E-ISSN: 2676-6159 | P-ISSN: 2538-5079

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 7, No. 2 (2022) 299-315.

Paper Type: Original Article

Multi-Objective Planning Model for Optimizing the Portfolio of Financial and Credit Institutions: A Case Study of Sistan and Baluchestan Agricultural Bank

Rouhollah Kiani Ghalehno[1] , Sadegh Niroomand[2,*] , Hosein Didekhani[1] , Ali Mahmoodirad [3]

[1] *Department of Industrial Engineering, Aliabad Katoul Branch, Islamic Azad University, Aliabad Katoul, Iran; rohollah.ghaleno@yahoo.com; h.didehkhani@gmail.com.*

[2] *Department of Industrial Engineering, Firouzabad Institute of Higher Education, Firouzabad, Fars, Iran; niroomand59@gmail.com.*

[3] *Department of Applied Mathematics, Masjed-Soleiman Branch, Islamic Azad University, Masjed-Soleiman, Iran; alimahmoodirad@gmail.com.*

Citation:

Kiani Ghalehno, R., Niroomand, S., Didekhani, H., & Mahmoodirad, A. (2022). Multi-objective planning model for optimizing the portfolio of financial and credit institutions: a case study of sistan and baluchestan agricultural bank. *Journal of decisions and operations research,* 7(2), 299-315.

Received: 21/11/2020 Reviewed: 18/01/2021 Revised: 21/02/2021 Accepted: 08/04/2021

Abstract

Purpose: Optimizing the negative balance of the financial portfolio of branches by observing the limits defined in the banking system of Iran.

Methodology: In recent years, several models have been proposed for the investment portfolio. In banks, Fundraising operations are carried out in parallel with investments. Attracting deposits and repaying loans are the main pillars of investment and form the basis of the resource and expenditure portfolio in the bank. In this research, a multi-objective planning model is designed to maximize returns and minimize risk.

Findings: The approach of the problem is such that by taking administrative and personnel costs and interest rates on deposits and facilities and exchange rates of the domestic market can offer a variety of portfolios. The branches select the appropriate portfolio as the goal and work plan according to their requirements.

Originality/Value: Due to the nature of the problem, which is hard nonlinear, the model is solved using NSGA-II evolutionary algorithm. The output of solving the problem is a set of optimal solutions on the Pareto frontier. Each of the portfolios is a strategic choice for the decision-maker, according to the level of return and risk.

Keywords: Portfolio, Financial and credit institutions, Return and risk, NSGA-II algorithm, Multi-objective model.

Corresponding Author: niroomand59@gmail.com

https://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1401.7.2.6.3

Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Journal of Decisions and Operations Research

تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۷، شماره (۲)، (۱۴۰۱)، ۳۱۵-۲۹۹

www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی

مدل برنامه‌ریزی چند هدفه برای بهینه‌سازی پرتفوی مالی واحدهای مؤسسات مالی و اعتباری: موردمطالعه بانک کشاورزی استان سیستان و بلوچستان

روح اله کیانی قلعه‌نو[۱]، صادق نیرومند[۲*]، حسین دیده‌خانی[۱]، علی محمودی‌راد[۳]

[۱]گروه مهندسی صنایع، واحد علی‌آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی‌آباد کتول، ایران.

[۲]گروه مهندسی صنایع، مرکز آموزش عالی فیروزآباد، فیروزآباد، ایران.

[۳]گروه ریاضی کاربردی، واحد مسجدسلیمان، دانشگاه آزاد اسلامی، مسجدسلیمان، ایران.

چکیده

هدف: بهینه‌سازی تراز منفی پرتفوی مالی شعب با رعایت محدودیت‌های تعریف شده در نظام بانکی ایران.

روش‌شناسی پژوهش: در سال‌های اخیر مدل‌های متعددی برای سبد سرمایه‌گذاری پیشنهاد شده است. در بانک‌ها، عملیات سرمایه‌پذیری به موازات سرمایه‌گذاری انجام می‌شود. جذب سپرده و پرداخت وام ارکان اصلی سرمایه‌پذیری و سرمایه‌گذاری هستند و اساس پرتفوی منابع و مصارف در بانک را شکل می‌دهند. در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه طراحی شده است که اهداف آن ماکزیمم‌سازی بازدهی و مینیمم‌سازی ریسک هستند.

یافته‌ها: رویکرد مسئله بگونه‌ای است که با اخذ هزینه‌های اداری و پرسنلی و نرخ‌های سود سپرده و تسهیلات و نرخ مبادلات بازار داخلی بتواند پرتفوهای متنوع پیشنهاد دهد. شعب متناسب با اقتضائات خود پرتفوی مناسب را به‌عنوان هدف و برنامه کاری انتخاب می‌کنند.

اصالت/ارزش افزوده علمی: به دلیل ماهیت مسئله، که غیرخطی سخت می‌باشد، مدل با استفاده از الگوریتم تکاملی *NSGA-II* حل شده است. خروجی حل مسئله، مجموعه‌ای از جواب‌های بهینه، روی مرز پاراتو می‌باشد. هر یک از پرتفوها، متناسب با میزان بازدهی و ریسک، یک انتخاب استراتژیک برای تصمیم‌گیرنده است.

کلیدواژه‌ها: پرتفوی، مؤسسات مالی و اعتباری، بازدهی و ریسک، الگوریتم *NSGA–II*، مدل چند هدفه.

۱- مقدمه

در کشورهای در حال توسعه یکی از رسالت‌های اصلی در مؤسسات مالی و اعتباری، بنگاه‌داری پول است. این مؤسسات، سپرده مشتریانی که توان ورود به بازار سرمایه را جهت کسب درآمد ندارند، جمع‌آوری و این وجوه را در اختیار مشتریان اعتباری که ایده و ظرفیت فعالیت در بازار سرمایه دارند، قرار می‌دهند. سود دریافتی از مشتریان اعتباری و سود واریزی به‌حساب سپرده‌گذاران و هزینه‌های اداری و پرسنلی عمده شاخص‌های محاسبه سود و زیان در تراز مالی می‌باشند. البته باید اشاره‌ای نیز به درآمد حاصل از ارائه خدمات بانکی داشت که در حال حاضر در بانک‌های ایرانی به نسبت درآمد از محل پرداخت تسهیلات مبلغ قابل‌توجهی نمی‌باشد. به‌موازات پشتیبانی مؤسسات مالی

* نویسنده مسئول

niroomand59@gmail.com

https://dorl.net/dor/20.1001.1.25385097.1401.7.2.6.3

و اعتباری از بازار سرمایه که با اخذ سود از مشتریان گیرنده تسهیلات همراه است و از محل سپرده‌های جذب‌شده با سود پرداختی است، رسالت دیگر مؤسسات مالی و اعتباری را می‌توان دریافت وجوه بدون انتظار سود از برخی مشتریان و پرداخت تسهیلات بدون سود به مشتریان نیازمند برشمرد که این رفتار در نظام بانکی ایران قرض‌الحسنه نامیده می‌شود. در این‌گونه موارد مؤسسات صرفا به دریافت کارمزد خدمات بانکی از گیرنده تسهیلات اکتفا نموده و بعضاً جوایزی برای سپرده‌گذاران قرض‌الحسنه در نظر می‌گیرند.

مدیریت پرتفوی منابع حاصل از سپرده پذیری و مصارف تسهیلاتی، متناسب با ظرفیت اداری و پرسنلی و همچنین کنترل تراز مثبت مالی ضرورت دارد. بدین منظور استفاده از روش‌های بهینه‌سازی برای ارائه یک برنامه عملیاتی به واحدهای زیرمجموعه این مؤسسات الزامی می‌باشد. مارکوویتز[1] (۱۹۵۲) ادبیات مالی با بیشینه‌سازی بازدهی و کمینه‌سازی ریسک را معرفی نمود و مدل‌های اولیه را در حالت‌های مختلف ارائه کرد. حالتی که تابع هدف، بیشینه‌سازی بازدهی و محدودیت مسئله، کمینه‌سازی ریسک به میزان مقدار مشخصی باشد. حالتی دیگر که تابع هدف، کمینه‌سازی ریسک و محدودیت بیشینه‌سازی بازدهی از یک مقدار مشخص باشد. سپس دو مدل توسط ایشان و سایر پژوهش‌گران توسعه داده شده است.

در بانک‌های ایران به دلیل وجود محدودیت‌ها و سیاست‌گذاری‌ها، روند کار مؤسسات مالی و اعتباری تابع ضوابطی است. لذا به‌موازات دو هدف بازدهی بیشتر و ریسک کمتر، رعایت سیاست‌گذاری‌ها که درواقع محدودیت‌های مسئله هستند، باید موردتوجه قرار گیرند. لذا کنترل و هدایت رفتار مالی باوجود اهداف و محدودیت‌های اشاره‌شده نیازمند تعیین پرتفویی خواهد بود که بتواند منابع ورودی که همواره با هزینه روبرو است، مقرون‌به‌صرفه و مصارف را هوشمندانه انجام دهد. این مقاله جریان منابع و مصارف را در مؤسسات مالی و اعتباری مدل‌سازی خواهد نمود و با حل مدل با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی پرتفوی‌های مناسب را پیشنهاد خواهد داد. هدف‌گذاری در طراحی مدل به‌گونه‌ای بوده است که با ارائه پرتفوی‌های متنوع کارا در خروجی، فرصت انتخاب با لحاظ استراتژی‌های کیفی برای تصمیم‌گیرنده فراهم شود.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

مارکوویتز (۱۹۵۲) با انتشار مقاله خود مدل پایه پرتفوی سرمایه‌گذاری را که مبنایی برای توسعه مدل‌های بهینه‌سازی پرتفوی مالی می‌باشد، ارائه نمود و در آن زمان توانست دقت تصمیم‌گیری در سبد سرمایه‌گذاری را افزایش دهد. او در مدل خود از دو معیار بازده و ریسک به همراه محدودیت‌هایی که برای بودجه وجود دارد استفاده نموده و واریانس را به‌عنوان معیار محاسبه ریسک پیشنهاد کرد. سپس به دلیل وجود انحراف مطلوب و نامطلوب در ماهیت واریانس، معیار نیم‌واریانس که تنها به انحراف نامطلوب توجه داشت پیشنهاد داد. شارپ[2] (۱۹۶۳) استفاده عملی در بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری را توسعه داد و توانست مدل تک‌شاخصی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری سبد سرمایه گذاری ارائه نماید. پس‌ازآن باهدف امکان بررسی عوامل غیر بازاری که عملاً در قیمت اوراق بهادار تأثیرگذار است، مدل‌های چندشاخصی مطرح شد. چن و همکاران[3] (۱۹۸۶) اولین مدل چند متغیره در ارتباط با بازده سهام را ارائه کردند. بری و مکرای[4] (۱۹۸۸) مقالاتی برای بسط مدل پیشنهادی چن و همکاران (۱۹۸۶) به چاپ رساندند. به‌موازات فعالیت‌های علمی اشاره‌شده توسط سالومون[5] (۱۹۸۶) مدلی با هفت متغیر برای بهینه‌سازی سبد سهام ارائه شد. نتایج نشان داده شده است استفاده از مدل‌های چند شاخصه موجب انتخاب‌های بهتر برای سبد سرمایه‌گذاری شده است. کونو و یامازاکی[6] (۱۹۹۱) مدلی بر پایه برنامه‌ریزی خطی برای بهینه‌سازی سبد سهام ارائه نمود که در آن قدرمطلق انحرافات را به‌عنوان معیار محاسبه ریسک در مدل پایه معرفی کرد. فنستین و تاپا[7] (۱۹۹۳) میانگین قدرمطلق انحرافات را به‌عنوان معیار محاسبه ریسک استفاده نموده است. اسپرانزا[8] (۱۹۹۶) مدلی از برنامه‌ریزی مختلط ارائه نمود و آن را در بازار سهام میلان ایتالیا به کار گرفت. او از معیارهایی مانند هزینه‌های معاملات و هدف‌گذاری برای به حداقل رساندن واحدهای معاملاتی استفاده نمود. او از نیم قدرمطلق انحراف به‌عنوان معیار محاسبه ریسک استفاده کرد و برای حل مدل خود الگوریتمی فرا ابتکاری طراحی نمود. یونگ[9] (۱۹۹۸) مدل برنامه‌ریزی خطی برای بهینه‌سازی پرتفوی ارائه نمود که در آن بدترین سناریو برای ریسک مدنظر قرار گرفت و مدل باهدف حداقل نمودن این سناریو طراحی شده است.

---

[1] Markowitz
[2] Sharp
[3] Chen et al.
[4] Berry and Mcelroy
[5] Salomon
[6] Konno and Yamazaki
[7] Feinstein and Thapa
[8] Speranza
[9] Young

کیانی قلعه‌نو و همکاران/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۷، شماره ۲، تابستان، صفحه: ۳۱۵-۲۹۹

کانسیگلی[۱] (۲۰۰۲) ارزش در معرض خطر را به‌عنوان معیار محاسبه ریسک معرفی کرد. هوانگ[۲] (۲۰۰۶) شانس را به‌عنوان معیار محاسبه ریسک انتخاب نمود. هوانگ[۳] (۲۰۰۸) آنتروپی منحنی ریسک را به‌عنوان معیار محاسبه ریسک معرفی نمود. راکفلر و یوریاسف[۴] (۲۰۰۲) ارزش در معرض خطر میانگین را برای محاسبه ریسک پیشنهاد داد. این معیار محاسبه ریسک باهدف ارائه اطلاعات درباره شدت زیان بیش از سطح احتمال موردنظر و توجه به تنوع‌بخشی ارائه شده است. چانگ و همکاران [۵] (۲۰۰۰) برای بهینه‌سازی سبد سهام سرمایه‌گذاری مدلی پارامتریک و غیرخطی ارائه کردند که با توجه با درجه ۲ بودن تابع هدف ناگزیر به استفاده از الگوریتم های تکاملی و فرا ابتکاری برای حل مدل شدند. پالمکویست و همکاران[۶] (۱۹۹۹) برای محاسبه ریسک از ارزش در معرض خطر (*CVar*) استفاده کردند و مدل برنامه‌ریزی خطی ارائه کردند. پاپاریستودولو و دوتزار[۷] (۲۰۰۴) با حذف خصوصیات واقعی و عملیاتی که در مدل پیشنهادی قبلی توانست آن را به یک مدل برنامه‌ریزی خطی تبدیل کند که درعین‌حال که از منظر علمی کار باارزشی محسوب می‌شود اما جای بحث و نقد دارد. مانسینی و همکاران [۸] (۲۰۰۳) مدل‌هایی جهت بهینه‌سازی سبد سهام ارائه نمودند که به‌وسیله برنامه ریزی خطی قابل‌حل بود. متاکسیتیس و لیاگ کوراس[۹] (۲۰۱۲) مدل برنامه‌ریزی خطی برای بهینه‌سازی سبد سهام ارائه نمود و برای حل مدل به جهت آنکه مدل چندهدفه طراحی شده بود از الگوریتم‌های تکاملی برای حل آن استفاده نمود. پونیچ و همکاران [۱۰] (۲۰۱۲) به‌صورت مشابه تابع چندهدفه برای بهینه‌سازی سبد سهام ارائه و برای حل آن از الگوریتم‌های تکاملی استفاده نمودند. رحمانی و همکاران [۱۱] (۲۰۱۹) شرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار تهران از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ را موردبررسی قرار دادند و مدل بهینه‌سازی سبد سهام را با استفاده از سه الگوریتم فرا ابتکاری حل نمودند. یافته‌ها نشان داد که الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم‌های ژنتیکی و کلونی مورچه‌ها دارد. خدامرادی و همکاران [۱۲] (۲۰۲۰) برای بهینه‌سازی سهام از مدل *MAD* در محیط غیرقطعی استفاده کرده‌اند. در این پژوهش در تابع هدف از ترکیب خطی بازدهی و ریسک استفاده شده است. اسعدی[۱۳] (۲۰۱۹) تشکیل پرتفویی از دارایی‌ها را یکی از روش‌های کاهش ریسک سرمایه‌گذاری معرفی نموده است و برای این منظور اثرگذاری و اثرپذیری نسبت‌های مالی نسبت به یکدیگر را با استفاده از روش دیمتل بررسی و از روش تحلیل شبکه برای مشخص شدن اهمیت شاخص‌ها و تعیین وزن آن‌ها استفاده نموده است. لبافی و همکاران[۱۴] (۲۰۲۰) برای بهینه‌سازی دارایی‌ها و بدهی‌های بانک ملی ایران در شرایط عدم اطمینان، با رویکرد مدل برنامه‌ریزی کسری، الگوی ریاضی ارائه نموده است. خواجه زاده و شاهوردیان[۱۵] (۲۰۲۰) باهدف ایجاد بهینه سبد سهام با استفاده از الگوریتم رگرسیون لبه، اقدام به پیش‌بینی بازده سهام نموده است و باهدف دستیابی به سبد بهینه سهام با تمایلات ریسک‌پذیری و ریسک گریزی از الگوریتم فرا ابتکاری فرهنگی استفاده شده است.

به جهت آنکه در مؤسسات مالی و اعتباری سرمایه‌گذاری و سرمایه پذیری توأمان انجام می‌شود. تأثیر عوامل سرمایه پذیری بر سرمایه‌گذاری و به‌عکس آن مشهود است. در این پژوهش برای دستیابی به پرتفوی بهینه‌سازی منابع و مصارف، با لحاظ محدودیت‌های موجود بین عوامل تشکیل‌دهنده منابع و مصارف، مدل ریاضی طراحی و با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری حل می‌شود.

۳- سوالات پژوهش

سوالاتی که این تحقیق در پی یافتن آن‌هاست بدین شرح است.

- *چه وابستگی‌هایی بین منابع و مصارف از حیث سرمایه پذیری و سرمایه‌گذاری در مؤسسات مالی و اعتباری وجود دارد؟*
- *چگونه می‌توان پرتفوی منابع و مصارف را با لحاظ محدودیت‌های موجود در مؤسسات مالی و اعتباری، در قالب مدل ریاضی بهبود بخشید؟*
- *چگونه می‌توان پرتفوی‌های کارای متنوع، به مؤسسات مالی و اعتباری پیشنهاد داد؟*

---

[10] Consigli
[11] Huang
[12] Huang
[13] Rockafellar and Uryasev
[1] Chang et al.
[2] Palmquist et al.
[3] Papahristodoulou and Dotzauer
[4] Mansini et al.
[5] Metaxiotis and Liagkouras
[6] Ponsich et al.
[7] Rahmani et al.
[8] Khodamoradi et al.
[9] Asadi
[10] Labafi et al.
[11] Khajehzadeh and Shahverdiani

۴- روش پژوهش

از دیدگاه هدف، این پژوهش در قالب تحقیقات کاربردی قرار دارد. داده‌های این پژوهش از جامعه مؤسسات مالی و اعتباری استخراج شده است لذا می‌توان تحقیق را توصیفی، پیمایشی قلمداد نمود. مقداردهی به پارامترهای مسئله از دو جنبه عمومی و اختصاصی انجام شده است. برای مقداردهی به پارامترهای عمومی مسئله از نرخ‌های سود بانکی بر مبنای نرخ‌های مصوب شورای پول و اعتبار استفاده شده است و برای مقداردهی به پارامترهای اختصاصی ازجمله هزینه‌های عملیاتی از اطلاعات بانک کشاورزی ایران که مورد مطالعاتی پژوهش است بهره گرفته شده است. محدودیت‌ها، بر اساس اقتضائات بانک‌ها در دنیای واقعی در مسئله جانمایی و برای حل مدل مسئله، از الگوریتم پرکاربرد و قدرتمند *NSGA-II* استفاده شده است. الگوریتم *NSGA-II* که نسخه دوم روش بهینه‌سازی *NSGA* است و توسط اسرینیواس و دِب[1] (۲۰۰۰) ارائه شده بود، برای حل مسائل بهینه‌سازی چندهدفه معرفی نمودند. الگوریتم فرا ابتکاری *NSGA-II* را می‌توان الگوی شکل‌گیری و معرفی بسیاری از الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندهدفه دانست. برای توابع چندهدفه که جواب‌ها ماهیت چندبعدی دارند و رتبه‌بندی نیازمند مدنظر قراردادن ابعاد جواب‌های بدست آمده است، این الگوریتم کاربرد مطلوبی دارد. در ادامه به دلایل استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری در این پژوهش اشاره می‌شود.

- *مدل‌های پرتفوی سبد سرمایه‌گذاری در گروه مدل‌های MP-Hard دسته بندی شده و برای حل آن‌ها از روش‌های فرا ابتکاری استفاده می‌شود.*
- *از مزایای روش‌های فرا ابتکاری امکان محاسبه مرز پاراتو جواب است، برای حل به روش کلاسیک ناگزیر به تبدیل مسئله به تابع یک‌هدفه می‌باشد و ضرورت دارد به ازای ترکیب‌های خطی متنوع (لانداهای متفاوت) مسئله چندین بار حل شود. در روش‌های فرا ابتکاری امکان حل مسئله با بیش از یک هدف وجود دارد و جواب‌های روی مرز پاراتو، هیچ‌یک بر دیگری برتری نداشته و به‌تناسب اقتضائات تصمیم‌گیرنده می‌تواند هر یک از پاسخ‌های روی مرز پاراتو را به‌عنوان یک هدف استراتژیک انتخاب نماید. این موضوع برای پرتفوی مؤسسات مالی و اعتباری کاملا کاربردی است چراکه فرصت انتخاب نزدیک‌ترین پرتفوی، متناسب با شرایط و اقتضائات، مهیا خواهد شد.*

۵- بیان مسئله

در نظر است برای یک موسسه مالی و اعتباری پرتفوی مناسب از ترکیب سپرده و تسهیلات محاسبه شود. بابت انواع سپرده‌ها نرخ‌های متفاوت هزینه سود پرداختی به بانک متحمل می‌شود و بابت پرداخت تسهیلات متناسب با نوع قرارداد، نرخ‌های متفاوت درآمدی حاصل می‌شود. علاوه بر موارد فوق هزینه اداری و پرسنلی مبلغی قابل‌توجه می‌باشد و کارمزدهای خدمات بانکی بدین منظور از مشتریان اخذ می‌شود که الزاما هزینه‌های اداری و پرسنلی را پوشش نخواهد داد؛ بنابراین موسسه نیازمند پرتفویی مناسب از ترکیب سپرده و وام است تا علاوه بر تراز مثبت در هزینه و درآمد (حاصل از سود پرداختی و سود دریافتی) بتواند با دخیل کردن هزینه‌های اداری پرسنلی و کارمزد اخذشده بازدهی مثبت داشته باشد. از سوی دیگر تغییرات در انواع مختلف سپرده که دارای نرخ سود پرداختی متفاوت می‌باشد بازدهی پرتفوی را با ریسک عدم تحقق بازدهی مورد انتظار مواجه خواهد ساخت. چراکه برنامه پرداخت متناسب با پرتفوی مورد انتظار صورت خواهد گرفت و درآمد حاصل از آن مشخص است و چنانچه سپرده پذیری تغییرات زیادی داشته باشد نوسانات سود پرداختی نیز به‌تبع آن زیاد خواهد شد و بازدهی را تحت الاشعاع قرار خواهد داد؛ بنابراین پرتفوی باید در کنار بازدهی ریسک آن را نیز در نظر گرفته و کاهش دهد.

مؤسسات با برخی محدودیت‌ها نیز روبرو هستند. پرداخت نوع خاصی از تسهیلات باید متناسب با سپرده‌ای خاص باشد که در نظام بانکی ایران از آن به‌عنوان سپرده و تسهیلات قرض‌الحسنه یاد می‌کنند. بلوکه شدن ۱۰% از کل سپرده جذب‌شده نزد بانک مرکزی از دیگر محدودیت‌های مؤسسات مالی و اعتباری می‌باشد. چنانچه در سررسید تسهیلات مؤسسات، نتوانند طلب وام خود را وصول نمایند، باید مبلغی از آن را به‌عنوان هزینه در تراز خود منظور کنند. از طرفی لازم است بین وام پرداختی و سپرده جذب‌شده توازن وجود داشته باشد و در صورت عدم توازن مؤسسات در بازار داخلی بین بانکی، کسری و مازاد را تامین خواهند نمود که نرخ سود آن ثابت و توسط بانک مرکزی مشخص می‌شود.

علاوه بر محدودیت‌های بیان‌شده، دو محدودیت زیرساختی دیگر نیز برای پرتفوی مالی باید موردتوجه قرار گیرد. اول آنکه بین هزینه‌های اداری و پرسنلی که می‌توان از آن به‌عنوان هزینه‌های ثابت یاد کرد، با مجموع سپرده‌های جذب‌شده رابطه معنی‌داری وجود داشته باشد. دوم

[1] Srinivas and Deb

آنکه نباید نرخ برآیند سود دریافتی از تسهیلات کمتر از نرخ سود ثابت تعیین‌شده در بانک مرکزی باشد، چراکه در غیر این صورت مؤسسات الزامی به پذیرش مخاطرات وام پرداختی نخواهند داشت و می‌توانند آن را در بازار داخلی عرضه نمایند.

۱-۵- مدل ریاضی

متغیرهای مدل در دو بخش سرمایه پذیری (جذب منابع سپرده‌ای) و سرمایه‌گذاری (پرداخت تسهیلات) تفکیک شده‌اند که به ترتیب از نمادهای $X = (x_i|i = 1 \dots n)$ و $Y = (y_j|j = 1 \dots m)$ استفاده شده است. به دلیل وجود بازار داخلی و امکان خریدوفروش منابع سپرده‌ای، دو متغیر اخذ منابع استقراضی x_F و واگذاری آزاد منابع y_F تعریف شده است. نماد F به دلیل ثابت بودن نرخ خریدوفروش منابع در بازار داخلی انتخاب شده است.

نرخ‌های سود انواع سپرده و تسهیلات، پارامترهای مسئله هستند که به ترتیب از نمادهای $V = (v_i|i = 1 \dots n)$ و $W = (w_j|j = 1 \dots m)$ استفاده شده است. نرخ‌های سود سپرده و تسهیلات، متناظر با مبلغ گونه‌های متفاوت سپرده‌ای و تسهیلاتی دارای اندیس i,j می‌باشد.

علاوه بر هزینه و درآمد ناشی از جذب منابع و پرداخت تسهیلات بانکی، مؤسسات دارای هزینه‌های اداری، پرسنلی هستند که می‌توان آن را در گروه هزینه‌های ثابت طبقه‌بندی کرد. همچنین بابت ارائه خدمات بانکی به مشتریان از ایشان کارمزد دریافت می‌شود. چنانچه بانک نتواند در موعد مقرر مطالبات خود را وصول نماید، هزینه استهلاک مطالبات غیرجاری برای آن در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۱- مدل ریاضی.
Table 1- Mathematical model.

اندیس‌ها	i	انواع سپرده‌ها.
	j	انواع تسهیلات/ وام.
پارامترها	v_i	نرخ سود پرداختی سپرده نوع i.
	w_j	نرخ سود دریافتی تسهیلات/ وام نوع j.
	v_F	نرخ ثابت هزینه تامین مالی (بابت استقراض منابع از بازار داخلی).
	w_F	نرخ ثابت درآمد تامین مالی (بابت تزریق منابع مازاد به بازار داخلی).
	FC	هزینه‌های ثابت اداری و پرسنلی.
	R_e	نرخ کارمزد دریافتی بابت ارائه خدمات بانکی.
	σ_j	نرخ پرداختی بابت هزینه مطالبات معوق نوع j.
متغیرها	x_i	مبلغ سپرده نوع i.
	y_j	مبلغ تسهیلات/وام نوع j.
	x_F	مبلغ خرید کسری منابع از بازار داخلی.
	y_F	مبلغ فروش منابع مازاد در بازار داخلی.

$$max\left(\sum_{j=1}^{m}(w_j-\sigma_j+R_e)y_j-\sum_{i=1}^{n}(v_j-R_e)x_j-fixcost-v_Fx_F+w_Fy_F\right). \quad (۱)$$

$$min\left(\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\left((w_j-\sigma_j)y_j-\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}(w_j-\sigma_j)y_j\right)^2+\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(v_ix_i-\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}v_ix_i\right)^2 + \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\left(y_j-\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}y_j\right)^2+\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i\right)^2\right). \quad (۲)$$

s.t:

$$90\% * x_1 > y_1 > 50\% * x_1. \quad (۳)$$

$$y_2 = 10\% * \sum_{i=1}^{n} x_i . \quad (۴)$$

$$x_F \geq \sum_{i=1}^{n} y_j - \sum_{j=1}^{m} x_i . \quad (۵)$$

$$y_F \geq \sum_{i=1}^{n} x_i - \sum_{j=1}^{m} y_j . \quad (۶)$$

$$x_F + y_F = \left| \sum_{j=1}^{m} y_j - \sum_{i=1}^{n} x_j \right|. \tag{۷}$$

$$\left(\sum_{i=1}^{n} x_j + x_f \right) * \left(\left(\sum_{j=1}^{m} (w_j - \sigma_j) y_j + w_F y_F \right) / \left(\sum_{j=1}^{m} y_j \right) - \left(\sum_{i=1}^{n} (v_j) x_j - v_F x_F \right) / \left(\sum_{i} x_i \right) \right) \geq FC. \tag{۸}$$

$$\sum_{j=3}^{m} w_j y_j - \sum_{j=3}^{m} w_F y_j \geq \sum_{j=3}^{m} y_j \sigma_j. \tag{۹}$$

$$, y_F \geq 0 ,\ x_i \geq 0 \text{ for } i = 1, .., n , y_j \geq 0 \text{ for } j = 1, .., m . x_F \geq 0 \tag{۱۰}$$

تابع هدف اول برای ماکزیمم کردن بازدهی بکار گرفته شده است. بدین منظور درآمد حاصل از سود دریافتی که از محل وام پرداخت‌شده عاید می‌شود و درآمدی که به‌واسطه ارائه خدمات بانکی از سپرده‌گذاران و وام‌گیرندگان به‌عنوان کارمزد دریافت می‌شود موردتوجه است. از سوی دیگر هزینه‌های پرداختی بابت سپرده جذب‌شده وجود دارد، هزینه‌های ثابت پرداختی به پرسنل، هزینه‌های اداری و هزینه‌هایی که بانک مرکزی بابت عدم تعهدات وام‌گیرندگان در بازپرداخت مشخص نموده است وجود دارد. پس از کسر مبلغ بلوکه‌شده توسط بانک مرکزی چنانچه توازن میان مانده کل سپرده جذب‌شده و وام پرداختی وجود نداشته باشد، بانک ناگزیر به تامین کسری سپرده و یا فروش مازاد سپرده در بازار داخلی خواهد بود که نرخ ثابتی برای آن در نظر گرفته می‌شود. در بخش انتهایی تابع هدف اول، هزینه پرداختی بابت تامین کسری سپرده و درآمد ناشی از فروش مازاد سپرده قرار داده شده است که قطعا یکی از این دو صفر خواهد بود.

تابع هدف دوم برای مینیمم سازی ریسک سپرده گریزی طراحی شده است. برای کنترل و حداقل نمودن ریسک ناشی از تحقق برنامه سپرده پذیری، در این مقاله از معیار سنجش میانگین - واریانس استفاده شده است که نشان می‌دهد با کمتر شدن انحراف انواع سپرده از میانگین ریسک کمتری در تحقق برنامه سپرده پذیری حاصل خواهد شد. دلیل استفاده از این معیار هم‌راستا بودن آن، با نظر خبرگان بوده است. چراکه ایشان معتقد هستند، برای آنکه ریسک گریز منابع پایین باشد، باید اختلاف بین انواع مختلف سپرده را حداقل نمود به‌تبع آن باید اختلاف بین انواع تسهیلات نیز حداقل شود چراکه در مواردی تسهیلات متناظر با نوع سپرده پرداخت می‌شود.

$$Var\left(\sum_{j=1}^{m} (w_j - \sigma_j + R_e) y_j + w_F y_F - \sum_{i=1}^{n} (v_j - R_e) x_j - v_F x_F - FC \right). \tag{۱۱}$$

با توجه به مستقل بودن متغیرها از یکدیگر خواهیم داشت.

$$Var\left(\sum_{j=1}^{m} (w_j - \sigma_j) y_j \right) + Var\left(\sum_{i=1}^{n} v_j x_j \right) + rat_e^2\, Var\left(\sum_{j=1}^{m} y_j + \sum_{i=1}^{n} x_j \right) + w_F^2\, Var(y_F) + v_F^2 Var(x_F). \tag{۱۲}$$

با توجه به تعریف $\left|\sum_{j=1}^{m} y_j - \sum_{i=1}^{n} x_j\right| = |v_F| = |w_F|$ و به استناد اینکه $Var(a+b) = Var(a-b)$.

$$Var\left(\sum_{j=1}^{m} (w_j - \sigma_j) y_j \right) + Var\left(\sum_{i=1}^{n} v_j x_j \right) + (R_e^2 + w_F^2 + v_F^2)\, Var\left(\sum_{j=1}^{m} y_j + \sum_{i=1}^{n} x_j \right). \tag{۱۳}$$

محدودیت (۳)، یکی از محدودیت‌های تعیین‌شده از سوی بانک مرکزی برای بانک‌ها حفظ نسبت سپرده نوع ۱ است که در بانک‌های ایرانی سپرده قرض‌الحسنه نامیده می‌شود. در این نوع سپرده، بانک‌ها سودی پرداخت نخواهند نمود و صرفاً در مقاطع مختلف به سپرده‌گذاران جایزه به‌صورت قرعه‌کشی پرداخت می‌شود که نرخ آن پایین می‌باشد. به دلیل آنکه سپرده‌گذاران قرض‌الحسنه تمایلی به دریافت سود ندارند و قیمت آن از حیث هزینه برای بانک‌ها پایین است بانک مرکزی مؤسسات مالی و اعتباری را ملزم به پرداخت تسهیلات نوع ۱ با نامی مشابه نموده است که صرفا بانک‌ها و مؤسسات مجاز به دریافت کارمزد خدمات بانکی هستند و سودی بابت این نوع وام دریافت نخواهند کرد، این‌یکی از محدودیت‌های بانک در انتخاب پرتفوی منابع و مصارف است که باید در مدل لحاظ شود.

محدودیت (٤)، آن‌گونه که در تشریح تابع هدف دوم بحث شد، بانک‌ها مکلف به بلوکه ۱۰% سپرده جذب‌شده نزد بانک مرکزی به‌عنوان تضمین هستند. برای سپرده جذب‌شده جایزه در نظر گرفته خواهد شد، بنابراین این میزان از سپرده نزد بانک‌ها را می‌توان نوعی وام به بانک مرکزی با نرخ ثابت و بدون هزینه عدم تحقق تعهدات دانست. برای پیاده‌سازی این محدودیت در مدل نوع ۲ تسهیلات مبلغ بلوکه‌شده بانک‌ها نزد بانک مرکزی فرض شده است.

کیانی قلعه‌نو و همکاران/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۷، شماره ۲، تابستان، صفحه: ۳۱۵-۲۹۹

محدودیت (۵)، (٦) و (۷) با توجه به اینکه یکی از دو حالت استقراض منابع از سایر مؤسسات و یا واگذاری منابع مازاد به سایر مؤسسات در دستور کار قرار دارد، لذا یکی از دو حالت درآمد و هزینه تامین مالی رقم خواهد خورد که همواره یکی از آن‌ها می‌تواند عملیاتی و دارای مانده شود. **محدودیت‌های (۵) - (۷)** با این هدف طراحی و در مدل کارسازی شده است.

محدودیت (۸) یکی از شاخص‌های مالی حفظ حداقل سپرده برای پوشش هزینه‌ها می‌باشد که به‌عنوان نقطه سربه‌سر مشهور است و حداقل مانده سپرده‌ای باید بتواند پس از ضرب در حاشیه سود هزینه‌های ثابت اداری و پرسنلی را پوشش دهد. حاشیه سود تفاوت نرخ درآمد و نرخ هزینه است که درواقع بازدهی یک واحد انجام کار است. به جهت آنکه استراتژی این مقاله ارائه پرتفوی پس از اخذ نرخ‌های سود و هزینه ثابت اداری و پرسنلی می‌باشد، این محدودیت در راستای استراتژی اصلی موردتوجه است.

محدودیت (۹) باهدف درگیر نمودن نرخ ثابت بازدهی به مسئله اضافه شده است. با توجه به اینکه بانک‌ها کسری یا مازاد سپرده جذب‌شده خود را می‌توانند با نرخ ثابت ارائه نمایند، با استفاده از مفهوم نسبت شارپ که تناسب استفاده از بازدهی با ریسک را تعریف نموده است، در این مقاله با شبیه‌سازی نرخ هزینه عدم انجام تعهدات در بازپرداخت وام پرداختی به ریسک تعریف‌شده در نسبت شارپ این محدودیت کارسازی شده است.

محدودیت (۱۰) مقادیر سپرده و تسهیلات اعداد مثبت هستند.

۲-۵- طراحی کروموزوم و نحوه نمایش جواب

به‌منظور کد کردن ژنوم‌ها از آرایه‌ای از اعداد صحیح استفاده شده است این امر باعث خواهد شد از تغییرات تصادفی پشتیبانی شود و محاسبه تابع هدف به سهولت امکان‌پذیر باشد. برای استفاده از الگوریتم *NSGA-II* ابتدا به طراحی کروموزوم نیاز خواهیم داشت که توانایی تولید خروجی مورد انتظار و بهبود پاسخ در عملیات تقاطع و جهش را داشته باشد. طراح کلی کروموزوم به شرح زیر است.

برای کروموزوم سه بخش اصلی در نظر گرفته شده است:

بخش اول انواع سپرده‌ها و تسهیلات پرداختی را در برمی‌گیرد و ازآنجایی‌که موجودی مبلغ سپرده‌ها و تسهیلات مورد انتظار است، مبلغی به نام خرید یا فروش برای حفظ تعادل در این بخش گنجانده شده است. بخش دوم برای نشان دادن دو هدف اصلی مدل، یعنی بازگشت و کنترل ریسک در نظر گرفته شده است. قسمت سوم برای انجام عملیات رتبه‌بندی پاسخ‌هایی که در الگوریتم *NS* استفاده خواهد شد.

در این بخش برای رمزگذاری ژنوم‌ها از ترکیب بردارها و اعداد صحیح برای فیلدها استفاده شده است درواقع آن گروه از ژن‌ها که قابلیت توسعه دارند در بردار جانمایی خواهد شد تا در صورت افزایش یا کاهش تعداد این گروه از ژن‌ها در طراحی کروموزوم خللی وارد نشود. این شیوه طراحی علاوه برآنکه از تغییرات تصادفی پشتیبانی می‌کند در نمایش جواب نیز موثر است. هر کروموزوم ساختاری است که دارای ۸ فیلد به شرح **جدول ۲** است.

جدول ۲- ساختار ماتریسی کروموزوم.
Table 2- Matrix structure of chromosomes.

فیلد ۸	فیلد ۷	فیلد ۶	فیلد ۵	فیلد ۴	فیلد ۳	فیلد ۲	فیلد ۱	
عدد اعشاری	عدد صحیح	بردار	عدد صحیح	بردار	عدد صحیح	بردار	بردار	**نوع**
فاصله ازدحام	تعداد دفعات غالب شده	مجموعه مغلوب شده‌ها	رتبه‌بندی	ریسک و بازده	کسری/ مازاد	مصارف	منابع	**محتوی**
عملیات الگوریتم NSGA-II				توابع هدف	متغیرهای مدل			**نقش**

بعد اول. بردار m بعدی که هر بعد آن مبلغ یک‌گونه از انواع سپرده در آن درج شده است.

بعد دوم. بردار n بعدی که هر بعد آن مبلغ یک‌گونه از انواع تسهیلات در آن درج شده است.

بعد سوم. یک مقدار عددی صحیح است که تفاضل جمع جبری ارائه عضو اول و ارائه عضو دوم در آن درج شده است.

بعد چهارم. نمایش مقادیر تابع هدف به‌صورت مجزا در یک بردار دوبعدی نمایش داده خواهد شد.

بعد پنجم. یک مقدار عددی صحیح است که رتبه کروموزوم را در بین سایر کروموزوم‌ها نمایش می‌دهد.

بعد ششم. یک بردار است که برای الگوریتم *NS* طراحی شده است و مجموعه کروموزوم‌هایی از جمعیت که توسط این کروموزوم مغلوب می‌شود را نمایش می‌دهد.

بعد هفتم. یک عدد صحیح است که برای الگوریتم *NS* طراحی شده است و تعداد دفعاتی که این کروموزوم توسط سایر کروموزوم‌ها مغلوب می‌شود را نمایش می‌دهد.

بعد هشتم. یک عدد اعشاری است که برای الگوریتم *NS* طراحی شده است و مقدار عددی عملگر *crowding distance* را نمایش می‌دهد.

۳-۵- عملگر تقاطع

دو عضو از جمعیت به‌تصادف به‌عنوان والد در نظر گرفته می‌شود:

۱. میانگین اعضای متناظر فیلد ۱ برای هر یک از دو والد محاسبه خواهد شد و فیلد ۱ فرزند را شکل می‌دهد.
۲. عضو اول و دوم از فیلد ۲ متناسب با محدودیت‌های مسئله تولید خواهد شد.

سایر عضوهای فیلد ۲ به شرح ذیل خواهد بود:

۱. میانگین اعضای متناظر فیلد ۲ برای دو والد در یک بردار جدید نگهداری می‌شود.
۲. جمع عددی اعضای بردار جدید محاسبه می‌شود.
۳. از مقدار محاسبه‌شده در بند قبل عضو اول و دوم فیلد ۲ کسر می‌شود.
٤. مقدار محاسبه‌شده در بند قبل به تعداد اعضای فیلد ۲ با کسر عضو اول و دوم تقسیم می‌شود و مقدار بدست آمده برای عضو سوم تا آخرین عضو جایگذاری می‌شود.
٥. حاصل تفریق فیلد ۱ و فیلد ۲ برای فیلد ۳ جایگذاری می‌شود.
٦. فیلد ۴ که مقدار تابع هدف است محاسبه می‌شود اگر در محدودیت‌های مسئله قرار داشته باشد به جمع فرزندان اضافه می‌شود و در غیر این صورت فرزند ناقص است و کنار گذارده می‌شود.

۴-۵- عملگر جهش

۱. یک عضو جمعیت به‌تصادف انتخاب می‌شود.
۲. از فیلد اول عضو انتخاب‌شده دو نوع سپرده‌ای به‌تصادف انتخاب می‌شود.
۳. اگر یکی از دو نوع سپرده‌ای انتخاب‌شده سپرده نوع اول یا دوم باشد میانگین دو نوع سپرده محاسبه و جانمایی می‌شود و سپس مشابه با شرح عملگر تقاطع عمل خواهد شد در غیر اینصورت میانگین دو عضو جانمایی و در بقیه اعضا تغییری حاصل نمی‌شود.

۵-۵- جواب بهینه و شرط توقف

با توجه به ساختار الگوریتم‌های فرا ابتکاری در توابع چندهدفه وجود بیش از یک جواب بهینه امکان‌پذیر است و در این مدل متناسب با هدف‌گذاری تصمیم‌گیرنده امکان تنظیم الگوریتم برای خروجی جواب بهینه به تعداد دلخواه وجود خواهد داشت. شرط توقف نیز دفعات تکرار موردنظر برای انجام عملیات تقاطع و جهش می‌باشد.

کیانی قلعه‌نو و همکاران/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۷، شماره ۲، تابستان، صفحه: ۳۱۵-۲۹۹

۶-۵- مورد مطالعاتی

در نظر است برای شعب بانک کشاورزی استان سیستان و بلوچستان پرتفوی منابع و مصارف طراحی شود. نرخ سود پرداختی در سال ۱۳۹۸ برای انواع سپرده قرض‌الحسنه، جاری، کوتاه‌مدت، کوتاه‌مدت ویژه و بلندمدت به ترتیب ۲، ۱، ۱۰، ۱۵، ۱۸ درصد می‌باشد. نرخ سود دریافتی از محل تسهیلات قرض‌الحسنه، کشاورزی حمایتی، کشاورزی، جعاله، مضاربه ترجیحی به ترتیب ٤، ۱۰، ۱۵، ۱۸، ۲۱ درصد می‌باشد. نرخ هزینه مطالبات وصول نشده برای انواع تسهیلات فوق الاشاره ۱، ۰، ۱، ۱، ۱ درصد محاسبه شده است. هزینه ثابت اداری و پرسنلی پیش‌بینی‌شده به ازای هر کارمند ۱۰۰ واحد برآورد شده است؛ و برای شعب ٦ نفره مدل حل شده است. بدیهی است با افزایش تعداد پرسنل با تغییر پارامتر هزینه‌های ثابت مدل مجدد می‌بایست حل شود. خلاصه مقادیر پارامترها به شرح **جدول ۳** است.

جدول ۳- پارامترهای مسئله.
Table 3- Problem parameters.

شرح پارامتر	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۳	نوع ۴	نوع ۵
نرخ سود پرداختی سپرده (درصد)	2	1	10	15	18
نرخ سود پرداختی تسهیلات/وام (درصد)	4	10	15	18	21
نرخ ثابت هزینه تامین مالی (درصد)	17				
نرخ ثابت درآمد تامین مالی (درصد)	17				
هزینه‌های ثابت اداری و پرسنلی ($)	600				
نرخ کارمزد دریافتی (درصد)	1				
نرخ هزینه مطالبات غیر جاری (درصد)	1	۰	1	1	1

۷-۵- حل مدل برای مورد مطالعاتی

مدل ارائه‌شده با استفاده از الگوریتم *NSGA-II* حل شده است و محدودیت ۱۰۰ جواب بر روی مرز پاراتو در نظر گرفته شده است. برای این منظور از قابلیت الگوریتم *NS* استفاده شده است، در این الگوریتم امکان حذف جواب‌های نزدیک به هم وجود دارد. خروجی جواب در **جدول ٤** نمایش داده شده است.

جدول ۴- پرتفوی‌های پیشنهادی.
Table 4- Proposed portfolios.

Deposit	Loam/Facility	Add/Less	Risk and return
[1709,86677,9249,14908,6592]	[1354,6219,0,0,0]	111562	[678090;-10233]
[19247,19616,19813,18786,18991]	[11132,9356,10273,8132,10861]	46699	[172911;-468]
[19247,19616,19813,18786,18991]	[11132,9356,10273,8132,10861]	46699	[172911;-468]
[1709,86677,9249,14908,6592]	[1354,6219,0,0,0]	111562	[678090;-10233]
[10012,55324,14193,16613,12308]	[6012,7721,4919,3936,5203]	80659	[433257;-5667]
[9302,57988,13773,16473,11826]	[5613,7592,4497,3596,4756]	83308	[454092;-6055]
[7610,64509,12746,16080,10609]	[4674,7292,3515,2824,3717]	89532	[504766;-7004]
[4187,77574,10687,15330,8198]	[2764,6678,1507,1232,1594]	102201	[606527;-8907]
[11329,50186,15002,16941,13278]	[6737,7952,5675,4522,6001]	75849	[393449;-4919]
[7102,66455,12439,15967,10250]	[4391,7201,3217,2589,3403]	91412	[519912;-7288]
[10503,53379,14499,16744,12681]	[6281,7806,5198,4150,5497]	78874	[418230;-5384]
[13484,42012,16291,17394,14776]	[7944,8341,6947,5537,7347]	67841	[329681;-3729]
[10256,54326,14350,16690,12507]	[6143,7762,5053,4035,5344]	79792	[425606;-5522]
[17562,26225,18775,18362,17734]	[10203,9061,9308,7385,9842]	52859	[213597;-1431]
[13161,43223,16099,17330,14557]	[7763,8282,6756,5383,7144]	69042	[339148;-3905]
[16925,28744,18380,18195,17250]	[9853,8950,8945,7106,9459]	55181	[230145;-1798]
[14946,36325,17185,17751,15846]	[8752,8597,7789,6193,8236]	62486	[285886;-2901]
[13730,41134,16429,17429,14924]	[8085,8387,7099,5664,7508]	66903	[322735;-3601]
[16276,31240,17987,18046,16787]	[9493,8836,8567,6809,9060]	57571	[247757;-2161]

جدول ۴- ادامه.

Table 4- Continued.

Deposit	Loam/Facility	Add/Less	Risk and return
[3854,78963,10469,15215,7916]	[2588,6624,1330,1105,1408]	103362	[617124;-9108]
[15945,32512,17787,17971,16551]	[9309,8776,8375,6658,8856]	58792	[257100;-2346]
[10914,52245,14681,16684,12798]	[6543,7897,5503,4439,5822]	77118	[408578;-5218]
[8453,61348,13244,16245,11181]	[5148,7445,4017,3229,4249]	86383	[480033;-6544]
[3235,81556,10062,14998,7389]	[2260,6522,1001,870,1061]	105526	[636874;-9485]
[18261,23567,19195,18515,18220]	[10592,9186,9716,7709,10274]	50281	[196317;-1044]
[15211,35261,17352,17827,16054]	[8896,8644,7937,6305,8393]	61530	[277900;-2746]
[2899,82617,9893,15001,7240]	[2056,6453,771,664,817]	106889	[645557;-9640]
[14596,37767,16960,17639,15560]	[8565,8539,7600,6054,8036]	63728	[296664;-3111]
[13977,40138,16586,17499,15120]	[8221,8429,7239,5770,7655]	66006	[315058;-3456]
[4520,76772,10817,15238,8246]	[2986,6757,1772,1495,1877]	100706	[599382;-8788]
[17909,24861,18989,18450,17995]	[10395,9122,9507,7539,10052]	51589	[204657;-1232]
[15626,33793,17584,17877,16301]	[9137,8722,8198,6524,8669]	59931	[266565;-2532]
[16642,29756,18219,18155,17079]	[9691,8898,8770,6961,9273]	56258	[237182;-1945]
[7915,63479,12910,16101,10771]	[4854,7352,3714,2997,3929]	88330	[496486;-6854]
[5837,71240,11684,15705,9375]	[3681,6972,2468,1990,2610]	96120	[557264;-7985]
[15422,34626,17454,17815,16135]	[9026,8688,8085,6441,8551]	60661	[272803;-2653]
[5444,72688,11456,15636,9119]	[3459,6900,2231,1797,2360]	97596	[568638;-8195]
[8759,60221,13422,16298,11380]	[5322,7502,4203,3381,4446]	85226	[471180;-6379]
[11631,49083,15175,16986,13471]	[6911,8008,5861,4676,6198]	74692	[384746;-4758]
[5763,71961,11574,15536,9150]	[3673,6977,2491,2057,2637]	96149	[562041;-8088]
[14746,37150,17056,17686,15683]	[8645,8565,7682,6115,8123]	63191	[292047;-3021]
[4985,74663,11147,15456,8706]	[3220,6827,1996,1635,2112]	99167	[583591;-8482]
[6267,70450,11815,15501,9338]	[3986,7083,2847,2385,3016]	94054	[549482;-7867]
[11124,51284,14831,16786,13008]	[6647,7928,5602,4499,5925]	76432	[401400;-5078]
[17130,27853,18519,18276,17438]	[9960,8983,9049,7177,9568]	54479	[224207;-1668]
[12054,47536,15421,17058,13743]	[7152,8087,6119,4888,6471]	73095	[372577;-4533]
[4605,75957,10941,15428,8501]	[2996,6752,1749,1422,1850]	100663	[593969;-8671]
[12968,43939,15986,17295,14429]	[7654,8246,6639,5288,7020]	69770	[344764;-4009]
[8967,59171,13586,16432,11627]	[5419,7528,4287,3419,4533]	84597	[463483;-6227]
[5427,73436,11343,15394,8835]	[3501,6924,2322,1944,2459]	97285	[573163;-8302]
[6613,68439,12127,15819,9859]	[4127,7118,2949,2389,3119]	93155	[535137;-7576]
[4795,75421,11027,15405,8560]	[3116,6794,1888,1553,1998]	99859	[589441;-8593]
[3316,80880,10166,15144,7592]	[2277,6522,994,824,1052]	105429	[632309;-9388]
[18578,22340,19388,18592,18449]	[10767,9242,9898,7851,10466]	49123	[188457;-865]
[17975,24624,19028,18462,18034]	[10431,9134,9545,7570,10093]	51350	[203116;-1198]
[15801,33037,17704,17947,16459]	[9227,8750,8287,6585,8762]	59337	[260993;-2422]
[5179,74006,11251,15472,8811]	[3334,6865,2120,1743,2244]	98413	[578325;-8386]
[14305,38794,16796,17603,15387]	[8396,8484,7416,5900,7842]	64847	[304771;-3260]
[18424,22889,19301,18568,18360]	[10680,9214,9806,7775,10368]	49699	[191887;-945]
[6515,69080,12027,15703,9682]	[4092,7111,2931,2404,3101]	93368	[539618;-7669]
[18754,21592,19504,18651,18606]	[10862,9271,9995,7921,10568]	48490	[183762;-756]
[18894,21113,19581,18668,18678]	[10941,9297,10079,7992,10658]	47967	[181069;-687]
[11904,48138,15326,17016,13626]	[7070,8061,6035,4824,6382]	73638	[377214;-4621]
[9276,58574,13684,16298,11614]	[5635,7607,4554,3695,4819]	83136	[457730;-6139]
[2718,83218,9797,14994,7149]	[1947,6416,651,558,689]	107615	[650409;-9728]
[8015,62979,12987,16163,10888]	[4901,7365,3754,3016,3971]	88025	[492817;-6781]
[14146,39512,16684,17529,15232]	[8317,8460,7341,5853,7763]	65369	[310145;-3364]
[3747,79408,10399,15179,7828]	[2530,6606,1271,1063,1346]	103745	[620517;-9173]
[17417,26803,18685,18323,17623]	[10124,9036,9226,7323,9756]	53386	[217394;-1515]
[2574,83778,9709,14958,7042]	[1868,6391,568,494,602]	108138	[654752;-9810]

جدول ۴- ادامه.

Table 4- Continued.

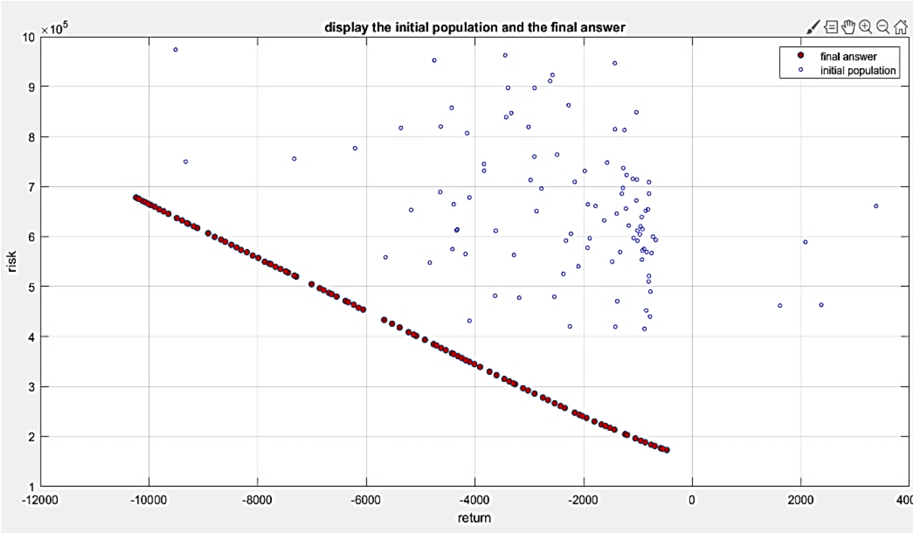
Deposit	Loam/Facility	Add/Less	Risk and return
[12819,44554,15890,17247,14306]	[7574,8221,6558,5229,6935]	70299	[349467;-4099]
[6827,67468,12280,15919,10070]	[4235,7150,3051,2453,3227]	92448	[527868;-7435]
[12438,46001,15661,17164,14039]	[7362,8153,6335,5052,6699]	71702	[360746;-4309]
[17276,27371,18595,18281,17511]	[10048,9013,9147,7264,9673]	53889	[221129;-1597]
[8846,59886,13475,16318,11443]	[5371,7517,4254,3421,4499]	84906	[468572;-6331]
[2374,84302,9625,14998,6997]	[1738,6345,415,346,439]	109013	[659287;-9887]
[6997,66688,12401,16001,10241]	[4319,7175,3131,2503,3311]	91889	[522033;-7322]
[8229,62322,13092,16154,10975]	[5033,7410,3904,3152,4130]	87143	[487397;-6685]
[19071,20365,19697,18727,18835]	[11037,9327,10176,8062,10760]	47333	[176603;-578]
[12253,46781,15540,17100,13881]	[7263,8123,6236,4981,6595]	72357	[366691;-4423]
[12582,45502,15741,17180,14122]	[7445,8181,6426,5129,6795]	71151	[356771;-4237]
[8270,61972,13145,16232,11082]	[5040,7409,3898,3126,4123]	87105	[485041;-6635]
[6735,67769,12231,15914,10023]	[4180,7131,2990,2400,3163]	92808	[530296;-7479]
[11020,51601,14781,16791,12969]	[6583,7907,5529,4433,5849]	76861	[404023;-5125]
[12757,45033,15814,17144,14165]	[7559,8220,6560,5259,6939]	70376	[352714;-4167]
[16439,30667,18077,18066,16879]	[9586,8866,8668,6894,9167]	56947	[243529;-2077]
[11700,48733,15230,17034,13555]	[6942,8017,5888,4688,6226]	74491	[382191;-4708]
[16514,30295,18135,18111,16969]	[9623,8876,8703,6912,9202]	56708	[240934;-2023]
[2003,85856,9380,14868,6680]	[1541,6284,218,205,231]	110308	[671126;-10113]
[3613,80108,10290,15082,7657]	[2471,6590,1222,1045,1295]	104127	[625607;-9274]
[1823,86346,9302,14898,6632]	[1425,6244,82,76,87]	111087	[675321;-10185]
[2289,84817,9545,14913,6861]	[1705,6338,393,350,417]	109222	[662940;-9961]
[3545,80260,10266,15107,7653]	[2424,6573,1166,988,1235]	104445	[626999;-9297]
[12288,46553,15574,17140,13943]	[7276,8126,6243,4976,6602]	72275	[365099;-4390]
[6284,69833,11908,15697,9570]	[3954,7065,2777,2268,2938]	94290	[545730;-7779]
[6266,69650,11936,15783,9659]	[3924,7051,2727,2201,2885]	94506	[544788;-7753]
[19130,20116,19736,18747,18887]	[11069,9337,10209,8086,10794]	47121	[175115;-541]
[2042,85490,9437,14953,6795]	[1546,6282,208,173,220]	110288	[668690;-10060]
[14273,38997,16766,17570,15332]	[8384,8481,7410,5903,7835]	64925	[306201;-3290]
[2185,85126,9496,14920,6823]	[1640,6316,320,282,339]	109653	[665509;-10007]

۸-۵- تحلیل جواب مسئله

شکل ۱ جواب‌های مسئله را نشان می‌دهد. در واقع نقاط قرمز رنگ ۱۰۰ پرتفوی پیشنهادی هستند که متناسب با فرضیه‌های مسئله پس از تعیین پارامترهایی چون هزینه ثابت و نرخ های سود دریافتی و پرداختی وام‌ها و سپرده ها می‌باشد محور افقی نشان‌دهنده بازدهی و محور عمودی برای ریسک در نظر گرفته شده است. آنگونه که قبلاً نیز توضیح داده شده است، برای آن که نمای بهتری بتوان برای جواب‌ها ترسیم نمود علامت مثبت و منفی بازدهی به عکس استفاده شده است.

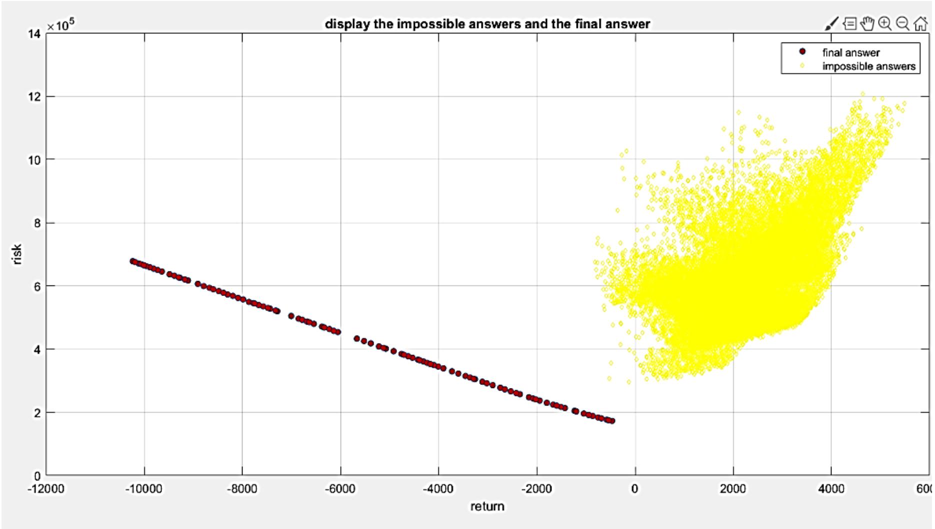
باهدف نشان دادن مجموعه جواب‌هایی که در الگوریتم *NSGA-II* تولید شده است **شکل ۲** ارائه شده است اما به دلیل وجود محدودیت‌های مسئله از الگوریتم کنار گذارده شده است که هم‌زمان مرز پاراتو و تمامی جواب‌هایی تولید شده و نشدنی را هم‌زمان به تصویر کشیده است.

مجموعه کل پرتفوی‌های تولیدشده در الگوریتم *NSGA-II* در **شکل ۳** نمایش داده شده است، این جواب‌ها شامل پرتفوی‌های رندومی تولیدشده توسط الگوریتم و گذر این پرتفوی‌ها از فیلتر محدودیت‌های مسئله است، پس از آن استفاده از عملیات تقاطع و جهش برای تولید پرتفوی‌های جدید می‌باشد. کلیه این پرتفوی‌ها در این شکل نشان داده شده است.



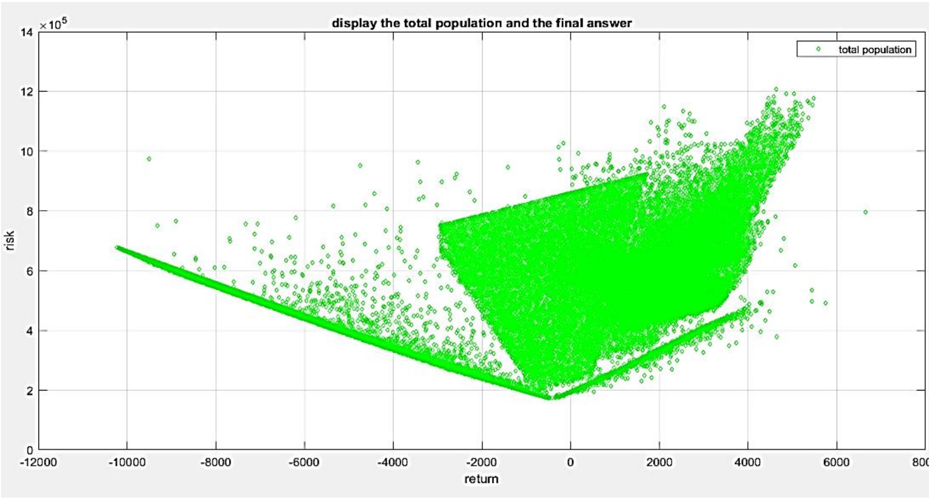
شکل ۱- ترسیم پرتفوی‌های پیشنهادی بر اساس بازده و ریسک (مرز پاراتو).

Figure 1- Mapping proposed portfolios based on return and risk (Parato border).



شکل ۲- ترسیم مرز پاراتو جواب و جواب‌های نشدنی.

Figure 2- Drawing the boundary of Parato answers and impossible answers.



شکل ۳- ترسیم تمامی پرتفوی‌های بررسی‌شده در الگوریتم تکاملی.

Figure 3- Mapping all the portfolios studied in the evolutionary algorithm.

۹-۵- تحلیل کاربردی مدل

می‌توان هر یک از ۱۰۰ پرتفوی پیشنهادی فوق، ازلحاظ کیفی انتخاب شود، اما باهدف ارائه کاربردی از مدل طراحی‌شده، با اتخاذ سه استراتژی مختلف، سه پرتفوی از منظر کمی پیشنهاد خواهد شد.

استراتژی ۱- بهترین پرتفوی پیشنهادی با کمترین ریسک ممکن کدام است؟ در این استراتژی صرفاً خروج از بازدهی منفی موردنظر است و تصمیم‌گیرنده با کمترین بازدهی ممکن به دنبال پرتفوی با ریسک کم می‌باشد.

استراتژی ۲- بهترین پرتفوی پیشنهادی با تعدیل ریسک فعلی پرتفوی و کاهش آن به نصف کدام است؟ در این استراتژی تصمیم‌گیرنده می‌خواهد در کنار بازدهی مثبت بخشی از ریسک پرتفوی فعلی را کاهش دهد. در این استراتژی هر نسبتی از ریسک می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

استراتژی ۳- بهترین پرتفوی پیشنهادی با حفظ ریسک فعلی و بالاترین بازدهی کدام است؟ در این استراتژی تصمیم‌گیرنده ریسک فعلی پرتفوی را منطقی می‌داند و به دنبال بهترین بازدهی ممکن است.

پرتفوی ۳ شعبه که برآورد هزینه‌های ثابت آن‌ها معادل ۶۰۰ واحد است دارای بازدهی منفی می‌باشد مدنظر است.

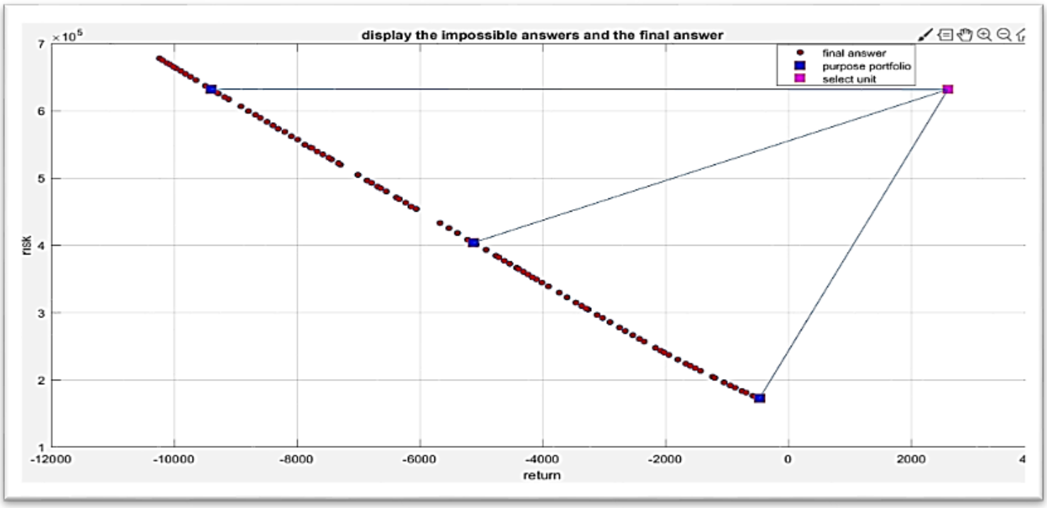
جدول ۵- جدول بررسی پرتفوی غیرکارا سه شعبه و پیشنهاد استراتژی کارا.

Table 5- Inefficient portfolio review table of three branches and efficient strategy proposal.

	Deposit	Loam/facility	Less/add	Risk & return
basic portfolio	[57734,1465,3571,7419,16261]	[46234,8645,10512,5299,18425]	-2665	[631655;2597]
strategy1	[19247,19616,19813,18786,18991]	[11132,9356,10273,8132,10861]	46699	[172911;-468]
strategy2	[11020,51601,14781,16791,12969]	[6583,7907,5529,4433,5849]	76861	[404023;-5125]
strategy3	[3316,80880,10166,15144,7592]	[2277,6522,994,824,1052]	105429	[632309;-9388]
basic portfolio	[21677,4489,1378,63937,13154]	[14497,10464,9785,27972,18298]	23619	[720171;2266]
strategy1	[19247,19616,19813,18786,18991]	[11132,9356,10273,8132,10861]	46699	[172911;-468]
strategy2	[10256,54326,14350,16690,12507]	[6143,7762,5053,4035,5344]	79792	[425606;-5522]
strategy3	[1709,86677,9249,14908,6592]	[1354,6219,0,0,0]	111562	[678090;-10233]
basic portfolio	[19202,6859,11982,45056,224]	[16670,8332,33832,24410,1765]	-1686	[660164;3010]
strategy1	[19247,19616,19813,18786,18991]	[11132,9356,10273,8132,10861]	46699	[172911;-468]
strategy2	[10503,53379,14499,16744,12681]	[6281,7806,5198,4150,5497]	78874	[418230;-5384]
strategy3	[2289,84817,9545,14913,6861]	[1705,6338,393,350,417]	109222	[662940;-9961]

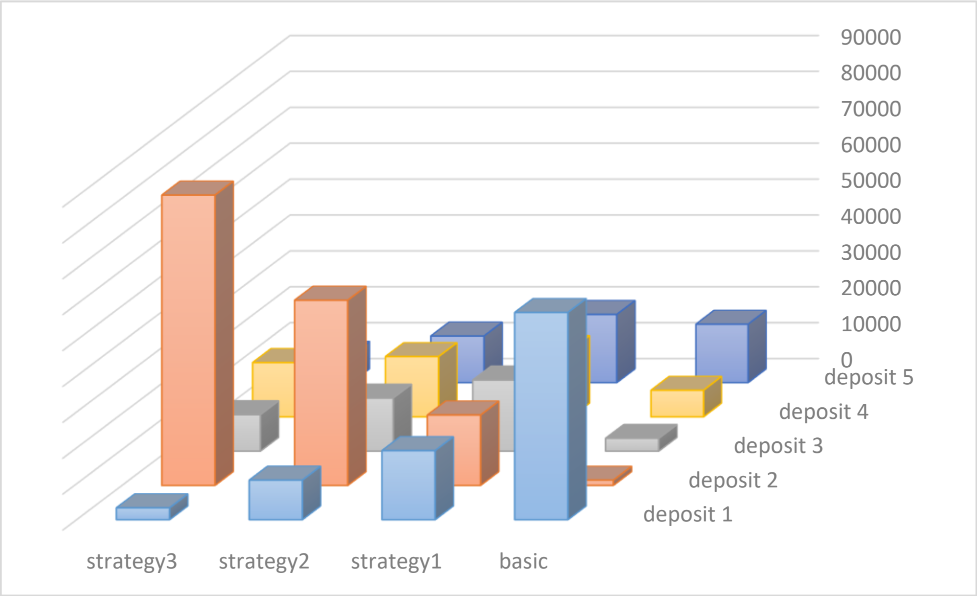
شکل ٤ باهدف بررسی اولین شعبه تشریح شده در **جدول ۵** طراحی شده است. در این شکل وضعیت قرارگیری پرتفوی ناکارا و فاصله آن با سه پرتفوی پیشنهادی کارا که متناسب با استراتژی‌های مفروض می‌باشد، به نمایش گذاشته شده است.

در **شکل ۵** انواع سپرده‌های موردنظر به ترتیب سپرده قرض‌الحسنه، جاری، کوتاه‌مدت، کوتاه‌مدت ویژه و بلندمدت در چهار پرتفوی به نمایش گذارده شده است، نمودار به‌وضوح نشان داده است که پرتفوی پایه تمرکز زیادی بر سپرده قرض‌الحسنه و با تمرکز نسبی بر سپرده بلندمدت بنا شده است پس از آن پرتفوی سپرده‌ای پیشنهادی در سه استراتژی به ترتیب قرار داده شده است که منوط به رعایت پرداخت متناسب در هر استراتژی، بازدهی مثبت به همراه خواهد داشت.



شکل ٤- بررسی سه استراتژی برای یک پرتفوی ناکارا.

Figure 4- Review three strategies for an inefficient portfolio.

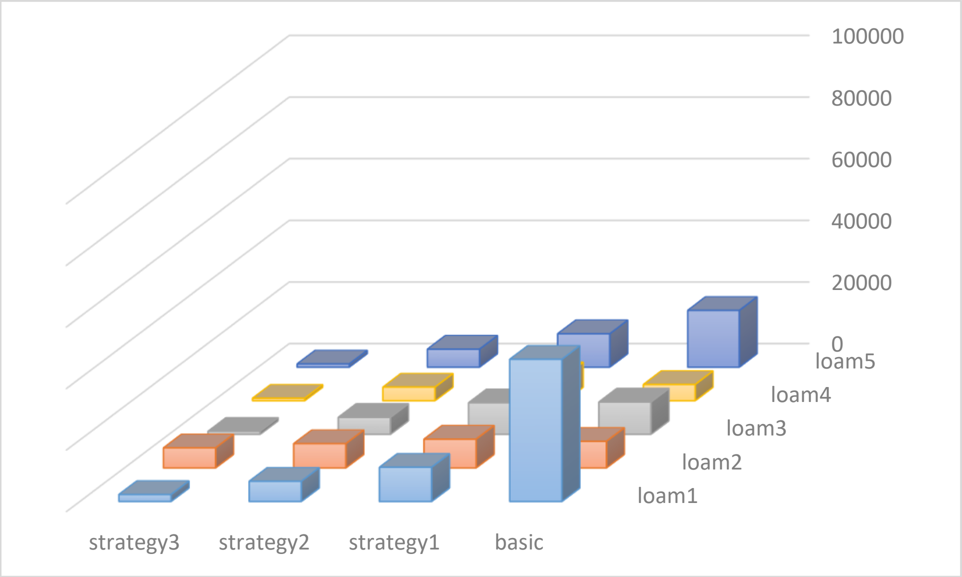


شکل ۵- نمایش سپرده پرتفوی پایه و سه پرتفوی پیشنهادی کارا.

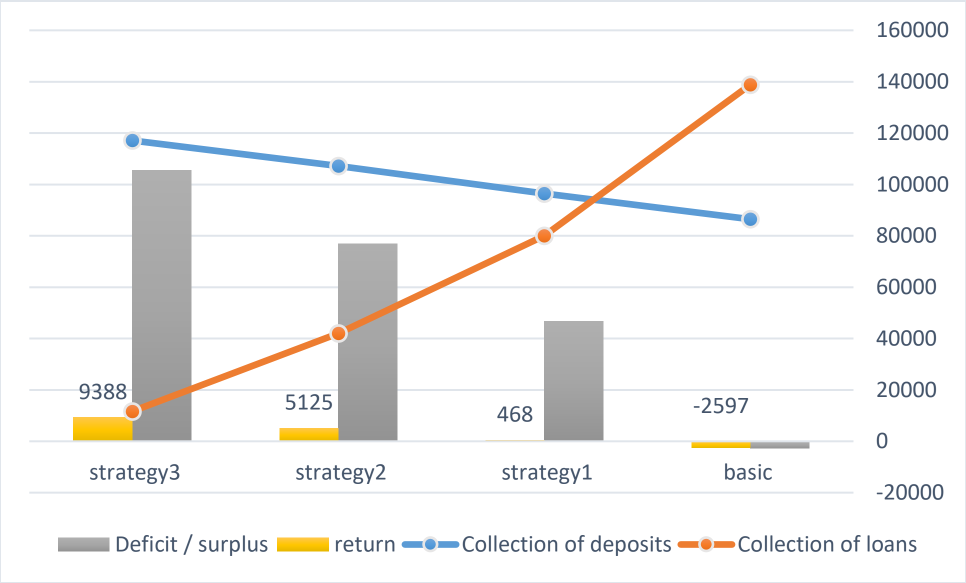
Figure 5- Display base portfolio deposits and three efficient portfolios.

در **شکل ٦** گونه‌های مختلف وام پرداخت‌شده مشابه با سازوکار نمودار قبلی به نمایش گذارده شده است. به ترتیب وام قرض‌الحسنه که متناسب با محدودیت‌های مسئله درصدی از سپرده قرض‌الحسنه خواهد بود و پس از آن مبلغ بلوکه نزد بانک مرکزی می‌باشد که با توضیحات قبل در جایگاه تسهیلاتی قرار داده شده است و نمودار گویای آن است که این مبلغ بلوکه در تمامی پرتفوی‌ها تقریبا ثابت می‌باشد و دلیل این امر نرخ ثابت مبلغ بلوکه سپرده نزد بانک مرکزی به میزان ۱۰ درصد کل سپرده می‌باشد پس از آن سه گونه مختلف تسهیلاتی دیگر با نرخ سود به ترتیب ۱۵، ۱۸، ۲۱ قرار گرفته است. آن‌گونه که در نمودار واضح است با تمایل تصمیم‌گیرنده با بازدهی بالاتر از حجم وام پرداختی کم شده و فروش مبلغ در بازار داخلی به پرداخت وام ترجیح داده شده است. این موضوع در نمودار بعدی تشریح شده است.

شکل ۷ باهدف بررسی تغییرات صورت گرفته درمجموع سپرده و تسهیلات در پرتفوی ناکارا و پرتفوی‌های کارا طراحی شده است. در این شکل به‌روشنی می‌توان نشان داد به دلیل نوع ترکیب در نرخ سپرده و نرخ وام برای بازدهی بیشتر تمایل به استفاده از بازار داخلی در پرتفوی‌های پیشنهادی وجود دارد به‌گونه‌ای که در ترکیب پرتفوی‌ها به‌مرور از حجم وام پرداختی کاسته و فروش منابع در بازار داخلی ترجیح داده شده است.



شکل ۶- نمایش تسهیلات/وام پرتفوی پایه و سه پرتفوی پیشنهادی کارا.
Figure 6- Display loans of the basic portfolio and three efficient portfolios.



شکل ۷- نمایش تغییرات کلی پرتفوی پایه و سه پرتفوی پیشنهادی کارا.
Figure 7- View general changes to the base portfolio and the three proposed efficient portfolios.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

شعب زیرمجموعه یک موسسه مالی و اعتباری را می‌توان به دودسته سودده و زیان‌ده تقسیم نمود طبیعتا شعبی که سودآور هستند دارای پرتفوی قابل‌قبول بوده اما برای شعب زیان‌ده نیاز به برنامه‌ریزی و ارائه پرتفوی مناسب و سودآور احساس می‌شود دو هدف ماکزیمم‌سازی بازدهی و مینیمم‌سازی ریسک با محدودیت‌هایی ازجمله لزوم حفظ نسبت شارپ، نقطه رعایت کمترین میزان منابع موردنیاز برای جبران هزینه‌های بهره‌ای و غیر بهره‌ای، رعایت نسبت منابع قرض‌الحسنه به مصارف قرض‌الحسنه و همچنین مجوز استقراض برای مصارف بیش از منابع و یا واگذاری منابع مازاد بر مصارف، محدودیت‌های مؤسسات مالی و اعتباری برای انتخاب استراتژی منابع و مصارف، در ساختار مدل طراحی‌شده این پژوهش بوده است. این مدل، با پیشنهاد دامنه‌ای از پرتفوی‌ها، فرصت‌های انتخاب متنوع برای بهره‌بردار ایجاد نموده است. مدل به‌گونه‌ای طراحی شده است که با اخذ هزینه اداری و پرسنلی شعبه، نرخ سود پرداختی به سپرده‌ها و نرخ سود دریافتی از تسهیلات، تنوع پرتفوی سودده را ارائه نموده است و تصمیم‌گیرنده فرصت خواهد داشت، نزدیک‌ترین پرتفوی را متناسب با پرتفوی جاری شعبه که البته زیان‌ده می‌باشد، انتخاب نماید. برای حل مدل به دو دلیل از الگوریتم تکاملی استفاده شده است. اولاً: برای

توابع چندهدفه می‌توان مجموعه جواب بهینه که هیچ‌کدام از جواب‌ها توسط جواب‌های دیگر مغلوب نمی‌شود را تولید کرد. ثانیاً: در جمعیت اولیه می‌توان توأمان از جواب‌های تصادفی و جواب‌های عملیاتی شعب سودآور استفاده نمود و تنوع جواب‌های بهین را تولید کرد. در این پژوهش از روش *NSGA-II* استفاده شده است و جواب‌هایی که بر روی مرز پاراتو قرار دارند به‌عنوان مجموعه‌ای از پرتفوی‌های کارا پیشنهاد شده است. برای نشان دادن کارایی و کاربردی بودن مدل، برای سه شعبه که دارای پرتفویی با بازدهی منفی هستند، متناسب با سه استراتژی ۱- حداقل ریسک مورد انتظار ۲- کاهش ریسک پرتفوی پایه به نصف ۳- پذیرش ریسک پرتفوی پایه، سه پرتفوی پیشنهاد شده است. اگرچه در عمل، شعبه می‌تواند از منظر کیفی پرتفویی دیگر را انتخاب نماید. بررسی پرتفوی پایه و پرتفوی‌های پیشنهادی با استفاده از سه استراتژی نشان می‌دهد برای بازدهی بیشتر که به‌تبع آن ریسک بالاتری وجود خواهد داشت، تمایل پرتفوی به استفاده از فروش منابع در بازار داخلی بیشتر شده است و حجم وام پرداختی کاهش قابل‌ملاحظه‌ای دارد.

پیشنهاد: محدودیت‌های اعمال‌شده در مدل متناسب با اقتضائات عمومی بانک‌ها و سازوکار تعیین‌شده توسط بانک مرکزی می‌باشد، پیشنهاد می‌شود مدل متناسب با ظرفیت‌ها و محدودیت‌ها توسعه داده شود. برای مثال ورود محدودیت‌هایی چون ضریب خوداتکایی و قیمت تمام‌شده پول و سایر اقتضائات موجود در سیستم بانکی می‌تواند به محدودیت‌های مدل اضافه شود.

منابع

Asadi, A., (2019). Formation of an optimal portfolio based on financial ratios in Tehran stock exchange industries using network analysis process and demetel method. *Journal of decisions and operations research*. *4(2)*, 911-983. (**In Persian**). 10.22105/dmor.2019.171039.1105

Berry, M. B. E. & Mcelroy, M. B. (1988). A practical perspective on evaluating mutual fund risk. *Investment management review*, *2*(2), 78–86. https://scholars.duke.edu/display/pub648100

Chang, T. J., Meade, N., Beasley, J. E., & Sharaiha, Y. M. (2000). Heuristics for cardinality constrained portfolio optimisation. *Computers & Operations Research*, *27*(13), 1271-1302. https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00074-X

Chen, N. F., Roll, R., & Ross, S. A. (1986). Economic forces and the stock market. *Journal of business*, 383-403.

Consigli, G. (2002). Tail estimation and mean–VaR portfolio selection in markets subject to financial instability. *Journal of banking & finance*, *26*(7), 1355-1382. https://doi.org/10.1016/S0378-4266(02)00267-4

Feinstein, C. D., & Thapa, M. N. (1993). A reformulation of a mean-absolute deviation portfolio optimization model. *Management science*, *39*(12). 1552-1553.

Huang, X. (2006). Fuzzy chance-constrained portfolio selection. *Applied mathematics and computation*, *177*(2), 500-507. https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.11.027

Huang, X. (2008). Mean-variance model for fuzzy capital budgeting. *Computers & industrial engineering*, *55*(1), 34-47. https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.11.015

Huang, X. (2008). Risk curve and fuzzy portfolio selection. *Computers & mathematics with applications*, *55*(6), 1102-1112. https://doi.org/10.1016/j.camwa.2007.06.019

Khajehzadeh S. & Shahverdiani, Sh. (2020). Optimal stock portfolio forecasting Markov meta-innovation algorithm approach and decision process. *Journal of decisions and operations research*, *5(4)*, 426-445. (**In Persian**). 10.22105/dmor.2020.239616.1183

Khodamoradi, T., Salahi, M., & Najafi, A. R. (2020). Portfolio optimization model with and without options under additional constraints. *Mathematical problems in engineering*, *2020*. https://doi.org/10.1155/2020/8862435

Konno, H., & Yamazaki, H. (1991). Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market. *Management science*, *37*(5), 519-531. https://doi.org/10.1287/mnsc.37.5.519

Labafi, M., Darabi, R. & Sarraf, M. (2020). Modeling asset-liability management in Bank Melli Iran under conditions of uncertainty: deficit planning model approach. *Journal of decisions and operations research*, *5(4)*, 446-461. (**In Persian**). 10.22105/dmor.2020.255392.1252

Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Journal of finance*, *7*(1), 77-91. https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x

Mansini, R., Ogryczak, W., & Speranza, M. G. (2003). LP solvable models for portfolio optimization: a classification and computational comparison. *IMA journal of management mathematics*, *14*(3), 187-220. DOI: 10.1093/imaman/14.3.187

Metaxiotis, K., & Liagkouras, K. (2012). Multiobjective evolutionary algorithms for portfolio management: a comprehensive literature review. *Expert systems with applications*, *39*(14), 11685-11698. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.04.053

Palmquist, J., Uryasev, S., & Krokhmal, P. (1999). *Portfolio optimization with conditional value-at-risk objective and constraints*. Gainesville, FL, USA: department of industrial & systems engineering, university of Florida.1-25.

Papahristodoulou, C., & Dotzauer, E. (2004). Optimal portfolios using linear programming models. *Journal of the operational research society*, *55*(11), 1169-1177. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601765

کیانی قلعه‌نو و همکاران/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۷، شماره ۲، تابستان، صفحه: ۳۱۵-۲۹۹

Ponsich, A., Jaimes, A. L., & Coello, C. A. C. (2012). A survey on multiobjective evolutionary algorithms for the solution of the portfolio optimization problem and other finance and economics applications. *IEEE transactions on evolutionary computation*, *17*(3), 321-344. DOI: 10.1109/TEVC.2012.2196800

Salomon, I. (1986). Telecommunications and travel relationships: a review. *Transportation research part A: general*, *20*(3), 223-238. https://doi.org/10.1016/0191-2607(86)90096-8

Speranza, M. G. (1996). A heuristic algorithm for a portfolio optimization model applied to the Milan stock market. *Computers & operations research*, *23*(5), 433-441. https://doi.org/10.1016/0305-0548(95)00030-5

Srinivas, N. & Deb, K. (2000). Multi-objective function optimizationusing non-dominated sorting genetic algorithms. *Evolutionary computation*, *2 (3)*, 221-248. https://web.njit.edu/~horacio/Math451H/download/SrinivasDeb_GA.pdf

Rahmani, M., Khalili Eraqi, M., & Nikoomaram, H. (2019). Portfolio optimization by means of Meta heuristic algorithms. *Advances in mathematical finance and applications*, *4*(4), 83-97. DOI: 10.22034/AMFA.2019.579510.1144

Rockafellar, R. T., & Uryasev, S. (2002). Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of banking & finance*, *26*(7), 1443-1471. https://doi.org/10.1016/S0378-4266(02)00271-6

Young, M. R. (1998). A minimax portfolio selection rule with linear programming solution. *Management science*, *44*(5), 673-683. https://doi.org/10.1287/mnsc.44.5.673

Sharpe, W. F. (1963). A simplified model for portfolio analysis. *Management science*, *9*(2), 277-293. https://doi.org/10.1287/mnsc.9.2.277