Iran. J. Insur. Res., 12(3): 165-180, Summer 2023, Serial #45

Iranian Journal of Insurance Research
(IJIR)

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

Insurance Research Center (IRC)

ORIGINAL RESEARCH PAPER

A multi-stage stochastic programming for asset - liability management in Civil Servants Pension Fund

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

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

ARTICLE INFO

Article History:
Received 20 April 2023
Revised 21 May 2023
Accepted 04 June 2023

Keywords:
Asset-Liability Management
Civil Servants Pension Fund
Pension Fund
Stochastic Programming

ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVES: Based on financial statements of 2013 to 2021 for Civil Servants Pension Fund, fiscal sustainability index (ratio of resources to expenditures) was 40% in average while this index should be equal or more than 100% so that the Fund would be able to fulfill its liabilities; Due to lack of financial ability, about 90% of the credits needed to pay pension salaries were provided by the government aid. In this paper, analyzing of asset- liability management of Civil Servants Pension Fund is carried out using a model based on multi-stage stochastic programming and suggestions for managing the assets and liabilities of the Fund with the aim of fiscal sustainability and gradually reducing dependence on government aid to fulfill annual liabilities have been presented.

METHODS: Autoregressive Moving-Average Model was used for predicting interest rate of different asset classes in next 20 years (2022 to 2041) and for modeling Asset - Liability Management for the Fund, multi-stage stochastic programming was applied based on predicted data for next 20 years and generating 300 scenarios with a 95% confidence interval, and the results have been analyzed. The model was implemented in GAMS software and results of the model were evaluated with application of conditional value at risk index. Data used for the study are based on financial statements of 2007 to 2021 for Civil Servants Pension Fund.

FINDINGS: I The implementation of the multi-stage stochastic programming model during years of 2011 to 2021 has shown a rational behavior based on compliance with investment policies and defined limits and an acceptable allocation of the fund's capital resources to all types of asset classes. Implementation of the model during years of 2022 to 2041, taking into account the investment and management policies of the Fund (case study) and restrictions (including a ceiling of 65% for stocks, a ceiling of 15% for real estate, a minimum share of 19% for bonds and bank deposits and a minimum share of five percent for cash of the total assets of the fund) was able to achieve a feasible solution in all scenarios, and the yearly value at risk of the portfolio with a probability of 5% was averagely about 2.3% of total value of the portfolio.

CONCLUSION: Results of the model and comparison with results of traditional method used for asset - liability management of the case study showed that if the proposed model is used for a period of 20 years in the future, the value of the Fund's assets will grow more than the value resulted from traditional method and the need for receiving government aid to fulfill Fund obligations will be reduced.

*Corresponding Author:
Email: *khanlou1352@gmail.com*
Phone: +9821 26321858
ORCID: 0009-0004-9612-5138

DOI: 10.22056/ijir.2023.03.01

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

نشریه علمی پژوهشنامه بیمه دوره ۱۲، شماره ۳، تابستان ۱۴۰۲، شماره پیاپی ۴۵، ص ۱۶۵-۱۸۰

نشریه علمی پژوهشنامه بیمه

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

مقاله علمی

مدیریت دارایی- بدهی در صندوق بازنشستگی کشوری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای

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: ۳۱ فروردین ۱۴۰۲

تاریخ داوری: ۳۱ اردیبهشت ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴ خرداد ۱۴۰۲

کلمات کلیدی:

برنامه‌ریزی تصادفی

صندوق بازنشستگی

صندوق بازنشستگی کشوری

مدیریت دارایی - بدهی

***نویسنده مسئول:**

ایمیل: *Khanlou1352@gmail.com*

تلفن: ۲۶۳۲۱۸۵۸ ۹۸۲۱+

ORCID: 0009-0004-9612-5138

چکیده:

پیشینه و اهداف: براساس اطلاعات صورت‌های مالی صندوق بازنشستگی کشوری طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰، شاخص پایداری مالی (نسبت منابع به مصارف) صندوق مزبور به‌طور متوسط حدود ۴۰ درصد بوده است درحالی‌که نسبت یادشده باید همواره برابر یا بیشتر از ۱۰۰ درصد باشد تا صندوق قادر به ایفای تعهدات آتی خود باشد؛ به‌دلیل عدم توانایی مالی صندوق بازنشستگی کشوری طی سال‌های مزبور، حدود ۹۰ درصد اعتبارات مورد نیاز برای پرداخت حقوق بازنشستگان از محل کمک دولت تأمین شده است. در این مطالعه مدیریت دارایی - بدهی صندوق بازنشستگی کشوری با استفاده از مدلی مبتنی بر برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای مورد تحلیل قرار گرفته و راهکارهای پیشنهادی مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌های صندوق بازنشستگی کشوری با هدف پایداری مالی و کاهش تدریجی وابستگی صندوق به کمک‌های دولت جهت ایفای تعهدات سالانه ارائه شده است.

روش‌شناسی: برای پیش‌بینی بازدهی دارایی‌های صندوق طی ۲۰ سال آتی (۱۴۰۱ تا ۱۴۲۰) از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک استفاده شده و برای مدل‌سازی مدیریت دارایی و بدهی صندوق، روش برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای براساس داده‌های پیش‌بینی‌شده ۲۰ سال آتی و تولید ۳۰۰ سناریو با فاصله اطمینان ۹۵ درصدی استفاده شده و نتایج به‌دست‌آمده مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است. مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای در نرم‌افزار گمز پیاده‌سازی شده است و نتایج مدل با استفاده از شاخص ارزش در معرض ریسک مورد ارزیابی قرار گرفته است. داده‌های مورد استفاده در مطالعه، از صورت‌های مالی سال ۱۳۸۶ تا سال ۱۴۰۰ صندوق بازنشستگی کشوری استخراج شده است.

یافته‌ها: اجرای مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ نشان‌دهنده رفتار منطقی مبتنی بر رعایت سیاست‌های سرمایه‌گذاری و محدودیت‌های تعریف‌شده و تخصیص قابل‌قبول منابع سرمایه‌ای صندوق به انواع طبقات دارایی‌ها بوده است. اجرای مدل طی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۲۰ با لحاظ کردن سیاست‌های سرمایه‌گذاری و مدیریتی صندوق مورد مطالعه و محدودیت‌ها شامل سقف ۶۵ درصدی سهام، سقف ۱۵ درصدی املاک و مستغلات، سهم حداقل ۱۹ درصدی برای اوراق و سپرده‌های بانکی و سهم حداقل پنج درصدی برای موجودی نقدی از مجموع کل دارایی‌های صندوق، قادر به دست‌یابی به جواب شدنی در ۳۰۰ سناریوی تولیدشده بوده است و ارزش در معرض ریسک سالیانه پرتفوی صندوق با احتمال ۵ درصد، به‌طور متوسط به میزان حدود ۲,۳ درصد از ارزش کل پرتفوی صندوق بوده است.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از تحقیق و مقایسه آن با روش‌های سنتی مدیریت دارایی - بدهی صندوق مورد مطالعه نشان داد که درصورت استفاده از مدل پیشنهادی، طی یک دوره ۲۰ ساله در آینده ارزش دارایی‌های صندوق نسبت به روش سنتی رشد بیشتری خواهد داشت و نیاز صندوق برای اخذ کمک‌های دولتی جهت ایفای تعهدات خود کاهش خواهد یافت.

DOI: 10.22056/ijir.2023.03.01

توجه: مدت زمان بحث و انتقاد برای این مقاله تا ۱ اکتبر ۲۰۲۳ در وب‌سایت IJIR در «نمایش مقاله» باز می‌باشد.

مقدمه

تغییرات وسیع جوامع انسانی، چشم‌انداز تغییرات جمعیت و توسعه نامتوازن صندوق‌های بازنشستگی به‌خصوص در سال‌های پایانی قرن بیستم، سبب بروز مسئله جدیدی با عنوان بحران صندوق بازنشستگی در بسیاری از کشورها شد، به‌طوری که هدف اصلی تشکیل این صندوق‌ها در معرض تهدید جدی قرار گرفت و عدم قطعیت‌ها و ناپایداری‌های اقتصادی، شرایط تصمیم‌گیری را برای مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌های صندوق به‌مراتب پیچیده‌تر کرد. ازاین‌رو، وجود روشی کارا که منجر به تسهیل تصمیم‌گیری شود یکی از اساسی‌ترین نیازهای مدیریت صندوق‌هاست. هدف اصلی این روش‌ها، کسب اطمینان کافی از پایداری مالی طرح‌های بازنشستگی در دوره‌های زمانی طولانی‌مدت است.

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 الی 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 ملزمند 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). البته باید توجه نمود براساس اطلاعات صورت‌های مالی، وضعیت فعلی منابع و مصارف صندوق بازنشستگی کشوری به‌نحوی است که حدود ۹۰ درصد از مصارف آن توسط اعتبارات کمکی دولت تأمین می‌شود و لذا در وضعیت فعلی، استفاده از شاخص‌های پایداری یادشده برای صندوق بازنشستگی کشوری موضوعیت ندارد و فعلاً بهبود روند سرمایه‌گذاری صندوق به‌صورت مطلق مدنظر می‌باشد تا طی دوره چند ساله، وابستگی صندوق به اعتبارات کمکی دولت مرتفع شود.

درشرایطی که نرخ‌های بازدهی دارایی‌های مختلف و شرایط اقتصادی قابلیت پیش‌بینی مطلوبی داشته باشد، مدیریت دارایی - بدهی صندوق بازنشستگی با استفاده از روش‌های سنتی مدیریتی و مالی امکان‌پذیر است، اما در شرایطی که نرخ‌های بازدهی متغیر بوده و عدم‌قطعیت زیادی در پیش‌بینی آن‌ها وجود دارد، استفاده از سایر روش‌های علمی مانند برنامه‌ریزی تصادفی (Stochastic Programming) برای مدیریت دارایی - بدهی صندوق مورد توجه قرار می‌گیرد؛ به‌نحوی که با درنظرگرفتن تعهدات سالانه صندوق، با استفاده از روش علمی یادشده بتوان استراتژی سرمایه‌گذاری و سیاست مدیریت پرتفوی صندوق را مشخص نمود.

در این مطالعه مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای برای مدیریت دارایی - بدهی صندوق بازنشستگی کشوری پیشنهاد شده و هدف اصلی مدل پیشنهادی، ارائه راهکاری بلندمدت برای تدوین استراتژی سرمایه‌گذاری صندوق‌های بازنشستگی در کشور می‌باشد. تفاوت این پژوهش با موارد مشابه قبلی، بررسی امکان استفاده از مدل مدیریت دارایی - بدهی جهت ارائه راهکارهای اصلاح پرتفوی سرمایه‌گذاری صندوق است و بر این اساس، ضمن بررسی روند سرمایه‌گذاری صندوق طی ۱۰ سال گذشته (۱۳۹۱ الی ۱۴۰۰) بر مبنای داده‌های واقعی، مدل پیشنهادی برای اصلاح رویه و سیاست‌های سرمایه‌گذاری با لحاظ‌کردن پیش‌بینی بازدهی دارایی‌های مختلف صندوق طی ۲۰ سال آتی (۱۴۰۱ الی ۱۴۲۰) با هدف تقویت پایداری مالی صندوق ارائه شده است. همچنین مدل پیشنهادی براساس داده‌های بازدهی دارایی‌ها طی سال‌های ۱۳۹۱ الی ۱۴۰۰ مورد آزمون قرار گرفته و خروجی مدل با نتایج به‌دست‌آمده صندوق طی سال‌های مزبور مقایسه شده است. سایر پژوهش‌های مشابه، با درنظرگرفتن شاخص ارزش در معرض ریسک صرفاً سرمایه‌گذاری لازم برای کمک به پایداری مالی صندوق را مورد مطالعه قرار داده‌اند و مدل مدیریت دارایی - بدهی در آن‌ها استفاده نشده است.

در مرحله اول پژوهش، ابتدا با بررسی صورت‌های مالی از سال ۱۳۸۶ تا پایان سال ۱۴۰۰ صندوق بازنشستگی کشوری (مطالعه موردی) نسبت به تفکیک دارایی‌های صندوق به ۱۵ طبقه دارایی شامل املاک و مستغلات، انواع اوراق مالی و سپرده‌های بانکی، موجودی نقدی و ۱۲ گروه سهام شرکت‌ها و استخراج ارقام مربوط به ارزش طبقات دارایی مزبور اقدام شده است و سپس اقدامات مربوط به استخراج داده‌های تاریخی بازدهی پانزده طبقه دارایی براساس گزارش‌های رسمی، اعم از بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و سازمان بورس و اوراق بهادار، پاک‌سازی داده‌ها و انجام آزمون‌های نرمال بودن و همبستگی و پیش‌بینی بازدهی پانزده طبقه دارایی براساس داده‌های به‌دست‌آمده، برای ۲۰ سال آتی (۱۴۰۱ تا ۱۴۲۰) با استفاده از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک (Autoregressive Moving-Average Model - ARMA) در نرم‌افزار ای‌ویوز (EViews) انجام شده است. در مرحله دوم، مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای دارایی‌ها و بدهی‌ها براساس سیاست‌های سرمایه‌گذاری و سایر ملاحظات مدیریتی صندوق بازنشستگی کشوری طراحی شده و کدنویسی مدل در نرم‌افزار گمز (GAMS - general algebraic modeling system) پیاده‌سازی شده است. برای راستایی‌آزمایی مدل، براساس داده‌های موجود ده سال گذشته (۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰) بازدهی طبقات مختلف دارایی‌ها و دارایی اولیه صندوق، مدل اجرا شده است و نتیجه حاصله مدل در پایان سال ۱۴۰۰ با نتیجه سرمایه‌گذاری‌های صندوق با شیوه سنتی طی ۱۰ سال یادشده مقایسه شده است. در مرحله سوم، مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای براساس داده‌های پیش‌بینی‌شده ۲۰ سال آتی (۱۴۰۱ تا ۱۴۲۰) و استخراج برنامه سرمایه‌گذاری صندوق و میزان خریدوفروش سالانه طبقات دارایی در سال‌های یادشده مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج به‌دست‌آمده مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته است و درنهایت، براساس نتایج پژوهش راهکارهای پیشنهادی

مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌های صندوق بازنشستگی کشوری با هدف پایداری مالی و کاهش تدریجی وابستگی صندوق به کمک‌های دولت جهت ایفای تعهدات سالانه ارائه شده است.

مبانی نظری پژوهش

نظام بازنشستگی

هدف اصلی از استقرار نظام تأمین اجتماعی و نیز نظام بازنشستگی در جامعه، برقراری عدالت اجتماعی است و به‌واسطه آن کاهش فقر و تأمین نیازها، جبران خسارات، توزیع مجدد درآمد میان گروه‌های جمعیتی و جایگزینی و حفظ درآمد افراد جامعه تأمین می‌شود. صندوق‌های بازنشستگی در نظام تأمین اجتماعی، نهادهای مالی هستند که از حق بیمه و وجوه پرداختی توسط کارفرما و کارکنان یک سازمان تأمین مالی شده و علی‌القاعده وظیفه دارند از طریق سرمایه‌گذاری‌های سودآور، زمینه 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 نیازمند ارزیابی تعادل مالی بلندمدت خود به‌صورت دوره‌ای هستند؛ لذا به همان اندازه که نهاد اجتماعی می‌باشند، نهاد اقتصادی نیز محسوب می‌شوند. در کشورهای توسعه‌یافته صندوق‌های بازنشستگی بزرگ‌ترین نهادهای اقتصادی غیربانکی محسوب می‌شوند و دارایی‌های این صندوق‌ها بعضاً بیش از تولید ناخالص داخلی آن کشورها است.

امروز دولت‌ها و صاحب‌نظران اجتماعی در جهان به این نتیجه رسیدند که توسعه پایدار سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی هر کشوری با سطح و کیفیت تأمین اجتماعی در آن کشور رابطه مستقیم و جدایی‌ناپذیر دارد؛ لذا تقویت این نظام و توجه به پایداری مالی نظام‌های بازنشستگی کشورها و رفع موانع و چالش‌های پیش‌رو اهمیت روزافزون پیدا کرده است و موضوع تحقیقات و پژوهش‌های جدید قرار گرفته است.

نظام بازنشستگی در ایران

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 در کشور است که شاغلان بخش خصوصی و مستخدمین رسمی، پیمانی و قراردادی دولتی را پوشش می‌دهد. صندوق بازنشستگی کشوری دومین صندوق بزرگ بازنشستگی کشور است. نسبت پشتیبانی که از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی صندوق‌های بیمه‌ای است و حاصل تقسیم تعداد بیمه‌پردازان به تعداد مستمری‌بگیران است و استاندارد بین‌المللی آن که نشانگر سلامت مالی صندوق است رقم شش می‌باشد، در صندوق بازنشستگی کشوری معادل ۰/۵۹ است؛ درحالی‌که در ادبیات مالی اگر این نسبت به مقدار کمتر از چهار برسد به معنی واردشدن صندوق به بحران مالی و عدم توانایی در ایفای تعهدات خود تلقی می‌شود و لازم است اقدامات جدی در زمینه تعادل‌بخشی به صندوق صورت پذیرد (Mehrani and Gerami, 2021).

مدیریت دارایی - بدهی در صندوق‌های بازنشستگی

مدیریت دارایی - بدهی (Asset-Liability Management) ابزاری است که برای مدیریت ریسک‌های ناشی از اختلاف بین ارزش دارایی‌ها و بدهی‌ها پدید آمده و مدیریت ریسک و مدیریت استراتژیک را بهم پیوند می‌زند (Kallianta, 2016).

روش‌های مدیریت دارایی - بدهی در صنایع و زمینه‌های مختلفی ازجمله صندوق‌های بازنشستگی، شرکت‌های بیمه، بانک‌ها، مدیریت بدهی‌های عمومی و شرکت‌های خصوصی مورد استفاده قرار گرفته است:

(Josa-Fombellida and Rincon-Zapatero, 2012; Gulpinar and Pachamanova, 2013; Frangos *et al.*, 2004; Consiglio *et al.*, 2006; Asimit *et al.*, 2015; Asanga *et al.*, 2014; Mukuddem-Petersen and Petersen, 2008; Uryasev *et al.*, 2010; Date *et al.*, 2011; Consiglio and Staino, 2012; Valladao *et al.*, 2014).

در کتاب دو جلدی با عنوان «دستنامه مدیریت دارایی - بدهی» معرفی و بررسی جامعی از پیشرفت‌های نظری و روش‌شناسی در زمینه مدیریت دارایی - بدهی ارائه شده است و کاربرد آن‌ها در قالب چند مطالعه موردی نشان داده شده است (Zenios and Ziemba, 2006 & 2007).

به بیان ساده، مسئله اصلی در مدیریت دارایی - بدهی، تدوین استراتژی سرمایه‌گذاری است به‌گونه‌ای که امکان پوشش بدهی‌ها را در دوره‌های مختلف زمانی فراهم نماید (Ziemba, 2003).

فاصله زمانی میان دریافت حق بیمه و پرداخت مستمری، منابع قابل‌توجهی را 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 نحوه سرمایه‌گذاری دارایی‌ها در بازارهای مالی مختلف که همان مدیریت دارایی و بدهی است، بسیار ضروری است.

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

روش‌های کمی در مدیریت دارایی - بدهی

روش‌های مدیریت دارایی - بدهی می‌تواند به‌صورت قطعی (deterministic) یا تصادفی (stochastic) انجام گیرد. روش‌های قطعی مانند برنامه‌ریزی خطی تک‌هدفه یا چندهدفه، عمدتاً در بانک‌ها با هدف حداکثرسازی سود و با درنظرگرفتن محدودیت‌های قانونی مورد توجه قرار گرفته و شاخص پایداری مالی و ریسک نقدینگی نیز به‌عنوان اهداف جانبی لحاظ شده است (Tanwar *et al.*, 2020).

ازآنجاکه ماهیت فعالیت صندوق‌های بازنشستگی بلندمدت و مرحله‌ای است و همچنین متغیرهای تصادفی قابل‌توجهی در پیش‌بینی منابع و مصارف آن وجود دارد، استفاده از روش برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای برای پیش‌بینی مقادیر عددی مرتبط مورد توجه قرار گرفته است. کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی تصادفی در مدیریت دارایی - بدهی صندوق‌ها از این نظر رونق یافته که مشابه آنچه در واقعیت وجود دارد، می‌توان عدم‌قطعیت را در مدل مربوط وارد کرد (Mehrani and Gerami, 2021).

تکنیک‌ها و مدل‌های برنامه‌نویسی تصادفی از دهه هفتاد در مدیریت دارایی - بدهی به‌کار گرفته شدند (Bradley and Crane, 1972) و در سال ۱۹۹۴ اولین کاربرد تجاری از این روش ارائه گردید (Carino *et al.*, 1994) و از آن سال‌ها، استفاده از روش مزبور مورد توجه قرار گرفته است (Consigli and Dempster, 1998) و (Kouwenberg, 2001).

به‌دلیل اینکه مسئله مدیریت دارایی - بدهی در صندوق‌های بازنشستگی دارای ماهیت بلندمدت است و تصمیم‌ها در هر سال براساس ماهیت تغییرات متغیرهای تصادفی دخیل در سال‌های قبل و پیش‌بینی آتی آن‌ها اتخاذ می‌شوند، برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای با این مسئله ارتباط تنگاتنگی خواهد داشت. مهم‌ترین ویژگی مسائل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای، تقسیم تصمیم‌ها به چند گروه یا مرحله است که تصمیم‌گیرنده در مرحله اول تصمیمی اتخاذ می‌کند (تصمیم‌های مرحله اول)، سپس رویدادی تصادفی اتفاق می‌افتد که بر عملکرد تصمیم‌های مرحله اول تأثیر می‌گذارد. آن‌گاه تصمیم مرحله دوم گرفته می‌شود که سعی می‌کند تأثیرات نامطلوب احتمالی تصمیم‌های مرحله اول را جبران کند. سپس رویداد تصادفی دوم رخ می‌دهد که بر عملکرد تصمیم‌های مرحله اول و دوم تأثیر می‌گذارد. آن‌گاه تصمیم مرحله سوم اتخاذ می‌شود که سعی می‌کند تأثیرات نامطلوب احتمالی تصمیم‌های مرحله اول و دوم را جبران کند و این روند ادامه پیدا می‌کند تا جایی که تصمیم‌های مرحله پایانی به‌صورت بهینه اخذ شوند (Mirhasani and Hooshmand Khaligh, 2019).

مروری بر پیشینه پژوهش

مطالعات انجام‌شده در جهان

Jang *et al.* (2021) با استفاده از روش برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای، استراتژی بهینه برای سرمایه‌گذاری با درنظرگرفتن تعهدات آتی صندوق بازنشستگی و سرمایه‌گذاری در دارایی‌های فیزیکی (مانند املاک و مستغلات و پروژه‌های زیرساختی) پیشنهاد کرده است.

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 نمودند.

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

Xu and Gao (2020) با درنظرگرفتن فاصله بین انجام سرمایه‌گذاری و اثرگذاری آن، به حل مسئله کنترل بهینه سبد سرمایه‌گذاری صندوق‌های بازنشستگی پرداختند. آن‌ها فرض کردند که دو دارایی شامل اوراق قرضه 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 معادله دیفرانسیل افتراقی تصادفی (stochastic delay differential equation) مدل‌سازی شد. با به‌کارگیری رویکرد برنامه‌ریزی پویای تصادفی و روش تطبیق، مسئله مدیریت بهینه سبد سرمایه‌گذاری حل و راه‌حل حاصل گردید. همچنین آن‌ها الگوریتمی را برای محاسبه راه‌حل عددی استراتژی بهینه توسعه دادند.

Mudzimbabwe (2019) رویکردی را برای توسعه استراتژی 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 تئوری کنترل تصادفی، یک معادله همیلتون - ژاکوبی - بلمن (Hamilton-Jacobi-Bellman) استخراج کردند. آن‌ها استراتژی بهینه را به‌عنوان حل یک معادله دیفرانسیل تعریف کردند که با استفاده از یک روش عددی ساده قابل‌حل است. همچنین آن‌ها با توزیع جهش‌ها (jump) در آزمایش عددی، تأثیر پارامترهای مختلف پرش را بررسی کردند. فرض شده است که دارایی‌های ریسکی، نرخ بهره و درآمد از فرایند جهش-انتشار پیروی می‌کنند. آن‌ها دریافتند که ریسک‌های تورم، نرخ بهره و درآمد تأثیر مهمی بر ارزش سبد سرمایه‌گذاری در دارایی‌های ریسکی دارند. همچنین افزایش درآمد منجر به افزایش ریسک سبد سرمایه‌گذاری می‌شود.

Andongwisye *et al.* (2018) با استفاده از روش برنامه‌ریزی تصادفی، مدل بلندمدتی برای مدیریت دارایی - بدهی صندوق‌های بازنشستگی کشور تانزانیا تدوین نمودند تا با تخصیص بهینه منابع سرمایه‌ای، ارزش دارایی‌های صندوق افزایش یابد و امکان پوشش تعهدات آن فراهم گردد.

Consigli *et al.* (2018) حل مسئله بلندمدت مدیریت دارایی - بدهی صندوق‌های بازنشستگی را با روش برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای مورد توجه قرار دادند و با مطالعه یک صندوق بازنشستگی که با مشکل کمبود نقدینگی روبه‌رو بود، نشان دادند که با اتخاذ سیاست‌های منعطف و درنظرگرفتن معیارهای تصمیم مناسب، طی دوره ۲۰ ساله امکان ایجاد پایداری مالی در صندوق وجود دارد.

Nkeki (2018) رویکردی را برای مدیریت بهینه صندوق بازنشستگی در محیط تورمی ارائه کرد. در این مطالعه فرض شده سرمایه‌گذار با ریسک‌های جهش و انتشار مواجه است. محقق چهار ریسک زمینه‌ای شامل ریسک‌های تورم، نرخ بهره، سرمایه‌گذاری و درآمد را در نظر گرفت. صندوق سرمایه خود را در بازاری با دارایی‌های بدون ریسک چندگانه (اوراق قرضه و حساب‌های سپرده بانکی)، سهام و اوراق قرضه شاخص (Index bond) سرمایه‌گذاری می‌کند.

Pachamanova *et al.* (2017) با استفاده از روش بهینه‌سازی و رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی مبتنی بر سناریو و با درنظرگرفتن عدم قطعیت برای بازدهی دارایی‌ها و میزان بدهی‌های آتی صندوق بازنشستگی، مدلی را جهت مدیریت بهینه دارایی - بدهی صندوق ارائه دادند.

Jóhannsson (2016) با استفاده از مدل‌شبیه‌سازی نلسون و سیگل، ارزیابی دارایی‌ها و بدهی‌های صندوق بازنشستگی تحت نرخ‌های بهره ثابت و متغیر بازار را مطالعه نموده است.

De Oliveira *et al.* (2017) مدیریت دارایی - بدهی در صندوق‌های بازنشستگی برزیل با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای را مورد مطالعه قرار داده است. در این پژوهش، سناریوهای قیمت‌گذاری دارایی با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی مونت کارلو تولید شده‌اند.

Kouwenberg (2001) در پژوهش خود برای صندوق بازنشستگی آلمان، نحوه تولید سناریوهای مختلف برای شبیه‌سازی ورودی و خروجی صندوق را مطالعه نمود که جنبه کلیدی در برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای محسوب می‌شود.

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.

برای سازمان بازنشستگی فنلاند (Hilli *et al.*, 2007)، برای صندوق بازنشستگی اتریش (Geyer and Ziemba, 2008)، برای صندوق بازنشستگی چک (Dupacova and Polıvka, 2009)، برای یکی از صندوق‌های بازنشستگی آمریکا (Mulvey *et al.*, 2000) و برای صندوق تأمین مالی کارکنان مالزی (Hussin *et al.*, 2014)، از روش برنامه‌ریزی تصادفی برای مدیریت دارایی - بدهی استفاده شده است.

مطالعات انجام‌شده در ایران

علی‌رغم اینکه تحقیقات در حوزه مدیریت دارایی- بدهی در صندوق‌های بازنشستگی از دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی آغاز گردیده، اما در کشور ما تحقیقات اندکی در این زمینه موجود است. ازاین‌رو، در ادامه به چهار تحقیقی که رابطه نزدیکی با این پژوهش دارند پرداخته می‌شود.

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 طبقات مختلف دارایی را به دست آورده‌اند، به‌طوری که با بهینه‌سازی ریسک و بازده، سایر قیود مستتر در فعالیت صندوق‌های بازنشستگی نیز لحاظ شده باشد.

Izadbakhsh *et al.* (2017) مدل شبیه‌ساز برمبنای پویایی سیستم‌ها در سازمان تأمین اجتماعی ایران به مرحله اجرا در آورند. هدف این شبیه‌ساز تحلیل منابع و مصارف بوده و توانستند نقطه شکست را با این شبیه‌ساز به دست آورند. این شبیه‌ساز از مؤلفه‌های متعدد بیرونی و درونی تشکیل شده است. در مؤلفه‌های درونی می‌توان به بیمه‌گری، درمان، سرمایه‌گذاری، حمایتی و مستمری اشاره کرد و برای مؤلفه‌های بیرونی می‌توان به اقتصاد، اشتغال، جمعیت و قوانین اشاره کرد. 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 علی به تصویر کشیده‌اند.

Fartookzadeh *et al.* (2013) به بررسی بحران فزونی مصارف بر منابع صندوق بازنشستگی در ابعاد کلان و استراتژیک توسط روش پویایی‌شناسی سیستم پرداختند. در این تحقیق ابتدا عوامل تأثیرگذار بر وضعیت صندوق بازنشستگی مشخص شده 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.

سؤال پژوهش

آیا می‌توان مدلی برای مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌های صندوق‌های بازنشستگی با استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای مبتنی بر ریسک طراحی نمود به‌نحوی که ترکیب بهینه پرتفوی سرمایه‌گذاری صندوق را در بازه زمانی مشخص پیش‌بینی نماید؟

روش‌شناسی پژوهش

برای انجام تحقیق مراحل زیر با استفاده از روش‌های مربوط انجام شده است:

۱- تفکیک دارایی‌های سرمایه‌ای صندوق به ۱۵ طبقه دارایی شامل املاک و مستغلات، انواع اوراق مالی و سپرده‌های بانکی، موجودی نقدی و ۱۲ گروه سهام شرکت‌ها جدول ۳ و استخراج ارقام مربوط به ارزش طبقات دارایی مزبور براساس صورت‌های مالی

جدول ۱: مختصات مدل انتخابی برای پیش‌بینی بازدهی سالانه سرمایه‌گذاری در سهام شرکت‌ها و املاک و مستغلات
Table 1: Specification of selected model for predicting the annual rate of return of investment in stocks and real estate

	مدل ARMA (ARMA Model)	ضریب تعیین (Coefficient of Determination)	ضریب تعیین تعدیل‌شده (Adjusted Coefficient of Determination)	دوربین-واتسون (Durbin-Watson)	شوارتز-بیزین (Schwarz-Bayesian)	آکائیک (Akaike)
بازده بورس اوراق بهادار تهران (Tehran Stock rate of return)	AR(1) MA(1) MA(2)	0.27	0.18	1.99	1.77	1.58
بازده املاک و مستغلات (real estate rate of return)	AR(1) MA(3)	0.48	0.44	1.89	-0.18	-0.32

جدول ۲: نتایج تخمین برای مدل خودرگرسیون میانگین متحرک بالا
Table 2: Prediction results for Autoregressive Moving-Average Model

	متغیر (Variable)	ضریب تعیین (Coefficient of Determination)	خطای معیار Std. Error	آماره آزمون t (t-Statistic)	احتمال (Probability)
بازده بورس اوراق بهادار تهران (Tehran Stock rate of return)	C	0.39	0.04	8.9	0.001
	AR(1)	0.73	0.22	3.2	0.003
	MA(1)	-0.44	0.25	-1.74	0.09
	MA(2)	-0.55	0.16	-3.29	0.002
ضریب تعیین (R-squared)		0.27	میانگین متغیر وابسته (mean dependent variable)		0.41
بازده املاک و مستغلات (real estate rate of return)	C	0.24	0.02	12.1	0.001
	AR (1)	0.33	0.18	1.83	0.07
	MA(3)	-0.88	0.04	-20.6	0.001
ضریب تعیین (R-squared)		0.48	میانگین متغیر وابسته (mean dependent variable)		0.27

صندوق بازنشستگی کشوری از سال ۱۳۸۶ تا پایان سال ۱۴۰۰ و انجام به‌روزرسانی ارزش دارایی‌ها با استفاده از شاخص‌های قیمتی مراجع رسمی؛

۲- استخراج داده‌های تاریخی بازدهی پانزده طبقه دارایی براساس گزارش‌های رسمی اعم از بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران و سازمان بورس و اوراق بهادار، پاک‌سازی داده‌ها و انجام آزمون‌های نرمال‌بودن و همبستگی و پیش‌بینی بازدهی پانزده طبقه دارایی براساس داده‌های به‌دست‌آمده برای ۲۰ سال آتی (۱۴۰۲ تا ۱۴۲۱) با استفاده از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک در نرم‌افزار ای‌ویوز و محاسبه فاصله اطمینان (confidence interval) برای هر طبقه دارایی براساس بازدهی طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۴۰۰ با هدف تولید سناریوهای مختلف بازدهی دارایی‌ها؛

۳- طراحی الگوریتم مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای دارایی‌ها و بدهی‌ها براساس سیاست‌های سرمایه‌گذاری و سایر ملاحظات مدیریتی صندوق بازنشستگی کشوری و کدنویسی مدل در نرم‌افزار گمز؛

۴- اجرای مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای براساس داده‌های موجود ده سال گذشته (۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰) و مقایسه نتیجه مدل در پایان سال ۱۴۰۰ با نتیجه سرمایه‌گذاری‌های صندوق طی ۱۰ سال یادشده با هدف راستی‌آزمایی مدل؛

۵- اجرای مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای براساس داده‌های پیش‌بینی‌شده ۲۰ سال آتی (۱۴۰۱ تا ۱۴۲۰) و استخراج برنامه سرمایه‌گذاری صندوق و میزان خریدوفروش سالانه طبقات دارایی در سال‌های یادشده؛

۶- تحلیل جواب‌های به‌دست آمده از مدل و انجام ارزیابی ارزش در معرض ریسک (Value at Risk) با هدف اندازه‌گیری ریسک سبد سرمایه‌گذاری پیشنهادی توسط مدل؛

۷- ارائه راهکارهای پیشنهادی مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌های صندوق بازنشستگی کشوری با هدف پایداری مالی و کاهش تدریجی وابستگی صندوق به کمک‌های دولت جهت ایفای تعهدات سالانه؛

جدول ۳: ضرایب تعیین و نتایج آزمون دوربین - واتسون، شوارتز - بیزین و آکائیک
Table 3: Coefficient of determination and results of Durbin-Watson, Schwarz-Bayesian and Akaike tests

گروه بورسی (group in Tehran Stock)	متغیر (variable)	مدل ARMA (ARMA Model)	ضریب تعیین (Coefficient of Determination)	دوربین- واتسون (Durbin-Watson)	شوارتز-بیزین (Schwarz Bayesian)	آکائیک (Akaike)
گروه محصولات شیمیایی (chemical products group)	cp	AR(1) AR(2) MA(1)	0.3	2.41	11.7	11.5
گروه فراورده‌های نفتی (petroleum products group)	op	AR(1) MA(1)	0.82	2.27	9.92	9.78
گروه محصولات غذایی (food products group)	fp	AR(2) MA(1) MA(4)	0.83	2.07	13.5	13.3
گروه فلزات اساسی (base metals group)	bm	AR(3) MA(3) MA(5)	0.88	1.74	9.9	9.7
گروه خودرو و ساخت قطعات (automotive and related parts manufacturing group)	ap	AR(2) AR(3) MA(3)	0.78	1.78	11.5	11.3
گروه سایر محصولات کانی غیرفلزی (non-metallic mineral products group)	mp	AR(3) MA(3)	0.79	2.54	12	11.8
گروه بانک‌ها و مؤسسات اعتباری (banks and credit institutions group)	ba	AR(2) AR(3) MA(2)	0.51	2.19	11.8	11.6
گروه مواد و محصولات دارویی (pharmaceutical materials and products group)	ph	AR(3) MA(1) MA(3)	0.89	1.92	9.5	9.3
گروه کاشی و سرامیک (tile and ceramic group)	ct	AR(1) MA(2) MA(3)	0.96	1.13	10.9	10.7
گروه سیمان، آهک و گچ (cement, lime and plaster group)	ce	AR(1) AR(3) MA(3)	0.38	2.3	12.8	12.6
گروه رایانه و فعالیت‌های وابسته (computer and related activities group)	co	AR(1) MA(1) MA(3)	0.4	1.17	11.3	11.1
گروه سرمایه‌گذاری‌ها (investment group)	ie	AR(1) AR(2) MA(1)	0.86	2.56	9.8	9.7

روش پیش‌بینی بازدهی طبقات دارایی

از پانزده طبقه دارایی شناسایی‌شده براساس صورت‌های مالی صندوق بازنشستگی کشوری، بازدهی اوراق مالی اسلامی و سپرده‌های بانکی به‌طور متوسط سالانه ۱۸ درصد و بازدهی موجودی نقدی به‌طور متوسط پنج درصد سالانه منظور شده است. برای پیش‌بینی بازدهی دارایی املاک و مستغلات و ۱۲ گروه از طبقه سهام شرکت‌ها از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک استفاده شده است. مدل یادشده از ترکیب مدل‌های خودرگرسیون و میانگین متحرک به دست می‌آید و بیانگر این است که مقدار فعلی یک متغیر به مقادیر قبلی خود و همچنین به ترکیبی از مقادیر فعلی و قبلی یک جزء خطای نوفه سفید (White Noise) بستگی دارد.

استفاده از مدل‌های ساختاری (Structural) نیازمند متغیرهایی است که اثر مشخص و معنی‌داری روی متغیر وابسته داشته باشند و مدل در کلیات، فروض کلاسیک را رعایت کند. در غیر این صورت در زمانی که یافتن متغیرهای توضیحی مناسب دشوار باشد و یا انتخاب تعداد محدودی از متغیرهای توضیحی از بین تعداد زیادی متغیرهای توضیحی و کنارگذاشتن بخشی از آن‌ها ممکن نباشد، می‌توان فرض کرد که متغیر وابسته از مقادیر دوره‌های گذشته خودش متأثر است. در این موارد استفاده از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک راهگشاست، با این فرض که مقدار جاری وابسته به مقادیر قبلی خود و مقادیر جاری و گذشته متغیر تصادفی جمله پسماند باشد. این موضوع درخصوص تخمین بازدهی آینده دارایی‌های از نوع سهام و املاک و مستغلات صادق است. بر این اساس، Gençay and Stengos (1998) با استفاده از مدل میانگین متحرک، بازده شاخص داوجونز را پیش‌بینی کردند؛ Leigh *et al.* (2005) با استفاده از مدل خودرگرسیون با ورودی خارجی، بازده بازار سرمایه آمریکا را پیش‌بینی کردند؛ Gay Jr (2008) با استفاده از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک، بازده بازار سرمایه کشورهای چین، هند و روسیه

را پیش‌بینی کردند؛ Mombeyni *et al.* (2015) برای برآورد قیمت مسکن در شهر تهران از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک استفاده کردند و Hasannejad (2018) از روش خودرگرسیون میانگین متحرک، برای پیش‌بینی بازده بورس اوراق بهادار تهران استفاده کرد.

در گام اول ترکیب مدل میانگین متحرک با میانگین متحرک ۱ تا ۱۶ و مدل خودرگرسیون با وقفه ۱ تا ۱۶ برای تخمین مدل پیش‌بینی بازدهی سالانه سرمایه‌گذاری در سهام شرکت‌ها و املاک و مستغلات با استفاده از نرم‌افزار ای‌ویوز مورد آزمون قرار گرفته و بهترین ترکیب مدل خودرگرسیون میانگین متحرک با استفاده از معیارهای اطلاعاتی آکائیک، شوارتز - بیزین و دوربین - واتسون انتخاب شده است. در جدول ۱ مختصات مدل انتخابی ارائه شده است و جدول ۲ نتایج تخمین برای مدل خودرگرسیون میانگین متحرک بالا را نشان می‌دهد.

در گام دوم برای تعیین ترکیب بهینه آن بخش از سبد دارایی‌های صندوق که در سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۲۰ به سرمایه‌گذاری در سهام اختصاص می‌یابد، به پیش‌بینی بازدهی ۱۲ گروه سهام شرکت‌ها در دوره زمانی مزبور پرداخته می‌شود. برای پیش‌بینی بازدهی گروه‌های یادشده از مدل‌های خودرگرسیون میانگین متحرک متناسب بر هر گروه به شرح جدول ۳ استفاده می‌شود. ضرایب تعیین و نتایج آزمون دوربین - واتسون، شوارتز - بیزین و آکائیک برای مدل‌های مذکور در جدول ۳ آمده است.

مدل برنامه‌ریزی تصادفی دارایی‌ها و بدهی‌های صندوق

هدف اصلی از اجرای مدل برنامه‌ریزی تصادفی دارایی‌ها و بدهی‌های صندوق، تخصیص و بازتوزیع کل دارایی صندوق در یک دوره زمانی است به‌نحوی که منجر به حداکثر ارزش حاصل از سرمایه‌گذاری شده و قادر به پوشش بدهی‌ها در آن دوره زمانی (t) باشد. این مدل به‌دلیل تصادفی‌بودن بازدهی و قیمت دارایی‌ها و ماهیت وابستگی زمانی تصمیمات سرمایه‌گذاری و تعادل مجدد به شکل یک مسئله تخصیص پویا تصادفی است.

تصمیم برای سرمایه‌گذاری با شش مجموعه متغیر تعریف می‌شود: X_{its} میزان دارایی (سهام) از نوع i است که در دوره زمانی t و سناریوی s نگهداری می‌شود، و BX_{its} و VX_{its} به‌ترتیب میزان خریدوفروش دارایی (سهام) از نوع i در زمان t و سناریوی s را نشان می‌دهد؛ و همچنین Y_{its} میزان دارایی (اوراق، املاک و نقد) از نوع i است که در دوره زمانی t و سناریوی s نگهداری می‌شود، و BY_{jts} و VY_{jts} به‌ترتیب میزان خریدوفروش دارایی (اوراق، املاک و نقد) از نوع j در زمان t و سناریوی s را نشان می‌دهد. در ادامه، به‌ترتیب شاخص‌ها، پارامترهای تصادفی، پارامترهای قطعی، متغیرهای تصمیم و تابع هدف و محدودیت‌های مدل نشان داده شده است:

شاخص‌ها:

	عنوان
دوره زمانی $t = 0.1. \dots .T$ تا 20 سال ($t-1$ ، $t=1$ ، t)	t
نوع (طبقه) دارایی از گروه سهام $i = 1. \dots .M$	i
نوع (طبقه) دارایی از گروه اوراق، املاک یا نقد $j = 1. \dots .N$	j
سناریو $s = 1. \dots .S$	s

پارامترهای تصادفی:

	عنوان
بازده دارایی از نوع i در دوره زمانی t در سناریوی تصادفی s	R_{its}
بازده دارایی از نوع j در دوره زمانی t در سناریوی تصادفی s	R_{jts}

پارامترهای قطعی:

	عنوان
میزان اولیه دارایی از نوع i در t =0	X_{i0}
میزان مستمری پرداختی (salary) در t =0	S_0
میزان کمک‌های دولت (Government) در t =0	G_0

متغیرهای تصمیم:

	عنوان
میزان دارایی (سهام) از نوع i در انتهای دوره زمانی t براساس سناریوی تصادفی s	X_{its}
میزان خرید دارایی (سهام) از نوع i در دوره زمانی t براساس سناریوی تصادفی s	BX_{its}
میزان فروش دارایی (سهام) از نوع i در دوره زمانی t براساس سناریوی تصادفی s	VX_{its}

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Y_{jts} میزان دارایی (اوراق، املاک و نقد) از نوع j در انتهای دوره زمانی t براساس سناریوی تصادفی s

BY_{jts} میزان خرید دارایی (اوراق، املاک و نقد) از نوع j در دوره زمانی t براساس سناریوی تصادفی s

VY_{jts} میزان فروش دارایی (اوراق، املاک و نقد) از نوع j در دوره زمانی t براساس سناریوی تصادفی s

تابع هدف: ماکزیمم‌کردن مجموع کل ارزش دارایی‌ها در هر دوره زمانی و در تکرار سناریوهای مختلف تا نهایتاً در دوره آخر به بیشترین ارزش ممکن برسد.

$$MAX\left\{\sum_{s=1}^{S}\sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{i=1}^{M}X_{its}+\sum_{j=1}^{N}Y_{jts}\right]\right\}$$

محدودیت‌های مدل:

$s.t.$

میزان ارزش مجموع دارایی‌ها در زمان $t-1$ (ارزش ابتدای هر دوره)

$$\sum_{i=1}^{M}X_{i(t-1)}+\sum_{j=1}^{N}Y_{j(t-1)}=Q_0$$

میزان ارزش مجموع دارایی‌ها در زمان t (ارزش انتهای هر دوره)

$$\sum_{i=1}^{M}X_{it}+\sum_{j=1}^{N}Y_{jt}=Q_t$$

$$\forall\,(i.t)\left\{\alpha_i^L\sum_{i=1}^{M}X_{it}\le X_{it}\le\alpha_i^U\sum_{i=1}^{M}X_{it}\right\}$$

مقادیر پارامترهایی α_i^L، α_i^U، β_i^L و β_i^U متعلق به بازه بسته $[0,1]$ می باشند و به‌منظور کنترل میزان سهم هر طبقه از دارایی در کل سبد دارایی‌های در هر دوره زمانی است.

$$\forall\,(j.t)\left\{\beta_j^L\sum_{j=1}^{N}Y_{jt}\le Y_{jt}\le\beta_j^U\sum_{j=1}^{N}Y_{jt}\right\}$$

پیش‌بینی نرخ بازدهی دارایی از نوع i در هر دوره زمانی t

$$\forall\,(i.t)\left\{X_{it}\le(1+R_{it})\,X_{i(t-1)}\right\}$$

پیش‌بینی نرخ بازدهی دارایی از نوع j در هر دوره زمانی t

$$\forall\,(j.t)\left\{Y_{jt}\le(1+R_{jt})\,Y_{j(t-1)}\right\}$$

$$\forall\,(i.t)\left\{X_{it}\ge0\right\}$$

$$\forall\,(j.t)\left\{Y_{jt}\ge0\right\}$$

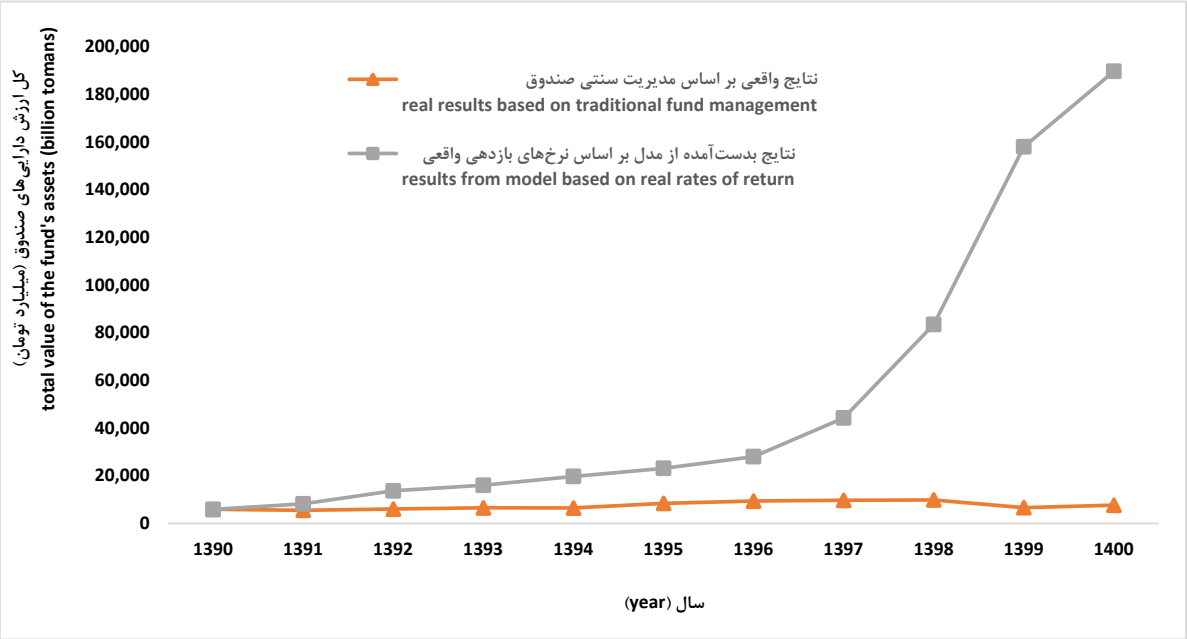
سایر محدودیت‌های سیاستی و مدیریتی صندوق برحسب استراتژی‌های مدیریتی صندوق

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تجزیه و تحلیل

در گام اول، برای صحت‌سنجی مدل برنامه‌ریزی طراحی‌شده، ارزش دارایی‌های صندوق در سال ۱۳۹۰ و همچنین نرخ‌های واقعی بازدهی طبقات دارایی (شامل سهام، اوراق و سپرده‌های بانکی، املاک و موجودی نقدی) طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۴۰۰، به‌عنوان داده‌های ورودی به مدل داده شده تا ضمن اجرای مدل برای سال‌های مزبور، با درنظرگرفتن محدودیت‌ها و سیاست‌های سرمایه‌گذاری خاص صندوق، ترکیب بهینه پرتفوی سرمایه‌گذاری در هر سال مشخص شود تا نهایتاً نتایج به‌دست‌آمده از مدل با نتایج واقعی ارزش دارایی‌های یادشده که براساس مدیریت سنتی صندوق حاصل شده، مورد مقایسه قرار گیرد. نمودار ۱ نتیجه مقایسه مزبور را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در نمودار ۱ مشخص است، براساس مدیریت سنتی صندوق، ارزش دارایی‌های صندوق از حدود ۵۸۰۰ میلیارد تومان در سال ۱۳۹۰ به میزان حدود ۷۶۰۰ میلیارد تومان رشد کرده است، درصورتی‌که براساس مدل پیشنهادی، ارزش دارایی‌های صندوق از حدود ۵۸۰۰ میلیارد تومان در سال ۱۳۹۰، قابلیت رشدی به میزان بیش از ۱۸۰،۰۰۰ میلیارد تومان دارا بوده و ترکیب پیشنهادی آن برای پرتفوی سرمایه‌گذاری صندوق با درنظرگرفتن نرخ‌های بازدهی واقعی، نشان‌دهنده رفتار منطقی مدل است. به‌عنوان مثال، در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۵ که بازدهی بورس وضعیت مطلوبی نداشته است، پیشنهاد مدل برای پرتفوی سرمایه‌گذاری عمدتاً در بخش دارایی از نوع اوراق و سپرده‌های بانکی است و در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ که بازدهی بورس رشد قابل‌توجهی داشته است، پیشنهاد مدل



نمودار ۱: مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از مدل با نتایج واقعی براساس مدیریت سنتی صندوق

Fig. 1: Comparison of results based on proposed model and real results based on traditional management of the Fund

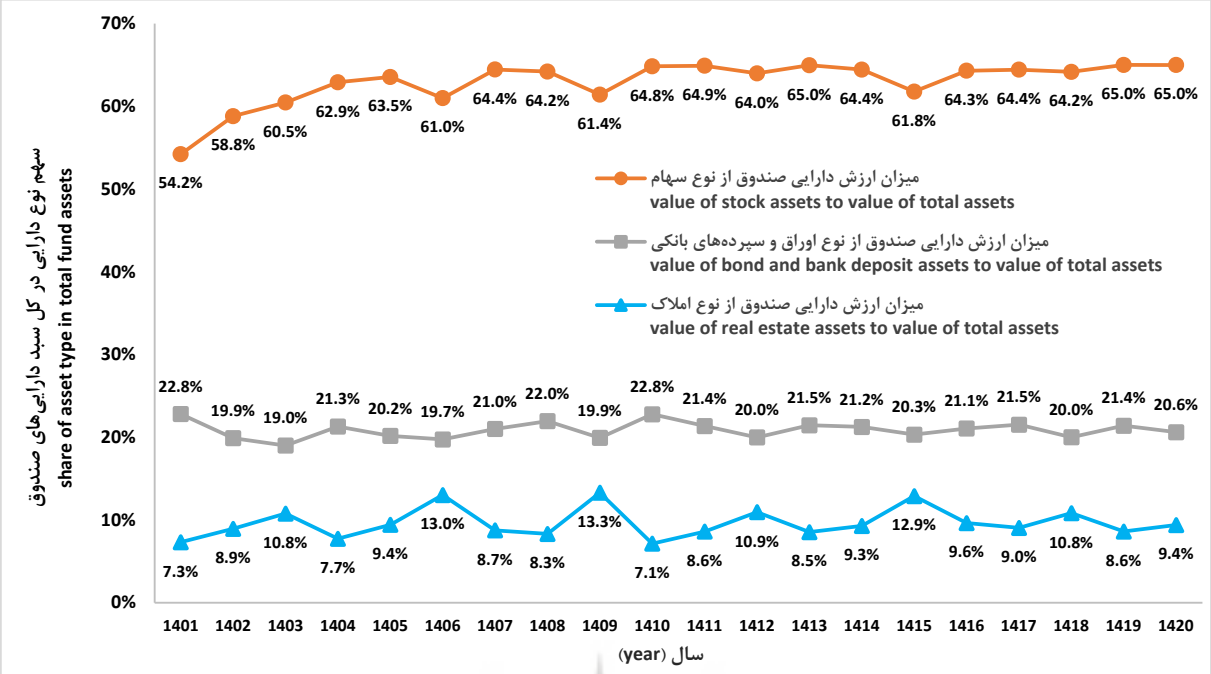
عمدتاً سرمایه‌گذاری در سهام با درنظرگرفتن سقف سیاستی صندوق برای سرمایه‌گذاری در این نوع از دارایی بوده است.

بعد از صحت‌سنجی رفتار مدل برنامه‌ریزی، در گام دوم، مدل یادشده برای مدل‌سازی تخصیص منابع طی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۲۰ مورد استفاده قرار گرفته است. تعداد سناریوهای درنظرگرفته شده برای حالات مختلف پیش‌بینی بازدهی طبقات دارایی‌ها باید از یک‌سو، به اندازه‌ای باشد که میانگین نتیجه به‌دست‌آمده پایدار و قابل‌اطمینان باشد و از سوی دیگر، به اندازه‌ای باشد که انجام محاسبات برای آن مقدور باشد. بعد از تولید ۳۰۰ سناریو برای پیش‌بینی بازدهی طبقات مختلف دارایی و با لحاظ‌کردن سیاست‌های سرمایه‌گذاری و مدیریتی صندوق مورد مطالعه، شامل سقف ۶۵ درصدی سهام، سقف ۱۵ درصدی املاک و مستغلات، سهم حداقل ۱۹ درصدی برای اوراق و سپرده‌های بانکی و سهم حداقل پنج درصدی برای موجودی نقدی از مجموع کل دارایی‌های صندوق در نظر گرفته شد. نتایج کلی استفاده از مدل برنامه‌ریزی برای تخصیص منابع صندوق به دارایی‌های مختلف در نمودار ۲ نشان داده شده است.

بررسی نتایج مدل برنامه‌ریزی برای طبقات دارایی نشان می‌دهد که پیش‌بینی مدل برای تخصیص منابع سرمایه‌گذاری صندوق به گروه سهام از ۵۴/۲ درصد تا ۶۵ درصد، به گروه اوراق و سپرده‌های بانکی از ۱۹ درصد تا ۲۲/۸ درصد و به گروه املاک و مستغلات از ۷/۱ درصد تا ۱۳/۳ درصد نسبت به ارزش کل دارایی‌ها در طی سال‌های پیش‌بینی متغیر بوده است. همچنین محدودیت مربوط به حداقل میزان موجودی نقدی در صندوق در تمام سال‌های یادشده توسط مدل رعایت شده است و تمام سناریوهای اجراشده به جواب شدنی (Feasible) منتج شده‌اند.

ازآنجاکه تابع هدف در مدل برنامه‌ریزی تصادفی، حداکثرسازی ارزش دارایی‌های صندوق براساس سناریوهای مختلف بازدهی طبقات مختلف دارایی بوده است، بررسی نتایج مدل نشان می‌دهد که با لحاظ‌نمودن تمامی محدودیت‌های تعریف‌شده در مدل، ارزش کل دارایی‌های صندوق در هر سال به‌طور متوسط به میزان ۵۶ درصد رشد داشته است که با توجه به نرخ‌های بازدهی مرسوم در کشور، رشد قابل‌قبولی تلقی می‌شود. از سوی دیگر، درصورتی‌که مدیریت سرمایه‌گذاری صندوق قادر به تغییر رویه در وضع فعلی و استفاده از روش‌های علمی برای مدیریت پرتفوی سرمایه‌گذاری خود نباشد، عملاً تمام مصارف صندوق برای پرداخت مستمری به بازنشستگان از طریق منابع کمکی دولت تأمین خواهد شد و ماهیت وجودی صندوق و مأموریت اصلی آن برای حفظ و سرمایه‌گذاری دارایی‌های بین‌نسلی مورد سؤال خواهد بود.

نتایج حاصله از مدل برنامه‌ریزی تصادفی نشان می‌دهد پاسخ به سؤال پژوهش مبنی بر اینکه «آیا می‌توان مدلی برای مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌های صندوق‌های بازنشستگی با استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای مبتنی بر ریسک طراحی نمود به‌نحوی که ترکیب بهینه پرتفوی سرمایه‌گذاری صندوق را در بازه زمانی مشخص پیش‌بینی نماید؟»، مثبت است و همچنان با درنظرگرفتن محدودیت‌های سیاستی و مدیریتی صندوق می‌توان مدیریت سرمایه‌گذاری صندوق را به‌نحوی انجام داد که ارزش دارایی‌های صندوق در هر سال رشد قابل‌قبولی داشته باشد تا بتوان



نمودار ۲: نتایج اجرای مدل برنامه‌ریزی تصادفی برای پیش‌بینی تخصیص منابع صندوق

Fig. 2: Results of implementing proposed stochastic programing model for allocation of the Fund assets

امیدوار بود که طی چند سال آینده، وابستگی صندوق به کمک دولت برای پرداخت مستمری بازنشستگان روند کاهشی داشته باشد و نهایتاً در دوره زمانی معقولی استفاده از اعتبارات یادشده منتفی گردد.

نتایج و بحث

پژوهش به‌منظور تدوین مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای جهت به‌کارگیری در فرایندهای مدیریت دارایی و بدهی صندوق‌های بازنشستگی انجام شد و مدل پیشنهادی برای مطالعه موردی صندوق بازنشستگی کشوری مورد استفاده قرار گرفت. مدل طی دو دوره شامل سال‌های بین ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ و سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۲۰ پیاده‌سازی گردید؛ در دوره اول، با لحاظ‌کردن اعداد واقعی بازدهی انواع دارایی‌های صندوق، مدل مورد آزمون قرار گرفت و نتایج آن حاکی از عدم اتخاذ استراتژی مناسب سرمایه‌گذاری توسط صندوق یادشده است و ماحصل سرمایه‌گذاری نامناسب صندوق، کاهش ارزش دارایی‌ها، عدم استفاده بهینه از منابع ورودی صندوق، وابستگی بیشتر به منابع بودجه عمومی و فاصله‌گرفتن از ماهیت واقعی صندوق (سرمایه‌گذاری بین‌نسلی) است. به‌عبارت دیگر، اجرای مدل در دوره اول نشان داد که امکان تخصیص منابع سرمایه‌ای به‌نحوی که ارزش کل دارایی‌های صندوق رشد بهتری نسبت به وضع موجود داشته، میسر بوده است. اجرای مدل در دوره دوم (سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۲۰)، با درنظرگرفتن محدودیت‌های سیاستی و مدیریتی صندوق در سرمایه‌گذاری و تولید سناریوهای بازدهی طبقات مختلف دارایی‌های صندوق انجام گرفت و نتایج آن نشان داد که مدل قادر بود راه‌حل بهینه برای مدیریت پرتفوی سرمایه‌گذاری را با لحاظ‌نمودن تمامی محدودیت‌های مزبور پیدا نماید و براساس محاسبات صورت‌گرفته برای ارزش در معرض ریسک، با احتمال ۵ درصد به‌طور متوسط حدود ۲/۳ درصد از ارزش کل پرتفوی صندوق در معرض ریسک قرار دارد که می‌توان نتیجه گرفت جواب‌های پیشنهادی مدل قابل‌قبول تلقی می‌شود.

مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از مدل توسعه‌یافته در این پژوهش با مطالعات مشابه قبلی (Mukalazi *et al.*, 2021; Andongwisye *et al.*, 2018; Consigli et al., 2018; De Oliveira *et al.*, 2017)، نشان از همخوانی نتایج حاصله دارد؛ در مطالعه صندوق بازنشستگی کشور اوگاندا، مدل قادر به تعیین ترکیب بهینه پرتفوی سرمایه‌گذاری شامل اوراق قرضه دولتی، اوراق قرضه شرکتی، سپرده‌های بانکی، سهام و وام بوده و ارزش کل دارایی‌های صندوق، طی افق زمانی ۵۰ ساله بالغ بر ۴۰ برابر شده است. در مطالعه صندوق بازنشستگی کشور تانزانیا نیز مدل با درنظرگرفتن تعهدات آتی صندوق و با هدف حفظ پایداری مالی صندوق، در افق زمانی ۵۰ ساله، ارزش دارایی‌های صندوق را به حدود ۴۰ برابر رسانده است و پیشنهادهایی برای اصلاح قوانین جهت کنترل تعهدات و تنظیم مقررات برای سرمایه‌گذاری صندوق‌ها ارائه شده است. در مطالعه صندوق بازنشستگی کشور برزیل، با هدف اصلی حداکثرسازی ارزش کل دارایی‌های صندوق و درنظرگرفتن شاخص‌های پایداری مالی، ریسک و قیود مقرراتی،

نشان داده شد که کاهش احتمالی نرخ‌های بازدهی در سال‌های آینده، مدیران صندوق‌های بازنشستگی را مجبور خواهد کرد تا استراتژی‌های پرتفوی سرمایه‌گذاری خود را تغییر دهند، به‌گونه‌ای که برای دستیابی به جریان نقدی مورد نیاز ریسک بیشتری تحمل کنند تا تعهدات را پوشش داده و قیود تنظیم‌گیری رعایت گردد؛ و نهایتاً در مطالعه صندوق بازنشستگی که با کمبود نقدینگی برای ایفای تعهدات خود مواجه بود، استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی برای مدیریت دارایی - بدهی صندوق طی دوره زمانی ۲۰ ساله توانست پایداری مالی صندوق را تقویت نماید به‌نحوی که بعد از ۱۵ سال، منابع مازاد نسبت به مصارف مورد نیاز داشته باشد.

جمع‌بندی و پیشنهادها

با توجه به نتایج حاصله از پژوهش و مقایسه آن با نتایج تحقیقات مشابه، می‌توان برای سؤال پژوهش پاسخ مثبت ارائه نمود و بیان کرد که امکان استفاده از مدلی برای مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌های صندوق‌های بازنشستگی با استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای مبتنی بر ریسک برای دست‌یابی به ترکیب بهینه پرتفوی سرمایه‌گذاری صندوق در یک بازه زمانی مشخص وجود دارد. البته باید توجه داشت که در حال حاضر، برخلاف بسیاری از کشورهای دنیا، در ایران نهاد تنظیم‌گر برای مدیریت صندوق‌های بازنشستگی در کشور وجود ندارد و لذا الزام قانونی برای استفاده از مدل‌های علمی برای مدیریت سرمایه‌گذاری صندوق‌های یادشده وجود ندارد؛ با توجه به نتایج مثبت این پژوهش و همچنین سوابق قبلی پژوهش در ایران و خارج از ایران، پیشنهاد می‌شود در قوانین بالادستی کشور ایجاد نهادی فنی و تخصصی با هدف تنظیم‌گری، نظارت بر اصول، قواعد و محاسبات بیمه‌ای و سرمایه‌گذاری و اطمینان از تأمین پایداری مالی و حفاظت از دارایی‌های بین‌نسلی صندوق‌های بازنشستگی، با عضویت متخصصان عالی‌رتبه و نمایندگان دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط، پیش‌بینی شود و تمامی صندوق‌های بازنشستگی کشوری ملزم به رعایت مقررات و دستورالعمل‌های صادره نهاد مزبور باشند.

پژوهش حاضر با رویکرد حداکثرسازی سود به حاصل از سرمایه‌گذاری منابع موجود در صندوق بازنشستگی بوده و به تبع آن حداکثرسازی ارزش دارایی‌های صندوق در بازه زمانی بلندمدت انجام شده است. با توجه به اینکه مطالعه موردی این پژوهش (صندوق بازنشستگی کشوری) در وضعیت فعلی قادر به تأمین منابع لازم برای مصارف سالیانه خود نبوده و حدود ۹۰ درصد از منابع لازم توسط اعتبارات کمکی دولت تأمین می‌شود، یکی از محدودیت‌های پژوهش عدم درنظرگرفتن وضعیت و پیش‌بینی مصارف صندوق در بازه زمانی مورد مطالعه است؛ لذا، پس از پیاده‌سازی مدل موضوع این پژوهش در صندوق یادشده، به‌عنوان پیشنهاد موضوع پژوهش آتی می‌توان در ضوابط مدل برنامه‌ریزی، میزان تعهدات سالیانه صندوق نیز مد نظر قرار گیرد و براساس نتایج حاصله، پیشنهادهای بهبود برای نحوه مدیریت تعهدات صندوق نیز به دست آید.

مشارکت نویسندگان

این پژوهش مستخرج از رساله دکتری مژگان خانلو ساوجبلاغی است و بررسی مفاهیم و ادبیات موضوعی مرتبط با پژوهش، مطالعه و تلخیص پیشینه پژوهش، بررسی و مطالعه داده‌ها و تدوین مدل، کنترل صحت مدل و بحث و نتیجه‌گیری توسط وی انجام شده است. دکتر نوروز نورالهزاده به‌عنوان استاد راهنما و دکتر رویا دارابی به‌عنوان استاد مشاور در تمام مراحل انجام پژوهش، نظارت و راهبری داشتند.

تشکر و قدردانی

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

تعارض منافع

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

دسترسی آزاد

کپی‌رایت نویسنده(ها) ©2023: این مقاله تحت مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 اجازه استفاده، اشتراک‌گذاری، اقتباس، توزیع و تکثیر را در هر رسانه یا قالبی مشروط به درج نحوه دقیق دسترسی به مجوز CC منوط به ذکر تغییرات احتمالی بر روی مقاله می‌باشد. لذا به استناد مجوز مذکور، 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. درصورت عدم درج مطالب مذکور و یا استفاده فراتر از مجوز فوق، نویسنده ملزم به دریافت مجوز حق نسخه‌برداری از شخص ثالث می‌باشد.

به‌منظور مشاهده مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 به آدرس زیر مراجعه گردد:

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

یادداشت ناشر

ناشر نشریه پژوهشنامه بیمه با توجه به مرزهای حقوقی در نقشه‌های منتشر شده بی‌طرف باقی می‌ماند.

منابع

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]

Andongwisye, J.; Larsson, T.; Singull, M.; Mushi, A., (2018). Asset liability management for Tanzania: Pension funds by stochastic programming. Afrika Statistika., 13(3): 1733-1758 **(26 Pages)**.

Asanga, S.; Asimit A.; Badescu, A.; Haberman, S., (2014). Portfolio optimization under solvency constraints: A dynamical approach. N. Am. Actuarial. J., 18(3): 394-416 **(23 Pages)**.

Asimit, A.V.; Badescu, A.; Siu, T.K.; Zinchenko, Y., (2015). Capital requirements and optimal investment with solvency probability constraints. IMA. J. Manage. Math., 26(4): 345-375 **(31 Pages)**.

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)**.

Bradley, S.P.; Crane, D.B., (1972). A dynamic model for bond portfolio management. Manage. Sci., 19(2): 121-233 **(113 Pages)**.

Carino, D.R.; Kent, T.; Meyers, D.H.; Stacy, C.; Sylvanus, M.; Turner, A.L.; Watanabe, K.; Ziemba, W.T., (1994). The russell-yasuda kasai model: An asset/liability model for a Japanese insurance company using multistage stochastic programming. J. Appl. Anal., 24(1): 29-49 **(21 Pages)**.

Consigli, G.; Dempster, M.A.H., (1998). Dynamic stochastic programming for asset-liability management. Oper. Res., 81(1): 131-162 **(32 Pages)**.

Consigli, G.; Moriggia. V.; Benincasa, E.; Landoni, G.; Petronio, F.; Vitali, S.; Tria, M.; Skoric, M.; Uristani, A., (2018). Optimal multistage defined-benefit pension fund management. In Handbook of Recent Advances in Commodity and Financial Modeling.: 267-296 **(30 Pages)**.

Consiglio, A.; Saunders, D.; Zenios, S.A., (2006). Asset and liability management for insurance products with minimum guarantees: The UK case. J. Banking. Finance., 30(2): 645-667 **(23 Pages)**.

Consiglio, A.; Staino, A., (2012). A stochastic programming model for the optimal issuance of government bonds. Oper. Res., 193(1): 159-172 **(14 Pages)**.

Date, P.; Canepa, A.; Abdel-Jawad, M., (2011). A mixed integer linear programming model for optimal sovereign debt issuance. Eur. J. Oper. Res., 214(3): 749-758 **(10 Pages)**.

De Oliveira, A.D.; Filomena, T.P.; Perlin, M.S.; Lejeune, M.; De Macedo, G.R., (2017). A multistage stochastic programming asset-liability management model: An application to the Brazilian pension fund industry. Optim. Eng., 18(1): 349-368 **(20 Pages)**.

Dupacova, J.; Polıvka, J., (2009). Asset-liability management for Czech pension funds using stochastic programming. Oper. Res., 165(1): 5-28 **(24 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]

Frangos, C.; Zenios, S.A.; Yavin, Y., (2004). Computation of feasible portfolio controlstrategies for an insurance company using a discrete time asset/liability model. Math. Comput. Model., 40(3/4): 423-446 **(24 Pages)**.

Gay Jr, R.D., (2008). Effect of macroeconomic variables on stock market returns for four emerging economies: Brazil, Russia, India, and China. Int. Bus. Econ. Res. J. IBER., 7(3): 1-8 **(8 Pages)**.

Gençay, R.; Stengos, T., (1998). Moving average rules, volume and the predictability of security returns with feedforward networks. J. Forecasting., 17(5/6): 401-414 **(14 Pages)**.

Geyer, A.; Ziemba, W.T., (2008). The innovest austrian pension fund financial planning model InnoALM. Oper. Res., 56(4): 797-810 **(14 Pages)**.

Gulpinar, N.; Pachamanova, D., (2013). A robust optimization approach to asset-liability management under time-varying investment opportunities. J. Banking. Finance., 37(6): 2031-2041 **(11 Pages)**.

Hasannejad, M., (2018). Designing a model for projection of Tehran exchange return employing autoregressive moving average (ARMA) and autoregressive moving average with external inputs (ARMAX) models and assessing the performance thereof. Financ. Manage. Perspect., 8(22): 135-158 **(24 Pages)**. [In Persian]

Hilli, P.; Koivu, M.; Pennanen, T.; Ranne, A., (2007). A stochastic programming model for asset liability management of a Finnish pension company. Oper. Res., 152(1): 115-139 **(25 Pages)**.

Hussin, S.A.S.; Mitra, G.; Roman, D.; Ibrahim, H.; Zulkepli, J.; Aziz, N.; Ahmad, N.; Rahman, S.A., (2014). An asset and liability management (ALM) model using integrated chance constraints. AIP Conference Proceedings., 1635(1): 558-565 **(8 Pages)**.

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]

Jang, C.; Clare, A.; Owadally, I., (2021). Liability-driven investment for pension funds: Stochastic optimization with real assets. SSRN., -(-): 1-29 **(29 Pages)**.

Jóhannsson, S., (2016). Evaluation of pension fund assets and liabilities: Using variable versus fixed interest rates. MSC Thesis.

Josa-Fombellida, R.; Rincon-Zapatero, J.P., (2012). Stochastic pension funding when the benefit and the risky asset follow jump diffusion processes. Eur. J. Oper. Res., 220(2): 404-413 **(10 Pages)**.

Kallianta, M., (2016). Asset liability management. MSC Thesis.

Kouwenberg, R., (2001). Scenario generation and stochastic programming models for asset liability management. Eur. J. Oper. Res., 134(2): 279-292 **(14 Pages)**.

Leigh, W.; Hightower, R.; Modani, N., (2005). Forecasting the New York stock exchange composite index with past price and interest rate on condition of volume spike. Expert. Syst. Appl., 28(1): 1-8 **(8 Pages)**.

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)**.

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]

Mirhasani, S.A.; Hooshmand Khaligh, F., (2019). Stochastic programming. Amir Kabir University of Technology. [In Persian]

Mombeyni, H.; Hashempoor, M.; Roshandel, S., (2015). Proposing a novel model based on ARIMA technique for forecasting housing price: A case study of Tehran. J. Investment. Knowl., 4(1): 15-28 **(14 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(1): 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)**.

Mukuddem-Petersen, J.; Petersen, M.A., (2008). Optimizing asset and capital adequacy management in banking. J. Optim. Theory. Appl., 137(1): 205-230 **(26 Pages)**.

Mulvey, J.M.; Gould, G.; Morgan, C., (2000). An asset and liability management system for towers Perrin-Tillinghast. J. Appl. Anal., 30(1): 96-114 **(19 Pages)**.

Nkeki, C.I., (2018). Optimal pension fund management in a jump–diffusion environment: theoretical and empirical studies. J. Comput. Appl. Math., 330(1): 228-252 **(25 Pages)**.

Pachamanova, D.; Gülpınar, N.; Çanakoğlu, E., (2017). Robust approaches to pension fund asset liability management under uncertainty. Optim. Financ. Decis. Making. Under. Uncertainty., 245(1): 89-119 **(31 Pages)**.

Tanwar, J.; Vaish, A.K.; Rao, N.V.M., (2020). Mathematical modeling of asset liability management in banks using goal programming and AHP. India. J. Finance. Banking., 4(4): 1-19 **(19 Pages)**.

Uryasev, S.; Theiler, U.A.; Serraino, G., (2010). Risk-return optimization with different risk-aggregation strategies. J. Risk. Finance., 11(2): 129-146 **(18 Pages)**.

Valladao, D.M.; Veiga, A.; Veiga, G., (2014). A multistage linear stochastic programming model for optimal corporate debt management. Eur. J. Oper. Res., 237(1): 303-311 **(9 Pages)**.

Xu, W.; Gao, J., (2020). An optimal portfolio problem of DC pension with input-delay and jump-diffusion process. Math. Probl. Eng., 2020(1): 1-9 **(9 Pages)**.

Zenios, S.A.; Ziemba, W.T., (2006). Handbook of asset and liability management. Elsevier., 1/2.

Ziemba, W.T., (2003). The stochastic programming approach to asset, liability, and wealth management. AIMR., 1-208 **(208 Pages)**.

معرفی نویسندگان **AUTHOR(S) BIOSKETCHES**

مژگان خانلو ساوجبلاغی، دانشجوی دکتری رشته 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

نوروز نورالله‌زاده، 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، 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.; Nouralahzadeh, N.; Darabi, R., (2023). A multi-stage stochastic programming for asset - liability management in Civil Servants Pension Fund. Iran. J. Insur. Res., 12(2): 165-180.

DOI: 10.22056/ijir.2023.03.01

URL: https://ijir.irc.ac.ir/article_160298.html?lang=en

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی