فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۲ / شماره ٤ (پیاپی ٤٨) / زمستان ١٤٠٢
صفحه ۵۳۹ تا ۵۵۸

ارائه مدل ترکیبی بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، راه حل سازشی ترکیبی و مدل مارکویتز(مطالعه موردی بورس اوراق بهادار تهران)

نسیمه عبدی
دانشجوی دکتری مهندسی مالی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
nasimeh.abdi@kiau.ac.ir

مهدی مرادزاده فرد
دانشیار گروه حسابداری، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران (نویسنده مسئول)
moradzadehfard@kiau.ac.ir

حمید احمدزاده
استادیار گروه حسابداری، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
h.ahmadzadeh@kiau.ac.ir

محمود خدام
استادیار گروه مدیریت مالی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
m.khoddam@kiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

چکیده

استفاده از معیارهای مؤثر و کارا در انتخاب سبد سرمایه‌گذاری می‌تواند بیشترین سودآوری را برای سرمایه‌گذاران خرد و کلان فراهم نماید. بنابراین انتخاب یک روش ترکیبی برای ایجاد سبد سهام که عملکرد بهتری را به نمایش بگذارد، ضروری به نظر می‌رسد. هدف از انجام این پژوهش، ارائه مدلی است که از ترکیب تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با مدل مارکویتز، بتواند در بازه‌های زمانی متفاوت سبد بهینه‌ای را ایجاد کند تا سود سهامداران را به حداکثر برساند. مدل پیشنهادی در سه مرحله پیاده‌سازی شد. در مرحله اول با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی طی بازه زمانی ابتدای خرداد ۱۳۹۵ تا ابتدای خرداد ۱۴۰۰، از میان صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران ده صنعت برتر انتخاب گردید. در مرحله دوم با استفاده از تکنیک راه حل سازشی ترکیبی از بین صنایع منتخب، سه سبد سهام با بازه زمانی یک‌ماهه ،شش‌ماهه و یک‌ساله، انتخاب و در مرحله سوم بر اساس مدل مارکویتز مرز کارای سرمایه‌گذاری برای هر یک از سبدها رسم شد. نتایج پژوهش نشان داد، مدل ترکیبی ارائه‌شده بازدهی بیشتری را با توجه به ریسک در بازه‌های زمانی مختلف، نصیب سرمایه‌گذاران خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی سبد سهام، تصمیم‌گیری، راه‌حل سازشی ترکیبی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مدل مارکویتز.

۱- مقدمه

با افزایش عدم اطمینان در بازارهای مالی مدرن، تجزیه‌وتحلیل و انتخاب سبد سهام، با هدف ریسک‌پذیری و ایجاد تعادل میان ریسک و بازده، یکی از مهم‌ترین زمینه‌های پژوهش در تئوری مدرن سرمایه‌گذاری به‌حساب می‌آید. اولین گام‌ها برای تحلیل بازار سهام، و تجزیه‌وتحلیل سبد سرمایه‌گذاری، در دهه ۱۹۵۰، برداشته شد. در این دهه، مارکویتز، برای ایجاد سبد سرمایه‌گذاری بهینه، مدل میانگین- واریانس را مطرح نمود. (مارکویتز، ۱۹۵۲،۷۷). مدل مارکویتز به دنبال انتخاب سبد سرمایه‌گذاری‌ای است، که در سطح معینی از بازده، کمترین میزان ریسک و یا در سطح معینی از ریسک، بیشترین بازده را نصیب سرمایه‌گذاران نماید. واریانس بازده به‌عنوان ریسک سبد سرمایه‌گذاری در نظر گرفته می‌شود. پژوهشگران با ابزارهای فنی این واریانس را اندازه‌گیری کرده‌اند.(هوانگ، شیائوکیا،۱،۲۰۰۸) از طرفی برای افزایش دقت در بهینه‌سازی و انتخاب کارآمدترین سبد سرمایه‌گذاری می‌توان از تکنیک‌های تصمیم‌گیری استفاده نمود. در میان انواع مختلف تکنیک‌های تصمیم‌گیری که از مدل‌های ریاضی جهت تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند، روش راه‌حل ترکیبی سازشی(CoCoSo)[1] از تکنیک‌های جدید تصمیم‌گیری چند معیاره است که در سال ۲۰۱۹ توسط یزدانی و همکاران(۲۰۱۸) ارائه شد. در این روش یک‌راه حل ترکیبی سازشی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها ارائه می‌گردد. از دیگر تکنیک‌های پرکاربرد در تصمیم‌گیری، فرایند تحلیل سلسله مراتبی[2]است، این تکنیک اولین بار توسط توماس ساعتی[3] (۱۹۷۷)، توصیف شد، و جز بهترین روش‌ها در تصمیم‌گیری شناخته‌شده است.

چارچوب نظری و پیشینه پژوهش

کسب نتیجه مطلوب در بازارهای مالی مانند هر بازار دیگری نیازمند اتخاذ رویکرد و استراتژی مناسب جهت بهره‌گیری از ظرفیت کلی بازار و افزایش ثروت سرمایه‌گذاران است. عدم استفاده از استراتژی مناسب در این بازارها و خریدوفروش بی‌برنامه‌ی سرمایه‌گذاران، موجب می‌شود منتفع و یا متضرر شدن آنان، بیشتر به مسئله شانس و اقبال وابسته باشد تا مهارت. مطالعه و اتخاذ استراتژی مناسب، در پی آن، بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری موضوع داغ و جذاب دهه‌های گذشته در بین پژوهشگران بوده و یکی از موضوعات مهمی است که در بازار سرمایه مطرح می‌شود.

- **تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره**

تصمیم‌گیری عبارت است از فرایند ارزیابی و انتخاب بهترین گزینه و روش با توجه به معیارهای مهم، از میان گزینه‌ها یا روش‌های موجود (لینچ جونیور،۲۰۱۱). در مواردی که داده‌ها یا گزینه‌های زیادی برای تصمیم‌گیری وجود دارد، یک مدل ریاضی که بتواند مناسب‌ترین گزینه را از میان گزینه‌های مختلف انتخاب کند، ضروری به نظر می‌رسد. مدلهای تصمیم‌گیری چند معیاره[4] (MCDM) روشی است که می‌توان در چنین موقعیت‌هایی از آن

1 Combined Compromise Solution
2 Analytical Hierarchy Process
3 Thomas Saaty
4 Multi Criteria Decision Making

استفاده نمود. مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به دو دسته کلی مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه[1] (MODM) که در فضای تصمیم‌گیری پیوسته و مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه[2] (MADM)، که در فضای تصمیم‌گیری گسسته تعریف می‌گردند، تقسیم‌بندی می‌شوند. در مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه، تعداد متناهی گزینه، مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته و اولویت‌بندی می‌شوند تا بهترین گزینه از میان گزینه‌های تصمیم، انتخاب گردد. علاوه بر چندین گزینه، چندین شاخص نیز وجود دارد که تصمیم‌گیرنده، باید آن‌ها را به‌دقت، مشخص نموده و سپس شاخص‌ها را با توجه به گزینه‌های مرتبط، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دهد. روش‌ها و نظریات گوناگونی تاکنون توسط پژوهشگران جهت تصمیم‌گیری ارائه گردیده است. تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی[3] (AHP)، یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند معیاره و ازجمله تکنیک‌های قدرتمند در مسئله تصمیم‌گیری است. این تکنیک، گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخیل می‌نماید و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را فراهم می‌کند. به‌علاوه، بر پایه مقایسه زوجی، با امکان تسهیل قضاوت‌ها و محاسبات بنانهاده شده و همچنین میزان سازگاری و ناسازی تصمیم را به نمایش می‌گذارد. اولین بار ساعتی و همکاران(۱۹۷۷)، تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی را معرفی نمودند. آن‌ها تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی را برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره و انتخاب سبد سرمایه‌گذاری ارائه نمودند. مدل آن‌ها شامل سه سلسله مرتبه جداگانه بود، اولین سلسله مرتبه بر اساس عوامل خارجی، دومین سلسله مرتبه بر اساس عوامل ذاتی و سومین سلسله مرتبه بر اساس اهداف سرمایه‌گذاران در نظر گرفته شد. واسکوز[4] و همکاران (۲۰۲۲)، از تکنیک AHP-TOPSIS[5]، برای تصمیم‌گیری نسبت به انتخاب سبد سرمایه‌گذاری استفاده کردند. نتایج محاسباتی پژوهش نشان از کارایی بالای ادغام روش‌های سنتی بهینه‌سازی با تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌منظور ایجاد سبد سهام متشکل از شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس کلمبیا را داشت. زیدوناس[6] و همکاران (۲۰۲۱)، نشان دادند پرتفوی ایجادشده با به‌کارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، طی یک دوره زمانی ده‌ساله برای میانگین شاخص داوجونز، بازده برابر یا بالاتری نسبت به سایر روش‌ها دارد. بولستر[7] و همکاران (۲۰۰۸)، نیز به‌منظور توسعه یک مدل تئوریک مناسب و قابل‌اجرا برای مشخص نمودن اینکه کدام روش سرمایه‌گذاری برای یک سرمایه‌گذار خاص مناسب است از AHP، استفاده کردند. مطالعه آن‌ها نشان داد که تعریف مناسب بودن سبد سرمایه‌گذاری برای هر سرمایه‌گذار متفاوت است. درواقع بر اساس ترجیحات سرمایه‌گذاران باید به معیارها وزن داده شود. به‌عنوان‌مثال، وزن اوراق بهادار ریسکی برای سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر در مقایسه با سرمایه‌گذاران ریسک‌گریز، باهم متفاوت است. بلوستر و واریچ[8] (۲۰۰۸)، از تکنیک AHP به‌منظور ایجاد سبد سرمایه‌گذاری بهینه‌ای متشکل از صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک که شبیه سبد سرمایه‌گذاری بهینه ایجادشده با روش میانگین- واریانس مارکویتز بود استفاده نمودند. در

1 Multi Objective Decision Making
2 Multi Attribute Decision Making
3 Analytical Hierarchy Process
4 Jaime Alberto Vásquez
5 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
6PanosXidonas
7 Paul Bolster
8 Sandy Warrick

رابطه با انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بین‌المللی، مزیانی[1] (۲۰۰۳)، از روش AHP، برای ارزیابی موانع حاکم بر جریانات سرمایه بین‌المللی استفاده نمود. بر همین اساس یک مدل برای ایجاد سبد سرمایه‌گذاری بهینه را جهت سرمایه‌گذاران آمریکایی معرفی می‌نماید. در این مطالعه هفت مانع بزرگ که بر سر راه سرمایه‌گذاری بین‌المللی قرار دارد، مدنظر قرارگرفته است. این موانع شامل مالیات تبعیض‌آمیز[2]، ریسک ارزی[3]، محدودیت‌های قانونی، ریسک نقدینگی، ریسک سیاسی، موانع روانی و هزینه‌های معاملاتی است. جامعه آماری موردمطالعه وی، بازارهای استرالیا، کانادا، منطقه یورو[4]، هنگ کن، ژاپن و سنگاپور و انگلیس در نظر گرفته شد. سبد سرمایه‌گذاری بهینه بر اساس اینکه در بازارهای مالی، کدام مانع اثرگذار بر جریانات سرمایه کمترین میزان اثر روی بازده دارد، انتخاب گردید. وی در پژوهش خود بیان کرد می‌توان سبد سرمایه‌گذاری بهینه‌ای را با کمترین میزان تأثیرپذیری از جریانات سرمایه‌ای ایجاد نمود (مزیانی، ۲۰۰۳، ۴۹). از دیگر تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان به تکنیک تصمیم‌گیری راه‌حل سازشی ترکیبی اشاره نمود، این تکنیک ازجمله روش‌های جدید تصمیم‌گیری چند شاخصه جبرانی است. در این روش یک‌راه حل ترکیبی سازشی با استفاده از ترکیب مجموع وزنی ساده[5] (SAW) و مدل ضرب وزنی (WPM)، برای رتبه‌بندی گزینه‌ها ارائه می‌نماید.هدف نهایی این روش رتبه‌بندی تعدادی گزینه بر اساس تعدادی معیار است. اولین بار این تکنیک توسط یزدانی و همکاران(۲۰۱۸) ارائه شد (یزدانی و همکاران، ۲۰۱۸، ۲۵۰۱). سیوام[6] و راجندران[7](۲۰۲۰)، از ترکیب تکنیک CoCoSo با AHP، به بهینه‌سازی استوار چندهدفه برنامه‌ریزی تولید پرداختند. پژوهش آنان نشان داد، مدل ایجادشده کارایی بهتری را در مقایسه با روش‌های دیگر دارد. هان لای و همکاران (۲۰۲۰)، از تکنیک تصمیم‌گیری CoCoSo، و مدل بهینه‌سازی حداکثر واریانس برای انتخاب تأمین‌کنندگان سرویس‌های ابری استفاده نمودند. نتایج نشان داد، روش بکار رفته عملکرد بالایی را در انتخاب تأمین‌کنندگان سرویس‌های ابری از خود نشان داد. پنگ و همکاران (۲۰۲۱)، از ترکیب تکنیک تصمیم‌گیری CoCoSo با اطلاعات فازی، برای ایجاد یک مدل تصمیم‌گیری در بازار سهام چین، استفاده کردند. تکنیک استفاده‌شده، نسبت به روش‌های سنتی تصمیم‌گیری عملکرد مناسب‌تری را در انتخاب و شناسایی حباب بازار سهام چین دارد. ژنگ و همکاران (۲۰۱۸)، از رویکرد تصمیم‌گیری جمعی فازی برای رتبه‌بندی ریسک برون‌سپاری در صنایع شیمیایی، استفاده نمودند. نتایج عددی و تحلیل حساسیت نشان داد، به‌کارگیری رویکرد مذکور، دقت تصمیم‌گیری را افزایش می‌دهد.

- **بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری**

در سال‌های ابتدای عمر بازارهای مالی تخصیص دارایی‌ها در سبد سرمایه‌گذاری، بر اساس عقیده و برنامه شخصی هر سرمایه‌گذار بهترین راه ایجاد سبد بهینه در نظر گرفته می‌شد، اما در اوایل سال ۱۹۹۷ که نوسانات در بازارهای

1 Aboubaker Seddik Meziani
2 Discriminatory Taxation
3 Exchange Risk
4 The Euro Zone
5 Simple Additive Weighting
6 Sivam, Sundar
7 Rajendran

مالی افزایش چشم‌گیری یافت، تئوری سنتی سبد سرمایه‌گذاری دیگر پاسخگوی سرمایه‌گذاران نبود؛ بنابراین، مارکویتز مدل میانگین- واریانس (تئوری مدرن سبد سرمایه‌گذاری) را که بر اساس CAPM بناشده است، در سال ۱۹۵۲ ارائه نمود (مارکویتز، ۱۹۵۲،۷۷) . این مدل، مطرح‌ترین و محبوب‌ترین روش در زمینه بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری، شناخته‌شده است. مارکویتز در مدل خود به تخمین بردار بازده مورد انتظار و ماتریس کوواریانس بازدهی‌ها می‌پردازد. (لدویت و والف، ۲۰۱۷،۴۳۴۹). مدل مارکویتز، بازده‌های تاریخی سهم را به‌عنوان بازده مورد انتظار و واریانس این بازده را به‌عنوان ریسک در نظر می‌گیرد و سبد سرمایه‌گذاری را به‌عنوان سبد بهینه در نظر می‌گیرد که دارای حداقل ریسک در سطح معینی از بازده باشد. مدل مذکور، یک مرز کارا را تشکیل می‌دهد، هر ترکیبی از دارایی‌های مالی می‌تواند روی مرز کارا انتخاب شود و سبد سرمایه‌گذاری بهینه را ایجاد نماید. به‌طورکلی می‌توان گفت، تکنیک‌های بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری برای تخصیص بهینه دارایی‌ها به‌طوری‌که هم‌زمان با حداکثر سازی بازده مورد انتظار، ریسک را به حداقل برساند، پیشنهادشده‌اند. کیم و همکاران (۲۰۲۱)، نشان دادند، ترکیب بهینه‌سازی به روش میانگین- واریانس مارکویتز با روش‌های دیگر می‌تواند عمل تخصیص دارایی‌ها را بهبود بخشد. سلا و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از چارچوب بلک-لیترمن[1] (BL)، بر اساس مدل میانگین- واریانس به بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری پرداختند. آن‌ها نشان دادند، رویکرد به کار گرفته‌شده صرف‌نظر از مجموعه داده‌ها، سطح فرضی صحت سفارش اطلاعات و عمدتاً بدون توجه به اعتماد سرمایه‌گذار به دیدگاه کیفی، بالاترین میزان قدرت پیش‌بینی را دارد و همچنین رویکرد ایجادشده عملکرد بالایی را در زمینه بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری دارد. سپهری و همکاران (۲۰۲۱)، از تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و بهینه‌سازی ریاضی، به ارزیابی کارایی مالی و پالایش عوامل مؤثر بر آن پرداختند. تاتایی و همکاران (۱۴۰۰)، از نظریه بازی‌های همکارانه برای بهینه‌سازی سبد سهام استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند، سبدهای ایجادشده، در ۷۵ درصد دوره‌ها از دوره ۱۲ ساله منتهی به ۱۳۹۶، عملکرد معنی‌دار بهتری نسبت به بازار داشتند. در مجموع دوره ۱۲ ساله نیز عملکرد ایشان به‌صورت معنی‌داری بهتر از بازار بوده است. بن[2]و همکاران (۲۰۱۸)، از یادگیری ماشین برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری استفاده کردند. نتایج پژوهش آنان نشان داد، استفاده از BPR[3]، بهینه‌سازی استوار سبد سرمایه‌گذاری را بهبود می‌بخشد. آکرمن[4] و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهش خود با عنوان متنوع‌سازی و بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری در بازار ارز، نشان دادند که طی ۲۶ سال گذشته، سبد سرمایه‌گذاری کارای ایجادشده با مدل میانگین- واریانس مارکویتز، دارای نسبت شارپی برابر با ۰.۹۱ است، درحالی‌که این نسبت برای سبد سرمایه‌گذاری با سایر روش‌ها برابر با ۰.۱۵ است. وو[5]و همکاران (۲۰۱۴)، در پژوهشی به انتخاب افق زمانی محتمل، به‌منظور محاسبه سبد سرمایه‌گذاری بر مبنای میانگین- واریانس دوره‌های چندگانه پرداختند. آن‌ها فرض

1 Black-Litterman framework
2 Gah-Yi Ban
3 Performance-based Regularization-Combinatorial optimization
4 Fabian Ackermann
5 Huiling Wu

کردند که افق زمانی به‌طور تصادفی و بر مبنای ریسک دارایی‌های به‌دست‌آمده‌ای که بازار تعیین می‌کند، انتخاب‌شده‌اند. نتایج پژوهش نشان داد که بازه‌های زمانی غیرقطعی به معیارهای بازار وابستگی دارند.

سؤالات پژوهش

۱) چگونه می‌توان مدلی با توجه به سطوح متفاوت ریسک ارائه کرد تا بیشترین میزان بازدهی را برای سرمایه‌گذاران به همراه داشته باشد؟
۲) با توجه به معیارهای تصمیم‌گیری در انتخاب سهام با تکنیکهای تصمیم‌گیری چندمعیاره، وزن سهم تشکیل‌دهنده سبدهای سهام، بر اساس ترجیحات سرمایه‌گذاران، از منظر ریسک و بازده به چه میزان است؟
۳) آیا مدل ترکیبی ارائه‌شده از نظر ریسک و بازده مورد انتظار سرمایه‌گذار و مقایسه آن با بازدهی واقعی، کارایی لازم را دارد یا خیر؟

به‌منظور پاسخ‌دهی به سؤالات فوق، به نظر می‌رسد ترکیب تکنیک‌های تصمیم‌گیری با بهینه‌سازی می‌تواند مدل ریاضی‌ای را ایجاد کند تا سود حاصل از سرمایه‌گذاری را بیشینه نماید. بنابراین با توجه به چارچوب نظری بیان‌شده و نتایج حاصل از پژوهش‌های صورت گرفته تاکنون، در این پژوهش قصد داریم مدل ریاضی‌ای را ارائه دهیم که با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، از میان صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران با توجه به معیارهای تکنیکال و بنیادی مؤثر بر صنایع، به‌کارگیری نظر خبرگان و وزن‌دهی به معیارها، ده صنعت برتر را انتخاب نموده، سپس سه سبد سهام با بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت (یک ماه)، میان‌مدت (شش‌ماهه) و بلندمدت (یک‌ساله)، به شرطی که هر سبد شامل حداکثر ده سهم باشد و از هر صنعت حداکثر یک سهم انتخاب شود، را با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری راه حل سازشی ترکیبی، تشکیل و سپس با استفاده از مدل میانگین- واریانس مارکویتز، اوزان بهینه هر سهم را مشخص، و مرز کارای سرمایه‌گذاری را در هر یک از بازه‌های زمانی، رسم می‌گردد.

روش‌شناسی پژوهش

- **جمع‌آوری داده**

در این پژوهش، داده‌های بنیادی و تکنیکال کلیه شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران طی بازه زمانی ابتدای خرداد ۱۳۹۵ تا ابتدای خرداد ۱۴۰۰، از سایت مرکز پردازش اطلاعات مالی ایران، شرکت فناوری مدیریت بورس تهران، سامانه اطلاع‌رسانی ناشران استخراج گردید.

این پژوهش شامل سه بخش است که در ادامه، هر مرحله توضیح داده‌شده است.

بخش اول: انتخاب ده صنعت برتر از میان صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی.

این بخش شامل چهار مرحله است: مرحله یک مدل‌سازی است، در این مرحله، مسئله و هدف از تصمیم‌گیری به‌صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که باهم در ارتباط هستند، درمی‌آید. عناصر تصمیم که شامل معیارهای

تصمیم‌گیری و گزینه‌های تصمیم (صنایع منتخب) است، به چندین سطح شکسته می‌شود. سطح اول بیانگر اهداف اصلی فرایند تصمیم‌گیری است. سطح دوم، نشان‌دهنده معیارهای اساسی است. سطح سوم گزینه‌های تصمیم را ارائه می‌دهد. در مرحله دوم با مقایسه بین گزینه‌های مختلف تصمیم، بر اساس هر معیار مستخرج و با توجه به اهمیت معیار تصمیم و انجام مقایسات زوجی، از طریق تخصیص امتیازات عددی که نشان‌دهنده اهمیت یا ارجحیت میان دو عنصر تصمیم است، به قضاوت ترجیحی می‌پردازیم. در مرحله سوم برای تعیین وزن و اهمیت عناصر تصمیم نسبت به هم و همچنین تعیین اولویت هر یک از عناصر تصمیم با استفاده از اطلاعات ماتریس مقایسات زوجی، محاسبات لازم را انجام می‌دهیم؛ و درنهایت در مرحله چهارم به‌منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم به ادغام وزن‌های نسبی خواهیم پرداخت.

نتیجه این مرحله انتخاب ده صنعت برتر، از میان صنایع فعال در بورس اوراق بهادار است.

بخش دوم: انتخاب یک سهم از هر یک از ده صنعت برتر انتخاب‌شده از گام یک، با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری راه حل سازشی ترکیبی

تکنیک تصمیم‌گیریCoCoSo، شامل ۵ گام، به شرح زیر است:

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم

اولین گام در تمامی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تشکیل ماتریس تصمیم است. در این رابطه X_{mn}، ارزیابی گزینه m بر اساس معیار n است که این ارزیابی هم می‌تواند بر اساس عبارات کلامی و هم بر اساس داده‌های واقعی (کمی) است. عبارت‌های کلامی می‌تواند بر اساس طیف ۵تایی یا ۹تایی باشد.

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix}; i = 1,2 \dots, m; \quad j = 1,2, \dots, n$$

با به‌کارگیری نظر خبرگان وزن معیارها با استفاده از آنتروپی شانون مشخص شد.

گام دوم: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم

نرمال‌سازی ماتریس تصمیم با استفاده از فرمول‌های زیر انجام می‌شود. از رابطه (۲)، برای معیارهای مثبت و از رابطه (۳)، برای معیارهای منفی استفاده می‌شود. $\max X_{ij}$ و $\min X_{ij}$، درواقع بیشترین و کمترین مقدار هر ستون معیار هستند. بر اساس این نرمال‌سازی کلیه درایه‌ها بین عدد ۰ و ۱ قرار می‌گیرند.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\limits_i x_{ij}}{\max\limits_i x_{ij} - \min\limits_i x_{ij}} \quad (۲)$$

$$r_{ij} = \frac{\min\limits_i x_{ij} - x_{ij}}{\max\limits_i x_{ij} - \min\limits_i x_{ij}} \quad (۳)$$

گام سوم: محاسبه مقادیر جمع وزنی[1](WSM) و ضرب وزنی[2] (WPM)

1 Weighted Sum Method
2 Weighted Product Method

در این گام با به‌کارگیری رابطه (۴) مقادیر جمع وزنی و رابطه (۵) ضرب وزنی (P)، برای هر گزینه محاسبه می‌شود. در روابط زیر W_i وزن معیارها است. این وزن می‌تواند مستقیم از نظر فرد تصمیم‌گیرنده و یا روش‌هایی همچون آنتروپی شانون، AHP، روش BWM و ...، محاسبه شود. مقادیر S_i درواقع از روش SAW و مقادیر P_i از روش واسپاس (WASPAS) گرفته‌شده است.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n}(w_j\, r_{ij}) \quad (۴)$$

$$P_i = \prod_{j=1}^{n}(r_{ij})^{w_j} \quad (۵)$$

گام چهارم: تعیین امتیاز گزینه‌ها بر اساس استراتژی‌ها

در این گام وزن‌های نسبی گزینه‌ها بر اساس ۳ استراتژی از روابط (۶)، (۷) و (۸)به دست می‌آید. رابطه ۶ میانگین حسابی امتیازات WSM و WPM را بیان می‌کند رابطه (۷)نمرات نسبی WSM وWPM را در مقایسه با بهترین‌ها، بیان می‌کند. رابطه (۸) مصالحه بین مدل‌های WSM و WPM را بیان می‌کند. در این رابطه λ توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود. مقدار آن معمولاً ۰.۵ است. به‌هرحال، انعطاف‌پذیری و ثبات روش CoCoSo می‌تواند به عوامل دیگری وابسته باشد.

$$k_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^{m}(P_i + S_i)} \quad (۶)$$

$$k_{ib} = \frac{S_i}{minS_i} + \frac{P_i}{minP_i} \quad (۷)$$

$$k_{ic} = \frac{\lambda(S_i)+(1-\lambda)(P_i)}{(\lambda \max S_i+(1+\lambda)\max P_i)}, \quad 0 \le \lambda \le 1 \quad (۸)$$

گام پنجم:تعیین امتیاز نهایی و رتبه‌بندی گزینه‌ها

در این گام با استفاده از رابطه (۹)، امتیاز نهایی محاسبه می‌گردد. درواقع رابطه (۹)، بیانگر میانگین هندسی و میانگین حسابی ۳ استراتژی گام چهارم است. امتیاز (K)، برای هر گزینه‌ای بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده برتری آن گزینه است.

$$k_i = (k_{ia}k_{ib}k_{ic})^{\frac{1}{3}} + (k_{ia} + k_{ib} + k_{ic}) \quad (۹)$$

بخش سوم: رسم مرز کارا بر اساس مدل مارکویتز.

بر اساس فرمول‌بندی مارکویتز انتخاب یک پرتفوی کارا با تجزیه‌وتحلیل تخمین‌های سه‌گانه زیر شروع می‌شود:

- بازده مورد انتظار برای هرکدام از اوراق بهادار،
- واریانس بازده مورد انتظار برای هرکدام از اوراق بهادار،

- تعاملات بین بازده اوراق بهادار، خواه جبران‌کننده و مکمل، خواه هم‌جهت و تقویت‌کننده، که با معیار کوواریانس یا هم پراکنش بین بازده هر سهم با دیگر سهام سنجیده می‌شود (هاگین، ۱۹۷۹)

بنابراین در مدل مارکویتز، سرمایه‌گذار اقدام به تشکیل سبدی می‌نماید که ریسک دارایی‌های موجود در سبد حداقل شده است. مدل ریاضی آن به شکل زیر بیان می‌گردد. البته برای سبدی که در سطح مشخصی از ریسک بازدهی بالایی داشته باشد نیز می‌توان همین مدل ریاضی را مورداستفاده قرار داد:

$$\text{Minimize } \mathrm{Var}[\xi_1 X_1 + \xi_2 X_3 + \cdots + \xi_n X_n] \quad (۱۰)$$

s.t

$$E[\xi_1 X_1 + \xi_2 X_3 + \cdots + \xi_n X_n] \geq a \quad (۱۱)$$

$$X_1 + X_2 + \cdots + X_n = 1 \quad (۱۲)$$

$$X_i \geq 0\ , i = 1,2, \ldots, n \quad (۱۳)$$

که در آن، E : عملکرد ارزش مورد انتظار است، Var: واریانس، Xi: وزن داراییi موجود در سبد سرمایه‌گذاری، α:کمترین بازدهی است که سرمایه‌گذار می‌تواند بپذیرد و ξ_1: بازده تصادفی سهم است.(ژنگ و گو، ۲۰۱۸). رابطه (۱۰) تابع هدف است و رابطه (۱۲) نیز محدودیت بودجه را مشخص می‌کند. مفروضات مدل مارکویتز عبارت است از: سرمایه‌گذاران ریسک گریزند، مطلوبیت مورد انتظار افزایشی دارند،بازده قیمت‌ها نرمال فرض می‌شود.واریانس بازده‌ها به‌عنوان ریسک در نظر گرفته می‌شود. بازار سرمایه کارا فرض می‌شود.

بهینه‌سازی و رسم مرز کارا به روش مارکویتز شامل مراحل زیر است:

۱-محاسبه بازده ماهیانه سهام شرکت‌ها، ۲- محاسبه بازده مورد انتظار سهام شرکت‌ها، ۳-محاسبه ریسک هر سهم، ۴- محاسبه کوواریانس بین سهام شرکت‌ها، محاسبه ضریب همبستگی میان سهام شرکت‌ها، ۵- محاسبه بازده مورد انتظار و ریسک سبد سرمایه‌گذاری و ۶- محاسبه بازده مورد انتظار بهینه و ریسک سبد سرمایه‌گذاری با حداقل سازی مقدار واریانس

بازده مورد انتظار سبد سرمایه‌گذاری از رابطه ۱۴ محاسبه می‌شود:

$$E(R_p) = \sum_{a=1}^{N} W_i \,.\, E(R_i) \quad (۱۴)$$

که در آن:$E(R_p)$ بازده مورد انتظار سبد سرمایه‌گذاری،$E(R_i)$ بازده مورد انتظار سهم i،W_i: وزن سهم i در سبد سرمایه‌گذاری، N: تعداد سهم سبد سرمایه‌گذاری

ریسک سبد سرمایه‌گذاری از طریق رابطه۱۵ محاسبه می‌گردد:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{X_A{}^2.\sigma_A{}^2 + X_B{}^2.\sigma_B{}^2 + 2(X_A.X_B.\rho_{AB}.\sigma_A\sigma_B)}{n}} \qquad (۱۵)$$

که در آن:σ_p ریسک سبد سرمایه‌گذاری،σ_A,σ_B: ریسک سهم A و B،ρ_{AB}: همبستگی میان سهم A و سهم B، X_A: وزن سهم A در سبد سرمایه‌گذاری، X_B: وزن سهم B در سبد سرمایه‌گذاری، N: تعداد مشاهدات است.

در این مرحله وزن هر یک از سهم‌های موجود در سبد سرمایه‌گذاری و بازده بهینه، با حداقل سازی میزان ریسک، مشخص می‌گردد.

در شکل ۱، روش شناسی پژوهش به شکل خلاصه نشان داده شده است.

شکل ۱ روش‌شناسی پژوهش

یافته‌های پژوهش

نتایج این پژوهش، در رابطه با ارائه مدل ترکیبی بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی، راه‌حل سازشی ترکیبی و مدل مارکویتز طی بازه زمانی ابتدای خرداد ۱۳۹۵ تا ابتدای خرداد ۱۴۰۰، شامل موارد زیر است:

- **انتخاب صنایع با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی**

پس از جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه امتیازدهی به صنایع، داده‌ها نرمال‌سازی شد. بر اساس اوزان اختصاص‌یافته به معیارها، ده صنعت برتر با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی انتخاب گردید، نتایج در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ صنایع انتخاب‌شده با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی

گروه‌های صنعت				
انبوه‌سازی، املاک و مستغلات	بانک‌ها و مؤسسات اعتباری	خودرو و ساخت قطعات	سرمایه‌گذاری‌ها	سیمان، آهک و گچ
فرآورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته‌ای	فلزات اساسی	محصولات شیمیایی	محصولات غذایی و آشامیدنی به‌جز قند و شکر	مواد و محصولات دارویی

- **انتخاب سهام با استفاده از تکنیک راه حل سازشی ترکیبی**

در این پژوهش، با توجه به اینکه سعی شده ترجیحات سرمایه‌گذاران نسبت به افق زمانی سرمایه‌گذاری، مدنظر قرار داده شود، طی ارائه پرسشنامه به خبرگان و جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه و سپس فرایند نرمال‌سازی وزن معیارهای مؤثر بر انتخاب سهام در افق‌های زمانی کوتاه‌مدت (یک‌ماهه)، میان‌مدت (شش‌ماهه) و بلندمدت (یک‌ساله)، با استفاده از آنتروپی شانون، مشخص گردید. وزن معیارها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲ وزن معیارها

بازه زمانی / معیارها	اوزان نرمال		
	کوتاه‌مدت	میان‌مدت	بلندمدت
قیمت پایانی	۰/۰۳۹	۰/۰۴۷	۰/۰۴۳
نرخ بازده دارایی‌ها	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۰/۰۲۵
نرخ بازده حقوق صاحبان سهام	۰/۰۳۹	۰/۰۴۷	۰/۰۵۸
نسبت سود خالص به فروش	۰/۰۵۳	۰/۰۶۳	۰/۰۲۵
نسبت سود عملیاتی به فروش	۰/۰۳۹	۰/۰۴۷	۰/۰۲۵
نسبت سود تقسیمی هر سهم	۰/۰۶۶	۰/۰۷۸	۰/۱۳۰
نسبت p/e	۰/۱۱۸	۰/۱۲۵	۰/۱۳۰
نسبت حجم فروش یک‌ساله به حجم‌مبنا	۰/۰۵۳	۰/۰۳۱	۰/۰۵۸
سهام شناور	۰/۰۵۳	۰/۰۳۱	۰/۰۵۸
تعداد روزهای مثبت سهم	۰/۰۶۶	۰/۰۷۸	۰/۰۷۲

بازه زمانی / معیارها	اوزان نرمال		
	کوتاه‌مدت	میان‌مدت	بلندمدت
تعداد روزهای توقف در سال	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۰/۰۲۴
ضریب نقد شوندگی	۰/۰۹۲	۰/۰۴۷	۰/۰۷۲
شاخص قدرت نسبی (RSI)	۰/۱۱۸	۰/۰۹۴	۰/۰۲۵
بازده یک‌ماهه	۰/۱۱۸	۰/۰۷۸	۰/۰۲۴
بازده شش‌ماهه	۰/۰۶۸	۰/۱۶۱	۰/۰۷۲
بازده سالانه	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۰/۱۳۰
جمع	۱	۱	۱

با توجه به وزن معیارها، سهام انتخاب‌شده با استفاده از تکنیک CoCoSo، برای سه سبد سهام به شرح جدول ۳ است.

جدول ۳ سهام منتخب با استفاده از راه‌حل سازشی ترکیبی

بازه زمانی / گروه صنعت	نماد شرکت		
	سبد سهام کوتاه‌مدت	سبد سهام میان‌مدت	سبد سهام بلندمدت
محصولات شیمیایی	خراسان	پترول	پترول
فلزات اساسی	فاسمین	فپنتا	فاسمین
مواد و محصولات دارویی	درازک	تیپیکو	تیپیکو
بانک و مؤسسات اعتباری	ونوین	وبصادر	ونوین
سیمان، آهک و گچ	سمازن	سیدکو	سبزوا
سرمایه‌گذاری‌ها	وتوسم	وتوسم	وآذر
محصولات غذایی و آشامیدنی به‌جز قند و شکر	غگل	غگل	غگل
خودرو	خگستر	ورنا	خگستر
فراورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته	شتران	شبندر	شبهرن
انبوه‌سازی، املاک و مستغلات	وساخت	ثشاهد	وسکاب

- **تشکیل سبد سهام**

با به‌کارگیری روابط مربوطه بازده و کوواریانس، سهام منتخب در سه سبد سهام محاسبه شد و سپس با به‌کارگیری روابط مربوط به محاسبه ریسک و بازده مورد انتظار سبد سرمایه‌گذاری، ریسک و بازده مورد انتظار در پنج نقطه محاسبه گردید، نتایج در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴ ریسک و بازده مورد انتظار سه سبد سهام

نقاط	واریانس			ریسک			بازده مورد انتظار		
	یک‌ماهه	شش‌ماهه	یک‌ساله	یک‌ماهه	شش‌ماهه	یک‌ساله	یک‌ماهه	شش‌ماهه	یک‌ساله
Min	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۱۳۴	۰/۰۱۲۵۸	۰/۰۱۲۵۱	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۹۹	۰/۰۰۳۰
۱	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۳۱۴۴	۰/۰۱۲۵۹	۰/۰۱۲۵۸	۰/۰۰۴۵۲	۰/۰۰۳۰۳	۰/۰۰۴۵۲
۲	۰/۰۰۹۵	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۹۷۱۷	۰/۰۱۲۵۹۷	۰/۰۱۲۷۶۳	۰/۰۰۶۵۹	۰/۰۱۲۵۹۷	۰/۰۰۵۵
۳	۰/۰۳۹۸	۰/۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۱۸	۰/۱۹۹۳۴	۰/۱۲۶۲۱	۰/۰۱۳۰۷۷	۰/۰۰۸۶۵	۰/۰۱۲۶۲۱	۰/۰۰۸۷
Max	۰/۰۹۱۴۱	۰/۰۰۱۵۷۰	۰/۰۰۰۴۵	۰/۳۰۲۳۵	۰/۰۳۹۶۲۳	۰/۰۲۰۸۲۸	۰/۰۱۰۷۲	۰/۰۳۹۶۲۳	۰/۰۱۰۷

پس از محاسبه ریسک و بازده در پنج نقطه برای هر یک از سبدهای سهام، مطابق اطلاعات جدول۵، اوزان بهینه هر سهم تشکیل‌دهنده سبدهای سهام کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت، در نقاط بیان‌شده به‌منظور رسم مرز کارا، به دست آمد.

جدول۵ اوزان بهینه سهام بر اساس ترجیحات سرمایه‌گذاران

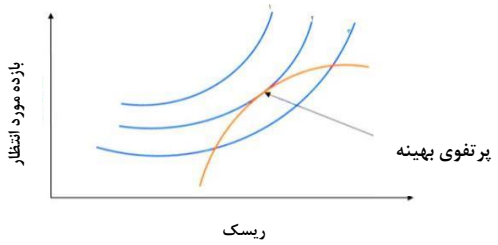
سبد سهام کوتاه‌مدت									
نقاط	درازک	غگل	فاسمین	ونوین	سمازن	وتوسم	خگستر	شتران	وساخت	خراسان
۱	۰/۲۱۴	۰/۰۹۹	۰/۰۸۰	۰/۱۰۷	۰/۱۹۳	۰/۲۲۹	۰/۰۰۷	۰/۰۱۸	۰/۰۵۲	۰/۰۰۲
۲	۰	۰	۰/۲۳۴	۰	۰	۰/۱۱۹	۰/۳۵۰	۰/۲۴۲	۰	۰/۰۵۴
۳	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۶۵۱	۰	۰/۲۷۹
۴	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۲۷۴	۰	۰/۶۵۶
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
سبد سهام میان‌مدت										
نقاط	تیپیکو	غگل	فپنتا	وبصادر	سیدکو	وتوسم	ورنا	شبندر	ثشاهد	پترول
۱	۰/۱۶۳۴	۰/۱۰۰۴	۰/۱۰۳۲	۰/۰۸۸۵	۰/۱۸۴۳	۰/۱۲۲۶	۰/۰۰۶۷	۰/۱۲۴۰	۰/۱۰۱۶	۰/۰۰۲۳
۲	۰/۱۶۶۹	۰/۰۹۹۳	۰/۱۰۶۵	۰/۰۸۳۴	۰/۱۶۷۹	۰/۱۳۰۳	۰/۰۰۶۴	۰/۱۲۵۹	۰/۱۱۱۲	۰/۰۰۲۳
۳	۰/۱۷۰۲	۰/۰۹۸۵	۰/۱۰۶۶	۰/۰۷۸۷	۰/۱۵۱۴	۰/۱۳۸۵	۰/۰۰۶۰	۰/۱۲۶۷	۰/۱۲۱۲	۰/۰۰۲۳
۴	۰/۱۷۳۶	۰/۰۹۷۵	۰/۱۰۶۷	۰/۰۷۳۸	۰/۱۳۵۰	۰/۱۴۶۴	۰/۰۰۵۷	۰/۱۲۸۰	۰/۱۳۱۰	۰/۰۰۲۶
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
سبد سهام بلندمدت										
نقاط	تیپیکو	غگل	فاسمین	ونوین	سبزوا	وسکاب	خگستر	شبهرن	وآذر	پترول
۱	۰/۱۴۹۰	۰/۰۹۵۴	۰/۰۵۵۰	۰/۰۷۳۸	۰/۰۴۳۶	۰/۲۲۹۷	۰/۰۰۲۳	۰/۱۷۷۶	۰/۱۶۲۳	۰/۰۱۱۴
۲	۰/۱۳۱۸	۰/۰۹۹۰	۰/۰۴۳۰	۰/۱۰۲۷	۰/۰۲۶۹	۰/۲۵۵۹	۰	۰/۱۹۲۳	۰/۱۳۷۱	۰/۰۱۱۳
۳	۰/۱۱۴۹	۰/۱۰۳۰	۰/۰۳۰۸	۰/۱۳۲۴	۰/۰۰۹	۰/۲۸۰۲	۰	۰/۲۰۷۴	۰/۱۱۰۴	۰/۰۱۱۰
۴	۰/۰۹۴۶	۰/۱۰۶۱	۰/۰۱۶۳	۰/۱۶۳۸	۰	۰/۳۰۵۰	۰	۰/۲۲۳۰	۰۸۰۶	۰/۰۱۰۵
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

- **رسم مرز کارا**

با استفاده از اطلاعات جدول ۵، مرز کارای سرمایه‌گذاری برای سه سبد سهام به شرح شکل ۲ رسم گردید.

شکل ۲ منحنی مرز کارای سه سبد سهام

سرمایه‌گذاران با توجه به ترجیحات خود از میان سبدهای تشکیل‌شده روی مرز کارا سبدی را انتخاب می‌کنند که بیشترین تناسب را با وضعیت آن‌ها دارد. به عبارتی قطع دادن منحنی گزینه‌های مختلف سرمایه‌گذاری (مرز کارا) با بالاترین منحنی بی‌تفاوتی سرمایه‌گذار (نشان‌دهنده وضعیت و روحیات سرمایه‌گذار) آخرین قدم در انتخاب است.



شکل ۳ تقاطع منحنی گزینه‌های مختلف سرمایه‌گذاری با مرز کارای مارکویتز

طبق شکل ۳ محل تقاطع منحنی بی‌تفاوتی سرمایه‌گذار (با توجه به تمایلات سرمایه‌گذار) با مرز کارای مارکویتز، سبد بهینه را در اختیار سرمایه‌گذار قرار می‌دهد. سرمایه‌گذاران ریسک گریز تمایل دارند سبدی را برگزینند که در قسمت چپ مرز کارا قرار دارد و سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر تمایل به سرمایه‌گذاری در سبدهایی دارند که به سمت راست مرز کارا قرار دارد.

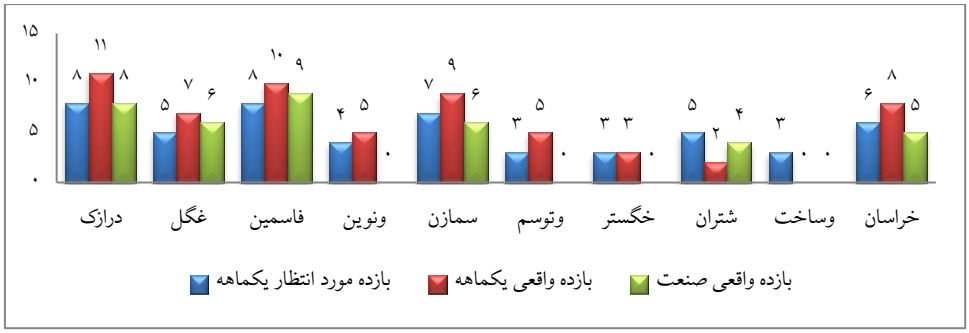
مقایسه بازده‌ها

به منظور مقایسه نتایج پژوهش با مقادیر واقعی از داده‌های مستخرج از سایت مرکز پردازش اطلاعات مالی ایران و شرکت فناوری مدیریت بورس تهران به شرح زیر استفاده شد.

سهم شرکت دارویی رازک: بازده مورد انتظار یک‌ماهه:۸ درصد ، بازده واقعی یک‌ماهه: ۱۱ درصد، بازده واقعی گروه مواد و محصولات دارویی ۸ درصد. سهم شرکت گلوکزان: بازده مورد انتظار یک‌ماهه: ۵ درصد، بازده واقعی یک‌ماهه: ۷ درصد، بازده واقعی گروه محصولات غذایی و آشامیدنی به‌جز قند و شکر ۶ درصد. سهم شرکت کالسیمین: بازده مورد انتظار یک‌ماهه: ۸ درصد، بازده واقعی یک‌ماهه: ۱۰ درصد، بازده واقعی گروه فلزات اساسی ۹ درصد. سهم بانک اقتصاد نوین: بازده مورد انتظار یک‌ماهه: ۴ درصد، بازده واقعی یک‌ماهه: ۵ درصد، بازده واقعی بانک‌ها و موسسات اعتباری ۰ درصد. سهم شرکت سیمان مازندران: بازده مورد انتظار یک‌ماهه ۷ درصد، بازده واقعی یک‌ماهه: ۹ درصد، بازده واقعی گروه سیمان، آهک و گچ ۶ درصد. سهم شرکت سرمایه‌گذاری توسعه ملی: بازده مورد انتظار یک‌ماهه ۳ درصد ، بازده واقعی یک‌ماهه: ۵ درصد و بازده واقعی گروه سرمایه‌گذاری‌ها ۳- درصد. سهم شرکت گسترش سرمایه‌گذاری ایران‌خودرو: بازده مورد انتظار یک‌ماهه ۳ درصد، بازده واقعی یک‌ماهه: ۳ درصد، و بازده واقعی گروه خودرو و ساخت قطعات ۱- درصد. سهم شرکت پالایش نفت تهران: بازده مورد انتظار یک‌ماهه ۵ درصد، بازده واقعی یک‌ماهه ۲ درصد و بازده واقعی گروه فرآورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته ۴ درصد، سهم شرکت سرمایه‌گذاری ساختمان ایران: بازده مورد انتظار یک‌ماهه ۳ درصد، بازده واقعی یک‌ماهه: ۰ درصد و بازده واقعی گروه انبوه‌سازی، املاک و مستغلات ۳- درصد، سهم شرکت پتروشیمی خراسان: بازده مورد انتظار یک‌ماهه ۶ درصد ، بازده واقعی یک‌ماهه ۸ درصد، و بازده واقعی گروه محصولات شیمیایی ۵ درصد، بازده شاخص کل در بازه زمانی یک‌ماهه ۳ درصد و بازده شاخص کل (هم‌وزن) در بازه زمانی یک‌ماهه ۲ درصد و بازده

سبد سهام منتخب با فرض انتخاب سهام با وزن برابر و در نظر گرفتن داده‌های واقعی در بازه زمانی یک‌ماهه ۵ درصد است.

بازده مورد انتظار، واقعی یک‌ماهه سهام منتخب و همچنین بازده یک‌ماهه صنایع منتخب سبد سهام کوتاه‌مدت به شرح شکل ۴ رسم گردید.



شکل ۴ مقایسه بازده واقعی و بازده مورد انتظار سهام در افق زمانی یک‌ماهه

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با افزایش عدم اطمینان در بازارهای مالی مدرن، تجزیه‌وتحلیل و انتخاب سبد سهام با هدف ریسک‌پذیری و ایجاد تعادل میان ریسک و بازده، یکی از مهم‌ترین زمینه‌های پژوهش در تئوری مدرن سرمایه‌گذاری به‌حساب می‌آید. کسب نتیجه مطلوب در بازارهای مالی مانند هر بازار دیگری نیازمند اتخاذ رویکرد و استراتژی مناسب جهت بهره‌گیری از ظرفیت کلی بازار و افزایش ثروت سرمایه‌گذاران است. انتخاب روش صحیح سرمایه‌گذاری با در نظر گرفتن معیارهای بنیادی و تکنیکال مؤثر بر قیمت سهام، منجر به افزایش بازدهی برای بنگاه‌های اقتصادی و سرمایه‌گذاران می‌شود. بهینه‌سازی سبد سهام صرفاً با در نظر گرفتن میانگین و واریانس و صرف نظر از معیارهای مؤثر بر قیمت سهام شرکتها، می‌تواند انتظار سرمایه‌گذاران را محقق نگرداند، چرا که علاوه بر میانگین و واریانس بازدهی سهام، معیارهای بنیادی و تکنیکال مؤثر بر قیمت سهام شرکتها نیز از جمله عواملی است که باید مورد توجه قرار گیرد، لذا ایجاد تعادل و برقراری ثبات در سرمایه‌گذاری از اهداف بکارگیری همزمان روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل میانگین- واریانس مارکویتز در پژوهش حاضر است. بنابراین با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی ابتدا از میان صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران، ده صنعت برتر با استفاده از معیارهای بنیادی و تکنیکال استخراج گردید. سپس از میان صنایع منتخب با توجه به معیارهای انتخاب‌شده با نظر خبرگان، و به‌کارگیری تکنینک CoCoSo، یک سهم برتر از هر صنعت، در قالب سه سبد سهام کوتاه‌مدت (یک‌ماهه)، میان‌مدت (شش‌ماهه) و بلندمدت (یک‌ساله)، انتخاب شد. در ادامه با استفاده از روش میانگین- واریانس مارکویتز، مرز کارا برای هر یک از سبدها، رسم گردید، سرمایه‌گذاران می‌توانند سبد سهام بهینه را با توجه به ترجیحات خود انتخاب نمایند. همان‌گونه که در یافته‌های پژوهش مشاهده شد، بازده سهام منتخب از بازده صنعت مربوطه، بیشتر

بوده و نیز بازده کل سبد سهام منتخب از شاخص کل بسیار بالاتر است، که نتایج به دست آمده نمایانگر کارایی ترکیب تکنیکهای تصمیم‌گیری چندمعیاره با روش میانگین- واریانس مارکویتز است. اختلاف میان بازده واقعی و بازده مورد انتظار سهم منتخب در گروه فرآورده‌های نفتی، کک و سوخت هسته‌ای، به دلیل تصمیمات اتخاذشده پس از برگزاری مجامع شرکت‌ها ازجمله تقسیم سود و افزایش سرمایه است. همچنین اختلاف میان بازده مورد انتظار و بازده واقعی سهام منتخب عمدتاً ناشی از عوامل مؤثر بر قیمت از جمله ترجیحات رفتاری سرمایه‌گذاران، مباحث سیاسی و اقتصادی حاکم بر جو کنونی بازار (اپیدمی ویروس کرونا، انتخابات ریاست جمهوری و تغییرات سیاسی و اقتصادی ناشی از آن، تغییرات مقررات و آیین‌نامه‌های مرتبط با بازار سرمایه (تغییر در دامنه نوسان))، ریزش شاخص کل در سال ۱۳۹۹، کسری بودجه، تحریم‌ها، نوسانات قیمت ارز و صدور و چاپ اوراق قرضه دولتی، بوده است. با توجه به اینکه ابتدای خردادماه ۱۴۰۰ داده‌ها استخراج گردیده است، امکان محاسبه دقیق سبدهای میان‌مدت و بلندمدت در حال حاضر مقدور نیست و پیشنهاد می‌شود در بازه‌های زمانی شش‌ماهه و یک‌ساله، مقایسه داده‌های واقعی با داده‌های مورد انتظار انجام گیرد.

پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی

پیشنهاد می‌شود، در پژوهش‌های آتی، برخی عوامل مالی، رفتاری نیز علاوه بر شاخص‌های در نظر گرفته‌شده در این پژوهش، موردبررسی و تصمیم‌گیری قرار گیرد. ترکیب سایر روش‌ها ازجمله پیش‌بینی قیمت با ابزارهای مدرن هوش مصنوعی، استفاده از تکنیک‌های دیگر تصمیم‌گیری و مقایسه آن با روش مورداستفاده در این پژوهش، استفاده از برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی چندهدفه، ازجمله مواردی است که می‌تواند به اثربخشی بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری و نزدیکی بازده مورد انتظار سبد سرمایه‌گذاری با بازده واقعی و دستیابی به هدف حداکثر سازی سود سرمایه‌گذاری کمک نماید.

فهرست منابع

* تاتایی، پیمان، نیکو مرام، هاشم، حافظ الکتب، اشکان (۱۴۰۰)، کاربرد نظریه بازی‌های همکارانه در بهینه‌سازی انتخاب سبد سهام. دانش سرمایه‌گذاری، شماره ۳۹، صص۵۶۳-۵۸۴.
* سپهری، علی، جباری، حسین، قدرتی قزاآنی، پناهیان، حسین، تلفیق تصمیم‌گیری چند معیاره و بهینه‌سازی ریاضی، زمینه‌ای برای تصمیم‌گیری سرمایه‌ای، دانش سرمایه‌گذاری.
* Ackermann, F., Pohl, W., & Schmedders, K. (2017). Optimal and Naive Diversification in Currency Markets. Management Science, 63(10), 3347-3360.
* Ban, G.-Y., Karoui, N. E., & Lim, A. E. B. (2018). Machine Learning and Portfolio Optimization. Management Science, 64(3), 1136-1154.
* Bolster, P., & Warrick, S. (2008). Matching Investors with Suitable, Optimal and Investable Portfolios. The Journal of Wealth Management, 10(4), 53.
* Bolster, P. J., Janjigian, V., & Trahan, E. A. (1995). Determining Investor Suitability Using the Analytic Hierarchy Process. Financial Analysts Journal, 51(4), 63-75.
* Çela, E., Hafner, S., Mestel, R., & Pferschy, U. (2021). Mean-variance portfolio optimization based on ordinal information. Journal of Banking & Finance, 122, 105989.

* H. Markowitz. (1952). Portfolio selection. The Journal of Finance, 7(1), 77-91.
* Hagin, R. (1979). The Dow Jones-Irwin guide to modern portfolio theory: Irwin Professional Publishing.
* Huang, X. (2008). Mean-semivariance models for fuzzy portfolio selection. Journal of Computational and Applied Mathematics, 217(1), 1-8.
* Kim, J. H., Lee, Y., Kim, W. C., & Fabozzi, F. J. (2021). Mean–Variance Optimization for Asset Allocation. The Journal of Portfolio Management, 47(5), 24-40.
* Lai, H., Liao, H., Wen, Z., Zavadskas, E. K., & Al-Barakati, A. (2020). An Improved CoCoSo Method with a Maximum Variance Optimization Model for Cloud Service Provider Selection. Engineering Economics, 31(4), 411-424.
* Lynch Jr, J. G. (2011). Introduction to the journal of marketing research special interdisciplinary issue on consumer financial decision making. Journal of Marketing Research, 48(SPL), Siv-Sviii.
* Meziani, Aboubaker Seddik. "Assessing the Effect of Investment Barriers on International Capital Flows Using an Expert-Driven System." Multinational Business Review (2003).
* Peng, X., & Luo, Z. (2021). Decision-making model for China’s stock market bubble warning: the CoCoSo with picture fuzzy information. Artificial Intelligence Review, 1-23.
* Saaty, T. L. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. Journal of Mathematical Psychology, 15, 234-281.
* Saraoglu, H., & Detzler, M. L. (2002). A Sensible Mutual Fund Selection Model. Financial Analysts Journal, 58(3), 60-72.
* Seddik Meziani, A. (2003). Assessing the Effect of Investment Barriers on International Capital Flows Using an Expert-Driven System. Multinational Business Review, 11(2), 49-74.
* Sivam, S., & Rajendran, R. (2020). On the Modelling of Integrated AHP and CoCoSo Approach for Robust Design of Multi-objective Optimization of thinning Parameters for Maximum thinning Rate and Determine Optimum Locations for Directionally-rolled Deep-drawn Cups using Scaling Laws.
* Wu, H., Zeng, Y., & Yao, H. (2014). Multi-period Markowitz's mean–variance portfolio selection with state-dependent exit probability. Economic modeling, 36, 69-78.
* Vásquez, J. A., Escobar, J. W., & Manotas, D. F. (2022). AHP–TOPSIS Methodology for Stock Portfolio Investments. Risks, 10(1), 4.
* Yazdani, M., Zarate, P., Kazimieras Zavadskas, E., & Turskis, Z. (2019). A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. Management Decision, 57(9), 2501-2519.
* Ledoit, O., & Wolf, M. (2017). Nonlinear Shrinkage of the Covariance Matrix for Portfolio Selection: Markowitz Meets Goldilocks. The Review of Financial Studies, 30(12), 4349-4388.
* Zhang, Y., Li, X., & Guo, S. (2018). Portfolio selection problems with Markowitz’s mean–variance framework: a review of literature. Fuzzy Optimization and Decision Making, 17(2), 125-158.

Financial Economics
Vol. (12) Issue (48) Winter 2024

Hybrid Portfolio Optimization using Analytic Hierarchy Process (AHP), Combined Compromise Solution (CoCoSo) and Markowitz Model (Case study of Tehran Stock Exchange)

Nasimeh Abdi
Ph.D. Student in Financial Engineering, Department of Financial Management, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Mehdi Moradzadehfard
Associate Professor, Department of Accounting, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Hamid Ahmadzadeh
Assistant professor Department of Accounting, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Mahmoud Khoddam
Assistant professor, Department of Financial Management, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Abstract
Using effective and efficient criteria in choosing the investment portfolio can provide the most profitability for individual and institutional investors. Therefore, it seems necessary to choose a hybrid method to create a portfolio that shows better performance. The purpose of this study is to provide a model that can combine Multi-criteria decision-making techniques and Markowitz's mean-variance model, in different periods, to create an optimal portfolio that maximizes shareholder profits. The proposed model was implemented in three steps .In the first step, using the AHP technique, utilizing the opinion of experts, comparing different decision options based on the fundamental and technical criteria effective in decision making and prioritizing the mentioned criteria during the period from June 2016 to June 2021, among industries Activists in the Tehran Stock Exchange were selected as top industries. In the second step, from selected industries, three portfolios with one-month, six-month, and one-year periods were selected using the CoCoSo technique. In the third step, using the Markowitz model in the expressed time period, optimal portfolios were created on the efficient frontier. The results of this study showed that this hybrid proposed model will give more returns to investors according to the risk in different time periods.
Key words: Portfolio Optimization, Decision Making, Combined Compromise Solution (CoCoSo), Analytic Hierarchy Process (AHP), Markowitz Model