

Designing a Mathematical-Fuzzy Model for Measuring Risk-Taking in Investment Scope of a Sovereign Wealth Fund

Mojtaba Gholipour-Domyeh¹, Sayyed Alireza Mir-Mohammad Sadeghi²,
Mohammad Ali Rastegar-Sorkhe³

¹ Ph.D. Student, Faculty of Engineering, Imam Hossein University, Tehran, Iran

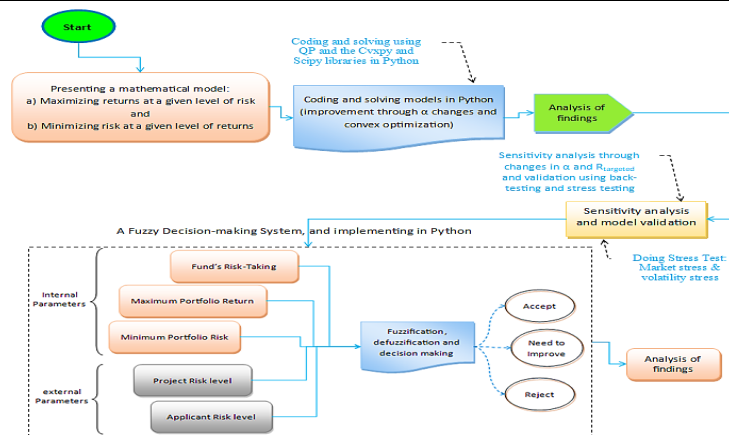
² Associate Professor, Faculty of Engineering, Imam Hossein University, Tehran, Iran

³ Assistant Professor, Faculty of Industrial Engineering, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

HIGHLIGHTS

- The mathematical model is based on mean-variance conception and has the objectives: maximizing returns at a given level of risk, and minimizing risk at a given level of return.
- The fuzzy decision-making system was issued under the fund's risk-taking, applicant's and project's risk.
- From the beginning of the fund's establishment for the portfolio; the average annual return is 3.2%, the maximum annual return is 5.84%, the minimum risk is 5.38 (out of 10).

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Research paper

Received: 8 July 2025

Revised: 10 August 2025

Accepted: 23 August 2025

Available online: 23 August 2025

*Correspondence:

ammsadeghi@ihu.ac.ir

How to cite this article:

Gholipour-Domyeh, M., Sadeghi, S. A. M., & Rastegar-Sorkhe, M. A. (2026). Designing a mathematical-fuzzy model for measuring risk-taking in investment scope of a sovereign wealth fund. *System Engineering and Productivity*, 6 (1), 113-136.

Keywords:

Measuring and improving risk-taking

Sovereign wealth funds

National development fund of Iran

Fuzzy decision-making system

Project-oriented approach

ABSTRACT

This research aims to design a mathematical-fuzzy model to measure and improve the risk-taking of the National Development Fund of Iran in the field of investment under a project-oriented approach. To this end, by studying previous research and the experiences of fifteen top global sovereign wealth funds, a mathematical model based on the concept of mean-variance and with the goals of maximizing returns at a given level of risk, and minimizing risk at a given level of return, has been presented and implemented. The findings of solving the model in Python using the initial rate of return of 318 projects financed/participated in by the fund from the beginning of its establishment to the end of 1403 showed that the average annual return of the portfolio is 3.2%, the maximum annual return of the portfolio is 5.84%, the minimum risk of the portfolio is 5.38 (out of 10), and the relative return-risk performance of the fund is 1.12. In addition, the results of stress testing on the fund's performance under critical scenarios (economic recession and boom, and inflation) indicate the stability of the proposed model in different economic conditions. Also, in this research, a proposed fuzzy decision-making system including the parameters: fund risk tolerance (RT), maximum fund portfolio return (R), minimum fund portfolio risk (δ), project risk level (PR), and applicant risk level (T) was designed and implemented to help the fund's senior managers make decisions.

1. Introduction

In recent years, the role of governments in investment has changed. As advanced and strategic actors, governments mediate investment in the form of full ownership and control of state-owned institutional investors (Amar et al., 2022). This new approach has ushered in a new era of state capitalism. Countries enriched by foreign financial reserves from national resources or trade surpluses have become symbolic institutional investors in the global economy through sovereign wealth funds (Bahoo et al., 2020). There are currently more than 175 sovereign wealth funds in the world (Global SWF, 2025). The National Development Fund of Iran (NDFI) is expected to be the 16th largest global sovereign wealth fund by the beginning of 2025, with more than \$162 billion in assets under management. This fund has only had financing activities since its establishment until the end of 2022, and since the beginning of 2023, it has started its investment activities in the form of investment or non-interventional participation (investment without entrepreneurship) alongside financing activities (NDF.IR, 2025). Considering the fund's discretion and determinism in the field of investment, which are under two goals, respectively: (1) maximizing returns at a certain level of risk, and (2) minimizing risks at a certain level of current returns, this research has attempted to design a model to measure and improve the risk tolerance of the NDFI in the field of investment.

2. Methodology

The present study is applied-developmental research that aims to measure and improve the risk-taking of the NDFI in the field of investment under a project-oriented approach. The investment field refers to all financing and investment activities (non-interventional participation or investment without entrepreneurship by the fund) of the fund that have been carried out for foreign exchange projects from the beginning of the fund's establishment until the end of 2023. Initially, by reviewing previous research and the experiences of the 15 top global sovereign wealth funds, the experiences of measuring and improving risk-taking in sovereign wealth funds were studied. Also, all valid articles from the WOS global database (consisting of 5 major global scientific citation databases) were studied to find existing models and tools for measuring and improving risk-taking in these funds. In the quantitative and modeling phase of the research, considering two goals: maximizing returns at a given level of risk and minimizing risks at a given level of return, the model presented by Markowitz (1952) was used and developed as the basic model. The models are implemented (solved) using Python libraries and with data on the annual returns of 318 projects financed/participated by the Fund from the beginning of its establishment until the end of 2023.

2.1. Proposed mathematical model

The appropriate basic model for the present study is the basic Markowitz model (1952), which uses the concept of mean-variance optimization, and this model has been developed in accordance with the needs of the problem and new objectives. To measure project-based risk-taking in the National Development Fund, the first goal is to maximize returns at a given level of risk. In the second objective; we seek to minimize the risk of the fund portfolio for a given level of return. It is assumed that the fund portfolio is a combination of different projects for investment and financing. In this model, the values of δ_p^2 are obtained between zero and one, and the closer it is to zero, the lower the risk. To solve the model, the proposed model is solved and improved using quadratic programming (QP) and the 'cvxpy' or 'sci.py.optimize' library.

The purpose of designing the proposed fuzzy system is to design a tool to help the fund's senior managers make decisions to filter new projects to the fund for financing or participation and to make decisions about these projects as "reject, need improvement, accept" the project based on the status of five parameters including: the fund's overall RT, the maximum return on projects (R), the minimum risk of projects (δ), the project risk level (PR), and the applicant's risk level (T). The modeling steps of this fuzzy system and its implementation are described below. It is expected that this human-supervised fuzzy system can intelligently make decisions about projects entering the fund with minimal human intervention. The proposed fuzzy decision-making system is coded and implemented in the PYCHARM IDE and Python version 3.13.3 with data related to the fund's risk tolerance level (Gholipour-Domyeh et al., 2025) and the results of project-based models in this paper. Numpy, pandas, and skfuzzy libraries have also been used to solve the Python code.

3. Results and Discussion

The proposed model was coded and solved using convex programming in IDE PYCHARM and Python version 3.13.3 (from 'CVXPY' library and other required libraries). The input data included the initial return matrix of projects (eight years + a six-month breathing period) with dimensions [318×9], which was fed to the model after preprocessing in the form of an Excel file. Also, the 'ECOS' solver was used for the solution and the min_weight=0.001 parameter was applied to prevent excessive concentration of weights. In addition to solving the model, model validation and sensitivity analysis were also performed. The findings showed that during the period 2011 to 2024, the average annual return of the project portfolio was 3.2%, the maximum return of the fund's project portfolio was 84.5%, the minimum risk of the fund's portfolio was 38.5 (out of 10), and the Sharpe ratio (fund's return-risk performance) was 1.12, which indicates the

ability of the designed model to measure the fund's riskiness under the project-oriented approach. The findings of the proposed fuzzy system showed that this system, while saving time and cost, can classify projects from a risk perspective into three outputs: "needs improvement, accepted".

4. Conclusions

The present applied-developmental research aimed to design a model to measure and improve the risk-taking of the National Development Fund of Iran under a project-oriented approach in the field of investment of the National Development Fund of Iran, including all activities related to financing and investment (non-interventional participation). This research has limitations in terms of data (lack of comprehensive database), dependence of the model on historical data, and consideration of effective macroeconomic variables. It is suggested for future research to study the presentation of a dynamic smart risk-taking model of the National Development Fund of Iran using a machine learning approach, taking into account macroeconomic variables (inflation, exchange rate, sanctions) and real-time market data.

Funding

This research received no external funding.

Author contributions

All authors have contributed equally to the writing of this article.

Conflicts of interest

There are no conflicts of interest associated with this research.

Acknowledgments

The authors sincerely appreciate the executive staff of Systems and Productivity Engineering, the esteemed reviewers, and other individuals who contributed to improving the quality of this article.

References


- Amar, J., Lecourt, C., & Carpentier, J.-F. (2022). GCC Sovereign Wealth Funds: Why do they take control? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 77, 101494. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2021.101494>
- Bahoo, S., Alon, I., & Paltrinieri, A. (2020). Sovereign wealth funds: Past, present and future. *International Review of Financial Analysis*, 67, 101418. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2019.101418>
- Gholipour-Domyeh, M., Sadeghi, S. A. M., & Rastegar-Sorkheh, M. A. (2025). Measuring and improving risk-taking of the NDFI under a general approach. *System Engineering and Productivity* (In Persian).

<https://doi.org/10.22034/sep.2025.2063764.1334>

National Development Fund of Iran. (n.d.). Home. Retrieved January 15, 2025, from <https://www.ndf.ir/>

Global SWF. (n.d.). Home. Retrieved January 12, 2025, from <https://www.globalswf.com/>

طراحی مدل ریاضی-فازی سنجش ریسک‌پذیری حوزه سرمایه‌گذاری یک صندوق ثروت ملی

مجتبی قلی‌پور دمیه^۱، سید علیرضا میرمحمدصادقی^۲، محمدعلی رستگار سرخه^۳ 

^۱ دانشجوی دکتری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

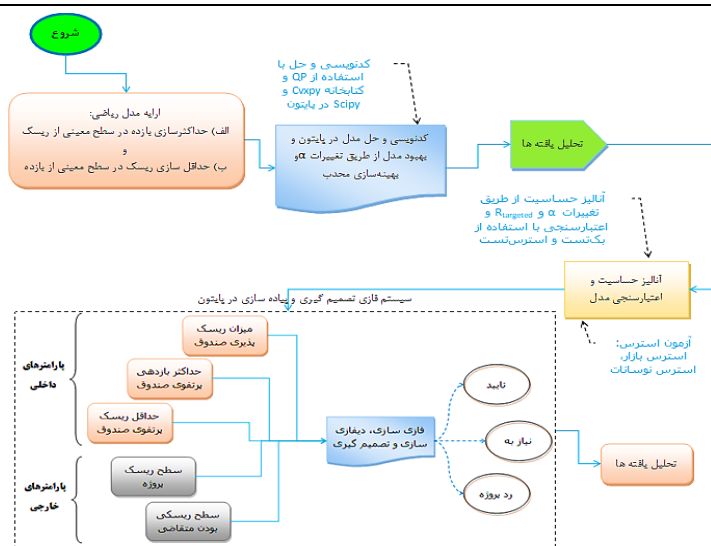
^۲ دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران

^۳ استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

برجسته‌ها

- مدل ریاضی مبتنی بر مفهوم میانگین-واریانس با اهداف: حداکثر سازی بازده در سطح معینی از ریسک، و حداقل سازی ریسک در سطح معینی از بازده می‌باشد.
- سیستم تصمیم‌گیری فازی پیشنهادی شامل سطح ریسک‌پذیری صندوق، و ریسک متقاضی و پروژه بود.
- از ابتدای تأسیس صندوق تا انتهای سال ۱۴۰۳؛ میانگین بازده سالانه ۳/۲٪، حداکثر بازده سالانه ۵/۸۴٪، حداقل ریسک سبد صندوق ۵/۳۸ (از ۱۰) بوده است.

چکیده گرافیکی



مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۱۷

بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۱۹

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱

ارائه برخط: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱

*نویسنده مسئول:

ammsadeghi@ihu.ac.ir

کلیدواژه‌ها:

سنجش و بهبود ریسک‌پذیری صندوق ثروت ملی
صندوق توسعه ملی ایران
سیستم تصمیم‌گیری فازی
رویکرد پروژه محور

چکیده

این تحقیق باهدف طراحی مدلی ریاضی-فازی برای سنجش و بهبود ریسک‌پذیری صندوق توسعه ملی ایران در حوزه سرمایه‌گذاری تحت رویکرد پروژه محور انجام شده است. بدین منظور با مطالعه تحقیقات پیشین و تجارب پانزده صندوق ثروت ملی برتر جهانی، مدلی ریاضیاتی مبتنی بر مفهوم میانگین-واریانس و با اهداف: حداکثر سازی بازده در سطح معینی از ریسک، و حداقل سازی ریسک در سطح معینی از بازده، ارائه و پیاده‌سازی شده است. یافته‌های حل مدل در پایتون با استفاده از نرخ بازدهی اولیه ۳۱۸ پروژه تأمین مالی/مشارکت شده صندوق از ابتدای تأسیس تا انتهای سال ۱۴۰۳ نشان داد که میانگین بازده سالانه سبد ۳/۲٪، حداکثر بازده سالانه سبد ۵/۸۴٪، حداقل ریسک سبد ۵/۳۸ (از ده)، و عملکرد نسبی بازده-ریسک صندوق ۱/۱۲ می‌باشد. بعلاوه، نتایج آزمون استرس بر عملکرد صندوق تحت سناریوهای بحرانی (رکود و رونق اقتصادی، و تورم) نشان‌دهنده پایداری مدل پیشنهادی در شرایط مختلف اقتصادی است. همچنین، در این تحقیق یک سیستم تصمیم‌گیری فازی پیشنهادی شامل پارامترهای: میزان ریسک‌پذیری صندوق (RT)، حداکثر بازدهی سبد صندوق (R)، حداقل ریسک سبد صندوق (δ)، سطح ریسک پروژه (PR) و سطح ریسک متقاضی (T)، برای کمک به تصمیم‌گیری مدیران ارشد صندوق طراحی و پیاده‌سازی شد.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، نقش دولت‌ها در سرمایه‌گذاری تغییر کرده است. دولت‌ها به‌عنوان بازیگران پیشرفته و راهبردی، در قالب مالکیت و کنترل کامل سرمایه‌گذاران نهادی دولتی، در سرمایه‌گذاری میانجی‌گری می‌کنند (Amar et al., 2022). این رویکرد جدید، عصر جدیدی از سرمایه‌گذاری دولتی را آغاز کرده است. کشورهایی که با ذخایر مالی خارجی ناشی از منابع ملی یا مازاد تجاری غنی‌شده‌اند، از طریق صندوق‌های ثروت ملی به سرمایه‌گذاران نهادی نمادین در اقتصاد جهانی تبدیل شده‌اند. اصطلاح «صندوق‌های ثروت ملی» نخستین بار توسط اندرو روزانوف در سال ۲۰۰۵ در دنیا مطرح شد. این صندوق‌ها به‌عنوان ماشین‌هایی برای سرمایه‌گذاری دارایی‌های ملی و تحت کنترل دولت یا بخش دولتی تعریف می‌شوند. در دو دهه گذشته، افزایش قیمت نفت و درآمدهای حاصل از آن، باعث افزایش دارایی‌های تحت مدیریت این صندوق‌ها و تغییر در تخصیص دارایی‌های آن‌ها شده است (Bahoo et al., 2020).

صندوق‌های ثروت ملی در دو دهه اخیر به‌عنوان نهادهای کلیدی در رشد اقتصادی کشورها (از طریق افزایش GDP و GNP) شناخته شده‌اند. این صندوق‌ها با مدیریت و ذخیره سرمایه‌های تولیدشده از منابع طبیعی یا سایر درآمدها، نقش مهمی در تبدیل این منابع به سرمایه‌های مولد ایفا می‌کنند. سرمایه‌گذاری‌های متنوع و بلندمدت این صندوق‌ها نه تنها باعث افزایش دارایی‌های تحت مدیریت آن‌ها شده، بلکه به رشد اقتصادی پایدار و تولید مستمر ثروت در کشورها کمک کرده‌اند (Griha, 2020). با این حال، موفقیت این سرمایه‌گذاری‌ها مستلزم توجه به مقوله ریسک در فعالیتهای حوزه سرمایه‌گذاری این صندوق‌هاست. در واقع، توجه به مدیریت ریسک و سنجش ریسک‌پذیری در صندوق‌های ثروت ملی، به‌ویژه با توجه به حجم قابل توجه دارایی‌های تحت مدیریت و نقش فعالیتهای سرمایه‌گذاری و تأمین مالی در رشد این دارایی‌ها، از اهمیت بالایی برخوردار است. فعالیتهای راهبردهای سرمایه‌گذاری این صندوق‌ها باید با شناخت از سطح ریسک‌پذیری فعلی آن‌ها، زمینه موفقیت در صیانت و افزایش ارزش سرمایه‌ها را فراهم آورد (Bahoo et al., 2019). در حال حاضر بیش از ۱۷۵

صندوق ثروت ملی در جهان وجود دارد (Global SWF, 2025). در ایران، صندوق توسعه ملی ایران در سال ۱۳۹۰ از حساب ذخیره ارزی به یک صندوق ثروت ملی تبدیل شد. بر اساس برنامه پنجم توسعه، دولت موظف به واریز ۲۰ درصد از درآمدهای نفتی به این صندوق شد و هر سال ۳ درصد به سهم خود باید بیفزاید. با این حال، این مبنا در برنامه‌های بعدی توسعه دستخوش تغییرات شد که برخی تحقیقات به چالش‌هایی که صندوق توسعه ملی ایران از بدو تأسیس با آن‌ها روبه‌رو بوده (مانند ناچیز بودن سهم فعالیت‌های اقتصادی سودآور از کل منابع صندوق، پایین بودن بازدهی سرمایه‌گذاری‌ها، ناکارآمدی صندوق به دلیل استفاده وسیع دولت‌ها از منابع صندوق برای مخارج جاری، تمرکز بالای سهم تسهیلات دهی صندوق به حوزه انرژی، پایین بودن نرخ بازگشت این تسهیلات، سطح مطالبات معوقی، شفافیت ناکافی صندوق در گزارشگری مالی و...) پرداخته‌اند (Zare & Shojaei Fard, 2018). هم‌زمان در فضای بین‌الملل، برخی صندوق‌های ثروت ملی مانند: NBIM نروژ، CIC چین، PIF عربستان، ADIA امارات و... با فعالیتهای سرمایه‌گذاری عظیم و انتخاب هوشمندانه نواحی و نوع سرمایه‌گذاری‌ها، درآمدهای حاصل از صادرات منابع تجدیدناپذیر را به سرمایه‌های پایدار و مولد تبدیل کرده‌اند. این صندوق‌ها در توسعه سهم اقتصادی، کارآفرینی ملی، افزایش درآمد ملی و تنوع بخشیدن به ارزهای خارجی نقش مهمی ایفا کرده‌اند (Bahoo et al., 2019). کشورهای مختلف تجربه کرده‌اند که دارایی‌های پایدار، اقتصاد را از نوسانات درآمدهای حاصل از منابع تجدیدناپذیر مصون می‌دارند (Liu et al., 2021). هرچند صندوق‌های ثروت ملی متناسب با سیاست‌ها و راهبردهای خود، تنوعی از سبدها را داشته و تحت سیاست‌های حاکمیتی مختلف فعالیت می‌کنند (Norouzi et al., 2019). صندوق توسعه ملی ایران تا ابتدای سال ۲۰۲۵ با بیش از ۱۶۲ میلیارد دلار دارایی تحت مدیریت، به‌عنوان شانزدهمین صندوق ثروت جهانی شناخته می‌شود. این صندوق از ابتدای تأسیس تا انتهای سال ۱۴۰۱ صرفاً فعالیت‌های تأمین مالی داشته و از ابتدای سال ۱۴۰۲ فعالیت‌های سرمایه‌گذاری خود را به‌صورت سرمایه‌گذاری یا همان مشارکت غیرمداخله‌ای

قطعیت همراه هستند که در صورت بروز این عدم قطعیت‌ها (بروز ریسک)، تأثیرات مثبت یا منفی (پیامد ریسک) بر اهداف فعالیت‌ها یا پروژه‌های ما خواهند داشت (Jalalian, 2022). بر مبنای متن استاندارد ISO 31000 (به‌عنوان استاندارد مدیریت ریسک)؛ ریسک «عدم قطعیتی که قابل‌اندازه‌گیری باشد» تعریف می‌شود. این بدین معناست که همواره یک عامل یا شرایط حقیقی وجود دارد که در صورت بروز عدم قطعیت مربوط به آن، تأثیر/تأثیرات مطلوب یا نامطلوب بر اهداف پروژه/طرح/فرد/سازمان می‌گذارد و در این حالت ریسک (مثبت یا منفی) رخ داده، و با بهره‌گیری از میزان اطلاعات/دانش موجود و به‌کارگیری روش‌های ریاضی (احتمالات) مختلف، تلاش می‌شود تخمین دقیق‌تری از حالات پیشامدی مختلف برای سطح اثر ریسک و نوع تأثیر آن، ارائه شود (Masoumi & Pouyanfar, 2016). می‌دانیم که همه افراد و سازمان‌ها هرروز در معرض ریسک‌هایی قرار می‌گیرند، خواه ناشی از رانندگی، راه رفتن در خیابان، فعالیت‌های سرمایه‌گذاری، برنامه‌ریزی سرمایه یا هر چیز دیگری باشد. در خصوص سرمایه‌گذاری و به‌طورکلی، با افزایش ریسک سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاران انتظار دارند که بازده بالاتری برای جبران این ریسک‌ها داشته باشند (Khalili et al., 2025; Ahmadvand & Eghbali, 2022). البته یک ایده اساسی در امور مالی، رابطه بین ریسک و بازده است؛ یعنی هر چه میزان ریسکی که سرمایه‌گذار مایل به پذیرش آن است بیشتر باشد، بازده بالقوه بیشتری مورد انتظار است. نکته دیگر اینکه ریسک‌ها می‌توانند از راه‌های مختلفی به وجود بیایند و سرمایه‌گذاران باید بابت ریسک‌های اضافی بازده بیشتری به دست آورند (Wang et al., 2024).

البته در دهه ۱۹۸۰ و پس از ظهور رویکرد مدیریت کیفیت جامع، مدیریت ریسک و مفاهیم آن بیشتر موردتوجه قرار گرفته‌اند؛ بنابراین، کسب‌وکارها شروع به ارزیابی مأموریت کلی خود در چارچوب ریسک کردند. متخصصان مدیریت ریسک که استراتژیست‌های ریسک نامیده می‌شدند، شروع به ترکیب رویکردهای مختلف برای مدیریت ریسک نمودند (Sato & Boubakri et al., 2020). درواقع؛ افراد، مشاوران مالی و شرکت‌ها همگی می‌توانند استراتژی‌های مدیریت ریسک را برای کمک به مدیریت ریسک‌های مرتبط با

(سرمایه‌گذاری بدون بنگاه‌داری) در کنار فعالیت‌های تأمین مالی شروع نموده است (NDF.IR, 2025). تحقیقات و تجارب سایر صندوق‌های ثروت ملی نشان می‌دهد که موفقیت فعالیت‌های حوزه سرمایه‌گذاری هر صندوق (فعالیت‌های تأمین مالی و سرمایه‌گذاری) در این صندوق‌ها ارتباط تنگاتنگی با مدیریت ریسک و سنجش رفتار ریسک‌پذیری در این صندوق‌ها دارد (Bahoo et al., 2020). با این حال؛ محدودیت منابع، تنوع مصارف، ضرورت تأمین مالی و مشارکت هدفمند صندوق با بازده-ریسک قابل‌قبول، رعایت مقررات، اطمینان از بازگشت اصل سرمایه و سود و وجود اختیار و جبر در تصمیمات مربوط به تأمین مالی و سرمایه‌گذاری صندوق در پروژه‌های مختلف، از جمله ملاحظات است که منجر به مطالعه سنجش ریسک‌پذیری صندوق توسعه ملی در حوزه سرمایه‌گذاری (کلیه فعالیت‌های تأمین مالی و سرمایه‌گذاری) شده است. درواقع، با توجه به اختیار و جبر صندوق در حوزه سرمایه‌گذاری که به ترتیب تحت دو هدف: (۱) حداکثر سازی بازده در سطح معینی از ریسک، و (۲) حداقل سازی ریسک در سطح معینی از بازده جاری است، در این تحقیق تلاش شده است تا مدلی برای سنجش و بهبود ریسک‌پذیری صندوق توسعه ملی ایران در حوزه سرمایه‌گذاری طراحی شود. مدل سنجش ریسک‌پذیری با رویکرد پروژه محور با تمرکز بر پروژه‌های ارزی تأمین مالی و سرمایه‌گذاری شده توسط صندوق از ابتدای تأسیس تا زمان انجام تحقیق است. با استناد به بخش مرور تحقیقات پیشین، این تحقیق برای استفاده از یک مدل ریاضی مبتنی بر مفهوم میانگین-واریانس، به سنجش و بهبود ریسک‌پذیری یک صندوق ثروت ملی تحت اهداف مذکور می‌پردازد. مقاله حاضر در پنج بخش شامل: مقدمه، مبانی نظری و ادبیات موضوع، روش‌شناسی، تحلیل یافته‌ها و بحث و نتیجه‌گیری تدوین شده است.

۲- مبانی نظری تحقیق

۲-۱- ریسک و ریسک‌پذیری

ریسک همواره جزء جدانشدنی از فعالیت‌های بشری و به‌تبع آن سازمان‌ها و حوزه‌های مختلف بوده است. درواقع همه فعالیت‌هایی که انجام می‌دهیم با سطحی از عدم

حفظ و رشد ثروت‌های ملی کشور خود دارند (Bahoo et al., 2020).

۲-۲- صندوق‌های ثروت ملی و صندوق توسعه ملی ایران

بیان شد که صندوق‌های ثروت ملی به‌عنوان ماشین‌های سرمایه‌گذاری نوین تحت مالکیت یا کنترل دولت‌ها تعریف می‌شوند و هدف اصلی آن‌ها مدیریت دارایی‌های تحت مدیریت و تبدیل این دارایی‌ها به ثروت‌های ماندگار است. تا سال ۲۰۲۵، صندوق‌های ثروت ملی بیش از ۱۳ تریلیون دلار از اقتصاد جهانی را مدیریت می‌کنند (Global SWF, 2025). این صندوق‌ها اهداف چندگانه‌ای مانند تثبیت اقتصادی، ذخیره ارزی، تولید بازده و پرداخت‌های بازنشستگی دارند. بر اساس طبقه‌بندی IMF و اصول سانتیاگو^۱، صندوق‌های ثروت ملی به پنج دسته تقسیم می‌شوند: صندوق‌های تثبیتی برای مقابله با نوسانات قیمت‌های کالاهای اولیه و خام^۲ و شوک‌های اقتصادی، صندوق‌های ذخیره ارزی برای حفظ ثروت ملی برای نسل‌های آینده، صندوق‌های توسعه‌ای برای تأمین مالی پروژه‌های زیرساختی، شرکت‌های سرمایه‌گذاری ذخایر ارزی برای افزایش بازدهی ذخایر خارجی و صندوق‌های ذخیره بازنشستگی برای تأمین تعهدات بازنشستگی دولت (Bahoo et al., 2020).

دلایل ایجاد این صندوق‌ها شامل اهداف سیاسی و رشد اقتصادی است. البته از سال ۲۰۰۸، رشد اقتصادی و توسعه کشور به‌عنوان دلیل اصلی ایجاد این صندوق‌ها قوت بیشتری گرفته است. با ظهور ادبیات صندوق ثروت ملی از سال ۲۰۰۵، سرمایه‌گذاری فزاینده این صندوق‌ها در سطح ملی و بین‌المللی نگرانی‌هایی را برای برخی سازوکارهای اقتصادی قدرت‌های جهانی پدید آورد. در سال ۲۰۰۸، گروه G-20 مجمع جهانی صندوق‌های ثروت ملی^۳ را تشکیل داد و اصول سانتیاگو را برای نظارت و کنترل رفتارهای سرمایه‌گذارانه این صندوق‌ها ارائه کرد (Truman, 2007؛ Truman, 2009). علاوه بر این،

سرمایه‌گذاری‌ها و فعالیت‌های تجاری خود پیاده‌سازی و توسعه دهند (Hemrajani et al., 2023). مدیریت ریسک فرآیندی حیاتی است که برای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری استفاده می‌شود. به نحوی، مدیریت ریسک همان تحلیل بازده یک سرمایه‌گذاری در مقایسه با ریسک آن است با این انتظار که درجه بیشتری از ریسک با یک بازده مورد انتظار بالاتر، جبران شود. مدیریت ریسک همچنین بر ریسک سیستماتیک و ریسک غیر سیستماتیک نظارت می‌کند، دو نوع ریسک که بر همه سرمایه‌گذاری‌ها تأثیر می‌گذارند (Nowrouzi et al., 2023). ردپای ریسک‌پذیری در تحقیقات به سال ۱۹۵۲ برمی‌گردد. جایی که اولین معیار سنجش ریسک‌پذیری در تحقیق روی در سال ۱۹۵۲ ارائه شده است (Roy, 1952). ریسک‌پذیری بخشی از استراتژی یک کسب‌وکار است و شامل ارزیابی این است که چگونه تصمیمات یک کسب‌وکار به آن آسیب می‌زند یا به نفع آن است. در تعریفی دیگر؛ ریسک‌پذیری عبارت است از هرگونه رفتار کنترل‌شده آگاهانه یا غیرآگاهانه با عدم اطمینان درک شده در مورد نتیجه آن و/یا در مورد منافع یا هزینه‌های احتمالی اقتصادی (Rudiger, 1994). البته توجه به ریسک‌پذیری در سازمان‌های بزرگ و متوسط نسبت به سازمان‌های کوچک متفاوت است (Mourouziidou-Damtsa et al., 2019). به‌صورت عام هم توجه به ریسک آن‌چنان بااهمیت است که امروزه مدیریت ریسک و موضوعات مربوط به آن از حوزه‌های مهم در جوامع علمی و بخش‌های اجرایی همه سازمان‌هاست. البته توجه به ریسک در طرح‌ها و پروژه‌های اقتصادی به دلیل ضرر یا سود ناشی از بروز آن، از جایگاه متفاوت و خاصی برخوردار است (Hosseini et al., 2021). به‌عنوان مثال در فعالیت‌های سرمایه‌گذاری، این جایگاه بیشتر محرز و ملموس است. البته سرمایه‌گذاری نیز از طرق و روش‌های متعدد و توسط عامل‌های مختلف با اهداف متفاوت و گاهی چندگانه انجام می‌شود. یکی از سرمایه‌گذاران مستقل شناخته شده و در تراز ملی و بین‌المللی، صندوق‌های ثروت ملی هستند که توجه و پیاده‌سازی صحیح مدیریت ریسک در این صندوق‌ها به دلیل میزان دارایی‌های تحت مدیریت آن‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا این صندوق‌ها تأثیر و نقش متمایزی در تقویت اقتصادی ملی،

^۱ این اصول شامل ۲۴ بند است که موضوعات مربوط به حکمرانی، پایداری و ریسک صندوق‌ها را دربر می‌گیرد.

^۲ Commodity

^۳ IFSWF

۱۳۹۰ برابر ۳۱/۴ میلیارد دلار بوده و تا انتهای سال ۱۴۰۲ به بیش از ۱۶۲ میلیارد دلار رسیده است. نسبت بازدهی دارایی‌های صندوق از ۰/۷ درصد در سال ۱۳۹۰ به ۲/۴ درصد در سال ۱۴۰۲ افزایش یافته که نسبت به نمونه‌های جهانی با بیش از ۵ درصد بازدهی سالانه، عدد بسیار پایینی است (NDFI.ir, 2025). لذا نیاز میدانی صندوق توسعه ملی تحقق حداکثر سازی بازده در سطح معینی از ریسک و حداقل سازی ریسک در سطح معینی از بازده در سبد پروژه‌های خود در حوزه سرمایه‌گذاری (انتخاب‌ها و فعالیت‌های تأمین مالی و سرمایه‌گذارانه خود) است. از آنجاکه صندوق تأمین مالی ریالی خود را کاملاً توسط بانک‌های عامل انجام می‌دهد و در آن دخالتی ندارد، این تحقیق بر فعالیت‌های ارزی حوزه سرمایه‌گذاری صندوق تمرکز دارد تا بتواند برای پروژه‌ها و طرح‌هایی که پس از تأیید اولیه توسط بانک عامل در فرایند ارزیابی فنی و ریسک صندوق (از کمیته تأمین مالی و سرمایه‌گذاری، کمیته مدیریت ریسک تا طرح در هیئت عامل) قرار می‌گیرند، رفتار ریسک‌پذیری صندوق را سنجش و آن را بهبود بدهد. بدیهی است بتوان بعد از سنجش و بهبود ریسک‌پذیری صندوق تحت اهداف اشاره‌شده، ابزاری برای کمک به تصمیم‌گیری مدیران ارشد صندوق در خصوص پروژه‌های تازه‌وارد به صندوق ارائه داد. در بخش روش‌شناسی جزئیات مدل و ابزار پیشنهادی تشریح می‌گردد.

۳-۲- تجارب صندوق‌های ثروت در سنجش ریسک‌پذیری

با توجه به محدودیت و ملاحظات مربوط به دسترسی به اطلاعات درباره مدیریت ریسک و پیاده‌سازی آن در صندوق‌های ثروت جهانی، از طریق مکاتبه ایمیلی و بررسی اسناد و گزارش‌های در دسترس در سایت صندوق‌های مورد مطالعه، گروه جهانی صندوق‌های ثروت، و مجمع جهانی صندوق‌های ثروت ملی، یافته‌ها در قالب: (۱) هدف و رویکرد مدیریت ریسک، (۲) راهبرد و جایگاه مدیریت ریسک، (۳) چگونگی پیاده‌سازی مدیریت ریسک، و (۴) انواع ریسک‌ها در این صندوق‌ها دسته‌بندی شده است. خلاصه یافته‌های این با توجه به میزان دسترسی به اطلاعات این صندوق‌ها در وبسایت آن‌ها، در ادامه آورده

تکنیک‌هایی مانند تابلو امتیاز^۱ برای رصد وضعیت حکمرانی صندوق‌ها توسعه یافته است. این تابلو شامل مؤلفه‌هایی مانند معیارها و استراتژی سرمایه‌گذاری، مدیریت ریسک ESG^۲ و سیاست مدیریت ریسک است. از منظر اقتصادی، برخی محققین معتقدند که صندوق‌های ثروت ملی در راستای تئوری حداکثر سازی خودگردانی در دولت‌ها ایجاد شده‌اند، درحالی‌که برخی دیگر بر نقش آن‌ها به‌عنوان محرک‌های کلیدی در اقتصاد کارآفرینانه بین‌المللی تأکید دارند. مزایای صندوق‌های ثروت ملی شامل تقویت اقتصاد ملی، عمق‌بخشی به نقش دولت در سیاست اقتصاد جهانی و کاهش ریسک ناشی از بحران‌های مالی است. معایب آن‌ها نیز شامل شفافیت ضعیف، ضعف مدیریت مناسب و عملکرد ضعیف دارایی‌های عمومی است (Bahoo et al., 2020).

مطابق سایت صندوق توسعه ملی (NDFI.ir, 2025)، صندوق توسعه ملی ایران پس از تجربه ناموفق حساب ذخیره ارزی که به‌موجب قانون برنامه سوم توسعه (۱۳۷۹) ایجاد شده و فعالیت آن در قانون برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۳) تصویب شد، ایده تشکیل این صندوق در برنامه پنجم توسعه با تفاوت در دیدگاه‌ها به درآمدهای حاصل از نفت و گاز مطرح گردید. در این راستا تأسیس صندوق توسعه ملی در سال ۱۳۸۹ و به‌موجب ماده (۸۴) قانون برنامه پنجم توسعه اقتصادی کشور به تصویب مجلس شورای اسلامی رسید. به‌منظور اجرای این سیاست، بر اساس ماده ۸۴ قانون برنامه پنجم توسعه کشور و باهدف تبدیل بخشی از عواید ناشی از فروش نفت، گاز و میعانات گازی و فرآورده‌های نفتی به ثروت‌های ماندگار، مولد و سرمایه‌های زاینده اقتصادی و حفظ سهم نسل‌های آینده از منابع مذکور، صندوق توسعه ملی در سال ۱۳۸۹ تشکیل و در دی‌ماه سال ۱۳۹۰ رسماً شروع به فعالیت نمود (NDFI.ir, 2025). تا انتهای سال ۱۴۰۳، صندوق توسعه ملی کارکردهای صیانتی، توسعه‌ای و تثبیتی دارد و با در اختیار داشتن بیش از ۱۶۲ میلیارد دلار دارایی، به‌عنوان شانزدهمین صندوق ثروت ملی بزرگ جهان شناخته می‌شود (Global SWF, 2025). مطابق گزارش‌های نمایه شده در سایت صندوق توسعه ملی ایران، دارایی‌های تحت مدیریت این صندوق از سال

^۱ Score-Board

^۲ Environmental, Social, Governance

انگلیسی) انتشار یافته و از این تعداد ۱۸۴ مقاله دارای اعتبار علمی است. بعلاوه؛ از سال ۲۰۱۹ تا ابتدای سال ۲۰۲۵ تعداد ۳۴ مقاله معتبر علمی دیگر درباره صندوق‌های ثروت ملی انتشار یافته است؛ بنابراین، ۲۱۸ مقاله علمی معتبر با محوریت صندوق‌های ثروت ملی در پایگاه‌های جهانی توسط محقق یافت شد. مطابق (Bahoo et al., 2020) تمرکز تحقیقات مرتبط با این صندوق‌ها تاکنون در چهار حوزه: اصالت و رشد صندوق‌ها، حکمرانی صندوق‌ها، نگرانی‌های سیاسی پیرامون آن‌ها، و راهبردهای سرمایه‌گذاری صندوق‌ها بوده است. همچنین، مقالات ارائه شده تا سال ۲۰۱۹، عمدتاً در رابطه با رشد صندوق‌های ثروت ملی، حکمرانی و ملاحظات سیاسی مرتبط با صندوق‌ها، و راهبردهای سرمایه‌گذاری در این صندوق‌ها بوده است. به لحاظ مفاهیم موضوعی نیز این مقالات به موضوعاتی مانند نقش صندوق‌ها در امنیت اقتصادی کشورها، حکمرانی شرکتی صندوق‌ها، سرمایه‌گذاران نهادی، مالکیت، سیاست‌های شفافیت، عوامل و معیارها، سرمایه‌گذاری، ریسک و عملکرد صندوق‌ها پرداخته‌اند.

اما از بین ۲۱۸ تحقیق یافت شده تنها ۱۰ تحقیق به حوزه ریسک در این صندوق‌ها پرداخته‌اند. خلاصه این تحقیقات در جدول ۲ آمده است. فقهی کاشانی و یحوی (Feqhikashani & Yahyavi, 2018) با مدل تعادل پویا نشان داده‌اند که این صندوق‌ها با استفاده از متنوع سازی سبد سرمایه‌گذاری خود و گزینه‌های پوشش ریسک می‌توانند احتمال نکول و شوک‌های اقتصادی را کاهش دهند، مشروط بر اینکه فعالیت‌های متنوع سازی مطابق با نحوه و توان تأمین مالی آن‌ها باشد. یو و همکاران (Yu et al., 2010) با الگوریتم ژنتیک، مدل بهینه‌سازی تخصیص دارایی‌های چند ریسکی را توسعه دادند، درحالی‌که نیبه و همکاران (Nie et al., 2010) بر انتخاب کشورهای هدف با کمینه‌سازی ریسک صنعتی تمرکز کردند. از سوی دیگر، نیل و همکاران (Knill et al., 2012) و پارک و همکاران (Park et al., 2019) دریافتند که سرمایه‌گذاری SWFs اگرچه ریسک خاص شرکت‌ها را کاهش می‌دهد، ولی ممکن است بازده و ارزش آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار دهد. برتونی و لگو (Bertoni & Lugo, 2014) و چن و همکاران (Chen et al., 2023) به ترتیب کاهش ریسک اعتباری (با

شده است. مطابق جدول ۱ الگوی مشترک اکثر صندوق‌ها استفاده از چارچوب‌های چندلایه (سه لایه دفاعی) برای مدیریت ریسک است. ابزارهای سنجش ریسک‌پذیری در این صندوق‌ها معیار ارزش در معرض ریسک (Var^1) و آزمون استرس با تمرکز بر ریسک‌های مالی است. تمرکز بر ریسک ESG و حکمرانی ریسک در صندوق‌های برتر جهانی بیشتر مشهود است. همچنین با استناد به واکاوی تجارب صندوق‌های ثروت مطالعه شده، اساساً چارچوب مدیریت ریسک این صندوق‌ها، ریسک‌ها را در سه دسته: (۱) ریسک‌های راهبردی، (۲) ریسک‌های سرمایه‌گذاری، (۳) ریسک‌های عملیاتی طبقه‌بندی کرده‌اند. ریسک‌های سرمایه‌گذاری شامل: ریسک بازار، ریسک اعتباری، ریسک نقدینگی، ریسک طرف مقابل، ریسک ESG و غیره است. مطالعه این صندوق‌ها نشان می‌دهد استفاده از معیار VaR و آزمون استرس برای دوره‌های زمانی معین و به صورت پیوسته مهم‌ترین ابزار سنجش انحرافات (ریسک) حوزه سرمایه‌گذاری و سنجش ریسک‌پذیری صندوق‌ها در این حوزه است. صندوق‌های: FF, ICD, ADIA, GIC و TEMASEK نمونه‌های بارز این مهم است. اگرچه منظور از سنجش ریسک‌پذیری در این صندوق‌ها، پایش مستمر انحراف از بازده مورد انتظار/برنامه‌ریزی شده جهت اجرای اقدامات پیشگیرانه و بهبود تصمیمات سرمایه‌گذارانه بعدی صندوق است.

۴-۲- تحقیقات پیشین

با بررسی کلیه تحقیقات معتبر داخلی و خارجی مرتبط با موضوع تحقیق از سال ۲۰۰۵ تا ابتدای ۲۰۲۵ در پایگاه جهانی WOS (متشکل از ۵ پایگاه اصلی استنادی علمی جهان) و با کلیدواژه‌های: ریسک (Risk)، مدیریت ریسک (Management Risk)، ریسک‌پذیری (Risk-Taking) و صندوق ثروت ملی (Sovereign Wealth Fund) استفاده شده است. از آنجاکه اصطلاح صندوق‌های ثروت ملی از سال ۲۰۰۵ ابداع شده است، لذا تمرکز در جستجوی تحقیقات مرتبط با صندوق‌های ثروت ملی نیز در بازه سال‌های ۲۰۰۵ تا ابتدای سال ۲۰۲۵ بوده است. مطابق باهو و همکاران (Bahoo et al., 2020)؛ از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۹ تعداد ۲۸۳ مقاله در رابطه با صندوق‌های ثروت ملی در تمام پایگاه‌های استنادی جهانی به (زبان

¹ Value at Risk

صندوق تا انتهای سال ۱۴۰۳ انجام شده است. در ابتدا با بررسی تحقیقات پیشین و تجربیات ۱۵ صندوق ثروت ملی برتر جهانی شامل: NBIM نروژ، CIC چین، ADIA امارات، PIF عربستان، QIA قطر، KIA کویت، NWF روسیه، GIC سنگاپور، HKMA EF چین، ICD امارات، TEMASEK سنگاپور، KIC کره جنوبی، FF استرالیا، SK قزاقستان و UTIMCO آمریکا، تجارب سنجش و بهبود ریسک‌پذیری در صندوق‌های ثروت ملی مطالعه شده است. همچنین، کلیه مقالات معتبر از پایگاه جهانی WOS (متشکل از ۵ پایگاه اصلی استنادی علمی جهانی) را با کلیدواژه‌های: ریسک (Risk)، مدیریت ریسک (Risk Management)، ریسک‌پذیری (Risk-Taking) و صندوق ثروت ملی (Sovereign Wealth Fund) برای یافتن مدل‌ها و ابزارهای موجود برای سنجش و بهبود ریسک‌پذیری این صندوق‌ها مطالعه شد.

در فاز کمی و مدل‌سازی تحقیق، با توجه به نیاز کنونی صندوق توسعه ملی، با در نظر گرفتن دو هدف: حداکثر سازی بازده در سطح معینی از ریسک و حداقل سازی ریسک در سطح معینی از بازده، از مدل ارائه شده توسط مارکویتز (۱۹۵۲) به‌عنوان مدل پایه استفاده شده و دو مدل ریاضی پیشنهادی مبتنی بر مفهوم میانگین-واریانس برای سنجش و بهبود ریسک‌پذیری صندوق تحت رویکرد پروژه محور طراحی شده است. منظور از رویکرد پروژه محور، سنجش رفتار ریسک‌پذیری صندوق با در نظر گرفتن پروژه‌های ارزی تأمین مالی و سرمایه‌گذاری توسط صندوق از ابتدای تأسیس تا انتهای سال ۱۴۰۳ است. مدل‌ها با استفاده از کتابخانه‌های پایتون و با داده‌های مربوط به بازده سالانه ۳۱۸ پروژه تأمین مالی/مشارکت شده توسط صندوق از ابتدای تأسیس تا انتهای سال ۱۴۰۳؛ پیاده‌سازی (حل) می‌شود. در شکل ۱ فلوچارت مدل‌سازی سنجش و بهبود ریسک‌پذیری صندوق تحت رویکرد پروژه محور و پیاده‌سازی آن نشان داده شده است. در این تحقیق، پس از تحلیل نتایج مدل‌های سنجش ریسک‌پذیری پروژه محور، یک سیستم فازی برای کمک به تصمیم‌گیری مدیران ارشد صندوق جهت پالایش پروژه‌های تازه‌وارد به صندوق جهت تأمین مالی و یا سرمایه‌گذاری (مشارکت) با در نظر گرفتن پنج پارامتر (ریسک‌پذیری کلی صندوق، حداکثر بازده سبد صندوق، حداقل ریسک سبد صندوق، سطح ریسک پروژه و سطح

شاخص CDS) و هزینه بدهی شرکت‌های هدف را پس از سرمایه‌گذاری SWFs گزارش کردند. کائی و چن (Cai & Chen, 2019) تأکید کردند که ریسک پس‌زمینه کشورها موجب باز تخصیص دارایی‌های پر ریسک می‌شود، درحالی‌که گریرا و همکاران (Girra et al., 2022) نشان دادند ریسک سیاسی (به‌ویژه درگیری‌ها و دموکراسی) بر تصمیمات سرمایه‌گذاری SWFs تأثیر می‌گذارد. کلین و همکاران (Klein et al., 2024) در مطالعه خود، ارتباط معناداری بین مسئولیت‌پذیری ESG و رفتار ریسکی SWFs پیدا نکردند. درنهایت، سوهاج و همکاران (Sohag et al., 2023) با تحلیل شوک‌های نفتی ثابت کردند NWF روسیه به نوسانات بازار نفت حساس است؛ بنابراین، مطابق جدول ۲ این نخستین تحقیقی است که به موضوع سنجش ریسک‌پذیری در یک صندوق ثروت ملی می‌پردازد. شناخت از تحقیقات و تجربیات موجود مرتبط با موضوع، سنجش ریسک‌پذیری یک صندوق ثروت ملی به‌خصوص تحت اهداف و ملاحظات بیان‌شده در جدول ۲ یک خلأ تحقیقاتی است. لذا با توجه به اهمیت انجام فعالیت‌های تأمین مالی و سرمایه‌گذاری قابل‌قبول در این صندوق‌ها و اینکه این صندوق‌ها نوعی از فعالیت‌های را در حوزه سرمایه‌گذاری دارند که به‌صورت مدیریت‌شده باید باشد (و نمی‌توانند مانند سایر سرمایه‌گذارها با آزادی اختیار کافی در خصوص بازده-ریسک پروژه‌ها عمل نمایند)، در این مطالعه مدلی ریاضی مبتنی بر مفهوم واریانس-میانگین تحت دو هدف مطرح‌شده در جدول ۲ طراحی شده است تا با بهره‌گیری از بازده و ریسک پروژه‌های ارزی موجود در سبد صندوق، ریسک‌پذیری یک صندوق ثروت ملی در حوزه سرمایه‌گذاری را سنجش و بهبود دهد.

۳- روش‌شناسی تحقیق

تحقیق حاضر یک تحقیق کاربردی-توسعه‌ای است که باهدف سنجش و بهبود ریسک‌پذیری صندوق توسعه ملی در حوزه سرمایه‌گذاری تحت رویکرد پروژه محور انجام می‌شود. منظور از حوزه سرمایه‌گذاری کلیه فعالیت‌های تأمین مالی و سرمایه‌گذاری (مشارکت غیر مداخله‌ای یا همان سرمایه‌گذاری بدون بنگاه‌داری توسط صندوق) صندوق است که برای پروژه‌های ارزی از ابتدای تأسیس

ریسک متقاضی) طراحی و با استفاده از قابلیت‌های کتابخانه‌ای پایتون پیاده‌سازی شده است. در شکل ۲ فلوچارت کلی سیستم تصمیم‌گیری فازی پیشنهادی

تحقیق ترسیم‌شده است. در ادامه جزئیات مدل ریاضی و سیستم فازی پیشنهادی به تفکیک شرح داده شده است.

جدول ۱. خلاصه تجارب صندوق‌های ثروت برتر مطالعه‌شده در پیاده‌سازی مدیریت ریسک و سنجش ریسک‌پذیری

Table 1. Summary of the experiences of the top wealth funds studied in implementing risk management and measuring risk appetite.

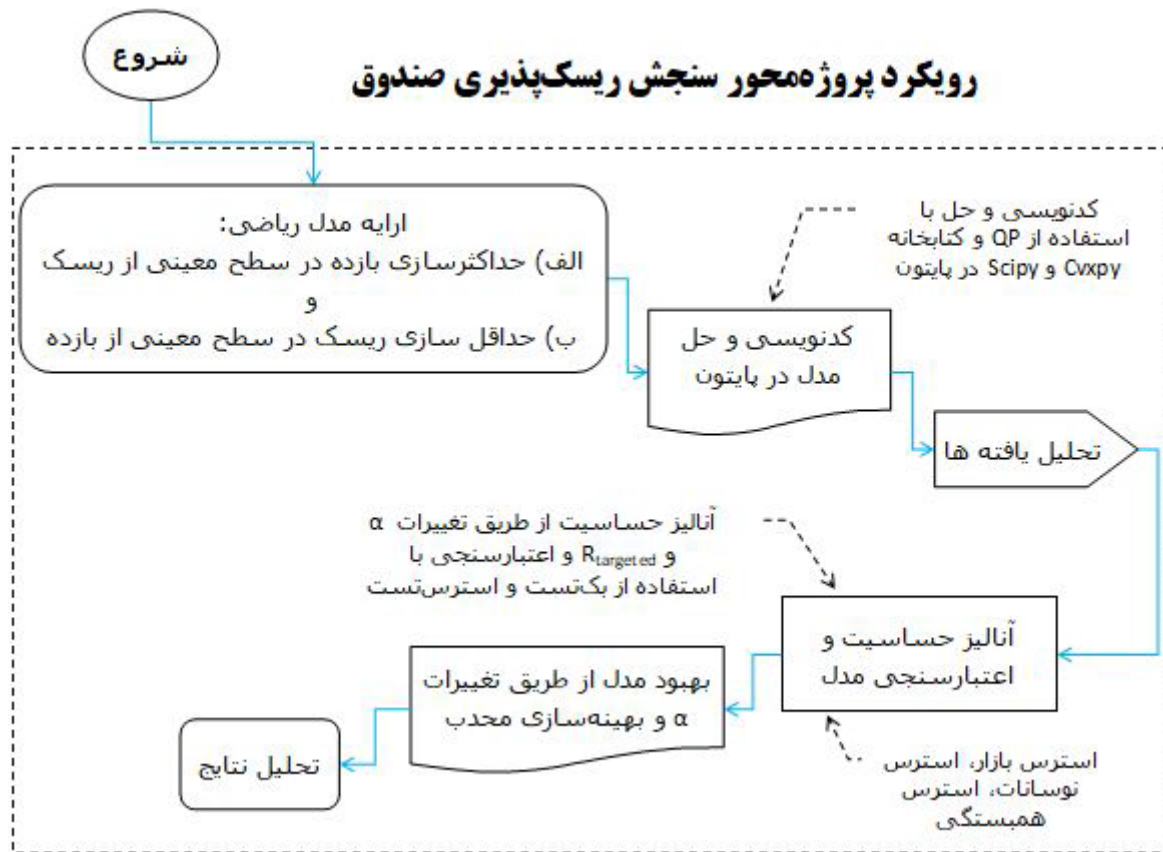
صندوق	کشور	هدف	مبنای پیاده‌سازی	شرح سیستم و مکانیسم
NBIM	نروژ	نهادینه‌سازی اصولی (منظم و مدون) مدیریت ریسک	مراحل ۵ گانه مدیریت ریسک	چارچوب مدیریت ریسک سازمانی شامل ریسک‌های استراتژیک، سرمایه‌گذاری و عملیاتی.
CIC	چین	ایجاد سیاست‌ها و فرایندهای مؤثر مدیریت ریسک	سه لایه دفاعی	سیستم مدیریت و طبقه‌بندی ریسک جامع با کمیته‌های اجرایی و مدیریت ریسک
ADIA	امارات متحده عربی	کارآمد سازی سرمایه‌گذاری‌ها	ارزیابی مستمر منابع ریسک	هیئت‌مدیره مسئول تنظیم استراتژی و مدیریت ریسک
PIF	عربستان سعودی	دستیابی به بازده بالاتر	گزارشگری ریسک	انتخاب متمرکز سرمایه‌گذاری‌ها بر اساس نقشه راه و اصول GAPP
QIA	قطر	سرمایه‌گذاری با بازده بالا	تخصیص دارایی و کنترل داخلی	حکمرانی و فرآیندهای قوی برای شناسایی و مدیریت ریسک‌ها
KIA	کویت	یکپارچه‌سازی ریسک‌ها	دولایه دفاعی	واحد ریسک و عملکرد مسئول تجزیه و تحلیل و اطلاع‌رسانی مسائل ریسک
NWF	روسیه	ارزیابی دقیق و فعالانه ریسک‌ها	سه لایه دفاعی	هیئت‌مدیره مسئول چارچوب مدیریت ریسک و توسعه کنترل‌ها
GIC	سنگاپور	شناسایی و مدیریت مؤثر انواع ریسک‌ها	سه لایه دفاعی	مدیریت ریسک بر مبنای اصول سانتیاگو در تمام سطوح
HKMA EF	هنگ‌کنگ	افزایش سرمایه‌گذاری‌ها	نظارت و انطباق	کنترل‌های سخت‌گیرانه برای پرتفوی و نظارت بر تغییرات ریسک
ICD	امارات متحده عربی	حداکثر سازی منافع سهامداران	چارچوب مدیریت ریسک	مدیریت ریسک‌ها از طریق چارچوب ریسک و ترویج فرهنگ آگاهی از ریسک
TEMASEK	سنگاپور	کاهش ضرر ناشی از بروز ریسک‌ها	بیانیه‌های ریسک-بازده	چارچوب مدیریت ریسک شامل بیانیه‌های ریسک و اهرمی کردن
KIC	کره جنوبی	حفظ مزایای ناشی از بروز ریسک‌ها	شاخص‌ها محدودیت‌های کمی	سیستم مدیریت ریسک با راه‌حل‌های کنترلی جامع و کمیته‌های فرعی
FF	استرالیا	دستیابی به بازده بالاتر	سه لایه دفاعی	حکمرانی مؤثر بر عملیات و پروفایل ریسک برای دوره ۱۰ ساله
SK	قزاقستان	ایجاد بستر کم ریسک توسعه کسب‌وکارها	سند ریسک	سیستم مدیریت ریسک بر مبنای سند تدوینی ریسک
UTIMCO	آمریکا	مدیریت ریسک مؤثر در سرمایه‌گذاری‌ها	دستورالعمل‌های ابلاغی	دستورالعمل‌های مجزا برای هر بخش ریسکی و اقدامات مدیریت ریسک

¹ NBIM.NO, 2024; ² China-inv.cn, 2024; ³ Adia.ae, 2024; ⁴ Pif.gov.sa, 2024; ⁵ Qia.qa, 2024; ⁶ Kia.gov.kw, 2024; ⁷ Nwf.co.uk, 2024; ⁸ Gic.com.sg, 2024; ⁹ Hkma.gov.hk, 2024; ¹⁰ Icd.gov.ae, 2024; ¹¹ Temasek.com.sg, 2024; ¹² Kic.kr, 2024; ¹³ Futurefund.gov.au, 2024; ¹⁴ Sk.kz, 2024; ¹⁵ Utimco.org, 2024.

جدول ۲. تحقیقات مرتبط با حوزه مدیریت ریسک و سنجش ریسک‌پذیری در صندوق‌های ثروت ملی

Table 2. Research related to the field of risk management and risk assessment in sovereign wealth funds

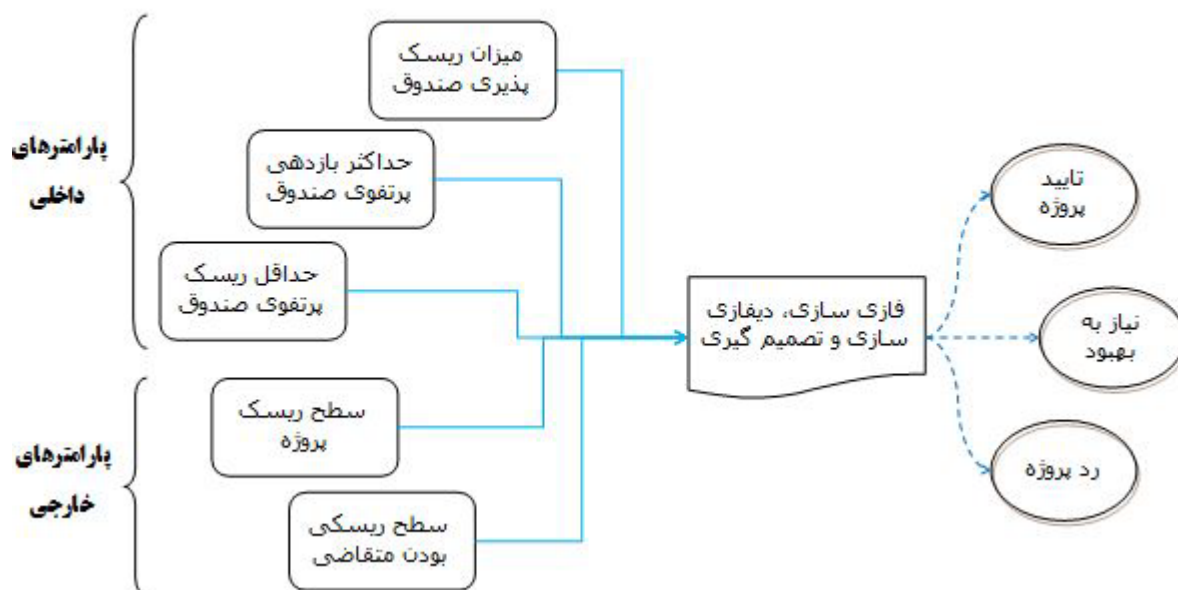
مرجع	عنوان تحقیق	روش‌شناسی	نوع ریسک
(Yu et al., 2010)	یک مدل بهینه جدید برای انعکاس تخصیص دارایی‌های صندوق‌های ثروت ملی	مدل ریاضی و NSGA-II، داده‌ها از صندوق‌های ثروت چین	ریسک نرخ بهره
(Nie et al., 2010)	انتخاب کشور هدف برای تخصیص دارایی‌های آینده صندوق‌های ثروت ملی	مدل‌سازی ریاضی، آمار توصیفی، RASC (نسبت شباهت مربعی)، RSSC (نسبت ضریب شباهت) با داده سرمایه‌گذاری ۳۹ کشور در چین از صندوق‌های ثروت چین	ریسک کشور
(Knill et al., 2012)	رابطه بین سرمایه‌گذاری صندوق ثروت ملی و عملکرد بازده به ریسک شرکت‌های هدف	آمار توصیفی، آزمون t و z، تجزیه و تحلیل داده‌های تأییدی (CDA) و آزمون ویلکاکسون، داده‌های صندوق‌های ثروت آمریکا	ریسک خاص
(Bertoni & Lugo, 2014)	چگونگی تأثیر سرمایه‌گذاری‌های صندوق ثروت ملی بر ریسک اعتباری	مدل‌سازی ریاضی، آمار توصیفی و آزمون t با داده‌های ۱۶۴۱ شرکت در ۵۲ کشور مختلف از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۰۸	ریسک اعتباری
(Feghikashani & Yahyavi, 2018)	تحلیل تئوریک چگونگی امکان اثربخشی صندوق‌های ثروت ملی بر ریسک حاکمیت	استفاده از فضای تحلیلی استاندارد تعادل جزئی تصادفی پویای (زمان پیوسته) مبتنی بر تعادل جزئی	ریسک حاکمیتی
(Park et al., 2019)	تأثیر بلندمدت سرمایه‌گذاری صندوق ثروت ملی بر ارزش شرکت، نوسانات و ریسک سقوط	رگرسیون خطی، آزمون t، آمار توصیفی با داده‌های ۳۰ صندوق ثروت جهانی از سال ۱۹۸۹ تا سال ۲۰۱۹	ریسک سقوط
(Cai & Chen, 2019)	اهمیت ریسک پس‌زمینه کشور و تخصیص دارایی راهبردی صندوق‌های ثروت ملی	آمار توصیفی و رگرسیون با داده‌های صندوق ثروت از ۱۶ کشور از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۳	ریسک پس‌زمینه
(Griira et al., 2022)	تأثیر ریسک سیاسی بر تصمیمات سرمایه‌گذاری صندوق‌های ثروت ملی	آمار توصیفی و رگرسیون با داده‌های بین‌المللی از ۳۰۲ هدف درگیر در ۴۲۷ معامله از صندوق‌ها	ریسک سیاسی
(Klein et al., 2024)	بررسی وابستگی رفتار ریسکی در سرمایه‌گذاری صندوق‌های ثروت ملی به عملکرد زیست‌محیطی، اجتماعی و حاکمیتی در سرمایه‌گذاری‌های اساسی	رگرسیون خطی، آزمون t، آمار توصیفی با داده‌های صندوق ثروت جهانی از سایت صندوق‌های ثروت جهانی تا سال ۲۰۲۲	ریسک ESG
(Chen et al., 2023)	چگونگی سرمایه‌گذاری‌های صندوق‌های ثروت ملی بر هزینه بدهی شرکت‌های هدف	آزمون t و آمار توصیفی با داده یک نمونه بزرگ در ۳۹ کشور از سال ۲۰۰۴ تا سال ۲۰۱۹	ریسک راهبردی



شکل ۱. فلوچارت مدل‌سازی سنجش و بهبود ریسک‌پذیری صندوق تحت رویکرد پروژه محور و پیاده‌سازی آن.

Figure 1. Flowchart for modeling and improving the fund's risk tolerance under a project-based approach and its implementation.

سیستم تصمیم‌گیری فازی پیشنهادی



شکل ۲. فلوچارت کلی سیستم تصمیم‌گیری فازی پیشنهادی تحقیق.

Figure 2. Overall flowchart of the research's proposed fuzzy decision-making system.

۳-۱- مدل ریاضی پیشنهادی

برای ارائه مدل پیشنهادی سنجش ریسک‌پذیری تحت رویکرد پروژه محور، مدلی نیاز است که بر مبنای بازده و ریسک پروژه‌ها کار کند. با مطالعه ادبیات موضوع، نزدیک‌ترین مدل به این تحقیق، مدل‌های بهینه‌سازی سبد پروژه است. نخستین مدل بهینه‌سازی سبد پروژه‌ها توسط مارکوویتز (۱۹۵۲) ارائه شده است. این مدل بعدها توسعه یافته است. مدل مارکوویتز در سال ۱۹۵۲ مبتنی بر رویکرد میانگین-واریانس ارائه شده و ریسک سرمایه‌گذاری را به صورت کمی تعریف می‌کند و رویکردی ریاضی به سرمایه‌گذاران برای انتخاب دارایی و مدیریت پرتفوی می‌دهد. این نظریه با معیارهای ریسک و بازده محدود می‌شود و همیشه واقعیت‌های بازارهای سرمایه‌گذاری را نشان نمی‌دهد. به علت استفاده این نظریه از فرض نرمال بودن بازده سرمایه‌گذاری، موجب می‌شود واقعیت سرمایه‌گذاری به طور دقیق مدل‌سازی نشود. نظریه مدرن پرتفوی (MPT¹) برگرفته از مدل اولیه مارکوویتز و به حداکثر سازی بازده در سطح معینی از ریسک می‌پردازد. نظریه پرتفوی پسامدرن (PMPT²) یک رویکرد نوین در مدیریت سرمایه‌گذاری است که به دنبال بهبود و اصلاح محدودیت‌های نظریه پرتفوی مدرن ارائه شد و در آن نسبت شارپ MPT با نسبت سورتینو جایگزین شد. در حالی که نظریه پرتفوی مدرن بر کاهش ریسک کلی (نوسانات بازده) تمرکز دارد، نظریه پسامدرن تأکید ویژه‌ای بر کاهش ریسک نزولی در پرتفوی سرمایه‌گذاری دارد. در این نظریه، ریسک به عنوان انحراف از حداقل بازده مورد انتظار اندازه‌گیری می‌شود، نه از میانگین بازده؛ یعنی MPT از میانگین واریانس بازده به عنوان مبنای ریسک استفاده می‌کند، در حالی که PMPT از حداقل بازده مورد انتظار به عنوان مبنای ریسک استفاده می‌کند. MPT به دنبال بهینه‌سازی پرتفوی برای حداکثر کردن بازده در یک سطح ریسک معین است، در حالی که PMPT به دنبال بهینه‌سازی پرتفوی برای به حداقل رساندن ریسک نزولی و دستیابی به حداقل بازده مورد انتظار است. MPT بر ایجاد سبدهای سرمایه‌گذاری با دارایی‌های غیر همبسته تمرکز دارد. اگر یک دارایی در پرتفوی تأثیر منفی داشته

باشد، سایر دارایی‌ها لزوماً چنین نیستند و این همان متنوع سازی پرتفوی است. این تئوری اساس سرمایه‌گذاری غیرفعال است. با این حال، بسیاری از سرمایه‌گذاران هستند که به دنبال افزایش بازدهی فراتر از آنچه سرمایه‌گذاری غیرفعال می‌تواند به ارمغان بیاورد یا ریسک آن‌ها را به شکل قابل توجهی کاهش دهد، وجود دارد. یا هر دو. تئوری PMPT برای سبدهای مدیریت شده فعال مناسب است که اغلب توسط مدیران سرمایه‌گذاری، به ویژه صندوق‌های تأمینانی اجرا می‌شود (Shapiro et al., 2021; Rockafellar & Uryasev, 2000; Kapsos et al., 2014; Talebi & Molaie, 2010; Zhu & Welsch, 2018).

جدیدترین توسعه نظریه‌های بهینه‌سازی سبد، مدل برابری ریسک سلسله مراتبی (HRP³) به عنوان یک چارچوب بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری پیشرفته است که در سال ۲۰۱۶ توسعه داده شد. HRP یک جایگزین مبتنی بر گراف احتمالی برای چارچوب رایج بهینه‌سازی میانگین-واریانس مارکوویتز توسعه داده شد و مارکوس لویز دی-پرادو (Lopez de Prado, 2016) به خاطر آن جایزه نوبل علوم اقتصادی را دریافت کرد. الگوریتم‌های HRP از ریاضیات گسسته و تکنیک‌های یادگیری ماشین برای ایجاد سبدهای سرمایه‌گذاری متنوع و قوی استفاده می‌کنند. این رویکرد یک روش تخصیص دارایی در مدیریت سبد است که در آن، دارایی‌ها بر اساس اهمیت و ریسک آن‌ها در سطوح مختلف دسته‌بندی می‌شوند و سپس برابری ریسک در هر سطح اعمال می‌شود. این رویکرد به جای تمرکز بر تخصیص بر اساس وزن‌های مساوی یا رویکردهای سنتی، به دنبال ایجاد تعادل در میزان ریسک کلی سبد است. در این رویکرد، ابتدا دارایی‌ها بر اساس طبقات دارایی یا عوامل ریسک دسته‌بندی می‌شوند، ریسک هر سطح محاسبه، به هر دارایی در هر سطح یک وزن تخصیص داده می‌شود و مجدد سطوح باهم ترکیب شده و سبد نهایی ایجاد می‌شود (Palit & Prybutok, 2024; Lopez de Prado, 2016).

اما در این مطالعه به سنجش رفتار ریسک‌پذیری یک صندوق ثروت ملی بر مبنای وضعیت کنونی سبد پروژه‌های آن با در نظر گرفتن پارامترهای ریسک و بازده پروژه‌ها مدنظر است و بهینه‌سازی سبد پروژه‌ها یا ایجاد

¹ Modern Portfolio Theory

² Post-Modern Portfolio Theory

³ Hierarchical Risk Parity

$R_{targeted}$) نیز با استناد به دستورالعمل‌های موجود صندوق در حوزه سرمایه‌گذاری و تأمین مالی تعیین می‌شود. برای داده‌های تاریخی از داده‌های گذشته و در دسترس صندوق برای تخمین μ_i و δ_i استفاده می‌شود.

ج) مدل ریاضی

برای سنجش ریسک‌پذیری مبتنی بر پروژه محوری در صندوق توسعه ملی، هدف نخست، حداکثر سازی بازده در سطح معینی از ریسک است. در معادله‌های (۵) تا (۸) مدل ریاضی این هدف ارائه شده است:

$$Max R = \sum_{i=1}^n w_i \mu_i \quad (۵)$$

s.t:

$$\delta_p \leq \alpha \quad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (۷)$$

$$w_i > 0 \quad (۷)$$

که در آن معادله (۵) برای حداکثر سازی بازدهی سبد صندوق، معادله (۶) اشتباهی ریسک صندوق، و معادله‌های (۷) و (۸) به ترتیب وزن هر پروژه در سبد صندوق و تأمین مالی شدن (فعال بودن) همه پروژه‌ها را نشان می‌دهند. مقادیر R بین صفر تا یک به دست می‌آید و نزدیک‌تر شدن آن به سمت یک به معنای بازدهی بیشتر است.

در هدف دوم؛ به دنبال حداقل سازی ریسک سبد صندوق برای سطح معینی از بازده هستیم. فرض می‌شود سبد صندوق ترکیبی از پروژه‌های مختلف برای سرمایه‌گذاری و تأمین مالی است. در معادله‌های (۹) تا (۱۲) مدل ریاضی این هدف بیان شده است:

$$Min \delta_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \delta_i \delta_j \quad (۹)$$

s.t:

$$\sum_{i=1}^n w_i \mu_i \geq R_{targeted} \quad (۱۰)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (۱۱)$$

$$w_i > 0 \quad (۱۲)$$

که در آن معادله (۹) برای حداقل سازی ریسک کلی سبد صندوق، معادله (۱۰) حداقل بازده هدف سبد صندوق، و معادله‌های (۱۱) و (۱۲) به ترتیب وزن هر پروژه در سبد صندوق و تأمین مالی شدن (فعال بودن) همه پروژه‌ها را نشان می‌دهند. در این مدل، مقادیر δ_p^2 بین صفر تا یک به دست می‌آید که هر چه به سمت صفر متمایل باشد، به معنای ریسک کمتر است. برای حل مدل به صورت کلی مدل پیشنهادی با استفاده از برنامه‌ریزی معادلات درجه

سبد بهینه از اهداف این تحقیق نیست. لذا مدل مناسب پایه برای تحقیق حاضر همان مدل پایه مارکوویتز (۱۹۵۲) بوده که از مفهوم بهینه‌سازی میانگین-واریانس استفاده نموده و این مدل متناسب با نیاز مسئله و اهداف جدید توسعه داده شده است؛ بنابراین، پارامترها و متغیرهای مدل ریاضی پیشنهادی به شرح زیر است:

الف) پارامترها

r_{it} : بازده پروژه i در سال t

μ_i : بازده مورد انتظار پروژه i

δ_i : نوسان بازده (ریسک) پروژه i

α : اشتباهی ریسک صندوق

$R_{targeted}$: بازده هدف صندوق

ب) متغیرها

w_i : وزن پروژه i در سبد صندوق

ER : حداکثر بازده سبد صندوق

δ_p : حداقل ریسک سبد صندوق

که در آن، بازده مورد انتظار پروژه i (μ_i)، نوسانات پروژه‌ها (δ_i)، بازده مورد انتظار (ER) و ریسک سبد (δ_p^2) با معادله‌های (۱) تا (۴) محاسبه می‌شوند:

بازده مورد انتظار پروژه i (μ_i): برای تخمین این پارامتر می‌توان از داده‌های تاریخی و معادله (۱) استفاده می‌شود:

$$\mu_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T r_{it} \quad (۱)$$

نوسانات پروژه‌ها (δ_i): همان ریسک یا انحراف استاندارد بازده یک پروژه را نشان می‌دهد و از روش تاریخی با استفاده از داده‌های تاریخی و معادله (۲) محاسبه می‌شود:

$$\delta_i = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (r_{it} - \mu_i)^2} \quad (۲)$$

بازده مورد انتظار (ER): این بازده را از ترکیب وزن پروژه‌ها در بازده مورد انتظار آن‌ها به شرح معادله (۳) محاسبه می‌کنیم:

$$ER = R = \sum_{i=1}^n w_i \mu_i \quad (۳)$$

ریسک سبد (δ_p^2): این معیار را با استفاده از فرمول (۴) ریسک کلی سبد بر اساس وزن پروژه و ریسک‌های فردی پروژه اندازه‌گیری می‌کنیم:

$$\delta_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \delta_i \delta_j \quad (۴)$$

همچنین اشتباهی ریسک (α) همان سطح تحمل ریسکی تعریف می‌شود که ریسک سبد را به حداکثر آستانه تحمل ریسک محدود می‌کند. معمولاً اشتباهی ریسک صندوق ۵٪ از ۱۰٪ (۰/۵) در نظر گرفته می‌شود. بازده هدف

ریسک پروژه (PR) و سطح ریسک متقاضی (T) می‌باشد. در ادامه گام‌های مدل‌سازی این سیستم فازی و پیاده‌سازی آن شرح داده شده است.

گام (۱) تعریف توابع عضویت

در سیستم فازی پیشنهادی ۵ پارامتر ورودی داریم که سه تای آنها کمی (δ , R, RT) و دو پارامتر زبانی (PR, T) هستند. در زیر هر کدام از این پارامترها تعریف شده است:

(۱) ریسک‌پذیری صندوق (RT)

$$\mu_{lowRT}(x) = \max(0, \min(1, \frac{x-0.5}{0.5})) \quad \text{پایین}$$

$$\mu_{medRT}(x) = \max(0, \min(\frac{x}{0.5}, \frac{x-1}{0.5})) \quad \text{متوسط}$$

$$\mu_{highRT}(x) = \max(0, \min(1, \frac{x-0.5}{0.5})) \quad \text{بالا}$$

(۲) حداکثر بازدهی (R)

$$\mu_{lowR}(x) = \max(0, \min(1, \frac{x-0.4}{0.4})) \quad \text{کم}$$

$$\mu_{medR}(x) = \max(0, \min(\frac{x}{0.4}, \frac{x-0.8}{0.4})) \quad \text{متوسط}$$

$$\mu_{highR}(x) = \max(0, \min(1, \frac{x-0.6}{0.4})) \quad \text{زیاد}$$

(۳) حداقل ریسک (δ)

$$\mu_{low\delta}(x) = \max(0, \min(1, \frac{x-0.3}{0.3})) \quad \text{کم}$$

$$\mu_{med\delta}(x) = \max(0, \min(\frac{x}{0.3}, \frac{x-0.7}{0.4})) \quad \text{متوسط}$$

$$\mu_{high\delta}(x) = \max(0, \min(1, \frac{x-0.5}{0.5})) \quad \text{زیاد}$$

(۴) سطح ریسک متقاضی (T)

$$\mu_{lowT}(x) = \max(0, \min(1, \frac{x-0.4}{0.4})) \quad \text{قابل اعتماد}$$

$$\mu_{medT}(x) = \max(0, \min(\frac{x}{0.4}, \frac{x-0.8}{0.4})) \quad \text{متوسط}$$

$$\mu_{highT}(x) = \max(0, \min(1, \frac{x-0.6}{0.4})) \quad \text{پر ریسک}$$

(۵) میزان ریسک پروژه (PR)

$$\mu_{lowPR}(x) = \max(0, \min(1, \frac{x-0.3}{0.3})) \quad \text{کم}$$

$$\mu_{medPR}(x) = \max(0, \min(\frac{x}{0.7}, \frac{x-0.7}{0.4})) \quad \text{متوسط}$$

$$\mu_{highPR}(x) = \max(0, \min(1, \frac{x-0.5}{0.5})) \quad \text{زیاد}$$

گام (۲) فازی سازی ورودی‌ها

در این گام مقادیر با استفاده از توابع عضویت تعریف شده، مقادیر قطعی ورودی به درجات عضویت/فازی در مجموعه‌های فازی تبدیل می‌شوند.

گام (۳) تعریف قواعد فازی

در اینجا ۲۷ قاعده فازی بر اساس ترکیب حالات مختلف پارامترهای ورودی (ترکیب با عملگر AND یا حداقل) تعریف شده که در زیر برخی برای مثال آورده شده است:

دوم ((QP)) و کتابخانه 'cvxpy' یا 'sci.py.optimize' حل و بهبود داده می‌شود. خروجی مدل شامل:

الف) وزن‌های بهینه (W_i): یکی از خروجی‌ها، وزن‌های بهینه پروژه‌ها خواهد بود. این وزن‌ها استراتژی تخصیصی را ارائه می‌دهد که با توجه به محدودیت‌ها، بازده را به حداکثر خود یا ریسک را به حداقل می‌رساند.

ب) وضعیت بازده-ریسک: زمانی که W_i مشخص شوند، مقادیر R_p و δ_p دو خروجی دیگر مدل‌های می‌باشند.

همچنین؛ آنالیز حساسیت مدل‌ها از طریق تغییر در مقادیر α و $R_{targeted}$ انجام شده تا تأثیر ریسک‌پذیری بر سبد صندوق مطالعه شود. برای اعتبارسنجی مدل از Back-Testing (با استفاده از عملکرد تاریخی سبد صندوق) و Stress Test (شبیه‌سازی شرایط نامطلوب بازار و مشاهده رفتار سبد تحت این شرایط) انجام می‌شود.

دو نوع آزمون استرس شامل: استرس بازار (شوکه‌های بازار شامل افت یا افزایش ناگهانی در کلاس‌های پروژه خاص) و استرس نوسان (ریسک‌ها شامل: افزایش نوسانات یک یا چند پروژه برای شبیه‌سازی در شرایط آشفته‌بازار) شبیه‌سازی می‌شوند. بهبود مدل نیز با استفاده از QP و از 'cvxpy' در پایتون و تغییر برخی پارامترها مانند α و $R_{targeted}$ به صورت خودکار انجام می‌شود. علاوه بر حل و بهبود مدل‌ها، مرز کارآمدی که موقعیت (حداکثر بازده و حداقل ریسک) سبد صندوق را در ماتریس ریسک-بازده نشان می‌دهد ترسیم می‌شود. با داشتن نمودار مرکز کارایی، شناخت بهتری در خصوص وضعیت ریسک‌پذیری صندوق تحت رویکرد پروژه محور و بهبود آن حاصل می‌گردد.

۲-۳- سیستم تصمیم‌گیری فازی پیشنهادی

هدف از طراحی سیستم فازی پیشنهادی، طراحی ابزاری جهت کمک به تصمیم‌گیری مدیران ارشد صندوق برای پالایش پروژه‌های تازه‌وارد به صندوق جهت تأمین مالی یا مشارکت و تصمیم‌گیری در خصوص این پروژه‌ها به صورت «رد، نیاز به بهبود، قبول» پروژه بر مبنای وضعیت پنج پارامتر شامل: ریسک‌پذیری کلی صندوق (RT)، حداکثر بازدهی پروژه‌ها (R)، حداقل ریسک پروژه‌ها (δ)، میزان

۴- یافته‌های تحقیق

مدل پیشنهادی با استفاده از برنامه‌ریزی محدب در IDE PY CHARM و پایتون نسخه 3.13.3 (از کتابخانه 'CVXPY' و سایر کتابخانه‌های موردنیاز) کد نویسی و حل شد. داده‌های ورودی شامل ماتریس بازده اولیه پروژه‌ها (هشت سال + یک دوره شش‌ماهه تنفس) با ابعاد [۹×۳۱۸] بود که پس از پیش‌پردازش در قالب یک فایل اکسل به مدل تغذیه شد. همچنین، از حلگر 'ECOS' برای حل استفاده و پارامتر $\text{min_weight}=0.001$ را برای جلوگیری از تمرکز بیش‌ازحد وزن‌ها اعمال شده است. علاوه بر حل مدل، اعتبارسنجی مدل و آنالیز حساسیت آن نیز انجام شد. در ادامه یافته‌های مدل ارائه و تحلیل می‌شوند.

۴-۱- نتایج مدل سنجش و بهبود ریسک‌پذیری

در جدول ۳ نتایج حل مدل حداکثر سازی بازده در سطح معینی از ریسک آمده است. مطابق جدول ۳، با در نظر گرفتن بازدهی تمامی ۳۱۸ پروژه ارزی تأمین مالی و سرمایه‌گذاری شده توسط صندوق از ابتدای تأسیس تا پایان سال ۱۴۰۳؛ برای ۹ دوره زمانی (بازده)؛ یافته‌ها نشان می‌دهد که میانگین بازدهی سبد سالانه صندوق ۳/۲ درصد، و حداکثر بازدهی سالانه ۵/۸۴ درصد است. محدوده بازدهی پروژه‌های صندوق حداکثر تا ۱۲/۸ درصد سالانه متغیر بوده و نسبت شارپ (عملکرد بازده-ریسک) صندوق طی دوره موردنظر برابر ۱/۱۲ به‌دست‌آمده که نشان از عملکرد تقریباً قابل‌قبول صندوق در حوزه سرمایه‌گذاری دارد. این یافته‌ها برای سطح (اشتهای) ریسک ۵ از ۱۰ محاسبه شده است. در خصوص حداکثر کاهش سرمایه، نتایج هیچ کاهش سرمایه‌ای را نشان نداد. در بخش سمت راست جدول ۳ نیز مقدار وزن هر پروژه و رتبه‌بندی آن‌ها بر مبنای حداکثر بازدهی و ریسک مربوط به هر پروژه به ترتیب آمده است.

مطابق جدول ۴، یافته‌های مدل حداقل سازی ریسک در سطح معینی از بازده برای بازده هدف ۱۵ درصدی نشان می‌دهد که حداقل ریسک سبد صندوق ۵/۳۸ از ۱۰ می‌باشد. تعداد دوره‌های مثبت از (۹ دوره موردبررسی) برابر ۵۵/۶٪ است که به معنی بازدهی مثبت پروژه‌ها در بیشتر از ۴ دوره زمانی از ۹ دوره زمانی است که قابل‌فهم است؛ زیرا پروژه‌ها در سه سال اول و دوره تنفس بازدهی

اگر RT کم و R کم و δ بالا و T بالا و PR متوسط \rightarrow تصمیم "رد"

اگر RT بالا و R بالا و δ کم و T کم و PR کم \rightarrow تصمیم "قبول"

اگر RT بالا و R متوسط و δ کم و T متوسط و PR متوسط \rightarrow تصمیم "نیاز به بهبود"

گام ۴) استنتاج فازی

در این گام از روش ممدانی برای ترکیب قواعد به دلیل وجود عبارات زبانی در پارامترهای کیفی و قابل‌فهم بودن بیشتر آن‌ها، استفاده شده است. در این تحقیق از عملگر AND و از minimum، بعلاوه از عملگر OR از maximum و روش implication از minimum برای استنتاج ممدانی استفاده شده است.

گام ۵) تجمع خروجی‌ها

ترکیب خروجی‌های تمام قواعد با استفاده از عملگر maximum انجام می‌شود.

گام ۶) دیفازی‌سازی

برای دیفازی‌سازی از روش مرکز ثقل (Centroid) برای تبدیل خروجی فازی به مقدار قطعی استفاده می‌شود.

گام ۷) خروجی مدل‌سازی

خروجی مدل‌سازی شامل «رد، نیاز به بهبود، یا قبول» پروژه‌هاست. از آنجاکه این تصمیم‌گیری بر مبنای امتیاز فازی محاسبه شده برای هر پروژه اخذ می‌شود، محدوده‌های تصمیم‌گیری به شرح زیر تعریف می‌شود:

$Final Decision =$

$$\begin{cases} Score < 0.3 & \text{رد} \\ 0.3 \leq Score \leq 0.6 & \text{نیاز به بهبود} \\ Score > 0.6 & \text{قبول} \end{cases}$$

انتظار داریم این سیستم فازی با نظارت انسانی بتواند به‌صورت هوشمند و با حداقل دخالت انسانی، درباره پروژه‌های وارده به صندوق تصمیم‌گیری نماید. سیستم تصمیم‌گیری فازی پیشنهادی در IDE PYCHARM و پایتون نسخه ۳.۱۳.۳ با داده‌های مربوط به سطح ریسک‌پذیری صندوق (Gholipour Domyeh et al., 2025) و نتایج مدل‌های پروژه محور در این مقاله، کد و پیاده‌سازی می‌شود. برای حل کد پایتون نیز از کتابخانه pandas، numpy و skfuzzy استفاده می‌شود.

اطلاعات جدول ۶ مدل تحت سه سناریوی بحرانی آزمایش شد:

(الف) با فرض رکود اقتصادی: که مطابق نتایج؛ رکود اقتصادی منجر به کاهش ۴۰ درصدی بازده و افزایش ۸۰ درصدی ریسک و لذا کاهش عملکرد بازده-ریسک صندوق (نسبت شارپ) تا ۰/۳۵ خواهد شود.

(ب) با فرض رونق اقتصادی: که مطابق نتایج؛ رونق اقتصادی منجر به افزایش ۴۰ درصدی بازدهی و کاهش ۳۰ درصدی ریسک سبد صندوق و ایضاً افزایش عملکرد بازده-ریسک صندوق (نسبت شارپ) تا ۲/۱۱ می‌گردد.

(ج) بروز تورم بالا: که مطابق نتایج؛ تورم بالا منجر به کاهش ۲۰ درصدی بازدهی و افزایش ۱۰۰ درصدی ریسک و حتی کاهش عملکرد بازده-ریسک صندوق (نسبت شارپ) تا ۰/۴۲ خواهد شد.

نکته مهم بصری در درک وضعیت ریسک‌پذیری صندوق تحت رویکرد پروژه محور، ترسیم نمودار مرز کارایی سبد صندوق بر مبنای اطلاعات بازدهی پروژه‌هاست. این نمودار بر مبنای ریسک و بازده سالانه صندوق ترسیم شده است. نمودار مرز کارایی کمک می‌کند تا درک شود که حداکثر بازدهی و حداقل ریسک سبد صندوق و عملکرد نسبی بازده-ریسک آن (نسبت شارپ) نسبت به مرز کارایی در چه وضعیتی قرار دارد. مطابق شکل ۳، حداکثر بازدهی (دایره قرمز) و حداقل ریسک (دایره سبز) سبد صندوق تقریباً بر روی مرز کارایی آن قرار دارند. البته وضعیت بازدهی صندوق موقعیت بهتری دارد. این یافته نشان می‌دهد که صندوق نیاز به بهبود جدی در عملکرد بازده-ریسک خود دارد. نکته دیگر این است که در نمودار کارایی، نتایج بهبود یافته از وضعیت ریسک‌پذیری صندوق تحت رویکرد پروژه محور را داریم؛ یعنی ما «حداکثر بازده» و «حداقل ریسک» را در این نمودار ترسیم شده است. اکنون با استفاده از یافته‌های مدل سنجش و بهبود ریسک‌پذیری تحت رویکرد پروژه محور و با در اختیار داشتن مقدار ریسک‌پذیری کلی صندوق، نتایج پیاده‌سازی سیستم فازی پیشنهادی برای پالایش اولیه پروژه‌های واصله به صندوق با استفاده از وضعیت ریسک‌پذیری فعلی صندوق و سطح ریسک پروژه و متقاضی ارائه می‌شود.

ندارند و بازدهی پروژه‌ها در ۵ سال بازپرداخت شروع می‌شود. در سمت راست جدول ۴ یک رتبه‌بندی از وزن پروژه‌ها بر اساس میزان ریسکی که به سبد صندوق وارد می‌کنند و معادله بازده-ریسک آن‌ها نشان داده شده است.

۴-۱-۱- آنالیز حساسیت و اعتبارسنجی نتایج

برای اعتبارسنجی مدل از سه جنبه کلیدی این ارزیابی در کد پایتون مربوط به مدل لحاظ و پیاده‌سازی شد:

(الف) اعتبارسنجی آماری: آزمون نرمالیتی داده‌ها (با استفاده از آزمون‌های J-B شامل تعیین چولگی و کشیدگی و ارزیابی مقدار $p\text{-value} < 0.05$ برای مشخص شدن انحراف از نرمالیتی)، همبستگی بازده‌ها (بررسی اینکه که آیا ساختار کوواریانس محاسبه شده با داده‌های تاریخی سازگار است) که نتایج آن در شکل ۳ تائید شده است.

(ب) اعتبارسنجی اقتصادی: معیارهای عملکردی با استفاده از نسبت شارپ (در مدل ۱ و در مدل ۲)، حداکثر کاهش سرمایه (Max Drawdown) در سناریوهای رکود یا رونق بازار، مقایسه مقادیر به دست آمده برای شارپ با معیارهای صنعت که نتایج آن در جداول ۳ تا ۵ آمده و تائید شده است.

(ج) اعتبارسنجی عملیاتی: شامل قابلیت اجرای مدل که بررسی شد آیا وزن‌های بهینه از نظر عملیاتی قابل پیاده‌سازی هستند. سبد سازی که داده‌ها به دو بخش ۷۰ درصد آموزش و ۳۰ درصد آزمون تقسیم شدند و انحراف معیار خطای پیش‌بینی کمتر از ۰/۰۲ به دست آمد.

همچنین در خصوص آنالیز حساسیت مدل، ما تغییرات برخی پارامترها شامل: اشتهای ریسک، بازده هدف و حداقل وزن را بر حداکثر بازده و حداقل ریسک بررسی نمودیم. مطابق جدول ۵ نتایج آنالیز حساسیت مدل و توضیحات آن مدل نسبت به تغییرات لحاظ شده حساس می‌باشد که شرح میزان تغییرات، میزان اثر بر اهداف هر دو مدل و توضیحات آن در جدول مذکور بیان شده است. علاوه بر موارد فوق جهت آنالیز حساسیت مدل، ما در کد پایتون تلاش کردیم تا یک شبیه‌سازی از برخی سناریوهای بحرانی با استفاده از آزمون استرس به جهت بررسی سطح نوسانات داشته باشیم؛ بنابراین، مطابق

۴-۲- یافته‌های سیستم تصمیم‌گیری فازی

بیان شد که سیستم فازی پیشنهادی یک چارچوب هوشمند برای تصمیم‌گیری اولیه در خصوص پروژه‌های واصله به صندوق با در نظر گرفتن: میزان ریسک‌پذیری صندوق (RT)، حداکثر بازدهی سبد صندوق (R)، حداقل ریسک سبد صندوق (δ)، سطح ریسک متقاضی (T) و میزان ریسک پروژه (PR) ارائه می‌دهد. سیستم پیشنهادی در IDE PY CHARM و پایتون نسخه 3.13.3 مشتمل بر ۲۷ قانون در سه دسته کلی: ۹ قانون برای حالت «رد» (امتیاز زیر ۰/۳)، ۹ قانون برای حالت «نیاز به بهبود» (امتیاز بین ۰/۳ تا ۰/۶) و ۹ قانون برای حالت «قبول» (امتیاز بالای ۰/۶) پیاده‌سازی (کد) شد که هر قانون ترکیبی از شرایط ورودی‌ها را بررسی می‌کند. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد این سیستم، وجود پالایش اولیه است که قبل از انجام محاسبات فازی، پروژه‌هایی با ریسک متقاضی (T) یا ریسک پروژه (PR) بالاتر از ۰/۷ را مستقیماً و بدون بررسی سایر پارامترها رد می‌کند. این مکانیسم باعث صرفه‌جویی در محاسبات و تمرکز بهتر آن می‌شود. با اعمال پالایش اولیه، سیستم وارد فاز محاسبات فازی می‌شود. در این مرحله، ابتدا تمام ورودی‌ها در بازه [۰, ۱] نرمال‌سازی شده تا از خطاهای محاسباتی جلوگیری شود. سپس با استفاده از عملگرهای MIN برای ترکیب شرایط هر قانون و MAX برای تجمیع نتایج قواعد مختلف، خروجی فازی تولید شده است. در نهایت، با روش دیفازی‌سازی مرکز ثقل، یک امتیاز قطعی بین ۰ تا ۱ محاسبه شده که این امتیاز در سه دسته

کلی قرار می‌گیرد: رد (امتیاز زیر ۰/۳)، نیاز به بهبود (بین ۰/۳ تا ۰/۶) و قبول (بالای ۰/۶). یافته‌های سیستم فازی پیشنهادی در جدول ۷ نشان می‌دهد که از بین ۱۳ پروژه معرفی شده به سیستم، سه پروژه رد، سه پروژه نیازمند بهبود و مابقی پروژه‌ها برای طی فرایند ارزیابی فنی و ریسک، قابل قبول واقع شده‌اند. مزیت این سیستم این است که متناسب با وضعیت ریسک‌پذیری صندوق تحت رویکرد پروژه محور و با توجه به وضعیت ریسک پروژه و ریسک متقاضی، امکان تصمیم‌گیری اولیه در خصوص تأیید پروژه‌های وارده به صندوق را فراهم می‌آورد و از اتلاف هزینه و زمان برای پروژه‌هایی ناهم‌سو با وضعیت ریسک‌پذیری صندوق جلوگیری می‌نماید. علیرغم جدول ۷، نتایج سیستم فازی پیشنهادی در قالب نمودار در شکل ۴ پروژه‌های قبول شده (رنگ سبز)، نیازمند بهبود (رنگ زرد) و رد شده (رنگ قرمز) نشان داده شده است؛ بنابراین، در این تحقیق یک مدل پیشنهادی برای سنجش و بهبود ریسک‌پذیری صندوق توسعه ایران در حوزه سرمایه‌گذاری تحت رویکرد پروژه محور ارائه، حل و با استفاده از نتایج حاصله، ابزاری برای تصمیم‌گیری مدیران در خصوص پروژه‌های واصله به صندوق و بر مبنای وضعیت ریسک‌پذیری صندوق طراحی و پیاده‌سازی گردید. به دلیل نبود تحقیق قبلی با موضوع سنجش ریسک‌پذیری در صندوق‌های ثروت مقایسه نتایج این تحقیق با سایر تحقیقات مشابه ممکن نیست. انجام تحقیقات آتی در این خصوص می‌تواند فرصت مقایسه نتایج تحقیق حاضر با سایر تحقیقات را فراهم سازد.

جدول ۳. یافته‌های مدل حداکثرسازی بازده در سطح معینی از ریسک

Table 3. Findings of the return maximization model at a given level of risk

شرح	مقدار	پروژه	w_i	R	δ_i
تعداد پروژه	۳۱۸	Project 182	۰/۶۸۳	۷/۰۸	۶/۷۲
تعداد دوره زمانی	۹	Project 1	۰/۰۱	۳/۴۰	۳/۲۳
میانگین بازده سالانه	۳/۲	Project 200	۰/۰۱	۶/۰۴	۵/۷۳
محدوده بازده	[۰/۰، ۱۲/۸]	Project 217	۰/۰۱	۳/۷۸	۳/۵۸
α	۵	Project 216	۰/۰۱	۳/۷۸	۳/۵۸
R	٪۵/۸۴	Project 215	۰/۰۱	۳/۷۸	۳/۵۸
δ_p	۵/۵۴	Project 214	۰/۰۱	۲/۸۳	۲/۶۹
نسبت شارپ	۱/۱۲	Project 213	۰/۰۱	۱/۸۹	۱/۷۹
حداکثر کاهش سرمایه	۰/۰	Project 212	۰/۰۱	۳/۷۸	۳/۵۸

جدول ۴. یافته‌های مدل حداقل سازی ریسک در سطح معینی از بازده

Table 4. Findings of the risk minimization model at a given level of return

شرح	مقدار	پروژه	w_i	R	δ_i
تعداد پروژه	۳۱۸	Project 182	۶/۴۲۲	۷/۰۸	۶/۷۲
تعداد دوره زمانی	۹	Project 285	۰/۰۱۲۲	۰/۹۴	۰/۹۰
میانگین بازده سالانه	٪۳/۲	Project 295	۰/۰۱۲۲	۰/۹۴	۰/۹
محدوده ریسک	[۰/۰، ۰/۸۴]	Project 268	۰/۰۱۲۲	۰/۹۴	۰/۹
$R_{targeted}$	٪۱۵	Project 301	۰/۰۱۲۲	۰/۹۴	۰/۹
δ_p	۵/۳۸	Project 271	۰/۰۱۲۲	۰/۹۴	۰/۹
R	٪۵/۶۷	Project 272	۰/۰۱۲۲	۰/۹۴	۰/۹
نسبت شارپ	۱/۱۲	Project 274	۰/۰۱۲۲	۰/۹۴	۰/۹
تعداد دوره‌های مثبت	٪۵۵/۶	Project 294	۰/۰۱۲۲	۰/۹۴	۰/۹

جدول ۵. نتایج آنالیز حساسیت مدل

Table 5. Results of model sensitivity analysis

پارامتر	بازده تغییر (%)	اثر بر R (%)	اثر بر δ_p (%)	توضیحات
α	± 10	$\pm 1/2$	± 8	تغییرات غیرخطی در وزن پروژه‌های پر ریسک
$R_{targeted}$	± 15	$\pm 0/8$	± 12	حساسیت بالا در پروژه‌های کم بازده
$\min w_i$	$0/1 \rightarrow 0/5$	$- 0/5$	$+ 3$	کاهش تنوع سبد

جدول ۶. نتایج آزمون استرس مدل ریاضی تحت رویکرد پروژه محور

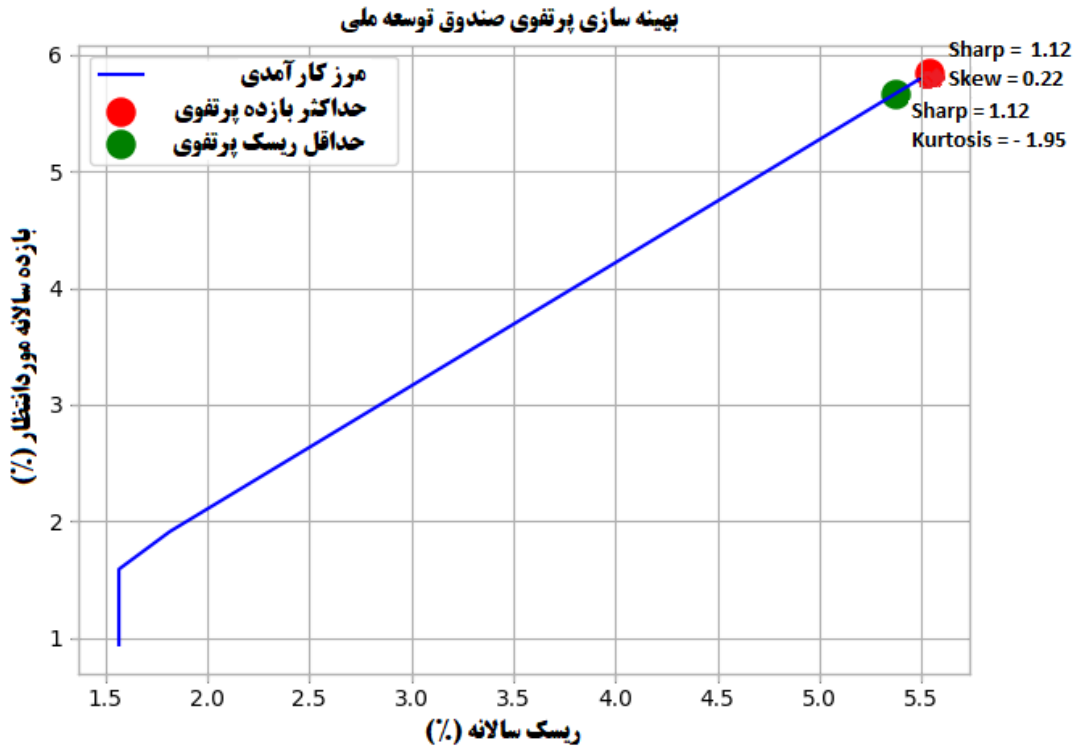
Table 6. Results of stress testing of the mathematical model under the project-oriented approach

سناریو	بازدهی سالانه (%)	ریسک سالانه (%)	تغییرات بازدهی (%)	تغییرات ریسک (%)	نسبت شارپ
رکود اقتصادی	۳/۵۰	۹/۹۷	- ۴۰	۸۰	۰/۳۵
رونق اقتصادی	۸/۱۷	۳/۸۸	+ ۴۰	- ۳۰	۲/۱۱
تورم بالا	۴/۶۷	۱۱/۰۷	- ۲۰	۱۰۰	۰/۴۲

جدول ۷. نتایج تصمیم‌گیری سیستم فازی پیشنهادی درباره پروژه‌ها

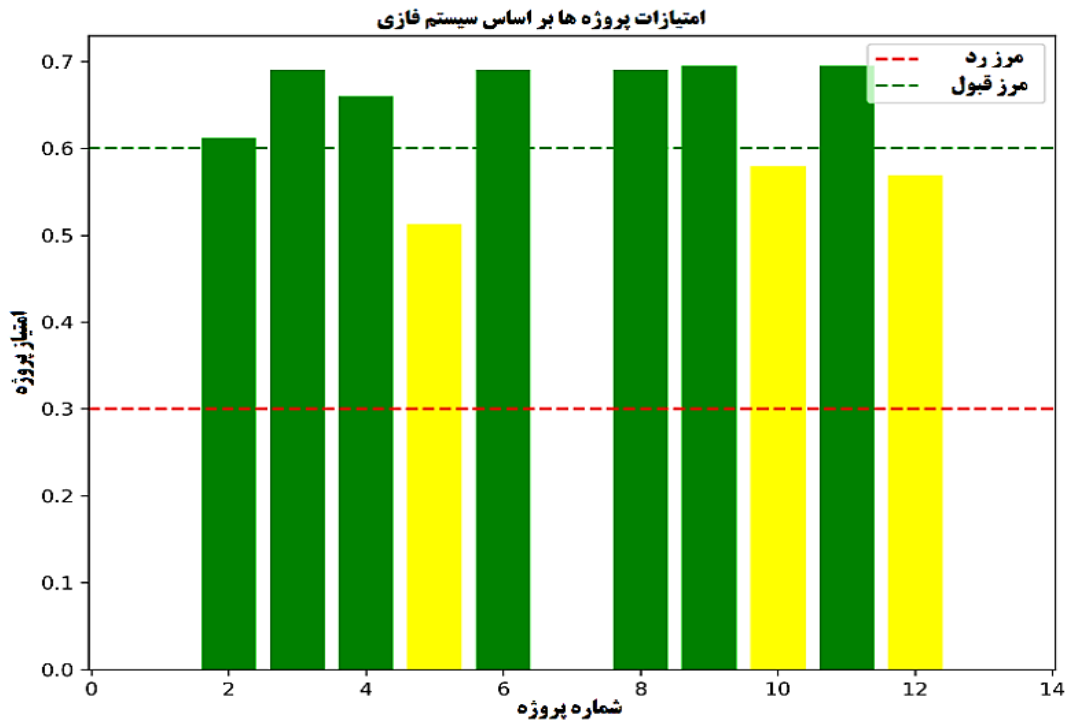
Table 7. Decision-making results of the proposed fuzzy system about projects

پروژه	RT	R	δ	T	PR	امتیاز	تصمیم نهایی
۱	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۹	۰/۷	۰/۱۰۰	رد مستقیم به دلیل T بالا
۲	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۵	۰/۶	۰/۶۱۲	قبول
۳	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۳	۰/۴	۰/۶۹۰	قبول
۴	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۲	۰/۵	۰/۶۶	قبول
۵	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۷	۰/۶	۰/۵۱۳	نیاز به بهبود
۶	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۳	۰/۴	۰/۶۹۰	قبول
۷	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۹	۰/۵	۰/۱۰۰	رد مستقیم به دلیل T بالا
۸	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۳	۰/۵	۰/۶۹۰	قبول
۹	۰/۶۶	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۳	۰/۳	۰/۶۹۵	قبول
۱۰	۰/۶۶	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۶	۰/۶	۰/۵۸۰	نیاز به بهبود
۱۱	۰/۶۶	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۵	۰/۴	۰/۶۹۵	قبول
۱۲	۰/۶۶	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۴	۰/۷	۰/۵۶۹	نیاز به بهبود
۱۳	۰/۶۶	۰/۴۹	۰/۰۵۳	۰/۷	۰/۸	۰/۱۰۰	رد مستقیم به دلیل PR بالا



شکل ۳. نمودار مرز کارایی، حداکثر بازده و حداقل ریسک سبد صندوق.

Figure 3. Diagram of the efficiency frontier, maximum return, and minimum risk of the fund portfolio.



شکل ۴. نمودار نتایج سیستم فازی پیشنهادی در خصوص پروژه‌ها.

Figure 4. Results diagram of the proposed fuzzy system regarding projects.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر یک تحقیق توسعه‌ای-کاربردی بود که باهدف طراحی مدلی برای سنجش و بهبود ریسک‌پذیری صندوق توسعه ملی ایران تحت رویکرد پروژه محور در حوزه سرمایه‌گذاری انجام پذیرفت. منظور از حوزه سرمایه‌گذاری، کلیه فعالیت‌های مربوط به تأمین مالی و سرمایه‌گذاری (مشارکت غیر مداخله‌ای) صندوق توسعه ملی ایران از ابتدای تأسیس تا انتهای سال ۱۴۰۳ بود. مدل ریاضی تحقیق مبتنی بر مفهوم میانگین-واریانس و توسعه یک مدل بهینه‌سازی سبد پروژه‌ها بود. با استفاده از نرخ بازدهی اولیه پروژه‌های تأمین مالی/مشارکت شده صندوق از ابتدای تأسیس تا انتهای سال ۱۴۰۳، پیاده‌سازی مدل‌های پیشنهادی در پایتون نشان داد که طی دوره زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳، میانگین بازده سالانه سبد پروژه‌ها ۳/۲ درصد، حداکثر بازده سبد صندوق ۵/۸۴ درصد، حداقل ریسک سبد صندوق ۵/۳۸ (از ۱۰) و نسبت شارپ (عملکرد کلی بازده-ریسک صندوق) برابر ۱/۱۲ به دست آمد که بیانگر عملکرد نسبتاً خوب صندوق در حوزه سرمایه‌گذاری است. تحلیل حساسیت مدل نشان داد که تغییر ۱۰٪ در پارامتر اشتباهی ریسک می‌تواند تا ۸٪ بر نوسانات سبد تأثیر بگذارد. آزمون استرس نیز تأثیر سناریوهای بحرانی (رکود، رونق و تورم بالا) را بر عملکرد صندوق بررسی و نتایج نشان‌دهنده پایداری مدل در شرایط مختلف اقتصادی بود. نتایج پیاده‌سازی سیستم فازی پیشنهادی برای کمک به تصمیم‌گیری مدیران صندوق در پایش اولیه پروژه‌های واصله به صندوق، نشان داد که این سیستم با صرفه‌جویی در زمان و هزینه با حذف پروژه‌های نا همسو با وضعیت ریسک‌پذیری کنونی صندوق، می‌تواند به‌عنوان ابزار کمکی در تصمیم‌گیری‌های مدیران ارشد بکار گرفته شود. این تحقیق از حیث داده‌ها (عدم وجود دیتابیس جامع)، وابستگی مدل به داده‌های تاریخی و در نظر گرفتن متغیرهای کلان اقتصادی مؤثر دارای محدودیت‌هایی بوده و برای تحقیقات آتی پیشنهادی می‌شود با رویکرد یادگیری ماشین با در نظر گرفتن متغیرهای کلان اقتصادی (تورم، نرخ ارز، تحریم‌ها) و داده‌های بلادرنگ بازار، بر روی ارائه مدل پویای ریسک‌پذیری هوشمند صندوق توسعه ملی ایران مطالعه شود.

مشارکت‌های نویسندگان

تمامی نویسندگان در نگارش این مقاله سهم و قدر یکسان داشته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافع مرتبط با مقاله حاضر ندارند.

قدردانی

نویسندگان صمیمانه از عوامل اجرایی نشریه مهندسی سیستم و بهره‌وری، داوران محترم و سایر افرادی که در بهبود کیفیت این مقاله همکاری داشته‌اند، قدردانی می‌نمایند.

مراجع

- Adabi Firouzjaei, B., Mehrara, M., Mohammadi, S. H., Bahradmater, N., & Dehghani Firouzabadi, M. S. (2015). *Comparative analysis of value at risk of Tehran Stock Exchange* [Doctoral dissertation, University of Tehran] (In Persian).
- Ahmadvand, M., & Eghbali, H. (2022). Identification and ranking of risk types in underground projects using AHP method (Applied example: Tehran Metro Line 7). *System Engineering and Productivity*, 1(1), 7–29 (In Persian).
<https://doi.org/10.22034/sep.2022.243365>
- Amar, J., Lecourt, C., & Carpentier, J.-F. (2022). GCC Sovereign Wealth Funds: Why do they take control? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 77, 101494.
<https://doi.org/10.1016/j.intfin.2021.101494>
- Bahoo, S., Alon, I., & Paltrinieri, A. (2020). Sovereign wealth funds: Past, present and future. *International Review of Financial Analysis*, 67, 101418.
<https://doi.org/10.1016/j.irfa.2019.101418>
- Bahoo, S., Hassan, M. K., Paltrinieri, A., & Khan, A. (2019). A model of the Islamic sovereign wealth fund. *Islamic Economic Studies*, 27(1), 2–22.
<https://doi.org/10.1108/IES-05-2019-0003>
- Bertoni, F., & Lugo, S. (2014). The effect of sovereign wealth funds on the credit risk of their portfolio companies. *Journal of Corporate Finance*, 27, 21–35.
<https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2014.04.004>
- Boubakri, N., El Ghouli, S., Guedhami, O., & Hossain, M. (2020). Post-privatization state ownership and bank risk-taking: Cross-country evidence.

- Fund in economic investment and national entrepreneurship in Iran* [Doctoral dissertation, University of Mazandaran] (In Persian).
- Jalalian, H. R. (2022). Investigating the effects of noise on the portfolio optimization problem. *System Engineering and Productivity*, 2(2), 73–84 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/sep.2022.243411>
- Kapsos, M., Zymler, S., Christofides, N., & Rustem, B. (2014). Optimizing the Omega ratio using linear programming. *Journal of Computational Finance*, 17(4), 49–57. <https://doi.org/10.21314/JCF.2014.283>
- Khalili, S. H., Saeedi, F., Yousefi, S., & Zandpourasl, M. (2025). Investigating the effect of "attitude and mindset" on the success of project managers in the Iranian manufacturing industry. *System Engineering and Productivity*, 5(1), 1–19 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/sep.2025.2046688.1237>
- Khodayari, R., Yazdani, M., Pourghader Choubar, A., & Salehan, S. T. (2024). Risk management of outsourcing projects in automotive component manufacturing companies using failure mode analysis and decision-making techniques. *System Engineering and Productivity*, 4(3), 31–48 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/msb.2024.2031280.1212>
- Klein, M. J., Chmelíková, G., & Palkovič, J. (2023). The Risk Awareness of Sovereign Wealth Funds in Relation to ESG Assets—Do Biggest World Institutional Investors Act Sustainably? Available at SSRN 4525088. *European Journal of Business Science and Technology*, 10(1), 5–24. <https://doi.org/10.1118/ejobsat.2024.003>
- Knill, A. M., Lee, B. S., & Mauck, N. (2012). Sovereign wealth fund investment and the return-to-risk performance of target firms. *Journal of Financial Intermediation*, 21(2), 315–340. <https://doi.org/10.1016/j.jfi.2011.10.001>
- Liu, C.-H., Yap, N., Yin, C.-H., & Zhou, S. (2021). The effect of sovereign wealth funds on corporations: Evidence of cash policies in Singapore. *Research in International Business and Finance*, 56, 101354. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2020.101354>
- Lopez de Prado, M. (2016). Building diversified portfolios that outperform out of sample. *The Journal of Portfolio Management*, 42(4), 59–69. <https://doi.org/10.3905/jpm.2016.42.4.059>
- Mahmoudi, V., Abdo Tabrizi, H., Shirkooh, S., & Ghahremani, R. (2019). Governance and resource allocation model in the National Development Fund of Iran. *Financial Economics Journal*, 13(49), 47–100. (In Persian)
- Masoumi, A., & Pouyanfar, A. (2016). *Designing a risk management system framework in Pasargad Bank with an ISO 31000:2009 approach (credit risk scope)* [Master's thesis, Khatam University] (In Persian).
- Journal of Corporate Finance*, 64, 101625. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2020.101625>
- Burggraf, T. (2021). Beyond risk parity – A machine learning-based hierarchical risk parity approach on cryptocurrencies. *Finance Research Letters*, 38, 101523. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101523>
- Cai, M., & Chen, Z. (2019). Does country background risk matter to the strategic asset allocation of sovereign wealth funds? *Pacific-Basin Finance Journal*, 57, 101086. <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2018.10.015>
- Chen, R. R., Liu, F., & Zhao, Y. E. (2023). Sovereign wealth funds and cost of debt: Evidence from syndicated loans. *Journal of Corporate Finance*, 82, 102446. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2023.102446>
- Danisman, G. O., & Demirel, P. (2019). Bank risk-taking in developed countries: The influence of market power and bank regulations. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 59, 202–217. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2018.12.007>
- Feghhi, K. M., & Yahyavi, P. (2018). Sovereign Wealth Funds, Sovereign Risk, And External Financing Costs of Financial Intermediaries. *Economic Research Journal*, 18(70), 53–88 (In Persian). <https://doi.org/10.22054/joer.2018.9560>
- Gholipour-Domyeh, M., Sadeghi, S. A. M., & Rastegar-Sorkheh, M. A. (2025). Measuring and improving risk-taking of the NDFI under a general approach. *System Engineering and Productivity* (In Persian). <https://doi.org/10.22034/sep.2025.2063764.1334>
- Global SWF. (n.d.). Home. Retrieved January 12, 2025, from <https://www.globalswf.com/>
- Grira, J. (2020). Back to government ownership: The sovereign wealth funds phenomenon. *Finance Research Letters*, 34, 101245. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.07.018>
- Grira, J., Labidi, C., & Rouatbi, W. (2022). Does political risk matter for sovereign wealth funds? International evidence. *International Review of Financial Analysis*, 81, 101236. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.07.013>
- Hemrajani, P., Khan, R. M., & Dhiman, R. (2023). Financial risk tolerance: A review and research agenda. *European Management Journal*, 41(6), 1119–1133. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2023.10.004>
- Hosseini, M. H., Hosseini, S. A., Hosseini, M. H., & Hosseini, S. A. (2021). The relationship between the use of ERM and the efficiency of firms active in the automotive industry. *System Engineering and Productivity*, 1(1), 57–72 (In Persian). <https://doi.org/10.22034/sep.2022.243395>
- Hosseini, S. M., Mahdavi, I., & Tajdi, A. (2017). *Evaluating the role of the National Development*

- financial engineering* (pp. 430-437). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIFE.2010.5609394>
- Truman, E. M. (2007). *Sovereign wealth funds: the need for greater transparency and accountability* (Vol. 7). Washington, DC: Peterson Institute for International Economics.
- Truman, E. M. (2009). A blueprint for sovereign wealth fund best practices. *Revue d'economie Financiere*, 9(1), 429-451.
- Wang, Q., Zhang, L., Ma, Q., & Wu, C. (2024). The impact of financial risk on boilerplate of key audit matters: Evidence from China. *Research in International Business and Finance*, 70, 102390. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102390>
- Yu, J., Xu, B., Yang, H., & Shi, Y. (2010). The strategic asset allocation optimization model of sovereign wealth funds based on maximum CRRA utility & minimum VaR. *Procedia Computer Science*, 1(1), 2433-2440. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.04.274>
- Zare, M., & Shojaei Fard, A. (2018). *Government requirements in annually increasing the NDFI's share of revenue from oil exports in line with the resistance economy* [Doctoral dissertation, Islamic Azad University]. (In Persian)
- Zhang, M., & Chen, H. A. (2024). Risk-taking to restore negative self-view: The effect of autonomy and subjective business on financial risk-taking. *Journal of Business Research*, 176, 114594. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114594>
- Zhu, Z., & Welsch, R. E. (2018). Robust dependence modeling for high-dimensional covariance matrices with financial applications. *The Annals of Applied Statistics*, 12(2), 1228-1249. <https://doi.org/10.1214/17-AOAS1087>
- Mourouzidou-Damtsa, S., Milidonis, A., & Stathopoulos, K. (2019). National culture and bank risk-taking. *Journal of Financial Stability*, 40, 132-143. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2017.08.007>
- Mousavi Bafroui, S. S., & Dolati, A. (2021). *Detail-based risk-adjusted efficiency measures* [Doctoral dissertation, Yazd University] (In Persian).
- National Development Fund of Iran. (n.d.). Home. Retrieved January 15, 2025, from <https://www.ndf.ir/>
- Nie, G., Yang, H., Wang, Y., Chen, W., & Yu, J. (2010). Decision support for target country selection of future generation sovereign wealth funds: Hedging the country industry risk. *Procedia Computer Science*, 1(1), 2499-2507. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.04.282>
- Norouzi, Z., Meda, M., & Nofaresti, M. (2019). The role of the National Development Fund in creating economic growth and controlling inflation. *Journal of Economics and Modeling*, 10(2), 1-27 (In Persian).
- Palit, D., & Prybutok, V. R. (2024). A study of hierarchical risk parity in portfolio construction. *Journal of Economic Analysis*, 3(3), 106-125. <https://doi.org/10.58567/jea03030006>
- Park, S. S., Xu, L., In, F., & Ji, P. I. (2019). The long-term impact of sovereign wealth fund investments. *Journal of Financial Markets*, 45, 115-138. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2018.08.004>
- Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2000). Optimization of conditional value-at-risk. *Journal of risk*, 2, 21-42. <https://doi.org/10.21314/JOR.2000.038>
- 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>
- Rudiger, M. T. (1994). What Is Risk Taking Behavior. *Advances in Psychology* (Vol. 107, pp. 1-14). [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61295-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61295-9)
- Sato, M., & Vithessonthi, C. (2021). Bank risk-taking and corporate investment: Evidence from the global financial crisis of 2007-2009. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2020.100573>
- Shapiro, A., Dentcheva, D., & Ruszczyński, A. (2021). *Lectures on stochastic programming: modeling and theory*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Sohag, K., Hassan, M. K., Kalina, I., & Mariev, O. (2023). The relative response of Russian National Wealth Fund to oil demand, supply and risk shocks. *Energy Economics*, 123, 106724. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106724>
- Talebi, A., Molaei, M. A., & Sheikh, M. J. (2010, September). Performance investigation and comparison of two evolutionary algorithms in portfolio optimization: Genetic and particle swarm optimization. In *2010 2nd IEEE international conference on information and*