تا در صورت تردید یا ترس از مقوله افق زمانی یا سررسید (به ویژه در بورس اوراق بهادار تهران که روزهای زیادی و به‌تناوب قفل در صف خرید یا فروش است) از رویکرد ریزش مورد انتظار چندافقی پارامتریک معرفی شده در پژوهش حاضر استفاده کنند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

آسایش، کورش؛ فلاح شمس، میرفیض؛ جهانگیرنیا، حسین؛ غلامی، جمکرانی رضا. (۱۳۹۹). تبیین مدل ریسک سیستمیک با استفاده از معیار ریزش مورد انتظار نهایی در بانک‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. *فصلنامه برنامه ریزی و بودجه*، ۲۵) ۲: (۱۱۵-۱۳۴.

باباجانی, ابوالفضل, جبارزاده کنگرلویی, سعید, بحری ثالث, جمال, پاک مرام, عسگر. (۱۴۰۰). اثرعوامل مدیریت ریسک بنگاه بر کیفیت گزارشگری مالی با نقش تعاملی حاکمیت شرکتی. *فصلنامه بورس اوراق بهادار*، ۱۴(۵۶), ۷۵-۱۱۰. doi: ۱۰.۲۲۰۳۴/jse.۱۶۸۱.۱۱۵۵۰.۲۰۲۱

بت شکن، محمدهاشم؛ پیمانی، مسلم؛ صدرالدین کرمی، محمد مسعود. (۱۳۹۷). برآورد و ارزیابی ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار ناپارامتریک بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اساسی در بورس اوراق بهادار تهران. *نشریه چشم انداز مدیریت مالی*،(8)24 ،.10-79

تامرادی, علی, صالحی نیا, محسن. (۱۳۹۸). تأثیر نزدیک بینی سرمایه گذاران بر ریسک سقوط قیمت سهام. *فصلنامه بورس اوراق بهادار*، ۱۲(۴۶), ۸۳-۱۰۰. doi: ۱۰.۲۲۰۳۴/jse.۱۱۱۵۶.۲۰۱۹

فلاح پور؛ سعید، طبسی، حامد. (۱۳۹۹). برآورد ریزش مورد انتظار بر اساس نظریه ارزش فرین شرطی با استفاده از مدل مولتی فرکتال و داده‌های درون روزانه در بورس اوراق بهادار تهران. *تحقیقات مالی*، 27-34.،22(1)

References

Artzner, P; Delbaen, F; Eber, J. M; & Heath, D. (1999). Coherent measures of risk. *Mathematical finance*, *9*(3), 203-228.

Babajani, Abolfazl; Jabarzadeh Kangarloui, Saeed; Bahri Tahali, Jamal; Pak Maram, Asghar; (2021). The effect of company risk management factors on the quality of financial reporting with the interactive role of corporate governance. *Stock Exchange Quarterly*, 14(56), 75-110. doi: 10.22034/jse.2021.11550.1681(In Persian)

Bat Shek, Mohammad Hashem; Peymani, Moslem; Sadruddin Karmi, Mohammad Massoud. (2017). Estimation and evaluation of value exposed to risk and non-parametric expected loss based on analysis of basic components in Tehran Stock Exchange. *Journal of Financial Management Perspectives*, 24(8), 10-79.(In Persian)

Blanchet-Scalliet, C; El Karoui, N; Jeanblanc, M; & Martellini, L. (2008). Optimal investment decisions when time-horizon is uncertain. *Journal of mathematical economics*, *44*(11), 1100-1113.

Comfort, Blindness; Fallah Shams, Mirfaiz; Jahangirnia, Hossein; Gholami, Jamkarani Reza. (2019). Explaining the systemic risk model using the final expected loss criterion in banks admitted to the Tehran Stock Exchange. *Planning and Budget Quarterly*, 25(2):115-134.(In Persian).

Direer, A. (2020). Portfolio Choice with Time Horizon. Available at ssrn.com/abstract=3655782.

Falahpour, Saeed; Tabasi, Hamed. (2019). Estimation of the expected drop based on the conditional Frein value theory using the multi-fractal model and intraday data in the Tehran Stock Exchange. *Financial Research*, 22(1), 27-34.(In Persian)

Hakansson, N. H; (1969). Optimal investment and consumption strategies under risk, an uncertain lifetime, and insurance. *International economic review*, *10*(3), 443-466.

Härdle, W. K; & Chen, C. Y. H; (2021). TERES: Tail Event Risk Expectile Shortfall. *Quantitative finance*, *21*(3), 449-460.

Huang, D; Zhu, S. S; Fabozzi, F. J; & Fukushima, M. (2008). Portfolio selection with uncertain exit time: a robust CVaR approach. *Journal of economic dynamics and control*, *32*(2), 594-623.

Huo, Y; Xu, C; & Shiina, T. (2020). Modeling and solving portfolio selection problems based on PVaR. *Quantitative finance*, *20*(12), 1889-1898.

Huo, Y; Xu, C; Osaka, K; & Huang, M. (2014). Period value at risk and its estimation by simulation. *Information: an international interdisciplinary journal*, *17*(6), 2605-2617.

Keykhaei, R. (2016). Mean-Variance portfolio optimization when each asset has individual uncertain exit-time. *Pakistan journal of statistics and operation research*, 765-773.

Martellini, L; & Urošević, B. (2006). Static mean-variance analysis with uncertain time horizon. *Management science*, *52*(6), 955-964.

Merton, R. C. (1975). Optimum consumption and portfolio rules in a continuous-time model. In *Stochastic optimization models in finance* (pp. 621-661). Academic Press.

Richard, S. F. (1975). Optimal consumption, portfolio and life insurance rules for an uncertain lived individual in a continuous time model. *Journal of financial economics*, *2*(2), 187-203.

Tamradi, Ali; Salehinia, Mohsen. (2018). the effect of investors' myopia on the risk of falling stock prices. Stock Exchange Quarterly, 12(46), 83-100. doi: 10.22034/jse.2019.11156(In Persian)

Tarkovska, V; (2017). "Corporate Governance and Stock Price Crash Risk: Evidence from UK Panel Data". Academy of Management Proceedings, https://doi.org/10.5465/ambpp

Xu, Q; Chen, L; Jiang, C; & Yu, K. (2020). Mixed data sampling expectile regression with applications to measuring financial risk. *Economic modelling*, *91*, 469-486

COPYRIGHTS

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license.