مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۴۰۳)
دوره‌ی ۴۰، شماره‌ی ۲، صص. ۱۵۲-۱۶۴ ، (یادداشت فنی)

Research Note

توسعه‌ی مدل استوار بازنگری سبد سرمایه‌گذاری با درنظرگرفتن عوامل بنیادی

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

بازنگری سبد سرمایه‌گذاری از مهم‌ترین بخش‌های مدیریت سرمایه‌گذاری است. بعد از تشکیل سبد سرمایه‌گذاری، وضعیت بنیادی شرکت‌ها در گذر زمان به دلایلی، نظیر: تغییر وضعیت اقتصادی کشور و تغییر سیاست‌های مربوط به خرید، تولید و فروش محصولات شرکت ثابت نمی‌ماند. در پژوهش حاضر، مدل چندهدفه‌ی بازنگری سبد سرمایه‌گذاری با درنظرگرفتن عوامل بنیادی سهام ارائه شده است. با توجه به درنظرگرفتن چندین معیار برای اهداف، برای حل مدل از برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی استفاده شده است. همچنین، جهت تطابق بیشتر مدل با واقعیت، عدم‌قطعیت در پارامترهای مدل لحاظ و مدل با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار بازنویسی شده است. در انتها، با اتخاذ راهبرد بازنگری بیمه‌کردن سبد با نسبت ثابت و رعایت حد ضرر تعیین‌شده توسط سرمایه‌گذاران، مدل ارائه‌شده با استفاده از داده‌های واقعی بورس اوراق بهادار تهران حل و نتایج آن بررسی شده است.

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

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

۱. مقدمه

هر سیستمی پس از طراحی و ایجاد، نیازمند کنترل و نظارت است، تا اهداف آن محقق شود. مدیر سبد سرمایه‌گذاری هم پس از تشکیل سبد سرمایه‌گذاری باید سبد را کنترل و نظارت کند و در صورت نیاز آن را بازنگری کند، تا به سمت بازده مطلوب و موردانتظار هدایت شود. به‌عبارت دیگر، بازنگری سبد سرمایه‌گذاری، یکی از ابزارهای مهم مدیریت سرمایه‌گذاری است. با توجه به شرایط و تغییرات موجود در طول دوره‌ی سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذار از روش‌های مختلفی برای بازنگری سبد خود استفاده خواهد کرد. از راهبردهای بازنگری می‌توان به راهبرد بازنگری دوره‌ای[۱]، راهبرد بازنگری آستانه‌ای[۲]، راهبرد بازنگری بر مبنای نوسان‌ها[۳]، راهبرد بازنگری در محدوده‌ی بازده[۴]، راهبرد بازنگری فعالانه[۵]، و راهبرد بیمه‌ی سبد سرمایه‌گذاری با نسبت ثابت (CPPI)[۶] اشاره کرد.[۱] عوامل مختلفی در بازنگری سبد سرمایه‌گذاری تأثیر می‌گذارند و شرکت‌های موجود در سبد، و تصمیم‌گیری برای بازنگری بهتر سبد را تحت شعاع قرار می‌دهد. عوامل مهمی مانند: ریسک سبد، بازده سبد، هزینه‌های معاملاتی بازنگری، عوامل بنیادی سهام شرکت‌های موجود در سبد، و...، برای بازنگری بهتر و دستیابی به نتایج موردانتظار سرمایه‌گذار باید شناسایی شوند و تأثیرگذاری آن‌ها را در بازنگری سبد سرمایه‌گذاری بررسی کرد. برای همین منظور، استفاده از مدل‌های بازنگری سبد سهام با درنظرگرفتن راهبردهای بازنگری سبد و عوامل مؤثر در آن، جهت رسیدن به اهداف سرمایه‌گذار امری مهم تلقی می‌شود. مارکویتز[۷] (۱۹۵۲)،[۲] برای اولین بار مدل اساسی و مدرن انتخاب سبد سرمایه‌گذاری را ارائه کرد، که مبنایی برای انتخاب سبد سرمایه شد و نقش عمده‌ای را در بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری در تئوری و عمل ایجاد کرد. در مدل ایشان به دو معیار ریسک و بازده توجه شده است، که در آن سرمایه‌گذاران با درنظرگرفتن بازده مطلوب سرمایه‌گذار، به‌دنبال کاهش ریسک سبد دارایی خود هستند. در حالی که سایر اهداف توسط سرمایه‌گذاران

*نویسنده مسئول
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۷، تاریخ اصلاحیه: ۱۴۰۲/۰۹/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۹.

استناد به این مقاله:
وفائی‌خواه، محمدحسین و نجفی، امیرعباس، ۱۴۰۳. توسعه‌ی مدل استوار بازنگری سبد سرمایه‌گذاری با درنظرگرفتن عوامل بنیادی، ۴۰(۴)، صص. ۱۵۲-۱۶۴.
. DOI: 10.24200/J65.2024.61314.2330

[۱] Periodic Rebalancing Strategy
[۲] Threshold Rebalancing Strategy
[۳] Range Rebalancing
[۴] Volatility-based Rebalancing
[۵] Active Rebalancing
[۶] Constant Proportion Portfolio Insurance
[۷] Markowitz

در نظرگرفته نشده‌اند. با توجه به تغییر سبد سرمایه‌گذاری در طول زمان و مهم‌بودن بازنگری سبد سرمایه‌گذاری جهت رسیدن به اهداف، مارکویتز (۱۹۶۷)،[۳] نیز به اهمیت موضوع بازنگری پی برد و پیشنهاد داد که یک راهبرد بهینه‌ی چنددوره‌ای برای مدیریت سبد سرمایه‌گذاری لازم و ضروری است. پس از آن اسمیت (۱۹۶۷)،[۴]

اولین کسی بود که مدلی برای مدیریت سبد سرمایه‌گذاری مطرح کرد و بازنگری سبد را برای زمانی در نظر گرفت که انتظارهای سرمایه‌گذار تغییر کند. پاگو[۱] (۱۹۷۰)،[۵] نیز اولین کسی بود که انواع هزینه‌های معاملاتی را در بازنگری سبد سهام در نظر گرفت. کومار[۲] و همکاران (۲۰۱۵)،[۶] با استفاده از رویکرد مارکویتز، مدلی تک‌هدفه با هدف کمینه‌سازی ریسک برای بازنگری سبد سهام ارائه کردند و پارامترهای مدل را به‌صورت بازه‌ای در نظر گرفتند. وودساید[۳] و همکاران (۲۰۱۳)،[۷] نیز با استفاده از رویکرد مارکویتز، مدلی را برای بازنگری سبد سهام ارائه کردند. ایشان با درنظرگرفتن هزینه‌های معاملاتی و طول دوره‌ی سرمایه‌گذاری در مدل خود، تأثیر این دو عامل را در بازده و ریسک سرمایه‌گذاری بررسی کردند و دریافتند که پرداخت هزینه‌های معاملاتی، بازده و ریسک سبد سرمایه را کاهش می‌دهد. گلن[۴] (۲۰۱۱)،[۸] یک مدل تک‌هدفه با هدف کمینه‌سازی ریسک برای بازنگری سبد سهام ارائه کرد. زندیه و محدثی (۲۰۱۹)،[۹] نیز یک مدل چندهدفه با پارامترهای عدم‌اطمینان برای بازنگری سبد ارائه کردند. در مدل پیشنهادی آنها از ریسک به‌عنوان تابع هدف و همچنین از بازده و هزینه‌ی معاملات به‌عنوان محدودیت و نیز از الگوریتم‌های فرااِبتکاری برای حل مدل خود استفاده کرده‌اند. 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[۵] و همکاران (۲۰۰۶)،[۱۰] مدلی دوهدفه و فازی با معیارهای بازده و ریسک برای بازنگری سبد سهام ارائه کردند و نقدشوندگی سهام و هزینه‌های معاملاتی را به‌عنوان محدودیت در نظرگرفتند. همچنین از معیار نیم قدرمطلق انحراف معیار به‌عنوان سنجه‌ی ریسک استفاده کردند. سپس با استفاده از تئوری تصمیم‌گیری فازی به حل مدل پرداختند. نجفی و فاضلی سبزوار (۲۰۱۵)،[۱۱] یک مدل دوهدفه برای بازنگری سبد ردیاب شاخص طراحی کردند، که به‌دنبال کمینه‌سازی خطای ردیابی و نیز هزینه‌های معاملاتی بوده است. به‌دلیل پیچیدگی‌هایی که در حل مدل‌های چندهدفه با اهداف متعارض وجود دارد، برای حل مسئله‌ی مذکور 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[۶] و تحلیل بنیادی[۷] اشاره کرد. تارکزینسکی[۸] (۲۰۱۴)،[۱۲] در مطالعه‌ی 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 (TMAI)[۹] رتبه‌بندی شده‌اند و در تابع هدف با بیشینه‌سازی معیار بنیادی، مدل تحلیل و با مدل مارکوویتز، بدون درنظرگرفتن معیارهای بنیادی مقایسه شده است. نتایج پژوهش مذکور نشان می‌دهند که درنظرگرفتن عوامل بنیادی سهام به‌همراه ریسک آن‌ها باعث افزایش بازده و کاهش ریسک سبد سرمایه‌گذاری می‌شود.

در مسائل بازنگری سبد سرمایه‌گذاری، داده‌های مالی با عدم‌قطعیت‌هایی همراه هستند، یکی از راه‌های مقابله با عدم‌قطعیت داده‌ها، رویکرد بهینه‌سازی استوار است. قهطرانی و نجفی (۲۰۱۳)،[۱۳] در مطالعه‌ی خود از پارامترهای عدم‌قطعیت بازده موردانتظار و ریسک سیستماتیک استفاده و مدل را با روش برنامه‌ریزی آرمانی حل کرده‌اند. خدامرادی و همکاران (۲۰۲۰)،[۱۴] و سوین و اوجها (۲۰۲۱)،[۱۵] در مدل میانگین- واریانس و میانگین- نیم‌واریانس خود از پارامترهای عدم‌قطعیت بازده موردانتظار و ماتریس کواریانس بین سهام با فرض فروش استقراضی استفاده کرده‌اند. برای مطالعه‌ی بیشتر، پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه‌ی بهینه‌سازی استوار مدل‌های انتخاب سبد سرمایه‌گذاری، نوشتار مروری قهطرانی و همکاران (۲۰۲۲)،[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، نظریه‌ی مجموعه‌های فازی است، که توسط زاده (۱۹۶۵)،[۱۷] ارائه شده است. در تئوری مجموعه‌های فازی، توابع عضویت[۱۰]، زیرمجموعه‌های فازی را شناسایی می‌کنند. نراسیمهان[۱۱] (۱۹۸۰)،[۱۸] نظریه‌ی مجموعه‌های فازی را برای اولین بار در برنامه‌ریزی آرمانی گنجانده و یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی ارائه کرده است. هنان[۱۲] (۱۹۸۱)،[۱۹] وزن‌دهی به آرمان‌ها را در برنامه‌ریزی آرمانی گنجانده است. با این حال، مدل هنان قادر به حل برنامه‌ریزی آرمانی فازی نبود. کیم و وانگ[۱۳] (۱۹۹۸)،[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 می‌شود، ولی ممکن است سرمایه‌گذار گزینه‌های مختلفی برای هر هدف داشته باشد. لذا، رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی چندگزینشی توسط چانگ[۱۴] (۲۰۰۸)،[۲۱] معرفی شده است. در ادامه، چیانگ[۱۵] و همکاران (۲۰۲۰)،[۲۲] رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی را ارائه کردند، که در آن چندین هدف متضاد وجود داشت؛ اما هر هدف، آرمان‌های چندگزینه‌ای داشته است.

با مطالعه‌ی پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه‌ی بازنگری سبد سرمایه‌گذاری، این نتیجه حاصل می‌شود که به وضعیت بنیادی دارایی‌های مالی در طول دوره‌های زمانی بازنگری، توجهی نشده و از داده‌های عدم‌قطعیت به ویژه

---

۱ Pogue
۲ Kumar
۳ Woodside
۴ Glen
۵ Fang
۶ Technical analysis
۷ Fundamental analysis
۸ Tarczynski
۹ Taxonomic Measure of Attractiveness of Investment
۱۰ Membership Functions
۱۱ Narasimhan
۱۲ Hannan
۱۳ Kim & Whang
۱۴ Chang
۱۵ Chiang

رویکرد بهینه‌سازی استوار کمتر استفاده شده است. لذا، در پژوهش حاضر، مدل چندهدفه‌ی بازنگری سبد سرمایه‌گذاری با درنظرگرفتن عوامل بنیادی سهام ارائه شده است؛ که در آن، از راهبرد بازنگری بیمه‌ی سبد با نسبت ثابت یا CPPI برای بازنگری و تعیین میزان سرمایه اختصاص داده‌شده به دارایی‌های ریسکی و بدون‌ریسکی استفاده شده است. از طرفی دیگر، از معیار چندشاخصه‌ی تاپسیس برای رتبه‌بندی و وزن‌دهی سهام‌ها و از معیار چندهدفه‌ی برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی (WA-FMCGP)[۱] برای حل مدل استفاده شده است. همچنین، برای تطابق بیشتر مدل با واقعیت، عدم‌قطعیت پارامترها با به‌کارگیری رویکرد برتسیماس و سیم از رویکردهای بهینه‌سازی استوار در نظر گرفته شده‌اند.

پس از مقدمه، در بخش دوم به بیان مبانی نظری و مروری بر مطالعات پیشین پرداخته شده است. در بخش سوم، مدل پیشنهادی برای بازنگری سبد سرمایه‌گذاری معرفی و در بخش چهارم، با مطالعه‌ی تجربی روی داده‌های واقعی، کارایی مدل توسعه داده‌شده بررسی شده است. در بخش پنجم، نیز 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 حوزه‌ی مدیریت سرمایه‌گذاری است. دارایی‌هایی که در سبد هستند، ریسک و بازده متفاوتی دارند و در طول دوره‌ی سرمایه‌گذاری، با توجه به تغییر قیمت‌ها در بازار، ممکن است دارایی‌ها از وزن اختصاص داده‌شده‌ی اولیه‌ی خود فاصله بگیرند. اینجا بازنگری سبد به سرمایه‌گذار کمک خواهد کرد تا دارایی‌های خود را بازنگری کند. 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 اولیه‌ی[۲] خود بازگرداند.[۲۳] از طرفی راهبردهای مختلفی برای بازنگری وجود دارند، که در پژوهش حاضر از راهبرد بازنگری بیمه‌کردن سبد با نسبت ثابت یا راهبرد CPPI استفاده و در ادامه، به آن پرداخته شده است.

۲.۱. راهبرد بازنگری بیمه‌کردن سبد با نسبت ثابت

راهبرد بازنگری بیمه‌کردن سبد با نسبت ثابت، در واقع همان بیمه‌کردن سبد سرمایه‌گذاری در یک قیمت مشخص یا ارزش مشخص است. به عبارتی دیگر، سرمایه‌گذار، کف ارزش سبد را تا انتهای دوره‌ی سرمایه‌گذاری حفظ می‌کند. در راهبرد ذکرشده دو نوع دارایی باید استفاده شوند، که عبارت‌اند از: دارایی‌های ریسکی، مثل سهام و دارایی‌های بدون‌ریسک، مثل صندوق‌های با درآمد ثابت. در راهبرد اخیر، علاوه‌بر کف ارزش سبد، پارامتر دیگری با عنوان ضریب افزایشی[۳] در نظر گرفته می‌شود؛ که در واقع نشان می‌دهد سرمایه‌گذار بیشینه‌ی مقدار سود انتظاری خود را به درصد تخمین می‌زند و معکوس آن عدد را به عنوان ضریب افزایشی در نظر می‌گیرد.

با مشخص‌شدن دو پارامتر، از طریق رابطه‌ی ۱ مقدار سرمایه‌ی اختصاص داده‌شده به دارایی‌های ریسکی تعیین و مابقی پول به دارایی‌های بدون‌ریسکی اختصاص داده می‌شود. به‌عنوان مثال، فرض کنید شخصی صد هزار واحد پولی را می‌خواهد در بازار سرمایه، سرمایه‌گذاری کند (P). این شخص به دلایلی در آینده‌ی نه چندان دور، به ۹۰۰۰۰ واحد پولی نیاز خواهد داشت (F). از طرفی دیگر، این شخص بیشینه‌ی میزان سود موردانتظار را ۲۵٪ فرض می‌کند؛ یعنی ضریب افزایشی برابر ۴ خواهد بود (M). با جایگذاری در رابطه‌ی ۱، شخص ۴۰۰۰۰ واحد پولی را صرف خرید دارایی‌های ریسکی می‌کند و مابقی پول را به دارایی‌های با درآمد ثابت اختصاص می‌دهد.[۲۴]

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

۲.۲. تجزیه‌وتحلیل بنیادی

تجزیه‌وتحلیل بنیادی، روشی برای سنجش ارزش ذاتی یک دارایی و بررسی عواملی است که ممکن است در آینده در ارزش آن اثرگذار باشند. هدف نهایی تحلیل بنیادی، فهم این مسئله 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 مهم‌ترین منابع اطلاعاتی برای بررسی وضعیت و عملکرد یک شرکت هستند. لذا آشنایی با روش‌های تجزیه‌وتحلیل صورت‌های مالی برای مدیران سبد سرمایه‌گذاری، اهمیت بالایی دارد. در حال حاضر، یک مجموعه‌ی کامل صورت‌های مالی، شامل: ترازنامه، صورت سود و زیان، صورت سود و زیان جامع ، صورت جریان وجوه نقد، و یادداشت‌های توضیحی است.

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

- **نسبت‌های سودآوری**، میزان توانایی یک شرکت در تولید سود از دارایی‌هایش را اندازه‌گیری می‌کند. به‌عنوان مثال، نسبت حاشیه‌ی 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 تعهدهای کوتاه‌مدتش را اندازه‌گیری می‌کند. به‌عنوان مثال، نسبت جاری، نشان‌دهنده‌ی توانایی بازپرداخت بدهی‌های کوتاه‌مدت شرکت از محل دارایی‌های جاری است. نسبت جاری بین ۱ و ۲، معمولاً نشانگر وضعیت مطلوب نقدینگی است.
- **نسبت‌های اهرمی و پوششی (ساختار سرمایه)**، میزان توانایی یک شرکت در عمل به کل تعهدها را (نه فقط تعهدات کوتاه‌مدت) اندازه‌گیری می‌کند. به‌عنوان مثال، نسبت بدهی، نشانگر سهمی از منابع اقتصادی است، که توسط شخصیت‌هایی غیر از صاحبان سهام تأمین شده است.
- **نسبت‌های فعالیت**، میزان کارایی عملکرد یک شرکت در انجام فعالیت‌های آن، مانند وصول مطالبات، پرداخت بدهی‌ها، و مدیریت انبار را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال، نسبت گردش دارایی، میزان درآمدزایی شرکت را نشان می‌دهد.
- **نسبت‌های ارزش بازار**، وضعیت سهام شرکت را در بازار سرمایه نشان

[۱] Weighted-additive Fuzzy Multi Choice Goal Programming

[۲] Initial Allocation Weights

[۳] Multiplier Coefficient

می‌دهد. به‌عنوان مثال، نسبت قیمت به سود برای مقایسه‌ی ارزش ذاتی قیمت سهام یک شرکت با قیمت بازار به‌کار می‌رود.

برای پیاده‌سازی عوامل بنیادی در مدل از روش تاپسیس (TOPSIS)[۱]، 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. واژه‌ی تاپسیس به معنی روش‌های ترجیح براساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل است. مدل تاپسیس توسط هوانگ و یون[۲] (۱۹۸۱)،[۲۶] پیشنهاد شده است؛ که در آن، m گزینه به‌وسیله‌ی n شاخص ارزیابی می‌شود. منطق اصولی مدل مذکور، راه‌حل ایده‌آل (مثبت) و راه‌حل ایده‌آل منفی است. راه‌حل ایده‌آل (مثبت)، راه‌حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. گزینه‌ی بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل مثبت و در عین حال بیشترین فاصله را از راه‌حل ایده‌آل منفی دارد. در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش تاپسیس، گزینه‌هایی که بیشترین تشابه را با راه‌حل ایده‌آل داشته باشند، رتبه‌ی بالاتری کسب می‌کنند. به‌عنوان نمونه، فضای هدف بین دو معیار در شکل ۱ مشاهده می‌شود؛ که در آن، A^+ و A^- به ترتیب، راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی هستند. گزینه‌ی A_1 به نسبت گزینه‌ی A_2، فاصله‌ی کمتری تا راه‌حل ایده‌آل مثبت و فاصله‌ی بیشتری تا راه‌حل ایده‌آل منفی دارد.

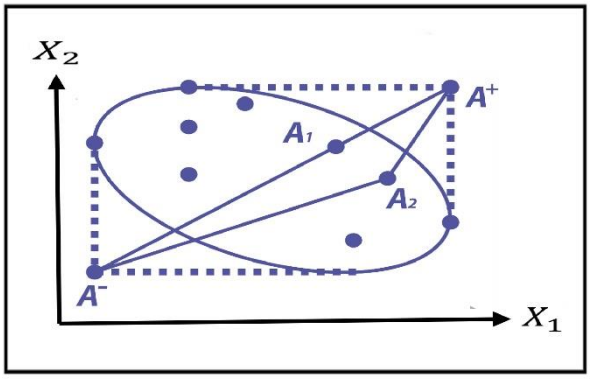
۱.۲.۳. الگوریتم روش تاپسیس

الف) تشکیل ماتریس تصمیم

در روش تاپسیس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می‌شود. بنابراین، به هر گزینه براساس هر معیار امتیازی داده می‌شود؛ که آن‌ها می‌توانند براساس مقادیر کمّی و واقعی باشند یا اینکه کیفی و نظری باشند. در هر صورت باید یک ماتریس تصمیم m×n تشکیل شود.

ب) نرمال‌کردن ماتریس تصمیم

برای نرمال‌سازی مقادیر، از روش برداری استفاده می‌شود. روش برداری برخلاف روش ساده‌ی نرمال‌سازی خطی، به‌صورت رابطه‌ی ۲ انجام می‌شود:



شکل ۱. فاصله از راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی.

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

ج) تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون

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

د) محاسبه‌ی ایده‌آل‌های مثبت و منفی

در مرحله‌ی 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 محاسبه‌ی راه‌حل ایده‌آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل محاسبه می‌شود. فاصله‌ی اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل‌های مثبت و منفی از طریق روابط ۳ و ۴ 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، محاسبه‌ی راه‌حل ایده‌آل است. در این گام، میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل محاسبه می‌شود. برای این‌کار از رابطه‌ی ۵ استفاده می‌شود:

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

مقدار نسبت CL[۳] بین ۰ و ۱ است. هر چقدر مقدار CL به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، راهکار یا گزینه‌ی مسئله به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر است.[۲۷]

۴.۲. بهینه‌سازی استوار

در برنامه‌ریزی ریاضی، معمولاً مسائل با پیش‌فرض قطعی‌بودن داده‌ها مدل‌سازی و حل می‌شوند. در این‌گونه مسائل، اثر عدم‌اطمینان داده‌ها در جواب مدل تأثیری ندارد، در حالی که در دنیای واقعی بیشتر داده‌ها دچار عدم‌قطعیت هستند. در نتیجه، در مسائل واقعی ممکن است با تغییر یکی از داده‌ها، تعداد زیادی از محدودیت‌ها نقض و جواب به‌دست‌آمده، غیربهینه یا حتی غیرممکن بشود. حتی غیرممکن بشود. یکی از رویکردها برای مقابله با عدم‌قطعیت داده‌ها، رویکرد بهینه‌سازی استوار (RO)[۴] است.

مالوی[۵] و همکاران (۱۹۹۵)،[۲۸] چارچوبی برای بهینه‌سازی استوار ارائه کرده‌اند، که مبتنی بر سناریوهای گسسته تعریف می‌شود؛ به‌عبارتی دیگر،

[۱] Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
[۲] Hwang & Yoon
[۳] Closeness to the Ideal Solution
[4] Robust Optimization
[۵] Mulvey

مدل ایشان از نوع دسته‌ی اول (گسسته) است و تحت همه‌ی سناریوها، جواب تقریباً موجهی دارد. در مدل‌های دسته‌ی دوم (پیوسته)، نخستین گام در طراحی رویکردهای استوار، توسط سویستر[۱] (۱۹۷۳)،[۲۹] برداشته شد. در مدل پیشنهادی وی به ازاء کلیه‌ی مقادیر متعلق به یک مجموعه‌ی عدم‌قطعیت، جواب بهینه، شدنی باقی می‌ماند. از طرفی دیگر، جواب‌های تولیدشده با رویکرد اخیر، بسیار محافظه‌کارانه و سختگیرانه هستند و از جواب بهینه‌ی اسمی، فاصله‌ی زیادی دارند. برای غلبه بر این موضوع، بن‌تال و نیمروفسکی[۲] (۲۰۰۰)،[۳۰] با فرض اینکه داده‌ها در مجموعه‌های محدب، عدم‌قطعیت دارند، قدم مؤثری در زمینه‌ی بهینه‌سازی استوار برداشتند. رویکرد پیشنهادی آن‌ها نسبت به روش سویستر، کمتر محافظه‌کارانه بود و برخلاف مدل پیشین، مدل مذکور پیچیدگی‌های بالایی، شامل حل نظیر استوار (فرم رام‌شده) داشته است. برتسیماس و سیم[۳] (۲۰۰۳ و ۲۰۰۴)،[۳۱ و ۳۲] کلاس خاصی از مجموعه‌ی 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 رویکرد مذکور به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد سطح محافظه‌کاری مدل را با فرض عدم‌قطعی‌بودن پارامترها کنترل کند.[۱۶] در پژوهش حاضر، از رویکرد برتیسماس و سیم برای برخورد با عدم‌قطعیت داده‌ها استفاده شده است؛ که در ادامه، بیشتر به آن پرداخته شده است.

برتسیماس و سیم (۲۰۰۳)،[۳۱] برای مدل‌سازی عدم‌قطعیت داده‌ها روش جدیدی ارائه کرده‌اند، که سطح محافظه‌کاری مدل توسط سرمایه‌گذار قابل کنترل بوده و نسبت به رویکردهای پیشین، کارآمدی بیشتری داشته است.

مسئله‌ی بهینه‌سازی را مطابق رابطه‌ی ۶ در نظر بگیرید:

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

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 هستند. در مسئله‌ی اخیر فرض شده است که ماتریس A و بردار C شامل داده‌های غیرقطعی هستند. محدودیت i اُم مسئله‌ی اسمی به صورت $a_{ij}x \le b_i$ درنظرگرفته می‌شود. J_i مجموعه‌ی ضرایب $a_{ij}, j \in J_j$ است، که عدم‌قطعیت دارد. $\tilde{a}_{ij}, j \in J_j$ دارای توزیع همگن با میانگین a_{ij} است و برای هر i در بازه‌ی $[a_{ij} - \hat{a}_{ij}, a_{ij} + \hat{a}_{ij}]$ مقدار می‌گیرد. به منظور استواربودن جواب، پارامتر Γ_i با نقش تعدیل استواری مدل در مقابل سطح محافظه‌کاری جواب معرفی می‌شود. پارامتر مذکور لزوماً عدد صحیح نیست و در بازه‌ی $[0, |j_i|]$ مقدار می‌گیرد. در صورتی که $\Gamma_i = 0$ باشد، مدل استوار به مدل قطعی تبدیل می‌شود و در صورتی که $\Gamma_i = |J_i|$ باشد، مدل اخیر به مدل بدبینانه‌ی سویستر تبدیل می‌شود. بدین ترتیب تعداد $[\Gamma_i]$ پارامتر عدم‌قطعیت در بدترین حالت خود قرار می‌گیرند و یک پارامتر (a_{it}) به اندازه‌ی $(\Gamma_i - \lfloor \Gamma_i \rfloor)\hat{a}_{it}$ 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 می‌کند و باعث می‌شود مدل استوار واقع‌بینانه باشد. با استفاده از رویکرد برتسیماس و سیم، مدل استوار مسئله‌ی اسمی به صورت مجموعه روابط ۷ خواهد بود:

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

برای فرموله‌کردن مجدد مدل ۷ به‌صورت یک مدل بهینه‌سازی خطی، فرض کنید Z_{ij} و P_{ij} متغیرهای کمکی دوگانه‌ای هستند، که برای خطی‌شدن مسئله استفاده شده‌اند.[۱۳] همچنین متغیر f_i به‌منظور تبدیل فرم قدرمطلق $|x_i|$ به فرم خطی و $\hat{a}_{ij} = d \times a_{ij}$ است، که در آن d درصد انحراف داده‌هاست. درنهایت، مدل خطی ۸، معادل مدل غیرخطی ۷ است:

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

مهم‌ترین ویژگی روش اخیر این است که همتای استوار مسئله‌ی خطی به‌صورت خطی باقی می‌ماند و همچنین تضمین‌های احتمالی برای شدنی‌بودن جواب‌های مسئله‌ی استوار ارائه می‌شود.

۳. معرفی مدل پیشنهادی برای بازنگری سبد

در اولین بخش از مدل‌سازی مسئله، به معرفی پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل پرداخته شده است. در جدول‌های ۱ و ۲، نماد و تعاریف هر یک از پارامترها و متغیرها ارائه شده است.

در دومین بخش از توسعه‌ی مدل بازنگری سبد سرمایه‌گذاری، به معیارها و عوامل مؤثر در بازنگری اشاره شده است. عوامل مؤثر درنظر گرفته‌شده، شامل: ریسک، بازده موردانتظار، هزینه‌های معاملاتی، نسبت‌های مالی درنظر گرفته‌شده برای تجزیه و تحلیل بنیادی، در مدل بازنگری استفاده شده‌اند، که به بررسی آن‌ها در ادامه‌ی بخش‌ها پرداخته شده است.

۱.۳. معیار ریسک

یکی از مهم‌ترین معیارهایی که بیشتر سرمایه‌گذاران در مسائل سبد سرمایه‌گذاری

[۱] Soyster

[۲] Ben-Tal & Nemirovski

[۳] Bertsimas & Sim

جدول ۱. پارامترهای مدل بازنگری سبد سرمایه‌گذاری.

نماد	تعریف
N	تعداد کل سهام‌ها
T	تعداد دوره‌های در نظر گرفته‌شده (دوره‌ی تاریخی)
r_i	بازده موردانتظار سهام i
r_{it}	بازده مشاهده‌شده‌ی سهام i در دوره‌ی t
ro	بازده (سه ماهه) 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 ۰ و ۱، که به کمک تاپسیس برای رتبه‌بندی سهام i استفاده شده است.
f	کف ارزش سبد سرمایه (حد ضرر) در نظر گرفته‌شده 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	بیشینه/ کمینه‌ی وزن مجاز دارایی‌های ریسکی (سهام) در سبد بازنگری‌شده
d	کمینه‌ی بازده موردانتظار سرمایه‌گذار از سبد بازنگری‌شده
Ku / Kl	کمینه/ بیشینه‌ی تعداد سهام مجاز در سبد بازنگری‌شده

به آن توجه می‌کنند، کاهش ریسک سبد سرمایه‌گذاری است. ریسک با سنجه‌های مختلفی بیان می‌شود. در پژوهش حاضر، از سنجه‌ی میانگین قدرمطلق انحراف داده‌ها یا MAD، که توسط کونو و یامازاکی[۱] (۱۹۹۰)،[۳۳] معرفی شده است، در مدل پیاده‌سازی و استفاده شده است. از معیار MAD در تابع هدف از نوع کمینه‌سازی استفاده شده است. در این سنجه‌ی ریسک، اولاً میانگین بازده‌های تاریخی مشاهده‌شده به‌دست آورده می‌شود. ثانیاً، میانگین قدرمطلق انحراف بازده‌های تاریخی حاصل می‌شود. ثالثاً، از آنجایی که سهام‌های مختلفی در سبد وجود دارند و ریسک سهام‌ها متفاوت است، از میانگین موزون برای کمینه‌سازی استفاده شده است (روابط ۹ الی ۱۱):

$$\min \quad \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} y_t \qquad (9)$$

$$s.to \quad y_t + \sum_{i=1}^{n}(r_{it} - r_i)w_i \geq 0 \quad \forall\ t=1,2,...,T \qquad (10)$$

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 به‌عنوان کارمزد خرید سهام i اختصاص داده می‌شود.
$wcys_i$	نسبتی از سرمایه، که به‌عنوان کارمزد فروش سهام i اختصاص داده می‌شود.
$wcub$	نسبتی از سرمایه، که به‌عنوان کارمزد خرید دارایی بدون‌ریسکی اختصاص داده می‌شود.
$wcus$	نسبتی از سرمایه، که به‌عنوان کارمزد فروش دارایی بدون‌ریسکی اختصاص داده می‌شود.
bw_i	متغیر باینری، که نشان‌دهنده‌ی حضور یا عدم حضور سهام i در سبد بازنگری است.

$$y_t - \sum_{i=1}^{n}(r_{it} - r_i)w_i \geq 0 \quad \forall\ t=1,2,...,T \qquad (11)$$

۲.۳. هزینه‌های معاملاتی

سوج (۲۰۱۰)،[۲۳] در پژوهش خود به تأثیر هزینه‌های معاملاتی در مسئله‌ی بازنگری سبد سرمایه‌گذاری پرداخته است. به‌گونه‌ای که در بعضی مواقع، هزینه‌های معاملاتی منجر به بازدهی منفی سرمایه‌گذار و بازنگری سبد بی‌ارزش شده است. برای همین منظور، در مسئله‌ی بازنگری سبد، خرید و فروش دارایی‌ها با هزینه‌هایی همراه است. در پژوهش حاضر، کارمزد معاملاتی خرید و فروش دارایی‌های ریسکی و بدون‌ریسکی، در تابع هدف مدل پیاده‌سازی شده است (روابط ۱۲ الی ۱۶):

$$\min \quad \sum_{i=1}^{n}(wcyb_i + wcys_i) + wcub + wcus \qquad (12)$$

$$wcyb_i = yb_i \times b \quad \forall i=1,2,...,n \qquad (13)$$

$$wcys_i = ys_i \times s \quad \forall i=1,2,...,n \qquad (14)$$

$$wcub = ub \times bm \qquad (15)$$

$$wcus = us \times sm \qquad (16)$$

۳.۳. معیار بنیادی

همان‌طور که اشاره شد، با گذشت زمان، وضعیت اقتصادی شرکت‌ها در حال

[۱] Konno & Yamazaki

تغییر است، که منجر به افزایش یا کاهش قیمت‌ها در بازار می‌شود. لذا در پژوهش حاضر، با بررسی نسبت‌های مالی مهم به عوامل بنیادی سهام شرکت‌ها پرداخته شده است. نسبت‌های مالی که در پژوهش حاضر از آن‌ها استفاده شده است، به همراه وزن آن‌ها عبارت‌اند از:

- حاشیه‌ی 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 اشاره‌شده، از طریق صورت‌های مالی شرکت‌ها در سایت کدال قابل محاسبه است. این تذکر لازم است که در زمان‌های بازنگری، آخرین صورت مالی منتشرشده ملاک قرار گرفته می‌شود و از صورت‌های مالی ۳ ماهه، ۶ ماهه، ۹ ماهه، و ۱ ساله حسابرسی‌شده یا حسابرسی‌نشده متناسب با زمان بازنگری می‌توان استفاده کرد. درنهایت، با استفاده از معیار چندشاخصه‌ی تاپسیس دارایی‌های موردمطالعه، وزن‌دهی و رتبه‌بندی می‌شوند. این معیار به‌دست آورده‌شده در تابع هدف با درنظرگرفتن وزن دارایی‌ها در سبد بیشینه‌سازی می‌شود.

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

ارزش‌گذاری با نسبت (P/E) یا نسبت قیمت به سود یکی از روش‌های رایج در ارزش‌گذاری سهام‌هاست. این نسبت معمولاً به وسیله‌ی سرمایه‌گذاران و تحلیلگران برای تعیین ارزش نسبی سهام یک شرکت در مقایسه با شرکت‌های هم‌گروه استفاده می‌شود. لذا، در پژوهش حاضر، نسبت (P/E) استفاده شده است. تحلیلگران پس از تحلیل سود شرکت‌ها و محاسبه‌ی ارزش ذاتی آن با استفاده از قیمت فعلی، (P/E) تحلیلی را برآورد می‌کنند؛ سرمایه‌گذاران می‌توانند از بین (P/E) دارایی‌ها، یک بازه‌ی معقول برای (P/E) سبد تعیین کنند. برای این منظور، می‌توان از چارک‌های اول (A) و سوم (B) برای بازه‌ی موردقبول، استفاده و در مدل پیاده‌سازی کرد. درنهایت، معیار (P/E) در محدودیت مدل به‌صورت روابط ۱۸ و ۱۹ نوشته می‌شود:

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

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

۴.۳. بازده

یکی دیگر از عواملی که در بازنگری سبد سرمایه‌گذاری درنظر گرفته شده است، بازده موردانتظاری است. فرض بر این است که r_{it} بازده تاریخی سهم i در دوره‌ی t باشد؛ در این‌صورت برای محاسبه‌ی بازده موردانتظاری سهم i از میانگین حسابی استفاده می‌شود، که برای سهم i به صورت رابطه‌ی ۲۰ محاسبه می‌شود:

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

از طرفی دیگر، برای محاسبه‌ی بازده موردانتظاری سبد از میانگین موزون استفاده می‌شود. سرمایه‌گذار در پژوهش حاضر به دنبال کمینه‌ی بازده موردانتظاری (d) از سبد بازنگری‌شده است. درنهایت، رابطه‌ی بازده به‌صورت رابطه‌ی ۲۱ بیان می‌شود:

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

۵.۳. راهبرد بازنگری بیمه‌ی سبد با نسبت ثابت

در پژوهش حاضر از راهبرد بیمه‌کردن سبد با نسبت ثابت یا راهبرد CPPI استفاده شده است. هدف از راهبرد CPPI این است که سرمایه‌گذار متناسب با ریسک‌گریزی (ضریب M) و با تعیین کف ارزش سرمایه یا حد ضرر سبد (F)، به‌عنوان مثال ۸۰٪ ارزش سبد (V)، اقدام به سرمایه‌گذاری در دارایی‌های ریسکی و بدون ریسکی کند. مهم‌ترین مزیت راهبرد مذکور تعیین حد ضرر در زمان‌های بازنگری برای سبد است. از طرفی با توجه به اینکه ماهیت دارایی‌های بدون‌ریسکی از نظر بازدهی یکسان است، در پژوهش حاضر از یک صندوق درآمد ثابت به‌عنوان دارایی بدون‌ریسکی استفاده شده است. همچنین در پژوهش حاضر، در هنگام حل داده‌های واقعی، حد ضرر شناور در نظر گرفته شده است؛ بدین صورت که با رشد I واحدی ارزش سبد در زمان‌های بازنگری، حد ضرر سبد هم تغییر می‌کند؛ در حالی که در مواقع افت ارزش سبد، حد ضرر اولیه ثابت باقی می‌ماند. درنهایت، میزان سرمایه‌ی اختصاص داده‌شده برای دارایی‌های ریسکی و بدون‌ریسکی به ترتیب در رابطه‌های ۲۲ و ۲۳ مشخص شده است.

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

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

پس از معرفی پارامترها، متغیرها و عوامل مؤثر در بازنگری سبد سهام و راهبرد بازنگری استفاده‌شده، اینک به معرفی مدل چندهدفه‌ی بازنگری سبد با درنظرگرفتن عوامل بنیادی و پارامترهای عدم‌قطعیت بازده موردانتظاری و نسبت (P/E) پرداخته شده است (مطابق روابط ۲۴ الی۵۳):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$wm = u + ub - us \qquad (۳۳)$$

$$\sum_{i=1}^{n}(w_i + wcyb_i + wcys_i) = \min(1, m\times(1-(\frac{f}{v}))) \quad (34)$$

$$wm + wcub + wcus = 1 - \min(1, m\times(1-(\frac{f}{v}))) \quad (35)$$

$$wcyb_i = yb_i \times b \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (36)$$

$$wcys_i = ys_i \times s \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (37)$$

$$wcub = ub \times bm \quad (38)$$

$$wcus = us \times sm \quad (39)$$

$$\sum_{i=1}^{n}(w_i + wcyb_i + wcys_i) + wm + wcub + wcus = 1 \quad (40)$$

$$Kl \le \sum_{i=1}^{n} bw_i \le Ku \quad (41)$$

$$w_i \ge Lo \times bw_i \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (42)$$

$$w_i \le Up \times bw_i \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (43)$$

$$z_1 + P1_i \ge u1_i \times \hat{r}_i \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (44)$$

$$w_i \ge -u1_i \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (45)$$

$$w_i \le u1_i \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (46)$$

$$z_2 + P2_i \ge u2_i \times (\hat{P}/E)_i \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (47)$$

$$w_i \ge -u2_i \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (48)$$

$$w_i \le u2_i \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (49)$$

$$bw_i = 0 \text{ or } 1 \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (50)$$

$$wm, w_i \ge 0 \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (51)$$

$$yb_i, ys_i, wcyb_i, wcys_i \ge 0 \qquad \forall i=1,2,\dots,n \quad (52)$$

$$ub, us, wcub, wcus \ge 0 \quad (53)$$

۳.۶. روش حل

برنامه‌ریزی آرمانی، شاخه‌ای از تصمیم‌گیری‌های چندهدفه است، که تصمیم‌گیرنده هم‌زمان به‌دنبال یافتن چندین هدف است، که توسط چارنز و کوپر[1] (۱۹۵۹)،[34] ارائه شده است. با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی برای هر کدام از اهداف، مقداری به‌عنوان آرمان در نظر گرفته می‌شود. سپس تلاش می‌شود انحراف‌ها از آرمان‌های مذکور کمینه شوند. از طرفی دیگر، آرمان‌های در نظر گرفته‌شده برای اهداف می‌توانند با توجه به انتخاب تصمیم‌گیرنده، رتبه‌بندی و وزن‌دهی شوند، که به آن برنامه‌ریزی آرمانی وزنی (WAM)[2] گفته می‌شود.

چیانگ لی و همکاران (۲۰۲۰)،[22] رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی را ارائه کرده‌اند، که در آن چندین هدف متضاد وجود دارد؛ اما هر هدف، آرمان‌های چندگزینه‌ای دارد، که در آن بر حسب توابع عضویت فازی بیان شده است. از این رویکرد برای حل مدل در پژوهش استفاده شده است. برای حل مدل چندهدفه‌ی پیشنهادی، پارامترهای رویکرد اخیر مطابق جدول ۳ درنظر گرفته می‌شوند.

با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی و مفروضات مربوط به آن، مدل چندهدفه‌ی پیشنهادی به صورت روابط ۵۴ الی ۶۹ بازنویسی می‌شود:

$$\min v_1(p_1 t_1^R + n_1 t_1^L) + v_2(p_2 t_2^R + n_2 t_2^L) + v_3(p_3 t_3^R) \quad (54)$$

$$\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} y_t - p_1 + n_1 = \lambda_{11}b_{11} + \lambda_{12}b_{12} + \dots + \lambda_{1r}b_{1r} \quad (55)$$

$$\mu_1 + n_1 t_1^L + p_1 t_1^R = 1 \quad (56)$$

$$t_1^L = (\frac{\lambda_{11}}{\Delta_{11}^L}) + (\frac{\lambda_{12}}{\Delta_{12}^L}) + \dots + (\frac{\lambda_{1r}}{\Delta_{1r}^L}) \quad (57)$$

$$t_1^R = (\frac{\lambda_{11}}{\Delta_{11}^R}) + (\frac{\lambda_{12}}{\Delta_{12}^R}) + \dots + (\frac{\lambda_{1r}}{\Delta_{1r}^R}) \quad (58)$$

$$\lambda_{11} + \lambda_{12} + \dots + \lambda_{1r} = 1 \quad (59)$$

$$\sum_{i=1}^{n} t_i w_i - p_2 + n_2 = \lambda_{21}b_{21} + \lambda_{22}b_{22} + \dots + \lambda_{2r}b_{2r} \quad (60)$$

$$\mu_2 + n_2 t_2^L + p_2 t_2^R = 1 \quad (61)$$

$$t_2^L = (\frac{\lambda_{21}}{\Delta_{21}^L}) + (\frac{\lambda_{22}}{\Delta_{22}^L}) + \dots + (\frac{\lambda_{2r}}{\Delta_{2r}^L}) \quad (62)$$

$$t_2^R = (\frac{\lambda_{21}}{\Delta_{21}^R}) + (\frac{\lambda_{22}}{\Delta_{22}^R}) + \dots + (\frac{\lambda_{2r}}{\Delta_{2r}^R}) \quad (63)$$

$$\lambda_{21} + \lambda_{22} + \dots + \lambda_{2r} = 1 \quad (64)$$

جدول ۳. پارامترهای استفاده‌شده در روش حل پیشنهادی.

تابع هدف	انحراف مثبت از هدف	انحراف منفی از هدف	آرمان‌ها برای هدف	بیشینه‌ی انحراف مثبت	بیشینه‌ی 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	≤

[1] Charnes & Cooper

[2] Weighted Additive goal programming Model

$$\sum_{i=1}^{n}(wcyb_i + wcys_i) + wcub + wcus - p_3 \le \lambda_{31}b_{31} + \lambda_{32}b_{32} + \ldots\lambda_{3r}b_{3r} \quad (۶۵)$$

$$\mu_3 + p_3 t_3^R = 1 \quad (۶۶)$$

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

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

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

و روابط ۲۷ تا ۵۳

۴. تجزیه وتحلیل تجربی

در بخش حاضر، با مطالعه‌ی تجربی روی داده‌های واقعی مربوط به ۱۲ سهام شرکت بورسی (دارایی ریسکی) و یک صندوق با درآمد ثابت (دارایی بدون ریسکی) با نرخ سالانه‌ی ۲۰٪، کارایی مدل توسعه داده‌شده، بررسی شده است. در پژوهش حاضر، به جهت جامع‌بودن و پوشش‌دادن صنایع مهم بورسی، از هرصنعت، یک سهم به‌صورت تصادفی انتخاب شده است. همچنین، با توجه به فعالیت یکسان صندوق‌های با درآمد ثابت، به‌طورتصادفی، صندوق با درآمد ثابت امین یکم انتخاب شده است. مدل ارائه‌شده، در بازه‌ی زمانی یک ساله بین بهار ۱۴۰۰ تا بهار ۱۴۰۱ با به‌کارگیری راهبرد بازنگری **CPPI** با دوره‌ی بازنگری سه ماهه اجرا شده است. سرمایه‌گذار با رعایت حدضرر (**F**) ۸ میلیارد ریال، سرمایه‌ی اولیه‌ی ۱۰ میلیارد ریال، و ضریب افزایشی (**M**=۲ ، ۲/۵) سرمایه‌گذاری را شروع کرده است. برای این منظور، از مدل کونو و یامازاکی (۱۹۹۱)،[۳۳] برای تشکیل سبد اولیه استفاده شده است. وزن دارایی‌ها در سبد اولیه مطابق جدول ۴ ارائه شده است. همان‌طور که گفته شد، سبد اولیه در گذر زمان دچار تغییراتی می‌شود و نیاز به کنترل و بازنگری دارد. در زمان‌های بازنگری، این عملیات صورت می‌گیرد: ۱) ارزش سبد و وزن دارایی‌های موجود در سبد به‌روزرسانی می‌شوند؛ ۲) وزن و رتبه‌ی سهم‌ها از لحاظ بنیادی با استفاده از معیار تاپسیس مشخص و در مدل پیاده‌سازی می‌شوند؛ ۳) برای اهداف مسئله، آرمان‌های مختلف از سوی تصمیم‌گیرنده انتخاب می‌شوند؛ ۴) مدل با به‌کارگیری برنامه‌ریزی آرمانی فازی چندگزینشی حل می‌شود. ۵) ترکیب سبد حاصل از بازنگری نشان داده می‌شود. در مدل ذکرشده، کمینه- بیشینه‌ی تعداد سهام مجاز در سبد به ترتیب ۶ و ۹، کمینه- بیشینه‌ی وزن سهام در صورت وجود به ترتیب ۰/۰۲۵ و ۰/۲در نظر گرفته شده‌اند. این تذکر لازم است که تمامی محاسبات از طریق نرم‌افزار گمز و اکسل انجام شده است.

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 جدول ۵ درنظر گرفته شده‌اند:

پس از تشکیل سبد اولیه، در دوره‌های سه ماهه، سبد بازنگری می‌شود. با توجه به بازه‌ی زمانی در نظر گرفته‌شده‌ی یک ساله، دوره‌های سه ماهه شامل: ابتدای تابستان ۱۴۰۰، ابتدای پاییز ۱۴۰۰، و ابتدای زمستان ۱۴۰۰ هستند. در این دوره‌ها، مدل با به‌کارگیری راهبرد بازنگری CPPI با درنظرگرفتن عوامل بنیادی در دو حالت M=۲ و M=۲/۵ حل شده است. نتایج حل مدل در جدول‌های ۶ و ۷ ارائه شده است.

جدول ۵. پارامترهای مربوط به روش حل.

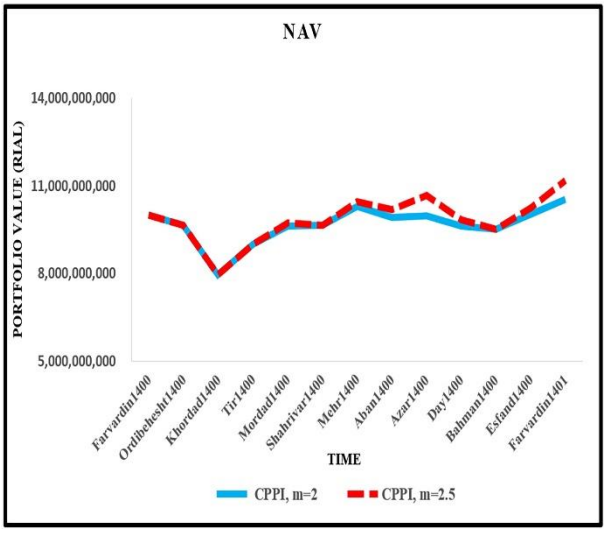
شرح	هدف اول با وزن ۰/۴۵	هدف دوم با وزن ۰/۴۵	هدف سوم با وزن ۰/۱
آرمان اول	۰/۰۳۳	۰/۴۹	۰/۰۰۳
آرمان دوم	۰/۰۲۵	۰/۵۲	۰/۰۰۶
بیشینه‌ی انحراف مثبت آرمان ۱	۰/۰۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰۵
بیشینه‌ی انحراف منفی آرمان ۱	۰/۰۰۵	۰/۰۲	-
بیشینه‌ی انحراف مثبت آرمان ۲	۰/۰۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰۵
بیشینه‌ی انحراف منفی آرمان ۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲	-

جدول ۶. نتایج حاصل از حل مدل در دو حالت M=۲ و M=۲/۵.

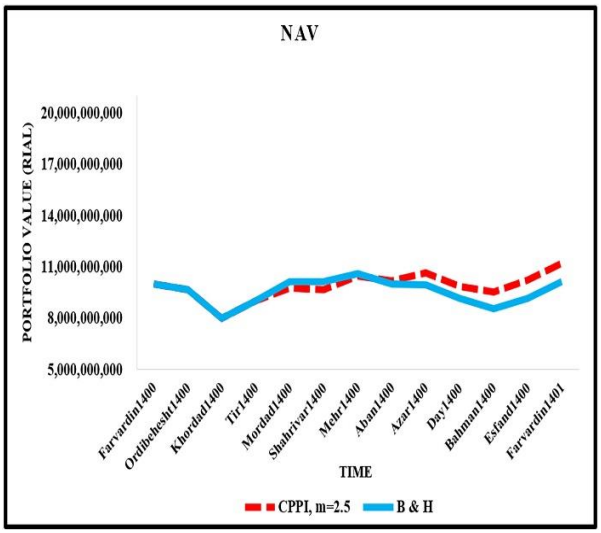
شرح	M=۲			M=۲.۵		
	سه‌ماه‌ی اول	سه‌ماه‌ی دوم	سه‌ماه‌ی سوم	سه‌ماه‌ی اول	سه‌ماه‌ی دوم	سه‌ماهه‌ی سوم
wm	۰/۶۶۷	۰/۴۵۸	۰/۵۵۹	۰/۵۸۴	۰/۲۹۱	۰/۴۰۷
$\sum_{i=1}^{n} w_i$	۰/۳۳۳	۰/۵۴۲	۰/۴۴۱	۰/۴۱۶	۰/۷۰۹	۰/۵۹۳
هدف اول	۰/۱۳۸	۰/۱۶	۰/۲۸	۰/۲۲۴	۰/۱۷۲	۰/۳
هدف دوم	۰/۲۲	۰/۳۷۱	۰/۲۸۸	۰/۲۸۱	۰/۴۶۹	۰/۳۷۱
هدف سوم	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
ارزش نهایی سبد	۱۰۵۲۶۹۱۲۶۳۹ ریال			۱۱۱۹۰۳۷۷۸۲۶ ریال		

جدول ۷. ترکیب سبد حاصل از بازنگری در دو حالت M=۲ و M=۲/۵.

وزن دارایی‌ها بعد از بازنگری			وزن قبل از بازنگری	M=۲.۵	وزن دارایی‌ها بعد از بازنگری			وزن قبل از بازنگری	M=۲
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	۹/۵۴۲	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



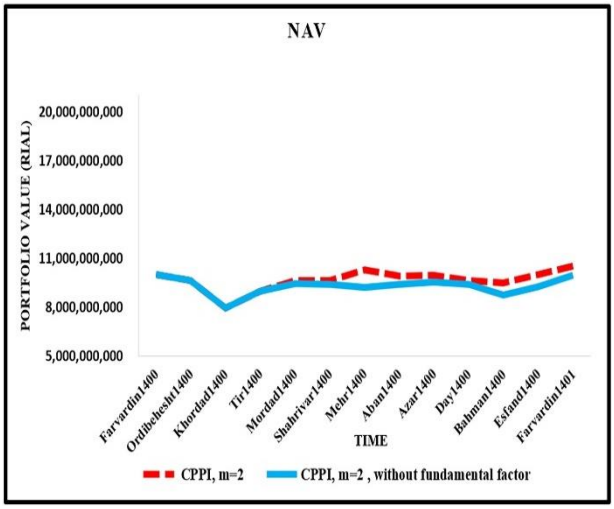
شکل ۲. نمودار ارزش ماهانه سبد در دو حالت M=۲ و M=۲/۵.



شکل ۳. نمودار ارزش ماهانه‌ی سبد در دو راهبرد بازنگری و خرید- نگهداری.

در شکل ۲، نمودار ارزش ماهانه‌ی سبد سرمایه‌گذاری در دوحالت M=۲ و M=۲/۵ مشاهده می‌شود؛ که مطابق آن، سبد سرمایه‌گذاری در حالتی که ضریب افزایشی ۲/۵ است، بیشتر بوده است؛ به این دلیل که سرمایه‌ی اختصاص داده‌شده به دارایی‌های ریسکی، با افزایش ضریب M افزایش می‌یابد؛ که در نتیجه‌ی آن، ریسک و بازده سبد نیز افزایش می‌یابد.

برای نشان‌دادن کارایی مدل پیشنهادی، راهبرد خرید و نگهداری بررسی شده است. برای این منظور، سبد اولیه در بازه‌ی زمانی یک‌ساله بدون تغییر باقی مانده و با راهبرد بازنگری CPPI با درنظرگیری عوامل بنیادی مقایسه شده است. در شکل ۳، نمودار ارزش ماهانه‌ی سبد در دو حالت مذکور مشاهده می‌شود؛ که مطابق آن، ارزش سبد سرمایه‌گذاری در راهبرد بازنگری با ضریب ۲/۵ بیشتر از راهبرد خرید و نگهداری است. همچنین برای بهتر نشان‌دادن تأثیر راهبرد اخیر، راهبرد بازنگری CPPI با درنظرگرفتن عوامل بنیادی با راهبرد بازنگری CPPI بدون درنظرگرفتن عوامل بنیادی مقایسه شده است. با توجه به شکل ۴، ارزش سبد در دوره‌های زمانی بازنگری، با در نظرگرفتن عوامل بنیادی بیشتر بوده است.



شکل ۴. نمودار ارزش ماهانه‌ی سبد در دو راهبرد بازنگری با درنظرگرفتن عوامل بنیادی و بدون درنظرگرفتن عوامل بنیادی.

مطابق شکل‌های ۳ و ۴ این نتیجه حاصل می‌شود که ارزش پایانی سبد در حالت راهبرد بازنگری CPPI با درنظرگرفتن عوامل بنیادی، نسبت به حالت بدون درنظرگرفتن عوامل بنیادی و راهبرد خرید و نگهداری بیشتر بوده است. در برنامه‌نویسی ریاضی، اغلب پارامترها و داده‌ها به‌طورقطعی در نظر گرفته می‌شوند؛ در حالی که، داده‌ها در واقعیت دارای عدم‌قطعیت هستند. لذا، برای تطابق مدل با واقعیت، راهبرد بازنگری پیشنهادی با درنظرگرفتن عدم‌قطعیت داده‌های بازده موردانتظار هر سهم و نسبت (P/E) دارایی‌ها تحلیل شده است. در پژوهش حاضر فرض شده است که بازده موردانتظار سهم‌ها ۵٪ و نسبت (P/E) سهم‌ها ۱۰٪ دارای عدم‌قطعیت هستند. نتایج حاصل از پیاده‌سازی داده‌ها در مدل، در جدول ۸ ارائه شده‌اند؛ که نشانگر 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، در ستون آخر، بیشینه‌ی نوسان داده‌ها ارائه شده است، که در واقع محافظه‌کارانه‌ترین جواب ممکن است، که در آن بیشتر به استواری مدل (موجه‌بودن) تأکید و از مقدار بهینه فاصله گرفته شده است.

در جدول ۹، عملکرد سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از راهبردهای مختلف ارائه شده است؛ که با بررسی عملکرد سبد در یک‌سال، این نتایج به‌دست آمده است:

- در راهبرد بازنگری CPPI با درنظرگرفتن عوامل بنیادی سهام، هر چقدر ضریب M افزایش یابد، ریسک سبد افزایش و بازده آن در بازار صعودی، بیشتر افزایش می‌یابد؛ دلیل این امر، اختصاص‌دادن سرمایه‌ی بیشتر به دارایی‌های ریسکی است.
- در مقایسه‌ی دو راهبرد بازنگری و خرید و نگهداری، بازنگری سبد با ضریب (M=۲/۵) منجر به افزایش بازده و کاهش ریسک سبد شده است. از طرفی دیگر، با مقایسه‌ی نسبت شارپ، این نتیجه حاصل شده است که اجرای بازنگری، تأثیر مطلوبی در سبد داشته است.
- راهبرد بازنگری CPPI با درنظرگرفتن عوامل بنیادی در مقایسه با راهبرد بازنگری CPPI بدون درنظرگرفتن عوامل بنیادی، دارای بازده یک ساله و نسبت شارپ بیشتری است. با مقایسه‌ی دو راهبرد اخیر، این نتیجه حاصل شده است 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 جنبه‌ی واقعیت داشته باشد.

۵. نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر با توجه به توسعه‌ی بازارهای مالی، بحث بازنگری سبد سرمایه‌گذاری جهت کنترل سبد و دنبال‌کردن اهداف سرمایه‌گذاران، اهمیت بسیاری داشته است. معیارهای مختلفی برای بازنگری وجود دارند، که در پژوهش حاضر معیارهای ریسک، بازده، هزینه‌های معاملاتی و عوامل بنیادی سهام شرکت‌ها در نظر گرفته شده‌اند. در پژوهش حاضر، به‌منظور کنترل ریسک سرمایه‌گذار و رعایت حد ضرر سرمایه از راهبرد بازنگری استفاده شده است. از طرفی دیگر، به‌دلیل متغیربودن وضعیت اقتصادی شرکت‌ها، هر یک از سهم‌ها با به‌کارگیری معیار چندشاخصه‌ی تاپسیس، رتبه‌بندی و وزن‌دهی شده‌اند. درنهایت، با درنظرگرفتن آرمان‌های مشخص برای اهداف، مدل

جدول ۸. نتایج حاصل از حل مدل در حالت عدم‌قطعیت.

توابع هدف	M=۲ و Γ=۰			M=۲ و Γ=۴			M=۲ و Γ=۸/۱۲		
تابع هدف اول	۰/۱۳۸	۰/۱۶	۰/۲۸	۰/۱۵۲	۹/۱۸۴	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

راهبردها	ارزش پایانی سبد (ریال)	بازده یک‌ساله	متوسط بازده سه ماهه	ریسک (MAD)	نسبت شارپ
راهبرد بازنگری CPPI با درنظرگرفتن عوامل بنیادی سهام (M=۲)	۱۰،۵۲۶ ،۹۱۲ ،۶۳۹	٪۵/۲۷	٪۸/۴۷	٪۱۰/۰۵	۰/۳۴۶
راهبرد بازنگری CPPI با درنظرگرفتن عوامل بنیادی (M=۲/۵)	۱۱،۱۹۰ ،۳۷۷ ،۸۲۶	٪۱۱/۹۰	٪۱۱/۵۸	٪۱۱/۵۹	۰/۵۶۸
راهبرد خرید و نگهداری (B&H)	۱۰،۱۲۲ ،۲۱۸ ،۳۴۰	٪۱/۲۲	٪۸/۰۴	٪۱۳/۱۳	۰/۲۳
راهبرد بازنگری CPPI بدون درنظرگرفتن عوامل بنیادی (M=۲)	۹،۹۷۳ ،۳۲۸ ،۹۴۶	٪-۰/۲۷	٪۷/۵۵	٪۷/۴۳	۰/۲۷

چندهدفه‌ی بازنگری سبد ارائه شده است، 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 و نتایج آن با راهبرد خرید و نگهداری مقایسه شده است. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که نسبت شارپ راهبرد بازنگری CPPI با در نظرگرفتن عوامل بنیادی نسبت به راهبرد بازنگری CPPI بدون درنظر گرفتن عوامل بنیادی و راهبرد خرید و نگهداری بیشتر است. در حوزه‌ی بازنگری سبد می‌توان به مطالعات آتی در زمینه‌ی 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. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x
3. Markowitz, M., 1967. Portfolio Selection. *Efficient Diversification of Investments, Wiley, New York.* https://doi.org/10.2307/3006625.
4. Smith, K. V., 1967. A transition model for portfolio revision. *The Journal of Finance*, *22*(3), pp. 425-439. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1967.tb02978.x.
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. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1970.tb00865.x.
6. Kumar, P., Panda, G. and Gupta, U. C., 2015. Portfolio rebalancing model with transaction costs using interval optimization. *OPSEARCH*, 52, pp. 827-860. https://doi.org/10.1007/s12597-015-0210-0.
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. https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.03.003.
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. https://doi.org/10.1057/jors.2009.148.
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. https://doi.org/ 10.1504/ijor.2019.102068.
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. https://doi.org/ 10.1016/j.ejor.2005.05.020.
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. https://doi.org/10.2478/foli-2014-0104.
13. Ghahtarani, A. and Najafi, A. A., 2013. Robust goal programming for multi-objective portfolio selection problem. *Economic Modelling*, *33*, pp.588–592. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.05.006.
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.* https://doi.org/10.1016/j.physa.2020.124429.
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. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9817-3_23.
16. Ghahtarani, A., Saif, A. and Ghasemi, A., 2022. Robust portfolio selection problems: a comprehensive review. *Operational Research*, *22*, pp. 3203–3264. https://doi.org/10.1007/s12351-022-00690-5.
17. Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, *8*, pp. 338–353. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X.
18. Narasimhan, R., 1980. Goal programming in a fuzzy environment. *Decision Sciences*, *11*, pp. 325–336.

https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1980.tb01142.x.

19. Hannan, E. L., 1981. On fuzzy goal programming. *Decision Sciences, 12*, pp. 522–531. https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1981.tb00102.x.

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. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00363-3.

21. Chang, C. T., 2008. Multi-choice goal programming. *The International Journal of Management Science, 34* (4), pp. 389–396. https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.07.009.

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. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.02.009.

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. https://doi.org/10.1111/j.1467-9965.2009.00377.x.

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.* https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9.

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. https://doi.org/10.1287/opre.43.2.264.

29. Soyster, A., 1973. Convex programming with set-inclusive constraints and applications to inexact linear programming. *Operations Research, 21*, pp. 1154–1157. https://doi.org/10.1287/opre.21.5.1154.

30. Ben-Tal, A. and Nemirovski, A., 2000. Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data. *Mathematical Programming*, 88, pp. 411–424. https://doi.org/10.1007/PL00011380.

31. Bertsimas, D. and Sim, M., 2003. Robust discrete optimization and network flows. *Mathematical Programming, 98*, pp. 49–71. https://doi.org/10.1007/s10107-003-0396-4.

32. Bertsimas, D. and Sim, M., 2004. The price of robustness. *Operations Research, 52*, pp. 35–53. https://doi.org/10.1287/opre.1030.0065.

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. https://doi.org/10.1287/mnsc.37.5.519.

34. Charnes, A. and Cooper, W. W., 1959. Chance constrained programming. *Management science, 6*(1), pp. 73-79. https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.73.