فصلنامه راهبرد مدیریت مالی
دانشگاه الزهرا
سال یازدهم، شماره چهلم، بهار ۱۴۰۲
صفحات ۲۳۰-۲۱۱

مقاله پژوهشی

# بکارگیری رویکرد تصمیم‌گیری کلامی و بهینه‌سازی چندهدفه فازی در انتخاب سبد سهام[۱]

سارا بیک‌جانی[۲]، حسین دیده‌خانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۷

**چکیده**

*مدل‌ها و روش‌هایی که در تئوری‌های مالی بیان می‌شوند از اهمیت بالایی در مباحث سرمایه‌گذاری برخوردارند چرا که به انتخاب هرچه بهتر و دقیق‌تر پرتفوی بهینه به سرمایه‌گذاران کمک خواهند نمود. در این پژوهش، به‌منظور بررسی ماهیت چندمعیاره بودن انتخاب سهام و عدم‌قطعیت مرتبط با نرخ بازده دارایی‌ها، از مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی و با توجه به نقاط ضعف معیارهای ریسک سنتی، از معیار ارزش در معرض ریسک میانگین استفاده شد. از طرفی جهت دخالت‌دادن قضاوت‌های ذهنی سرمایه‌گذاران از یکی از روش‌های تصمیم‌گیری کلامی (VDA)، به نام روش ZAPROS III استفاده و با محاسبه شاخص رسمی کیفیت (FIQ)، در بهینه‌سازی پرتفوی لحاظ گردید. در طراحی مدل علاوه‌بر محدودیت‌های اصلی، محدودیت‌هایی نظیر حداقل و حداکثر تخصیص ثروت به هر دارایی و نیز تعداد سهام موجود در پرتفوی در نظر گرفته شده است. برای دستیابی به هدف پژوهش، تعداد ۱۰ شرکت فعال‌تر پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران برای دوره زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ انتخاب شده‌اند. نتایج حاصل از اجرای مدل با استفاده از الگوریتم MOPSO نشان از عملکرد مطلوب‌تر پرتفوهای پارتو بهینه ایجاد شده در مقایسه با پرتفوهای با وزن‌های تصادفی از لحاظ رسیدن به اهداف دارند.*

**واژگان کلیدی**: بهینه‌سازی چندهدفه پرتفوی، تئوری اعتبار، روش ZAPROS III، الگوریتم MOPSO.
**طبقه‌بندی موضوعی**: *G11, G32, C02, D53*

---

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/JFM.2019.25913.2074

۲. دانشجو، گروه مهندسی صنایع، واحد علی آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی آباد کتول، ایران.
Email: s.beykjani@gmail.com
۳. استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد علی آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی آباد کتول، ایران. (نویسنده مسئول). Email: h.didehkhani@gmail.com

**مقدمه**

تخصیص مناسب و آگاهانه منابع و سرمایه‌های موجود در هر اقتصادی، عامل اصلی پیشرفت و ارتقای آن اقتصاد می‌باشد. بنابراین تصمیم سرمایه‌گذار در رابطه با چگونگی تخصیص سرمایه میان دارایی‌ها، نکته تاثیرگذار در یک سرمایه گذاری عقلایی است. بررسی رفتار سرمایه‌گذاران، معیارهای تصمیم‌گیری آن‌ها در بورس و مدل‌سازی فرآیند بهینه سازی پرتفوی بر مبنای این مطالعات و تحقیقات، برای اولین بار در دهه ۵۰ میلادی توسط هری مارکوویتز[۱] انجام گرفت.

تئوری پرتفوی و انتخاب سبد سهام بهینه پس از اولین تلاش‌های مارکوویتز (۱۹۵۲)، همواره به‌عنوان یکی از زمینه‌های جذاب پژوهشی برای محققان و سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی بوده است. از اولین معیارهایی که توسط مارکوویتز در مدل سنتی پرتفوی مورد استفاده قرار گرفت، نرخ بازده مورد انتظار و واریانس نرخ بازده پرتفوی است. منطق مورد استفاده در این مدل کاربرد واریانس به‌عنوان سنجش‌گر میزان ریسک یک پرتفوی می‌باشد. این نظر بعدها توسط محققین بسیاری مورد نقد قرار گرفت (گروتولد و هالرباخ[۲] ، ۱۹۹۱). با وجود این نقدها واریانس توسط خود مارکوویتز (۱۹۵۹) به نیمه‌واریانس[۳] تبدیل گردید. در واقع اشکال اساسی واریانس این است که انحرافات مطلوب و انحرافات نامطلوب را مانند هم در نظر می‌گرفت برای واژه ریسک معیارهای متفاوتی در شرایط مختلف معرفی و در مسئله انتخاب پرتفوی از آن استفاده شد؛ از جمله می‌توان به قدر مطلق انحرافات[۴] (کونو و یامازاکی[۵] ، ۱۹۹۱)، میانگین قدرمطلق انحرافات[۶] (فینستین و تاپا[۷] ، ۱۹۹۳)، کشیدگی[۸] (چان هاچیندا[۹] ، ۱۹۹۷)، نیمه قدرمطلق انحراف[۱۰] (اسپرانزا[۱۱] ،۱۹۹۳) ارزش در معرض ریسک[۱۲] (کانسیگلی[۱۳] ، ۲۰۰۲)، شانس[۱۴] (هوآنگ[۱۵] ، ۲۰۰۶)، آنتروپی[۱۶] و در بهینه‌سازی پرتفوی استفاده کردند. یکی از جدیدترین و کاراترین معیارهای ریسک، معیار ارزش در معرض ریسک میانگین[۱۷] (AvaR) می‌باشد. پس از معرفی ارزش در معرض ریسک[۱۸] (VaR)، AVAR توسط

1. Markowitz, H
2. Grootveld & Hallerbach
3. Semi variance
4. absolute deviation
5. Konno & Yamazaki
6. average absolute deviation
7. Feinstein & Thapa
8. skewness
9. Chunhachinda et al.
10. semi-absolute deviation
11. Speranza
12. value at risk
13 . Consigli
14. chance
15. Huang
16. entropy
17. Average value at risk
18. Value at risk

راک‌فلر[1] و یوریاسف[2] (۲۰۰۰) توسعه یافت. VAR علی‌رغم مزایایی که در گزارشگری ریسک داشت، دارای معایبی همچون عدم ارائه هرگونه اطلاعات درباره شدت زیان‌های بیشتر از سطح احتمال مورد نظر است. ضعف دیگر این معیار در نظر نگرفتن اثر تنوع‌بخشی است، به همین دلیل نمی‌توانست به‌عنوان یک شاخص ریسک منسجم مورد استفاده قرار گیرد (آرتزنر و همکاران[3]، ۱۹۹۹). AVAR به‌عنوان یکی از مدرن‌ترین معیارهای ریسک می‌باشد که آن را به‌عنوان یک معیار ریسک منسجم معرفی می‌کند.

اگرچه مارکوویتز در پژوهش خود بر روی موضوع چگونگی انتخاب پرتفوی بهینه از میان دارایی‌های مختلف موجود، تمرکز زیادی داشت و این پژوهش‌ها کمک شایانی در راستای انتخاب پرتفوی بهینه برای سرمایه‌گذاران بود به‌گونه‌ای که تا مدت‌های زیادی بسیاری از سرمایه‌گذاران از این روش در سرمایه‌گذاری-های خود استفاده کردند و از طرف دیگر، اگرچه کاربرد مدل میانگین- واریانس در سرمایه‌گذاری‌ها از منظر تئوری منطقی به نظر می‌رسد، اما اشکالاتی در کاربرد عملی آن وجود دارد. عدم توجه مدل مارکوویتز به دیدگاه‌های سرمایه‌گذاران در انتخاب پرتفوی بهینه از مهم‌ترین اشکالاتی می‌باشد که این پژوهش به دنبال پوشش آن است.

تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری کلامی[4] (VDA) یک شیوه جدید روش‌شناختی برای ساخت روش‌های تصمیم‌گیری است. این رویکرد مبتنی بر روانشناسی شناختی، ریاضی کاربردی و علوم رایانه‌ای است.

بنابراین، هدف از این پژوهش طراحی و بکارگیری مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه برای انتخاب یا بهینه‌سازی سبد سهام با معیار ریسک و مبتنی بر نظرات کیفی سرمایه‌گذاران می‌باشد. به این منظور پارامترهای مورد استفاده در این پژوهش، نظیر نرخ بازده مورد انتظار دارایی‌ها به‌صورت فازی در نظر گرفته می‌شود. همچنین، جهت دستیابی به نتایج واقعی‌تر از معیار ریسک منسجم AVaR استفاده می‌شود. از طرفی با محاسبه شاخص رسمی کیفیت به‌دست آمده از روش ZAPROS III نظرات کیفی سرمایه‌گذاران نیز، به‌عنوان یک هدف به مدل مذکور اضافه می‌گردد. علاوه بر محدودیت‌های اصلی در مسئله بهینه‌سازی پرتفوی، از محدودیت‌های دیگری نظیر حداقل و حداکثر میزان سرمایه‌گذاری در دارایی‌ها و حداقل و حداکثر تعداد سهام در پرتفوی نیز استفاده شد. در پایان، جهت نشان دادن قابلیت کاربرد عملی مدل در محیط واقعی سرمایه‌گذاری، مدل توسعه داده شده از شرکت‌های حاضر در بورس اوراق بهادار تهران، بکار گرفته شده و با توجه ماهیت غیرخطی و چندهدفه مسئله از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چندهدفه (MOPSO) برای حل استفاده می‌گردد. پژوهش حاضر بر آن است که با توجه به برخی محدودیت‌های مدل مارکوویتز، مدلی به‌منظور بهینه‌سازی پرتفولیو ارائه دهد که در آن با داخل کردن دیدگاه‌های شخصی سرمایه‌گذاران، مدل مارکوویتز تعدیل گردد.

1. Rockafellar, R. T.
2. Uryasev, S.
3. Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M., & Heath, D.
4. Verbal Decision Analysis

## مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

### مدل‌های بهینه‌سازی تک‌دوره‌ای

مسائل انتخاب پرتفوی فازی از سال ۱۹۹۰ مورد توجه و بررسی قرار گرفتند. از اولین تلاش‌ها برای بهینه‌سازی پرتفوی در محیط فازی می‌توان به تحقیقات واتادا[1] (۱۹۹۷) و کاتاگیری و ایشی[2] (۱۹۹۹) اشاره کرد. لی و همکاران[3] (۲۰۱۰،۲۰۰۹) الگوریتم‌های هوشمند هیبریدی را برای حل مدل‌های فازی میانگین ـ واریانس و میانگین ـ واریانس ـ چولگی انتخاب پرتفوی طرح و پیشنهاد نمودند. محدودیت‌های استقراضی انتخاب پرتفوی دیگر یکی از نگرانی‌های عمده برای سرمایه‌گذاران به‌شمار می‌رود. اکثر دفاتر کارگزاری فرصت‌هایی را برای اکتساب و خرید دارایی‌های مختلف با استقراض پول از کارگزاری فراهم می‌کنند. برخی از پژوهشگران به بررسی محدودیت‌های استقراضی پرداخته‌اند. لئونگ و همکاران[4] (۲۰۱۲) در راستای بهینه‌سازی تئوری پرتفوی مارکوویتز و برآورد دقیق با سرمایه‌گذاری در بازار سهام ایالت متحده به پژوهشی پرداختند که نشان داد برآوردهای سنتی درآمدها، به‌طور چشم‌گیری درآمدها را غیر واقعی نشان می‌دهد. گوپتا و همکاران[5] (۲۰۱۴) پژوهشی جهت بهینه‌سازی پرتفوی ارائه نمودند، که در آن از تئوری اعتبار فازی و با در نظرگرفتن بازده کوتاه‌مدت و بلندمدت، نیم‌واریانس و همچنین نقدینگی به‌عنوان توابع هدف، استفاده شده است. آن‌ها از برنامه‌ریزی آرمانی و الگوریتم ژنتیک برای حل این مدل استفاده کردند.

## پیشینه پژوهش

شاه‌محمدی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به ارائه روشی کارا به‌منظور پشتیبانی از فرد تصمیم‌گیرنده در انتخاب پرتفوی مناسب جهت سرمایه‌گذاری پرداخته‌اند که در آن، بازده‌های سهام به صورت متغیرهای فازی فرض شده‌اند. به‌منظور حل این مدل غیرخطی، از یک الگوریتم ترکیبی، که متشکل از دو الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی می‌باشد، جهت تخمین بازده و ریسک پرتفوی استفاده شده است.

بهزادی و بختیاری (۱۳۹۳) پژوهشی ارائه نمودند که در آن از شاخص عملکرد اقتصادی برای مقایسه مدل با مدل مارکوویتز و همچنین، محاسبه پارامترهای مورد نیاز از تئوری اعتبار استفاده شده است. در نهایت، نتیجه نشان داد که مدل میانگین- آنتروپی- چولگی از شاخص عملکرد اقتصادی بالاتری برخوردار است. محمدی و براتی (۱۳۹۴) مدل بهینه‌سازی چنددوره‌ای میانگین- نیم‌واریانس در محیط فازی ارائه نمودند. از جمله محدودیت‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش، هزینه معاملات و حجم معاملات بود و در نهایت، با استفاده از الگوریتم ژنتیک مسئله بهینه‌سازی را حل کردند.

1. Watada, J.
2. Katagiri, H., & Ishii, H.
3. Li, J., & Xu, J. Li, X., Qin, Z., & Kar, S.
4. Leung, Pui lamYip., Ng lui, Keong., wong, Wing.
5. Gupta, P., Mehlawat, M. K., Inuiguchi, M., & Chandra, S.

رستمی و همکاران (۱۳۹۴) از گشتاورهای مرتبه بالاتر در بهینه‌سازی پرتفوی در محیط فازی استفاده کردند. برای محاسبه گشتاورها از تئوری اعتبار و همچنین، برای محاسبه کارایی مدل‌ها از شاخص عملکرد اقتصادی استفاده شده است.

موشخیان و نجفی (۱۳۹۴) مدلی تحت عنوان مدل بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری چنددوره‌ای احتمالی میانگین- نیم‌واریانس- چولگی با در نظر گرفتن هزینه معاملات با استفاده از الگوریتم چندهدفه ازدحام ذرات ارائه دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چندهدفه عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم ازدحام ذرات تک‌هدفه ایجاد می‌کند. دیده‌خانی و حجتی (۱۳۹۶) با در نظر گرفتن ماهیت چندهدفه بودن مسائل انتخاب پرتفوی، ۴ هدف اصلی را برای انتخاب پرتفوی شامل ارزش مورد انتظار، نیمه‌کشیدگی، ارزش در معرض ریسک و شاخص عدم‌قطعیت در نظر گرفتند و برای سنجش این اهداف با توجه به ماهیت فازی بودن نرخ بازده دارایی‌ها از تئوری اعتبار فازی بهره بردند. به این منظور، از نسخه دوم الگوریتم ژنتیک چندهدفه با مرتب‌سازی نامغلوب "NSGA-II" ، جهت حل مدل استفاده کردند. نتایج نشان داد که پرتفوهای بهینه به عملکرد بهتری نسبت به پرتفوهای تصادفی ایجاد شده، دست پیدا کرده‌اند.

پاک‌مرام و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از سه الگوریتم پژوهشی را جهت انتخاب و بهینه‌سازی پرتفوی ارائه دادند. در این بررسی از تعدادی شرکت پذیرفته شده بورس اوراق بهادار تهران در یک محدوده زمانی مشخص استفاده کردند. همچنین، در این نمونه انتخاب شده، به بررسی تفاوت بین میانگین بازده سرمایه-گذاری در پرتفوی‌های منتخب بر اساس سه روش پرداختند. نتایج عدم وجود اختلاف معنادار بین این سه الگوریتم را نشان داد. از جهتی دیگر، دو بعد تابع هدف و نسبت بازده و ریسک برای بررسی برتری الگوریتم‌ها مورد مقایسه قرار گرفتند. در نهایت، الگوریتم ژنتیک با کمترین ریسک بهترین نتیجه را نسبت به الگوریتم-های دیگر ارائه داده است که در واقع برتری نسبی این الگوریتم را در انتخاب پرتفوی بهینه نشان داد.

## روش‌شناسی پژوهش

فرآیند مدل‌سازی پژوهش حاضر مبتنی بر ۲ بخش اصلی است. بخش اول، حل مسئله تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری کلامی با روش ZAPROS III و بخش دوم، حل مسئله بهینه‌سازی چندهدفه می‌باشد که خود مبتنی بر ۴ گام است. در گام اول، اهداف و شاخص‌های مسئله بهینه‌سازی پرتفوی شناسایی می‌شوند. سپس این اهداف و شاخص‌ها بر اساس پیشینه پژوهش و ماهیت کاربردی مسئله، مورد بررسی قرار می‌گیرند و در نهایت، پس از بررسی دقیق، شاخص‌های اصلی انتخاب می‌گردند. سپس، در گام دوم، با استفاده از اصول تئوری اعتبار فازی برای حالتی که نرخ بازده مورد انتظار سهام به‌صورت عدد فازی مثلثی باشد، هر یک از این اهداف و محدودیت‌ها در حالت عدم‌قطعیت به‌دست می‌آیند. در گام سوم، مبتنی بر معیارهای انتخاب شده، یک مدل چندهدفه فازی طراحی می‌شود و در گام چهارم، برای حل و تشریح مسئله از روش فراابتکاری مناسب استفاده می‌گردد.

**شاخص رسمی کیفیت[1] (FIQ)**

تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری کلامی (VDA) روش جدیدی برای کمک به فرآیند تصمیم‌گیری جهت ارائه یک نتیجه کامل و رضایت‌بخش است. تامانینی[2] (۲۰۰۸) با استفاده از پژوهش‌های انجام شده در مورد تحلیل تصمیم‌گیری کلامی، مسائل چندمعیاره را به سه دسته مسائل ساختاریافته، نیمه‌ساختاریافته و بدون‌ساختار تقسیم کرد. چارچوب اصلی آنالیز تصمیم‌گیری کلامی را ZAPROS- PACOM -[3] ORCLASS[4] تشکیل می‌دهند. در این پژوهش از روش ZAPROS III استفاده شده است که این روش نیز یکی از روش‌های ZAPROS است.

روش اجرای ZAPROS III در پرتفوی مورد نظر بدین صورت است؛ در ابتدا با طراحی پرسشنامه بر اساس معیارهای مد نظر، نظرات خبرگان مالی در مورد سهام جمع‌آوری می‌گردد و هر یک از این معیارها نیز در سه سطح بالا، متوسط و کم مورد بررسی قرار گرفته شده است. پس از جمع‌آوری نظر گروهی از خبرگان بازار مالی و رسیدن به یک نظر میانگین جدول ارزیابی بر اساس معیارها حاصل می‌گردد. در واقع، در روش ZAPROS III هدف محاسبه شاخص رسمی کیفیت (FIQ) می‌باشد که برای به دست آوردن FIQ ابتدا باید تغییرات کیفیت[5] (QV) و سپس، مقیاس مشترک تغییرات کیفیت[6] (JSQV) محاسبه گردد. در این روش، بعد از مشخص کردن معیارها و مقادیر معیارها برای مسئله، مهم‌ترین بخش تعیین اولویت برای مقایسه زوجی است. این روش اساساً در سه مرحله اصلی ارائه می‌شود: فرمول مشکلات، اصلاح ترجیحات، مقایسه گزینه‌ها. یک شاخص رسمی کیفیت برای به حداقل رساندن تعداد مقایسات زوجی (دوبه‌دو) گزینه‌های مورد نیاز برای رتبه‌بندی جزئی گزینه‌ها معرفی شده است. در واقع تعداد مقایسه زوجی بین گزینه‌ها را کاهش و یک رتبه‌بندی جزئی بین آن‌ها ارائه می‌دهد.

مسئله به‌ترتیب زیر فرمول نویسی شده است:

۱. $K = 1,2,\dots,N$ که در آن N نشان‌دهنده مجموعه‌ای از معیارها.

۲. $n_q$ نشان‌دهنده تعداد مقادیر ممکن در مقیاس معیار q امین شاخص، $(q \in K)$.

۳. $X_q = x_{iq}$ نشان‌دهنده مجموعه‌ای از معیارها برای q امین شاخص (مقیاس شاخص q ام)؛ $(q \in K)$ ، $|X_q| = n_q$ مقادیر در یک مقیاس از بهترین (اول) تا بدترین (آخر) مرتب شده است؛ ترتیب مقادیر در یک مقیاس به مقادیر دیگر بستگی ندارد.

۴. $Y = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ به‌طوری‌که $y_i$ نشان‌دهنده مجموعه‌ای از بردارها: $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iN})$، $(y_i \in K)$، $(y_{iq} \in X_q)$ ، $P = |Y|$ ، $|Y| = \prod i = N\ ni$.

1. Formal Index of Quality
2. Tamanini, I.
3. Paired Compensation
4. Ordinal Classification
5. Quality Variation
6. Joint Scale of Quality Variation

۵. $A = \{a_i\} \in Y, i = 1,2,\dots,t$، نشان‌دهنده مجموعه‌ای از بردارهای جایگزین واقعی.

**ارزش مورد انتظار**[1]

برای تعریف ارزش مورد انتظار متغیرهای فازی، از روش‌های بسیاری می‌توان استفاده کرد. یکی از پرکاربردترین تعاریف در مورد ارزش مورد انتظار، تعریف ارائه شده توسط لیو و لیو[2] (۲۰۰۸) است که برای هر دو نوع متغیرهای فازی گسسته و پیوسته کاربرد دارد.

**تعریف (مقدار مورد انتظار).** لیو و لیو در تعریف خود در مورد ارزش مورد انتظار این‌گونه بیان می‌کند که اگر $\xi$ یک متغیر فازی در نظر گرفته شود، آنگاه مقدار مورد انتظار $\xi$ به کمک رابطه ۱ به شرطی که حداقل یکی از دو انتگرال محدود باشد، تعریف می‌شود.

$$E\left[\xi\right] = \int_0^{+\infty} \mathrm{Cr}\left\{\xi \geq r\right\} dr - \int_{-\infty}^0 \mathrm{Cr}\left\{\xi \leq r\right\} dr \qquad (۱)$$

اما با توجه به استفاده از اعداد فازی مثلثی در پژوهش حاضر، از قضیه ۲ جهت سنجش ارزش مورد انتظار فازی استفاده می‌شود.

**قضیه** – اگر فرض بر این باشد که $\xi = (a,b,c)$ به‌طوری‌که $a < b < c$ یک متغیر فازی مثلثی باشد، آنگاه برای محاسبه $E[\xi]$ از رابطه ۲ استفاده می‌شود:

$$\mathrm{E}\left[\tilde{\xi}\right] = \frac{\mathrm{a+2b+c}}{4} \qquad (۲)$$

**ارزش در معرض ریسک میانگین فازی**[3]

در این قسمت تعاریف دقیق ارزش در معرض ریسک میانگین اعتباری در محیط اعتبار فازی ارائه می‌شود (پنگ[4]،۲۰۱۱).

**تعریف** – فرض کنید $\xi$ یک متغیر ریسک فازی و $\propto \in (1,1]$ سطح اطمینان است. آنگاه ارزش در معرض ریسک میانگین تابع خواهد بود به‌طوری‌که:

$$\xi\mathrm{AVaR}(\alpha) = \frac{1}{\propto} \int_0^{\propto} \xi\mathrm{AVaR}(\beta)\, d\beta \qquad (۳)$$

اگر $A = (a,b,c)$ یک عدد فازی مثلثی باشد برای هر سطح اطمینان $0 < \alpha \leq 1$ ، ارزش در معرض ریسک میانگین فازی با استفاده از تئوری اعتبار می‌تواند به‌صورت زیر بیان گردد.

$$\xi\mathrm{AVaR}(\alpha) = \begin{cases} (\mathrm{a\text{-}b})\alpha\text{-}\mathrm{a} & \text{if } \alpha \leq 0.5, \\ \mathrm{c\text{-}2b\text{-}}\frac{1}{4\alpha}(\mathrm{a\text{-}2b+c})+(\mathrm{b\text{-}c})\alpha, & \text{if } \alpha > 0.5. \end{cases} \qquad (۴)$$

1. Fuzzy Expected value
2. Liu, B., & Liu, Y. K.
3. Fuzzy Average Value at Risk
4. Peng, J.

**مدل‌سازی پرتفوی مبتنی بر نظریه اعتبار**

در این قسمت به معرفی نمادها و محدودیت‌های مدل پرداخته و از بین توابع هدف معرفی‌شده، مدل را بر اساس توابع هدف فازی ارزش مورد انتظار، ارزش در معرض ریسک میانگین و ... تشکیل می‌دهیم.

**مسئله تصمیم‌گیری**

**Problem**

$\text{Max } E(x_1\xi_1 + x_2\xi_2 + \cdots . + x_n\xi_n)$

$\text{Min } FIQ(x_1\text{FIQ1} + x_2\text{FIQ2} \ldots . + x_n FIQ(n)$

$\text{Min } AVaR(x_1\xi_1 + x_2\xi_2 + \cdots . + x_n\xi_n)$

**Subject to**

$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1$

$x_i \geq 0 \qquad i = 1, \ldots, n$

$l_i \leq x_i \leq u_i \qquad i = 1, \ldots, n$

$h_t \leq \mathcal{Y}_i \leq K_t \qquad i = 1, \ldots, n$

$\mathcal{Y}_i \in [0,1] \qquad i = 1, \ldots, n$

حالت غیرفازی‌سازی شده مدل تصمیم‌گیری جهت حل مدل:

**Problem**

$$\text{Max } \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{n}(a_i + 2\text{b}_i + \text{c}_\text{i})x_i \qquad (۵)$$

$$\text{Min } AVaR(\propto) = [\sum_{i=1}^{n}\big((\text{a}_\text{i} - \text{b}_i) \propto -\text{a}_\text{i}\big)x_i] \qquad (۶)$$

$$\propto \leq 0.5$$

**Subject to**

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1 \qquad (۷)$$

$$x_i \geq 0 \qquad i = 1, \ldots, 10 \qquad (۸)$$

$$l_i \leq x_i \leq u_i \qquad i = 1, \ldots, 10 \qquad (۹)$$

$$h_t \leq \mathcal{Y}_i \leq K_t \qquad i = 1, \ldots, 10 \qquad (۱۰)$$

$$\mathcal{Y}_i \in [0,1] \qquad i = 1, \ldots, 10 \qquad (۱۱)$$

**تشریح مسئله**

از ویژگی‌های این پژوهش با پژوهش‌هایی که تاکنون در زمینه بهینه‌سازی پرتفوی انجام‌گرفته است، به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

۱- استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک میانگین به‌عنوان مثال معیار ریسک منسجم.

۲- دخالت‌دادن قضاوت‌های ذهنی سرمایه‌گذاران با استفاده از روش ZAPROS III به‌عنوان هدف.

**تعاریف پارامترها و متغیرهای مدل**

$\xi_i$: نرخ بازده فازی دارایی i $\quad i = 1,2,\dots,n$

(α): ضریب اطمینان ارزش در معرض ریسک میانگین

$U_i$: حداکثر نسبت سرمایه که می‌تواند به دارایی i تخصیص داده شود. $\quad i = 1,2,\dots,n$

$L_i$: حداقل نسبت سرمایه که می‌تواند به دارایی i تخصیص داده شود. $\quad i = 1,2,\dots,n$

$K_t$ : حداکثر تعداد دارایی که می‌تواند در پرتفوی وجود داشته باشد.

$h_t$ : حداقل تعداد دارایی که می‌تواند در پرتفوی وجود داشته باشد.

$y_i$ : متغیر باینری که نشان‌دهنده این است که دارایی i در پرتفوی وجود دارد یا نه،

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{دارایی i اگر در پرتفوی وجود داشته باشد} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \qquad i = 1,2,\dots,n$$

**شرح توابع هدف و محدودیت‌ها**

**توابع هدف**

۱. هدف اول: حداکثرسازی ارزش بازده مورد انتظار فازی
۲. هدف دوم: حداقل نمودن شاخص رسمی کیفیت
۳. هدف سوم: حداقل نمودن ارزش در معرض ریسک میانگین فازی

**تعریف عملیاتی محدودیت‌های مدل**

۱. نرمال بودن وزن دارایی‌ها در سبد
۲. مجاز نبودن فروش استقراضی
۳. حداقل و حداکثر میزان سرمایه‌گذاری در دارایی‌ها
۴. حداقل و حداکثر تعداد سهام موجود در پرتفوی
۵. متغیر باینری وجود یا عدم وجود یک دارایی در پرتفوی

### اجرای مدل بهینه‌سازی پرتفوی

در این قسمت روش حل مدل بهینه‌سازی سبد سهام ارائه می‌گردد. ابتدا مسئله به‌صورت چندهدفه با الگوریتم فرا ابتکاری MOPSO حل شده و مجموعه جواب‌های بهینه به دست آورده می‌شود. حل تحلیلی مدل با حضور متغیرهای فازی مشکل می‌باشد. بنابراین، ابتدا مدل از حالت فازی خارج و به مدل قطعی تبدیل می‌شود. سپس، با توجه به این‌که مدل از چند هدف تشکیل شده است، می‌توان مسئله را از طریق الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه با استفاده نرم‌افزار Matlab حل نمود.

## یافته‌های پژوهش

در راستای رسیدن به اهداف و پاسخگویی سئوالات مورد نظر پژوهش، با توجه به مباحث مطرح شده، روش حل پیشنهادی برای مدل بدست آمده در سهام ۱۰ شرکت بورس اوراق بهادار تهران مورد استفاده قرار داده و نتایج به‌دست آمده ارائه می‌شود.

### محاسبه FIQ با استفاده از روش ZAPROS III

در واقع در مدل ZAPROS III بعد از تعریف معیارها و مقادیر معیارها در جدول پرسشنامه، جمع‌آوری نظر گروهی از خبرگان بازار مالی و رسیدن به یک نظر، میانگین جدول ارزیابی براساس معیارها به‌دست آمده است. با مقایسه خروجی این جدول برای هر یک از سهام با بهترین وضعیت، مقدار FIQ تعیین گردید. تیم تصمیم‌گیرنده متشکل از ۲۰ نفر از کارشناسان بازار سرمایه با حداقل پنج سال سابقه کاری در شرکت‌های سرمایه‌گذاری، کارگزاری و موسسات مالی و همچنین، اساتید هیأت علمی دانشگاهی در زمینه مدیریت مالی می‌باشند که در مورد ۶ معیار ریسک (A)، پایداری (B)، رشد مورد انتظار (C)، نوآوری (D)، سودآوری (E) و مدیریت (F)، دیدگاه‌ها و قضاوت‌های ذهنی خود را در مورد سهام مطرح شده اعلام کردند.

**جدول ۱.** ارزیابی بر اساس معیارها

| ردیف | نام شرکت | نماد | ارزیابی بر اساس معیارها |
|---|---|---|---|
| ۱ | فولاد خوزستان | فخوز | $A_2B_1C_2D_2E_1F_2$ |
| ۲ | ملی صنایع مس ایران | فملی | $A_1B_1C_1D_3E_1F_2$ |
| ۳ | کالسیمین | فاسمین | $A_2B_1C_2D_3E_2F_2$ |
| ۴ | ایران خودرو | خودرو | $A_3B_1C_3D_1E_3F_3$ |
| ۵ | سایپا | خساپا | $A_3B_1C_3D_1E_3F_3$ |
| ۶ | پتروشیمی پردیس | شپدیس | $A_1B_1C_1D_3E_2F_1$ |
| ۷ | پالایش نفت بندرعباس | شبندر | $A_1B_1C_2D_3E_1F_1$ |
| ۸ | پالایش نفت اصفهان | شپنا | $A_1B_1C_3D_3E_1F_1$ |
| ۹ | سرمایه‌گذاری غدیر | وغدیر | $A_2B_2C_1D_3E_2F_2$ |
| ۱۰ | سرمایه‌گذاری توسعه معادن و فلزات | ومعادن | $A_2B_2C_1D_3E_1F_2$ |

منبع: یافته‌های پژوهش

بعد از به‌دست آوردن ارزیابی بر اساس معیارها برای هر یک از سهام، مقایسات زوجی بین معیارها، بر اساس ترجیحات و اولویت تصمیم‌گیرنده صورت می‌گیرد. این روند برای تک‌تک معیارها و مقادیر معیارها انجام می‌پذیرد. البته باید قبل از انجام مقایسه زوجی، اولویت هر یک از معیارها و همچنین استقلال آن‌ها توسط تصمیم‌گیرنده تعیین گردد و در صورت وجود وابستگی در معیارها، حذف وابستگی صورت گیرد. همچنین، پیش فرض مسئله را هم برای همه گزینه‌ها داریم؛

$$A_1 \rightarrow A_2 = a_1 \quad , \quad A_2 \rightarrow A_3 = a_2 \quad , \quad A_1 \rightarrow A_3 = a_3$$
$$B_1 \rightarrow B_2 = b_1 \quad , \quad B_2 \rightarrow B_3 = b_2 \quad , \quad B_1 \rightarrow B_3 = b_3$$

سپس، با استفاده از مقایسات انجام شده، روابط بین مقایسات، با توجه به پیش‌فرض تعریف شده مسئله استخراج می‌شود. در نهایت، یک رابطه کلی بدست می‌آید که همان QV مسئله است. با رتبه دادن این رابطه، به ترتیب از چپ به راست، JSQV حاصل می‌شود. در مرحله آخر، مقایسه بین ارزیابی بر اساس معیار حاصل از جدول ۱ با بهترین حالت سهام انجام می‌گیرد که خروجی آن همان شاخص رسمی کیفیت FIQ می‌باشد. در این قسمت مقایسه با بهترین حالت سهم یعنی $A_1B_1C_1D_1E_1F_1$ صورت می‌گیرد. پس از مقایسه، رابطه مورد نظر به‌دست می‌آید. با توجه به رتبه‌ی در نظر گرفته شده برای هر یک ، جهت رسیدن به شاخص رسمی کیفیت رتبه‌ها جمع می‌شود. این عدد مقدار شاخص رسمی کیفیت است. برای هر یک از ۱۰ سهم این مقدار به این صورت محاسبه می‌شود. بهترین گزینه کمترین مقدار FIQ را باید داشته باشد و هدف پژوهش حاضر نیز حداقل کردن آن است.

**جدول ۲.** مقدار FIQ هر یک از سهام

| سهام | نماد | FIQ |
|---|---|---|
| فولاد خوزستان | فخوز | ۱۶ |
| ملی صنایع مس ایران | فملی | ۲۰ |
| کالسیمین | فاسمین | ۲۹ |
| ایران خودرو | خودرو | ۶۱ |
| سایپا | خساپا | ۶۱ |
| پتروشیمی پردیس | شپدیس | ۱۸ |
| پالایش نفت بندرعباس | شبندر | ۱۹ |
| پالایش نفت اصفهان | شپنا | ۳۱ |
| سرمایه‌گذاری غدیر | وغدیر | ۳۱ |
| سرمایه‌گذاری توسعه معادن و فلزات | ومعادن | ۳۰ |

منبع: یافته‌های پژوهش

**محاسبه بازده سهام**

**شرکت‌ها درمحیط فازی**

در این پژوهش، دوره زمانی ۵ سال در نظرگرفته شده است. همچنین، برای محاسبه پارامترهای ورودی مسئله از مجموعه داده‌های روزانه سهام ۱۰ شرکت فعال‌تر پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران به‌عنوان نمونه پژوهش استفاده شده است. محدوده زمانی داده‌های مالی استخراج شده از ۱۳۹۲/۱/۵ تا ۱۳۹۶/۱۲/۲۸ می‌باشد که مربوط به قیمت‌های سهام (بسته شدن، بالاترین، پایین‌ترین) هر شرکت، از پایگاه داده "Tsetmc" است که از خروجی در نرم‌افزار Matlab به‌دست آمده است. به‌عنوان ورودی در الگوریتم‌های بهینه‌سازی فازی چندهدفه از رویکرد مبتنی بر قوی‌ترین t-norm ($T_M$)، جهت فازی‌سازی اطلاعات به‌صورت مثلثی، نسبت به تعیین توابع عضویت مثلثی فازی بازده سهام شرکت‌ها به عنوان ورودی مدل بهینه‌سازی پرتفوی اقدام شده است. در این رویکرد برای سهام $i$ ام در زمان $th$ ام، قیمت بسته شدن به صورت ($price_{it}$)، پایین‌ترین قیمت به صورت ($Low_price_{it}$) و بالاترین قیمت به صورت ($High_price_{it}$) نشان داده شده است. میانه، کرانه سمت چپ و کرانه سمت راست عدد فازی مثلثی ($a_{it}, b_{it}, c_{it}$) که بیان‌کننده بازده فازی سهام $i$ ام در نقطه زمانی $t$ ام توسط فرمول ۱۲ تعیین می‌شود:

$$a_{it} = m_{it} = \ln \frac{Low_price_{it}}{price_{i(t-1)}}$$
$$b_{it} = m_{it} = \ln \frac{price_{it}}{price_{i(t-1)}} \qquad (۱۲)$$
$$c_{it} = m_{it} + r_{it} = \ln \frac{High_price_{it}}{price_{i(t-1)}}$$

پس از مدل‌سازی بازده تمام سهام توسط متغیرهای مثلثی فازی به کمک رابطه ۱۲، قادر به استخراج بازده مورد انتظار فازی برای هر سهم با استفاده از رابطه ۱۳ می‌شود.

$$(a_i, b_i, c_i) = \left(\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} a_{it}, \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} b_{it}, \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T} c_{it}, \right) \qquad (۱۳)$$

سپس، بازده مورد انتظار سهام شرکت‌ها با استفاده از رابطه ۱۳ در نرم‌افزار Excel محاسبه می‌گردد و نتیجه در جدول ۳ نشان داده می‌شود.

**جدول ۳.** بازده فازی روزانه مورد انتظار سهام شرکت‌ها مبتنی بر رویکرد Tm

| سهام | نماد | بازده فازی مثلثی |
|---|---|---|
| فولاد خوزستان | فخوز | -۰/۰۲۴۳۶۲، -۰/۰۰۱۶۱۸، ۰/۰۰۳۱۵۲ |
| پتروشیمی پردیس | شپدیس | -۰/۲۰۰۰۸، -۰/۰۰۱۶۵۱، ۰/۰۰۵۹۷۶ |
| پالایش نفت بندرعباس | شبندر | -۰/۰۱۷۰۳۴، ۰/۰۰۰۲۸۲، ۰/۰۱۵۷۵۷ |
| ملی صنایع مس ایران | فملی | -۰/۰۲۰۵۵۹، -۰/۰۰۰۷۱۶، ۰/۰۰۸۹۷۳ |
| کالسیمین | فاسمین | -۰/۰۱۶۲۱۶، ۰/۰۰۰۰۰۷ ، ۰/۰۱۶۵۴۱ |
| سرمایه‌گذاری توسعه معادن و فلزات | ومعادن | -۰/۰۲۱۱۲۲، -۰/۰۰۱۰۶۰، ۰/۰۱۱۸۶۵ |
| سرمایه‌گذاری غدیر | وغدیر | -۰/۰۱۸۷۱۶، -۰/۰۰۱۰۴۸، ۰/۰۰۸۷۷۴ |
| پالایش نفت اصفهان | شپنا | -۰/۰۱۹۳۲۶، -۰/۰۰۱۸۳۱، ۰/۰۱۳۵۸۶ |
| ایران خودرو | خودرو | -۰/۰۱۶۵۶۳، ۰/۰۰۱۰۲۰، ۰/۰۱۸۵۳۱ |
| سایپا | خساپا | -۰/۰۱۷۹۹۴، -۰/۰۰۰۰۸۲، ۰/۰۱۸۱۹۱ |

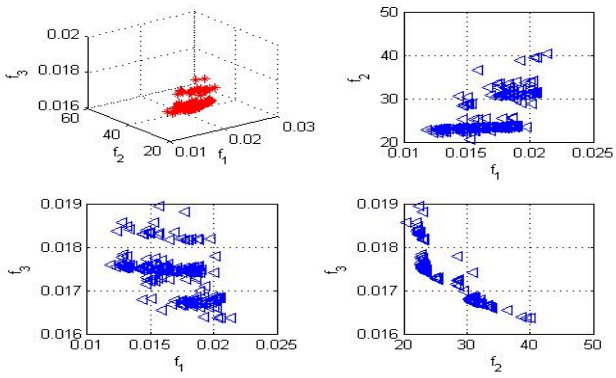
منبع: یافته‌های پژوهش

**حل مدل به‌صورت چندهدفه**

نکته مهم در تفسیر نتایج روش‌های حل چندهدفه این است که مسئله دارای جواب بهینه نخواهد بود، بلکه در مسائل چندهدفه بهینگی، پارتو خواهد بود. منظور از جواب بهینه پارتو، جوابی است که هیچ جواب دیگری بر آن غلبه نکند. بنابراین، خروجی این مدل به‌صورت مجموعه‌ای از جواب‌های پارتو خواهد بود که در آن سرمایه‌گذار می‌تواند بر اساس ترجیحات ذهنی خود یکی یا مجموعه‌ای از آن جواب‌ها را به‌عنوان استراتژی مناسب برای مدل، مورد انتخاب قرار دهد.

برای مثال اگر در یک پرتفوی ۱۰ سهم اختصاص دهیم که ثروت ابتدایی ۱۰۰۰۰ دلار، حداقل و حداکثر میزان سرمایه‌ای که می‌تواند به هر دارایی اختصاص داده شود به ترتیب صفر و ۳۰ درصد و حداقل و حداکثر تعداد سهامی که می‌تواند در پرتفوی در هر دوره وجود داشته باشد، به ترتیب ۵ و ۸ می‌باشد. برای حل مسئله بهینه‌سازی از نرم‌افزار Matlab استفاده گردید. نظر به این‌که ۳ تابع هدف در مسئله وجود داشت و امکان نمایش هم‌زمان ۳ هدف در یک تصویر وجود ندارد، بنابراین نمودارهای حاصل از اجرای الگوریتم به‌صورت سه‌بعدی و دوبعدی نمایش داده می‌شود.

دو شکل ۱ پرتفوهای بهینه و میزان توابع هدف هریک از پرتفوی‌ها را در مدل پرتفوی حاصل از اجرای الگوریتم MOPSO نشان می‌دهد.




**شکل ۱.** جبهه‌های پارتو حاصل از اجرای الگوریتم MOPSO

منبع: یافته‌های پژوهش

خروجی ۲۰۰ سبد سهام است که با توجه به میزان جمعیت اولیه حاصل می‌شود. سپس، از بین این مجموعه پارتو مقادیر بهینه سبد سهام برخی مقادیر به تصادف انتخاب و در جدول ۴ نشان داده شده است.

**جدول ۴.** مقادیر بهینه پرتفوی برای برخی مقادیر از مجموعه پارتو

| فولاد خوزستان | پتروشیمی پردیس | پالایش نفت بندر عباس | ملی صنایع مس ایران | کالسیمین | سرمایه گذاری توسعه معادن و فلزات | سرمایه-گذاری غدیر | پالایش نفت اصفهان | ایران خودرو | سایپا | پرتفوی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۱۶ | ۰/۲۱ | ۰ | ۰/۲۵ | ۰/۲۲ | ۰ | ۰ | ۰/۱۵ | ۰ | ۰ | ۱ |
| ۰ | ۰/۱۹ | ۰/۲ | ۰/۱۸ | ۰/۲۴ | ۰ | ۰/۱۹ | ۰ | ۰ | ۰ | ۵۰ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ۰ | ۰/۲ | ۰/۲۴ | ۰/۱۷ | ۰/۲ | ۰ | ۰/۱۸ | ۰ | ۰ | ۰ | ۱۰۰ |
| ۰ | ۰/۱۸ | ۰/۲۲ | ۰ | ۰/۲۳ | ۰ | ۰/۱۹ | ۰ | ۰/۱۸ | ۰ | ۲۰۰ |

منبع: یافته‌های پژوهش

**جدول ۵.** مقادیر بهینه توابع هدف به ازای برخی مقادیر از مجموعه پارتو (روش MOPSO)

| جبهه پارتو | ارزش در معرض ریسک میانگین | شاخص رسمی کیفیت | نرخ بازده مورد انتظار |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۰/۰۱۸۹ | ۲۲/۶۱۷۶ | ۰/۰۱۵۷ |
| ۵۰ | ۰/۰۱۷۵ | ۲۳/۶۷۱۰ | ۰/۰۱۸۵ |
| ۱۰۰ | ۰/۰۱۷۴ | ۲۳/۲۵۶۰ | ۰/۰۱۵۵ |
| ۲۰۰ | ۰/۰۱۶۷ | ۳۰/۹۲۱۳ | ۰/۰۱۸۳ |

منبع: یافته‌های پژوهش

**جدول ۶.** مقادیر توابع هدف به ازای پرتفوهای بهینه

| پرتفوی پارتو بهینه | | | |
|---|---|---|---|
| ۲۰/۱۱ | MIN FIQ | ۱۱۰۹۸ | MIN W |
| ۳۰/۹۲ | MAX FIQ | ۱۲۰۱۰ | MAX W |
| ۲۵/۴۴ | MEAN FIQ | ۱۱۶۲۰ | MEAN W |
| ۰/۰۱۵ | MIN $\tilde{R}$ | ۰/۰۱۵ | MIN AVaR |
| ۰/۰۱۸ | MAX $\tilde{R}$ | ۰/۰۱۸ | MAX AVaR |
| ۰/۰۱۶ | MEAN $\tilde{R}$ | ۰/۰۱۷ | MEAN AVaR |

منبع: یافته‌های پژوهش

**مقایسه پرتفوهای بهینه با پرتفوهای تصادفی (MOPSO)**

تعداد ۲۰۰ پرتفوی با وزن‌های تصادفی در محیط Matlab با استفاده از دستور rand (10,1) جهت سنجش روایی مدل و جواب‌های آن و همچنین، مقایسه میان پرتفوی تشکیل شده حاصل از پژوهش با پرتفوی تصادفی ایجاد و برخی نتایج حاصل از خروجی نرم‌افزار در جدول ۷ نشان داده شده است. سپس با ورود این مقادیر تصادفی، میزان ارزش توابع هدف مربوط به این پرتفوی‌های تصادفی محاسبه شده است.

**جدول ۷.** مقادیر توابع هدف به ازای پرتفوهای تصادفی

| پرتفوی پارتو تصادفی | | | |
|---|---|---|---|
| MIN W | ۱۱۰۸۰ | MIN FIQ | ۲۱/۸۲ |
| MAX W | ۱۱۹۲۰ | MAX FIQ | ۴۴/۶۵ |
| MEAN W | ۱۱۵۵۰ | MEAN FIQ | ۳۴/۲۴ |
| MIN AVaR | ۰/۰۱۷ | MIN $\tilde{R}$ | ۰/۰۱ |
| MAX AVaR | ۰/۰۱۹ | MAX $\tilde{R}$ | ۰/۰۱۴ |
| MEAN AVaR | ۰/۰۱۸ | MEAN $\tilde{R}$ | ۰/۰۱۳ |

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در جدول ۷ مشخص گردیده است، سطح میانگین دستیابی به حداکثر نرخ بازده و حداقل هریک از توابع شاخص رسمی کیفیت و میزان ریسک در حالت پرتفوهای بهینه از پرتفوهای تصادفی در وضعیت بهتری قرار دارد.

در مجموع، نتایج حاکی از کارایی بالای الگوریتم در حل مسئله بهینه‌سازی فازی می‌باشد. توانایی فوق‌العاده الگوریتم در به‌دست آوردن نقاط بهینه، این اطمینان خاطر را برای سرمایه‌گذار ایجاد می‌نماید که گرفتار مسئله دام نقاط بهینه محلی نشده است و از سوی دیگر، این پژوهش نشان داد که می‌توان به راحتی و در زمان کوتاهی، مسئله بهینه‌سازی با این تعداد متغیر را حل کرد و در خصوص انتخاب سبد سهام بهینه به نتایج مورد نظر دست یافت.

## نتیجه‌گیری و بحث

انتخاب پرتفوی بهینه، یکی از مهم‌ترین مسائل در زمینه سرمایه‌گذاری بوده است. عدم‌قطعیت در بازده دارایی‌ها، همواره در طی زمان باعث ایجاد نوسانات غیرمنتظره‌ای در آن می‌شود. یکی از گزینه‌های

مناسب برای مدل کردن بازده دارایی‌ها، می‌تواند منطق فازی باشد، اما بعد دیگر مسائل بهینه‌سازی پرتفوی، انتخاب معیار ریسک مناسب می‌باشد. می‌توان با توجه به عدم‌تقارن و غیرنرمال بودن تابع توزیع دارایی‌ها به این نتیجه رسید که استفاده از گشتاورهای بالاتر می‌تواند به تولید سبدهای سرمایه‌گذاری بهتری منجر شود. برای ساخت مدل بهینه‌سازی چندهدفه سبد سهام در محیط فازی، از تئوری اعتبار، برای محاسبه گشتاور آماری همانند ارزش مورد انتظار و معیار ارزش در معرض ریسک میانگین استفاده شده است. همچنین، در زمینه مدل‌سازی فازی برای انتخاب سبد سهام توسط متغیرهای تصادفی مثلثی فازی نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

مدل طراحی شده دارای ۳ هدف بوده است که ۲ هدف آن به‌صورت کمینه‌سازی و ۱ هدف آن بیشینه‌سازی می‌باشد. همچنین، محدودیت‌های حداکثر و حداقل میزان سرمایه‌گذاری در یک سهم و حداکثر و حداقل تعداد سهامی که می‌تواند در پرتفوی مورد نظر وجود داشته باشد، را دارد. برای حل مدل از الگوریتم فرا ابتکاری MOPSO استفاده شد و جبهه پارتو به‌دست آمد. همچنین، نتایج حاصل از اجرای الگوریتم و ایجاد پرتفوی‌های بهینه با پرتفوهای حاصل از وزن‌های تصادفی مقایسه گردید که نشان‌دهنده سطح رضایت بیشتر اهداف مسئله در هر ۳ هدف مدل می‌باشد. برای مقایسه بین پرتفوی‌های تشکیل شده حاصل از پژوهش با پرتفوی‌های دیگر، یک پرتفوی تصادفی ایجاد نموده و در نهایت، این نتیجه حاصل شد که مدل به‌دست آمده نسبت به مدل‌های تصادفی از بعد رضایت اهداف، در سطح بالاتری قرار دارد. البته می‌توان از معیارهای دیگری برای مقایسه استفاده کرد که طبیعتاً ممکن است نتایج متفاوت باشند. همچنین، نتایج نشان می‌دهند که استفاده از الگوریتم چندهدفه نتایج متنوع‌تری از لحاظ معیارها نسبت به حالت تک‌هدفه ایجاد می‌کند.

در این پژوهش از داده‌های ۱۰ شرکت فعال‌تر بورس اوراق بهادار تهران به‌عنوان نمونه استفاده گردید و پرتفوی از این شرکت‌ها تشکیل شد، لذا در تعمیم نتایج این پژوهش به کل شاخص بورس باید احتیاط نمود. همچنین، عدم‌دسترسی کامل به خبرگان مالی بورس اوراق بهادار تهران در قسمت تنظیم پرسشنامه و پاسخگو نبودن خبرگان مالی به دلیل محدودیت زمانی و نیز استفاده از داده‌های مبتنی بر قضاوت ذهنی خبرگان از دیگر محدودیت‌های قابل توجه می‌باشد.

برای پژوهش‌های آینده، استفاده از سایر روش‌های هوشمند، همانند الگوریتم مورچگان، رقابت استعماری و ترکیبی از آن‌ها که به روش‌های هیبریدی معروفند، پیشنهاد می‌گردد. حتی می‌توان با استفاده از روش‌های هیبریدی، نتایج حاصله با هم مقایسه گردند و روشی را که نتیجه مطلوب‌تری دارد، به‌عنوان روش موثر انتخاب نمایند. همچنین، می‌توان محدودیت‌های دیگری از بازار واقعی، هم‌چون هزینه معامله و

محدودیت بودجه و نیز فرض وجود فروش استقراضی در بازار را به مدل اضافه نمود. اضافه نمودن معیارهای جدید از قبیل کمینه کردن هزینه تراکنش، حداکثر کردن معیار نقدشوندگی و نیز، محدودیت عدد صحیح می‌تواند کارآمدی مدل را افزایش دهد. حتی می‌توان افزایش حجم نمونه با بکارگیری تعداد بیشتری از شرکت‌ها و نیز استفاده از معیارهای دیگر ریسک برای انتخاب سهام مدنظر قرارگیرد.

**ملاحظات اخلاقی**

حامی مالی: مقاله حامی مالی ندارد.

مشارکت نویسندگان: تمام نویسندگان در آماده‌سازی مقاله مشارکت داشته‌اند.

تعارض منافع: بنا بر اظهار نویسندگان در این مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

تعهد کپی‌رایت: طبق تعهد نویسندگان حق کپی‌رایت رعایت شده‌است.

**References**


Alexander, G. J., & Baptista, A. M. (2004). "A comparison of VaR and CVaR constraints on portfolio selection with the mean-variance model". *Management science*, 50(9), 1261-1273.

Andersson, F., Mausser, H., Rosen, D., & Uryasev, S. (2001). "Credit risk optimization with conditional value-at-risk criterion". *Mathematical Programming*, .89(2), 273-291.

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

Behzadi, A., Bakhtiari, M. (2014). "A Model Based on Average-Entropy- Skillet for Optimization of Stock Basket in Fuzzy Environment". *Journal of Financial Engineering and Management of Securities*, Summer 2014, Issue 19, 39-56. (In Persian)

Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. (2002). "Robust optimization–methodology and applications". *Mathematical Programming*, 92(3), 453-480.

Chen, Y., Liu, Y. K., & Chen, J. (2006). "Fuzzy portfolio selection problems based on credibility theory". *Advances in Machine Learning and Cybernetics*, 377-386.

Chunhachinda, P., Dandapani, K., Hamid, S., & Prakash, A. J. (1997). "Portfolio selection and skewness: Evidence from international stock markets". *Journal of Banking & Finance*, 21(2), 143-167.

Didehkhani, H., Hojjati Ostani, S. (2017). "Multi-objective programming model for stock selection with consideration of fuzzy risk value: fuzzy credit theory theory approach". *Financial Engineering and Management of Securities*, Vol. 8 (32), 239-268. (In Persian)

Feinstein, C. D., & Thapa, M. N. (1993). "A Reformulation of a Mean-absolute Deviation Portfolio Optimization Model". *Management Science*, 39(12).

Grootveld, H., & Hallerbach, W. (1999). "Variance vs downside risk: Is there really that much difference?" . *European Journal of operational research*, 114(2), 304-319.

Gupta, P., Mehlawat, M. K., Inuiguchi, M., & Chandra, S. (2014). "Fuzzy Portfolio Optimization" . Springer-Verlag, Berlin.

Huang, X. (2006). "Fuzzy chance-constrained portfolio selection". *Applied mathematics and computation*, 177(2), 500-507.

Huang, X. (2008). "Mean-variance model for fuzzy capital budgeting". *Computers & Industrial Engineering*, 55(1), 34-47.

Huang, X. (2008). "Risk curve and fuzzy portfolio selection". *Computers & Mathematics with Applications*, 55(6), 1102-1112.

Huang, X. (2008). "Mean-entropy models for fuzzy portfolio selection". *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 16(4), 1096-1101.

Katagiri, H., & Ishii, H. (1999). "Fuzzy portfolio selection problem". *In Systems, Man, and Cybernetics, IEEE SMC'99 Conference Proceedings, IEEE International Conference on*, Vol. 3, 973-978.

Konno, H., & Yamazaki, H. (1991). "Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market". *Management science*, 37(5), 519.

Larichev, O.I., (2001). "Ranking multicriteria alternatives: The method ZAPROS III ". *European Journal of Operational Research*, 131, 550- 558.

León, T., Liern, V., & Vercher, E. (2002). "Viability of infeasible portfolio selection problems: A fuzzy approach". *European Journal of Operational Research*, 139(1), 178-189.

Leung, P. l., Ng lui, K., wong, W. (2012). "An improved estimation to make Markowitz's portfolio optimization theory users friendly and estimation accurate with application on the US stock market investment ". 85-98.

Li, X., Qin, Z., & Kar, S. (2010). "Mean-variance-skewness model for portfolio selection with fuzzy returns". *European Journal of Operational Research*, 202(1), 239-247.

Li, J., & Xu, J. (2009). "A novel portfolio selection model in a hybrid uncertain environment". *Omega*, 37(2), 439-449.

Liu, B. D. (2004). "Uncertain theory: An introduction to its axiomatic foundation". *Berlin: Springer-Verlag.*

Liu, B., & Liu, Y. K. (2008). "Expected value of fuzzy variable and fuzzy expected value models". *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, 10(4), 445-450. Finance 14 ; 107–123.

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

Markowitz, H., & Selection, P. (1959). "Efficient diversification of investments". *John Wiley and Sons*, 12, 26-31.

Mohammadi, M., Barati, M., A., & Naderi, B. (2015). "Selection of Fuzzy Multi-Phase Investment Basis Using Faraborative Method". *Master's thesis, Faculty of Engineering and Engineering, Kharazmi University*. (In Persian)

Moushakhian, S., Najafi, A., A. (2015). "Optimization of Investment Basis Using Multi-Objective Particle Swarm Algorithm for Multi-Term Multiplier-Half-Variance-Skidding Model". *Journal of Financial Engineering and Management of Securities*, Vol. 23, 133-147. (In Persian)

Pakmaram, A., Bahri Thales, J., & Valizadeh, M. (2017). "Portfolio Selection and Optimization Using Genetic Algorithm Using Markovitz Half-Mean Mean Model". *Journal of Financial Engineering and Securities Management*, No. 31. (In Persian)

Peng, J. (2011). "Credibilistic value and average value at risk in fuzzy risk analysis". *Fuzzy Information and Engineering*, 3(1), 69-79.

Rachev, S. T., Stoyanov, S. V., & Fabozzi, F. J. (2008). "Advanced stochastic models, risk assessment, and portfolio optimization: The ideal risk, uncertainty, and performance measures". *John Wiley & Sons*, Vol. 149.

Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). "Optimization of conditional value-at-risk". *Journal of risk*, 2, 21-42.

Rockafellar, R. T., Uryasev, S., & Zabarankin, M. (2006). "Generalized deviations in risk analysis". *Finance and Stochastics*, 10(1), 51-74.

Rostami, M., R., Kalantari Banejar, M., & Behzadi, A. (2015) "Higher momentum in optimizing stock portfolio in fuzzy environment". *Journal of Financial Engineering and Management of Securities*, No. 24, 41-61. (In Persian)

Shahmohammadi, M., Emami-Mibdi, L., & Zare mehrjjerdi, Y. (2012). "Presentation of Combined Intelligent Algorithm Based on the Fuzzy Mean-Variance-Skillet Model for Portfolio Selection". *International Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 4, No. 23, 448-458. (In Persian)

Speranza, M. G. (1993). "Linear programming models for portfolio optimization". J.

Tamanini, I., Machado, T. C. S., Mendes, M. S., Carvalho, A. L., Furtado, S., Pinheiro, P. R. (2008). "A model for mobile television applications based on verbal decision analysis, In: Elleithy, K. (ed.)" . *Advances and Innovations in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, vol. 19.

Uryasev, S. (2000). "Conditional value-at-risk: Optimization algorithms and applications". *In Computational Intelligence for Financial Engineering*, (CIFEr) Proceedings of the IEEE/IAFE/INFORMS 2000 Conference on ,49-57

Watada, J. (1997). "Fuzzy portfolio selection and its applications to decision making". *Tatra Mountains Mathematical Publication*, 13(4), 219-248.

Xia, Y., Liu, B., Wang, S., & Lai, K. K. (2000). "A model for portfolio selection with order of expected returns". *Computers & Operations Research*, 27(5), 409-422.

Yoshimoto, A. (1996). "The mean-variance approach to portfolio optimization subject to transaction costs". *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 39(1), 99-117.

Zhang, W. G., Liu, Y. J., & Xu, W. J. (2014). "A new fuzzy programming approach for multi-period portfolio optimization with return demand and risk control". *Fuzzy Sets and Systems*, 246, 107-126.

Zhang, W. G., & Xiao, W. L. (2009). "On weighted lower and upper possibilistic means and variances of fuzzy numbers and its application in decision". *Knowledge and information systems*, 18(3), 311-330.

COPYRIGHTS

This license allows others to download the works and share them with others as long as they credit them, but they can’t change them in any way or use them commercially.