Iran. J. Insur. Res., 13(2): Pages: 173-188, Spring 2024, Serial #48

Iranian Journal of Insurance Research
(IJIR)

Homepage: https://ijir.irc.ac.ir/?lang=en

Iranian Insurance Research Center (IIRC)

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Determining the optimal investment portfolio in civil servants pension fund using Markowitz and value at risk models

M. Khanlou Savejbolaghi, N. Nooralahzadeh*, R. Darabi

Department of Accounting, Economics and Accounting Faculty, Islamic Azad University (South Tehran Branch), Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received 16 December 2023
Revised 10 January 2024
Accepted 25 January 2024

Keywords:
Asset-liability management
Civil servants pension fund
Investment portfolio
Markowitz
Pension fund
Value at risk

ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: During the last five years, the average rate of return on the assets for Civil Servants Pension Fund was only about 15%, and, during that period, about 75% of the financial resources required to fulfill the obligations of the Fund were provided by government grants. In this study, for the goal of asset-liability management of the Fund, determining the optimal investment portfolio of the Fund in major stock market groups has been studied and the proposed solutions for asset management in the form of modifying the fund's investment share in various stock market groups and with the aim of financial stability of the fund have been presented.

METHODS: Research is quantitative in terms of the type of data and descriptive and applied in terms of purposes and results. Due to the use of the past performance of the stocks in the Fund portfolio and the study of the history of information, it is an event research. Quantitative research data for the period of 79 months (1584 working days) from March 2017 to October 2023 was collected from the data bank of the Iran Financial Information Processing Center of the Tehran Stock Exchange Technology Management Company, and to perform model calculations, the stock exchange assets of the Fund were separated into 18 stock groups, including pharmaceuticals, cement, lime, plaster, rubber and plastic, sugar, tile and ceramic, metal ore extraction, petroleum products, leather products, insurance, computer, non-metallic mineral, food except sugar, basic metals, intermediary financial institutions, investments, chemical, transportation, warehousing and communication, multi-disciplinary industries have been carried out. Data collection and data sorting were done using Microsoft Excel software, and objective functions were solved based on Markowitz patterns and value at risk using MATLAB software.

FINDINGS: In the current investment portfolio of the Fund, the major share (about 95%) of the portfolio is dedicated to only three groups including "multi-industry", "transportation, warehousing and communication" and "chemical" and based on the efficiency frontier curve drawn based on historical data, the Fund's current portfolio is not on the mentioned curve, and the need to optimize the current portfolio was determined. The objective functions were solved based on the Markowitz and value at risk models to find the optimal portfolio of the Fund, and in three cases of the current investment portfolio, the optimal portfolio of the value at risk model model and the optimal portfolio of the Markowitz, the average daily rate of return is equal to 0.232, 0.235 and 0.230 percent respectively; the risk of the portfolio was 1.62, 1.31 and 1.21 percent respectively; and the return-to-risk ratio was equal to 0.143, 0.1793 and 0.1908 respectively. Therefore, it can be concluded that among the three studied investment portfolios, the portfolio from Makowitz's model is the best investment portfolio due to the highest return-to-risk ratio.

CONCLUSION: In order to optimize the current investment portfolio of Civil Servants Pension Fund while maintaining the absolute amount of investment, the share of investment in the "multi-industry", "transportation, warehousing and communication" groups should be reduced and the share of groups such as "sugar", "cement, lime and plaster", "tiles and ceramics", "pharmaceutical" and "investments" should be increased.

*Corresponding Author:
Email: *n_noorolahzade@azad.ac.ir*
Phone: +9821 26321858
ORCID: 0000-0001-5746-0225

DOI: 10.22056/ijir.2024.02.06

This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نشریه علمی پژوهشنامه بیمه دوره ۱۳، شماره ۲، بهار ۱۴۰۳، شماره پیاپی ۴۸، ص ۱۷۳-۱۸۸

نشریه علمی پژوهشنامه بیمه

سایت نشریه: https://ijir.irc.ac.ir/?lang=fa

مقاله علمی

تعیین سبد بهینهٔ سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری با استفاده از الگوهای مارکویتز و ارزش در معرض ریسک

مژگان خانلو ساوجبلاغی، نوروز نوراله‌زاده*، رویا دارابی

گروه حسابداری، دانشکده اقتصاد و حسابداری، واحد تهران جنوب دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله:

تاریخ دریافت: ۲۵ آذر ۱۴۰۲

تاریخ داوری: ۲۰ دی ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۰۸ بهمن ۱۴۰۲

کلمات کلیدی:

ارزش در معرض ریسک

سبد سرمایه‌گذاری

صندوق بازنشستگی

صندوق بازنشستگی کشوری

مارکویتز

مدیریت دارایی - بدهی

***نویسنده مسئول:**

ایمیل: *n_noorolahzade@azad.ac.ir*

تلفن: ۲۶۳۲۱۸۵۸ ۹۸۲۱+

ORCID: 0000-0001-5746-0225

DOI: 10.22056/ijir.2024.02.06

چکیده:

پیشینه و اهداف: طی پنج سال اخیر، نرخ متوسط بازدهی دارایی‌های صندوق بازنشستگی کشوری تنها حدود ۱۵ درصد بوده است و از سوی‌دیگر در دورهٔ یادشده، حدود ۷۵ درصد از منابع مالی لازم برای ایفای تعهدات صندوق یادشده را کمک‌های دولت تأمین کرده است. در این مطالعه در راستای مدیریت دارایی - بدهی صندوق بازنشستگی کشوری، نحوهٔ تعیین سبد بهینهٔ سرمایه‌گذاری صندوق در گروه‌های عمدهٔ بورسی بررسی شده است و راهکارهای پیشنهادی مدیریت دارایی‌ها در قالب اصلاح سهم سرمایه‌گذاری صندوق در گروه‌های مختلف بورسی و با هدف پایداری مالی صندوق ارائه شده است.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر از نظر نوع داده‌ها به شکل کمّی است و از نظر هدف و نتیجه، توصیفی و کاربردی محسوب می‌شود و به‌دلیل به‌کارگیری عملکرد گذشتهٔ سهام موجود در پرتفوی صندوق بازنشستگی کشوری و مطالعهٔ تاریخچهٔ اطلاعات، پژوهشی رویدادی است. داده‌های کمّی پژوهش برای دورهٔ ۷۹ ماهه (۱۵۸۴ روز کاری) از ابتدای فروردین ۱۳۹۶ تا پایان مهر ۱۴۰۲ از بانک اطلاعات مرکز پردازش اطلاعات مالی ایران شرکت مدیریت فنّاوری بورس تهران گردآوری شده و برای انجام محاسبات الگوها، تفکیک دارایی‌های بورسی صندوق به ۱۸ گروه بورسی شامل دارویی، سیمان، آهک و گچ، لاستیک و پلاستیک، قند و شکر، کاشی و سرامیک، استخراج کانه‌های فلزی، فرآورده‌های نفتی، محصولات چرمی، بیمه‌ای، رایانه، کانی غیرفلزی، غذایی به‌جز قند و شکر، فلزات اساسی، نهادهای مالی واسط، سرمایه‌گذاری‌ها، شیمیایی، حمل‌ونقل انبارداری و ارتباطات، چندرشته‌ای صنعتی انجام شده است. جمع‌آوری داده‌ها و مرتب‌سازی داده‌ها در نرم‌افزار مایکروسافت اکسل انجام شده و حل توابع هدف بر مبنای الگوهای مارکویتز و ارزش در معرض ریسک با استفاده از نرم‌افزار متلب انجام گرفته است.

یافته‌ها: در سبد فعلی سرمایه‌گذاری بورسی صندوق بازنشستگی کشوری، بخش عمده (حدود ۹۵ درصد) سبد فقط به سه گروه بورسی «چندرشته‌ای صنعتی»، «حمل‌ونقل انبارداری و ارتباطات» و «شیمیایی» اختصاص دارد و براساس منحنی مرز کارای ترسیم‌شده مبتنی بر داده‌های تاریخی، سبد فعلی صندوق بر روی منحنی یادشده قرار ندارد و لزوم بهینه کردن سبد مزبور مشخص شد. توابع هدف بر مبنای الگوهای مارکویتز و ارزش در معرض ریسک برای یافتن سبد بهینه صندوق حل شد و در سه حالت سبد سرمایه‌گذاری کنونی، سبد بهینهٔ مدل ارزش در معرض ریسک و سبد بهینهٔ مدل مارکویتز، شاخص میانگین بازدهی روزانه سبد سرمایه‌گذاری به‌ترتیب برابر با ۰,۲۳۲، ۰,۲۳۵ و ۰,۲۳۰ درصد، ریسک سبد سرمایه‌گذاری به‌ترتیب ۱,۶۲، ۱,۳۱ و ۱,۲۱ درصد و نسبت بازدهی به ریسک به‌ترتیب برابر با ۰,۱۴۳، ۰,۱۷۹۳ و ۰,۱۹۰۸ حاصل شد. لذا می‌توان نتیجه گرفت در میان سه حالت سبد سرمایه‌گذاری مطالعه‌شده، سبد حاصل از الگوی ماکویتز با توجه به دارا بودن بالاترین نسبت بازدهی به ریسک، بهترین سبد سرمایه‌گذاری است.

نتیجه‌گیری: برای بهینه کردن سبد سرمایه‌گذاری فعلی صندوق بازنشستگی کشوری با حفظ میزان مطلق سرمایه‌گذاری، باید سهم سرمایه‌گذاری در گروه‌های «چندرشته‌ای صنعتی»، «حمل‌ونقل انبارداری و ارتباطات» کاهش یابد و سهم گروه‌هایی چون «قند و شکر»، «سیمان، آهک و گچ»، «کاشی و سرامیک»، «دارویی» و «سرمایه‌گذاری‌ها» افزایش یابد.

توجه: مدت‌زمان بحث و انتقاد برای این مقاله تا ۱ جولای ۲۰۲۴ در وب‌سایت IJIR در «نمایش مقاله» باز است.

مقدمه

صندوق‌های بازنشستگی به‌عنوان صندوق‌های مالی مستقل بین‌نسلی و به‌عنوان نهادهای مهم و تأثیرگذار بر شرایط اقتصادی جوامع، از طریق جمع‌آوری حق‌بیمه‌های بازنشستگی مشمولین و انجام سرمایه‌گذاری این منابع در قالب سبد سرمایه‌گذاری و مدیریت آن، امکان تأمین نیازهای دوران بازنشستگی افراد را فراهم می‌آورند. لذا مسئولیت اصلی این صندوق‌ها حفظ ارزش و مدیریت ذخایر در اختیار خود از طریق سرمایه‌گذاری است تا بتوانند شرایط کافی و لازم برای حفظ پایداری مالی صندوق را فراهم کنند. حفظ پایداری مالی صندوق از مسیر مدیریت دارایی ـ بدهی (Asset-Liability Management) صندوق انجام می‌شود و مدیریت دارایی‌ها در صندوق‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که بتوانند تعهدات جاری و آتی خود را از محل منابع حاصل از سرمایه‌گذاری صحیح خود برآورده سازند. برای دستیابی به این هدف لازم است وضعیت صندوق‌های بازنشستگی به‌طور متناوب رصد شده، اصلاحات لازم در راستای سرمایه‌گذاری صحیح انجام شود. بی‌توجهی به جریان منابع و مصارف جاری و آتی صندوق‌ها، کسب نکردن بازده مناسب برای سرمایه‌های صندوق و ریسک‌های موجود و مرتبط، ارائهٔ خدمات مطلوب به بیمه‌شدگان را ناممکن می‌سازد و احتمال بروز کسری و ورشکستگی را همراه خواهد داشت.

یکی از شاخص‌هایی که می‌توان برای پایداری مالی صندوق‌های بازنشستگی بیان کرد نسبت منابع به مصارف است که هرچه افزایش یابد، صندوق پایداری مالی بیشتری خواهد داشت. این نسبت برای صندوق بازنشستگی کشوری براساس صورت‌های مالی طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ به‌طور متوسط حدود ۴۰ درصد بوده است؛ درحالی‌که نسبت مزبور باید همواره برابر یا اندکی بیشتر از یک (۱۰۰ درصد) باشد تا صندوق با مشکل عدم ایفای تعهدات آتی خود مواجه نشود. در بسیاری از کشورهایی که نهاد تنظیم‌گر صندوق‌های بازنشستگی وجود دارد، صندوق‌ها ملزم‌اند به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی کنند تا این نسبت هیچ‌گاه برای دو سال متوالی کمتر از یک نباشد و این مهم از طریق کنترل منابع و مصارف و همچنین تخصیص منابع به دارایی‌های دارای بازده مطلوب انجام می‌شود (Mehrani and Gerami, 2021).

سرمایه‌گذاری صندوق‌های بازنشستگی از دیرباز نقش بسیار پررنگ و حائز اهمیتی در بازارهای مالی ایفا کرده‌اند و اهمیت و جایگاه این صندوق‌ها در دهه‌های اخیر به‌طور چشمگیری افزایش یافته است؛ مثلاً، در گزارش سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه، براساس داده‌های اولیه در پایان سال ۲۰۲۲، ارزش کل دارایی صندوق‌های بازنشستگی کشورهای عضو سازمان مزبور حدود ۴۸ تریلیون دلار معادل ۸۱ درصد تولید ناخالص داخلی کشورها بوده است (OECD, 2023).

یکی از چالش‌های مهم صندوق‌های بازنشستگی در ایران عدم تکافوی درآمدهای حاصل از سرمایه‌گذاری بابت پوشش تعهدات جاری و نگرانی از وضعیت ناپایدار مالی برای انجام تعهدات آتی است. طی پنج سال اخیر، نرخ متوسط بازدهی دارایی‌های صندوق بازنشستگی کشوری حدود ۱۵ درصد بوده است (Islamic Council Research Center, 2023). لذا بهبود سبد سرمایه‌گذاری در صندوق مزبور از ضرورت‌هایی است که باید بررسی شود.

در این پژوهش مدیریت دارایی ـ بدهی صندوق بازنشستگی کشوری با رویکرد اصلاح و بهبود تدریجی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از الگوهای مارکویتز و ارزش در معرض ریسک مطالعه شده و در نظر است با تکیه بر داده‌های واقعی صندوق، چگونگی تخصیص منابع به انواع مختلف دارایی (گروه‌های بورسی) بررسی شود تا با ارائهٔ راهکارهای اصلاحی، تعادل‌بخشی بین منابع و مصارف بلندمدت صندوق در کمترین زمان ممکن میسر گردد و با ارائهٔ شیوه‌ای نوین، سبد سرمایه‌گذاری بهینه‌یابی شود. تفاوت این پژوهش با موارد قبلی، استفاده و مقایسه الگوهای مارکویتز و ارزش در معرض ریسک برای بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری با استفاده از داده‌های واقعی صندوق است.

در ادامه و پس از ارائهٔ مقدمه، در قسمت دوم مقاله، خلاصه‌ای از مبانی نظری شامل نظام بازنشستگی، سبد سرمایه‌گذاری در صندوق بازنشستگی، الگوی مارکویتز و الگوی ارزش در معرض ریسک بیان شده است. قسمت سوم مقاله، به بررسی پیشینه‌های داخلی و خارجی پژوهش اختصاص دارد. در قسمت چهارم، سؤال پژوهش مطرح شده و در قسمت پنجم روش‌شناسی و مراحل انجام پژوهش بیان می‌شود. در قسمت ششم معرفی داده‌ها و تجزیه‌وتحلیل یافته‌های مبتنی بر دو مدل بهینه‌یابی یادشده و مقایسهٔ آن با وضعیت کنونی سبد سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری انجام می‌شود. در قسمت هفتم نیز جمع‌بندی و نتیجه‌گیری کلی پژوهش ارائه می‌شود.

مبانی نظری پژوهش

نظام بازنشستگی

هدف اصلی از استقرار نظام تأمین اجتماعی و نیز نظام بازنشستگی در جامعه برقراری عدالت اجتماعی است و به‌واسطهٔ آن کاهش فقر و تأمین نیازها، جبران خسارات، توزیع مجدد درآمد میان گروه‌های جمعیتی و جایگزینی و حفظ درآمد افراد جامعه برآورده می‌شود. صندوق‌های بازنشستگی در نظام تأمین اجتماعی نهادهای مالی هستند که از حق‌بیمه و وجوه پرداختی توسط کارفرما و کارکنان یک سازمان، تأمین مالی شده و علی‌القاعده وظیفه دارند از طریق سرمایه‌گذاری‌های سودآور، زمینهٔ پرداخت مستمری بازنشستگی کارکنان سازمان را بعد از پایان مدت قانونی فعالیت آنها فراهم آورند تا از این طریق ناامنی اقتصادی و عدم اطمینان از درآمد بازنشستگان را کاهش دهند (Adabi Firouzjaee, 2018).

ازآنجاکه صندوق‌های بازنشستگی نهادهای مستقل بین‌نسلی هستند و معمولاً نیاز به ارزیابی تعادل مالی بلندمدت خود به‌صورت دوره‌ای دارند، لذا به همان اندازه که نهاد اجتماعی هستند، نهاد اقتصادی نیز محسوب می‌شوند. امروز دولت‌ها و صاحب‌نظران

اجتماعی در جهان به این نتیجه رسیده‌اند که توسعهٔ پایدار سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی هر کشوری با سطح و کیفیت تأمین اجتماعی در آن کشور رابطهٔ مستقیم و جدایی‌ناپذیر دارد؛ لذا تقویت این نظام و توجه به پایداری مالی نظام‌های بازنشستگی کشورها و رفع موانع و چالش‌های پیش رو اهمیت روزافزونی پیدا کرده است و موضوع تحقیقات و پژوهش‌های جدید قرار گرفته است. نظام بازنشستگی در ایران قدمتی صد ساله دارد و از چهار صندوق بزرگ و ۱۴ صندوق کوچک و صنفی تشکیل شده است. سازمان تأمین اجتماعی بزرگ‌ترین صندوق بازنشستگی و صندوق بازنشستگی کشوری دومین صندوق بزرگ بازنشستگی کشور است.

سبد سرمایه‌گذاری در صندوق‌های بازنشستگی

تدوین راهبرد سرمایه‌گذاری به‌گونه‌ای که امکان پوشش بدهی‌ها را در دوره‌های مختلف زمانی فراهم کند، مسئلهٔ اصلی در مدیریت دارایی ـبدهی است (Ziemba, 2003). فاصلهٔ زمانی میان دریافت حق‌بیمه و پرداخت مستمری، منابع چشمگیری در اختیار صندوق‌های بازنشستگی قرار می‌دهد که باید با سرمایه‌گذاری مناسب، ضمن تلاش در حفظ ارزش منابع در اختیار، اطمینان کافی از قابلیت انجام تعهدات آتی صندوق فراهم شود. لذا سرمایه‌گذاری عنصر مهمی برای بقای صندوق بازنشستگی محسوب می‌شود. بنابراین ارزیابی و مدیریت هم‌زمان ریسک دارایی‌ها و بدهی‌ها و انتخاب و نحوهٔ سرمایه‌گذاری دارایی‌ها در بازارهای مالی مختلف، از اهمیت زیادی برخوردار است.

مدیریت دارایی - بدهی طی فرایندی مستمر شامل تدوین، به‌کارگیری، نظارت و اصلاح راهبردهای مربوط به دارایی‌ها و بدهی‌ها، برای رسیدن به اهداف مالی سازمان، با در نظر گرفتن انحراف ریسک و محدودیت‌های دیگر سازمان انجام می‌شود. دستیابی به اهداف مالی سازمان مستلزم برنامه‌ریزی یکپارچه و جامع‌نگر است، به‌گونه‌ای که بین دارایی‌ها و بدهی‌ها و به‌طور اخص اهداف و منافع ذی‌نفعان مختلف، تعادل و توازن برقرار شود (Izadbakhsh *et al.*, 2017).

نظریه‌های مختلف برای بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری

نظریه‌پردازی‌های پیرامون «مدیریت سبد سرمایه‌گذاری» دارای سه رویکرد کلی (سنتی، مدرن و پسامدرن) و نُه نظریهٔ مهم است. رویکرد سنتی شامل سه نظریهٔ مهم داو جونز، گام تصادفی و طرح‌های فرمول (الگوریتم) است؛ رویکرد مدرن مشتمل بر پنج نظریهٔ اصلی میانگین - واریانس هری مارکویتز، قیمت‌گذاری آربیتراژ، مدیریت پورتفوی شارپ و مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای و ارزش در معرض ریسک است که نظریهٔ ارزش در معرض ریسک به دو روش (پارامتریک) و (ناپارامتریک) محاسبه می‌شود. روش پارامتریک به روش واریانس - کوواریانس و برخی روش‌های تحلیلی خلاصه می‌شود. روش ناپارامتریک نیز شامل شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی مونت‌کارلو است؛ رویکرد پسامدرن دارای نظریهٔ ریسک نزولی (نامتقارن) به نام رام و فرگوسن است.

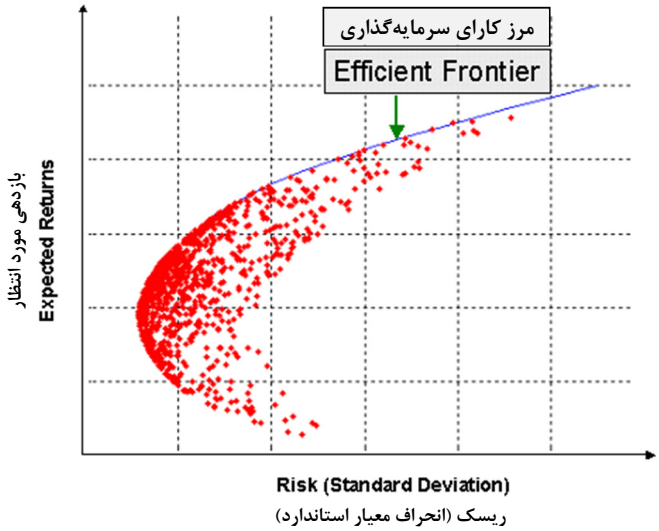
نظریه‌های رویکرد سنتی بر افزایش درآمد و ارزش سبد سرمایه‌گذاری تمرکز دارند و همچنین، انتظارات درآمدی و نقدینگی، امنیت سرمایه‌گذاری و چارچوب زمانی تحقق اهداف مزبور را در نظر می‌گیرند، اما هدف رویکرد مدرن و پسامدرن به حداکثر رساندن بازدهی و کمینه کردن ریسک سرمایه‌گذاری است و سرمایه‌گذاران را به بهینه‌یابی پرتفوی خود برای بازده مورد انتظار در یک سطح معین از ریسک تشویق می‌کنند.

به‌طور کلی به حداکثر رساندن بازدهی و به حداقل رساندن ریسک دو فرایند اصلی برای انتخاب سبد بهینه است. در میان روش‌های مختلف بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری با معیار به حداکثر رساندن بازدهی، می‌توان به روش‌های خودرگرسیون (AR) خطی و غیرخطی، روش میانگین متحرک خودرگرسیون (ARMA)، روش‌های مدل خود رگرسیون برونزا (ARX) و میانگین متحرک خودرگرسیون برونزا (ARMAX) (که ترکیب‌های سری زمانی هستند) و شبکه‌های عصبی (که توابعی مختلف برای پیش‌بینی سری زمانی استفاده می‌کند و پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته کاملاً به‌صورت غیرخطی است)، اشاره کرد. در میان روش‌های به حداقل رساندن ریسک می‌توان از روش‌های مارکویتز که بر مبنای تنوع‌بخشی در سبد سرمایه‌گذاری به‌منظور کاهش ریسک است و روش حداقل‌سازی ارزش در معرض ریسک نام برد (Markowitz, 1952; Rom and Ferguson, 1993 & 2001; Alizadeh, 2001; Asadi, 2023).

با توجه به اینکه هدف این پژوهش، رسیدن به سبد بهینهٔ سرمایه‌گذاری در سهام با رویکرد کاهش ریسک است، دو روش مارکویتز و ارزش در معرض ریسک مد نظر قرار گرفته‌اند و ریسک و بازدهی سبد با توجه به استفاده از این دو روش، با ارزش و ریسک کنونی سبد مقایسه شده‌اند.

الگوی مارکویتز در بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری

مارکویتز مفهوم تنوع‌بخشی در سبد سهام را معرفی کرد و توسعه داد. او نشان داد که چگونه تنوع‌بخشی در سبد سهام، ریسک سرمایه‌گذاری را کم می‌کند. دلیل ریسکی بودن دارایی‌های مزبور، تصادفی بودن نرخ بازدهی کل در بازه‌های روزانه، هفتگی یا ماهانه و سالانه است. در الگوی مارکویتز نوسان‌های بازدهی دارایی‌ها نشان‌دهندهٔ ریسک است که با واریانس بازدهی آنها محاسبه می‌شود. در این الگو، سبد بهینهٔ سهام به‌ازای یک بازهٔ زمانی مشخص و از طریق حداقل‌سازی ریسک سبد سهام به‌دست می‌آید. تعیین سبدهای بهینه سهام به‌ازای ریسک‌ها و بازدهی‌های متفاوت، مرز سبدهای کارا و به بیان دیگر مرز کارای میانگین - واریانس ایجاد می‌کند (شکل ۱). منحنی مرز کارای سرمایه‌گذاری با واقعیت مالی اصل ریسک - پاداش مطابقت دارد. این منحنی کل فرصت‌های سرمایه‌گذاری را برای سرمایه‌گذاران نشان می‌دهد که نشان‌دهندهٔ همهٔ ترکیبات قابل دستیابی از بازده ریسک است که از طریق سبدهای دارایی ترکیب‌شده از دارایی‌های مخاطره‌آمیز است. البته این منحنی تنها ترکیب بهینهٔ سبد سرمایه‌گذاری را نشان می‌دهد که با ریسک‌گریزی



شکل ۱: مرز کارای سرمایه‌گذاری در الگوی مارکویتز
Figure 1: Investment efficiency frontier in the Markowitz model (Brandimarte, 2018)

متفاوت است (Brandimarte, 2018). نقاط زیر منحنی مرز کارا نقاط نابهینه‌ای هستند که به‌ازای ریسک مشخصی، به بازدهی بالاتری نیز می‌توان دست یافت و یا به‌ازای بازدهی مشخص سبد دارایی‌ها، ریسک پایین‌تری نیز در دسترس است.

در الگوی مارکویتز، بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری با انتخاب بهترین ترکیب دارایی‌ها به‌نحوی است که باعث شود تا حد ممکن بازده سرمایه‌گذاری به حداکثر و ریسک سبد دارایی به حداقل برسد. ایدهٔ اساسی نظریهٔ سبد سرمایه‌گذاری این است که اگر در دارایی‌هایی که به‌طور کامل با هم همبستگی ندارند سرمایه‌گذاری شود، ریسک دارایی‌های موجود در آن سبد دارایی همدیگر را خنثی می‌کند. بنابراین می‌توان بازدهی ثابت را با ریسک کمتر به دست آورد (Markowitz, 1952).

الگوی ارزش در معرض ریسک در بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری

الگوی ارزش در معرض ریسک به‌عنوان روش ارزیابی ریسک نخستین بار در سال ۱۹۶۳ ارائه شد (Alexander and Baptista, 2002). این روش از اوایل دههٔ ۱۹۹۰ به‌عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری ریسک، کاربرد گسترده‌ای پیدا کرد. در این روش، حداکثر زیان احتمالی سبد دارایی در دورهٔ زمانی مشخص با شکل عددی بیان می‌شود. ارزش در معرض ریسک را می‌توان معیاری در نظر گرفت که حداکثر زیان مورد انتظار یک دارایی یا یک سبد دارایی را در دورهٔ زمانی مشخص و برای سطح اطمینان معین نشان می‌دهد (Kormas, 1998). بنابراین ارزش در معرض ریسک، حداکثر زیان احتمالی سبد دارایی‌ها را در دورهٔ زمانی مشخص برآورد می‌کند. به بیان دیگر با این معیار مقداری از ارزش دارایی‌ها که انتظار می‌رود ظرف مدت‌زمان مشخص و با میزان احتمال معینی از دست برود، برآورد می‌شود. روش‌های مختلفی برای محاسبهٔ ارزش در معرض ریسک وجود دارد که عبارت‌اند از روش پارامتریک واریانس ـکوواریانس، شبیه‌سازی تاریخی و شبیه‌سازی مونت‌کارلو. روش پارامتریک بر خلاف دو روش آخر که مبتنی بر اطلاعات تاریخی هستند مبتنی بر فرمول کمّی بهینه‌یابی پارامتریک واریانس ـکوواریانس است. روش ارزش در معرض ریسک برای انتخاب سبد بهینهٔ سرمایه‌گذاری، از روشی مشابه الگوی مارکویتز استفاده می‌کند، با این تفاوت که سرمایه‌گذار به‌دنبال حداقل‌سازی ارزش در معرض ریسک و بازده بیشتر است (Campbell *et al.*, 2008).

مروری بر پیشینهٔ پژوهش

مطالعات انجام‌شده در جهان

Wisista and Noveria (2023) از نظریهٔ سبد سرمایه‌گذاری پست‌مدرن برای بهینه کردن سبد سرمایه‌گذاری فعلی صندوق بازنشستگی کشور اندونزی منطبق بر مقررات بالادستی و سیاست‌های سرمایه‌گذاری صندوق استفاده کردند. یافته‌ها نشان داد که سبد فعلی از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ بازده حدود ۵٫۲۷ درصد با ریسک نزولی ۵٫۰ درصد داشته است و از طریق بهینه‌یابی و جایگزینی ترکیب سهام فعلی با سهام بهینه‌شده، سبد سرمایه‌گذاری ممکن است بازدهی حدود ۶٫۸۰ درصدی با ریسک نزولی ۳٫۵۹ درصدی داشته باشد. در ادامهٔ بهینه‌یابی، خروج منابع از سپرده‌های بانکی، اوراق قرضهٔ شرکتی و صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک و تمرکز بر ابزارهای بازار سهام پیشنهاد شد که این اقدام بازدهی ۸٫۸۰ درصدی را با ریسک نزولی ۱٫۷۰ درصدی خواهد داشت.

Risyad and Sumirat (2022) بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری مربوط به شرکت مدیریت صندوق‌های بازنشستگی کشور اندونزی

در سال ۲۰۲۱ را با استفاده از الگوی سبد سرمایه‌گذاری مارکویتز و تجزیه‌وتحلیل داده‌های تاریخی قیمت سهام پنج سال گذشته و بهره‌گیری از نسبت شارپ برای اندازه‌گیری عملکرد انجام دادند. نتایج نشان داد که الگوی مارکویتز می‌تواند عملکرد سبد سرمایه‌گذاری را بهبود بخشد (از ۲,۳۹ درصد به ۲۱,۶۷ درصد) افزایش می‌یابد.

Jang *et al.* (2021) با استفاده از روش برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای، راهبرد بهینه‌ای برای سرمایه‌گذاری با در نظر گرفتن تعهدات آتی صندوق بازنشستگی و سرمایه‌گذاری در دارایی‌های فیزیکی (مانند املاک و مستغلات و پروژه‌های زیرساختی) پیشنهاد کرده‌اند.

Mukalazi *et al.* (2021) با استفاده از روش برنامه‌ریزی تصادفی مدلی برای مدیریت دارایی - بدهی طرح بازنشستگی مصوب مجلس کشور اوگاندا با هدف تعیین سیاست‌گذاری بهینه برای سرمایه‌گذاری منابع تدوین کردند.

Li *et al.* (2020) با استفاده از مدل میانگین - واریانس (Mean-variance) چنددوره‌ای، مسئلهٔ مدیریت سبد سرمایه‌گذاری بدهی - دارایی با محدودیت‌های احتمالی را ارزیابی کردند. در مدل پیشنهادی آنها روند ثروت نه‌تنها تحت تأثیر بازده دارایی‌ها و بدهی‌ها، بلکه جریان‌های نقدی کنترل‌نشده نیز قرار می‌گیرد. با به‌کارگیری فرمول‌سازی میانگین، آنها عبارت فرم بسته‌ای را برای حصول راهبرد سرمایه‌گذاری کارآمد و حدود کارایی واریانس - میانگین مربوط به آن به دست آوردند.

Xu and Gao (2020) با در نظر گرفتن فاصله بین انجام سرمایه‌گذاری و اثرگذاری آن، به حل مسئلهٔ کنترل بهینهٔ سبد سرمایه‌گذاری صندوق‌های بازنشستگی پرداختند. آنها فرض کردند که دو دارایی شامل اوراق قرضهٔ نقدی بدون ریسک و یک سهام ریسکی با فرایند جهش - انتشار (jump-diffusion) برای سرمایه‌گذاری در دسترس است. فرایند توانگری صندوق بازنشستگی با استفاده از معادلهٔ دیفرانسیل افتراقی تصادفی (stochastic delay differential equation) مدل‌سازی شد. با به‌کارگیری رویکرد برنامه‌ریزی پویای تصادفی و روش تطبیق، مسئلهٔ مدیریت بهینهٔ سبد سرمایه‌گذاری حل و راه‌حل حاصل شد.

Mudzimbabwe (2019) رویکردی را برای توسعهٔ راهبرد سرمایه‌گذاری بهینه در صندوق بازنشستگی مشارکت معین (Defined Contribution) با هدف حداکثرسازی سود مورد انتظار ثروت نهایی در بازاری که سهام آن یک روند جهش - انتشار دارد، توسعه دادند. آنها با استفاده از نظریهٔ کنترل تصادفی، یک معادلهٔ همیلتون - ژاکوبی - بلمن (Hamilton-Jacobi-Bellman) استخراج کردند. آنها راهبرد بهینه را به‌عنوان حل یک معادلهٔ دیفرانسیل تعریف کردند که با استفاده از یک روش عددی ساده قابل حل است. آنها دریافتند که ریسک‌های تورم، نرخ بهره و درآمد تأثیر مهمی بر ارزش سبد سرمایه‌گذاری در دارایی‌های ریسکی دارند. همچنین افزایش درآمد به افزایش ریسک سبد سرمایه‌گذاری منجر می‌شود.

Asamoah Owusu *et al.* (2016) مطالعه‌ای برای بررسی کاربرد الگوی مارکویتز در بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی ملی در کشور غنا انجام دادند. نتایج نشان داد که اگر هدف صندوق بازنشستگی به حداقل رساندن ریسک مورد انتظار سبد سرمایه‌گذاری با بازده معین ۲۰,۱ درصد باشد، باید ترکیبی شامل ۵۳,۶۵ درصد وام دانشجویی، ۱۹,۵۶ درصد سرمایه‌گذاری‌های کوتاه‌مدت، ۱۹,۵۵ درصد املاک، ۵,۸۷ درصد دارایی‌های با نقدشوندگی بالا و ۱,۳۷ درصد سرمایه‌گذاری با سررسید بلندمدت داشته باشد. ازسوی‌دیگر، اگر صندوق بخواهد بازده مورد انتظار را در سطح ریسک معین ۳,۶ درصد به حداکثر برساند، در این صورت ۲۸,۸۵ درصد از کل سبد سرمایه‌گذاری باید به اسناد خزانهٔ یک‌ساله، ۲۶,۷۶ درصد به وام‌های دانشجویی، ۲۴,۱۹ درصد به سرمایه‌گذاری‌های کوتاه‌مدت، ۱۰,۳ درصد به املاک، ۹,۲۲ درصد به دارایی‌های با نقدشوندگی بالا و ۰,۹۶ درصد به وام‌ها و دریافتنی‌های تخصیص یابد.

Bogentoft *et al.* (2001) مدیریت دارایی - بدهی را برای صندوق بازنشستگی هلند با استفاده از محدودیت‌های ارزش در معرض ریسک شرطی (Conditional value-at-risk) مطالعه کرد.

مطالعات انجام‌شده در ایران

Abdi *et al.* (2023) مدل ترکیبی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با مدل مارکویتز را ارائه دادند تا بتواند در بازه‌های زمانی متفاوت سبد سرمایه‌گذاری بهینه‌ای ایجاد کند و سود سهامداران را به حداکثر برساند. مدل پیشنهادی در سه مرحله اجرا شد. در مرحلهٔ اول با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی طی بازهٔ زمانی ابتدای خرداد ۱۳۹۵ تا ابتدای خرداد ۱۴۰۰، از میان صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران ده صنعت برتر انتخاب شد. در مرحلهٔ دوم با استفاده از روش راه‌حل سازشی ترکیبی از بین صنایع منتخب، سه سبد سهام با بازه زمانی یک‌ماهه، شش‌ماهه و یک‌ساله، انتخاب و در مرحلهٔ سوم براساس مدل مارکویتز مرز کارای سرمایه‌گذاری برای هریک از سبدها رسم شد. نتایج پژوهش نشان داد، مدل ترکیبی ارائه‌شده بازدهی بیشتری با توجه به ریسک در بازه‌های زمانی مختلف، نصیب سرمایه‌گذاران خواهد کرد.

Tabibi *et al.* (2022) دو مدل سبد سهام براساس ارزش در معرض ریسک چندافقی طراحی کردند که اولی ناپارامتریک و براساس شبیه‌سازی تاریخی و دومی به‌صورت پارامتریک و براساس توزیع مخلوط نرمال_لاپلاس چندگانه در جهت برازش مناسب داده‌هاست. نتیجه مطالعهٔ تجربی مدل‌های طراحی‌شده بر روی یک سبد سهام با هشت شاخص از بورس اوراق بهادار تهران در بازهٔ ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ نشان داد که رویکرد پارامتریک در داده‌های آزمون و در معیار متوسط بازده و نسبت شارپ، نسبت به رویکرد ناپارامتریک یا همان شبیه‌سازی تاریخی عملکرد بهتری دارد. همچنین خطای نسبی بین ارزش در معرض ریسک چندافقی پیش‌بینی‌شده توسط سبد سهام و مقدار مشاهده‌شدهٔ آن در داده‌های تست در رویکرد پارامتریک کمتر است.

Ramezanian *et al.* (2022) به بررسی و تعیین سبد بهینهٔ سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی تأمین اجتماعی در گروه‌های عمدهٔ صنایع بورسی پرداختند. نتایج بررسی وضعیت موجود سرمایه‌گذاری‌های صندوق تأمین اجتماعی نشان داد که نه گروه صنایع، ۹۳ درصد سرمایه‌گذاری‌های بورسی این صندوق را تشکیل می‌دهند. نتایج برآورد مدل تحقیق نشان داد که سبد ناشی از مدل مارکویتز بهتر از سبد ناشی از مدل ارزش در معرض ریسک و سبد واقعی برای سرمایه‌گذاری در صندوق بازنشستگی تأمین اجتماعی است. علاوه‌براین، براساس سبد بهینه مارکویتز، نشان دادند با حفظ میزان مطلق سرمایه‌گذاری‌های بورسی، این صندوق می‌بایست سهم سرمایه‌گذاری در «مواد و محصولات دارویی»، «سرمایه‌گذاری‌ها» و «فلزات اساسی» را به‌ترتیب به میزان ۷، ۲ و ۱ درصد افزایش و سهم سرمایه‌گذاری در «شرکت‌های چندرشته‌ای»، «محصولات شیمیایی»، «سیمان، گچ و آهک» و «فرآورده‌های نفتی» را به‌ترتیب به میزان ۳، ۳، ۲ و ۲ درصد کاهش دهد.

Jahanian *et al.* (2022) پژوهشی برای بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از مدل مارکویتز تعدیل‌شده مبتنی بر مدل‌سازی CO-GARCH در قیاس با بازار انجام دادند. جامعهٔ آماری پژوهش شامل اطلاعات شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران برای دورهٔ زمانی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ بوده و نمونهٔ آماری با استفاده از روش حذف نظام‌مند انتخاب شد. ابتدا مدل بهینهٔ سرمایه‌گذاری براساس مدل مارکویتز مبتنی بر مدل CO-GARCH ارائه شد و سپس با بازار مقایسه شد. نتایج نشان داد کارایی سبد بهینه با استفاده از مدل مارکویتز تعدیل‌شده مبتنی بر نوسانات CO-GARCH در مقایسه با کارایی بازار دارای تفاوت معناداری است.

Mehrani and Gerami (2021) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای مقید به ارزش در معرض ریسک نسبت بهینه تخصیص منابع سازمان تأمین اجتماعی بین انواع مختلف دارایی را به‌دست آورده‌اند، به‌طوری که با بهینه‌سازی ریسک و بازده، سایر قیود مستتر در فعالیت صندوق‌های بازنشستگی نیز لحاظ شده باشد.

Ahmadi *et al.* (2020) در پژوهش خود از رویکرد ارزش در معرض ریسک به‌عنوان معیار اندازه گیری ریسک در تشکیل سبد بهینهٔ سهام استفاده کردند و با انتخاب نمونهٔ آماری متشکل از هفت شرکت فعال در بورس اورق بهادار تهران، ابتدا ماتریس واریانس - کواریانس با روش میانگین متحرک موزون نمایی استخراج و سپس مدل مارکویتز با هدف کاهش ریسک سبد در مقابل سطح بازدهی انتظاری محاسبه کردند و مرز کارای سبد را به‌دست آوردند. سپس محدودیت ارزش در معرض ریسک را به نمودار مرز کارا اضافه کردند و در ادامه با تحلیل حساسیت ارزش در معرض ریسک به‌ازای مقادیر مختلف از سطح اطمینان و حداکثر ریسک مورد پذیرش سرمایه‌گذار نشان دادند با رویکرد ارزش در معرض ریسک در تشکیل سبد بهینه سهام، ممکن است مرز کارای مدل مارکویتز تغییر نکند، یا محدود شود، یا به یک نقطه تبدیل شود و یا حتی از بین برود.

Bayati and MohammadPourzarandi (2020) با رویکرد استفاده از معیار ارزش در معرض ریسک، روش واریانس - کواریانس، همراه با روش میانگین متحرک موزون‌نمایی مدل ارزیابی ریسک و تعیین سبد بهینهٔ ارزی بانک‌ها را طراحی کردند. نتایج تحقیق نشان داد حداکثر سهم دلار و درهم در سبد ارزی بانک ملت به‌ترتیب برابر با ۳۳ و ۶۷ درصد است. بر این اساس درصورتی‌که سهم ارزهای یادشده در سبد ارزی بیش از ارقام حاصل باشد، حداکثر زیان مورد انتظار روی سبد ارزی در طول افق زمانی و در سطح اطمینان مورد نظر افزایش می‌یابد. همچنین سایر ارزها پر خطر بوده، لذا بانک ملت برای نگهداری آنها، بیشتر باید براساس نیازهای مبادلاتی خود برنامه‌ریزی کند.

Bayat and Asadi (2017) مقایسه‌ای بین الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز برای انتخاب سبد سهام انجام دادند. در این پژوهش از میان شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران تعداد ۶۵ شرکت برای دورهٔ زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ انتخاب شد. نتایج تحقیق نشان داد که بازده الگوی مارکویتز بیشتر از الگوریتم پرندگان و به‌عکس انحراف معیار (ریسک) الگوریتم پرندگان پایین‌تر و سطح اطمینان آن بیشتر از مدل مارکویتز است.

Izadbakhsh *et al.* (2017) مدل شبیه‌ساز بر مبنای پویایی سیستم‌ها در سازمان تأمین اجتماعی ایران به مرحلهٔ اجرا درآوردند. هدف این شبیه‌ساز تحلیل منابع و مصارف بود و توانستند نقطهٔ شکست را با این شبیه‌ساز به‌دست آورند. در این شبیه‌ساز امکان بررسی راهکارهای مختلف پارامتری، محیطی و سیستمی وجود دارد. عسگریان و همکاران (۱۳۹۲) بخشی از ضرورت انجام این مطالعه را تشریح کرده‌اند. همچنین حسینی و همکاران (۱۳۹۲) بخشی از عوامل مؤثر در رفتار منابع و مصارف سازمان تأمین اجتماعی مربوط به این مطالعه را در قالب حلقه‌های علّی به تصویر کشیده‌اند.

Fartookzadeh *et al.* (2013) به بررسی بحران فزونی مصارف بر منابع صندوق بازنشستگی در ابعاد کلان و راهبردی به کمک روش پویایی‌شناسی سیستم پرداختند. در این تحقیق ابتدا عوامل تأثیرگذار بر وضعیت صندوق بازنشستگی مشخص شد و براساس عوامل شناخته‌شده مدل شبیه‌سازی با هدف پیش‌بینی رفتار صندوق بازنشستگی در افق زمانی ۲۰ سال آینده ساخته شد. سپس با آزمودن راهکارهای مختلف در محیط شبیه‌سازی، سیاست‌های پیشنهادی برای برون‌رفت از وضعیت فعلی (فزونی مصارف بر منابع) ارائه شد.

پرسش پژوهش

آیا می‌توان ترکیب فعلی سبد سرمایه‌گذاری بورسی صندوق بازنشستگی کشوری را با استفاده از الگوهای مارکویتز و ارزش در معرض ریسک و در نظر گرفتن رویکرد نسبت بازدهی به ریسک بهینه کرد؟

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر نوع داده‌ها به شکل کمّی است و از نظر هدف و نتیجه، توصیفی و کاربردی محسوب می‌شود. این پژوهش

به‌دلیل به‌کارگیری عملکرد گذشته سهام موجود در پرتفوی صندوق بازنشستگی کشوری و مطالعهٔ تاریخچهٔ اطلاعات، پژوهشی رویدادی است. جمع‌آوری داده‌ها و مرتب‌سازی داده‌ها در نرم‌افزار مایکروسافت اکسل انجام شده و بهینه‌یابی در دو الگوی مارکویتز و ارزش در معرض ریسک با استفاده از نرم‌افزار متلب انجام می‌شود. در پایان از نرم‌افزار مایکروسافت اکسل برای تجزیه‌وتحلیل نتایج استفاده می‌شود.

داده‌های کمّی پژوهش که شامل اطلاعات شرکت‌ها و گروه‌های بورسی موجود در سبد دارایی صندوق بازنشستگی می‌شود از بانک اطلاعات مرکز پردازش اطلاعات مالی ایران شرکت مدیریت فنّاوری بورس تهران برداشت شده است. برای انجام محاسبات الگوها تفکیک دارایی‌های بورسی صندوق به ۱۸ گروه بورسی شامل دارویی، سیمان، آهک و گچ، لاستیک و پلاستیک، قند و شکر، کاشی و سرامیک، استخراج کانه‌های فلزی، فرآورده‌های نفتی، محصولات چرمی، بیمه‌ای، رایانه، کانی غیرفلزی، غذایی به‌جز قند و شکر، فلزات اساسی، نهادهای مالی واسط، سرمایه‌گذاری‌ها، شیمیایی، حمل‌ونقل انبارداری و ارتباطات، چندرشته‌ای صنعتی طی دورهٔ ۷۹ ماهه (۱۵۸۴ روز کاری) از ابتدای فروردین ۱۳۹۶ تا پایان مهر ۱۴۰۲ انجام می‌شود.

تابع هدف و محدودیت‌های الگوی مارکویتز

در الگوی مارکویتز بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری با انتخاب بهترین ترکیب دارایی‌ها به‌نحوی است که باعث شود تا حد ممکن بازدهی سرمایه‌گذاری حداکثر و ریسک سبد دارایی حداقل شود. ایدهٔ اساسی نظریهٔ سبد دارایی این است که اگر در دارایی‌هایی که به‌طور کامل با هم همبستگی ندارند سرمایه‌گذاری شود، ریسک دارایی‌های موجود در آن سبد دارایی همدیگر را خنثی می‌کند. بنابراین می‌توان بازدهی ثابت را با ریسک کمتر به‌دست آورد (Markowitz, 1952). اگرچه مدل مارکویتز دارای معایبی همچون پیچیدگی زیاد در حل الگوی غیرخطی، مشکل منطقی افزایش ریسک ناشی از رشد کمّی اعداد و ارقام، استفاده از واریانس به‌عنوان معیار ریسک و نادیده گرفتن سایر معیارها و نگاه یکسان واریانس به تغییرات منفی و مثبت است، اما بااین‌حال با توجه به اینکه الگوی مارکویتز نخستین الگویی بود که مفهوم متنوع‌سازی سبد سرمایه‌گذاری را به‌طور عام و سبد سهام را به‌طور خاص به‌منظور مدیریت سبد و کاهش ریسک مورد توجه قرار داد، اهمیت ویژه‌ای در ادبیات بهینه‌یابی سبد سرمایه‌گذاری دارد (Shahalizadeh, 2001).

میانگین موزون بازده دارایی‌های موجود در سبد سرمایه‌گذار نشان‌دهندهٔ بازدهی کل سبد است:

$$R_p = \sum_{i=1}^{n} w_i R_i$$

که در آن، R_p نرخ بازده کل سبد دارایی‌ها، R_i نرخ بازده دارایی iام، w_i وزن دارایی iام در سبد دارایی‌ها و n تعداد دارایی موجود در سبد دارایی‌هاست. ریسک سبد مورد نظر عبارت است از:

$$S_p^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \rho_{ij} \delta_i \delta_j = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j Cov(i.j)$$

در این رابطه، S_p^2 واریانس سبد دارایی‌ها، δ_i و δ_j به‌ترتیب انحراف معیار دارایی‌های i و j، ρ_{ij} ضریب همبستگی میان دارایی‌های i و j، w_i و w_j به‌ترتیب وزن دارایی‌ها i و j در سبد دارایی‌ها و n تعداد دارایی‌های موجود در سبد دارایی‌هاست.

تابع هدف و محدودیت‌ها برای بهینه‌یابی سبد دارایی‌ها در الگوی مارکویتز با استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی زیر انجام می‌شود:

$$Min\ Z = S_p^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j Cov(i.j)$$

$$subject\ to:$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \bar{R}_i = \bar{R}_p$$

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

$$w_i \geq 0$$

تابع هدف و محدودیت‌های الگوی ارزش در معرض ریسک

الگوی ارزش در معرض ریسک حداکثر زیان احتمالی سبد دارایی را در یک دورهٔ زمانی مشخص با شکل عددی بیان می‌کند. الگوی ارزش در معرض ریسک مبلغی از سبد دارایی را که انتظار می‌رود ظرف مدت مشخص و با میزان احتمال معینی (سطح احتمال $(1-\alpha)$درصد) از دست برود، مشخص می‌کند. روش ارزش در معرض ریسک برای انتخاب سبد بهینه دارایی، از روشی مشابه الگوی مارکویتز استفاده می‌کند، با این تفاوت که سرمایه‌گذار به‌دنبال حداقل‌سازی ارزش در معرض ریسک و بازده بیشتر است (Campbell *et al.*, 2008). ارزش در معرض ریسک، حداکثر زیان احتمالی سبد دارایی‌ها را در یک دورهٔ زمانی مشخص برآورد می‌کند؛ به بیان دیگر مقداری از ارزش دارایی‌ها که انتظار می‌رود ظرف یک مدت‌زمان مشخص و با میزان احتمال معینی از دست برود با این معیار برآورد می‌شود. بر این اساس چنانچه $\Delta_h P_t = P_{t+h} - P_t$ باشد، میزان تغییرات در h دوره با توزیع نرمال باشد و $\Delta_h P_t \sim N(\mu_t . \sigma_t^2)$ و μ_t میانگین و σ_t^2 واریانس توزیع تغییرات قیمتی در دورهٔ مزبور باشد، آنگاه صددرصد ارزش در معرض ریسک در h دوره برابر با $VaR_{\alpha.h}$ است. احتمال اینکه کاهش ارزش سبد دارایی در دورهٔ آتی (h روزه) بیش از ارزش در معرض ریسک باشد حداکثر برابر است با α:

$$\Pr\{P_t - P_{t+h} \geq VaR_{\alpha.h}\} \leq \alpha$$

$$\Pr\left\{\frac{\Delta_h P_t - \mu_t}{\sigma_t} \leq \frac{-VaR_{\alpha.h} - \mu_t}{\sigma_t}\right\} \leq \alpha$$

$$Z_\alpha = \frac{VaR_{\alpha.h} - \mu_t}{\sigma_t}$$

$$VaR_{\alpha.h} = Z_\alpha \sigma\sqrt{T} + \mu_t$$

که در آن $\sigma\sqrt{T}$ انحراف معیار T روز کاری است. چنانچه درخصوص سبد دارایی سهام فرض کنیم $\mu_t = 0$، ارزش کل در معرض ریسک سبد سهام با فرض ارزش M در زمان t عبارت است از:

$$VaR_i = M_i Z_\alpha \sigma_i \sqrt{T}$$

و با توجه به انحراف معیار جامعهٔ دومتغیره x و y با وزن‌های w_x و w_y در سبد دارایی‌ها و انحراف معیارهای σ_x و σ_y می‌توان نوشت:

$$\sigma_p^2 = w_x^2\sigma_x^2 + w_y^2\sigma_y^2 + 2w_x w_y \rho_{xy}\, \sigma_x\sigma_y$$

این معادله برای n متغیر عبارت است از:

$$VaR_p = MZ_\alpha \sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_i^2\sigma_i^2 + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \rho_{ij}\, \sigma_i\sigma_j}$$

$$VaR_p = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_i^2\sigma_i^2 (MZ_\alpha)^2 + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \rho_{ij}\, \sigma_i\sigma_j (MZ_\alpha)^2}$$

زمانی که ضرب ماتریسی $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_i w_j \rho_{ij}\, \sigma_i\sigma_j$ به صفر میل کند، خواهیم داشت:

$$VaR_p = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_i^2 VaR^2{}_i}$$

با فرض بازده کل سبد دارایی $R^* = \sum_{i=1}^{n} w_i \bar{R}_i$ در وضعیت کنونی سبد دارایی، برای تعیین سبد دارایی بهینه یا وزن‌های بهینه برای هریک از دارایی‌های موجود در سبد دارایی مسئلهٔ حداقل‌سازی ارزش در معرض ریسک از طریق تابع هدف زیر حل می‌شود:

$$\text{Min } VaR_p = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_i^2 VaR^2{}_i}$$

subject to :

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \bar{R}_i \geq R^*$$

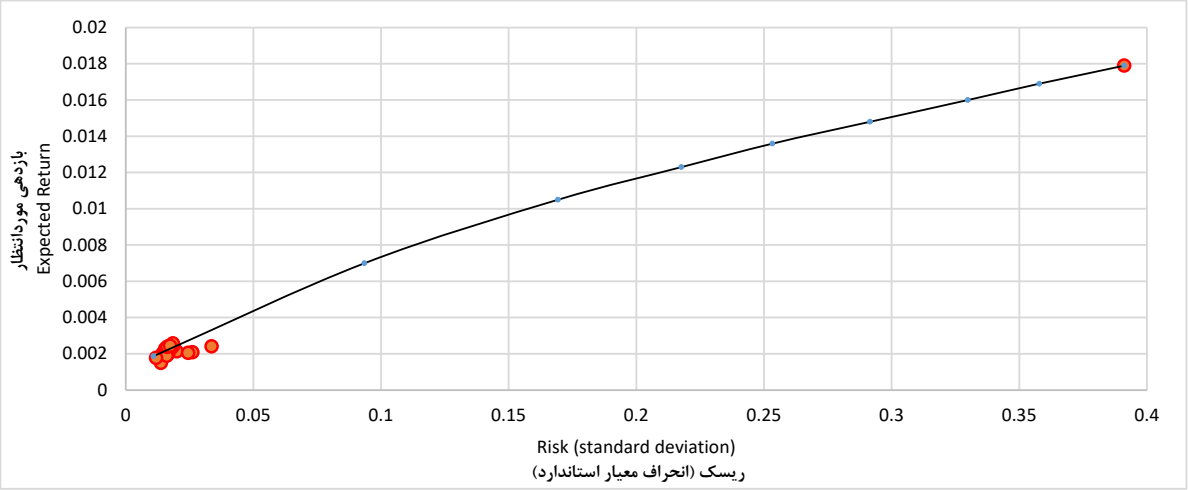
$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

$$w_i \geq 0$$

جدول ۱: توصیف آماری بازدهی سهام گروه‌های بورسی طی دورهٔ زمانی مورد مطالعه (۳۸۵۱ روز)

Table 1: Statistical description of stock returns of stock groups during the studied time period (1583 days)

تعداد مشاهدات (number of observations)	انحراف معیار بازدهی (standard deviation of return)	میانگین بازدهی (average return)	گروه بورسی (stock group)
1583	0.0145	0.00203	دارویی (medicinal)
1583	0.0155	0.00228	سیمان، آهک و گچ (gypsum lime cement)
1583	0.02	0.00213	لاستیک و پلاستیک (rubber and plastic)
1583	0.0166	0.0024	قند و شکر (sugar)
1583	0.0182	0.00236	کاشی و سرامیک (ceramic and tile)
1583	0.0187	0.00247	استخراج کانه‌های فلزی (mining of metal ores)
1583	0.3911	0.0179	فرآورده‌های نفتی (oil products)
1583	0.0261	0.00208	محصولات چرمی (leather products)
1583	0.0167	0.002	بیمه‌ای (insurance)
1583	0.0138	0.0015	رایانه (computer)
1583	0.0162	0.00227	کانی غیرفلزی (non metallic mineral)
1583	0.0161	0.00189	غذایی به‌جز قند و شکر (food except sugar)
1583	0.0185	0.00258	فلزات اساسی (basic metals)
1583	0.0337	0.00241	نهادهای مالی واسط (Intermediary financial institutions)
1583	0.0119	0.00177	سرمایه‌گذاری‌ها (investments)
1583	0.0163	0.00238	شیمیایی (chemicals)
1583	0.0245	0.00205	حمل‌ونقل انبارداری و ارتباطات (transportation, storage and communication)
1583	0.0174	0.00245	چندرشته‌ای صنعتی (industrial multidisciplinary)



نمودار ۱: ترسیم مرز کارای سرمایه‌گذاری براساس داده‌های تاریخی بازدهی گروه‌های بورسی و نمایش وضعیت فعلی سبد سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری
Chart 1: Investment efficiency frontier based on the historical data of stock group returns and the current state of the investment portfolio of the Civil Servants Pension Fund

جدول ۲: ارزش در معرض ریسک سهام گروه‌های بورسی در افق زمانی مورد مطالعه (با فاصلهٔ اطمینان ۵۹ درصد)
Table 2: Value at risk of shares of stock exchange groups in the studied time horizon (with 95% confidence interval)

نام گروه (group name)	ارزش شاخص گروه (group index value)	قیمت سهام (ریال) (stock price (Rial))	Z_α $(\alpha = 0.05)$	انحراف معیار بازدهی (standard deviation of return)	ارزش در معرض ریسک در پایان افق زمان (value at risk at end of time horizon)
دارویی (medicinal)	192,877	24,000	1.645	0.0145	3,141
سیمان، آهک و گچ (gypsum lime cement)	21,517	4,984	1.645	0.0155	696
لاستیک و پلاستیک (rubber and plastic)	415,402	15,940	1.645	0.02	2,871
قند و شکر (sugar)	192,948	10,510	1.645	0.0166	1,572
کاشی و سرامیک (ceramic and tile)	65,353	6,280	1.645	0.0182	1,031
استخراج کانه‌های فلزی (mining of metal ores)	523,773	59,050	1.645	0.0187	9,971
فرآورده‌های نفتی (oil products)	9,749,490	55,500	1.645	0.3911	10,914
محصولات چرمی (leather products)	27,400	180,710	1.645	0.0261	42,532
بیمه‌ای (insurance)	98,409	98,409	1.645	0.0167	14,818
رایانه (computer)	82,048	4,571	1.645	0.0138	570
کانی غیرفلزی (non metallic mineral)	65,928	13,050	1.645	0.0162	1,902
غذایی به‌جز قند و شکر (food except sugar)	57,615	5,990	1.645	0.0161	867
فلزات اساسی (basic metals)	1,524,410	6,310	1.645	0.0185	1,053
نهادهای مالی واسط (Intermediary financial institutions)	643	5,740	1.645	0.0337	1,741
سرمایه‌گذاری‌ها (investments)	26,691	3,441	1.645	0.0119	370
شیمیایی (chemicals)	163,112	73,264	1.645	0.0163	10,755
حمل‌ونقل انبارداری و ارتباطات (transportation, storage and communication)	61,346	11,330	1.645	0.0245	2,499
چندرشته‌ای صنعتی (industrial multidisciplinary)	271,271	15,470	1.645	0.0174	2,424

نتایج و بحث

بررسی داده‌های تاریخی مربوط به بازدهی گروه‌های مختلف بورسی

همان‌طور که در قسمت قبلی آمد، در این مطالعه از تغییرات شاخص ۱۸ گروه در بورس اوراق بهادار تهران طی دورهٔ ۷۹ ماهه (۱۵۸۴ روز کاری) از ابتدای فروردین ۱۳۹۶ تا پایان مهر ۱۴۰۲ استفاده شده است؛ ۱۸ گروه یادشده براساس صورت مالی صندوق بازنشستگی کشوری و وضعیت فعلی سبد دارایی‌های آن انتخاب شده است. آمار و اطلاعات شاخص‌های روزانه گروه‌های بورسی مزبور از بانک اطلاعات مرکز پردازش اطلاعات مالی ایران شرکت مدیریت فنّاوری بورس تهران برداشت شده است. به‌منظور محاسبهٔ ارزش در معرض ریسک و تعیین سبد بهینه سهام، بازده روزانهٔ شاخص‌های مزبور R_t از رابطه $R_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}}$، با استفاده از نرم‌افزار مایکروسافت اکسل محاسبه می‌شود که در آن P_t شاخص قیمت گروه بورسی در زمان t را نشان می‌دهد. پس از محاسبهٔ بازدهی شاخص‌ها دورهٔ زمانی به ۱۵۸۳ روز کاهش می‌یابد. توصیف آماری سری زمانی بازدهی شاخص گروه‌های بورسی برای بازهٔ زمانی مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است.

محاسبهٔ مرز کارای سرمایه‌گذاری براساس داده‌های تاریخی و محاسبهٔ سبد بهینهٔ سرمایه‌گذاری براساس الگوی مارکویتز

همان‌طور که اشاره شد منحنی مرز کارا که مارکویتز معرفی کرد، این قابلیت را دارد که ترکیب‌های بهینهٔ سرمایه‌گذاری در سبد دارایی‌ها را مشخص کند، به‌نحوی که به‌ازای یک ریسک مشخص، بالاترین بازدهی و یا به‌ازای یک بازدهی معین، پایین‌ترین ریسک را ارائه می‌دهد. مارکویتز این کار را با به‌کارگیری ریسک، بازده و ضریب همبستگی بین دارایی‌ها مختلف انجام می‌دهد. مرز کارای مدل مارکویتز برای داده‌های ۱۸ گروه بورسی در نمودار ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودار مشخص است سرمایه‌گذاری کنونی صندوق بازنشستگی کشوری در گروه‌های بورسی روی منحنی مرز کارای سرمایه‌گذاری قرار ندارد و این ترکیب وزنی می‌تواند بهینه شود؛ مهم این است که تصمیمات سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشور مبتنی بر بهینه‌یابی سرمایه‌گذاری و با استفاده از مرز کارای سرمایه‌گذاری انجام شود. پس از حل مدل مارکویتز براساس تابع هدف مذکور در قسمت قبل و ماتریس مندرج در پیوست ۱، وزن‌های بهینه سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری در هریک از گروه‌های بورسی مشخص می‌شود که در جدول ۴ نشان داده شده است.

محاسبهٔ سبد بهینهٔ سرمایه‌گذاری براساس الگوی ارزش در معرض ریسک

براساس محاسبات انجام‌شده، شاخص گروه‌های بورسی فرآورده‌های نفتی، فلزات اساسی و استخراج کانه‌های فلزی به‌ترتیب بالاترین میانگین بازدهی را در طی بازهٔ زمانی مورد مطالعه داشته‌اند. در جدول ۲ محاسبات مربوط به ارزش در معرض ریسک هریک از گروه‌های بورسی آمده است. افق زمانی مورد مطالعه روزانه در نظر گرفته شده و $T = 30$ است. شایان ذکر است با توجه به اینکه ریسک نگهداری سهام ذیل گروه‌های بورسی مختلف متوجه سهام خاصی است که صندوق بازنشستگی در سبد خود نگهداری می‌کند، از قیمت سهم در گروه بورسی مزبور در محاسبهٔ ارزش در معرض ریسک استفاده می‌شود. در واقع قیمت هریک از شرکت‌های بورسی هر گروه در محاسبهٔ شاخص گروه مزبور مؤثر است. بنابراین تغییرات شاخص گروه‌های بورسی در واقع شاخصی از برایند تغییرات قیمت شرکت‌های بورسی آن گروه است.

محاسبهٔ ارزش در معرض ریسک سهام نشان می‌دهد که گروه‌های بورسی محصولات چرمی، بیمه‌ای و فرآورده‌های نفتی بیشترین ارزش در معرض ریسک و گروه‌های سرمایه‌گذاری، رایانه و سیمان و گچ و آهک کمترین ارزش در معرض ریسک را دارند. در جدول ۳ بازده کل سبد دارایی $R^* = \sum_{i=1}^{n} w_i \bar{R}_i$ با استفاده از اطلاعات تاریخی شاخص گروه‌های بورسی محاسبه شده است.

برای محاسبهٔ ارزش در معرض ریسک بهینه با استفاده از رابطه‌های مذکور در قسمت قبل، ابتدا باید ماتریس همبستگی بین بازدهی گروه‌های بورسی موجود در سبد دارایی صندوق بازنشستگی را محاسبه کرد. نتایج محاسبات ماتریس همبستگی در پیوست ۲ ارائه شده است. با توجه به اینکه حاصل ضرب ماتریسی $w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$ ناچیز و نزدیک به صفر است، ارزش در معرض ریسک جامعه برابر است با:

$$VaR_p = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_i^2 VaR^2{}_i} = \sqrt{w_1^2 VaR_1^2 + w_2^2 VaR_2^2 + \ldots + w_{18}^2 VaR^2{}_{18}}$$

در این مسئله بهینه‌یابی با استفاده از داده‌های ارزش در معرض ریسک هر یک از گروه‌های بورسی، میانگین بازدهی گروه‌های بورسی مذکور و بازدهی کل سبد دارایی اولیه، وزن‌های بهینه مجهول به‌دست می‌آیند. بعد از حل مسئلهٔ بهینه‌یابی به روش برنامه‌ریزی غیرخطی در نرم‌افزار متلب نتایج جدول ۴ برای وزن‌های بهینه به‌دست می‌آید. بر این اساس، ارزش در معرض ریسک سبد دارایی بهینه معادل ۳۹۳٫۶۳ ریال است. این نتیجه نشان می‌دهد که با احتمال ۹۵ درصد، نگهداری سبد دارایی متشکل از سهام شرکت‌های بورسی با وزن‌های مندرج در جدول ۴ در یک افق زمانی یک‌ماهه بیش از ۳۹۳٫۶۳ ریال زیان به همراه نخواهد داشت. ازطرف‌دیگر حل مسئلهٔ بهینه‌یابی مدل مارکویتز برای سبد دارایی صندوق بازنشستگی نیز که با نرم‌افزار متلب محاسبه شده، در جدول ۴ آمده است. داده‌های مزبور مقایسهٔ بازدهی و ریسک سرمایه‌گذاری در حالت وزن‌های بهینه دو روش بهینه‌سازی مارکویتز و ارزش در معرض ریسک را با وزن‌دهی کنونی برای سبد دارایی‌ها امکان‌پذیر می‌کند.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد میانگین بازدهی روزانهٔ سبد سرمایه‌گذاری در سبد سرمایه‌گذاری کنونی، سبد بهینهٔ مدل ارزش در معرض ریسک و سبد بهینهٔ مارکویتز به‌ترتیب برابر با ۰٫۲۳۲،

جدول ۳: بازده کل سبد دارایی سهام صندوق بازنشستگی کشوری
Table 3: Return of the total asset portfolio of the national pension fund

نام گروه	میانگین بازدهی شاخص (average return of index) $\bar{R}_i$	وزن کنونی گروه بورسی (current weight of stock group) w_i	$w_i\bar{R}_i$
دارویی (medicinal)	0.00203	9.80E-09	1.99E-11
سیمان، آهک و گچ (gypsum lime cement)	0.00228	1.30E-08	2.99E-11
لاستیک و پلاستیک (rubber and plastic)	0.00213	4.60E-08	9.81E-11
قند و شکر (sugar)	0.00240	5.50E-08	1.32E-10
کاشی و سرامیک (ceramic and tile)	0.00236	6.20E-08	1.46E-10
استخراج کانه‌های فلزی (mining of metal ores)	0.00247	8.60E-08	2.13E-10
فرآورده‌های نفتی (oil products)	0.01790	1.70E-07	3.06E-09
محصولات چرمی (leather products)	0.00208	2.70E-07	5.54E-10
بیمه‌ای (insurance)	0.00200	7.30E-06	1.45E-08
رایانه (computer)	0.00150	2.60E-04	3.83E-07
کانی غیرفلزی (non metallic mineral)	0.00227	0.001	2.61E-06
غذایی به‌جز قند و شکر (food except sugar)	0.00189	0.002	4.20E-06
فلزات اساسی (basic metals)	0.00258	0.004	9.94E-06
نهادهای مالی واسط (Intermediary financial institutions)	0.00241	0.012	0.000028
سرمایه‌گذاری‌ها (investments)	0.00177	0.033	0.000058
شیمیایی (chemicals)	0.00238	0.077	0.000182
حمل‌ونقل انبارداری و ارتباطات (transportation, storage and communication)	0.00205	0.238	0.000488
چندرشته‌ای صنعتی (industrial multidisciplinary)	0.00245	0.633	0.001549
بازدهی کل سبد دارایی‌ها (return of the total portfolio of assets) R^*			0.002320

۰,۲۳۵ و ۰,۲۳۰ درصد است و مقدار ریسک سبد سرمایه‌گذاری نیز به‌ترتیب ۱,۶۲، ۱,۳۱ و ۱,۲۱ درصد است. د صورتی‌که صرفاً معیار بازدهی بالاتر مد نظر باشد، سبد بهینهٔ الگوی ارزش در معرض ریسک انتخاب می‌شود و درصورتی‌که صرفاً ریسک پایین‌تر در نظر باشد، سبد بهینهٔ الگوی مارکویتز انتخاب می‌شود. برای مقایسهٔ بهتر و لحاظ کردن هر دو معیار مزبور، نسبت بازدهی به ریسک در نظر گرفته می‌شود؛ بر این اساس نسبت یادشده در سبد سرمایه‌گذاری کنونی، سبد بهینهٔ مدل ارزش در معرض ریسک و سبد بهینهٔ مدل مارکویتز به‌ترتیب برابر با ۰,۱۴۳، ۰,۱۷۹۳ و ۰,۱۹۰۸ است و در مجموع با توجه به اینکه نسبت بازدهی به ریسک در سبد بهینهٔ مدل مارکویتز بالاتر است، پیشنهاد می‌شود صندوق بازنشستگی کشوری وزن سرمایه‌گذاری در گروه‌های مختلف بورسی را براساس الگوی مارکویتز تنظیم کند.

جمع‌بندی

صندوق‌های بازنشستگی به‌عنوان نهادهای مالی بین‌نسلی وظیفه دارند از طریق گردآوری پس‌اندازهای خرد بیمه‌شدگان تحت عنوان حق‌بیمهٔ بازنشستگی و سرمایه‌گذاری آن در قالب سبد دارایی و مدیریت آن، امکان تأمین مالی افراد بازنشسته را در دوران کهولت سن و ازکارافتادگی فراهم آورند. لذا سرمایه‌گذاری صحیح و مناسب رمز حیات و بقای صندوق‌های بازنشستگی است و لازمهٔ آن اتخاذ سیاست‌های سرمایه‌گذاری مناسب و انتخاب سبد بهینهٔ سرمایه‌گذاری است. در این مطالعه به بررسی راهکارهای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری در گروه‌های بورسی مختلف پرداخته شد. برای این منظور، داده‌های مورد نیاز شامل اطلاعات شرکت‌ها و گروه‌های بورسی موجود در سبد سرمایه‌گذاری صندوق از صورت‌های مالی و داده‌های تاریخی بازدهی از بانک اطلاعات مرکز پردازش اطلاعات مالی ایران شرکت مدیریت فنّاوری بورس تهران گردآوری شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و حل توابع هدف براساس الگوهای مارکویتز و ارزش در معرض ریسک و با استفاده از نرم‌افزارهای مایکروسافت اکسل و متلب انجام گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد بخش عمدهٔ (حدود ۹۵ درصد) سبد فعلی سرمایه‌گذاری صندوق فقط به سه گروه بورسی «چندرشته‌ای صنعتی»، «حمل‌ونقل انبارداری و ارتباطات» و «شیمیایی» اختصاص دارد و براساس منحنی مرز کارای ترسیم‌شده مبتنی بر داده‌های تاریخی، سبد فعلی صندوق بر روی منحنی یادشده قرار ندارد و لزوم بهینه‌سازی سبد مزبور مشخص شد. بعد از حل توابع هدف بر مبنای الگوهای مارکویتز و ارزش در معرض ریسک، میانگین بازدهی روزانه سبد

جدول ۴: مقایسهٔ وضعیت کنونی و وزن‌های بهینهٔ سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری در گروه‌های بورسی با الگوهای مارکویتز و ارزش در معرض ریسک
Table 4: Comparison of the current portfolio and the optimal weights of stock groups in the Fund portfolio with Markowitz and value at risk models

نام گروه	وضعیت کنونی صندوق (current portfolio)	وزن بهینهٔ مدل ارزش در معرض ریسک (optimal weight from value-at-risk model)	وزن بهینهٔ مدل مارکویتز (optimal weight from Markowitz model)
دارویی (medicinal)	9.80E-09	0.0078	0.0716
سیمان، آهک و گچ (gypsum lime cement)	1.30E-08	0.2970	0.0837
لاستیک و پلاستیک (rubber and plastic)	4.60E-08	0.0127	0.0176
قند و شکر (sugar)	5.50E-08	0.0716	0.1358
کاشی و سرامیک (ceramic and tile)	6.20E-08	0.1550	0.0772
استخراج کانه‌های فلزی (mining of metal ores)	8.60E-08	0.0020	0.0650
فرآورده‌های نفتی (oil products)	1.70E-07	0.0018	0.0045
محصولات چرمی (leather products)	2.70E-07	0.0001	0.0542
بیمه‌ای (insurance)	7.30E-06	0.0003	0.0283
رایانه (computer)	2.60E-04	0.0000	0.0315
کانی غیرفلزی (non metallic mineral)	0.0010	0.0389	0.0605
غذایی به‌جز قند و شکر (food except sugar)	0.0020	0.0507	0.0202
فلزات اساسی (basic metals)	0.0040	0.2023	0.0723
نهادهای مالی واسط (Intermediary financial institutions)	0.0120	0.0594	0.0200
سرمایه‌گذاری‌ها (investments)	0.0330	0.0537	0.1028
شیمیایی (chemicals)	0.0770	0.0015	0.0824
حمل‌ونقل انبارداری و ارتباطات (transportation, storage and communication)	0.2380	0.0133	0.0100
چندرشته‌ای صنعتی (industrial multidisciplinary)	0.6330	0.0321	0.0622
میانگین بازدهی روزانه سبد سرمایه‌گذاری (the average daily return of the investment portfolio)	0.0023	0.0024	0.0023
ریسک سبد سرمایه‌گذاری (investment portfolio risk)	0.0162	0.0131	0.0121
نسبت بازدهی به ریسک (return to risk ratio)	0.1430	0.1793	0.1908

سرمایه‌گذاری در سه حالت سبد سرمایه‌گذاری کنونی، سبد بهینهٔ مدل ارزش در معرض ریسک و سبد بهینهٔ مدل مارکویتز مقایسه شد که ارقام آن به‌ترتیب برابر با ۰,۲۳۲، ۰,۲۳۵ و ۰,۲۳۰ درصد بود. همچنین برای در نظر گرفتن ریسک سبد سرمایه‌گذاری، مقدار ریسک سبد سرمایه‌گذاری و نسبت بازدهی به ریسک برای حالت‌های یادشده نیز مقایسه شد که مقدار ریسک سبد سرمایه‌گذاری به‌ترتیب ۱,۶۲، ۱,۳۱ و ۱,۲۱ درصد بود و نسبت بازدهی به ریسک به‌ترتیب برابر با ۰,۱۴۳، ۰,۱۷۹۳ و ۰,۱۹۰۸ بود. لذا می‌توان نتیجه گرفت در میان سه حالت سبد سرمایه‌گذاری مطالعه‌شده، سبد حاصل از الگوی ماکویتز با توجه به دارا بودن بالاترین نسبت بازدهی به ریسک، بهترین سبد سرمایه‌گذاری است. بر این اساس، برای بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری فعلی صندوق بازنشستگی کشوری با حفظ میزان مطلق سرمایه‌گذاری، باید سهم سرمایه‌گذاری در گروه‌های «چندرشته‌ای صنعتی»، «حمل‌ونقل انبارداری و ارتباطات» کاهش یابد و سهم گروه‌هایی نظیر «قند و شکر»، «سیمان، آهک و گچ»، «کاشی و سرامیک»، «دارویی» و «سرمایه‌گذاری‌ها» افزایش یابد.

در تحقیقی که Ramezanian *et al.* (2022) انجام دادند نیز مشخص شد سبد بهینهٔ حاصل از الگوی مارکویتز بهتر از سبد بهینهٔ حاصل از الگوی ارزش در معرض ریسک است و برای بهینه کردن صندوق مورد مطالعه در تحقیق یادشده، جابه‌جایی وزن بین گروه‌های بورسی پیشنهاد شد.

با توجه به نتایج حاصل از پژوهش و مقایسهٔ آن با نتایج تحقیقات مشابه، می‌توان برای پرسش پژوهش، پاسخ مثبت داد و بیان کرد که امکان بهینه کردن سبد سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری

با استفاده از الگوهای مارکویتز و ارزش در معرض ریسک و با رویکرد نسبت بازدهی به ریسک وجود دارد؛ به‌نحوی که الگوی مارکویتز نسبت به الگوی ارزش در معرض ریسک نتایج بهتری نشان می‌دهد و قادر است میزان سرمایه‌گذاری در هریک از گروه‌های بورسی را طی بازه‌های زمانی مختلف برای تصمیم‌گیری مسئولان صندوق ارائه دهد.

مشارکت نویسندگان

این پژوهش مستخرج از رسالهٔ دکتری مژگان خانلو ساوجبلاغی است و بررسی مفاهیم و ادبیات موضوعی مرتبط با پژوهش، مطالعه و تلخیص پیشینهٔ پژوهش، بررسی و مطالعهٔ داده‌ها و تدوین مدل، کنترل صحت مدل و بحث و نتیجه‌گیری را وی انجام داده است. دکتر نوروز نورالهزاده در مقام استاد راهنما و دکتر رویا دارابی در مقام استاد مشاور در تمام مراحل انجام پژوهش، نظارت و راهبری داشتند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت صندوق بازنشستگی کشوری بابت در اختیار گذاشتن داده‌های مورد نیاز صورت گرفته است. نویسندگان این مقاله از این مؤسسه کمال تشکر را دارند.

تعارض منافع

نویسنده(گان) اعلام می‌دارند که در خصوص انتشار این مقاله تضاد منافع وجود ندارد. علاوه‌براین، موضوعات اخلاقی شامل سرقت ادبی، رضایت آگاهانه، سوءرفتار، جعل داده‌ها، انتشار و ارسال مجدد و مکرر ازسوی نویسندگان رعایت شده است.

دسترسی آزاد

کپی‌رایت نویسنده(ها) ©2024: این مقاله تحت مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 اجازهٔ استفاده، اشتراک‌گذاری، اقتباس، توزیع و تکثیر را در هر رسانه یا قالبی مشروط بر درج نحوهٔ دقیق دسترسی به مجوز CC، منوط به ذکر تغییرات احتمالی در مقاله می‌داند. لذا به استناد مجوز یادشده، درج هرگونه تغییرات در تصاویر، منابع و ارجاعات یا سایر مطالب از اشخاص ثالث در این مقاله باید در این مجوز گنجانده شود، مگر اینکه در راستای اعتبار مقاله به اشکال دیگری مشخص شده باشد. در صورت درج نکردن مطالب یادشده و یا استفاده‌ای فراتر از مجوز فوق، نویسنده ملزم به دریافت مجوز حق نسخه‌برداری از شخص ثالث است.

به‌منظور مشاهدهٔ مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 به نای زیر مراجعه شود:

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

یادداشت ناشر

ناشر نشریهٔ پژوهشنامه بیمه با توجه به مرزهای حقوقی در نقشه‌های منتشرشده بی‌طرف باقی می‌ماند.

منابع

Abdi, N.; Moradzadeh Fard, M.; Ahmadzadeh, H.; Khoddam, M., (2023). Hybrid portfolio optimization using analytic hierarchy process (AHP), combined compromise solution (CoCoSo) and Markowitz model (case study of Tehran Stock Exchange). J. Investment. Knowl., 12(48): 539-558 **(20 Pages)**. [In Persian]

Adabi Firouzjaee, B., (2018). Challenges and solutions of pension funds: A case study of military pension fund. Def. Econ., 2(6): 11-30 **(20 Pages)**. [In Persian]

Ahmadi, S.; lotfi, H.; Rajabi, V., (2020). Determine the optimal portfolio weights var-stock approach and compare it with the Markowitz model. Financ. Eng. Portfolio. Manage., 11(45): 571-586 **(16 Pages)**. [In Persian]

Alexander, G.J.; Baptista, A.M., (2002). Economic implications of using a mean-VaR model for portfolio selection: A comparison with mean-variance analysis. J. Econ. Dyn. Control., 26(7-8): 1159-1193 **(35 Pages)**.

Shahalizadeh, M., (2001). Portfolio management (investment portfolio). Industrial Research and Training Center of Iran., [In Persian]

Asadi, D., (2023). Portfolio theories (traditional, modern and postmodern). Omid Afarinan Fartak., [In Persian]

Asamoah Owusu, D.; Appiah, S.K.; Omari-Sasu, A.Y.; Owusu, G.S., (2016). Pension fund asset allocation under the markowitz model: A case of the national pension scheme in Ghana. Appl. Math., 6(4): 86-91 **(6 Pages)**.

Bayat, A.; Asadi, L., (2017). Stock portfolio optimization: Effectiveness of particle swarm optimization and Markowitz model. Financ. Eng. Portfolio. Manage., 8(32): 63-85 **(23 Pages)**. [In Persian]

Bayati, G.; MohammadPourzarandi, M.E., (2020). Designing a risk assessment model and determining an optimal currency portfolio for banks by value-at-risk (VaR) criterion and exponentially weighted moving average (EWMA). Financ. Eng. Portfolio. Manage., 11(44): 44-73 **(30 Pages)**. [In Persian]

Bogentoft, E.; Edwin Romeijn, H.; Uryasev, S., (2001). Asset liability management for pension funds using CVaR constraints. J. Risk. Finance., 3(1): 57-71 **(15 Pages)**.

Brandimarte, P., (2018). An introduction to financial markets: A quantitative approach. John Wiley & Sons.

Campbell, J.; Hilscher, Y.; Szilagyi, J., (2008). In search of distress risk. J. Finance., 63(6): 2899-2939 **(41 Pages)**.

Fartookzadeh, H.; Rajabi Nohooji, M.; Bairamzadeh, S., (2013). High consuming crisis in proportion to resources. J. Strategic. Manage. Stud., 4(15): 131-156 **(26 Pages)**. [In Persian]

Izadbakhsh, H.; Soleymanzadeh, A.; Davari Ardakani, H.; Zarinbal, M., (2017). A systematic approach for asset liability management of pension funds in a fuzzy environment. J. Econ. Model. Res., 8(29): 201-239 **(39 Pages)**. [In Persian]

Jahanian, F.; Paytakhti Oskooe, S.A.; Mohammadi, A.; Mottaghi, A.A., (2022). Portfolio optimization using modified Markowitz model based on CO-GARCH modeling compared to the market. Stable. Econ. J., 3(2): 69-82 **(14 Pages)**. [In Persian]

Jang, C.; Clare, A.; Owadally, I., (2021). Liability-driven investment for pension funds: Stochastic optimization with real

assets. SSRN.
Kormas, G., (1998). Daily and intradaily stochastic covariance: Value at risk estimates for the foreign exchange market. A thesis in the faculty of commerce and administration. Concordia. Univ.
Li, X.; Wu, X.; Yao, H., (2020). Multi-period asset-liability management with cash flows and probability constraints: A mean-field formulation approach. J. Oper. Res. Soc., 71(10): 1563-1580 **(18 Pages)**.
Markowitz, H., (1952). Portfolio selection. J. Finance., 7(1): 77-91 **(15 Pages)**.
Mehrani, K.; Gerami, A., (2021). Multi-stage stochastic programming asset/liability management model with VaR constraint at the social security organization. Financ. Res. J., 23(1): 64-86 **(23 Pages)**. [In Persian]
Mudzimbabwe, W., (2019). A simple numerical solution for an optimal investment strategy for a DC pension plan in a jump diffusion model. J. Comput. Appl. Math., 360: 55-61 **(7 Pages)**.
Mukalazi, H.; Larsson, T.; Kasozi, J.; Mayambala, F., (2021). Asset liability management for the parliamentary pension scheme of Uganda by stochastic programming. Afrika. Statistika., 16(2): 2689-2716 **(28 Pages)**.
OECD, (2023). Pension markets in focus preliminary 2022 data - June 2023. Organisation for economic co-operation and development.
Islamic Council Research Center, (2023). Supporting report of the Seventh development plan bill. Planning and budget organization., [In Persian]
Ramezanian, R.S.; Ahmadishadmehri, M.; Razmi, M.J.; Mahdavi Adeli, M.H., (2022). The determination of the optimal portfolio of pension funds in Iran. Monetary. Financ. Econ., 28(22): 1-32 **(32 Pages)**. [In Persian]
Risyad, B.; Sumirat, E., (2022). Stock portfolio optimization in pension fund company (case study: PT XYZ). Am. Int. J. Bus. Manage. (AIJBM)., 5(8): 41-45 **(5 Pages)**.
Rom, B.M.; Ferguson, K.W., (1993). Post-Modern portfolio theory comes of age. J. Investing., 3(3): 349-364 **(16 Pages)**.
Rom, B.M.; Ferguson, K.W., (2001). Chapter 5 - A software developer's view: Using post-modern portfolio theory to improve investment performance measurement. Managing downside risk in financial markets. Butterworth-Heinemann.
Tabibi, M.A.; Davodi, S.M.; Attabadi, A.M.A.B., (2022). Choosing the optimal stock portfolio with parametric and non-parametric value-at-risk approach. Financ. Eng. Secur. Manage., 13(53): 16-33 **(18 Pages)**. [In Persian]
Wisista, R.T.; Noveria, A., (2023). Optimizing pension fund investment portfolio using post-modern portfolio theory (PMPT) study case: An Indonesian institution. Eur. J. Bus. Manage. Res., 8(5): 55-61 **(7 Pages)**.
Xu, W.; Gao, J., (2020). An optimal portfolio problem of DC pension with input-delay and jump-diffusion process. Math. Probl. Eng., 1-9 **(9 Pages)**.
Ziemba, W.T., (2003). The stochastic programming approach to asset, liability, and wealth management. AIMR.

معرفی نویسندگان — AUTHOR(S) BIOSKETCHES

مژگان خانلو ساوجبلاغی، دانشجوی دکتری رشتهٔ مالی گرایش بیمه، گروه حسابداری، دانشکده اقتصاد و حسابداری، واحد تهران جنوب دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

- Email: *khanlou1352@gmail.com*
- ORCID: 0009-0004-9612-5138
- Homepage: https://stb.iau.ir/valiasr/fa#tab2

نوروز نورالهزاده، دکترای حسابداری، عضو هیئت علمی (استادیار)، گروه حسابداری، دانشکده اقتصاد و حسابداری، واحد تهران جنوب دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

- Email: *n_noorolahzade@azad.ac.ir*
- ORCID: 0000-0001-5746-0225
- Homepage: https://stb.iau.ir/faculty/n-nourollah/fa

رویا دارابی، دکترای حسابداری، عضو هیئت علمی (دانشیار)، گروه حسابداری، دانشکده اقتصاد و حسابداری، واحد تهران جنوب دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

- Email: *r_darabi@azad.ac.ir*
- ORCID: 0000-0003-1385-1034
- Homepage: https://stb.iau.ir/faculty/r-darabi/fa

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Khanlou Savejbolaghi, M.; Nooralahzade, N.; Darabi, R., (2024). Determining the optimal investment portfolio in civil servants pension fund using Markowitz and value at risk models. Iran. J. Insur. Res., 13(2): 173-188.

DOI: 10.22056/ijir.2024.02.06

URL: https://ijir.irc.ac.ir/article_160318.html

پیوست ۱: ماتریس کوواریانس بازدهی روزانه سهام در ۸۱ گروه بورسی

	دارویی	سیمان	لاستیک	قند و شکر	کاشی	استخراج کانه فلزی	نفتی	چرمی	بیمه‌ای	رایانه	کانی غیرفلزی	غذایی به‌جز قند و شکر	فلزات اساسی	نهادهای مالی واسط	سرمایه‌گذاری‌ها	شیمیایی	حمل‌ونقل	چند رشته‌ای صنعتی
دارویی	0.00021	0.00015	0.00017	0.00013	0.00014	0.00012	0.00017	0.00008	0.00016	0.00012	0.00015	0.00016	0.00012	0.00015	0.00011	0.00012	0.00018	0.00012
سیمان	0.00015	0.00024	0.00019	0.00013	0.00017	0.00013	0.00001	0.00010	0.00016	0.00012	0.00016	0.00017	0.00014	0.00016	0.00011	0.00013	0.00019	0.00014
لاستیک	0.00017	0.00019	0.00040	0.00017	0.00019	0.00015	-0.00032	0.00012	0.00020	0.00014	0.00020	0.00021	0.00015	0.00019	0.00014	0.00014	0.00023	0.00015
قند و شکر	0.00013	0.00013	0.00017	0.00028	0.00015	0.00009	-0.00020	0.00007	0.00014	0.00010	0.00015	0.00015	0.00010	0.00012	0.00010	0.00009	0.00017	0.00011
کاشی	0.00014	0.00017	0.00019	0.00015	0.00033	0.00011	-0.00020	0.00008	0.00015	0.00011	0.00018	0.00017	0.00012	0.00016	0.00010	0.00011	0.00017	0.00011
استخراج کانه فلزی	0.00012	0.00013	0.00015	0.00009	0.00011	0.00035	0.00015	0.00006	0.00014	0.00011	0.00013	0.00013	0.00027	0.00016	0.00013	0.00023	0.00016	0.00024
نفتی	0.00017	0.00001	-0.00032	-0.00020	-0.00020	0.00015	0.15296	0.00045	0.00008	0.00003	-0.00022	-0.00006	-0.00004	-0.00030	-0.00002	0.00015	0.00009	0.00012
چرمی	0.00008	0.00010	0.00012	0.00007	0.00008	0.00006	0.00045	0.00068	0.00009	0.00007	0.00011	0.00010	0.00007	0.00015	0.00006	0.00009	0.00014	0.00010
بیمه‌ای	0.00016	0.00016	0.00020	0.00014	0.00015	0.00014	0.00008	0.00009	0.00028	0.00013	0.00017	0.00017	0.00014	0.00015	0.00012	0.00014	0.00020	0.00015
رایانه	0.00012	0.00012	0.00014	0.00010	0.00011	0.00011	0.00003	0.00007	0.00013	0.00019	0.00013	0.00013	0.00011	0.00009	0.00010	0.00011	0.00015	0.00011
کانی غیرفلزی غذایی به‌جز	0.00015	0.00016	0.00020	0.00015	0.00018	0.00013	-0.00022	0.00011	0.00017	0.00013	0.00026	0.00018	0.00014	0.00018	0.00012	0.00013	0.00019	0.00014
قند و شکر	0.00016	0.00017	0.00021	0.00015	0.00017	0.00013	-0.00006	0.00010	0.00017	0.00013	0.00018	0.00026	0.00013	0.00018	0.00012	0.00013	0.00020	0.00014
فلزات اساسی	0.00012	0.00014	0.00015	0.00010	0.00012	0.00027	-0.00004	0.00007	0.00014	0.00011	0.00014	0.00013	0.00034	0.00018	0.00013	0.00024	0.00019	0.00024
نهادهای مالی واسط	0.00015	0.00016	0.00019	0.00012	0.00016	0.00016	-0.00030	0.00015	0.00015	0.00009	0.00018	0.00018	0.00018	0.00113	0.00010	0.00016	0.00022	0.00018
سرمایه‌گذاری‌ها	0.00011	0.00011	0.00014	0.00010	0.00010	0.00013	-0.00002	0.00006	0.00012	0.00010	0.00012	0.00012	0.00013	0.00010	0.00014	0.00012	0.00014	0.00013
شیمیایی	0.00012	0.00013	0.00014	0.00009	0.00011	0.00023	0.00015	0.00009	0.00014	0.00011	0.00013	0.00013	0.00024	0.00016	0.00012	0.00027	0.00018	0.00023
حمل‌ونقل	0.00018	0.00019	0.00023	0.00017	0.00017	0.00016	0.00009	0.00014	0.00020	0.00015	0.00019	0.00020	0.00019	0.00022	0.00014	0.00018	0.00060	0.00020
چندرشته‌ای صنعتی	0.00012	0.00014	0.00015	0.00011	0.00011	0.00024	0.00012	0.00010	0.00015	0.00011	0.00014	0.00014	0.00024	0.00018	0.00013	0.00023	0.00020	0.00030

پیوست ۲: ماتریس همبستگی بازدهی روزانه سهام در ۸۱ گروه بورسی

	دارویی	سیمان	لاستیک	قند و شکر	کاشی	استخراج کانه فلزی	نفتی	چرمی	بیمه‌ای	رایانه	کانی غیرفلزی	غذایی به‌جز قند و شکر	فلزات اساسی	نهادهای مالی واسط	سرمایه‌گذاری‌ها	شیمیایی	حمل‌ونقل	چند رشته‌ای صنعتی
دارویی	1.00	0.67	0.60	0.53	0.54	0.43	0.03	0.21	0.67	0.59	0.64	0.70	0.43	0.27	0.63	0.50	0.50	0.47
سیمان	0.67	1.00	0.60	0.51	0.60	0.44	0.00	0.24	0.63	0.55	0.64	0.66	0.49	0.28	0.62	0.51	0.50	0.52
لاستیک	0.60	0.60	1.00	0.50	0.52	0.40	-0.04	0.22	0.59	0.51	0.63	0.64	0.40	0.27	0.59	0.44	0.46	0.44
قند و شکر	0.53	0.51	0.50	1.00	0.48	0.28	-0.03	0.17	0.51	0.45	0.55	0.57	0.31	0.22	0.49	0.35	0.41	0.38
کاشی	0.54	0.60	0.52	0.48	1.00	0.33	-0.03	0.18	0.50	0.44	0.63	0.58	0.34	0.24	0.48	0.36	0.39	0.36
استخراج کانه فلزی	0.43	0.44	0.40	0.28	0.33	1.00	0.02	0.13	0.44	0.44	0.43	0.43	0.78	0.24	0.58	0.77	0.36	0.72
نفتی	0.03	0.00	-0.04	-0.03	-0.03	0.02	1.00	0.04	0.01	0.00	-0.04	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.02	0.01	0.02
چرمی	0.21	0.24	0.22	0.17	0.18	0.13	0.04	1.00	0.21	0.19	0.25	0.25	0.15	0.15	0.18	0.21	0.22	0.21
بیمه‌ای	0.67	0.63	0.59	0.51	0.50	0.44	0.01	0.21	1.00	0.58	0.62	0.65	0.47	0.24	0.62	0.52	0.49	0.50
رایانه	0.59	0.55	0.51	0.45	0.44	0.44	0.00	0.19	0.58	1.00	0.56	0.58	0.44	0.17	0.61	0.51	0.44	0.48
کانی غیرفلزی	0.64	0.64	0.63	0.55	0.63	0.43	-0.04	0.25	0.62	0.56	1.00	0.67	0.47	0.31	0.62	0.50	0.49	0.50
غذایی به‌جز قند و شکر	0.70	0.66	0.64	0.57	0.58	0.43	-0.01	0.25	0.65	0.58	0.67	1.00	0.45	0.31	0.62	0.49	0.51	0.49
فلزات اساسی	0.43	0.49	0.40	0.31	0.34	0.78	-0.01	0.15	0.47	0.44	0.47	0.45	1.00	0.26	0.57	0.78	0.42	0.73
نهادهای مالی واسط	0.27	0.28	0.27	0.22	0.24	0.24	-0.02	0.15	0.24	0.17	0.31	0.31	0.26	1.00	0.26	0.26	0.24	0.29
سرمایه‌گذاری‌ها	0.63	0.62	0.59	0.49	0.48	0.58	-0.01	0.18	0.62	0.61	0.62	0.62	0.57	0.26	1.00	0.61	0.49	0.63
شیمیایی	0.50	0.51	0.44	0.35	0.36	0.77	0.02	0.21	0.52	0.51	0.50	0.49	0.78	0.26	0.61	1.00	0.45	0.80
حمل‌ونقل	0.50	0.50	0.46	0.41	0.39	0.36	0.01	0.22	0.49	0.44	0.49	0.51	0.42	0.24	0.49	0.45	1.00	0.48
چندرشته‌ای صنعتی	0.47	0.52	0.44	0.38	0.36	0.72	0.02	0.21	0.50	0.48	0.50	0.49	0.73	0.29	0.63	0.80	0.48	1.00