

Multi-Objective Portfolio Selection under Deep Uncertainty Based on Scenario Approach (Case Study: Iranian Capital Market)¹

Meysam Doaei²

Received: 07 April 2025

Revised: 01 February 2025

Research Paper

Accepted: 01 February 2025

Published Online: 07 February 2025

Highlights

- This study proposes a multi-objective portfolio optimization model (return, risk, and liquidity) under deep uncertainty in the Iranian capital market, using a scenario-based approach combined with generalized goal programming (GGP with reference point method).
- The model employs a two-stage stochastic framework that allows an initial portfolio decision followed by scenario-specific adjustments, providing high flexibility and robustness in highly uncertain environments.
- Four main scenarios were defined (intensified sanctions & stagflation, improved relations & economic boom, sanctions with balanced recession, relative stability with domestic growth) and their approximate probabilities were estimated using Monte Carlo simulation based on historical data.
- In out-of-sample testing, the proposed model achieved an average annual return of 16.8% and a Sharpe ratio of 1.46, significantly outperforming traditional models such as Markowitz mean-variance, CVaR, and MAD, especially during recession and high-volatility periods.
- Explicitly incorporating liquidity as a third objective (often ignored in classic models) and addressing Iran-specific market features (sanctions, high inflation, liquidity constraints) represent the main innovations and practical strengths of the study.

Abstract

This study aims to present an optimization model for a multi-objective stock portfolio in the Iranian capital market under conditions of deep uncertainty. The research adopts a descriptive-analytical approach to optimize stock portfolio selection in the Iranian capital market under deep uncertainty. This study employs a mixed-methods approach, combining both quantitative and qualitative methods. In the quantitative section, mathematical modeling and simulation techniques are used to optimize the portfolio based on three objectives: return, risk and liquidity. The two-stage approach employed allows for initial decision-making followed by alignment with real market scenarios. Data is analyzed using Monte Carlo simulation and a generalized goal programming method is utilized for optimization. This model assists investors in selecting a portfolio that is suitable under conditions of uncertainty. Overall, the findings of this study indicate that the scenario-based multi-objective approach in stock portfolio selection, especially under deep uncertainty, can be an effective tool for investors and portfolio managers. By providing a comprehensive and flexible framework, this model facilitates improved risk management and portfolio performance optimization. However, the effectiveness of this model is contingent on the accuracy of scenario determination.

Keywords: Market Uncertainty, Multi-objective Stock Portfolio, Risk Management.

JEL Classification: G11, C61, C44.

1. doi: [10.22034/JSE.2026.12558.2354](https://doi.org/10.22034/JSE.2026.12558.2354)

2. Department of Finance, Esf.C; Islamic Azad University, Esfarayen, Iran. (Corresponding Author). (me.doaei@iau.ac.ir).



Copyright © 2026 The Authors. Published by Securities and Exchange Organization.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0
International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses
of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

Cite This Article: Doaei, Meysam; (2026). Multi-objective Portfolio Selection under Deep Uncertainty based on Scenario Approach (case study: Iranian Capital Market).
Quarterly Journal of Securities Exchange, 19 (73), 181-216.

<http://10.22034/JSE.2026.12558.2354>

Homepage: <https://journal.seo.ir>

Introduction

Portfolio selection is a complex issue in financial management, particularly in volatile markets influenced by global economic interactions, crises, and sanctions. In the Iranian capital market, characterized by high inflation, economic instability, political risks, and sanctions, investors face deep uncertainty—defined as conditions where decision-makers cannot agree on models, probability distributions of external inputs, or even value functions for ranking outcomes (Lempert, Popper, & Bankes 2003; Marchau Walker, Bloemen, & Popper 2019). Traditional models, such as Markowitz's mean-variance framework, often focus solely on return and risk, overlooking liquidity—a critical factor in emerging markets like Iran. This study addresses these gaps by proposing a multi-objective portfolio optimization model that incorporates return, risk, and liquidity under deep uncertainty. Using a scenario-based approach, the research develops a robust framework for the Tehran Stock Exchange and Iran Fara Bourse, aiming to assist investors and portfolio managers in achieving resilient performance amid unpredictable conditions.

Methodology

The research employs a mixed-methods descriptive-analytical approach, combining quantitative and qualitative techniques. Data were collected from secondary sources, including TSETMC, Codal, and the Central Bank of Iran, covering 50 selected companies from 1397 to 1402 (Persian calendar). Historical data were analyzed using ARIMA-GARCH models for forecasting and Monte Carlo simulation (10,000+ iterations in MATLAB) to generate probabilities for four scenarios: (1) intensified sanctions and stagflation, (2) improved relations and economic boom, (3) sanctions with balanced relations and recession, and (4) relative stability with domestic growth.

A two-stage stochastic optimization model was developed, allowing initial decisions followed by scenario-specific adjustments. Optimization was performed using generalized goal programming with a reference point approach in MATLAB (fmincon solver), minimizing deviations from target levels for three objectives: maximizing expected return, minimizing risk (measured via CVaR), and maximizing liquidity. Qualitative inputs from expert interviews informed scenario definition, objective weights, and reference levels. Constraints included diversification limits,

minimum/maximum allocations per stock, and maximum adjustments between stages.

Results

The model was tested across multiple runs with varying objective weights, yielding Pareto-optimal portfolios. Expected returns ranged from 6% to 8%, risk from 12% to 14%, and liquidity from 6.5 to 7.5 across scenarios. Descriptive statistics showed positive correlations between return and risk (0.65) and return and liquidity (0.42), with a weak negative correlation between risk and liquidity (-0.18). Out-of-sample tests using rolling windows demonstrated superior performance: the proposed model achieved an annual return of 16.8%, outperforming benchmarks like the Markowitz mean-variance model, CVaR-based approaches, and the Tehran Stock Exchange index in terms of risk-adjusted returns (higher Sharpe ratio).

Scenario analysis revealed adaptability: growth stocks were favored in boom scenarios, while defensive stocks dominated in recessionary ones. Sensitivity analysis confirmed robustness, with changes in weights or reference levels influencing trade-offs predictably (e.g; higher return weight increased returns but also risk).

Discussion

The findings highlight the effectiveness of the scenario-based multi-objective approach in handling deep uncertainty, outperforming traditional single-objective models by incorporating liquidity and allowing post-revelation adjustments. This aligns with prior studies emphasizing multi-criteria decision-making in emerging markets but extends them by explicitly modeling deep uncertainty without relying on precise probabilities. In the Iranian context, the model's flexibility addresses unique challenges like sanctions and liquidity constraints, providing better risk management during volatile periods. Comparisons with methods like genetic algorithms or hybrid mean-semivariance-entropy models showed the proposed framework's computational efficiency and superior real-world performance. Limitations include dependency on accurate scenario specification and the need for ongoing updates amid rapid market changes.

Conclusions

This study demonstrates that a scenario-based multi-objective portfolio selection model, integrating generalized goal programming in a two-stage framework, serves as an effective tool for investors in the Iranian capital market under deep uncertainty. By simultaneously optimizing return, risk, and liquidity while accommodating diverse future scenarios, the model enhances risk management and portfolio resilience. It offers practical value for individual and institutional investors, financial analysts, and policymakers. Future research could incorporate additional criteria (e.g; ESG factors or behavioral preferences), machine learning for scenario generation, or extensions to other asset classes. Overall, the approach provides a comprehensive, flexible framework for navigating uncertain environments, contingent on precise scenario calibration and periodic refinement.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



سازمان بورس و اوراق بهادار، مدیریت پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی
فصلنامه بورس اوراق بهادار، سال نوزدهم، شماره ۷۳، بهار ۱۴۰۵، صص ۲۱۶-۱۸۱

انتخاب سبد سهام چندهدفه تحت شرایط عدم قطعیت عمیق مبتنی بر سناریو (مطالعه موردی: بازار سرمایه ایران)^۱

میثم دعائی^۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۱/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲

مقاله پژوهشی

نکات برجسته

- این پژوهش مدل چندهدفه (بازده، ریسک و نقدشوندگی) مبتنی بر رویکرد سناریو و برنامه‌ریزی آرمانی تعمیم‌یافته (GGP) با روش نقطه مرجع برای انتخاب سبد سهام در شرایط عدم قطعیت عمیق بازار سرمایه ایران ارائه می‌دهد.
- مدل پیشنهادی از ساختار دوطرحی (دو مرحله‌ای) استفاده می‌کند که امکان تصمیم‌گیری اولیه و سپس تعدیل سبد پس از روشن شدن سناریوی واقعی بازار را فراهم می‌آورد و انعطاف‌پذیری بالایی در برابر عدم قطعیت ایجاد می‌کند.
- چهار سناریوی اصلی (تشدید تحریم و رکود تورمی، بهبود روابط و رونق، تحریم با رکود متعادل، ثبات نسبی با رشد داخلی) با کمک شبیه‌سازی مونت کارلو و داده‌های تاریخی تعریف و احتمالات تقریبی آن‌ها محاسبه شده است.
- در آزمون خارج از نمونه، مدل پیشنهادی با بازده سالانه میانگین ۱۶٫۸٪ و نسبت شارپ ۱٫۴۶ عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های مارکویتز، CVaR و MAD نشان داد و در شرایط رکود و نوسان شدید نیز مقاومت بیشتری از خود بروز داد.
- گنجاندن معیار نقدشوندگی به‌عنوان هدف سوم (که در مدل‌های سنتی معمولاً نادیده گرفته می‌شود) و توجه ویژه به ویژگی‌های خاص بازار ایران (تحریم، تورم بالا، محدودیت نقدشوندگی) از مهم‌ترین نوآوری‌ها و نقاط قوت این مطالعه است.

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارائه یک مدل بهینه‌سازی سبد سهام چند هدفه در بازار سرمایه ایران تحت شرایط عدم قطعیت عمیق انجام شده است. پژوهش حاضر با رویکرد توصیفی - تحلیلی به انتخاب بهینه سبد سهام در بازار سرمایه ایران تحت شرایط عدم قطعیت عمیق پرداخته و شامل شرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران در بازه ابتدای فروردین تا پایان اسفند ۱۴۰۲ است. داده‌های پژوهش از منابع ثانویه شامل پایگاه‌های اطلاعاتی شرکت مدیریت فناوری بورس اوراق بهادار تهران (TSETMC)، سامانه کنال و بانک مرکزی ایران برای دوره ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ گردآوری شده و با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو در نرم‌افزار متلب و مدل‌های ARIMA-GARCH تحلیل شدند؛ همچنین، بهینه‌سازی چندهدفه با بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی آرمانی تعمیم‌یافته (رویکرد نقطه مرجع) در متلب انجام شده است. این مطالعه از روش‌های ترکیبی کمی و کیفی استفاده کرده و در بخش کمی با استفاده از مدل‌سازی ریاضی و شبیه‌سازی، سبد سهام را بر اساس سه هدف بازده، ریسک و نقدشوندگی بهینه‌سازی کرده است. رویکرد دو مرحله‌ای مورد استفاده، تصمیم‌گیری اولیه و سپس تطبیق آن با سناریوهای واقعی بازار را ممکن می‌سازد. داده‌ها با شبیه‌سازی مونت کارلو تحلیل و از روش برنامه‌ریزی آرمانی تعمیم‌یافته برای بهینه‌سازی استفاده شده است. این مدل به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا سبد سهامی متناسب با شرایط عدم قطعیت انتخاب کنند. در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که رویکرد چند هدفه مبتنی بر سناریو در انتخاب سبد سهام، به ویژه در شرایط عدم قطعیت عمیق، می‌تواند ابزاری مؤثر برای سرمایه‌گذاران و مدیران سبد سرمایه‌گذاری باشد. این مدل با ارائه یک چهارچوب جامع و انعطاف‌پذیر، امکان بهبود مدیریت ریسک و بهینه‌سازی عملکرد سبد را فراهم می‌آورد. با این حال، اثربخشی این مدل به دقت در تعیین سناریوها، وزن‌های اهمیت و سطوح هدف وابسته است و نیاز به بررسی و به‌روزرسانی مداوم دارد. این پژوهش به بهبود مدیریت ریسک، پیش‌بینی شرایط بازار و استراتژی‌های سرمایه‌گذاری کمک می‌کند. برای سرمایه‌گذاران و مدیران دارایی، امکان ساخت سبدهای متناسب با شرایط عدم قطعیت فراهم می‌شود. تحلیل کران مالی می‌تواند از آن برای ارزیابی ریسک در بازارهای نوسانی استفاده کنند و دانشگاه‌ها و سیاست‌گذاران از آن برای توسعه دانش و بهبود زیرساخت‌های بازار بهره می‌برند.

واژه‌های کلیدی: سبد سهام چندهدفه، عدم قطعیت بازار، مدیریت ریسک.
طبقه‌بندی موضوعی: G11, C61, C44.

۱. doi: 10.22034/JSE.2026.12558.2354

۲. گروه مالی، واحد اسفراين، دانشگاه آزاد اسلامی، اسفراين، ايران. (نویسنده مسئول) (me.doaei@iauo.ac.ir)

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. © ۱۴۰۵. ناشر این مقاله، سازمان بورس و اوراق بهادار است.
این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.



Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

استناد: دعائی، میثم؛ (۱۴۰۵). انتخاب سبد سهام چندهدفه تحت شرایط عدم قطعیت عمیق مبتنی بر سناریو (مطالعه موردی: بازار سرمایه ایران).

فصلنامه بورس اوراق بهادار، ۱۹ (۷۳)، ۲۱۶-۱۸۱.

https://10.22034/JSE.2026.12558.2354

Homepage: <https://journal.seo.ir>

مقدمه

انتخاب سبد سرمایه‌گذاری^۱ یکی از مسائل پیچیده در حوزه مالی است که به دلیل تعاملات گسترده شرکت‌ها و اقتصاد جهانی، به خصوص در شرایط بحرانی و تحریمی، اهمیت بیش‌تری می‌یابد (فابوزی، مارکوویتز و گوپتا^۲، ۲۰۱۱). بحران‌های مالی گذشته نشان داده است که شناسایی زمان وقوع رکود و سرعت خروج از آن می‌تواند اثرات چشمگیری بر نتایج سرمایه‌گذاری داشته باشد (راینهارت^۳، ۲۰۰۹). در این راستا، باتوجه به نوسانات شدید بازده سهام و لزوم بهینه‌سازی استفاده از منابع موجود، انتخاب سبدی که کم‌ترین تفاوت بازدهی را میان دارایی‌های مختلف داشته باشد و نقدشوندگی مناسبی ارائه دهد از اهمیت بالایی برخوردار است (کنداک‌اوغلو، والتر و بن‌آمر^۴، ۲۰۲۴). این چالش‌ها موجب می‌شود تا مدیران سرمایه‌گذاری به دنبال ایجاد سبدهایی باشند که در شرایط ناپایدار اقتصادی و مالی، بازدهی مطلوب و ریسک کنترل‌شده‌ای را فراهم کنند (جیرفتی و همکاران، ۱۴۰۳).

در انقلاب صنعتی که در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم آغاز شد، نظام سرمایه‌داری جایگزین نظام فئودالی شد؛ اما این نظام همواره با بحران‌های مالی و اقتصادی روبرو بوده است (استرنز^۵، ۲۰۲۰). در شرایط کنونی اقتصاد ایران، باتوجه به مشکلاتی چون نقدینگی بالا، تورم و بی‌ثباتی اقتصادی، تحلیل و بررسی بحران‌ها و تدوین سیاست‌های مناسب برای پیشگیری و مدیریت آن‌ها به ویژه در حوزه سرمایه‌گذاری اهمیت زیادی پیدا کرده (عباسی نژاد و همکاران، ۱۴۰۲) و بنابراین عدم قطعیت بیشتر شده است. عدم قطعیت عمیق به شرایطی گفته می‌شود که تصمیم‌گیرندگان نمی‌توانند بر روی مدل (که روابط بین اقدامات و نتایج را توصیف می‌کند)، توزیع احتمالات ورودی‌های خارجی، یا حتی توابع ارزش‌گذاری برای رتبه‌بندی گزینه‌ها توافق کنند (مارکو، واکر و بلومن^۶، ۲۰۱۹؛ لِمپرت، پوپر و بنکس^۷، ۲۰۱۹). این نوع عدم قطعیت فراتر از ریسک (با احتمالات شناخته‌شده) و عدم قطعیت معمولی (با توزیع‌های شناخته‌شده اما نامطمئن) است و شامل ناشناخته‌های ناشناخته^۸ می‌شود، جایی که حتی دامنه ممکن نتایج نیز نامشخص است.

1. Portfolio Selection
2. Fabozzi, Markowitz & Gupta
3. Reinhart
4. Kandakoglu, Walther & Ben Amor
5. Stearns
6. Marchau, Walker & Bloemen
7. Lempert, Popper & Bankes
8. Unknown Unknowns

در این راستا یکی از چالش‌های اساسی سرمایه‌گذاران، انتخاب سبد سهام مناسب است که باید باتوجه به اهداف و ریسک‌پذیری فرد صورت گیرد (یی، لی و ژانگ^۱، ۲۰۲۱). در این راستا، به دلیل نوپا بودن صنعت مالی و پیچیدگی ابزارهای مالی در ایران، نهادهای سرمایه‌گذاری، چه در بخش خصوصی و چه دولتی، برای ورود به بازارهای پرنوسان بورس تهران و فرابورس ایران با تصمیمات کلان روبرو هستند (جعفری و همکاران، ۱۴۰۰). از این رو، شناسایی سهم‌های ارزشمند با بازدهی بالا و ریسک کم، یکی از دغدغه‌های اصلی در فرآیند انتخاب سبد سرمایه‌گذاری به شمار می‌رود (دعائی، ۱۴۰۴).

این پژوهش یک چهارچوب جدید برای برنامه‌ریزی چندهدفه مبتنی بر سناریو در شرایط عدم قطعیت عمیق ارائه می‌دهد که از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب سبد سهام استفاده می‌کند. طبق گفته چایووتیساک^۲ (۲۰۲۳)، در این چهارچوب، سناریوها به عنوان ابعادی از ترجیحات به کار می‌روند و برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای با بازگشت را گسترش می‌دهند. این رویکرد به تصمیم‌گیری معقول در مرحله اول و تصمیم‌گیری مجدد پس از افشای سناریوها در مرحله دوم کمک می‌کند، به طوری که هزینه‌ها به مرحله دوم موکول شده و نیاز به پرداخت هزینه برای سناریوهایی که هرگز آشکار نمی‌شوند، از بین می‌رود.

هدف اصلی این پژوهش توسعه یک مدل ریاضی برای انتخاب سبد سهام است که ضمن در نظر گرفتن عوامل مختلفی همچون بازده، ریسک و نقدشوندگی، به تحلیل و تصمیم‌گیری در زمینه سرمایه‌گذاری کمک کند. در راستای این هدف، یک فرآیند تصمیم‌گیری دو مرحله‌ای طراحی خواهد شد که انعطاف‌پذیری لازم برای تنظیم سبد سرمایه‌گذاری را بر اساس شرایط متغیر بازار فراهم می‌آورد. افزون بر این، شناسایی و مدل‌سازی سناریوهای مختلف اقتصادی و بازارهای مالی و بررسی تأثیرات آن‌ها بر سبد سرمایه‌گذاری از دیگر اهداف این پژوهش است. اهداف فرعی پژوهش شامل استفاده از مفهوم متا - معیار برای ارزیابی عملکرد سبد سرمایه‌گذاری در زیرمجموعه‌های مختلف سناریو، یکپارچه‌سازی روش‌های برنامه‌ریزی آرمانی و به کارگیری رویکرد نقطه مرجع برای حل مسئله انتخاب سبد سهام و انجام یک مطالعه موردی با داده‌های بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران به منظور ارزیابی نتایج است.

1. Yi, Li & Zhang

2. Chaiwuttisak

این پژوهش با بهره‌گیری از روش بهینه‌سازی چندهدفه و با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف آینده برای بازار سرمایه ایران، به دنبال پاسخ به این پرسش است که چگونه می‌توان در شرایط عدم قطعیت‌های آتی، سبد سهامی انتخاب کرد که افزون بر برخورداری از بازدهی مطلوب، ریسک و نقدشوندگی آن نیز در سطوح قابل پذیرش باشد. برای تحقق این هدف، سناریوهای مختلف اقتصادی و سیاسی مرتبط با آینده بازار سرمایه در نظر گرفته شده و هر یک از این سناریوها به‌طور دقیق در مدل بهینه‌سازی گنجانده می‌شود.

این پژوهش کاربردهای گسترده‌ای در حوزه‌های مختلف دارد. در بازار سرمایه، به بهبود ابزارها و زیرساخت‌های مدیریت ریسک و پیش‌بینی شرایط بازار کمک می‌کند. برای سرمایه‌گذاران و مدیران دارایی، امکان ساخت سبدهای سرمایه‌گذاری متناسب با شرایط عدم قطعیت فراهم می‌شود. تحلیل‌گران مالی می‌توانند از آن برای ارزیابی ریسک‌ها و توسعه استراتژی‌های مالی در بازارهای نوسانی استفاده کنند. همچنین، این پژوهش برای دانشگاه‌ها به عنوان منبعی برای توسعه دانش نظری و کاربردی در زمینه مدیریت سبد سرمایه‌گذاری و استراتژی‌های سرمایه‌گذاری مفید است. مشاوران بازار می‌توانند از آن برای ارائه مشاوره‌های دقیق‌تر به سرمایه‌گذاران استفاده کنند و سیاست‌گذاران اقتصادی می‌توانند از نتایج آن برای شناسایی آسیب‌پذیری‌ها و بهبود زیرساخت‌های بازار بهره ببرند.

مبانی نظری و توسعه فرضیه‌ها

در دنیای مالی و سرمایه‌گذاری، انتخاب سبد سهام به‌عنوان یک موضوع کلیدی در مدیریت سرمایه شناخته می‌شود، انتخاب سبد سهام به‌ویژه در شرایط عدم قطعیت و نوسان بازار، یکی از چالش‌های اساسی برای سرمایه‌گذاران و مدیران سبد سرمایه‌گذاری است (مارکویتز^۱، ۱۹۹۱). در این راستا، مدل‌های مختلفی برای بهینه‌سازی سبد سهام با هدف افزایش بازده و کاهش ریسک توسعه یافته‌اند. با این حال، انتخاب سبد سهام تحت شرایط عدم قطعیت و با استفاده از روش‌های چندهدفه، نیازمند توجه به عواملی است که به‌طور دقیق نمی‌توانند به‌صورت قطعی پیش‌بینی شوند (روی^۲، ۱۹۵۲).

1. Markowitz

2. Roy

انتخاب سبد سهام فرآیند تخصیص منابع به انواع مختلفی از دارایی‌ها به منظور کسب حداکثر بازده با حداقل ریسک است (فابوزی، مارکوویتز و گوپتا، ۲۰۱۱). از آنجایی که بازار سرمایه همواره با نوسانات و ریسک‌های غیرقابل پیش‌بینی روبرو است، این فرآیند نیازمند استفاده از مدل‌ها و روش‌های ریاضی پیچیده‌تری است و مدل‌های مختلفی برای انتخاب سبد سهام وجود دارند که شامل مدل‌های میانگین - واریانس، برنامه‌ریزی خطی و مدل‌های مبتنی بر شبیه‌سازی سناریویی هستند (بکارت و هاروی^۱، ۱۹۹۷).

به روشنی عدم قطعیت در بازارهای مالی به شرایطی گفته می‌شود که اطلاعات کامل یا قطعی در دسترس نبوده و پیش‌بینی‌های دقیق از وضعیت آینده بازار دشوار است، در چنین شرایطی، تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری باید بر اساس سناریوهای مختلف و بر مبنای احتمالات مختلف گرفته شوند (تاباش، چلسری، نیشاد و ال‌ابس^۲، ۲۰۲۴). عدم قطعیت می‌تواند ناشی از عوامل مختلف اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و حتی روانشناسی بازار باشد، این نوع عدم قطعیت به‌ویژه در بازارهای نوظهور، نظیر بازار سرمایه ایران، می‌تواند تأثیرات زیادی بر تصمیمات سرمایه‌گذاری داشته باشد (غفاری گل افشانی، فلاح، صفا، جهانگیرنیا، ۱۴۰۲).

مدل‌های چندهدفه در تصمیم‌گیری‌های مالی به منظور بهینه‌سازی هم‌زمان چندین هدف مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل‌ها زمانی مفید هستند که تصمیم‌گیرنده بخواهد چندین هدف را با توجه به محدودیت‌های مختلف و تعارضات موجود بین آن‌ها، هم‌زمان بهینه‌سازی کند (چایووتیساک، ۲۰۲۳). در انتخاب سبد سهام، هدف‌هایی مانند حداکثر کردن بازده و حداقل کردن ریسک معمولاً در تضاد هستند و بنابراین استفاده از مدل‌های چندهدفه می‌تواند راه‌حلی مناسب برای برآورده کردن این اهداف باشد (دعائی و صابرفرد، ۱۴۰۰؛ زنجیردار^۳، ۲۰۲۰).

یکی از روش‌های مطرح در حل مسائل تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم قطعیت، استفاده از سناریوهای مختلف است، این روش به‌ویژه در مدل‌های بهینه‌سازی چندهدفه مورد توجه قرار گرفته است. در این روش، مجموعه‌ای از سناریوهای احتمالی برای شرایط مختلف بازار و رفتار قیمت‌ها در نظر گرفته می‌شود (عسگری، محمدی، باکویی و جعفری^۴، ۲۰۲۴). به‌وسیله این

-
1. Bekaert & Harvey
 2. Tabash, Chalissery, Nishad & Al-Absy
 3. Zanjirdar
 4. Asgari, Mohammadi, Makui & Jafari

سناریوها، می‌توان تصمیمات بهینه‌ای را برای انتخاب سبد سهام در نظر گرفت که نسبت به عدم قطعیت مقاوم‌تر باشند (رحیمیان و مهرتورا^۱، ۲۰۲۲).

بازار سرمایه ایران با توجه به ویژگی‌هایی همچون نوسانات شدید، ریسک‌های سیاسی و اقتصادی و همچنین محدودیت‌های اطلاعاتی، به‌عنوان یک بازار با شرایط خاص از عدم قطعیت‌های بالایی برخوردار است. به‌کارگیری مدل‌های مبتنی بر سناریو در چنین بازاری می‌تواند به سرمایه‌گذاران کمک کند تا تصمیمات بهینه‌تری برای تخصیص منابع و انتخاب سبد سهام اتخاذ کنند (علیزاده و کیانفر، ۱۴۰۲). در این راستا، استفاده از روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه می‌تواند در کنار تحلیل سناریوهای مختلف، به کاهش ریسک و افزایش بازده کمک کند (تقی زاده، ملاعلیزاده زواردهی، صالحی، محمودی راد، ۱۴۰۱).

حذر راضی السرای، دعائی، عبد موسی السعبری و علیمزادی (۱۴۰۴) با هدف توسعه و آزمون یک چارچوب ترکیبی مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری ماشین، به پیش‌بینی سود هر سهم در بازارهای نوظهور عراق و امارات متحده عربی پرداختند. در این پژوهش، با استفاده از داده‌های مالی، متغیرهای کلان اقتصادی و شاخص‌های ESG، عملکرد الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین ارزیابی شد. نتایج نشان داد که الگوریتم گرادینان تقویتی بالاترین دقت پیش‌بینی را در هر دو بازار ارائه می‌دهد و مدل‌های مبتنی بر پردازش زبان طبیعی نیز به‌ویژه در بازار امارات عملکرد چشمگیری دارند. یافته‌ها بیانگر آن است که کاربرد رویکردهای یادگیری ماشین، به‌صورت بافت‌محور و متناسب با ویژگی‌های نهادهای بازار، می‌تواند دقت پیش‌بینی سود هر سهم را در بازارهای نوظهور به‌طور معناداری بهبود بخشد.

در پژوهش خیاطیان و شخصی نیائی (۱۴۰۳) با عنوان ارائه مدل بهینه‌سازی ترکیبی سبد پروژه و سهام با رویکرد میانگین - نیم واریانس - نیم آنتروپی به منظور دستیابی به هدف تنوع‌بخشی به سبد سرمایه‌گذاری و کاهش ریسک، سرمایه‌گذاری در پروژه‌ها به‌عنوان نوعی دارایی جدید در کنار سهام بازار مورد بررسی قرار گرفته است. مدل پیشنهادی با رویکرد میانگین - نیم واریانس - نیم آنتروپی در فضای احتمالاتی توسعه یافته و به‌منظور اعتبارسنجی آن، یک آزمایش عددی با استفاده از ۳ پروژه و ۵ سهم بازار سرمایه به کمک سه الگوریتم فراابتکاری ژنتیک، رقابت استعماری و گرگ‌های خاکستری انجام شده است. نتایج نشان داد

که الگوریتم رقابت استعماری عملکرد بهتری نسبت به دو الگوریتم دیگر ارائه کرده و مدل پیشنهادی می‌تواند به سرمایه‌گذاران و مدیران سرمایه‌گذاری کمک کند تا سبدهای بهینه با سطوح مختلف ریسک را انتخاب کنند.

هدف پژوهش موسوی کاخکی و خطابی (۱۴۰۳) با عنوان ارائه الگوی بهینه‌سازی سبد سهام بر اساس ترجیحات رفتاری و حافظه سرمایه‌گذار، بهینه‌سازی سبد سهام با توجه به ترجیحات رفتاری و حافظه سرمایه‌گذار است، به گونه‌ای که سبد دارایی به دست آمده افزون بر حداکثر کردن بازده، ریسک سرمایه‌گذاری را کاهش دهد. این موضوع در شرایطی اهمیت دارد که بهینه‌سازی سبد دارایی به عنوان یک تصمیم‌گیری حساس برای سرمایه‌گذاران مطرح است و با توجه به پیچیدگی‌ها و محدودیت‌های مختلف، نیازمند مدلی کارا برای مدیریت سبد سهام است. پژوهش به دنبال شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب سبد دارایی با نرخ بازده بالا و ریسک کنترل شده است. در این راستا، از الگوریتم ژنتیک به عنوان یک روش بهینه‌سازی فراابتکاری برای حل مسئله چندهدفه بهینه‌سازی سبد سهام در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس تهران در سال ۱۴۰۰ استفاده شده است.

پژوهش محسن، حمیدیان و هاشمی (۱۴۰۳) با عنوان تأثیر نوسان جریان‌های نقد عملیاتی صنعت بر ریسک سقوط آتی قیمت سهام: نقش تعدیلی عدم قطعیت سیاست اقتصادی و محافظه‌کاری شرطی، به بررسی تأثیر نوسانات جریان‌های نقد عملیاتی صنعت بر ریسک سقوط قیمت سهام در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، با در نظر گرفتن عدم قطعیت سیاست اقتصادی و محافظه‌کاری شرطی می‌پردازد. داده‌های ۱۳۶ شرکت از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۱ با استفاده از روش غربالگری انتخاب و برای تحلیل داده‌ها از رگرسیون و داده‌های تابلویی استفاده شد. نتایج نشان می‌دهند که نوسانات جریان‌های نقد عملیاتی صنعت تأثیر مثبت و معناداری بر ریسک سقوط قیمت سهام دارند. افزون بر این، عدم قطعیت سیاست اقتصادی موجب تشدید این تأثیر می‌شود، در حالی که محافظه‌کاری شرطی تأثیر نوسانات بر ریسک سقوط قیمت سهام را کاهش می‌دهد.

هدف پژوهش موسوی‌زاده، رمضانی، علی اکبری، صفری گرایلی و رضائیان (۱۴۰۳) با عنوان بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با درجه تعدیل ریسک سهام مبتنی بر مدل سنجش عملکرد، بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با توجه به درجه تعدیل ریسک سهام و استفاده از الگوریتم‌های فرا اکتشافی ترکیبی است. روش پژوهش بر اساس داده‌های شرکت‌های پذیرفته شده در بورس

اوراق بهادار تهران در دوره زمانی ۷ ساله (۱۳۹۳ تا ۱۳۹۹) صورت گرفته و به بررسی تأثیر تغییرات ترکیب سبد سرمایه‌گذاری بر بازده و ریسک می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش تعداد سرمایه‌گذاران، اندازه و تعداد سبدهای سهام افزایش می‌یابد، اما در مقادیر بالای سرمایه‌گذاری، الگوریتم‌های فرا اکتشافی با مشکلاتی چون رفتارهای محلی نامناسب در تخصیص سرمایه‌گذاری‌ها روبرو می‌شوند. استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی باعث بهبود ریسک‌پذیری و عملکرد بهتری در مدیریت سبد سرمایه‌گذاری می‌شود.

پژوهش داداش پور عمرانی، نبوی چاشمی و معاریان (۱۴۰۲) با عنوان ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه - چندزمانه برای سرمایه‌گذاری در سبد سهام تحت یک سنجه ریسک ترکیبی، به بررسی توسعه یک مدل ریاضی چند هدفه و چند زمانه برای اندازه‌گیری ریسک سبد سهام با ترکیب سنجه‌های بازده و ریسک (نیم واریانس و ارزش در معرض ریسک شرطی) به همراه محدودیت هزینه‌های معاملاتی پرداخته است. مدل طراحی شده برای پانزده سهم از پنجاه سهم برتر در بازار سرمایه ایران در دوره دوازده ماهه منتهی به سال ۱۳۹۸ به کار رفته و با استفاده از برنامه‌ریزی دینامیک، نتایج بهتری در کارایی تصمیمات سرمایه‌گذاران در زمان‌های مختلف و با هزینه و زمان کم‌تر به دست آمده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که این روش می‌تواند منجر به سودآوری بیش‌تر سبد سهام شود و اهمیت مدل‌های پیشرفته در بهینه‌سازی سبدهای سرمایه‌گذاری را تأیید می‌کند.

دعائی، دهناد و دهناد (۲۰۲۵) در پژوهش خود یک رویکرد دومرحله‌ای مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره و بهینه‌سازی چندهدفه برای انتخاب بهینه سبد سهام ارائه کردند. در مرحله نخست، شرکت‌های مستعد سرمایه‌گذاری بر اساس معیارهای استخراج شده از ادبیات پژوهش شناسایی و اولویت‌بندی می‌شوند و در مرحله دوم، یک مدل بهینه‌سازی با اهداف ریسک و بازده برای تخصیص سرمایه به شرکت‌های منتخب به کار گرفته می‌شود. به‌منظور مواجهه با عدم قطعیت، از یک رویکرد داده‌محور استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که نسبت کفایت وجه نقد مهم‌ترین معیار تصمیم‌گیری بوده و برخی شرکت‌ها اولویت بالاتری برای سرمایه‌گذاری دارند. همچنین حل مدل در شرایط عدم قطعیت بیانگر آن است که سناریوهای مختلف تأثیر معناداری بر تصمیمات سرمایه‌گذاری داشته و سرمایه‌گذاران باید این موضوع را در فرآیند انتخاب سبد سهام مدنظر قرار دهند.

پژوهش بای، یانگ، پن و سان^۱ (۲۰۲۵) با عنوان انتخاب و زمان‌بندی سبد سرمایه‌گذاری پروژه‌ها با در نظر گرفتن هم‌افزایی دینامیک، مدلی ریاضی برای انتخاب و زمان‌بندی بهینه سبد سرمایه‌گذاری پروژه‌ها ارائه می‌دهد که تأثیرات هم‌افزایی دینامیک پروژه‌ها را کمی‌سازی می‌کند. مدل پیشنهادی با تقسیم مزایای سبد سرمایه‌گذاری به دو بخش مالی و غیرمالی و استفاده از سیستم دینامیک، به مدیران کمک می‌کند تا بهترین پروژه‌ها را انتخاب کرده و زمان‌بندی مناسب را تعیین کنند. این پژوهش به مطالعات قبلی انتخاب و زمان‌بندی بهینه سبد سرمایه‌گذاری پروژه‌ها افزوده و به مدیریت مؤثر سبد سرمایه‌گذاری پروژه‌ها کمک می‌کند.

پژوهش ولادخانی و اوماهونی^۲ (۲۰۲۵) با عنوان ترس بازار و بازده‌های بازارهای نوظهور: تحلیل تأثیرات شاخص VIX و شاخص دلار، تأثیر تغییرات شاخص‌های VIX و دلار آمریکا بر بازده سهام در بازارهای نوظهور از ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۳ را بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهند که افزایش شاخص VIX به‌طور نامتقارن بازده سهام را کاهش می‌دهد، در حالی که تغییرات شاخص دلار تأثیر ثابت و متقارنی دارند. همچنین ترکیب این دو شاخص می‌تواند پیش‌بینی دقیق‌تری از بازده سهام در بازارهای نوظهور ارائه دهد.

پژوهش قلابی و غوربل^۳ (۲۰۲۵) با عنوان آیا انتقال ریسک بین بخش‌های کالایی و بازارهای سهام نوظهور وجود دارد؟ به بررسی سرریز ریسک بین سه بخش کالا (انرژی، فلزات گرانبها و کشاورزی) و بازارهای سهام نوظهور پرداخته است. با استفاده از روش‌های همبستگی دینامیک شرطی نامتقارن و ارزش در معرض ریسک شرطی، نتایج نشان داد که سرریز ریسک‌های نزولی و صعودی به‌طور معنی‌دار وجود دارند و در بسیاری از موارد، سرریز ریسک دوطرفه نامتقارن مشاهده شده است. همچنین سرریز ریسک‌های نزولی و صعودی در برخی جفت‌ها پس از بحران مالی جهانی به‌طور چشمگیر افزایش یافته، در حالی که در دیگر جفت‌ها این سرریزها تغییرات زیادی نداشته است. یافته‌ها به اهمیت درک رفتار دنباله‌ای و تأثیرات نامتقارن ریسک‌ها برای مدیریت ریسک میان سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران اشاره دارد.

مطالعه گوپال و سونی^۴ (۲۰۲۵) با عنوان نوسانات بازارهای سهام در دوره‌های بحران: یک تحلیل بیلئومتریک، به بررسی و تحلیل بیلئومتریک ۱،۲۸۳ مقاله منتشر شده در پایگاه داده

1. Bai, Yang, Pan & Sun

2. Valadkhani & O'Mahony

3. Ghallabi & Ghorbel

4. Goyal & Soni

Scopus بین سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۲۲ پرداخته است تا نوسانات بازار سهام در دوران بحران‌ها را شبیه‌سازی کند. هدف اصلی آن نقشه‌برداری از ادبیات موجود در این زمینه و شناسایی شکاف‌ها و الگوهای موجود است. یافته‌ها نشان داد که نوسانات بازار سهام به ویژه در بحران‌های بزرگ نظیر بحران مالی ۲۰۰۸ و پاندمی COVID-19 تشدید شده و عواملی چون وضعیت اقتصادی جهانی و سیاست‌های مالی در این افزایش نقش دارند. این پژوهش محدود به حوزه‌های اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی است و پیشنهاداتی برای مطالعات آینده ارائه می‌دهد.

مطالعه عبدالله، تویون، عبدالله، کلیوون و عبدالله^۱ (۲۰۲۵) با عنوان استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در دوران نوسان: یک تحلیل مقایسه‌ای از بازارهای توسعه‌یافته و نوظهور، با استفاده از مدل MGARCH-DCC به بررسی تنوع سبد سرمایه‌گذاری بین بازارهای نوظهور و توسعه‌یافته از ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۲ پرداخته است. نتایج نشان داد که بازارهای آمریکا و فلیپین بهترین گزینه‌ها برای تنوع هستند در حالی که بازارهای چین و تایلند به دلیل نوسانات بالا ریسک‌زا هستند. همچنین، همبستگی‌ها در بحران ۲۰۰۷ افزایش یافته و سپس تثبیت شد. یافته‌ها به سرمایه‌گذاران پیشنهاد می‌کنند که با احتیاط از تنوع سبد سرمایه‌گذاری استفاده کنند.

شریف، شاهنظری-شاهرضایی و دعائی (۲۰۲۵) در پژوهش خود، یک مدل بهینه‌سازی تصادفی دومرحله‌ای برای انتخاب سبد سهام در بازار سرمایه ایران ارائه کردند که با هدف مواجهه با عدم قطعیت‌های تصمیم‌گیری طراحی شده است. در این مدل، سناریوهای اختلال‌زا نظیر تحریم‌های اقتصادی، نوسانات قیمت نفت، بی‌ثباتی سیاسی و کاهش ارزش پول ملی منظور شده و امکان تعدیل پویای سبد سهام به منظور بهینه‌سازی بازده تعدیل شده به ریسک فراهم آمده است. برای مدیریت ریسک‌های شدید نزولی، از معیار ارزش در معرض ریسک شرطی (CVaR) استفاده شده و هم‌زمان بیشینه‌سازی بازده مورد انتظار نیز مدنظر قرار گرفته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که این مدل در مقایسه با رویکردهای سنتی میانگین-واریانس، از توانایی بالاتری در سازگاری با شرایط نامطمئن بازار برخوردار بوده و مدیریت ریسک مؤثرتر و بازده بهتری ارائه می‌دهد. همچنین تحلیل حساسیت بیانگر تأثیر معنادار پارامترهایی مانند درجه

1. Abdullah, Tuyon, Abdullah, Keliwon & Abdullah

ریسک‌گریزی، احتمالات سناریوها و هزینه‌های تعدیل سبد سهام بر عملکرد آن است، هرچند وابستگی مدل به برآورد دقیق احتمالات سناریوها و فرض ثابت بودن هزینه‌های تعدیل از محدودیت‌های آن محسوب می‌شود.

مقاله حاضر شکاف‌های مهمی در ادبیات موجود در زمینه بهینه‌سازی سبد سهام و مدیریت ریسک در بازار سرمایه ایران را پر می‌کند. بیش‌تر مطالعات پیشین به‌ویژه در بازارهای جهانی، از مدل‌سازی شرایط عدم قطعیت عمیق و استفاده از سناریوهای مختلف غفلت کرده‌اند. مقاله حاضر با بهره‌گیری از مدل‌های چندهدفه و سناریوهای مختلف برای شبیه‌سازی بازار ایران و تحلیل آن تحت شرایط عدم قطعیت، ابزارهای جدیدی برای بهینه‌سازی سبد سهام و اتخاذ تصمیمات بهینه در شرایط پیچیده بازار ارائه می‌دهد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر یک مطالعه کاربردی با رویکرد توصیفی - تحلیلی است که به بررسی انتخاب بهینه سبد سهام در شرایط عدم قطعیت عمیق می‌پردازد. این پژوهش با استفاده از رویکرد ترکیبی (آمیخته) شامل روش‌های کمی و کیفی، به ارائه یک مدل جامع برای مدیریت سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه ایران می‌پردازد. در بخش کیفی، از مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی اسناد و مدارک و مصاحبه با خبرگان برای شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب سبد سهام و تدوین سناریوهای آینده استفاده شده است. در بخش کمی، داده‌های عددی مرتبط با عملکرد شرکت‌ها جمع‌آوری و از مدل‌سازی ریاضی و شبیه‌سازی برای بهینه‌سازی چندهدفه سبد سهام بهره گرفته شده است. پژوهش حاضر از نظر افق زمانی، یک مطالعه مقطعی - طولی است که هم وضعیت فعلی بازار را بررسی کرده و هم روندهای تاریخی و سناریوهای آتی را تحلیل می‌کند. همچنین با استفاده از رویکرد مبتنی بر سناریو، عدم قطعیت‌های موجود در بازار سرمایه ایران را مدنظر قرار داده و مدل پیشنهادی را برای شرایط مختلف ارزیابی می‌کند.

در راستای بخش کیفی پژوهش، به‌منظور پشتیبانی از تعیین پارامترهای کلیدی مدل و تدوین سناریوهای آینده از نظر خبرگان بازار سرمایه استفاده شد. بدین منظور، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان دارای تجربه حرفه‌ای در تحلیل و مدیریت سبد سهام و نیز آشنایی پژوهشی با حوزه بهینه‌سازی سبد سهام انجام گرفت. محورهای مصاحبه شامل (۱) معیارهای

شکل‌دهنده سناریوهای کلان بازار، (۲) منطق تعیین وزن اهمیت اهداف (بازده، ریسک و نقدشوندگی)، و (۳) تعیین حدود و سطوح هدف/مرجع پارامترهای مدل بود.

سپس مضامین و پیشنهادهای مشترک استخراج و به مقادیر قابل استفاده در مدل تبدیل شد، به گونه‌ای که خروجی بخش کیفی، مبنای تعیین وزن‌ها و سطوح مرجع/هدف در مرحله حل مدل قرار گرفت. این اقدام موجب شد پارامترگذاری مدل افزون بر اتکا به داده‌های تاریخی، با شرایط نهادی و واقعیت‌های رفتاری بازار سرمایه ایران نیز هم‌سو تر شود.

این پژوهش، یک رویکرد دو مرحله‌ای برای انتخاب سبد سهام چندهدفه تحت شرایط عدم قطعیت عمیق مبتنی بر سناریو پیشنهاد می‌دهد. به گفته راکفلر و اورياسو^۱ (۲۰۰۲)، در مرحله اول، تصمیم اولیه (x_0) بدون در نظر گرفتن سناریوهای آینده اتخاذ می‌شود. در مرحله دوم، پس از وقوع سناریوهای واقعی، تصمیم‌گیرنده می‌تواند تصمیمات خود را به تناسب هر سناریو تطبیق دهد. هدف اصلی بهینه‌سازی ترکیب این تصمیمات به گونه‌ای است که مقاومت لازم را در برابر عدم قطعیت‌های بازار فراهم کند.

این پژوهش مدلی برای تصمیم‌گیری چندهدفه در بازار سرمایه ایران تحت شرایط عدم قطعیت عمیق ارائه می‌دهد. مدل دو مرحله‌ای است که در مرحله اول تصمیم اولیه گرفته می‌شود و در مرحله دوم با آشکار شدن شرایط نامطمئن، تصمیمات متناسب با هر سناریو گرفته می‌شود. برپایه نظر راجرز، وایتسون، براچمن و استون^۲ (۲۰۱۷) هر سناریو به عنوان یک بعد از ترجیحات و هر معیار به عنوان تابع هدف در نظر گرفته می‌شود تا عملکرد سبد سهام در روبرویی با سناریوهای مختلف بهینه شود. این رویکرد امکان بهینه‌سازی تصمیمات در شرایط عدم قطعیت را فراهم می‌آورد.

در این پژوهش، از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی تعمیم‌یافته برای انتخاب سبد سهام چندهدفه در بازار سرمایه ایران استفاده می‌شود. به گفته تانینو، تاناکا و اینویگوچی^۳ (۲۰۱۳)، این روش که بر تعیین اهداف و کمینه‌سازی انحراف از آن‌ها استوار است، در مقایسه با رویکردهای سنتی، مشکلاتی همچون تولید راه‌حل‌های مغلوب را رفع می‌کند. در مدل‌های تعمیم‌یافته، مانند روش نقطه مرجع، نتایج بهینه‌تری به دست می‌آید و این مدل‌ها به دلیل ویژگی‌های خاص خود، کارایی بیش‌تری در تصمیم‌گیری چندهدفه دارند.

1. Rockafellar & Uryasev

2. Roijers, Whiteson, Brachman & Stone

3. Tanino, Tanaka & Inuiguchi

رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی تعمیم‌یافته^۱، یک روش بهینه‌سازی چند هدفه است که بر پایه برنامه‌ریزی آرمانی کلاسیک بنا شده و اهداف متعدد را با تعیین سطوح هدف و کمینه‌سازی انحرافات از این سطوح مدیریت می‌کند. در برنامه‌ریزی آرمانی کلاسیک، اهداف به صورت اهداف آرمانی تعریف می‌شوند و مدل سعی می‌کند انحرافات مثبت یا منفی از این اهداف را حداقل کند. اما GGP این رویکرد را تعمیم می‌دهد تا شامل انواع مختلفی از توابع هدف (مانند اهداف مینیمم، ماکسیمم یا برابر با یک مقدار خاص) شود و از روش‌هایی مانند رویکرد نقطه مرجع^۲ برای حل مسائل غیرخطی و پیچیده استفاده کند. در این روش، اهداف به صورت محدودیت‌های نرم مدل‌سازی می‌شوند و وزن‌های اهمیت برای اولویت‌بندی اهداف اعمال می‌شود. برای مثال، در مدل پیشنهادی این پژوهش، اهداف بازده، ریسک و نقدشوندگی با سطوح هدف مشخص (مانند بازده حداقل ۶٪، ریسک حداکثر ۱۴٪) تعریف شده و انحرافات با استفاده از متغیرهای انحراف کمینه‌سازی می‌شوند. این رویکرد اجازه می‌دهد تا راه‌حل‌های پارتو تولید شود که تعادل مناسبی بین اهداف برقرار کند.

دلیل انتخاب رویکرد GGP در این پژوهش، مزایای آن در حل مسائل چند هدفه تحت شرایط عدم قطعیت عمیق است. نخست، GGP امکان مدیریت همزمان اهداف متضاد را فراهم می‌کند بدون اینکه نیاز به تبدیل آن‌ها به یک تابع واحد باشد که این امر در مدل‌های سنتی مانند میانگین - واریانس مارکوویتز محدود است. دوم، این روش انعطاف‌پذیر است و می‌تواند با رویکردهای مبتنی بر سناریو ترکیب شود تا عدم قطعیت‌های عمیق (مانند تحریم‌ها و نوسانات اقتصادی در بازار ایران) را مدل‌سازی کند، جایی که احتمالات دقیق در دسترس نیستند. سوم، GGP با استفاده از سطوح هدف و وزن‌های اهمیت، ترجیحات تصمیم‌گیرنده (مانند سرمایه‌گذاران ریسک‌گریز یا ریسک‌پذیر) را به طور مستقیم وارد مدل می‌کند و راه‌حل‌های مقاوم^۳ تولید می‌کند. در مقایسه با روش‌های دیگر مانند الگوریتم‌های ژنتیک (که ممکن است زمان‌بر باشند) یا برنامه‌ریزی تصادفی (که به احتمالات نیاز دارد)، GGP کارایی محاسباتی بالاتری دارد و در مطالعات مشابه پرتفولیو (مانند بهینه‌سازی دارایی‌های مالی تحت عدم قطعیت) عملکرد برتر نشان داده است. در این پژوهش، GGP با نرم‌افزار متلب و تابع `fmincon` پیاده‌سازی شد تا نتایج بهینه در چهار سناریو به دست آید.

1. Generalized Goal Programming (GGP)
2. Reference Point Method
3. Robust

مدل برنامه‌ریزی آرمانی تعمیم‌یافته امکان بهینه‌سازی چندهدفه با در نظر گرفتن انحرافات و ترکیب معیارها را فراهم می‌کند. این رویکرد برای انتخاب سبد سهام تحت شرایط عدم قطعیت در بازار سرمایه ایران مناسب است و به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد تا سبد سهامی متناسب با ترجیحات و اهداف خود انتخاب کند.

جامعه آماری این پژوهش شامل شرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار تهران و فرابورس ایران در سال ۱۴۰۲ است. بازه زمانی پژوهش از ابتدای فروردین تا پایان اسفند ۱۴۰۲ و دوره سرمایه‌گذاری یک‌ماهه در نظر گرفته شده تا نتایج کوتاه‌مدت به‌دقت ارزیابی گردد. این بازه به‌دلیل نوسانات اقتصادی و تأثیرات سیاسی و بین‌المللی، مناسب برای بررسی رفتار سبد سهام در شرایط عدم قطعیت است.

در این پژوهش، داده‌های پژوهش از منابع ثانویه شامل پایگاه‌های اطلاعاتی شرکت فناوری بورس اوراق بهادار تهران (TSETMC)، سامانه کدال و بانک مرکزی ایران برای دوره ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۲ گردآوری شده است. همچنین از روش نمونه‌گیری هدفمند برای انتخاب ۵۰ شرکت استفاده شده است. این حجم نمونه به دلیل کفایت آماری، تعادل بین دقت نتایج و قابلیت اجرایی و محدودیت‌های عملی در جمع‌آوری داده‌های مالی دقیق و به‌روز انتخاب شده است. نمونه با حجم ۵۰ شرکت، دقت مناسبی را فراهم کرده و از پیچیدگی‌های اضافی در تحلیل جلوگیری می‌کند.

در شرایط عدم قطعیت عمیق، که توزیع احتمالات دقیق سناریوها ناشناخته یا غیرقابل اعتماد است، تخصیص احتمالات دقیق چالش‌برانگیز است. بنابراین، برای تخمین احتمال وقوع هر یک از چهار سناریو تعریف شده (سناریو ۱: تشدید تحریم‌ها و رکود تورمی؛ سناریو ۲: بهبود روابط و رونق اقتصادی؛ سناریو ۳: تحریم و رکود با روابط متعادل؛ سناریو ۴: ثبات نسبی با رشد داخلی)، از روش شبیه‌سازی مونت کارلو در نرم‌افزار متلب استفاده شد. ابتدا، داده‌های تاریخی کلیدی (مانند نرخ تورم، نرخ ارز، شاخص بورس، و عوامل سیاسی-اقتصادی از منابع معتبر مانند بانک مرکزی و سازمان بورس و اوراق بهادار در دوره ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱) جمع‌آوری و توزیع‌های احتمالی مناسب (مانند توزیع نرمال یا لگ-نرمال بر اساس تحلیل آماری) برای پیرامون‌های اصلی عدم قطعیت برآزش شد. سپس، با تولید هزاران مسیر تصادفی با ۱۰,۰۰۰ تکرار یا بیشتر (برای اطمینان از همگرایی)، سناریوهای شبیه‌سازی شده تولید و هر مسیر به نزدیک‌ترین سناریو تعریف شده طبقه‌بندی شد. احتمال وقوع هر سناریو بر اساس نسبت مسیرهای افتان در آن سناریو

به کل شبیه‌سازی‌ها محاسبه شد. این روش، برخلاف رویکردهای سنتی (مانند نظر خبرگان به تنهایی)، مبتنی بر داده‌های تاریخی و آماری است و تقریبی واقع‌بینانه از احتمالات ارائه می‌دهد، در حالی که انعطاف‌پذیری لازم برای عدم قطعیت عمیق را حفظ می‌کند. نتایج این محاسبات در جدول (۱) ارائه شده است. برای اعتبارسنجی، تحلیل حساسیت بر تعداد تکرارها انجام شد تا اطمینان حاصل شود که احتمالات پایدار هستند.

در این مطالعه، در شش مرحله، سناریوهای محتمل بازار سرمایه ایران تعریف می‌شوند:

سناریو ۱: تشدید تحریم‌ها و رکود تورمی؛

سناریو ۲: بهبود روابط و رونق اقتصادی؛

سناریو ۳: تحریم و رکود با روابط متعادل؛

سناریو ۴: ثبات نسبی با رشد داخلی.

برای تخمین احتمال وقوع این سناریوها، داده‌های تاریخی کلیدی از منابع معتبر جمع‌آوری و تحلیل شدند. سپس با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو^۱ در نرم‌افزار متلب^۲، هزاران سناریو احتمالی ایجاد و بر اساس توزیع‌های تصادفی تحلیل شد. این روش امکان ارزیابی دقیق‌تر شرایط مختلف اقتصادی را فراهم کرد.

جدول ۱. احتمال وقوع هر کدام از سناریوها

نام سناریو	متغیرهای کلیدی تأثیرگذار	احتمال وقوع (%)
تشدید تحریم‌ها و رکود تورمی	افزایش نرخ ارز، تورم شدید و کاهش GDP	۳۵٪
بهبود روابط و رونق اقتصادی	کاهش تحریم‌ها و افزایش سرمایه‌گذاری خارجی	۲۰٪
تحریم و رکود با روابط متعادل	حفظ وضعیت تحریم‌ها و رکود کنترل‌شده	۳۰٪
تداوم وضع موجود	ثبات نسبی در وضعیت سیاسی و اقتصادی	۱۵٪

متغیرهای تصمیم و هدف پژوهش به ترتیب در جدول (۲) و جدول (۳) قابل مشاهده است.

1. Monte Carlo

2. MATLAB

جدول ۲. خلاصه متغیرهای تصمیم پژوهش

نماد	توضیح	نوع متغیر	محدوده
x^0	درصد سرمایه‌گذاری اولیه در سهم i	پیوسته	$[0, 1]$
y_i	وجود یا عدم وجود سهم i در سبد	باینری	$\{0, 1\}$
x_k^1	درصد تغییر در سرمایه‌گذاری سهم i تحت سناریو s	پیوسته	$[-1, 1]$

جدول ۳. خلاصه متغیرهای هدف پژوهش

متغیر هدف	نماد	توضیح	هدف
بازده تعدیل شده با ریسک	Z_{1k}	نسبت شارپ تعدیل شده با سناریو	حداکثرسازی
ریسک سیستماتیک	Z_{2k}	بتای سبد سرمایه‌گذاری	حداقلسازی
نقدشوندگی	Z_{3k}	معکوس معیار عدم نقدشوندگی آمیهود	حداکثرسازی

داده‌های این پژوهش از ترکیب داده‌های ثانویه و تاریخی به‌دست آمده‌اند. سپس با بهره‌گیری از روش‌های آماری و مالی، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی تحلیل شدند.

جدول ۴. خلاصه داده‌های پژوهش

نوع داده	منبع	روش جمع‌آوری	توضیح
بازده سهام	بورس اوراق بهادار تهران (TSE) و سامانه کدال	داده‌های تاریخی و مدل‌های پیش‌بینی مالی	بازده مورد انتظار سهام و بازده‌های تاریخی
بتای سهام	گزارشات بازار بورس و سامانه ره‌آورد نوین	تحلیل رگرسیون	حساسیت بازده سهام نسبت به شاخص کل
نرخ تورم	بانک مرکزی و مرکز آمار ایران	داده‌های تاریخی و پیش‌بینی	نرخ تورم سالانه و ماهانه
نرخ بهره	بانک مرکزی ایران	داده‌های اوراق بدهی دولتی (اسناد خزانه اسلامی)	نرخ بهره بدون ریسک
نقدشوندگی بازار	سامانه کدال و ره‌آورد نوین	شاخص آمیهود	میزان نقدشوندگی هر سهم
کوواریانس و همبستگی	پایگاه داده بورس و تحلیل‌های آماری	تحلیل داده‌های تاریخی	وابستگی بین سهام مختلف در سبد

پردازش و آماده‌سازی داده‌ها مرحله‌ای کلیدی در پژوهش است که شامل پاکسازی داده‌ها از خطاها، داده‌های پرت و مقادیر گم‌شده می‌شود (قربانی^۱، ۲۰۱۹). برای شناسایی داده‌های پرت از روش فاصله ماهالانویس^۲ و برای مدیریت داده‌های گم‌شده از روش چندگانه جایگزینی استفاده شده است. همچنین برای تصحیح خطاهای داده‌ای از قواعد منطقی برای شناسایی مقادیر نادرست بهره گرفته شد تا کیفیت داده‌ها برای تحلیل‌های دقیق‌تر تضمین شود.

در این پژوهش، برای تحلیل انتخاب سبد سهام چندهدفه تحت شرایط عدم قطعیت مبتنی بر سناریو، داده‌ها در دو مرحله تجزیه و تحلیل شدند. ابتدا داده‌ها از منابع معتبر نظیر TSETMC و Codal پیش‌پردازش و پاک‌سازی شدند و داده‌های اقتصادی کلان برای استفاده در مدل انتخاب شدند. سپس، با مدل‌سازی بهینه‌سازی چندهدفه و تحلیل سناریویی، داده‌ها به شکلی ساختارمند برای تحلیل‌های دقیق‌تر آماده شدند.

یافته‌های پژوهش

چالش اصلی سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی، به ویژه در بازارهای نوسانی مانند ایران، انتخاب سبد سهامی است که هم بازدهی را به حداکثر رسانده و هم ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها را به حداقل برساند. پژوهش حاضر به طراحی مدل بهینه‌سازی سبد سهام چندهدفه مبتنی بر سناریو پرداخته است تا تاثیر عدم قطعیت‌های عمیق اقتصادی، سیاسی و اجتماعی را در تحلیل‌ها منظور کند. هدف این مطالعه یافتن سبد سهامی بهینه است که به طور همزمان بازدهی، ریسک و نقدشوندگی را بهبود بخشد.

در ادامه، مدل ریاضی انتخاب سبد سهام چندهدفه تحت شرایط عدم قطعیت عمیق و مبتنی بر سناریو را در بازار سرمایه ایران ارائه می‌شود. هدف مدل طراحی استراتژی سرمایه‌گذاری بهینه در روبرویی با عدم قطعیت‌ها و سناریوهای مختلف اقتصادی است. تصمیم‌گیری‌ها در دو مرحله انجام می‌شود: مرحله اول تصمیمات اولیه سرمایه‌گذاری و مرحله دوم تعدیل سبد سرمایه‌گذاری باتوجه به تغییرات اقتصادی. مدل به طور جامع ریسک، بازده و نقدشوندگی را به عنوان اهداف بهینه‌سازی در نظر می‌گیرد.

1. Ghorbani

2. Mahalanobis distance

مدل (۱) تا مدل (۹) به ترتیب بیانگر حداکثرسازی بازده مورد انتظار، حداقل سازی ریسک، حداکثرسازی نقدشوندگی، محدودیت مجموع سرمایه گذاری در مرحله اول، محدودیت تعداد سهام در سبد، محدودیت حداقل و حداکثر سرمایه گذاری در مرحله اول، محدودیت مجموع سرمایه گذاری در هر سناریو، محدودیت حداقل و حداکثر سرمایه گذاری در هر سناریو و محدودیت انحراف بین مراحل اول و دوم هستند.

$$\begin{aligned} \text{مدل (۱)} \quad \text{Max } Z_1 &= \sum_{i=1}^n x_i^0 r_i \\ \text{Max } Z_{1k} &= \sum_{i=1}^n x_{ik}^1 r_{ik} \quad \forall k = \{1, 2, 3, 4\} \end{aligned}$$

$$\text{مدل (۲)} \quad \text{Min } Z_2 = \sum_{i=1}^n x_i^0 \sigma_i^2$$

$$\text{Min } Z_{2k} = \sum_{i=1}^n x_{ik}^1 \sigma_{ik}^2 \quad \forall k = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$\text{مدل (۳)} \quad \text{Max } Z_3 = \sum_{i=1}^n x_i^0 l_i$$

$$\text{Max } Z_{3k} = \sum_{i=1}^n x_{ik}^1 l_{ik} \quad \forall k = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$\text{مدل (۴)} \quad \sum_{i=1}^n x_i^0 = 1$$

$$\text{مدل (۵)} \quad \sum_{i=1}^n y_i \leq M$$

$$\begin{aligned} x_{min}^0 * y_i &\leq x_i^0 \leq x_{max}^0 * y_i \\ x_i^0 &\leq y_i \end{aligned} \quad \text{مدل (۶)}$$

$$\text{مدل (۷)} \quad \sum_{i=1}^n x_{ik}^1 = 1 \quad \forall k = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$\text{مدل (۸)} \quad x_{min}^0 * y_i \leq x_{ik}^1 \leq x_{max}^0 * y_i \quad \forall i, k$$

$$\begin{aligned} -\delta \leq x_{ik}^1 - x_i^0 \leq \delta \quad \forall i, k \\ x_i^0 \geq 0, \quad x_{ik}^1 \geq 0, \quad y_i \in \{0,1\} \quad \forall i, k \end{aligned} \quad \text{مدل (۹)}$$

x_i^0 : درصد سرمایه گذاری در سهم i در مرحله اول (مستقل از سناریو)؛

x_{ik}^1 : درصد سرمایه گذاری در سهم i تحت سناریو k در مرحله دوم؛

y_i : متغیر باینری که نشان می دهد آیا سهم i در سبد وجود دارد (۱) یا خیر (۰)؛

r_i : بازده مورد انتظار سهم i در مرحله اول؛

r_{ik} : بازده مورد انتظار سهم i تحت سناریو k ؛

σ_i : ریسک سهم i در مرحله اول؛

σ_{ik} : ریسک سهم i تحت سناریو k ؛

l_i : شاخص نقدشوندگی سهم i در مرحله اول؛

l_{ik} : شاخص نقدشوندگی سهم i تحت سناریو k ؛

N : تعداد کل سهام موجود؛

k : اندیس سناریوها؛

M : حداکثر تعداد سهام مجاز در سبد؛

$x_{\min}^0$: حداقل درصد سرمایه گذاری مجاز در هر سهم؛

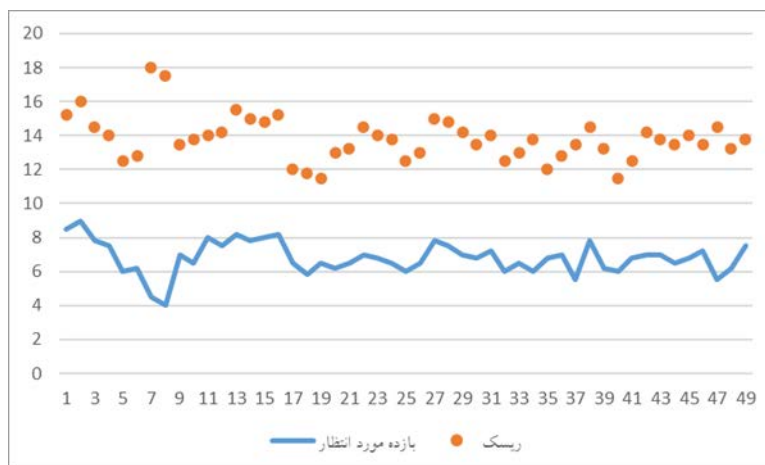
$x_{\max}^0$: حداکثر درصد سرمایه گذاری مجاز در هر سهم؛

δ : حداکثر انحراف مجاز بین مراحل اول و دوم.

جدول ۵.۲. آمار توصیفی متغیرهای اصلی پژوهش

متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
بازده مورد انتظار	۶٫۸۱	۰٫۹۴	۳٫۴۲	۹٫۲۶
ریسک	۱۳٫۸۱	۱٫۳	۱۱٫۲۱	۱۸٫۹۳
شاخص نقدشوندگی	۷٫۲۳	۰٫۵۷	۴٫۰۱	۸٫۷۳

نتایج جدول (۵) نشان می‌دهد داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از تنوع و پراکندگی مناسبی برخوردار هستند و می‌توانند مبنای مناسبی برای تحلیل‌های بعدی و انتخاب سبد سهام بهینه در شرایط عدم قطعیت عمیق باشند.



نمایه ۱. پراکندگی ریسک در برابر بازده مورد انتظار

نمایه ۱ نشان‌دهنده ارتباط بین ریسک و بازده مورد انتظار است. همان‌طور که پیش‌بینی می‌شود، این رابطه به‌طور کلی مثبت است و با نظریه مالی مدرن تطابق دارد. با این وجود، این رابطه کاملاً خطی نیست و داده‌ها پراکندگی چشمگیری دارند که نشان‌دهنده پیچیدگی‌های خاص بازار سرمایه ایران است.

برای بررسی دقیق‌تر رابطه بین متغیرهای اصلی پژوهش، ماتریس همبستگی بین این متغیرها در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ۶. ماتریس همبستگی متغیرهای اصلی پژوهش

متغیر	بازده مورد انتظار	ریسک	شاخص نقدشوندگی
بازده مورد انتظار	۱	۰,۶۵	۰,۴۲
ریسک	۰,۶۵	۱	-۰,۱۸
شاخص نقدشوندگی	۰,۴۲	-۰,۱۸	۱

طبق جدول (۶)، همبستگی مثبت و نسبتاً قوی (۰,۶۵) بین بازده مورد انتظار و ریسک وجود دارد که تأییدکننده رابطه ریسک - بازده در نظریه سبد سرمایه‌گذاری مدرن است. همچنین، همبستگی مثبت (۰,۴۲) بین بازده مورد انتظار و شاخص نقدشوندگی نشان می‌دهد که سهام با نقدشوندگی بالاتر معمولاً بازده مورد انتظار بالاتری دارند. در عین حال، همبستگی منفی ضعیف (۰,۱۸-) بین ریسک و شاخص نقدشوندگی نشان‌دهنده این است که سهام با ریسک بیش‌تر به طور معمول نقدشوندگی کم‌تری دارند، هرچند این رابطه چندان قوی نیست.

جدول ۷.۷. آمار توصیفی متغیرهای کلان اقتصادی (۱۴۰۲)

متغیر	میانگین	میان	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	چولگی	کشدگی
نرخ تورم سالانه (%)	۳۵,۶۷	۳۴,۲۳	۵,۶۷	۲۸,۹	۴۵,۶۷	۰,۵۶	۲,۳۴
نرخ ارز (ریال / دلار)	۴۲۰,۰۰۰	۴۱۵,۰۰۰	۳۵,۰۰۰	۳۶۰,۰۰۰	۵۱۰,۰۰۰	۰,۷۸	۳,۱۲
نرخ رشد اقتصادی (%)	۳,۴۵	۳,۲۳	۱,۶۷	۰,۸۹	۶,۷۸	۰,۳۴	۲,۵۶
قیمت نفت (دلار / بشکه)	۷۵,۶۷	۷۳,۴۵	۱۲,۳۴	۵۵,۶۷	۱۱۰,۲۳	۰,۸۹	۳,۷۸
نرخ سود بانکی (%)	۱۸,۳۴	۱۸	۱,۲۳	۱۶	۲۱	۰,۴۵	۲,۶۷

در مجموع، آمار توصیفی ارائه شده نشان می‌دهد که داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از تنوع و پراکندگی مناسبی برخوردار هستند و می‌توانند مبنای مناسبی برای تحلیل‌های بعدی و انتخاب سبد سهام بهینه در شرایط عدم قطعیت عمیق باشند.

جدول ۸. ماتریس همبستگی متغیرهای کلان اقتصادی

متغیر	نرخ تورم	نرخ ارز	نرخ رشد اقتصادی	قیمت نفت	نرخ سود بانکی
نرخ تورم	۱				
نرخ ارز	۰,۷۸	۱			
نرخ رشد اقتصادی	-۰,۴۵	-۰,۳۴	۱		
قیمت نفت	۰,۲۳	-۰,۱۲	۰,۵۶	۱	
نرخ سود بانکی	۰,۶۷	۰,۵۴	-۰,۲۳	۰,۱۲	۱

جدول (۸) نیز ماتریس همبستگی بین متغیرهای کلان اقتصادی را نشان می‌دهد که در آن، همبستگی قوی و مثبت بین نرخ تورم و نرخ ارز (۰,۷۸) تأییدکننده تأثیر متقابل این دو متغیر بر

یکدیگر است. این رابطه نشان می‌دهد که با افزایش نرخ تورم، ارزش پول ملی کاهش یافته و نرخ ارز افزایش می‌یابد.

در این پژوهش، داده‌های مربوط به ۵۰ شرکت برتر بازار سرمایه ایران از پایگاه‌های داده سازمان بورس و اوراق بهادار و سامانه کدال برای دوره زمانی ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ جمع‌آوری شد. سپس، داده‌های پرت شناسایی و حذف و داده‌های ناقص از طریق درون‌یابی خطی تکمیل شدند. قیمت‌ها نیز بر اساس سود تقسیمی و افزایش سرمایه تعدیل و داده‌ها با روش Min-Max نرمال‌سازی شدند. در نهایت، داده‌ها در یک فایل اکسل جامع سازمان‌دهی و متغیرهای مورد نیاز برای مدل محاسبه شده‌اند.

در این مطالعه، برای محاسبه مقادیر متغیرهای هدف در سال ۱۴۰۲، از روش شبیه‌سازی مونت کارلو و داده‌های تاریخی ۵۰ سهم فعال در بورس تهران استفاده شد. با بهره‌گیری از مدل ARIMA-GARCH، بازده مورد انتظار برای هر سهم تحت چهار سناریوی مختلف شبیه‌سازی شد. همچنین، ریسک هر سهم با استفاده از معیار ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR) محاسبه شد تا تخمین‌های واقع‌بینانه‌تری از شرایط آتی بازار به دست آید.

انتخاب پارامترهای مدل با توجه به مطالعات پیشین، تحلیل‌های آماری بازار سرمایه ایران و نظرات خبرگان صورت گرفته است تا مدل ضمن حفظ انعطاف‌پذیری، محدودیت‌های بازار را در نظر بگیرد. همچنین تحلیل حساسیت نسبت به تغییرات این پارامترها انجام می‌شود تا از پایدار بودن نتایج اطمینان حاصل شود.

جدول ۹. پارامترهای اصلی مدل و مقادیر آن‌ها

پارامتر	مقدار
N	۵۰
M	۱۵
$x_{\min}^0$	۰,۰۵
$x_{\max}^0$	۰,۳
Δ	۰,۱

این پژوهش از روش برنامه‌ریزی آرمانی تعمیم‌یافته (نقطه مرجع) برای بهینه‌سازی سبد سهام استفاده کرده است. سه هدف اصلی این مدل شامل حداکثر کردن بازده، حداقل کردن ریسک

و افزایش نقدشوندگی است. برای حل مدل، از نرم افزار متلب و تابع `fmincon` بهره برداری شده است که توانایی حل مسائل غیرخطی و چندهدفه را با استفاده از الگوریتم نقطه داخلی فراهم می آورد.

جدول ۱۰. سطوح مرجع و پارامترهای حل مدل

سناریو ۴	سناریو ۳	سناریو ۲	سناریو ۱	پارامتر
۷,۵۰٪	۶٪	۷٪	۸٪	g1k (بازده)
۱۳,۵۰٪	۱۴٪	۱۳٪	۱۲٪	g2k (ریسک)
۷,۲	۶,۵	۷	۷,۵	g3k (نقدشوندگی)
۱,۲	۱,۵	۱	۱	w1k (وزن بازده)
۴,۲	۵	۳,۵	۴	w2k (وزن ریسک)
۷,۵	۸	۷	۷	w3k (وزن نقدشوندگی)

جدول (۱۰) نتایج مدل انتخاب سبد سهام چندهدفه در بازار سرمایه ایران تحت شرایط عدم قطعیت و استوار بر سناریو را نشان می دهد. این نتایج شامل ۱۰ اجرای مدل با وزن های مختلف برای اهداف بازده، ریسک و نقدشوندگی در چهار سناریو مدل پیشنهادی، مدل مارکویتز، ارزش در معرض خطر شرطی (CVaR)^۱ و میانگین قدرمطلق انحرافات (MAD)^۲ است. این رویکرد چند سناریویی انعطاف پذیری مدل را در تطبیق با شرایط بازار مختلف بررسی می کند و مقادیر بازده، ریسک و نقدشوندگی را در هر سناریو مقایسه می کند.

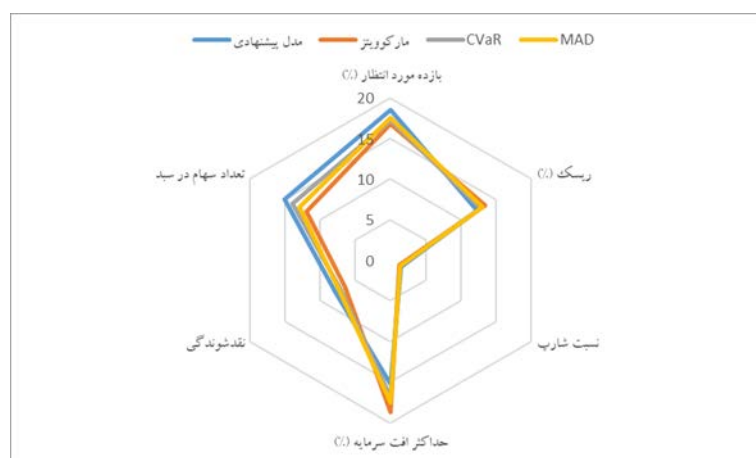
این پژوهش به ارزیابی تصمیمات در چهار سناریوی مختلف بازار سرمایه ایران با سه معیار بازده مورد انتظار، ریسک و نقدشوندگی پرداخته است. مدل دو مرحله ای مبتنی بر سناریو و استفاده از رویکرد برنامه ریزی آرمانی تعمیم یافته، به بهینه سازی چند هدفه در شرایط عدم قطعیت کمک کرده است. نتایج نشان می دهد که بازده مورد انتظار بین ۶٪ تا ۸٪، ریسک بین ۱۲٪ تا ۱۴٪ و نقدشوندگی بین ۶,۵ تا ۷,۵ در سناریوهای مختلف متغیر است که به لزوم تصمیم گیری تحلیلی و جامع در آغاز دوره اشاره دارد.

1. Conditional Value-at-Risk (CVaR)

2. Mean Absolute Deviation (MAD)

جدول ۱۱. مقایسه جامع عملکرد مدل پیشنهادی با سایر روش‌های انتخاب سبد سهام

روش	بازده مورد انتظار (%)	ریسک (%)	نسبت شارپ	حداکثر افت سرمایه (%)	نقدشوندگی	تعداد سهام در سبد
مدل پیشنهادی	۱۸,۵	۱۲,۳	۱,۵۱	۱۵,۲	۷,۸	۱۵
مارکوویتز	۱۶,۸	۱۳,۵	۱,۲۴	۱۸,۷	۶,۵	۱۲
CVaR	۱۷,۲	۱۲,۸	۱,۳۴	۱۶,۹	۷,۱	۱۴
MAD	۱۷,۶	۱۳,۱	۱,۳۴	۱۷,۵	۷,۳	۱۳



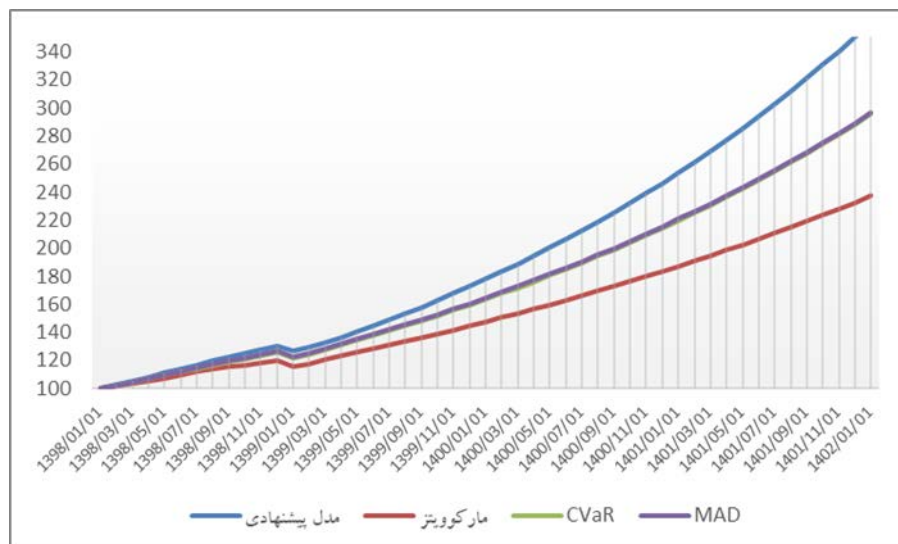
نمایه ۲. مقایسه عملکرد مدل‌ها در معیارهای مختلف

نتایج جدول (۱۱) و نمایه ۲ نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در تمامی معیارهای ارزیابی عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌ها داشته است.

جدول ۱۲. مقایسه عملکرد مدل‌ها در آزمون خارج از نمونه

معیار	مدل پیشنهادی	مارکوویتز	CVaR	MAD
میانگین بازده سالانه (%)	۱۶,۸	۱۴,۵	۱۵,۲	۱۵,۶
انحراف معیار بازده سالانه (%)	۱۱,۵	۱۲,۸	۱۲,۱	۱۲,۳
نسبت شارپ	۱,۴۶	۱,۱۳	۱,۲۶	۱,۲۷
حداکثر افت سرمایه (%)	۱۸,۳	۲۲,۷	۲۰,۱	۱۹,۸
نسبت سورتینو	۲,۱۲	۱,۶۵	۱,۸۴	۱,۸۹
نسبت اطلاعاتی	۰,۵۸	۰,۳۲	۰,۴۱	۰,۴۵

باتوجه به نتایج جدول (۱۲)، می‌توان به این نتیجه رسید که مدل پیشنهادی با میانگین بازده سالانه ۱۶٫۸٪ عملکرد برتری نسبت به سایر مدل‌ها داشته است.



نمایه ۳. مقایسه بازده تجمعی مدل‌ها در طول دوره آزمون خارج از نمونه

نتایج حاصل از نمایه ۳، اعتبار و کارایی مدل پیشنهادی را در مدیریت سبد سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه ایران تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که این مدل می‌تواند ابزاری ارزشمند برای مدیران سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذاران نهادی در بهینه‌سازی عملکرد سبد سهام و مدیریت ریسک باشد.

جدول ۱۳. مقایسه عملکرد مدل‌ها در سناریوهای مختلف (بازده سالانه %)

سناریو	مدل پیشنهادی	مارکویتز	CVaR	MAD
روتنق	۲۵٫۳	۲۲٫۱	۲۳٫۵	۲۴٫۱
رکود	-۸٫۲	-۱۲٫۵	-۱۰٫۱	-۹٫۷
نوسانات شدید	۱۲٫۷	۸٫۹	۱۰٫۵	۱۱٫۲
شرایط عادی	۱۵٫۸	۱۴٫۲	۱۴٫۹	۱۵٫۳

نتایج تحلیل سناریو نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌های متداول انتخاب سبد سهام در تمامی شرایط بازار، از رونق تا رکود و نوسانات شدید، داشته است. این برتری به ویژگی‌هایی مانند توانایی در نظر گرفتن چندین هدف (بازده، ریسک و نقدشوندگی)، انعطاف‌پذیری در تطبیق با شرایط بازار، مدل‌سازی عدم قطعیت‌های عمیق و استفاده از رویکرد استوار بر سناریو مرتبط است. این مدل می‌تواند ابزاری کارآمد و قابل اعتماد برای مدیران سبد سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذاران در بازار سرمایه ایران، به‌ویژه در شرایط عدم قطعیت بالا باشد.

این پژوهش به تحلیل حساسیت مدل انتخاب سبد سهام چندهدفه تحت شرایط عدم قطعیت عمیق پرداخته و تأثیر تغییرات وزن‌های اهمیت را بر عملکرد مدل بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش وزن اهمیت بازده منجر به افزایش بازده می‌شود اما پس از رسیدن به یک نقطه اشباع، تأثیرات کاهش می‌یابد. همچنین افزایش وزن اهمیت ریسک باعث کاهش ریسک در سناریوهای مختلف می‌شود. این تحلیل‌ها به درک بهتر مبادلات بین اهداف و بهینه‌سازی تنظیم وزن‌ها کمک می‌کند.

نتایج بررسی حساسیت مدل انتخاب سبد سهام چندهدفه نسبت به تغییرات سطوح هدف (بازده، ریسک و نقدشوندگی) نشان می‌دهند که تغییرات سطوح هدف بازده تأثیر زیادی بر ترکیب بهینه سبد دارد، به‌طوری‌که افزایش سطح هدف بازده منجر به افزایش بازده و ریسک همزمان می‌شود. این تحلیل اهمیت تعیین دقیق سطوح هدف در بهینه‌سازی تصمیمات مالی را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف ارائه یک مدل بهینه‌سازی سبد سهام چندهدفه در بازار سرمایه ایران تحت شرایط عدم قطعیت عمیق انجام شده است. این مطالعه با استفاده از رویکردهای نوین در بهینه‌سازی چندهدفه و مدیریت ریسک، به دنبال ارائه راهکاری جامع برای مدیریت سرمایه‌گذاری در بازار پیچیده و غیرقطعی ایران است.

یکی از مهم‌ترین یافته‌های این پژوهش، اثبات کارآمدی رویکرد چندهدفه در انتخاب سبد سهام است. مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن سه هدف اصلی (بازده، ریسک و نقدشوندگی) تصویر جامع‌تری از ترجیحات سرمایه‌گذاران ارائه می‌دهد. این رویکرد، نسبت به مدل‌های سنتی

مانند مدل میانگین - واریانس مارکویتز که تنها بر بازده و ریسک تمرکز دارند، پیشرفت چشمگیری داشته و در بازار سرمایه ایران که با مشکلات نقدشوندگی روبه‌رو است، سبدهای بهینه‌تری با ریسک کم‌تر انتخاب می‌کند.

یافته دیگر این پژوهش، اهمیت استفاده از رویکرد مبتنی بر سناریو در شرایط عدم قطعیت است. مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن چهار سناریوی مختلف (رونق، رکود، تورم بالا و ثبات نسبی)، انعطاف‌پذیری چشمگیری در روبرویی با شرایط متغیر بازار نشان داده است. نتایج نشان می‌دهند که ترکیب بهینه سبد سهام در هر سناریو متفاوت است، به‌عنوان مثال در سناریوی رونق، سهام شرکت‌های رشدی وزن بیش‌تری می‌گیرند در حالی که در سناریوی رکود، سهام شرکت‌های با ثبات مالی بالاتر ترجیح داده می‌شوند. این یافته اهمیت توجه به عدم قطعیت‌های آینده در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری را تأکید می‌کند.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که مدل پیشنهادی در شرایط عدم قطعیت عمیق عملکرد بهتری نسبت به روش‌های سنتی دارد. نتایج آزمون خارج از نمونه با پنجره غلتان نشان داد که سبد سهام پیشنهادی، نسبت به شاخص کل بورس تهران و روش‌های کلاسیک مانند مدل مارکویتز و CVaR، بازده تعدیل‌شده بر اساس ریسک (شاخص شارپ) بالاتری داشته است. این برتری به‌ویژه در دوره‌های نوسانی بازار مشهود بوده و نشان‌دهنده توانایی مدل در مدیریت مؤثر ریسک در شرایط نامطمئن است.

نتایج تحلیل حساسیت مدل نشان داد که این مدل قادر است ترجیحات مختلف سرمایه‌گذاران را از طریق وزن‌های اهمیت و سطوح هدف در نظر بگیرد. به‌طور مثال، افزایش وزن اهمیت نقدشوندگی منجر به انتخاب سبدهایی با نقدشوندگی بالاتر، اگرچه با کاهش جزئی در بازده همراه شد. همچنین، مدل نسبت به تغییرات در سطوح هدف ریسک حساس‌تر از بازده و نقدشوندگی است. این نتایج به سرمایه‌گذاران کمک می‌کند تا مبادلات بین اهداف مختلف را بهتر درک کرده و وزن‌ها و سطوح هدف را بر اساس ترجیحات خود تنظیم کنند.

یکی از نوآوری‌های این پژوهش، ارائه یک ساختار دو مرحله‌ای برای تصمیم‌گیری است. در این ساختار، سرمایه‌گذار ابتدا تصمیمی اولیه بر اساس اطلاعات موجود می‌گیرد و سپس، با تغییر شرایط بازار، تصمیم خود را تعدیل می‌کند. نتایج نشان می‌دهند که این رویکرد انعطاف‌پذیری زیادی در روبرویی با تغییرات بازار فراهم می‌کند و به سرمایه‌گذاران امکان می‌دهد تا استراتژی‌های خود را به سرعت با شرایط جدید تطبیق دهند.

مدل پیشنهادی به خوبی با ویژگی‌های خاص بازار سرمایه ایران سازگار است. به عنوان مثال، در نظر گرفتن نقدشوندگی به عنوان یکی از اهداف اصلی، به چالش‌های نقدشوندگی در این بازار پاسخ می‌دهد. همچنین استفاده از رویکرد مبتنی بر سناریو، راهکاری مؤثر برای مدیریت عدم قطعیت‌های ناشی از عوامل اقتصادی، سیاسی و بین‌المللی در بازار سرمایه ایران است.

مقایسه عملکرد مدل پیشنهادی با روش‌های کلاسیک مانند مدل مارکویتز و CVaR نشان داد که این مدل در بیشتر موارد عملکرد بهتری داشته است. به ویژه در شرایط نوسانات شدید بازار، مدل پیشنهادی توانست ریسک سبد را به شکل موثرتری مدیریت کند. این نتایج بر اهمیت استفاده از رویکردهای پیشرفته‌تر برای مدیریت ریسک در بازارهای نوظهور تأکید می‌کند.

در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که رویکرد چند هدفه مبتنی بر سناریو در انتخاب سبد سهام، به ویژه در شرایط عدم قطعیت عمیق، می‌تواند ابزاری مؤثر برای سرمایه‌گذاران و مدیران سبد سرمایه‌گذاری باشد. این مدل با ارائه یک چهارچوب جامع و انعطاف‌پذیر، امکان بهبود مدیریت ریسک و بهینه‌سازی عملکرد سبد را فراهم می‌آورد. با این حال، اثربخشی این مدل به دقت در تعیین سناریوها، وزن‌های اهمیت و سطوح هدف وابسته است و نیاز به بررسی و به‌روزرسانی مداوم دارد.

در این مطالعه، چارچوبی تحلیلی برای انتخاب سبد سهام در بازار سرمایه ایران در روبرویی با عدم قطعیت‌های عمیق توسعه داده شده است که با اتکا به ابزارهای پیشرفته بهینه‌سازی چندهدفه، امکان گرفتن تصمیمات سرمایه‌گذاری کاراتر را فراهم می‌سازد. مقالات پیشینه پژوهش، برخی از جنبه‌های مشابه و متفاوتی با این پژوهش دارند. پژوهش‌هایی مانند خیاطیان و شخصی نیائی (۱۴۰۳) و موسی زاده و همکاران (۱۴۰۳) که به بهینه‌سازی سبد سهام و کاهش ریسک در شرایط مختلف پرداخته‌اند، به ویژه با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری، همسو با اهداف این پژوهش هستند. همچنین پژوهش داداش پور عمرانی و همکاران (۱۴۰۲) که بر توسعه مدل‌های پیشرفته برای مدیریت ریسک تأکید دارد، نیز مشابه با مدل پیشنهادی در این مطالعه است. با این حال، مقالاتی همچون پژوهش محسن و همکاران (۱۴۰۳) که به تأثیر نوسانات جریان‌های نقد عملیاتی بر ریسک سقوط قیمت سهام می‌پردازند، یا پژوهش گویال و سونی (۲۰۲۵) که تحلیل بیلیومتریک نوسانات بازار در بحران‌ها را انجام می‌دهند، به موضوعات متفاوتی چون تحلیل داده‌ها و نوسانات اقتصادی تمرکز دارند و با نتایج پژوهش حاضر تفاوت دارند. همچنین پژوهش‌های بای و همکاران (۲۰۲۵) و عبدالله و همکاران (۲۰۲۵) که به انتخاب و زمان‌بندی پروژه‌ها و مقایسه استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در دوران نوسان می‌پردازند نیز، با

تمرکز بر پروژه‌ها و استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در بازارهای نوظهور، تفاوت‌های عمده‌ای با مدل سبد سهام چندهدفه در شرایط عدم قطعیت دارند.

بر اساس نتایج پژوهش، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، مدل ارائه شده با افزودن معیارهایی چون پایداری سود و شاخص‌های حاکمیت شرکتی، بررسی تأثیر عوامل کلان اقتصادی مانند تورم و نرخ ارز و استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی مانند یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی تقویت شود. همچنین، تحلیل رفتار سرمایه‌گذاران، توسعه مدل برای سایر بازارهای مالی و بررسی تأثیر محدودیت‌های قانونی و نظارتی، می‌تواند به بهبود کارایی و دقت پیش‌بینی‌های مدل کمک کند.

پژوهش حاضر با وجود دستاوردهای مهم، محدودیت‌هایی نیز دارد. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به وابستگی مدل به دقت تعیین سناریوها و وزن‌های اهمیت اشاره کرد که ممکن است در شرایط واقعی با تغییرات ناگهانی بازار نوسان داشته باشد. همچنین، پیش‌بینی دقیق عوامل اقتصادی، سیاسی و بین‌المللی برای تعیین سناریوها چالش‌برانگیز است. هرچند مدل پیشنهادی عملکرد بهتری نسبت به روش‌های کلاسیک دارد، اما نیاز به به‌روزرسانی مداوم و تطبیق با تغییرات سریع بازار دارد و به تأثیر عوامل روانی و رفتاری سرمایه‌گذاران پرداخته نشده است.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسنده اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت کرده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه است.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر بدون حمایت مالی انجام شده است.

سپاسگزاری

از داوران محترم که در بهبود کیفیت مقاله، نظرات ارزشمندی را ارائه کردند تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Abdullah, A. M; Tuyon, J; Abdullah, M; Keliwon, K. B; & Abdullah, H. (2025). Investment Strategies in Turbulent Times: A Comparative Analysis of Developed and Emerging Markets. *The International Trade Journal*, 40(1), 1-31. [10.1080/08853908.2025.2453137](https://doi.org/10.1080/08853908.2025.2453137)
- Asgari, S. D; Mohammadi, E; Makui, A; & Jafari, M. (2024). Data-driven robust optimization based on position-regulated support vector clustering. *Journal of Computational Science*, 76, 102210. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2024.102210>
- Bai, L; Yang, M; Pan, T; & Sun, Y. (2025). Project portfolio selection and scheduling incorporating dynamic synergy. *Kybernetes*, 54(2), 996-1026. <https://doi.org/10.1108/K-04-2023-0694>
- Bekaert, G; & Harvey, C. R. (1997). Emerging equity market volatility. *Journal of Financial economics*, 43(1), 29-77. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(96\)00889-6](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(96)00889-6)
- Chaiwuttisak, P. (2023). Multi-Criteria Decision-Making for Investment Portfolio Selection in Thailand's Stock Market. *Modern Management Based on Big Data*, 188-196. <https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/FAIA230184>
- Doaei, M; Dehnad, K. & Dehnad, M. A hybrid approach based on multi-criteria decision making and data-driven optimization in solving portfolio selection problem. *OPSEARCH* 62, 1–36 (2025). <https://doi.org/10.1007/s12597-024-00776-y>
- Fabozzi, F. J; Markowitz, H. M; & Gupta, F. (2011). Portfolio selection. *The Theory and Practice of Investment Management*, 45-78. [https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=COQoNN7mAnsC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Fabozzi,+F.+J;+Markowitz,+H.+M;+%26+Gupta,+F.+\(2011\).+Portfolio+selection.+The+Theory+and+Practice+of+Investment+Management,+45-78.&ots=WcKHyz7oJV&sig=iLRd6bHKLSt09MYCi6bp3J8VbSI#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=COQoNN7mAnsC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Fabozzi,+F.+J;+Markowitz,+H.+M;+%26+Gupta,+F.+(2011).+Portfolio+selection.+The+Theory+and+Practice+of+Investment+Management,+45-78.&ots=WcKHyz7oJV&sig=iLRd6bHKLSt09MYCi6bp3J8VbSI#v=onepage&q&f=false)
- Ghallabi, F; & Ghorbel, A. (2025). Commodity sectors and emerging stock markets: is there any risk transmission? *Afro-Asian Journal of Finance and Accounting*, 15(1), 59-76. <https://doi.org/10.1504/AJFA.2025.143507>
- Ghorbani, H. (2019). Mahalanobis distance and its application for detecting multivariate outliers. *Facta Universitatis, Series: Mathematics and Informatics*, 583-595. <https://casopisi.junis.ni.ac.rs/index.php/FUMathInf/article/view/5028>
- Goyal, P; & Soni, P. (2025). Stock markets volatility during crises periods: a bibliometric analysis. *Qualitative Research in Financial Markets*, 17(1), 41-65. <https://doi.org/10.1108/QRFM-06-2023-0143>
- Kandakoglu, M; Walther, G; & Ben Amor, S. (2024). The use of multi-criteria decision-making methods in project portfolio selection: a literature review and

future research directions. *Annals of Operations Research*, 332(1), 807-830.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-023-05564-3>

Lempert, R. J; Popper, S. W; & Bankes, S. C. (2003). Shaping the Next One Hundred Years: New Methods for Quantitative, Long-Term Policy Analysis. RAND Corporation.

[https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=F2SzOwE0_bIC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Lempert,+R.+J;+Popper,+S.+W;+%26+Bankes,+S.+C.+\(2003\).+Shaping+the+Next+One+Hundred+Years:+New+Methods+for+Quantitative,+Long-Term+Policy+Analysis.+RAND+Corporation.&ots=WWBUZv4kF4&sig=DiA523w1327tbLh3XOyd-1Jc58w#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=F2SzOwE0_bIC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Lempert,+R.+J;+Popper,+S.+W;+%26+Bankes,+S.+C.+(2003).+Shaping+the+Next+One+Hundred+Years:+New+Methods+for+Quantitative,+Long-Term+Policy+Analysis.+RAND+Corporation.&ots=WWBUZv4kF4&sig=DiA523w1327tbLh3XOyd-1Jc58w#v=onepage&q&f=false)

Marchau, V. A. W. J; Walker, W. E; Bloemen, P. J. T. M; & Popper, S. W. (Eds.). (2019). Decision Making under Deep Uncertainty: From Theory to Practice. Springer.

<https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/22900>

Markowitz, H. M. (1991). Foundations of portfolio theory. *The journal of finance*, 46(2), 469-477.

<https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1991.tb02669.x> Digital Object Identifier (DOI)

Rahimian, H; & Mehrotra, S. (2022). Frameworks and results in distributionally robust optimization. *Open Journal of Mathematical Optimization*, 3, 1-85.

https://ojmo.centre-mersenne.org/articles/OJMO_2022__3__A4_0/

Reinhart, C. M; & Rogoff, R. (2009). This time is different: Eight centuries of financial folly. Princeton University Press.

https://www.researchgate.net/publication/227486731_This_Time_Is_Different_Eight_Centuries_of_Financial_Folly

Rockafellar, R. T; & Uryasev, S. (2002). Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of banking & finance*, 26(7), 1443-1471.

[https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(02\)00271-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(02)00271-6)

Rojers, D. M; Whiteson, S; Brachman, R; & Stone, P. (2017). Multi-objective decision making. San Rafael.

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-01576-2>

Roy, A. D. (1952). Safety first and the holding of assets. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 431-449. <https://doi.org/10.2307/1907413>

Sharif, M. , Shahnazari-Shahrezaei, P. and Doaei, M. (2025). A Two-Stage Stochastic Optimization Model for Portfolio Selection Under Decision-Making Uncertainties. *Journal of Mathematics and Modeling in Finance*. https://jmmf.atu.ac.ir/article_19816.html

Stearns, P. N. (2020). The industrial revolution in world history. Routledge.

<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781003050186/industrial-revolution-world-history-peter-stearns>

- Tabash, M. I; Chalissery, N; Nishad, T. M; & Al-Absy, M. S. M. (2024). Market Shocks and Stock Volatility: Evidence from Emerging and Developed Markets. *International Journal of Financial Studies*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/ijfs12010002>
- Tanino, T; Tanaka, T; & Inuiguchi, M. (2013). Multi-objective programming and goal programming: theory and applications. *Springer Science & Business Media*.
[https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=unMKBwAAQBAJ&oi=fnd&pq=PA2&dq=Tanino,+T;+Tanaka,+T;+%26+Inuiguchi,+M.+\(2013\).+Multi-objective+programming+and+goal+programming:+theory+and+applications.+Springer+Science+%26+Business+Media.&ots=GjOghlB-c2&sig=uTGOyWG1uMwq5HbHEkgqXuuxaPs#v=onepage&q=Tanino%2C%20T.%2C%20Tanaka%2C%20T.%2C%20%26%20Inuiguchi%2C%20M.%20\(2013\).%20Multi-objective%20programming%20and%20goal%20programming%3A%20theory%20and%20applications.%20Springer%20Science%20%26%20Business%20Media.&f=false](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=unMKBwAAQBAJ&oi=fnd&pq=PA2&dq=Tanino,+T;+Tanaka,+T;+%26+Inuiguchi,+M.+(2013).+Multi-objective+programming+and+goal+programming:+theory+and+applications.+Springer+Science+%26+Business+Media.&ots=GjOghlB-c2&sig=uTGOyWG1uMwq5HbHEkgqXuuxaPs#v=onepage&q=Tanino%2C%20T.%2C%20Tanaka%2C%20T.%2C%20%26%20Inuiguchi%2C%20M.%20(2013).%20Multi-objective%20programming%20and%20goal%20programming%3A%20theory%20and%20applications.%20Springer%20Science%20%26%20Business%20Media.&f=false)
- Valadkhani, A; & O'Mahony, B. (2025). Market Fear and Emerging Market Returns: Analyzing the Impacts of VIX and Dollar Index. *Annals of Financial Economics*, 2450015. <https://doi.org/10.1142/S2010495224500155>
- Yi, L; Li, T; & Zhang, T. (2021). Optimal investment selection of regional integrated energy system under multiple strategic objectives portfolio. *Energy*, 218, 119409. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119409>
- Zanjirdar, M. (2020). Overview of portfolio optimization models. *Advances in mathematical finance and applications*, 5(4), 419-435. <https://sanad.iau.ir/Journal/amfa/Article/915099>