توسعه مدل استوار بازنگری سبد سرمایه‌گذاری با درنظرگیری عوامل بنیادی

محمدحسین وفائی‌خواه (دانشجوی کارشناسی ارشد)
دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران
امیرعباس نجفی* (استاد)
دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران

vafaie2014@gmail.com
aanajafi@kntu.ac.ir

چکیده

بازنگری سبد سرمایه‌گذاری از مهمترین بخش‌های مدیریت سرمایه‌گذاری می‌باشد. بعد از تشکیل سبد سرمایه‌گذاری، وضعیت بنیادی شرکت‌ها درگذر زمان به دلایلی نظیر تغییر وضعیت اقتصادی کشور و تغییر سیاست‌های مربوط به خرید، تولید و فروش محصولات شرکت، ثابت نمی‌ماند. در این پژوهش مدل چندهدفه بازنگری سبد سرمایه‌گذاری با درنظرگیری عوامل بنیادی سهام ارائه می‌گردد. با توجه به درنظرگرفتن چندین معیار برای اهداف، برای حل مدل از برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی بهره گرفته شده‌است. همچنین، جهت تطابق بیشتر مدل با واقعیت، عدم‌قطعیت در پارامترهای مدل لحاظ شده و مدل با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار بازنویسی گردیده است. در انتها، با اتخاذ استراتژی بازنگری بیمه‌کردن سبد با نسبت ثابت و رعایت حدضرر تعیین‌شده توسط سرمایه‌گذاران، مدل ارائه شده با استفاده از داده‌های واقعی بورس اوراق بهادار تهران حل شده و نتایج آن مورد بررسی قرار گرفته‌است.

واژگان کلیدی: مدیریت سرمایه‌گذاری، تحلیل بنیادی، برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی، بهینه‌سازی استوار.

---

* نویسنده مسئول

آدرس پستی: تهران - میدان ونک - خیابان ملاصدرا - خیابان پردیس - پلاک ۷ - کدپستی :۱۹۹۹۱۴۳۳۴۴

Developing a robust portfolio rebalancing model by considering fundamental factors

Mohammadhossein Vafaeikhah
Master's Student, Faculty of Industrial Engineering, K. N. Toosi University of Technology

Amir Abbas Najafi*
Professor, Faculty of Industrial Engineering, K. N. Toosi University of Technology

Abstract

Portfolio rebalancing is one of the most important parts of investment management. After forming a portfolio by an investor, due to changing prices in the market, the portfolio value deviates from its initial amount. Therefore, the investor needs to rebalance the investment portfolio to achieve their goal. On the other hand, the fundamental factors of companies do not remain constant over time due to reasons such as changes in the country's economic situation and changes in policies related to the purchase, production and sale of company's products. Furthermore, in order to select the best stocks that are prone to grow, it is essential to pay attention to the fundamental factors of companies by examining important financial ratios, including net profit ratio, return on assets (ROA), return on equity ratio (ROE), debt ratio (DR) and other ratios. In this research, a multi-objective model for the portfolio rebalancing problem is developed to consider the fundamental factors of stocks. To include the fundamental factors to the model, TOPSIS technique is applied. In addition, due to considering several goals in the model, multi-choice fuzzy ideal programming is applied to solve the model. Also, due to the variety of investors' expectations and the uncertainty of some parameters, including the ratio P/E and expected stock return, the uncertainty in the parameters of the model has been taken into account and the model is formulated using Bertsimas and Sim's approach from robust optimization approaches. In addition, by adopting Constant Proportion Portfolio Insurance strategy (CPPI) and maintaining the stop loss in specific time periods such as three months, the developed model is solved using the real data of the Tehran Stock Exchange and its results have been analyzed. In summary, the results show that the return and the Sharp ratio of the proposed portfolio is better than the traditional models.

Keywords: Portfolio Management, Fundamental Analysis, Weighted-additive Fuzzy Multi Choice Goal Programming, Robust Optimization.

corresponding author *

۱-مقدمه

هر سیستمی پس از طراحی و ایجاد، نیازمند کنترل و نظارت می‌باشد تا اهداف آن محقق شود؛ مدیر سبد سرمایه‌گذاری هم، پس از تشکیل سبد سرمایه‌گذاری می‌بایست سبد را مورد کنترل و نظارت قرار بدهد و در صورت نیاز آن را بازنگری کند تا به سمت بازده مطلوب و مورد انتظار هدایت شود. به عبارت دیگر، بازنگری سبد سرمایه‌گذاری یکی از ابزارهای مهم مدیریت سرمایه‌گذاری می‌باشد. با توجه به شرایط و تغییرات موجود در طول دوره سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذار از روش‌های مختلفی برای بازنگری سبد خود استفاده خواهد کرد. از استراتژی‌های بازنگری می‌توان به استراتژی بازنگری دوره‌ای[۱]، استراتژی بازنگری آستانه‌ای[۲]، استراتژی بازنگری بر مبنای نوسانات[۳]، استراتژی بازنگری در محدوده بازده[۴]، استراتژی بازنگری فعالانه[۵] و استراتژی بیمه سبد سرمایه‌گذاری با نسبت ثابت[۶] اشاره کرد [۱]. عوامل مختلفی بر بازنگری سبد سرمایه‌گذاری تاثیر می‌گذارند و تصمیم‌گیری در مورد سبد را تحت شعاع قرار می‌دهند؛ عوامل مهم مانند: ریسک سبد، بازده سبد، هزینه‌های معاملاتی بازنگری، عوامل بنیادی سهام شرکت‌های موجود در سبد و... برای بازنگری بهتر و دستیابی به نتایج مورد انتظار سرمایه‌گذار باید شناسایی شوند و تاثیرگذاری آنها را بر بازنگری سبد سرمایه‌گذاری مورد بررسی قرار داد. برای همین منظور، استفاده از مدل‌های بازنگری سبد سهام با درنظرگرفتن استراتژی‌های بازنگری سبد و عوامل موثر بر آن، جهت رسیدن به اهداف سرمایه‌گذار امری مهم تلقی می‌شود. مارکویتز [۲] برای اولین بار مدل اساسی و مدرن انتخاب سبد سرمایه‌گذاری را ارائه کرد که مبنایی برای انتخاب سبد سرمایه شده و نقش عمده‌ای را در بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری در تئوری و عمل ایجاد کرد. در این مدل به دو معیار ریسک و بازده توجه شده است که در آن سرمایه‌گذاران با درنظرگرفتن بازده مطلوب سرمایه‌گذار، به دنبال کاهش ریسک سبد دارایی خود هستند. در حالی که سایر اهداف توسط سرمایه‌گذاران در نظر گرفته نشده‌اند. با توجه به تغییر سبد سرمایه‌گذاری در طول زمان و مهم‌بودن بازنگری سبد سرمایه‌گذاری جهت رسیدن به اهداف، مارکویتز [۳] نیز به اهمیت موضوع بازنگری پی برد و پیشنهاد داد که یک استراتژی بهینه چنددوره‌ای برای مدیریت سبد سرمایه‌گذاری لازم و ضروری است. پس از آن اسمیت [۴] اولین کسی بود که مدلی برای مدیریت سبد سرمایه‌گذاری مطرح کرد و بازنگری سبد را برای زمانی در نظر گرفت که انتظارات سرمایه‌گذار تغییر کند. پاگو [۵] نیز اولین کسی بود که انواع هزینه‌های معاملاتی را در بازنگری سبد سهام در نظر گرفت. کومار و همکاران [۶] با استفاده از رویکرد مارکویتز، مدلی تک‌هدفه با هدف مینیموم‌سازی ریسک برای بازنگری سبد سهام ارائه کردند و پارامترهای مدل را به صورت بازه‌ای در نظر گرفتند. وودساید و همکاران [۷] نیز با استفاده از رویکرد مارکویتز، مدلی را برای بازنگری سبد سهام ارائه کردند. آنها با درنظرگرفتن هزینه‌های معاملاتی و طول دوره سرمایه‌گذاری در مدل خود، تاثیر این دو عامل را در بازده و ریسک سرمایه‌گذاری بررسی کردند؛ نتایج بدست آمده از این پژوهش حاکی از آن است که پرداخت هزینه‌های معاملاتی، بازده و ریسک سبد سرمایه را کاهش می دهد. گِلن [۸] مدلی تک‌هدفه با هدف مینیموم‌سازی ریسک برای بازنگری سبد سهام ارائه کرد. زندیه و محدثی [۹] مدلی چندهدفه با پارامترهای عدم‌اطمینان برای بازنگری سبد، ارائه کردند؛ در مدل پیشنهادی آنها، از ریسک به عنوان تابع هدف استفاده شده، همچنین از بازده و هزینه معاملات به عنوان محدودیت استفاده شده‌است؛ آنها از الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل مدل خود استفاده کردند. همانطور که پیش‌تر نیز گفته شد، درنظرگرفتن معیارهای چندگانه در انتخاب سبد سهام، کارایی سبد را افزایش می‌دهد و موجب رضایت‌مندی بیشتر سرمایه‌گذاران می‌شود. بر این اساس، فانگ و همکاران [۱۰] مدلی دوهدفه و فازی با معیارهای بازده و ریسک، برای بازنگری سبد سهام ارائه کردند؛ آنها نقدشوندگی سهام و هزینه‌های معاملاتی را به عنوان محدودیت در نظرگرفتند؛ همچنین از معیار نیم قدرمطلق انحراف معیار به عنوان سنجه ریسک استفاده کردند؛ سپس با استفاده از تئوری تصمیم‌گیری فازی به حل مدل پرداختند. نجفی و فاضلی سبزوار [۱۱] مدلی دوهدفه برای بازنگری سبد ردیاب شاخص طراحی کردند که به دنبال حداقل‌کردن خطای ردیابی و همچنین حداقل‌کردن هزینه‌های معاملاتی می‌باشد. به دلیل پیچیدگی‌هایی که در حل مدل‌های چندهدفه با اهداف متعارض وجود دارد، برای حل این مساله از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

افراد از روش‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیل سهام، برای سرمایه‌گذاری در بازار سهام استفاده می‌کنند، از جمله روش‌های رایج می‌توان به تحلیل تکنیکی[۷] و تحلیل بنیادی[۸] اشاره کرد؛ تارکزینسکی [۱۲] در مطالعه خود از رویکرد تجزیه و تحلیل بنیادی برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری استفاده کرده است. وضعیت مالی سهام‌ها با به‌کارگیری نسبت‌های مالی با استفاده از رویکرد تاکسونومیک[۹] رتبه‌بندی شده‌اند و در تابع هدف با بیشینه‌نمودن معیار بنیادی، مدل حل شده و با مدل مارکوویتز، بدون درنظرگرفتن معیارهای بنیادی مقایسه شده‌است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که درنظرگرفتن عوامل بنیادی سهام به همراه ریسک آنها باعث افزایش بازده و کاهش ریسک سبد سرمایه‌گذاری می‌گردد.

در مسائل بازنگری سبد سرمایه‌گذاری، داده‌های مالی با عدم‌قطعیت‌هایی همراه است، یکی از راه‌های مقابله با عدم‌قطعیت داده‌ها، رویکرد بهینه‌سازی استوار است. قهطرانی و نجفی [۱۳] در مطالعه خود از پارامترهای عدم‌قطعیت بازده مورد انتظاری و ریسک سیستماتیک استفاده کردند و مدل را با روش برنامه‌ریزی آرمانی حل نمودند. خدامرادی و همکاران [۱۴]، سوین و اوجها [۱۵] در مدل میانگین-واریانس و میانگین-نیم‌واریانس خود از پارامترهای عدم‌قطعیت بازده موردانتظاری و ماتریس کواریانس بین سهم‌ها با فرض فروش استقراضی، استفاده کردند. برای مطالعه بیشتر تحقیق‌های صورت‌گرفته شده در زمینه بهینه‌سازی استوار مدل‌های انتخاب سبد سرمایه‌گذاری، مقاله مروری قهطرانی و همکاران [۱۶] پیشنهاد می‌شود.

یکی از روش‌های حل مسائل بازنگری سبد سرمایه‌گذاری، برنامه‌ریزی آرمانی است. همچنین، برای مدلسازی برنامه‌ریزی آرمانی با اهداف عدم‌قطعیت، رویکردهایی پیشنهاد شده است. یکی از رویکردهای مفید برای مقابله با عدم‌قطعیت اهداف، نظریه مجموعه‌های فازی است که توسط زاده [۱۷] ارائه شده است. در تئوری مجموعه‌های فازی، توابع عضویت[۱۰]، زیرمجموعه‌های فازی را شناسایی می‌کنند. نراسیمهان [۱۸] نظریه مجموعه‌های فازی را برای اولین بار در برنامه‌ریزی آرمانی گنجانده و یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی ارائه کرد. هنان [۱۹]، وزن‌دهی به آرمان‌ها را در برنامه‌ریزی آرمانی گنجاند. با این حال، مدل هنان قادر به حل برنامه‌ریزی آرمانی فازی نبود. کیم و وانگ [۲۰] تلاش کردند تا مدل هنان را بهبود بخشند، آنها طرحی را پیشنهاد کردند که با وزن‌دهی به آرمان‌ها، مدل قادر به حل رویکرد فازی در برنامه‌ریزی آرمانی است. از طرفی دیگر در برنامه‌ریزی آرمانی برای هر هدف یک آرمان در نظر گرفته شده‌است ولی ممکن است سرمایه‌گذار گزینه‌های مختلفی برای هر هدف داشته باشد؛ رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی چند گزینشی توسط چانگ [۲۱] معرفی شد. در ادامه، چیانگ لی و همکاران [۲۲]، رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی را ارائه کردند که در آن چندین هدف متضاد وجود دارد اما هر هدف، دارای آرمان‌های چند گزینه‌ای است.

با مطالعه تحقیق‌های صورت گرفته شده در زمینه بازنگری سبد سرمایه‌گذاری، این نتیجه حاصل می‌شود که به وضعیت بنیادی دارایی‌های مالی در طول دوره‌های زمانی بازنگری، توجهی نشده است و از داده‌های عدم‌قطعیت به ویژه رویکرد بهینه‌سازی استوار کمتر استفاده شده است. لذا، در این پژوهش مدل چندهدفه بازنگری سبد سرمایه‌گذاری با در نظرگیری عوامل بنیادی سهام ارائه شده‌است. در مدل به کاربرده شده از استراتژی بازنگری بیمه سبد با نسبت ثابت یا CPPI برای بازنگری و تعیین میزان سرمایه اختصاص داده شده به دارایی‌های ریسکی و بدون‌ریسکی استفاده شده‌است. از طرفی دیگر، از معیار چند شاخصه تاپسیس برای رتبه‌بندی و وزن‌دهی سهام‌ها و از معیار چندهدفه برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی[۱۱] برای حل مدل استفاده شده‌است. همچنین، برای تطابق بیشتر مدل با واقعیت، عدم‌قطعیت پارامترها با به‌کارگیری رویکرد برتسیماس و سیم از رویکردهای بهینه‌سازی استوار در نظرگرفته شده‌اند.

پس از بیان مقدمه، در بخش دوم به بیان مبانی نظری و مروری بر تحقیقات پیشین پرداخته شده است؛ در بخش سوم، مدل پیشنهادی برای بازنگری سبد سرمایه‌گذاری معرفی گردیده است؛ در بخش چهارم، با مطالعه تجربی روی داده‌های واقعی، کارایی مدل توسعه داده‌شده مورد بررسی قرار گرفته است؛ در بخش پنجم، به نتایج حاصل از حل مدل پیشنهادی برای بازنگری سبد سرمایه‌گذاری اشاره شده است.

۲- مبانی نظری موضوع

بازنگری سبد سرمایه‌گذاری، یک مفهوم ثابت‌شده در حوزه مدیریت سرمایه‌گذاری می‌باشد. دارایی‌هایی که در سبد هستند، ریسک و بازده متفاوتی دارند و درطول دوره سرمایه‌گذاری، با توجه به تغییر قیمت‌ها در بازار، ممکن است دارایی‌ها از وزن اختصاص داده‌شده اولیه خود، فاصله بگیرند. اینجا بازنگری سبد به سرمایه‌گذار کمک خواهد کرد تا دارایی‌های خود را مورد بازنگری قرار دهد. به این فرآیند تصمیم‌گیری روی دارایی‌های موجود در سبد سرمایه‌گذاری، فرآیند بازنگری، تعدیل یا توازن مجدد سرمایه‌گذاری می‌گویند. همچنین، تعادل مجدد سبد سرمایه‌گذاری، تنها روشی است که از طریق آن می‌توان دارایی‌های سبد را به وزن اولیه[۱۲] خود بازگرداند [۲۳]. از طرفی استراتژی‌های مختلفی برای بازنگری وجود دارند که در این پژوهش از استراتژی بازنگری بیمه‌کردن سبد با نسبت ثابت یا استراتژی CPPI استفاده شده که در ادامه به آن پرداخته شده است.

۲-۱- استراتژی بازنگری بیمه‌کردن سبد با نسبت ثابت

این استراتژی در واقع همان بیمه‌کردن سبد سرمایه‌گذاری در یک قیمت مشخص یا ارزش مشخص می‌باشد؛ به عبارتی دیگر، سرمایه‌گذار، کف ارزش سبد را تا انتهای دوره سرمایه‌گذاری حفظ می‌کند. در این استراتژی دو نوع دارایی باید به‌کار برده بشوند؛ این دارایی‌ها عبارتند از: دارایی‌های ریسکی مثل سهام و دارایی‌های بدون‌ریسکی مثل صندوق‌های با درآمد ثابت. در این استراتژی علاوه بر کف ارزش سبد، پارامتر دیگری با عنوان ضریب افزایشی[۱۳]

درنظرگرفته می‌شود؛ این پارامتر در واقع بیان می‌کند که سرمایه‌گذار حداکثر مقدار سود انتظاری خود را به درصد تخمین می‌زند و معکوس آن عدد را به عنوان ضریب افزایشی درنظرمی‌گیرد.

با مشخص‌شدن دو پارامتر، از طریق رابطه ۱ مقدار سرمایه اختصاص داده‌شده به دارایی‌های ریسکی تعیین می‌گردد و مابقی پول به دارایی‌های بدون‌ریسکی اختصاص داده می‌شود. به عنوان مثال، فرض کنید شخصی صد هزار واحد پولی را می‌خواهد در بازار سرمایه، سرمایه‌گذاری بکند (P). این شخص به دلایلی در آینده نه چندان دور، به نود هزار واحد پولی، نیاز خواهد داشت (F). از طرفی دیگر، این شخص حداکثر میزان سود مورد انتظاری را ۲۵ درصد فرض می‌کند؛ یعنی ضریب افزایشی برابر ۴ خواهد بود (M). با جایگذاری در رابطه ۱، شخص چهل هزار واحد پولی را صرف خرید دارایی‌های ریسکی می‌کند و مابقی پول را به دارایی‌های با درآمد ثابت اختصاص می‌دهد [۲۴].

$$M \times (P - F) \quad \text{سرمایه اختصاصی به دارایی‌های ریسکی} \qquad (۱)$$

۲-۲- تجزیه و تحلیل بنیادی

تجزیه و تحلیل بنیادی، روشی برای سنجش ارزش ذاتی یک دارایی و بررسی عواملی است که ممکن است در آینده روی ارزش آن اثرگذار باشند. هدف نهایی تحلیل بنیادی، فهم این مساله است که دارایی در زمان فعلی بالاتر از ارزش واقعی یا ذاتی خود ارزش‌گذاری شده است یا ارزشی پایین‌تر از قیمت فعلی دارد. صورت‌های مالی از جمله مهترین منابع اطلاعاتی برای بررسی وضعیت و عملکرد یک شرکت است. لذا آشنایی با روش‌های تجزیه و تحلیل صورت‌های مالی برای مدیران سبد سرمایه‌گذاری از اهمیت بالایی برخوردار است. در حال حاضر، یک مجموعه کامل صورت‌های مالی شامل ترازنامه، صورت سود و زیان، صورت سود و زیان جامع ، صورت جریان وجوه نقد و یادداشت‌های توضیحی می‌باشد.

یکی از متداول‌ترین راه‌های تحلیل مالی، محاسبه و بررسی نسبت‌های مالی است. این نسبت‌ها در چندین گروه تعریف شده‌اند و هر کدام به یکی از جنبه‌های وضعیت مالی شرکت‌ها می‌پردازند. این نسبت‌ها به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند [۲۵]:

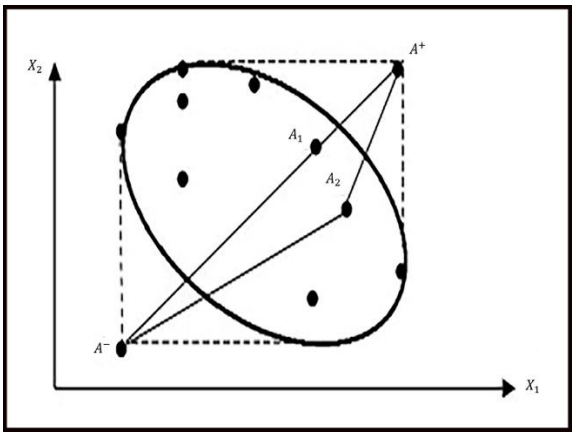
- **نسبت‌های سودآوری**: میزان توانایی یک شرکت در تولید سود از دارایی‌هایش را اندازه‌گیری می‌کند. به عنوان مثال: نسبت حاشیه سود خالص میزان سودآوری هر واحد از فروش شرکت را پس از کسر هزینه‌های بهره و مالیات نشان می‌دهد.
- **نسبت‌های نقدینگی**: میزان توانایی یک شرکت در انجام تعهدات کوتاه‌مدتش را اندازه‌گیری می‌کند. به عنوان مثال: نسبت جاری نشان‌دهنده توانایی بازپرداخت بدهی‌های کوتاه‌مدت شرکت از محل دارایی‌های جاری است. نسبت جاری بین ۱ و ۲ معمولا نشان‌دهنده وضعیت مطلوب نقدینگی است.
- **نسبت‌های اهرمی و پوششی (ساختار سرمایه)**: میزان توانایی یک شرکت در عمل به کل تعهدات را (نه فقط تعهدات کوتاه‌مدت) اندازه‌گیری می‌کند. به عنوان مثال: نسبت بدهی نشان‌هنده سهمی از منابع اقتصادی است که توسط شخصیت‌هایی غیر از صاحبان سهام تامین شده است.
- **نسبت‌های فعالیت**: میزان کارایی عملکرد یک شرکت در انجام فعالیت‌های آن مانند وصول مطالبات، پرداخت بدهی‌ها و مدیریت انبار را نشان می‌دهد. به عنوان مثال: نسبت گردش دارایی که میزان درآمدزایی شرکت را نشان می‌دهد.
- **نسبت‌های ارزش بازار**: وضعیت سهام شرکت را در بازار سرمایه نشان می‌دهد. به عنوان مثال: نسبت قیمت به سود برای مقایسه ارزش ذاتی قیمت سهام یک شرکت با قیمت بازار به‌کار می‌رود.

برای پیاده‌سازی عوامل بنیادی در مدل از روش تاپسیس[۱۴] یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است که در ادامه به آن پرداخته شده است.

۲-۳- تاپسیس

تاپسیس یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای انتخاب بهترین گزینه براساس تعدادی معیار استفاده می‌شود. واژه تاپسیس به معنی روش‌های ترجیح براساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل می‌باشد. این مدل توسط هوانگ و یون [۲۶] در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد. در این روش m گزینه به‌وسیله n شاخص ارزیابی می‌شود. منطق اصولی این مدل، راه‌حل ایده‌آل (مثبت) و راه‌حل ایده‌آل منفی می‌باشد. راه‌حل ایده‌آل (مثبت) راه‌حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه بهینه،

گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و در عین حال بیشترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی دارد. در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش تاپسیس گزینه‌هایی که بیشترین تشابه را با راه‌حل ایده‌آل داشته‌باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند. به‌عنوان نمونه، فضای هدف بین دو معیار در شکل ۱ نشان داده شده است. که در آن A^+ و A^- به ترتیب، راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی است. گزینه A_1 به نسبت گزینه A_2 فاصله کمتری تا راه‌حل ایده‌آل مثبت و فاصله بیشتری را تا راه‌حل ایده‌آل منفی دارد.



شکل ۱. فاصله از راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی

۲-۳-۱- الگوریتم تکنیک تاپسیس

الف- تشکیل ماتریس تصمیم

در تکنیک تاپسیس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شود. بنابراین به هر گزینه براساس هر معیار، امتیازی داده می‌شود. این امتیازات می‌توانند براساس مقادیر کمی و واقعی باشند یا اینکه کیفی و نظری باشند. در هر صورت باید یک ماتریس تصمیم $m \times n$ تشکیل شود.

ب- نرمال‌کردن ماتریس تصمیم

برای نرمال‌سازی مقادیر، از روش برداری استفاده می‌شود. روش برداری برخلاف روش ساده نرمال سازی خطی، به‌صورت زیر انجام می‌شود:

ج- تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون

گام بعدی، تشکیل ماتریس نرمال موزون براساس وزن معیارها است. بنابراین باید اوزان معیارها با گرفتن اطلاعات از تصمیم‌گیرنده یا با به‌کارگیری سایر روش‌های تکنیکی مشخص شوند. سپس، وزن هر معیار در درایه‌های مربوط به آن معیار ضرب می‌شود.

د- محاسبه ایده‌آل‌های مثبت و منفی

در مرحله چهارم برای هر شاخص یک ایده‌آل مثبت و یک ایده‌آل منفی محاسبه می‌شود. برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده‌آل مثبت، بزرگترین مقدار و ایده‌آل منفی، کوچکترین مقدار آن معیار است؛ برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده‌آل مثبت، کمترین مقدار و ایده‌آل منفی، بزرگترین مقدار آن معیار است.

ه- فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی و محاسبه راه‌حل ایده‌آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل محاسبه می‌شود. فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_{ij}^+)^2} \qquad (۳)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_{ij}^-)^2} \qquad (۴)$$

گام نهایی، محاسبه راه‌حل ایده‌آل است. در این گام، میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل محاسبه می‌شود. برای اینکار از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$CL_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \qquad (۵)$$

مقدار نسبت CL[15] بین صفر و یک است. هرچه‌قدر این مقدار به عدد یک نزدیکتر باشد راهکار یا گزینه مساله به جواب ایده‌آل نزدیکتر می‌باشد [۲۷].

۲-۴- بهینه‌سازی استوار

در برنامه‌ریزی ریاضی معمولا مسائل با پیش‌فرض قطعی‌بودن داده‌ها مدلسازی و حل می‌شوند. در اینگونه مسائل، اثر عدم‌اطمینان داده‌ها در جواب مدل تاثیری ندارد، در حالی که در دنیای واقعی اکثر داده‌ها دچار عدم‌قطعیت‌اند. در نتیجه، در مسائل واقعی ممکن است با تغییر یکی از داده‌ها، تعداد زیادی از محدودیت‌ها نقض و جواب بدست‌آمده غیربهینه یا حتی غیرممکن بشود. یکی از رویکردها برای مقابله با عدم‌قطعیت داده‌ها، رویکرد

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a^2_{ij}}} \qquad (۲)$$

بهینه‌سازی استوار[16] است.

مالوی و همکاران [۲۸]، چارچوبی برای بهینه‌سازی استوار ارائه کردند که مبتنی بر سناریوهای گسسته تعریف می‌شود؛

به‌عبارتی‌دیگر، مدل آنها از نوع دسته اول (گسسته) می‌باشد. مدل ارائه شده توسط این نویسندگان تحت همه سناریوها دارای جواب تقریبا موجه است. در مدل‌های دسته دوم (پیوسته)، نخستین گام در طراحی رویکردهای استوار، توسط سویستر [۲۹] برداشته شد. در مدل پیشنهادی وی به ازای کلیه مقادیر متعلق به یک مجموعه عدم‌قطعیت، جواب بهینه، شدنی باقی می‌ماند. از طرفی دیگر، جواب‌های تولید شده با این رویکرد بسیار محافظه‌کارانه و سختگیرانه است و از جواب بهینه اسمی فاصله زیادی دارد. برای غلبه بر این موضوع، بن‌تال و نیمروفسکی [۳۰] با فرض اینکه داده‌ها در مجموعه‌های محدب دارای عدم‌قطعیت هستند، قدم موثری در زمینه بهینه‌سازی استوار برداشتند. رویکرد پیشنهادی آنها نسبت به سویستر محافظه‌کارانه کمتری داشت و برخلاف مدل پیشین، این مدل از پیچیدگی‌های بالایی برخوردار است که شامل حل نظیر استوار (فرم رام‌شده) می‌باشد. برتسیماس و سیم [۳۱] و [۳۲] کلاس خاصی از مجموعه عدم‌قطعیت چندوجهی را با عنوان بودجه توسعه دادند که سطح محافظه‌کاری را قادر می‌سازد تا در عین حفظ قابلیت حل مدل، کنترل شود. به این معنی که این رویکرد به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد سطح محافظه‌کاری مدل را با فرض عدم‌قطعی‌بودن پارامترها کنترل کند [۱۶]. در این تحقیق از رویکرد برتیسماس و سیم برای برخورد با عدم‌قطعیت داده‌ها استفاده شده است که در ادامه، بیشتر به این رویکرد پرداخته شده است.

برتسیماس و سیم [۳۱] برای مدلسازی عدم‌قطعیت داده‌ها روش جدیدی ارائه کردند که سطح محافظه‌کاری مدل توسط سرمایه‌گذار قابل کنترل بوده و نسبت به رویکردهای پیشین از کارآمدی بیشتری برخوردار بوده است.

مساله بهینه‌سازی زیر را در نظر بگیرید:

$$Max \;\; C'x \qquad (۶)$$
$$s.to \;\; Ax \le b$$
$$l \le x \le u$$

که در آن، بردار C ضرایب توابع هدف، ماتریس A ضرایب محدودیت‌ها، b مقادیر سمت راست محدودیت‌ها، l و u کران‌های پایین و بالا متغیرهای تصمیم می‌باشند. در این مساله فرض می‌شود که ماتریس A و بردار C شامل داده‌های غیرقطعی هستند. محدودیت iام مساله اسمی به صورت $a_{ij}x \le b_i$ درنظرگرفته می‌شود. J_i مجموعه ضرایب $a_{ij}, j \in J_j$ است که دارای عدم‌قطعیت می‌باشد. $\tilde{a}_{ij}, j \in J_j$ دارای توزیع همگن با میانگین a_{ij} می‌باشد و برای هر i در بازه‌ی $[a_{ij} - \hat{a}_{ij}, a_{ij} + \hat{a}_{ij}]$ مقدار می‌گیرد. به منظور استوار بودن جواب، پارامتر Γ_i با نقش تعدیل استواری مدل در مقابل سطح محافظه‌کاری جواب، معرفی می‌شود. این پارامتر لزوما عدد صحیح نبوده و در بازه‌ی $[0, |J_i|]$ مقدار می‌گیرد. در صورتی که $\Gamma_i = 0$ باشد مدل استوار به مدل قطعی تبدیل شده و در صورتی که $\Gamma_i = |J_i|$ باشد این مدل به مدل بدبینانه سویستر تبدیل می‌شود. بدین ترتیب تعداد $[\Gamma_i]$ پارامتر عدم‌قطعیت در بدترین حالت خود قرار می‌گیرند و یک پارامتر (a_{it}) به اندازه $(\Gamma_i - \lfloor \Gamma_i \rfloor)\hat{a}_{it}$ تغییر می‌کند. بر این اساس می‌توان گفت که Γ_i پارامتری است که بین استواری و سطح محافظه‌کاری مدل، طبق نظر تصمیم‌گیرنده و الزامات کاربردی، تعادل ایجاد کرده و باعث می‌شود مدل استوار واقع بینانه باشد. با استفاده از رویکرد برتسیماس و سیم مدل استوار مساله اسمی به صورت زیر خواهد بود:

$$Max \;\; C'x \qquad (۷)$$
$$s.to \;\; \sum_{i=1}^{n} a_{ij}x_j +$$
$$\{s_i \in t_i | s_i \subseteq J_i, |s_i| \le |\Gamma_i|, t_i \in J_i \setminus s_i\} \{\sum_{i \in S_i} \hat{a}_{ij} |x_j| + (\Gamma_i - \lfloor \Gamma_i \rfloor)\hat{a}_{it} |x_{it}|\} \le b \;\; \forall i$$
$$-y_i \le x_j \le y_i \qquad \forall i \in J_i$$
$$l \le x \le u$$
$$y_j \ge 0$$

برای فرموله‌کردن مجدد مدل ۷ به صورت یک مدل بهینه‌سازی خطی، فرض کنید Z_{ij} و P_{ij} متغیرهای کمکی دوگانی هستندکه برای خطی‌شدن مساله استفاده شده‌اند [۱۳]. همچنین متغیر f_i به منظور تبدیل فرم قدرمطلق $|x_i|$ به فرم خطی و $\hat{a}_{ij} = d \times a_{ij}$ می‌باشد که در آن d درصد انحراف داده‌هاست. در نهایت مدل خطی زیر، معادل مدل غیرخطی ۷ می‌باشد:

$$Max \;\; C'x \qquad (۸)$$
$$s.to \;\; \sum_j a_{ij}x_i + z_i\Gamma_i + \sum_{J \in J_i} P_{ij} \le b_i \quad \forall i$$
$$Z_i + P_{ij} \ge \hat{a}_{ij} f_i \qquad \forall i,j \in J_i$$
$$-f_j \le x_j \le f_j \qquad \forall j$$
$$l_j \le x_j \le u_j \qquad \forall j$$
$$P_{ij} \ge 0 \qquad \forall i,j \in J_i$$
$$f_j \ge 0 \qquad \forall j$$
$$Z_i \ge 0 \qquad \forall i$$

مهم‌ترین ویژگی این روش این است که همتای استوار مسئله خطی به صورت خطی باقی می‌ماند و همچنین تضمین‌های احتمالی برای شدنی‌بودن جواب‌های مساله استوار ارائه می‌گردد.

۳- معرفی مدل پیشنهادی برای بازنگری سبد

در اولین بخش از مدلسازی مساله، به معرفی پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل پرداخته شده‌است. در جدول ۱ و جدول ۲، نماد و تعاریف هر یک از پارامترها و متغیرها ارائه گردیده‌است.

جدول ۱. پارامترهای مدل بازنگری سبد سرمایه‌گذاری

نماد	تعریف
N	تعداد کل سهام‌ها
T	تعداد دوره‌های در نظرگرفته‌شده (دوره تاریخی)
r_i	بازده مورد انتظاری سهام i
r_{it}	بازده مشاهده شده سهام i در دوره t
ro	بازده (سه‌ماهه) سهام بدون‌ریسکی
pr_i	قیمت سهام i در زمان بازنگری
yo_i	وزن سهام i قبل از بازنگری سبد
b, s	کارمزد معاملاتی خرید (b) و فروش (S) سهام
bm, sm	کارمزد معاملاتی خرید (bm) و فروش (sm) دارایی بدون ریسکی (صندوق با درآمد ثابت)
t_i	مقداری بین صفر و یک که به کمک تاپسیس برای رتبه‌بندی سهام i استفاده می‌شود.
f	کف ارزش سبد سرمایه (حدضرر) در نظرگرفته‌شده توسط سرمایه‌گذار
v	ارزش سبد سرمایه‌گذاری در زمان بازنگری
m	ضریب افزایشی یا ضریب ریسک‌پذیری سرمایه‌گذار
po	قیمت واحد صندوق سرمایه‌گذاری با درآمد ثابت (ETF)
u	وزن دارایی بدون ریسکی (صندوق با درآمد ثابت) قبل از بازنگری سبد
Lo / Up	حداکثر/حداقل وزن مجاز دارایی‌های ریسکی (سهام) در سبد بازنگری‌شده
d	حداقل بازده مورد انتظاری سرمایه‌گذار از سبد بازنگری شده
Ku / Kl	حداقل/حداکثر تعداد سهام مجاز در سبد بازنگری شده

جدول ۲. متغیرهای مدل بازنگری سبد سرمایه‌گذاری

نماد	تعریف
w_i	وزن سهام i و دارایی بدون ریسکی در سبد بعد از بازنگری
wm	وزن دارایی بدون ریسکی در سبد بعد از بازنگری
yb_i	نسبتی از سرمایه که به خرید سهام i اختصاص داده می‌شود.
ys_i	نسبتی از سرمایه که به فروش سهام i اختصاص داده می‌شود.
ub, us	نسبتی از سرمایه که به خرید (ub) و فروش (us) دارایی بدون‌ریسکی اختصاص داده می‌شود.
$wcyb_i$	نسبتی از سرمایه که به عنوان کارمزد خرید سهام i اختصاص داده می‌شود.
$wcys_i$	نسبتی از سرمایه که به عنوان کارمزد فروش سهام i اختصاص داده می‌شود.
$wcub$	نسبتی از سرمایه که به عنوان کارمزد خرید دارایی بدون‌ریسکی اختصاص داده می‌شود.
$wcus$	نسبتی از سرمایه که به عنوان کارمزد فروش دارایی بدون‌ریسکی اختصاص داده می‌شود.
bw_i	متغیر باینری که نشان‌دهنده حضور یا عدم حضور سهام i در سبد بازنگری می‌باشد.

در دومین بخش از توسعه مدل بازنگری سبد سرمایه‌گذاری، به معیارها و عوامل موثر در بازنگری اشاره شده‌است. عوامل موثر درنظرگرفته‌شده شامل: ریسک، بازده مورد انتظاری، هزینه‌های معاملاتی، نسبت‌های مالی درنظرگرفته شده برای تجزیه و تحلیل بنیادی، در مدل بازنگری استفاده شده‌اند که به بررسی آنها در ادامه بخش‌ها پرداخته شده است.

۳-۱- معیار ریسک

یکی از مهمترین معیارهایی که اکثر سرمایه‌گذاران در مسائل سبد سرمایه‌گذاری به آن توجه می‌کنند، کاهش ریسک سبد سرمایه‌گذاری است. ریسک با سنجه‌های مختلفی قابل بیان است. در این پژوهش، از سنجه میانگین قدرمطلق انحراف داده‌ها یا MAD که توسط کونو ویامازاکی [۳۳] معرفی شده، در مدل پیاده‌سازی و استفاده شده است. از این معیار در تابع هدف از نوع مینیموم‌سازی به‌کاربرده شده است. در این سنجه ریسک، اولاً میانگین بازده‌های تاریخی مشاهده شده بدست آورده می‌شود. ثانیاً، میانگین قدر مطلق انحراف بازده‌های تاریخی حاصل می‌شود. ثالثاً، از آنجایی که سهام‌های مختلفی در سبد وجود دارند و ریسک سهام‌ها متفاوت بوده، از میانگین موزون برای مینیموم‌سازی استفاده شده است.

$$\min \quad \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} y_t \qquad (۹)$$

$$s.to \quad y_t + \sum_{i=1}^{n}(r_{it} - r_i)w_i \geq 0 \quad \forall\ t=1,2,...,T \qquad (۱۰)$$

$$y_t - \sum_{i=1}^{n}(r_{it} - r_i)w_i \geq 0 \quad \forall\ t=1,2,...,T \qquad (۱۱)$$

۳-۲- هزینه‌های معاملاتی

سوج [۲۳] در تحقیق خود به تاثیر هزینه‌های معاملاتی در مساله بازنگری سبد سرمایه‌گذاری پرداخت. به‌گونه‌ای که در بعضی مواقع، هزینه‌های معاملاتی منجر به بازدهی منفی سرمایه‌گذار شده و بازنگری سبد بی‌ارزش شده‌است. برای همین منظور، در مساله بازنگری سبد، خرید و فروش دارایی‌ها با هزینه‌هایی همراه است. در این پژوهش، کارمزد معاملاتی خرید و فروش دارایی‌های ریسکی و بدون‌ریسکی، در تابع هدف مدل پیاده‌سازی شده‌است.

$$\min \quad \sum_{i=1}^{n}(wcyb_i + wcys_i) + wcub + wcus \qquad (۱۲)$$

$$wcyb_i = yb_i \times b \quad \forall i=1,2,...,n \qquad (۱۳)$$

$$wcys_i = ys_i \times s \quad \forall i=1,2,...,n \qquad (۱۴)$$

$$wcub = ub \times bm \qquad (۱۵)$$

$$wcus = us \times sm \qquad (۱۶)$$

۳-۳- معیار بنیادی

همانطور که اشاره شد با گذشت زمان، وضعیت اقتصادی شرکت‌ها در حال تغییر است که منجر به افزایش یا کاهش قیمت‌ها در بازار می‌شود. لذا در این پژوهش با بررسی نسبت‌های مالی مهم به عوامل بنیادی سهام شرکت‌ها پرداخته شده است. نسبت‌های مالی که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، به همراه وزن آنها عبارتند از:

- حاشیه سود خالص از نسبت‌های سودآوری با وزن ۰.۳
- بازده دارایی از نسبت‌های سودآوری با وزن ۰.۲۵
- نسبت بدهی از نسبت‌های اهرمی و پوششی با وزن ۰.۲
- گردش دارایی از نسبت‌های فعالیت با وزن ۰.۱۵
- نسبت جاری از نسبت‌های نقدینگی با وزن ۰.۱

هر یک از نسبت‌های مالی اشاره شده، از طریق صورت‌های مالی شرکت‌ها در سایت کدال قابل محاسبه‌است. لازم به ذکر است در زمان‌های بازنگری، آخرین صورت مالی منتشر شده ملاک قرار گرفته می‌شود و از صورت‌های مالی ۳ماهه، ۶ماهه، ۹ماهه و یکساله حسابرسی شده یا حسابرسی نشده متناسب با زمان بازنگری می‌توان استفاده کرد. درنهایت با استفاده از معیار چندشاخصه تاپسیس دارایی‌های موردمطالعه، وزن‌دهی و رتبه‌بندی می‌شوند. این معیار بدست آورده شده در تابع هدف با درنظرگیری وزن دارایی‌ها در سبد ماکزیموم‌سازی می‌گردد.

$$\max \quad \sum_{i=1}^{n} t_i w_i \qquad (۱۷)$$

ارزش‌گذاری با نسبت (P/E) یا نسبت قیمت به سود یکی از روشهای رایج در ارزش‌گذاری سهام‌ها می‌باشد. این نسبت به طور معمول به وسیله سرمایه‌گذاران و تحلیلگران برای تعیین ارزش نسبی سهام یک شرکت در مقایسه با شرکت‌های هم‌گروه استفاده می‌شود. لذا، در این پژوهش نسبت (P/E) مورد استفاده قرار گرفته است. تحلیلگران پس از تحلیل سود شرکت‌ها و محاسبه ارزش ذاتی آن با استفاده از قیمت فعلی، (P/E) تحلیلی را برآورد می‌کنند؛ سرمایه‌گذاران می‌توانند از بین (P/E) دارایی‌ها، یک بازه معقول برای (P/E) سبد تعیین کنند. برای این منظور، می‌توان از چارک‌های اول (A) و سوم (B) برای بازه مورد قبول، استفاده و در مدل پیاده‌سازی کرد. در نهایت، معیار (P/E) در محدودیت مدل به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\sum_{i=1}^{n}(P/E)_i w_i \geq A \qquad (۱۸)$$

$$\sum_{i=1}^{n}(P/E)_i w_i \leq B \qquad (۱۹)$$

۳-۴- بازده

یکی دیگر از عواملی که در بازنگری سبد سرمایه‌گذاری درنظرگرفته شده است، بازده مورد انتظاری می‌باشد. فرض بر این است که r_{it} بازده تاریخی سهم i در دوره t باشد؛ در اینصورت برای محاسبه بازده موردانتظاری سهم i از میانگین حسابی استفاده می‌شود که برای سهم i به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} r_{it} \qquad (۲۰)$$

از طرفی دیگر، برای محاسبه بازده مورد انتظاری سبد از میانگین موزون استفاده می‌شود. سرمایه‌گذار در این پژوهش به دنبال حداقل بازده مورد انتظاری (d) از سبد بازنگری‌شده است. در نهایت، رابطه بازده به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\sum_{i=1}^{n} r_i w_i + ro \times wm \geq d \qquad (۲۱)$$

۳-۵- استراتژی بازنگری بیمه سبد با نسبت ثابت

در این پژوهش از استراتژی بیمه‌کردن سبد با نسبت ثابت یا استراتژی CPPI استفاده شده است. هدف از این استراتژی این است که سرمایه‌گذار متناسب با ریسک‌گریزی (ضریب M) و با تعیین کف ارزش سرمایه یا حدضرر سبد (F)، به عنوان مثال ۸۰ درصد ارزش سبد (V)، اقدام به سرمایه‌گذاری در دارایی‌های ریسکی و بدون‌ریسکی کند. مهمترین مزیت این استراتژی تعیین حدضرر در زمان‌های بازنگری برای سبد می‌باشد. از طرفی با توجه به اینکه ماهیت دارایی‌های بدون‌ریسکی از نظر بازدهی یکسان

است در این پژوهش از یک صندوق درآمد ثابت به عنوان دارایی بدون‌ریسکی استفاده شده است. همچنین در این پژوهش، در هنگام حل داده‌های واقعی، حدضرر شناور در نظرگرفته شده است؛ بدین صورت که با رشد I واحدی ارزش سبد در زمان‌های بازنگری، حدضرر سبد هم تغییر می‌کند در حالی که در مواقع افت ارزش سبد، حدضرر اولیه ثابت باقی می‌ماند. درنهایت، میزان سرمایه اختصاص داده‌شده برای دارایی‌های ریسکی و بدون‌ریسکی به ترتیب در رابطه‌های ۲۲ و ۲۳ مشخص شده است.

$$\sum_{i=1}^{n}(w_i + wcyb_i + wcys_i) = \min(1, m\times(1-(\frac{f}{v}))) \quad (۲۲)$$

$$wm + wcub + wcus = 1-\min(1, m\times(1-(\frac{f}{v}))) \quad (۲۳)$$

پس از معرفی پارامترها، متغیرها و عوامل موثر در بازنگری سبد سهام و استراتژی بازنگری به‌کاربرده شده، اینک به معرفی مدل چندهدفه بازنگری سبد با درنظرگیری عوامل بنیادی و با درنظرگرفتن پارامترهای عدم‌قطعیت بازده موردانتظاری و نسبت (P/E) پرداخته شده‌است.

$$\min \quad \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} y_t \quad (۲۴)$$

$$\max \quad \sum_{i=1}^{n} t_i w_i \quad (۲۵)$$

$$\min \quad \sum_{i=1}^{n}(wcyb_i + wcys_i) + wcub + wcus \quad (۲۶)$$

$$s.to \quad -y_t - \sum_{i=1}^{n}(r_{it} - r_i)w_i + \sum_{i=1}^{n} P1_i + \Gamma_1 z_1 \le 0 \quad (۲۷)$$

$$-y_t + \sum_{i=1}^{n}(r_{it} - r_i)w_i + \sum_{i=1}^{n} P1_i + \Gamma_1 z_1 \le 0 \quad (۲۸)$$

$$-(\sum_{i=1}^{n} r_i w_i + ro\times wm) + \sum_{i=1}^{n} P1_i + \Gamma_1 z_1 + d \le 0 \quad (۲۹)$$

$$-\sum_{i=1}^{n}(P/E)_i w_i + \sum_{i=1}^{n} P2_i + \Gamma_2 z_2 \le -A \quad (۳۰)$$

$$\sum_{i=1}^{n}(P/E)_i w_i + \sum_{i=1}^{n} P2_i + \Gamma_2 z_2 \le B \quad (۳۱)$$

$$w_i = y_i + yb_i - ys_i \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۳۲)$$

$$wm = u + ub - us \quad (۳۳)$$

$$\sum_{i=1}^{n}(w_i + wcyb_i + wcys_i) = \min(1, m\times(1-(\frac{f}{v}))) \quad (۳۴)$$

$$wm + wcub + wcus = 1-\min(1, m\times(1-(\frac{f}{v}))) \quad (۳۵)$$

$$wcyb_i = yb_i \times b \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۳۶)$$

$$wcys_i = ys_i \times s \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۳۷)$$

$$wcub = ub\times bm \quad (۳۸)$$

$$wcus = us\times sm \quad (۳۹)$$

$$\sum_{i=1}^{n}(w_i + wcyb_i + wcys_i) + wm + wcub + wcus = 1 \quad (۴۰)$$

$$Kl \le \sum_{i=1}^{n} bw_i \le Ku \quad (۴۱)$$

$$w_i \ge Lo\times bw_i \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۴۲)$$

$$w_i \le Up\times bw_i \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۴۳)$$

$$z_1 + P1_i \ge u1_i \times \hat{r}_i \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۴۴)$$

$$w_i \ge -u1_i \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۴۵)$$

$$w_i \le u1_i \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۴۶)$$

$$z_2 + P2_i \ge u2_i \times (\hat{P}/E)_i \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۴۷)$$

$$w_i \ge -u2_i \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۴۸)$$

$$w_i \le u2_i \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۴۹)$$

$$bw_i = 0 \text{ or } 1 \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۵۰)$$

$$wm, w_i \ge 0 \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۵۱)$$

$$yb_i, ys_i, wcyb_i, wcys_i \ge 0 \quad \forall i=1,2,...,n \quad (۵۲)$$

$$ub, us, wcub, wcus \ge 0 \quad (۵۳)$$

۳-۶- روش حل

برنامه‌ریزی آرمانی شاخه‌ای از تصمیم‌گیری‌های چندهدفه است که تصمیم‌گیرنده همزمان به دنبال یافتن چندین هدف می‌باشد که توسط چارنز و کوپر [۳۴] ارائه گردید. با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی برای هر کدام از اهداف، مقداری به عنوان آرمان درنظر گرفته می‌شود و تلاش می‌شود انحرافات از این آرمان‌ها کمینه گردد. از طرفی دیگر، آرمان‌های درنظرگرفته‌شده برای اهداف می‌توانند با توجه به انتخاب تصمیم‌گیرنده رتبه‌بندی و وزن‌دهی شوند که به آن برنامه‌ریزی آرمانی وزنی[۱۷] گفته می‌شود. چیانگ لی و همکاران [۲۲]، رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی را ارائه کردند که در آن چندین هدف متضاد وجود دارد اما هر هدف، دارای آرمان‌های چند گزینه‌ای است که در آن برحسب توابع عضویت فازی بیان شده‌است. از این رویکرد برای حل مدل در پژوهش استفاده شده‌است. برای حل مدل چندهدفه پیشنهادی، پارامترهای این رویکرد مطابق جدول ۳ درنظر گرفته می‌شوند.

جدول ۳. پارامترهای استفاده‌شده در روش حل پیشنهادی

تابع هدف	انحراف مثبت ازهدف	انحراف منفی از هدف	آرمان‌ها برای هدف	حداکثر انحراف مثبت	حداکثر انحراف منفی	وزن اختصاص داده‌شده	نوع آرمان‌ها
اول	p_1	n_1	b_{1r}	Δ_{1r}^{R}	Δ_{1r}^{L}	v_1	=
دوم	p_2	n_2	b_{2r}	Δ_{2r}^{R}	Δ_{2r}^{L}	v_2	=
سوم	p_3	n_3	b_{3r}	Δ_{3r}^{R}	Δ_{3r}^{L}	v_3	≤

با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی و مفروضات مربوط به آن، مدل چندهدفه پیشنهادی به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$\min v_1(p_1 t_1^R + n_1 t_1^L) + v_2(p_2 t_2^R + n_2 t_2^L) + v_3(p_3 t_3^R) \quad (۵۴)$$

$$\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} y_t - p_1 + n_1 = \lambda_{11}b_{11} + \lambda_{12}b_{12} + \ldots + \lambda_{1r}b_{1r} \quad (۵۵)$$

$$\mu_1 + n_1 t_1^L + p_1 t_1^R = 1 \quad (۵۶)$$

$$t_1^L = \left(\frac{\lambda_{11}}{\Delta_{11}^L}\right) + \left(\frac{\lambda_{12}}{\Delta_{12}^L}\right) + \ldots + \left(\frac{\lambda_{1r}}{\Delta_{1r}^L}\right) \quad (۵۷)$$

$$t_1^R = \left(\frac{\lambda_{11}}{\Delta_{11}^R}\right) + \left(\frac{\lambda_{12}}{\Delta_{12}^R}\right) + \ldots + \left(\frac{\lambda_{1r}}{\Delta_{1r}^R}\right) \quad (۵۸)$$

$$\lambda_{11} + \lambda_{12} + \ldots + \lambda_{1r} = 1 \quad (۵۹)$$

$$\sum_{i=1}^{n} t_i w_i - p_2 + n_2 = \lambda_{21}b_{21} + \lambda_{22}b_{22} + \ldots + \lambda_{2r}b_{2r} \quad (۶۰)$$

$$\mu_2 + n_2 t_2^L + p_2 t_2^R = 1 \quad (۶۱)$$

$$t_2^L = \left(\frac{\lambda_{21}}{\Delta_{21}^L}\right) + \left(\frac{\lambda_{22}}{\Delta_{22}^L}\right) + \ldots + \left(\frac{\lambda_{2r}}{\Delta_{2r}^L}\right) \quad (۶۲)$$

$$t_2^R = \left(\frac{\lambda_{21}}{\Delta_{21}^R}\right) + \left(\frac{\lambda_{22}}{\Delta_{22}^R}\right) + \ldots + \left(\frac{\lambda_{2r}}{\Delta_{2r}^R}\right) \quad (۶۳)$$

$$\lambda_{21} + \lambda_{22} + \ldots + \lambda_{2r} = 1 \quad (۶۴)$$

$$\sum_{i=1}^{n}(wcyb_i + wcys_i) + wcub + wcus - p_3 \leq \quad (۶۵)$$

$$\lambda_{31}b_{31} + \lambda_{32}b_{32} + \ldots \lambda_{3r}b_{3r}$$

$$\mu_3 + p_3 t_3^R = 1 \quad (۶۶)$$

$$t_3^R = \left(\frac{\lambda_{31}}{\Delta_{31}^R}\right) + \left(\frac{\lambda_{32}}{\Delta_{32}^R}\right) + \ldots + \left(\frac{\lambda_{3r}}{\Delta_{3r}^R}\right) \quad (۶۷)$$

$$\lambda_{31} + \lambda_{32} + \ldots + \lambda_{3r} = 1 \quad (۶۸)$$

$$\lambda_{ir} \in \{0,1\} \qquad \forall\ i=1,2,\ldots,n \quad \forall\ r \quad (۶۹)$$

و روابط ۲۷ تا ۵۳

۴- تجزیه و تحلیل تجربی

در این بخش با مطالعه تجربی روی داده‌های واقعی مربوط به ۱۲ سهام شرکت بورسی (دارایی ریسکی) و یک صندوق با درآمد ثابت (دارایی بدون ریسکی) با نرخ سالانه ۲۰ درصد، کارایی مدل توسعه داده شده، مورد بررسی قرار گرفته‌است.در این پژوهش به جهت جامع‌بودن و پوشش‌دادن صنایع مهم بورسی، از هرصنعت، یک سهم به صورت تصادفی انتخاب شده‌است. همچنین، با توجه به فعالیت یکسان صندوق‌های بادرآمد ثابت، به طور تصادفی، صندوق با درآمدثابت امین‌یکم انتخاب شده است.. مدل ارائه‌شده، در بازه زمانی یک ساله بین بهار ۱۴۰۰ تا بهار ۱۴۰۱ با به‌کارگیری استراتژی بازنگری CPPI با دوره بازنگری سه‌ماهه اجرا شده است. سرمایه‌گذار با رعایت حدضرر (F) ۸ میلیارد ریال، سرمایه اولیه ۱۰ میلیارد ریال و ضریب افزایشی $(M = 2,\ 2.5)$ سرمایه‌گذاری را شروع کرده‌است. برای این منظور، از مدل کونو و یامازاکی [۳۳] برای تشکیل سبد اولیه استفاده شده است. همانطور که گفته شد، سبد اولیه در گذر زمان دچار تغییراتی می‌گردد و نیاز به کنترل و بازنگری است. در زمان‌های بازنگری کارهای زیر صورت می‌گیرد: اولاً، ارزش سبد و وزن دارایی‌های موجود در سبد بروزرسانی می‌شوند؛ ثانیاً، وزن و رتبه سهم‌ها از لحاظ بنیادی با به‌کارگیری معیار تاپسیس مشخص و در مدل پیاده‌سازی می‌شوند؛ ثالثاً، برای اهداف مساله آرمان‌های مختلف از سوی تصمیم‌گیرنده انتخاب می‌شوند؛ رابعاً، مدل با به‌کارگیری برنامه‌ریزی آرمانی فازی چند گزینشی حل می‌شود. در نهایت ترکیب سبد حاصل از بازنگری نشان داده می‌شود. در این مدل، حداقل-حداکثر تعداد سهام مجاز در سبد به ترتیب ۶ و ۹، حداقل-حداکثر وزن سهام در صورت وجود به ترتیب ۰.۰۲۵ و ۰.۲ در نظر گرفته شده‌اند. لازم به ذکر است، تمامی محاسبات از طریق نرم‌افزار گمز و اکسل انجام شده‌است.

جدول ۴. ترکیب سبد اولیه

نماد	وزن	نماد	وزن
فملی	۰	شکلر	۰.۱۵
غبشهر	۰	کقزوی	۰.۲
خودرو	۰	ثتران	۰
شبریز	۰	زاگرس	۰.۲
سیلام	۰.۰۲۵	چکارن	۰.۰۲۵
دارو	۰.۲	بکام	۰
امین یکم (بدون‌ریسکی)	۰.۲	ارزش کل نسبتها	۱

آرمان‌های درنظرگرفته‌شده به همراه وزن اهداف به صورت زیر درنظر گرفته‌شده‌اند:

جدول ۵. پارامترهای مربوط به روش حل

شرح	هدف اول با وزن ۰.۴۵	هدف دوم با وزن ۰.۴۵	هدف سوم با وزن ۰.۱
آرمان اول	۰.۰۳۳	۰.۴۹	۰.۰۰۳
آرمان دوم	۰.۰۲۵	۰.۵۲	۰.۰۰۶
حداکثر انحراف مثبت آرمان ۱	۰.۰۰۳	۰.۰۳	۰.۰۰۵
حداکثر انحراف منفی آرمان ۱	۰.۰۰۵	۰.۰۲	-
حداکثر انحراف مثبت آرمان ۲	۰.۰۰۳	۰.۰۳	۰.۰۰۵
حداکثر انحراف منفی آرمان ۲	۰.۰۰۵	۰.۰۲	-

پس از تشکیل سبد اولیه، در دوره‌های سه‌ماهه، سبد مورد بازنگری قرار می‌گیرد. با توجه به بازه زمانی درنظرگرفته‌شده یکساله، دوره‌های سه‌ماهه شامل: ابتدای تابستان ۱۴۰۰، ابتدای پاییز ۱۴۰۰و ابتدای زمستان ۱۴۰۰ می‌باشند. در این دوره‌ها، مدل با به‌کارگیری استراتژی بازنگری CPPIبا درنظرگیری عوامل بنیادی در دو حالت $M=2$ و $M=2.5$ حل شده است. نتایج حل مدل در جدول ۶ و جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۶. نتایج حاصل از حل مدل در دو حالت $M=2$ و $M=2.5$

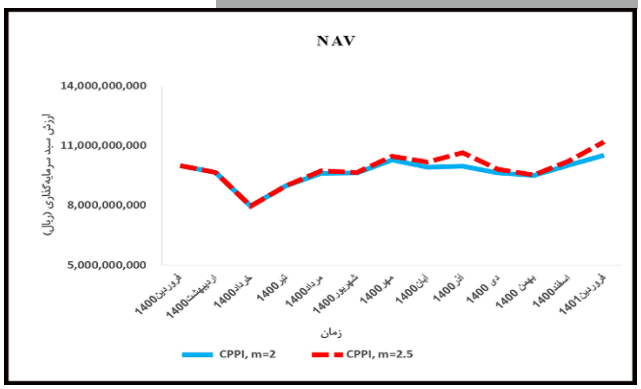
شرح	$M=2$			$M=2.5$		
	سه‌ماه اول	سه‌ماه دوم	سه‌ماه سوم	سه‌ماه اول	سه‌ماه دوم	سه‌ماه سوم
wm	۰.۶۶۷	۰.۴۵۸	۰.۵۵۹	۰.۵۸۴	۰.۲۹۱	۰.۴۰۷
$\sum_{i=1}^{n} w_i$	۰.۳۳۳	۰.۵۴۲	۰.۴۴۱	۰.۴۱۶	۰.۷۰۹	۰.۵۹۳
هدف اول	۰.۱۳۸	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۲۲۴	۰.۱۷۲	۰.۳
هدف دوم	۰.۲۲	۰.۳۷۱	۰.۲۸۸	۰.۲۸۱	۰.۴۶۹	۰.۳۷۱
هدف سوم	۰.۰۰۵	۰.۰۰۲	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۳	۰.۰۰۲
ارزش نهایی سبد	۱۰۵۲۶۹۱۲۶۳۹ریال			۱۱۱۹۰۳۷۷۸۲۶ریال		

جدول ۷. ترکیب سبد حاصل از بازنگری در دو حالت $M=2$ و $M=2.5$

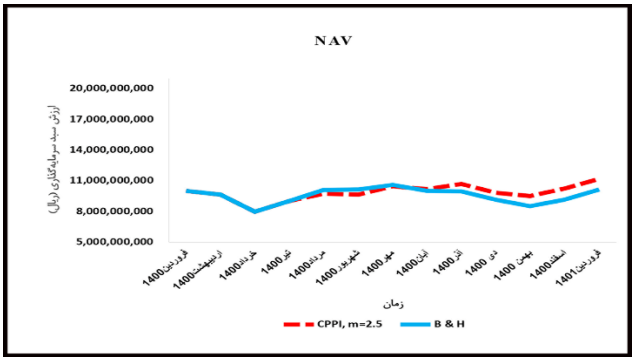
وزن دارایی‌ها بعد از بازنگری			وزن قبل بازنگری	$M=2.5$	وزن دارایی‌ها بعد از بازنگری			وزن قبل بازنگری	$M=2$
دی ۱۴۰۰	مهر ۱۴۰۰	تیر۱۴۰۰	اولیه	نماد	دی ۱۴۰۰	مهر ۱۴۰۰	تیر ۱۴۰۰	اولیه	نماد
۰.۲	۰.۲	۰.۰۱۱	۰	فملی	۰.۲	۰.۲	۰.۰۲۸	۰	فملی
۰	۰	۰	۰	غبشهر	۰	۰	۰	۰	غبشهر
۰	۰	۰	۰	خودرو	۰	۰	۰	۰	خودرو
۰.۰۷	۰.۰۲۵	۰.۰۲۵	۰	شبریز	۰.۰۲۵	۰.۰۲۵	۰.۰۲۵	۰	شبریز
۰	۰	۰	۰.۰۲۵	سیلام	۰	۰	۰	۰.۰۲۵	سیلام
۰	۰.۰۲۵	۰.۰۲۵	۰.۲	دارو	۰.۰۲۵	۰.۰۲۵	۰.۰۲۵	۰.۲	دارو
۰.۱۴۴	۰.۲	۰.۰۲۵	۰.۱۵	شکلر	۰.۰۵۸	۰.۰۶۵	۰.۰۲۵	۰.۱۵	شکلر
۰.۰۲۵	۰.۰۵۷	۰	۰.۲	کقزوی	۰.۰۲۵	۰.۰۲۵	۰	۰.۲	کقزوی
۰	۰	۰.۰۲۵	۰	ثتران	۰	۰	۰	۰	ثتران
۰.۱۲۷	۰.۲	۰.۲	۰.۲	زاگرس	۰.۱۰۸	۰.۲	۰.۲	۰.۲	زاگرس
۰	۰	۰	۰.۰۲۵	چکارن	۰	۰	۰	۰.۰۲۵	چکارن
۰.۰۲۵	۰	۰	۰	بکام	۰	۰	۰.۰۲۵	۰	بکام
۰.۵۹۳	۰.۷۰۹	۰.۴۱۶	۰.۸	$\sum_{i=1}^{n} w_i$	۰.۴۴۱	۰.۵۴۲	۰.۳۳۳	۰.۸	$\sum_{i=1}^{n} w_i$
۰.۴۰۷	۰.۲۹۱	۰.۵۸۴	۰.۲	امین‌یکم	۰.۵۵۹	۰.۴۵۸	۰.۶۶۷	۰.۲	امین‌یکم
۱	۱	۱	۱	جمع کل	۱	۱	۱	۱	جمع کل

شکل ۲ نمودار ارزش ماهانه سبد سرمایه‌گذاری در دوحالت $M=2$ و $M=2.5$ را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲ ارزش سبد سرمایه‌گذاری در حالتی که ضریب افزایشی ۲.۵ است، بیشتر می‌باشد؛ به این دلیل که سرمایه اختصاص‌داده‌شده به دارایی‌های ریسکی، با افزایش ضریب M افزایش می‌یابد که در نتیجه آن، ریسک و بازده سبد نیز افزایش می‌یابد. برای نشان‌دادن کارایی مدل پیشنهادی، استراتژی خرید و نگهداری مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور، سبد اولیه در بازه زمانی یکساله بدون تغییر باقی مانده و با استراتژی بازنگری CPPI با درنظرگیری عوامل بنیادی مقایسه می‌شود. شکل ۳ نمودار ارزش ماهانه سبد را در این دوحالت نشان می‌دهد. مطابق شکل ۳، ارزش سبد سرمایه‌گذاری در استراتژی بازنگری با ضریب ۲.۵ بیشتر از استراتژی خرید و نگهداری است. همچنین برای بهتر نشان‌دادن تاثیر این استراتژی، استراتژی بازنگری CPPI با درنظرگرفتن عوامل بنیادی با استراتژی بازنگری CPPI بدون درنظرگرفتن عوامل بنیادی مقایسه شده است. با توجه به شکل ۴، ارزش سبد در دوره‌های زمانی بازنگری، با در نظرگیری عوامل بنیادی بیشتر بوده است.

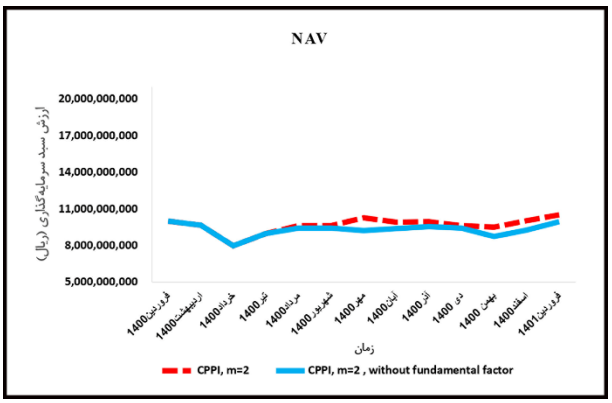
مطابق شکل ۳ و شکل ۴ این نتیجه حاصل می‌شود که ارزش پایانی سبد در حالت استراتژی بازنگری CPPI با درنظرگیری عوامل بنیادی، نسبت به حالت بدون درنظرگرفتن عوامل بنیادی و استراتژی خرید و نگهداری بیشتر بوده است.



شکل ۲. نمودار ارزش ماهانه سبد در دو حالت $M=2$ و $M=2.5$



شکل ۳. نمودار ارزش ماهانه سبد در دو استراتژی CPPI و B&H



شکل ۴. نمودار ارزش ماهانه سبد در دو استراتژی بازنگری با درنظرگیری عوامل بنیادی و بدون درنظرگیری عوامل بنیادی

در برنامه‌نویسی ریاضی اغلب پارامترها و داده‌ها به‌طور قطعی درنظرگرفته می‌شوند؛ در حالی‌که، داده‌ها در واقعیت دارای عدم‌قطعیت هستند. لذا، برای تطابق مدل با واقعیت، استراتژی بازنگری پیشنهادی با درنظرگرفتن عدم‌قطعیت داده‌های بازده مورد انتظاری هر سهم و نسبت (P/E) دارایی‌ها مورد تحلیل قرار گرفته‌است. در این پژوهش فرض شده است که بازده مورد انتظاری سهم‌ها ۵ درصد و نسبت (P/E) سهم‌ها ۱۰ درصد دارای عدم‌قطعیت می‌باشند. نتایج حاصل از پیاده‌سازی داده‌ها در مدل، مطابق جدول ۸ نشان داده شده است.

نتایج موجود در جدول ۸ نشان‌دهنده حساسیت مدل نسبت به عدم‌قطعیت داده‌هاست. در واقع با افزایش تعداد پارامترهای عدم‌قطعیت، مقادیر تابع هدف نسبت به مقدار تابع هدف اسمی آن بیشتر می‌شود. همچنین، ستون آخر حداکثر نوسان داده‌ها را نشان می‌دهد که در واقع محافظه‌کارانه‌ترین جواب ممکن است که در آن بیشتر به استواری مدل (موجه‌بودن) تاکید شده و از مقدار بهینه فاصله گرفته شده‌است.

در جدول ۹، عملکرد سبد سرمایه‌گذاری با به‌کارگیری استراتژی‌های مختلف نشان داده شده‌است که با بررسی عملکرد سبد در یکسال، نتایج زیر حاصل می‌گردد:

- در استراتژی بازنگری CPPI با درنظرگرفتن عوامل بنیادی سهام، هر چه قدر ضریب M افزایش یابد، ریسک سبد افزایش و بازده آن در بازار صعودی، بیشتر افزایش می‌یابد؛ دلیل این امر، اختصاص‌دادن سرمایه بیشتر به دارایی‌های ریسکی می‌باشد.
- در مقایسه دو استراتژی بازنگری و استراتژی خرید و نگهداری، بازنگری سبد با ضریب ($M=2.5$) منجر به افزایش بازده و کاهش ریسک سبد شده‌است. از طرفی دیگر با مقایسه نسبت شارپ، این نتیجه حاصل می‌شود که اجرای بازنگری تاثیر مطلوبی روی سبد داشته است.

جدول ۸. نتایج حاصل از حل مدل در حالت عدم‌قطعیت

توابع هدف	$\Gamma=0\ ,\ M=2$			$\Gamma=4\ ,\ M=2$			$\Gamma=8,12\ ,\ M=2$		
تابع هدف اول	۰.۱۳۸	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۱۵۲	۰.۱۸۴	۰.۲۵۶	۰.۱۵۵	۰.۱۸۷	۰.۱۹
تابع هدف دوم	۰.۲۲	۰.۳۷۱	۰.۲۸۸	۰.۲۲	۰.۳۷	۰.۳	۰.۲۲	۰.۳۷	۰.۲۹
تابع هدف سوم	۰.۰۰۵	۰.۰۰۲	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۲	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۲	۰.۰۰۸

جدول ۹. عملکرد سبدسرمایه‌گذاری با به‌کارگیری استراتژی‌های مختلف

استراتژی‌ها	ارزش پایانی سبد (ریال)	بازده یکساله	متوسط بازده سه‌ماهه	ریسک (MAD)	نسبت شارپ
استراتژی بازنگری CPPI با درنظرگیری عوامل بنیادی سهام ($M=2$)	۱۰,۵۲۶,۹۱۲,۶۳۹	۵.۲۷%	۸.۴۷%	۱۰.۰۵%	۰.۳۴۶
استراتژی بازنگری CPPI با درنظرگیری عوامل بنیادی ($M=2.5$)	۱۱,۱۹۰,۳۷۷,۸۲۶	۱۱.۹۰%	۱۱.۵۸%	۱۱.۵۹%	۰.۵۶۸
استراتژی خرید و نگهداری (B&H)	۱۰,۱۲۲,۲۱۸,۳۴۰	۱.۲۲%	۸.۰۴%	۱۳.۱۳%	۰.۲۳
استراتژی بازنگری CPPI بدون درنظرگیری عوامل بنیادی ($M=2$)	۹,۹۷۳,۳۲۸,۹۴۶	−۰.۲۷%	۷.۵۵%	۷.۴۳%	۰.۲۷

- استراتژی بازنگری CPPI با درنظرگیری عوامل بنیادی در مقایسه با استراتژی بازنگری CPPI بدون درنظرگیری عوامل بنیادی، دارای بازده یکساله و نسبت شارپ بیشتری است. با مقایسه این دو استراتژی، این نتیجه حاصل می‌شود که انتخاب سهم‌های بنیادی در دوره‌های زمانی بازنگری، ریسک سبد را کمتر و سود آن را بیشتر می‌کند.

- در حالت عدم‌قطعیت، با افزایش تعداد پارامترهای عدم‌قطعی در محدودیت‌ها، مدل پیشنهادی بیشتر به تحلیلگران کمک می‌کند تا مدل جنبه واقعیت داشته باشد.

۵- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر با توجه به توسعه بازارهای مالی، بحث بازنگری سبد سرمایه‌گذاری جهت کنترل سبد و دنبال‌کردن اهداف سرمایه‌گذاران، از اهمیت بالایی برخوردار است. معیارهای مختلفی برای بازنگری وجود دارند که در این پژوهش معیارهای ریسک، بازده، هزینه‌های معاملاتی و عوامل بنیادی سهام شرکت‌ها در نظرگرفته شدند. در این پژوهش به منظور کنترل ریسک سرمایه‌گذار و رعایت حدضرر سرمایه از استراتژی بازنگری استفاده شد. از طرفی دیگر، به دلیل متغیربودن وضعیت اقتصادی شرکت‌ها، هر یک از سهم‌ها با به کارگیری معیار چندشاخصه تاپسیس، رتبه‌بندی و وزن‌دهی شدند. در نهایت با درنظرگیری آرمانهای مشخص برای اهداف، مدل چندهدفه بازنگری سبد ارائه گردید که به کمک برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی قابل حل است. برای نمایش کارایی مدل با استفاده از دارایی‌های موجود از صنایع مختلف بازار بورس اوراق بهادار تهران، سبدی برای سرمایه‌گذاران تشکیل داده و نتایج آن با استراتژی خرید و نگهداری مقایسه شد. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که نسبت شارپ استراتژی بازنگری CPPI با در نظرگیری عوامل بنیادی نسبت به استراتژی بازنگری CPPI بدون درنظرگیری عوامل بنیادی و استراتژی خرید و نگهداری، بیشتر است. در حوزه بازنگری سبد می‌توان به مطالعات آتی در زمینه لحاظ‌کردن عدم‌قطعیت داده‌ها در مدل با استفاده از روش‌هایی همچون بهینه‌سازی تصادفی، منطق فازی و بهینه‌سازی استوار اشاره کرد. همچنین، به‌کارگیری روش‌های مدرن از جمله الگوریتم‌های ابتکاری و فراابتکاری جهت شناسایی سهام بنیادی و حل مدل چنددوره‌ای، برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود.

(References) منابع

1. Najafi, A. B. and Aghaei, M., 2019. Proposing a Portfolio Rebalancing Model for Small Investors. ***Journal of Investment knowledge, 8(31), pp.317-337. [In Persian].***

2. Markowitz, H., 1952. Portfolio selection. ***The journal of finance, 7(1), pp. 77-91.***

3. Markowitz, M., 1967. Portfolio Selection. ***Efficient Diversification of Investments, Wiley, New York.***

4. Smith, K. V., 1967. A transition model for portfolio revision. ***The Journal of Finance, 22(3), pp. 425-439.***

5. Pogue, G. A., 1970. An extension of the Markowitz portfolio selection model to include variable transaction costs. ***The Journal of Finance, 22(5), pp. 1005-1027.***

6. Kumar, P., Panda, G. and Gupta, U. C., 2015. Portfolio rebalancing model with transaction costs using interval optimization. ***OPSEARCH, 52, pp. 827-860.***

7. Woodside, M., Lucas, C. and Beasley, J. E., 2013. Portfolio rebalancing with an investment horizon and transaction costs. ***Omega, 41(2), pp. 406-420.***

8. Glen, J. J., 2011. Mean-variance portfolio rebalancing with transaction costs and funding changes. ***Journal of the Operational Research Society, 62(4), pp. 667-676.***

9. Zandieh, M. and Mohaddesi, S. O., 2019. Portfolio rebalancing under uncertainty using meta-heuristic algorithm. ***International Journal of Operational Research, 36(1), pp.12-29.***

10. Fang, Y., Lai, K. K. and Wang, S. Y., 2006. Portfolio rebalancing model with transaction costs based on fuzzy decision theory. ***European Journal of Operational Research, 175(2), pp. 879-893.***

11. Najafi, A. B. and Fazeli, E., 2015. The dual-objective model of index tracker portfolio review considering transaction costs and solving it with meta-heuristic algorithms. ***Financial Knowledge of Securities Analysis, 7(24), pp. 79-95. [In Persian].***

12. Tarczynski, W., 2014. Different variant of fundamental portfolio. ***Folio Oeconomica Stetinensia, 14(22), pp. 47-62.***

13. Ghahtarani, A. and Najafi, A. A., 2013. Robust goal programming for multi-objective portfolio selection problem. ***Economic Modelling, 33, pp.588–592.***

14. Khodamoradi, T., Salahi, M. and Najafi, A. A., 2020. Robust ccmv model with short selling and risk-neutral interest rate. ***Phys A Stat Mech Appl 124429.***

15. Swain, P. and Ojha, A., 2021. Robust approach for uncertain portfolio allocation problems under box uncertainty. ***Recent trends in applied mathematics, select proceedings of AMSE 2019, pp 347–35.***

16. Ghahtarani, A., Saif, A. and Ghasemi, A., 2022. Robust portfolio selection problems: a comprehensive review. ***Operational Research, 22, pp. 3203–3264.***

17. Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy sets. ***Information and Control, 8, pp. 338–353.***

18. Narasimhan, R., 1980. Goal programming in a fuzzy environment. ***Decision Sciences, 11, pp. 325–336.***

19. Hannan, E. L., 1981. On fuzzy goal programming. ***Decision Sciences, 12, pp. 522–531.***

20. Kim, J. S. and Whang, K. M., 1998. A tolerance approach to the fuzzy goal programming problems with unbalanced triangular membership function. ***European Journal of Operational Research, 107, pp. 614–624.***

21. Chang, C. T., 2008. Multi-choice goal programming. ***The International Journal of Management Science, 34 (4), pp. 389–396.***

22. Chiang, L., Hocine, A., Kouaissah, N. and Zhuang, Z. Y., 2020. Weighted-additive Fuzzy Multi Choice Goal Programming (WA-FMCGP). ***European Journal of Operational Research, 285, pp. 642-654.***

23. Savage, A., 2010. Optimal Portfolio Rebalancing Strategy: Evidence from Finnish Stocks. ***Lambert Academic Publishing, English.***

24. Cont, R. and Tankov, P., 2009. Constant proportion portfolio insurance in the presence of jumps in asset prices. ***Mathematical Finance, 19, pp. 379-401.***

25. Ahmadi, M., 2015. Preparation for capital market principles test. ***Ariana Qalam Publications, Tehran, Fourth edition. [In Persian].***

26. Hwang, C. L. and Yoon, K. P., 1981. Multiple attribute decision making. ***Methods and applications, New York.***

27. Mirghafori, S. H. A., 2015. Multi-criteria decision making methods. ***Academic Jihad Publications, Tehran, First edition. [In Persian].***

28. Mulvey, J. M., Vanderbei, R. J. and Zenios, S. A., 1995. Robust optimization of large scale systems. ***Operation Research, 43 (2), pp. 264–281.***

29. Soyster, A., 1973. Convex programming with set-inclusive constraints and applications to inexact linear programming. ***Operations Research, 21, pp. 1154–1157.***

30. Ben-Tal, A. and Nemirovski, A., 2000. Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. ***Mathematical Programming, 88, pp. 411–424.***

31. Bertsimas, D. and Sim, M., 2003. Robust discrete optimization and network flows. ***Mathematical Programming, 98, pp. 49–71.***

32. Bertsimas, D. and Sim, M., 2004. The price of robustness. ***Operations Research, 52, pp. 35–53.***

33. Konno, H. and Yamazaki, H., 1991. Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its application to Tokyo stock market. ***Management Science, 37, pp. 519–531.***

34. Charnes, A. and Cooper, W. W., 1959. Chance constrained programming. ***Management science, 6(1), pp. 73-79.***

پانوشت‌ها

[1] Periodic Rebalancing Strategy
[2] Threshold Rebalancing Strategy
[3] Range Rebalancing
[4] Volatility-based Rebalancing
[5] Active Rebalancing
[6] Constant Proportion Portfolio Insurance (CPPI)
[7] Technical analysis
[8] Fundamental analysis
[9] Taxonomic Measure of Attractiveness of Investment (TMAI)
[10] Membership Functions
[11] Weighted-additive Fuzzy Multi Choice Goal Programming (WA-FMCGP)
[12] Initial Allocation Weights
[13] Multiplier Coefficient
[14] Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
[15] Closeness to the Ideal Solution
[16] Robust Optimization (RO)
[17] Weighted additive goal programming model (WAM)