Securities & Exchange Organization, Research, Development & Islamic Studies (RDIS)
Journal of Securities and Exchange, Spring 2024, V. 17, No.65, pp. 69-86

Optimal Daily Scalping Trading Portfolio Based on Interval-valued Prediction with Vector Autoregression Approach[1]

Sajad Soleymani Sarvestani[2], Sayyed Mohammad Reza Davoodi[3], Ali Kheradmand[4]

Received: 2023/10/08
Accepted: 2024/03/11

Research Paper

Abstract

and optimize the mean-variance daily scalping trading portfolio based on interval-valued prediction for lowest and highest daily prices with the vector autoregression approach. In the present study, using the vector autoregression method, the interval related to the lowest and highest daily prices is predicted and then based on it, a daily scalping trading system is formed, including buying and selling in the forecasted prices. To reduce the risk of the trading system and increase the number of trading positions, the optimal daily scalping trading portfolio is developed in the mean-variance framework. The sample portfolio includes five shares of the Tehran Stock Exchange in a 190-day period, taking into account trading costs, shows that the average daily return is 0/0018 and the Sharpe ratio is 0/4809, which is better than the Sharpe ratio of individual daily scalping trading of portfolio assets. The daily average of the total index in the research period is 0/001 and the Sharp ratio is 0/0835, which shows that the trading system has a much better performance than the buy and hold strategy. Risk-averse investors who are interested in the daily scalping strategy are suggested to use the optimal portfolio approach introduced in the present study after carefully evaluating the profitability and risk on the set of stocks they want.

Key Words: Interval-Valued Prediction, Mean-Variance Portfolio, Scalping Trading, Vector Autoregression.
JEL Classification: G11, C58.

---

1. doi: 10.22034/JSE.2024.12118.2073

2. Ph.D. Student, Department of Industrial Management, Dehaghan Branch, Islamic Azad University, Dehaghan, Iran. (Soleymanissajad@gmail.com).
3. Assistant Professor. Department of Management, Dehaghan Branch, Islamic Azad University, Dehaghan, Iran. (Corresponding Author). (Smrdavoodi@ut.ac.ir).
4. Assistant Professor. Department of Accounting, Sarvestan Branch, Islamic Azad University, Sarvestan, Iran. (khmi_2000@yahoo.com).

Copyright © 2024 The Authors. Published by Securities and Exchange Organization. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

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

فصلنامه بورس اوراق بهادار، سال هندهم، شماره ٦٥، بهار ١٤٠٣، صص ٨٦-٦٩

سبد بهینه نوسانگیری روزانه بر پایه پیش‌بینی بازه‌ای مقدار با رهیافت خودرگرسیون برداری[1]

سجاد سلیمانی سروستانی[2]، سید محمدرضا داودی[3]، علی خردمند[4]

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱

چکیده

پیش‌بینی مناسب دارایی‌های مالی به سرمایه‌گذاران در کسب درآمد و مدیریت دارایی‌های خود کمک می‌کند. پیش‌بینی بازه‌ای مقدار شامل پیش‌بینی یک بازه است که حدود آن را دو متغیر تصادفی مشخص می‌کند. هدف پژوهش حاضر طراحی و بهینه‌سازی سبد میانگین-واریانس نوسانگیری روزانه بر اساس پیش‌بینی بازه‌ای مقدار کمینه و بیشینه قیمت روزانه با رهیافت خودرگرسیون برداری است. در پژوهش حاضر به کمک روش خودرگرسیون برداری، پیش‌بینی بازه‌ای مقدار مربوط به کمترین و بیشترین قیمت روزانه صورت می‌گیرد و سپس بر اساس آن یک سیستم معاملاتی نوسانگیری روزانه، شامل خرید و فروش در مقادیر پیش‌بینی شده شکل می‌گیرد. برای کاستن از ریسک سیستم معاملاتی و افزایش تعداد موقعیت‌های معاملاتی، سبد بهینه نوسانگیری روزانه در چهارچوب میانگین-واریانس توسعه می‌یابد. سبد نمونه‌ای پژوهش شامل پنج سهم از بورس اوراق بهادار تهران در یک دوره ۱۹۰ روزه با احتساب هزینه‌های معاملاتی خرید و فروش نشان می‌دهد که میانگین بازده روزانه سبد نوسانگیری پژوهش ۰/۰۰۱۸ و نسبت شارپ آن ۰/۴۸۰۹ است که از نسبت شارپ حاصل از سیستم نوسانگیری روزانه انفرادی دارایی‌های سبد، بهتر است. میانگین روزانه شاخص کل در دوره پژوهش ۰/۰۰۱و نسبت شارپ آن ۰/۰۸۳۵ است که نشان می‌دهد سیستم معاملاتی پژوهش عملکردی به مراتب بهتر از سیستم خرید و نگهداری دارد. به سرمایه‌گذاران ریسک گریز علاقمند به استراتژی نوسانگیری روزانه پیشنهاد می‌شود تا رویکرد سبد بهینه معرفی شده در پژوهش حاضر را پس از بررسی و ارزیابی دقیق سودآوری و ریسک بر روی مجموعه سهام مورد نظر خود مورد استفاده قرار دهند.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی بازه‌ای مقدار، سبد میانگین واریانس، خودرگرسیون برداری، استراتژی نوسانگیری.

طبقه‌بندی موضوعی: G11, C58

---

۱. doi: 10.22034/JSE.2024.12118.2073

۲. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد دهاقان، دانشگاه آزاد اسلامی، دهاقان، ایران. (Soleymanissajad@gmail.com).
۳. استادیار، گروه مدیریت، واحد دهاقان، دانشگاه آزاد اسلامی، دهاقان، ایران. (نویسنده مسئول). (smrdavoodi@ut.ac.ir).
۴. استادیار، گروه حسابداری، واحد سروستان، دانشگاه آزاد اسلامی، سروستان، ایران. (khmi_2000@yahoo.com).

حق انتشار این مستند متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۳ ©، ناشر این مقاله، سازمان بورس و اوراق بهادار است.
این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

مقدمه

داده‌های بازه‌ای مقدار در مقایسه با داده‌های عددی معمولی بهتر می‌توانند ویژگی‌های ساختاری داخلی بازارهای مالی را بیان کنند. پیش‌بینی بازه‌ای مقدار بر خلاف پیش‌بینی نقطه‌ای(که تنها یک مقدار را به عنوان مقدار مورد انتظار بر می‌گرداند)، دو مقدار شامل کران‌های بالا و پایین قیمت را بر می‌گرداند. از این رو امکان بهتری برای مدیریت دارایی، انتخاب سبد سهام، اهداف سرمایه‌گذاری کوتاه مدت مانند نوسانگیری و سفارش‌گذاری برای سرمایه‌گذاران فراهم می‌کند. ایده اصلی پژوهش حاضر تشکیل سبدسهام بهینه بر اساس سیستم معاملاتی نوسانگیری روزانه شکل گرفته بر پایه پیش‌بینی بازه‌ای مقدار کمترین و بیشترین قیمت روزانه سهام است. روند کلی این سیستم معاملاتی به این صورت است که سرمایه‌گذار با پیش‌بینی کمینه و بیشینه قیمت، سفارش‌گذاری خود را سازمان‌دهی می‌کند تا بتواند از نوسان‌های روزانه بهره بگیرد. برای کاستن از ریسک در چنین سیستم معاملاتی و افزایش تعداد موقعیت‌های معاملاتی، سبد نوسانگیری روزانه معرفی می‌شود و بهینه‌سازی ریسک آن در چهارچوب انتخاب سبد بهینه میانگین-واریانس انجام می‌گیرد.

مبانی نظری و توسعه فرضیه‌ها

پیش‌بینی مناسب دارایی‌های مالی به سرمایه‌گذاران در کسب درآمد و مدیریت دارایی‌های خود کمک می‌کند. از این رو توسعه روش‌های پیش‌بینی دارایی‌های مالی یکی از حوزه‌های پرطرفدار در پژوهش‌های مالی و پیش‌بینی بازه‌ای مقدار، از مباحث به نسبت نوین در این زمینه است(ماسیل و بالینی[1]،۲۰۲۱). غالبا در مبحث پیش‌بینی منظور از برآورد یا پیش‌بینی قیمت یا بازده دارایی مالی، یک عدد است که از دید آماری امید یا مقدار مورد انتظار قیمت یا بازده برای گام‌های زمانی آتی می‌باشد. بنابراین در پیش‌بینی‌های نقطه ای به صورت همزمان اطلاعاتی درباره بیشترین یا کمترین قیمت روزانه بیان نمی‌شود.

در مقابل پیش‌بینی نقطه‌ای، مبحث پیش‌بینی بازه‌ای مقدار است. پیش‌بینی بازه‌ای مقدار شامل پیش‌بینی یک بازه است که حدود آن را دو متغیر تصادفی مشخص می‌کند که همواره ابتدای بازه از انتهای آن کوچکتر است و پیش‌بینی دقیق‌تر، دارای تطابق بیشتر در کران بازه

1. Maciel and Ballini

است. پیش‌بینی بازه‌ای مقدار به خصوص برای سرمایه‌گذاران با افق زمانی کوتاه مدت از اهمیت بیشتری برخوردار است و امکان استفاده از این اطلاعات در جهت نوسانگیری و سفارش گذاری مناسب را فراهم می‌آورد(ژانگ و ژانگ[1]،۲۰۲۲). در پژوهش‌های صورت گرفته برای پیش‌بینی بازه‌ای مقدار، مدل‌های گوناگونی توسعه داده شده است. به‌عنوان نمونه مدل‌هایی که در سیستم خطی و با استفاده از رویکرد تصحیح خطا یا خود رگرسیون برداری[2] به مدل‌سازی تغییرات دو کران پایین و بالا در بازه مورد بحث (در اینجا کمترین و بیشترین قیمت) می‌پردازد. در این مدل‌ها، متغیر وابسته یک بردار شامل دو کران بازده مورد نظر می‌باشد. مدل خودرگرسیون برداری شبیه یک سیستم از معادلات خطی است که هر مؤلفه بردار را به وقفه‌های زمانی آن مؤلفه و سایر مؤلفه مرتبط می‌کند. یکی از محاسن اینگونه مدل‌ها این است که نیازی به مانایی متغیرها نیست. مطلب اخیر از اهمیت فراوانی برخوردار است زیرا آنچه قرار است پیش‌بینی شود قیمت دارایی است نه بازده و غالبا قیمت دارایی دارای روند است و تشکیل یک سری زمانی مانا نمی‌دهد.

پیش‌بینی بازه‌ای مقدار بر اساس طول و مرکز بازه نیز رهیافت دیگری در پیش‌بینی بازه‌ای مقدار است که در آن بازه به دو مشخصه طول بازه و مرکز آن تقسیم می‌شود و این دو شاخص مورد پیش‌بینی قرار می‌گیرند و سپس با ترکیب مجدد آنها، بازه پیش‌بینی شده ساخته می‌شود (بانسینگ و همکاران[3]،۲۰۲۰). ابزارهای هوش مصنوعی و یادگیری عمیق به دلیل ظرفیت قوی آنها در فرآیند داده کاوی، در بسیاری از زمینه‌ها به موفقیت‌های زیادی دست یافته است. بر این اساس پیش‌بینی بازه‌ای مقدار استوار بر شبکه‌های عصبی منظم، شبکه‌های حافظه کوتاه بلند مدت و شبکه مولد تخاصمی در ادبیات پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

در ادامه تعدادی از پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه پیش‌بینی بازه‌ای مقدار ارائه می‌شود. کیانی زاده و همکاران(۱۴۰۲) به مقایسه دقت مدل‌های منتخب یادگیری ماشین شامل شبکه عصبی، رگرسیون لجستیک، نزدیک‌ترین همسایه و ماشین بردار پشیبان برای پیش‌بینی قیمت سهام پرداختند که نتایج نشان داد از بین الگوریتم‌های یادشده، الگوریتم ماشین بردار پشتیبان بیشترین قدرت پیش‌بینی‌کنندگی را به خود اختصاص داده است. سهرابی و

1. Zhang and Zhang
2. Vector Autoregression
3. Baunsing et al.

همکاران(۱۴۰۱) به بررسی دقت پیش‌بینی بر اساس روش‌های مختلف جنگل تصادفی، ماشین بردار پشتیبان، شبکه عصبی مصنوعی و شبکه عصبی بازگشتی مبتنی بر یادگیری عمیق پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که روش یادگیری ماشین مبتنی بر شبکه عصبی بازگشتی حافظه طولانی کوتاه مدت نتیجه بهتری نسبت به سایر مدل‌های مورد بررسی دارد. داوودی و ربیعی(۲۰۲۲) یک روش ترکیبی متشکل از هموارسازی نمایی هولت و رگرسیون بردار پشتیبان حداقل مربعات چند خروجی را برای پیش‌بینی پایین‌ترین و بالاترین قیمت در بازار سهام به کار بردند. در این رویکرد، ابتدا از روش هموارسازی هولت برای هموارسازی دو کران بازه استفاده می‌شود و سپس باقی‌مانده‌های فرآیند هموارسازی با رگرسیون بردار پشتیبان بردار چند خروجی مدل‌سازی می‌شوند. نتایج بر روی داده‌های هفتگی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که روش ترکیبی نسبت به روش‌های خطی، میانگین مربعات خطای کمتری تولید می‌کند. چن و همکاران[1](۲۰۲۳) یک روش تصحیح و تجزیه خطا را برای پیش‌بینی بازه‌ای مقدار قیمت سهام پیشنهاد دادند که در آن از تکنیک تجزیه حالت تجربی دو متغیره برای تجزیه سری خطای تصحیح شده به چند تابع حالت ذاتی و یک باقیمانده استفاده می‌شود. نتایج تجربی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به برخی روش‌های سنتی در پیش‌بینی برتری دارد. ژانگ و ژانگ[2](۲۰۲۲) از فواصل تصادفی برای توصیف ریسک بازده دارایی‌های مالی استفاده کردند و معیار ارزش در معرض ریسک شرطی بازه‌ای مقدار را معرفی و مورد پیش‌بینی قرار دادند. سپس مدل سبد بهینه بر اساس این معیار را مورد مدل‌سازی و محاسبه قرار دادند. بر اساس داده‌های واقعی از بازار سهام چین، مطالعه موردی نشان می‌دهد که مدل‌های ارائه قابل تفسیر و سازگار با سناریوی عملی هستند. لو و همکاران[3](۲۰۲۲) با پیشنهاد مدل بازه‌ای مقدار اتورگرسیو آستانه اصلاح‌شده با فاکتورهای فاصله‌ای به پیش‌بینی بازه‌ای مقدار قیمت سهام پرداختند. چندین عامل با ارزش بازه‌ای و متغیرهای آستانه نقطه‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و نتایج تجربی نشان می‌دهد که عملکرد مدل پژوهش با آستانه مناسب از سایر مدل‌های پیش‌بینی بازه‌ای بهتر است.

---

1. Chen et al.
2. Zhang and Zhang
3. Lu et al

هوانگ و همکاران[1] (۲۰۲۱) از یک رویکرد پیش‌بینی بازه‌ای مقدار دو مرحله ای در بازار نفت استفاده کردند. پیش‌بینی بازه‌ای مقدار مورد استفاده بر اساس رویکرد ترکیبی بوستینگ[2] و میانگین مدل در محیط نااطمینانی توسعه یافته است تا اطلاعات و ویژگی‌های اساسی حرکات قیمت نفت خام را در قالب بازه به دست آورد. نتایج تجربی نشان می‌دهد که رویکرد پیشنهادی از سایر روش‌های میانگین‌گیری مدل‌های رقیب دارای عملکرد بهتری دارد. ماسیل و بالینی[3](۲۰۲۱) از یک از یک سستم استنتاج فازی یا سیستم فازی مبتنی بر قوانین فازی برای پیش‌بینی بازه‌ای مقدار کمترین و بیشترین مقدار نرخ تبدیل ارز یورو به دلار استفاده کردند. نتیجه پژوهش در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که سیستم فازی دارای دقت بالاتری نسبت به مدل‌های سری زمانی معمولی یعنی مدل‌های آریما[4] است. بانسینگ و همکاران[5](۲۰۲۰) یک مدل تکرار شونده برای پیش‌بینی بازه‌ای مقدار ارائه دادند. در این مدل بازه‌های نمونه‌ای که برای تقریب پارامترهای مدل به کار می‌رود به تعدادی زیر بازه تقسیم می‌شود و از ترکیب تمامی زیر بازه‌های متغیرهای مستقل و وابسته، برای تقریب رگرسیون‌های معمولی استفاده می‌شود. رگرسیون‌های معمولی که از این طریق حاصل می‌شوند به کمک رویکرد مبتنی بر نظریه اطلاعات و با استفاده از آنتروپی تقریب زده می‌شوند. نتیجه تست روش بر روی شاخص S&P در بازه ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۶ بیانگر دقت بالاتر مدل نسبت به مدل گارچ است. یانگ و همکاران [6](۲۰۱۹) برای پیش‌بینی بازه‌ای مقدار از شبکه‌های عصبی منظم استفاده کردند. در شبکه عصبی مورد استفاده کران‌های پایین و بالا متغیرهای مستقل به‌عنوان ورودی در جهت پیش‌بینی کران‌های بالا و پایین متغیر وابسته وارد شبکه عصبی می‌شوند. همچنین این شبکه در جهت تضمین اینکه خروجی کران بالای شبکه از خروجی کران پایین آن بیشتر است دارای یک مؤلفه هموارکننده در تابع هدف خود است. در پایان بر روی داده‌های شبیه سازی روش مورد استفاده قرار گرفته است. زیانگ و همکاران[7] (۲۰۱۸) به ارائه مدل ترکیبی هموارسازی نمایی و رگرسیون بردار پشتیبان برای پیش‌بینی بازه‌ای قیمت سهام شامل بیشترین و کمترین قیمت روزانه اقدام کردند. فلسفه این روش ترکیبی، به کارگیری همزمان خواص مفید روش‌های خطی و غیر

1. Huang et al.
2. Boosting
3. Maciel and Ballini
4. ARIMA
5. Baunsing et al.
6. Yang et al.
7. Xiong et al.

خطی در قالب یک سیستم ترکیبی است. سیستم ترکیبی بر روی سه پایگاه داده از بورس سهام و انرژی پیاده سازی شده است و نتیجه نشان می‌دهد که رویکرد معرفی شده از دقت مناسبی بر روی داده‌های تست برخوردار است. ردریگز و سالبش[1] (۲۰۱۸) یک مدل آستانه‌ای برای پیش‌بینی بازه‌ای مقدار ارائه دادند. در این رویکرد با استفاده از رویکرد میانگین مربعات خطا، پارامتر آستانه و شیب مدل مورد محاسبه قرار می‌گیرد. مدل ارائه شده بر روی شاخص S&P در بازه ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفت که پژوهشگران نتیجه حاصل شده بر روی داده‌های تست در بازه ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ را رضایت بخش گزارش کرده‌اند.

مرور پیشینه پژوهش های صورت گرفته نشان می‌دهد که پیش‌بینی بازه‌ای مقدار برای کمینه و بیشینه قیمت با مدل‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است که در این میان جای خالی یک سیستم معاملاتی بر پایه پیش‌بینی بازه‌ای مقدار، خالی به نظر می‌رسد تا بتواند از نتایج پیش‌بینی برای کسب سود بهره ببرد. به دلیل پیچیدگی و پویایی بازارهای مالی، غالباً از مدل‌های پیش‌بینی برای بررسی تغییرات کوتاه مدت دارایی‌های مالی استفاده می‌شود. سیستم معاملاتی طبیعی که با پیش‌بینی کوتاه مدت (بعنوان نمونه روزانه) بر پایه پیش‌بینی بازه‌ای مقدار کمینه و بیشینه قیمت می‌توان تشکیل داد، سیستم نوسانگیری روزانه است که در آن از تغییرات درون روزی یک دارایی برای کسب سود استفاده می‌شود. این سیستم معاملاتی دارای ریسک‌های خاص خود است. به‌عنوان نمونه یکی از ریسک‌ها، ریسک امکان خرید است که قیمت سفارش‌گذاری شده توسط سیستم معاملات دیده شود(قیمت به محدوده سفارش خرید برسد). پس از خرید دارایی، ریسک بعدی ریسک امکان فروش است که نااطمینانی رسیدن قیمت به سطح سفارش سرمایه‌گذار می‌باشد. همچنین ریسک نقدشوندگی (میزان حجم معامله) با توجه به تغییرات شدید قیمت دارایی در خلال روز یکی دیگر از ریسک‌ها است که نااطمینانی خرید و فروش حتی با رسیدن سطح قیمت به قیمت مطلوب سرمایه‌گذار است. در کنار موارد یاد شده، هزینه معاملاتی را نیز باید منظور کرد. برای کاستن از ریسک‌های یاد شده و برای افزایش تعداد موقعیت‌های معاملاتی، پژوهش حاضر از سبد نوسانگیری روزانه استفاده خواهد کرد. بر اساس آنچه بیان شد، هدف پژوهش حاضر ارائه یک سبد بهینه نوسانگیری روزانه بر پایه پیش‌بینی بازه‌ای مقدار است. برای این منظور، کمترین و بیشترین قیمت روزانه برای دارایی‌های مالی به

1. Rodrigues & Salish

کمک مدل خودرگرسیونی مدل‌سازی می‌شود و عملکرد مدل در داده‌های تاریخی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد تا بازده و ریسک موقعیت‌های معاملاتی ایجاد شده از نوسانگیری روزانه از دیدگاه آماری سنجیده شود. در اختیار داشتن بازده و ریسک روزانه برای تعدادی دارایی امکان استفاده از چهارچوب بهینه‌سازی سبد میانگین-واریانس را برای کاهش ریسک و رسیدن به یک سطح بازده مطلوب فراهم می‌کند. هدف چهارچوب میانگین-واریانس، رسیدن به یک سطح بازده مطلوب، ضمن تحمل کمترین ریسک ممکن است. در بخش بعدی مدل پژوهش با جزئیات کامل بررسی می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش

در این بخش به تبیین مدل پژوهش پرداخته می‌شود و در ابتدا مدل خودرگرسیون برداری معرفی می‌شود. فرض کنیم سری‌های زمانی $\{Y_t^L\}_{t=1}^N$ و $\{Y_t^U\}_{t=1}^N$ به ترتیب نشان دهنده کمینه و بیشینه قیمت در بازه زمانی به طول N باشد. در رویکرد خود رگرسیون برداری هر یک از این دو متغیر بر اساس وقفه‌های خود و متغیر دیگر در یک رابطه رگرسیونی قرار می‌گیرد. بنابراین در این نوع مدل‌سازی برای بیان متغیرهای مستقل از وقفه‌های متغیرهای وابسته استفاده می‌شود (به همین خاطر به آنها خودرگرسیون گفته می‌شود). در صورتی که برای متغیر اول از وقفه‌های یک تا p و برای متغیر دوم از وقفه‌های یک تا q استفاده شود، ضابطه مدل خودرگرسیون مرتبه (p,q) که با $VAR(p,q)$ نشان داده می‌شود به صورت رابطه ۱ است:

$$Y_t^L = \beta_0^L + \beta_1^L Y_{t-1}^L + \beta_2^L Y_{t-2}^L + \ldots + \beta_p^L Y_{t-p}^L + \beta_1^U Y_{t-1}^U + \ldots + \beta_q^U Y_{t-q}^U + \zeta_t^L \quad (۱)$$

$$Y_t^U = \gamma_0^L + \gamma_1^L Y_{t-1}^L + \gamma_2^L Y_{t-2}^L + \ldots + \gamma_p^L Y_{t-p}^L + \gamma_1^U Y_{t-1}^U + \ldots + \gamma_q^U Y_{t-q}^U + \zeta_t^U$$

با تقریب حداقل مربعات این مدل، ضرایب مجهول و و ماتریس کواریانس اجزای خطا محاسبه می‌شود و می‌توان برای پیش‌بینی مقادیر آتی دو سری زمانی از آن استفاده کرد. برای این منظور در لحظه پیش‌بینی نیاز است تا p وقفه متغیر اول و q وقفه متغیر دوم در دسترس باشند. برای مشخص سازی وقفه بهینه می‌توان از آماره‌هایی مانند آکائیک استفاده کرد.

در ادامه سیستم معاملاتی نوسانگیری روزانه با رهیافت خودرگرسیون برداری تشریح می‌شود. فرض کنیم برای زمان t، کمترین و بیشترین قیمت روزانه به کمک داده‌های قبل از این زمان و به کمک خودرگرسیون برداری مورد پیش‌بینی قرار گرفته است که این دو مقدار به ترتیب با $\widehat{Y}_t^L$ و $\widehat{Y}_t^U$ نشان داده می‌شود. با توجه به اینکه در بورس اوراق بهادار تهران در یک روز معاملاتی محدوده قیمت دارای تغییرات ۰٫۰۵ نسبت به قیمت بسته شدن روز قبل از خود است، دو حالت پیش می‌آید: اول اینکه هر دوی $\widehat{Y}_t^L$ و $\widehat{Y}_t^U$ در محدوده مورد نظر باشند که در این صورت این دو مقدار نیاز به اصلاح ندارند. در حالت دوم یکی یا هر دو مقدار پیش‌بینی شده از محدوده مورد نظر تجاوز کنند. در صورتی که بازه قیمتی مجاز در روز t با P_t^L و P_t^U نشان داده شود، از روابط زیر برای اصلاح محدوده پیش‌بینی استفاده می‌شود.

$$\widehat{Y}_t^U = \begin{cases} \widehat{Y}_t^U & P_t^L \le \widehat{Y}_t^U \le P_t^U \\ 0.99P_t^u & \widehat{Y}_t^U > P_t^U \end{cases}, \widehat{Y}_t^L = \begin{cases} \widehat{Y}_t^L & P_t^L \le \widehat{Y}_t^L \le P_t^U \\ 1.01P_t^L & \widehat{Y}_t^L < P_t^L \end{cases} \quad (۲)$$

با در اختیار داشتن مقادیر پیش‌بینی شده برای کمترین و بیشترین قیمت، فرآیند سفارش‌گذاری قیمت صورت می‌گیرد. درخواست خرید دارایی با قیمت $\widehat{Y}_t^L$ در شروع معاملات ثبت می‌شود. در صورتی که در داده‌های درون روزی قیمت به $\widehat{Y}_t^L$ برسد و عملیات خرید صورت گیرد، بلافاصله سفارش فروش در قیمت $\widehat{Y}_t^U$ ثبت می‌شود و چناچه قیمت به $\widehat{Y}_t^U$ برسد، موقعیت معاملاتی بسته می‌شود و می‌توان سود یا ضرر حاصل از نوسانگیری را مورد محاسبه قرار داد. روشن است که چنانچه قیمت به محدوده خرید نرسد، میزان بازده برابر صفر خواهد بود. حال چنان چه خرید صورت گیرد و فرآیند فروش تا زمان مشخصی صورت نگیرد (این زمان یک پارامتر است که توسط طراح سیستم معاملاتی مشخص می‌شود)، در نخستین معامله بعد از این زمان مشخص، سهم فروخته می‌شود. زمانی که برای پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفته است، ساعت ده و نیم می‌باشد. این زمان به صورت تجربی توسط محقق انتخاب شده است. دلیل انتخاب این زمان نوسان بیشتر دارایی قبل از این زمان است در حالی که اغلب بعد از این زمان حرکت قیمتی سهام دارای روند کم نوسان و قابل پیش‌بینی‌تری می‌شود. آنچه بیان شد، سازو کار سیستم نوسانگیری روزانه برای یک دارایی است. پژوهش حاضر برای کاستن از ریسک سیستم معاملاتی به جای یک تک دارایی از یک سبد سهام استفاده می‌کند.

اوزان سبد سهام بر اساس چهارچوب بهینه‌سازی مارکویتز یعنی میانگین-واریانس بهینه می‌شود. در سبد میانگین-واریانس وزن پورتفوی با بردار $w=(w_1,w_2,...,w_n)$ نشان داده می‌شود که $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$. در صورتی که بازده مورد انتظار دارایی‌ها به ترتیب برابر $\mu_1,\mu_2,...,\mu_n$ باشد، بازده سبد که با μ_p نشان داده می‌شود برابر است با:

$$\mu_p = w_1\mu_1 + w_2\mu_2 + ... + w_n\mu_n \qquad (۳)$$

همچنین ریسک پورتفوی عبارت است از:

$$\sigma_p^2 = w^t C w \qquad (۴)$$

که C ماتریس کواریانس بازده داراییها است. در نهایت مدل میانگین-واریانس برای بهینه‌سازی سبدسهام به صورت رابطه (۵) می‌باشد.

$$\begin{aligned} &\min \ \sigma_p^2 = w^t C w \qquad (۵)\\ &w_1\mu_1 + w_2\mu_2 + ... + w_n\mu_n \geq \mu_0\\ &\sum_{i=1}^{n} w_i = 1\\ &w_1, w_2, ..., w_n \geq 0 \end{aligned}$$

که μ_0 حداقل بازده مورد انتظار سرمایه‌گذار است.

همانطور که بیان شد، سیستم معاملاتی نوسانگیری روزانه طراحی شده، می‌تواند برای یک تک دارایی مورد استفاده قرار گیرد. به کارگیری این سیستم برای یک تک دارایی بر روی داده‌های تاریخی، مجموعه‌ای از بازده‌های روزانه را تشکیل می‌دهد. بعبارتی هر دارایی به تنهایی یک سری زمانی از بازده‌های روزانه، حاصل از سیستم معاملات نوسانگیری معرفی شده در پژوهش را تولید می‌کند. از این رو، میانگین بازده برای هر دارایی و ماتریس کواریانس بازده دارایی‌ها بر اساس رابطه‌های (۳) و (۴) برای استفاده در مدل میانگین-واریانس (۵) قابل محاسبه است. در نهایت با بهینه‌سازی مدل(۵)، اوزان بهینه سبد نوسانگیری روزانه محاسبه می‌شود. در بخش بعد جزئیات عملی پیاده‌سازی مدل بهینه سبدسهام نوسانگیری تشریح می‌شود.

یافته‌های پژوهش

در این بخش، چگونگی تشکیل سبدسهام بهینه میانگین-واریانس نوسانگیری روزانه بر پایه پیش‌بینی بازه‌ای مقدار، ضمن یک مثال نمونه‌ای مورد بررسی و عملکرد آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. سبد نمونه‌ای پژوهش متشکل از پنج دارایی است که نام سهام و شماره آنها در جدول ۱ ارائه شده است. دارایی‌های یادشده از ۵ صنعت مختلف بوده و بر اساس سابقه تجربی پژوهشگر در نوسان‌گیری روزانه انتخاب شده است و به نگارنده این امکان را می‌دهد تا نتایج عملکرد مدل را به صورت کامل و با جزئیات گزارش دهد.

جدول ۱. دارایی‌های مورد استفاده در سبد نوسانگیری پژوهش

شماره	دارایی
۱	سرمایه‌گذاری ایران خودرو(خگستر)
۲	پالایش نفت اصفهان(شپنا)
۳	ملی صنایع مس ایران(فملی)
۴	دارو زهراوی(دزهراوی)
۵	بانک اقتصاد نوین(ونوین)

مدل پژوهش برای پیاده سازی و بررسی عملکرد، احتیاج به داده‌های درون روزی (لیست کامل معاملات روزانه) دارد. این نوع داده از راه‌های متداول قابل دسترسی نیست. برای این منظور به کمک کتابخانه ریکویست[1] در زبان برنامه نویسی پایتون اقدام به استخراج داده‌های لحظه‌ای از تارنمای Tsetmc.ir شد. تعداد داده‌هایی که بر این اساس استخراج شد برابر ۱۹۰ داده از تاریخ ۱۴۰۰/۵/۴ تا تاریخ ۱۴۰۱/۳/۱ است که تمام تعداد داده‌ای است که بدین طریق، امکان استخراج آن وجود دارد. در مدل خود رگرسیون برداری، متغیر وابسته دارای دو مؤلفه قیمت کمینه و بیشینه روزانه است. در ابتدا داده‌های کمینه و بیشینه قیمت با تاخیر ۱۰۰ روزه به صورت گردایه ای از داده‌های آموزشی درآمدند. بدین صورت که با استفاده از داده‌های ۱ تا ۱۰۰ نخستین خودرگرسیون برداری تقریب زده می‌شود و از آن برای برآورد بردار وابسته(کمینه و بیشینه قیمت) در روز ۱۰۱ام استفاده می‌شود. سپس به کمک داده‌های ۲ تا ۱۰۱ بعنوان داده‌های آموزشی، دومین خودرگرسیون برداری تقریب زده می‌شود و سپس به کمک آن کمینه و بیشینه

1. Request

قیمت برای روز ۱۰۲ پیش‌بینی می‌شود و با توجه به اینکه هر رگرسیون از ۱۰۰ داده ماقبل بعنوان داده‌های آموزشی استفاده می‌کند و تعداد کل داده‌ها ۱۹۰ داده است، ۹۰ داده پایانی بعنوان داده‌های آزمون برای اجرای سیستم معاملاتی انتخاب شد. برای انتخاب وقفه بهینه از کمینه آماره‌های آکائیک، حنان کویین و شوارتز[1] و برای تقریب خودرگرسیون برداری از نرم افزار متلب استفاده شد. به‌عنوان نمونه برای دارایی اول وقفه بهینه برابر ۲ است(چه کمینه و چه بیشینه) و برای نخستین دسته ۱۰۰ تایی، ضرایب خود رگرسیون برداری برای مدل مطابق جدول(۲) محاسبه شد.

$$low_t = c_1 + AR\{1\}(1,1)low_{t-1} + AR\{2\}(1,2)low_{t-2} + AR\{1\}(1,1)high_{t-1} + AR\{2\}(1,2)high_{t-2} + \xi_1$$

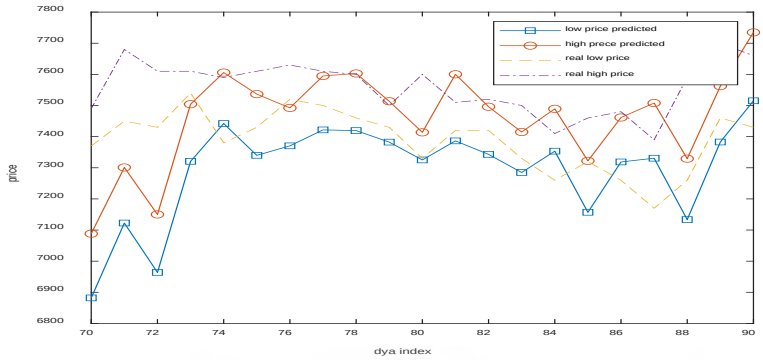
$$high_t = c_1 + AR\{1\}(2,1)low_{t-1} + AR\{2\}(2,2)low_{t-2} + AR\{1\}(2,1)high_{t-1} + AR\{2\}(2,2)high_{t-2} + \xi_2$$

جدول۲. برآورد اولین خودرگرسیون برداری برای دارایی اول و ۱۰۰ داده اول

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره تی	مقدار احتمال
C1	۴۹/۵۳۴۷۲	۳۷/۱۶۶۴۸	۱/۳۳۲۷۷۹	۰/۱۸۲۶۰۴
C2	−۱/۹۴۵۱۲	۳۱/۷۳۸۵	−۰/۰۶۱۲۹	۰/۶۵۱۱۳۲
AR{1}(1,**1**)	۰/۷۶۴۹۹	۰/۱۶۹۷۵۹	۴/۵۰۶۳۳۸	۰
AR{1}(2,1)	۰/۵۷۹۰۷۳	۰/۱۴۴۹۶۶	۳/۹۹۴۵۳۵	۰
AR{1}(1,2)	۰/۴۹۲۵۹۷	۰/۲۰۲۹۹۹	۲/۴۲۶۵۹۹	۰/۰۱۵۲۴۱
AR{1}(2,2)	۰/۸۳۲۳۸۳	۰/۱۷۳۳۵۲	۴/۸۰۱۶۹۷	۰
AR{2}(1,1)	−۰/۱۷۰۲	۰/۱۸۶۴۷۷	−۰/۹۱۲۷۱	۳۶۱۳۹۴
AR{2}(2,1)	−۰/۰۸۴۳	۰/۱۵۹۲۴۳	−۰/۵۲۹۴	۰/۵۹۶۵۲۹
AR{2}(1,2)	−۰/۱۶۸۴۲	۰/۲۳۰۸۸۱	−۰/۷۲۹۴۷	۰/۴۶۵۷۱۱
AR{2}(2,2)	−۰/۳۳۴۶۵	۰/۱۹۷۱۶۲	−۱/۶۹۷۳۴	۰/۰۸۹۶۳۲

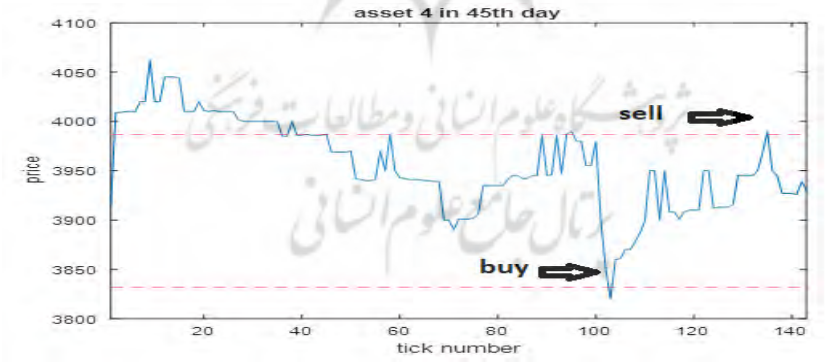
1. AIC, HQ, SC

با تکرار تقریب مدل به صورت بسته‌های ۱۰۰ تایی، پیش‌بینی کمینه و بیشینه قیمت روزانه بر روی ۹۰ روز پایانی بعنوان داده‌های آزمون، حاصل شد. بعنوان نمونه، نمودار داده‌های پیش‌بینی و واقعی برای کمینه و بیشینه قیمت برای دارایی شماره سه در نمودار ۱ ارائه شده است.



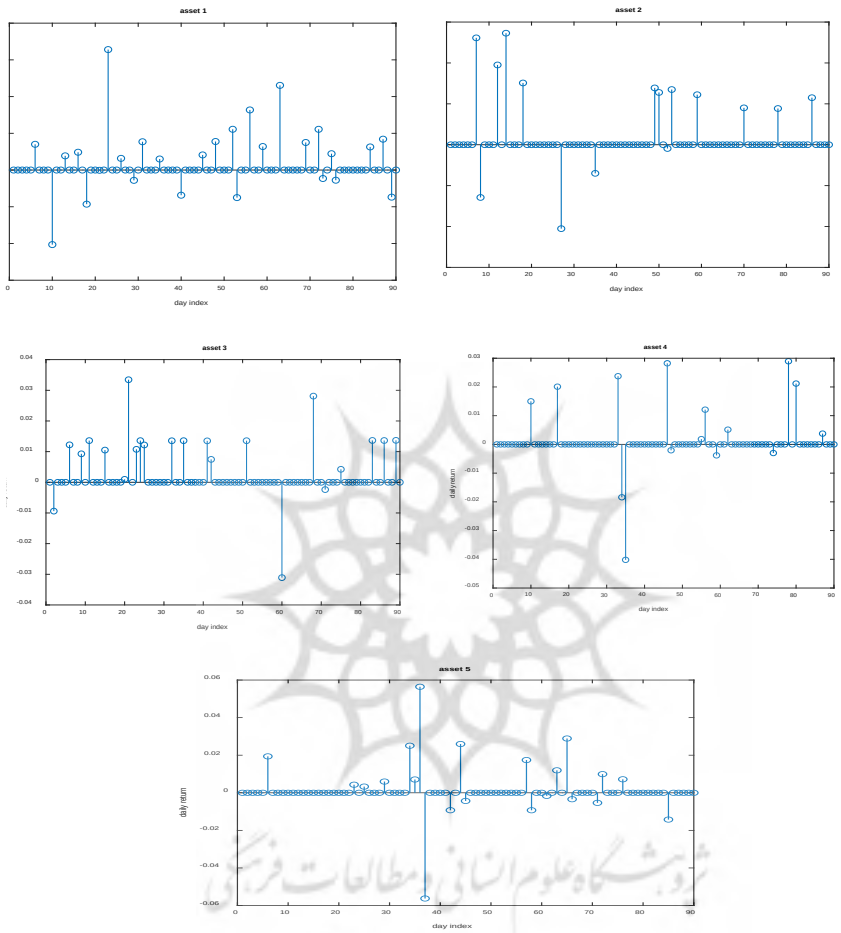
نمودار ۱. کمینه و بیشینه قیمت پیش‌بینی شده در مقابل داده های واقعی

با پیش‌بینی‌های صورت گرفته، برای هر دارایی به صورت انفرادی امکان پیاده سازی سیستم نوسانگیری روزانه ارائه شده در بخش مدل پژوهش وجود دارد. بعنوان نمونه در روز ۴۵ام از داده‌های تست برای دارایی چهارم موقعیت معاملاتی نمودار(۲) در داده‌های لحظه‌ای روزانه شناسایی شد.



نمودار۲. نمونه ای از شناسایی موقعیت نوسا ن گیری بر اساس رویکرد پژوهش

بازده حاصل شده بر روی داده‌های تست برای هر پنج دارایی در نمودار (۳) ارائه شده است. توجه شود که هزینه معاملاتی در مجموع خرید وفروش برابر ۰/۰۱۵ در بازده‌های ارائه شده منظور شده است.



نمودار۳. بازده های روزانه حاصل شده از پیاده سازی سیستم نوسانگیری روزانه پژوهش

عملکرد سیستم معاملاتی نوسانگیری روزانه برای هر سهم به صورت مجزا در معیارهای میانگین بازده روزانه، ریسک بر پایه انحراف معیار و نسبت شارپ(بازده تعدیل شده با ریسک) در جدول۳ ارائه شده است.

جدول۳. عملکرد سیستم معاملاتی نوسانگیری روزانه به صورت انفرادی

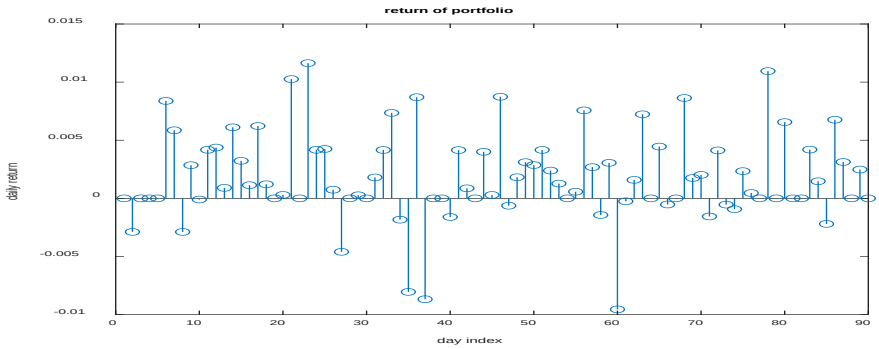
دارایی شماره معیار عملکرد	۱	۲	۳	۴	۵
میانگین بازده روزانه	۰/۰۰۲۴۳۸	۰/۰۰۲۸۵۵	۰/۰۰۲۳۱۸	۰/۰۰۱۰۲۹	۰/۰۰۱۳۲۲
انحراف معیار	۰/۰۱۱۸۷۱	۰/۰۱۲۴۸۹	۰/۰۰۷۳۶۹	۰/۰۰۷۷۵۶	۰/۰۱۰۵۲۱
نسبت شارپ	۰/۲۰۵۳۲۹	۰/۲۲۸۵۷۸	۰/۳۱۴۶۱۶	۰/۱۳۲۶۳۶	۰/۱۲۵۶۴۹

بعنوان نمونه دارایی اول در این سیستم معاملاتی متوسط بازده ای روزانه ای برابر ۰/۰۰۲۴تولید می‌کند که برای رسیدن به آن باید متجمل ریسکی(انحراف معیار) برابر ۰/۰۱۱۸شد. نسبت شارپ یکی از معیارهای سودآوری است که از تقسیم بازده بر ریسک بدست می‌آید و نشان می‌دهد که به ازای یک واحد ریسک بیشتر، چه میزان بازده اضافه حاصل می‌شود. برای سیستم معاملاتی اخیر این مقدار برابر ۰/۲۰۵۳می‌باشد. همانطور که در مدل پژوهش بیان شد، برای کاستن از ریسک و پایداری سود و افزایش تعداد موقعیت‌های معاملاتی، از چهارچوب میانگین-واریانس برای بهینه‌سازی سبد نوسانگیری روزانه استفاده می‌شود تا سهم هر دارایی از سبد نوسانگیری مشخص شود. برای بهینه‌سازی مدل میانگین-واریانس، بر اساس بازده‌های ارائه شده در نمودار (۳)، میانگین بازده دارایی‌ها برابر سطر اول جدول ۳ و ماتریس ضریب همبستگی نیز استخراج شد. سپس اوزان بهینه حاصل از بهینه‌سازی مدل(۵) توسط الگوریتم fmincon در متلب محاسبه شد. در مدل(۵) تنها به کمینه‌سازی ریسک پرداخته شد و محدودیت حداقلی برای بازده در نظر گرفته نشد. اوزان بهینه حاصل شده در جدول۴ ارائه شده است.

جدول۴. اوزان بهینه سبد نوسانگیری

شماره دارایی	۱	۲	۳	۴	۵
وزن بهینه	۰/۱۱۶۸	۰/۱۱۲۰	۰/۳۰۷۲	۰/۳۰۹۶	۰/۱۵۴۲

بازده حاصل شده توسط سبد بهینه بر روی داده‌های تست در نمودار ۴ ارائه شده است. توجه شود که هزینه معاملاتی در بازده‌های ارائه شده منظور شده و این مقدار از بازده حاصل شده، کسر شده است.



نمودار۴. بازده های روزانه حاصل شده از سبد بهینه نوسانگیری روزانه پژوهش

عملکرد سبد بهینه نوسانگیری در معیارهای میانگین بازده روزانه، ریسک بر پایه انحراف معیار و نسبت شارپ در جدول۵ ارائه شده است.

جدول۵. عملکرد سبد بهینه نوسانگیری پژوهش

معیار	مقدار
میانگین بازده روزانه	۰۰۱۸/۰
انحراف معیار	۰۰۳۸/۰
نسبت شارپ	۴۸۰۹/۰

سبد بهینه، متوسط بازده روزانه ای برابر ۰/۰۰۱۸ تولید می کند که برای رسیدن به آن باید متحمل ریسکی(انحراف معیار) برابر ۰/۰۰۳۸ شد. نسبت شارپ سبد بهینه نیز برابر ۰/۴۸۰۹ است. نسبت شارپ حاصل شده از سبد نوسانگیری نسبت به نسبت‌های شارپ سیستم‌های انفرادی ارائه شده در جدول(۳)، بهبود دو برابری را نشان می‌دهد و همچنین بیان کننده این واقعیت است که چهارچوب میانگین-واریانس موجب کاهش ریسک سیستم معاملاتی در ضمن حفظ بازده ای متناسب با آن شده است. در پایان برای مقایسه سودآوری سبد پژوهش با سیستم خرید و نگهداری روزانه (انتخاب یک روز به صورت تصادفی و خرید و فروش)، عملکرد شاخص کل در معیارهای میانگین بازده روزانه، ریسک بر پایه انحراف معیار و نسبت شارپ در دوره همزمان با داده‌های تست، در جدول۶ ارائه شده است.

جدول۶. عملکرد روزانه شاخص

مقدار	معیار
۰/۰۰۰۱۰	میانگین بازده روزانه
۰/۰۱۲۱	انحراف معیار
۰/۰۸۳۵	نسبت شارپ

همانطور که از مقایسه جدول ۵ و ۶ دیده می‌شود، سبد بهینه نوسانگیری پژوهش و همچنین سیستم‌های نوسانگیری انفرادی جدول(۳)، در معیارهای میانگین بازده روزانه و نسبت شارپ، بهبود چشمگیری را نسبت به شاخص کل (سیستم خرید و نگهداری) نشان می‌دهد. همچنین روش‌شناسی پژوهش یعنی سیستم معاملاتی نوسانگیری با ابزار پایه شبکه عصبی نیز مورد ارزیابی سودآوری قرار گرفت که نتیجه در جدول(۷) ارائه شده است.

جدول ۷. عملکرد سبد بهینه نوسانگیری بر پایه شبکه عصبی

مقدار	معیار
۰/۰۰۲۸	میانگین بازده روزانه
۰/۰۰۴۴	انحراف معیار
۰/۶۳۷۹	نسبت شارپ

بر اساس جدول(۷)، سیستم نوسانگیری مبتنی بر شبکه عصبی در معیار نسبت شارپ دارای عملکرد بهتری نسبت به سیستم خودرگرسیون برداری است.

بحث، نتیجه گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با ایده اصلی استفاده از پیش‌بینی بازه‌ای مقدار کمینه و بیشینه قیمت در جهت تشکیل یک سیستم معاملاتی نوسانگیری روزانه شکل گرفت و سپس آن را به یک سبد بهینه میانگین-واریانس نوسانگیری روزانه توسعه داد. ابزاری که برای پیش‌بینی بازه‌ای مقدار در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفت، خودرگرسیون برداری است. مدل پژوهش بر روی یک سبد با ۵ دارایی مورد بررسی قرار گرفت و عملکرد سیستم معاملاتی پژوهش بر روی تک تک دارایی در میانگین بازده روزانه، ریسک و نسبت شارپ مورد محاسبه قرار گرفت. سپس در جهت کاستن از ریسک سیستم نوسانگیری معرفی شده و افزایش تعداد موقعیت‌های معاملاتی، سبد بهینه میانگین-واریانس نوسانگیری معرفی و بهینه شد و معیارهای عملکرد آن مورد محاسبه قرار گرفت. بر اساس

نتایج حاصل شده بر روی سبد نمونه ای پژوهش، سبد بهینه در مقایسه با عملکرد سیستم معاملاتی نوسانگیری با دارایی‌های انفرادی، دارای نسبت شارپ بهتر(برای بعضی از دارایی‌ها تا ۴ برابر بیشتر) است که نشان از مدیریت ریسک و ریسک به اندازه در سبد بهینه دارد. نسبت شارپ بالاتر استفاده از این سیستم معاملاتی را برای سرمایه‌گذاران ریسک گریز (که تمایل به ریسک به اندازه دارند) پیشنهاد می‌دهد. بعلاوه مقایسه عملکرد مدل پژوهش با سیستم خرید و نگهداری(کسب یک بازده تصادفی از بازار) بیانگر بهبود همه جانبه و بسیار چشمگیر در میانگین بازده روزانه، ریسک و نسبت شارپ است. به سرمایه گذاران ریسک گریز علاقمند به استراتژی نوسانگیری روزانه پیشنهاد می‌شود تا رویکرد سبد بهینه معرفی شده در پژوهش حاضر را پس از بررسی و ارزیابی دقیق سودآوری و ریسک بر روی مجموعه سهام مورد نظر خود مورد استفاده قرار دهند. در انتها چند پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی ارائه می شود. ۱-در ادبیات پژوهش روش های مختلفی برای پیش‌بینی بازه‌ای مقدار توسعه یافته است که از آن جمله می‌توان به شبکه های عصبی منظم و رگرسیون بردار پشتیبان چند خروجی و روش مرکز و طول اشاره کرد. به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود که روش‌شناسی پژوهش حاضر را با پیش‌بینی بازه‌ای مقدار مبتنی بر روش‌های یادشده نیز مورد ارزیابی سودآوری قرار داده و نتایج را مقایسه کنند. ۲-به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود تا سودآوری سیستم معاملاتی نوسانگیری روزانه پژوهش را بر روی سایر بازارها مانند بازار فارکس و رمز ارزها نیز مورد بررسی سودآوری قرار داده و نتایج را مقایسه کنند.۳-به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود تا سبد نوسانگیری روزانه پژوهش را در سایر معیارهای سنجش ریسک مانند ارزش در معرض ریسک و ریزش مورد انتظار و ... نیز مورد بهینه سازی قرار دهند و نتایج حاصل از سودآوری را مقایسه کنند.

محدودیت‌های پژوهش

محدودیت اصلی پژوهش، فرض نقدشوندگی به مفهوم انجام معامله با رسیدن سطح قیمت روزانه به قیمت‌های سفارش گذاری شده برای خرید و فروش سهام است. در حالت کلی، چنین فرضی می‌تواند در بورس اوراق بهادار تهران بعنوان یک بازار کم عمق، درست نباشد. از این رو نیاز است تا نقدشوندگی سهام به عنوان یک عامل مهم در تحقق عملی سیستم معاملاتی نوسانگیری روزانه پژوهش مدنظر قرار گیرد. همچنین محدودیت دیگر پژوهش تعداد داده‌های درون روزی در دسترس است که تعداد آنها محدود به ۱۹۰ داده بود. باید در نظر داشت که افزایش تعداد داده‌ها، باعث قابلیت اطمینان بیشتر برای نتایج آماری حاصل شده از سودآوری سبد سهام می‌شود.

References

Buansing, T; Golan. A; & Ullah,A. (2020), An information-theoretic approach for forecasting interval-valued SP500 daily returns. *International Journal of Forecasting*. 12(1) 1-14. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2019.09.003.

Chen, W; XU, H; Shouyang, W. (2023). Error correction and decomposition method for forecast of interval-valued stock price time series. *Systems Engineering*. 2023, 43(2): 383-397. https://doi.org/10.1016/j.patcog.2023.109920

Davoodi, S; Rabiei, M. (2022). Interval Forecasting of Stock Price Changes using the Hybrid of Holt's Exponential Smoothing and Multi-Output Support Vector Regression. *Advances in Mathematical Finance and Applications*, 7(2), 405-421. Doi:10.22034/AMFA.2020.1883402.1332

Huang, B; Sun, Y; & Wang, S. (2021). A new two-stage approach with boosting and model averaging for interval-valued crude oil prices forecasting in uncertainty environments. *Frontiers in Energy Research*, 402. https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.707937

Kianizadeh, H; Baghani, A; hamidian, M. (2023). Comparing the accuracy of selected Machin learning models for stock price prediction in stock exchange market. *Journal of Securities Exchange*, 16(62), 75-102. doi: 10.22034/jse.2021.11636.1733. (In Persian).

Lu, Q; Sun, Y; Hong, Y; & Wang, S. (2022). Forecasting interval-valued crude oil prices using asymmetric interval models. *Quantitative Finance*, *22*(11), 2047-2061. https://doi.org/10.1080/14697688.2022.2112065

Maciel, L; & Ballini, R. (2021). Functional fuzzy rule-based modeling for interval-valued data: An empirical application for exchange rates forecasting. *Computational Economics*, *57*(2), 743-771. DOI: 10.1007/s10614-020-09978-0

Rodrigues, P. M; & Salish, N. (2018). Modeling and forecasting interval time series with thresholdmodels. *Advances in Data Analysis and Classification*, 9(1), 41–57. doi: 10.1007/s11634-014-0170-x

Sohrabi, M; Seyed Mozaffar, S; Chirani, E; Kheradyar, S. (2022). Modeling the Prediction of Stock Market Jumps Based on the Recurrent Neural Network and Deep Learning. *Journal of Securities Exchange*, 15(59), 245-268. doi: 10.22034/jse.2021.11655.1762. (In Persian)

Xiong .T; Chongguang, L; & Yukun, B. (2018). Interval-valued time series forecasting using a novel hybrid HoltI and MSVR model, *In Economic Modelling*, 60 11-23. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.08.019

Yang, Z; Lin, D; & Zhang, A. (2019). Interval-valued Data Prediction via Regularized Artificial Neural Network. *Neurocomputing*, 71(14), 4102–4032. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.11.063

Zhang, J; & Zhang, K. (2022). Portfolio selection models based on interval-valued conditional value at risk (ICVaR) and empirical analysis. *arXiv preprint arXiv*:2201.02987. https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.02987