Journal of Financial Management Strategy
Vol. 7, No.27
Winter 2019

Alzahra University- Faculty of
Social Sciences and Economics
Received: 2019/08/23
Accepted: 2019/11/05

Optimization of Ansar bank's Customer Loan portfolio using genetic algorithm (Case study of Ansar Bank)

Iman Gharib[1], Emad Koosha[2]

Abstract

Considering the possible restrictions on the provision of facilities, bank managers need to facilitate the decision-making process of allocating bank's funds in the form of Islamic facilities and contracts. It thus requires them to take into account the goals of optimizing the efficiency and minimizing default risk.

In this research, three nonlinear programming models (two objective functions and one objective function) and an ideal programming model were used to optimize the convenience portfolio of the Ansar bank. Given the number of constraints, the variables and the nature of the models, a genetic algorithm was used to solve the problem. In mathematical modeling, the problem of optimizing the loan portfolio of bank is considered to be policy limits, budget and capital adequacy.

As the results showed, the optimal solution presented with the actual amount of the allocated facility to the bank's micro-banking group has difference in terms of profit and default risk. Also, these answers could improve the balance of facilities in the type of contracts and customer groups in relation to lending, along with other constraints. Among the models presented, a model that minimizes default risk in itself enjoyed the best performance compared to other introduced models.

Keywords: Loan Portfolio of the Bank's Customers, Minimize Loan Risk, Linear Programming, Goal Programming, Genetic Algorithm.
JEL: C02,C61,C91,G11,G21

---

1 . M.A Researcher Expert of Ansar Bank
2 . PhD Student of Financial Engineering Group, Islamic Azad University, Ghazvin Branch, Iran

راهبرد مدیریت مالی
سال هفتم، شماره بیست و هفتم
زمستان ۱۳۹۸
صص ۱۶۴-۱۴۷

دانشگاه الزهرا (س)
دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی
تاریخ دریافت:۱۳۹۸/۰۶/۰۱
تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۸/۱۴

بهینه‌سازی سبد مشتریان بانک انصار در گروه بانکداری خرد با استفاده از الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی بانک انصار)[1]

ایمان غریب[2]، عماد کوشا[3]

چکیده

امروزه با توجه به محدودیت‌های مربوط به ارائه تسهیلات، مدیران بانک‌ها نیاز به حل مسئله تصمیم‌گیری تخصیص منابع مالی یک بانک در قالب تسهیلات و عقود اسلامی با در نظر گرفتن اهداف بهینه‌سازی بازده و کمینه‌سازی ریسک نکول، دارند.در این پژوهش، جهت بهینه‌سازی سبد تسهیلات مشتریان خرد بانک انصار از سه مدل برنامه‌ریزی غیرخطی (دو تابع هدفه و تک تابع هدفه) و مدل آرمانی استفاده‌شده است. با توجه به تعداد محدودیت‌ها، متغیرها و ماهیت مدل‌ها، از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک جهت حل استفاده‌شده است. در مدل‌سازی ریاضی مسئله بهینه‌سازی سبد تسهیلات محدودیت‌های سیاستی، بودجه‌ای و کفایت سرمایه در نظر گرفته‌شده است.طبق نتایج حاصله، جواب‌های بهینه ارائه‌شده با مقدار واقعی تخصیص داده‌شده تسهیلات به گروه بانکداری خرد توسط بانک، ازنظر سود و ریسک نکول یعنی بر اساس تابع هدف تفاضل میزان سود حاصل از ارائه تسهیلات و میزان تسهیلات نکول شده، نتایج بهتری را ارائه داده است. همچنین این جواب‌ها توانسته است توازن حجم تسهیلات را در نوع عقود و گروه‌های مشتریان نسبت به وام‌دهی انجام‌شده همراه با در نظر گرفتن محدودیت‌های دیگر بهبود دهد. از بین مدل‌های ارائه‌شده مدلی که ریسک نکول را به‌تنهایی کمینه‌سازی کرده است بهترین عملکرد را بر اساس تابع هدف اشاره‌شده نسبت به مابقی مدل‌ها داشته است.

واژه های کلیدی: بهینه‌سازی سبد تسهیلات بانکداری خرد، کمینه‌سازی ریسک تسهیلات، مدل‌سازی غیرخطی، مدل‌سازی آرمانی، الگوریتم ژنتیک.
طبقه‌بندی موضوعی: C02,C61,C91,G11,G21

---

۱. کد DOI مقاله: 10.22051/jfm.2019.24698.1981
۲. دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران
Email.imangharib@yahoo.com
۳. دانشجوی دکتری گروه مهندسی مالی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران، نویسنده مسئول،
Email:Emadkoosha92@gmail.com

مقدمه

امروزه بانک‌ها در اداره کشورها نقش تعیین‌کننده‌ای دارند و از مهم‌ترین ابزار رشد و توسعه‌ی کشورها محسوب می‌شوند (باقری،۱۳۹۴). این موضوع در حالی است که پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که ماهیت بحران مالی در ایالات‌متحده، نگرانی‌ها را در رابطه با توانایی سیستم بانکی برای ادامه راهبردهای تسهیلاتی بانک‌ها به شکل سنتی را افزایش داده است (متاوا[1] و همکاران، ۲۰۱۷). موفقیت بانک‌ها در فضای رقابتی ارائه تسهیلات، وابسته به شیوه و نحوه مدیریت ترازنامه بانکی دارد (آگارانا[2] و همکاران، ۲۰۱۴). مدیریت دارایی و بدهی‌ها عمده‌ترین کاری است که بانک‌ها انجام می‌دهند (باقری، ۱۳۹۴).

یکی از مهم‌ترین فعالیت‌ها در مدیریت دارایی و بدهی‌های بانک‌ها و مؤسسات مالی مدیریت سبد تسهیلاتی است که به گروه‌های مختلف مشتریان خود ارائه می‌کنند این موضوع شفاف است که یکی از عوامل مهم بحران‌های مالی عدم مدیریت تخصیص منابع مالی به نحوی است که ریسک اعتباری معناداری به بدنه اقتصاد یک کشور تحمیل می‌شود (متاوا و همکاران، ۲۰۱۷). بر اساس گزارش وزارت امور اقتصادی و دارایی سهم درآمد بهره‌ای از کل درآمد بانک‌ها (خصوصی و دولتی) بیش از ۸۵ درصد بوده است[3]؛ بنابراین عمده سود بانک‌ها از تفاوت سود سپرده و سود تسهیلاتی است که در قالب عقود اسلامی به جامعه مشتریان خود ارائه می‌کند. این قالب‌ها را می‌توان به سه دسته اصلی مبادله‌ای، مشارکتی و قرض‌الحسنه تقسیم‌بندی نمود. بررسی عملکرد بانک‌ها در زمینه اعطای تسهیلات در قالب عقود اسلامی نشان می‌دهد که حدود ۷۰ درصد از تسهیلات به‌صورت غیر مشارکتی اعطا می‌شود (اکرمی، ۱۳۹۷). یکی از مهم‌ترین مسائل بانک‌ها تصمیم‌گیری در مورد نحوه تخصیص منابع تسهیلاتی به مشتریان خود به تفکیک نوع عقود به نحوی است که میزان بازده خود را بیشینه و ریسک نکول[4] تسهیلات را بر اساس ریسک اعتباری[5] مشتریان و نوع عقد کمینه کند (آلتمن[6]، ۱۹۹۶).

---

1 . Metawa
2 . Agarana
۳. معاونت امور بانکی، بیمه و شرکت‌های دولتی وزارت امور اقتصادی و دارایی، بررسی عملکرد نظام بانکی ۵ ساله برنامه سوم توسعه
4 . Defualt Risk
5 . Credit Risk
6 . Altman

با توجه به اینکه خلأ تئوریکی در زمینه مدل‌سازی ریاضی جهت وزن دهی تسهیلات بانکی که سهم هر یک از مشتریان خرد به تفکیک عقود بانکی با در نظر گرفتن ریسک و بازده وجود دارد، این پژوهش برای اولین بار در ایران به‌طور دقیق به دنبال کشف میزان (وزن) تسهیلات بهینه‌ای به نحوی است که از محدودیت‌های سیاستی، بودجه‌ای و کفایت سرمایه حمایت شود و علاوه بر آن با کمترین ریسک بیشترین بازده را برای بانک به همراه داشته باشد. در این راستا با توجه به مطالعات انجام‌شده در این حوزه و استخراج مدل‌ها، همه آن‌ها بر اساس کارایی، کاربردی بودن و دسترسی داده‌های مربوط به متغیرها در مطالعه موردی این پژوهش ترتیب بندی شده و مدل‌های ریاضی مناسب برای بانک انصار انتخاب‌شده است. پس از انتخاب مدل‌ها، با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک بهینه‌سازی شده و در انتها اعتبارسنجی شده‌اند.

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

در خلال بحران مالی دهه‌ی اخیر، اعتبار تخصیص داده‌شده به متقاضیان وام کاهش یافت و بانک‌ها با اتخاذ سیاست‌های جدیدی به سمت بهینه‌سازی سبد تسهیلات خود حرکت کردند. در این میان اولین اقدام مؤسسات مالی، جیره‌بندی منابع و حذف برخی از مشتریان از دایره خدمت-رسانی بود. لئونالو همکاران[1] (۱۹۶۹) معتقدند که بانک‌ها بر مبنای دو رویکرد مختلف اصل تطابق و حداکثر سازی سود، پرتفوی خود را تشکیل می‌دهند. بر اساس اصل تطابق، بانک پرتفوی دارایی-های خود را بر مبنای تقاضا تشکیل می‌دهد. این در صورتی است که رویکرد حداکثر سازی سود سبب می‌شود تا بانک با توجه به نرخ‌های سود و ریسک مختلف، ترکیبی از پرتفوی را انتخاب کند که سودش را حداکثر نماید. پس‌ازآن به مدیریت سبد تسهیلات مشتریان با رویکردهای متنوعی در ادبیات این موضوع توسط پژوهشگران پرداخته‌شده است. بعضی از پژوهشگران با استفاده از نظریه سبد مدرن مارکوویتز[2] سعی بر مدیریت سبد تسهیلات مشتریان بانک‌ها و مؤسسات مالی داشتند. حال باید گفت واریانس بازده تسهیلات شاخص مناسبی برای توضیح دهندگی ریسک نکول تسهیلات به نظر نمی‌رسد. همچنین بعضی دیگر از روش‌های مدل‌سازی برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی جهت مدل‌سازی ریاضی فضای واقعی استفاده کرده‌اند. این موضوع در حالی است که از

1 . Leonal and et al
2 . Markowitz

روش‌های متفاوت اعم از روش‌های مرسوم برنامه‌ریزی خطی، روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری جهت حل مدل‌های ارائه‌شده مورداستفاده قرارگرفته است.

اسکاتمن و سیز[1] (۲۰۰۱) با استفاده از الگوریتم ژنتیک همراه با روش‌های کمی دیگر نظیر ریسک اعتباری، اقدام به حل مسئله بهینه‌سازی پرتفوی با تأکید بر ریسک اعتباری کرده‌اند. آن‌ها از روش‌های کمی تعیین ریسک اعتباری پرتفوی به‌منظور محاسبه اشکال گوناگون ریسک پرتفوی همچون زیان مورد انتظار و زیان غیرمترقبه استفاده کرده و درنهایت از این اطلاعات برای بهینه‌سازی ریسک و بازده سبدهای انتخابی بهره گرفته‌اند.

موکرجی و همکاران[2] (۲۰۰۲) جهت مدیریت سیاست‌های تسهیلات بانکی، با به‌کارگیری روش الگوریتم ابتکاری تکاملی NSGA-II[3] به دنبال ایجاد چارچوبی برای تصمیم‌گیری با رویکرد ایجاد توازن بین ریسک-بازده عملیات اعطای تسهیلات به مشتریان برآمدند. آن‌ها افزایش ارزش حاصله برای ذینفعان که با مؤلفه‌ی حاشیه سود خالص نشان داده می‌شود را هدف قراردادند. در این مقاله از الگوریتم ژنتیک برای رسیدن به یک دسته پاسخ بهینه‌ی مناسب از نوع پارتو برای افزایش انعطاف محاسبات بهره برده شده است.

میسرا و سباستین[4] (۲۰۱۳) با ارائه رویکردهای متفاوت برای محاسبه‌ی حجم تسهیلات اختصاص‌یافته به مشتریان خرد، برنامه‌ریزی آرمانی در تعیین حدود سبد عرضه تسهیلات در بانک-های کشور نیجریه را موردبررسی قراردادند. در تابع هدف مسئله، از مؤلفه‌های چهارگانه نظیر بانکداری شرکتی و شعب، نسبت تسهیلات اعطاء نشده به‌کل وام‌های اعطاء شده، نسبت تسهیلات به ودیعه‌ی اولیه و راندمان استفاده‌شده است.

آگارانا[5] و همکاران (۲۰۱۴) شاخص‌های متعددی نظیر رتبه‌ی تسهیلات اعتباری قرض گیرنده، ویژگی‌های وام نظیر مدت و حجم وام را در بررسی خود وارد کردند. آن‌ها با رویکرد فرا ابتکاری الگوریتم ژنتیک[6] پاسخی بهینه برای مدیریت سبد اعطای تسهیلات طراحی کردند. شاخص‌های موجود در این مطالعه به‌صورت تنگاتنگ در دستیابی به پاسخ بهینه‌ی تعیین حجم تسهیلات به مشتریان خرد مؤثر بوده‌اند.

---

1 . Schlottmann and Seese
2 . Mukerjee and et al
3 . Novel Multi-Objective Evolutionary Algorithm
4 . Misra and Sebastian
5 . Agarana
6 . Genetic Algorithm

سانچز[1] و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از الگوریتم میانگین-واریانس برای سبد مشتریان، یک گروه همه‌سویه از زنجیره‌ی مارکوف محدود و قابل‌کنترل را بهینه‌سازی کردند. پژوهشگران با کمک روش c-variable که مسئله را قابل‌محاسبه می‌نماید، مراحل این پژوهش را به دو فاز اولیه و ثانویه تقسیم‌بندی کرده‌اند؛ در مرحله اول با طراحی مدل غیرخطی مسئله و حل بهینه‌ی آن با روش حل برنامه‌ریزی درجه دوم به جواب بهینه مشخصی می‌رسد. در مرحله دوم تعداد بهینه‌ی مشتریان را با رویکرد برنامه‌ریزی لاگرانژ تعیین می‌کنند.

میزگیر و پاسیا[2] (۲۰۱۵) متدولوژی خود برای تخصیص بهینه‌ی اعتبار سرمایه‌ای را با کمک پژوهش در عملیات ارائه نمودند. توسعه‌ی پایه‌ی نظری این مقاله بر پایه برقراری ارتباط بین تخصیص بهینه‌ی منابع[3] و تئوری مدرن سبد مارکویتز بوده است. از ویژگی‌های این پژوهش می‌توان به رویکرد مؤثر برنامه‌ریزی تخصیص اشاره نمود که در شرایط مختلف احتمال از دست رفتن اعتبار و هزینه‌ی سرمایه اتفاق می‌افتد.

سیریگنانو[4] و همکاران (۲۰۱۶) مدلی متفاوت برای حل مسئله برنامه‌ریزی تخصیص وام در بخش‌هایی نظیر منزل، کارت‌های اعتباری، خودرو، امور دانشجویی یا فعالیت تجاری ارائه دادند و جهت ارزیابی الگوریتم پیشنهادی از داده‌های مؤسسات مالی و سرمایه‌گذارانی با نرخ بهره‌ی ثابت[5] استفاده کردند. در این مسئله به جای به‌کارگیری برنامه‌ریزی غیرخطی چندبعدی که به‌سختی قابل‌محاسبه می‌باشد از روش الگوریتم تقریبی[6] استفاده‌شده است.

متاوا[7] و همکاران (۲۰۱۷) از تکنیک‌های هوشمند نظیر نوعی از الگوریتم ژنتیک در تصمیم‌گیری در فضای عملیات بانکی نظیر اعطای تسهیلات استفاده نمودند. در این پژوهش با کمک GAMCC[8] چارچوبی برای بهینه‌سازی اهداف مالی بانکی شامل افزایش سود و کاهش احتمال خطا ایجاد می‌شود که با جستجوی پویای تصمیمات به دست می‌آید. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از این است که در روش پیشنهادی زمان نظارت بر تسهیلات از ۱۲٪ تا ۵۰٪ کاهش می‌یابد. در این پژوهش برای مقایسه‌ی عملکرد تکنیک GAMCC از ابزار برنامه‌ریزی خطی مرسوم

---

1 . Sánchez and et al
2 . Kamil and et al
3 . Capital Allocation Problem (CAP)
4 . Sirignano and et al
5 . fixed-income investors
6 . Approximation algorithm
7 . Metawaa and et al
8 . Genetic algorithm Multipopulation Competitive Coevolution (GAMCC)

استفاده‌شده و نتایج در گروه‌های سه‌گانه وام‌های مصارف شخصی، خرید خانه و شرکتی به‌صورت دوتایی موردبررسی قرار می‌گیرد.

رولت[1] (۲۰۱۷) در مقاله خود به تحلیل و بررسی تأثیر قوانین جدید بازل تحت عنوان بازل ۳ بر روی مقررات نقد شوندگی سرمایه‌گذاری‌ها در بانک و تخصیص وام به مشتریان در شرایط بحران اقتصادی سال ۲۰۰۸ با استفاده از اطلاعات بانک‌های تجاری اروپا پرداخت. به‌طورکلی طبق این مطالعه، در شرایط بحران اقتصادی بعد از سال ۲۰۰۸، نسبت‌های سرمایه، تأثیرات عمیق و منفی‌ای بر روی بازپرداخت و سایر عوامل مرتبط با تخصیص تسهیلات در بانک‌های اروپایی را به دنبال داشته است که نتیجه آن از بین رفتن قابلیت اهرمی بودن و اصطلاحاً «بحران اعتباری» را برای بانک‌های اروپایی به دنبال داشته است.

مطالعات داخلی نیز در این حوزه انجام‌گرفته است. عسگرزاده (۱۳۸۵)، با اصل قرار دادن مدیریت پرتفوی بانکی به‌عنوان مهم‌ترین مشکل یک بانک به ارائه مدل ریاضی تعیین ترکیب بهینه پرتفوی تسهیلات اعطایی پرداخت. وی با مروری بر مفاد اعطای تسهیلات به متقاضیان به مواردی همچون رقم تسهیلات قابل پرداخت، کیفیت پرداخت‌ها، نرخ بهره، مراحل و کیفیت بازپرداخت، پیش‌پرداخت، مسئولیت‌ها، شکایت‌ها و ضمانت‌های بازپرداخت و سپردن اسناد و قباله می‌پردازد. وی برای ارائه یک مدل برنامه‌ریزی خطی محدودیت‌های خود را در سه دسته تقسیم‌بندی می‌کند: یکم- محدودیت‌های منبعی که ناظر بر مقدار منابع قابل اختصاص برای ارائه وام است؛ دوم- محدودیت‌های سیاستی که ناظر بر سیاست‌های مدیریتی، شرایط حقوقی و فضای بیرونی است و سوم- محدودیت‌های ماهیتی یا ریاضیاتی. سپس با تعیین حجم ریالی تسهیلات به‌عنوان متغیر تصمیم، تابع هدفی با رویکرد حداکثر سازی سود را پیشنهاد می‌دهد.

پورزرندی و همکاران (۱۳۹۲)، مدیریت دارایی و بدهی مورد ارزیابی قرارگرفته است و عملکرد اصلی را در قالب اولاً وصول منابع مالی در سررسید با نرخ سودهای متفاوت و ثانیاً تبدیل دارایی‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت یا بلندمدت معرفی می‌نماید. پژوهشگران با ارائه یک مدل ریاضی، بهترین ساختار ترازنامه بانکی را با در نظر گرفتن تنگناهای موجود جستجو می‌نمایند. درنهایت ضمن بررسی اعتبار مدل و اجرای آن در یک بانک، نتایج حاصله منجر به طراحی ساختار نوینی به‌منظور جایگزینی برخی از منابع مالی پرهزینه فعلی با انواع کم‌هزینه‌تر می‌شود.

---

1 . Caroline Roulet

دلوی و همکاران (۱۳۹۲)، به بررسی سبد تسهیلات اعطایی به متقاضیان تسهیلات مالی و تأثیر مؤلفه‌های نرخ مؤثر بهره و نرخ نکول تسهیلات اعطایی در قالب عقود اسلامی در این سبد پرداخته‌اند. این پژوهشگران در ادامه با استفاده از الگوریتم ژنتیک چند هدفی حالت بهینه‌ای برای تسهیلات اعطایی بانک استخراج نمودند. به‌کارگیری سبد تسهیلات با روش جدید، پوشش‌دهنده‌ی محدودیت‌ها و سیاست‌های حاکم بر اعطای تسهیلات می‌باشد. پس از حل مسئله چندین جواب بهینه تولید می‌شود که قطعاً متناسب با نظرات متخصصان انتخاب یکی از این جواب‌ها، راهکار مناسب‌تری خواهد بود. یافته‌های این پژوهش نشان از تفاوت نرخ بهره مؤثر در دو حالت سیاست اعطای تسهیلات در بانک ملی و مدل پیشنهادی این پژوهش دارد که در یک دوره‌ی سه‌ساله شاهد افزایش نرخ بهره‌ی مؤثر و کاهش نرخ نکول می‌باشیم.

صالحی و همکاران (۱۳۹۳)، بامطالعه مدیریت سبد تسهیلات در مؤسسات مالی، ریسک اعتباری را مهم‌ترین شاخص برای اعطای تسهیلات مالی به متقاضیان معرفی می‌نمایند و معتقدند مهم‌ترین مشکل در بروز ورشکستگی بانکی عدم وجود تصمیم درست در رابطه با تخصیص منابع است. این پژوهش با استفاده از روش‌های پژوهش در عملیات و رویکرد حل الگوریتم ژنتیک در بانک تجارت ایران، سبد بهینه‌شده را ارائه می‌کند.

مهرآرا و صادقیان (۱۳۹۵) با استفاده از مدل بهینه‌سازی سبد مارکویتز، ترکیبی بهینه از سبد اعتباری بانک برای بخش‌های اقتصادی نظیر خدمات، صنعت و معدن، مسکن و ساختمان و کشاورزی را ارائه می‌دهند. نتایج نهایی آن نشان‌دهنده‌ی تطابق مطلوبی با الگوی تخصیص فعلی تسهیلات در این بانک دارد لکن این روش قادر نیست بخشی از تفاوت‌ها یا انحرافات کمی را توضیح دهد.

با توجه به مقدمه و متن پیش‌گفته شده، سؤالات پژوهش عبارت‌اند از:

سؤال ۱: مدل‌های ریاضی مناسب جهت پوشش اهداف و محدودیت‌های مربوط به سبد تسهیلات ارائه‌شده توسط بانک کدام است؟

سؤال ۲: میزان سهم هر یک از گروه‌های مشتریان خرد به تفکیک نوع عقود بانکی با در نظر گرفتن ریسک نکول و بازده تسهیلات چقدر است؟

سؤال ۳: متغیرهای مؤثر بر تصمیم‌گیری ارائه تسهیلات برای بانک‌ها کدام است؟

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با توجه به هدف آن از نوع کاربردی است زیرا با هدف به‌کارگیری توسط بانک‌ها نگاشته شده و رویکرد آن به دلیل استفاده از بازده و ریسک نکول تسهیلات به‌صورت داده تاریخی

پس رویدادی است. داده‌های مورد و قلمرو زمانی جامعه آماری استفاده‌شده در این پژوهش مربوط به تسهیلات ارائه‌شده فعال به جامعه مشتریان خرد بانک انصار سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ می‌باشد. تمامی تسهیلات فعال در این بخش از مشتریان بانک به‌عنوان نمونه در نظر گرفته‌شده است. در مسیر تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، ابتدا بررسی‌شده که مقادیر تسهیلات اعطاشده به گروه‌های مختلف به چه شکل بوده است. سپس میزان بازده تسهیلات بانک و همچنین احتمال نکول تسهیلات را طبق تقسیم بودجه تسهیلات بین گروه‌های مختلف به تفکیک نوع عقود مشخص‌شده است. جهت محاسبه بازده و احتمال نکول از میانگین آن در داده تاریخی برای هر گروه به تفکیک نوع عقود استفاده‌شده است. منظور از بازده حاصل تقسیم سود تسهیلات بر اصل و سود تسهیلات می‌باشد. منظور از ریسک نکول مجموع مانده سررسید گذشته، مانده معوق و مشکوک الوصول تقسیم‌بر اصل تسهیلات می‌باشد.

$$\text{بازده تسهیلات} = \frac{\text{سود تسهیلات}}{\text{اصل و فرع تسهیلات}}$$

$$\text{احتمال نکول تسهیلات} = \frac{\text{مانده مشکوک الوصول} + \text{مانده معوق} + \text{مانده سررسید گذشته}}{\text{اصل و فرع تسهیلات}}$$

پس از به دست آوردن داده‌ها مذکور نوبت به پارامترهای مربوط سیاست‌های داخلی و خارجی بانک می‌رسد. از مهم‌ترین آن‌ها اطلاعات مربوط به محدودیت کفایت سرمایه، سیاست بودجه‌ای، توازن و حداقل‌های عقود مبادله‌ای، مشارکتی و قرض‌الحسنه می‌باشد. جهت استفاده از محدودیت کفایت سرمایه از مجموع حقوق صاحبان سهام مبلغ ریسک‌پذیری غیر تسهیلات (موجودی نقد، سرمایه‌گذاری‌ها، موجودی انبار، پیش‌پرداخت‌ها، حساب و اسناد دریافتنی و سایر دارایی‌ها) استفاده‌شده به‌نحوی‌که ۸ درصد جمع تسهیلات کمتر یا مساوی تفاضل جمع حقوق صاحبان سهام و ۸ درصد مبلغ ریسک‌پذیری غیر از تسهیلات باشد. از طرفی جهت محدودیت بودجه‌ای مجموع کل تسهیلاتی اعطایی می‌بایست از بودجه موردنظر کمتر باشد (عسگرزاده، ۱۳۸۵).

$$\frac{\text{حقوق صاحبان سهام}}{\text{مبلغ ریسک پذیری غیر تسهیلات} + \sum\sum x_{ij}} \leq \%8$$

محدودیت دیگر سیاست داخلی بانک است که باید حداقل ۵۵ درصد از تسهیلات برای عقود مبادله‌ای، ۲۵ درصد مشارکتی و ۲۰ درصد قرض‌الحسنه باشد که می‌بایست به‌عنوان ورودی به مدل داده شود. سپس از نرم‌افزار متلب جهت اجرای مدل‌های مربوطه استفاده می‌شود. مدل‌های مورداستفاده در این پژوهش با توجه به مدل‌های مرور شده مدل‌های غیرخطی (تفاضل دو تابع هدف- مدل ۱)، غیرخطی (کمینه‌سازی ریسک نکول- مدل ۲) و مدل آرمانی (دو تابع هدفه – مدل ۳) می‌باشد که به ترتیب در ادامه مدل‌های مربوطه توضیح داده‌شده است. قبل از ارائه مدل‌ها نمادها، علائم، پارامترها و متغیرها معرفی‌شده است.

جدول ۱. جدول تعریف نمادها، علائم و متغیرها

نماد	تعریف
R_{ij}	نرخ سود حاصل از تسهیلات گروه مشتریان i ام در نوع عقد j ام
d_{ij}	احتمال نکول تسهیلات در گروه مشتریان i ام در نوع عقد j ام
y_{ij}	میزان تسهیلات تسویه نشده در گروه مشتریان i ام در نوع عقد j ام
L_i	حداقل میزان تسهیلات گروه مشتریان i ام
L_j	حداقل میزان تسهیلات مختص به نوع عقد قراردادی j ام
B	بودجه در نظر گرفته‌شده برای اعطای تسهیلات در بانک
Fb	مبلغ ریسک‌پذیری غیر تسهیلات
Pr	حقوق صاحبان سهام
i	اندیس گروه‌های مشتریان
j	اندیس نوع عقد قرارداد
m	انواع عقدهای قراردادی برای اعطای تسهیلات که در این مسئله ۱۰ = m است.
n	تعداد گروه‌های مشتریان که در این مسئله ٦ = n است.
متغیر تصمیم(x_{ij}): میزان تسهیلات گروه i ام در نوع عقد j ام	

مدل ۱ که در آن با توجه به همجنس بودن میزان سود و نکول تسهیلات، این مقادیر از هم کم شدند، در مدل ذیل با تابع هدف Z_1 مشخص‌شده است.

$$\max Z_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} R_{ij} \,.\, x_{ij} - d_{ij}.x_{ij}$$

s.t.

1. $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leq B$

2. $\sum_{i=1}^{n} x_{ij} + y_{ij} \geq L_i$
3. $\sum_{j=1}^{m} x_{ij} + y_{ij} \geq L_j$
4. $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leq \frac{100\ Fb}{8} - Pr$
5. $\sum_{i=0}^{n} x_{ij} \geq L_i$
6. $\sum_{j=0}^{m} x_{ij} \geq L_j$
7. $\sum_{i=0}^{n} \frac{x_{ij}}{\sum_i \sum_j x_{ij}} \geq 55\%$ j=1,2,5,7,10,4
8. $\sum_{i=0}^{n} \frac{x_{ij}}{\sum_i \sum_j x_{ij}} \geq 20\%$ j=12.11
9. $\sum_{i=0}^{n} \frac{x_{ij}}{\sum_i \sum_j x_{ij}} \geq 25\%$ j=8, 9
10. $x_{ij} \geq 0$

محدودیت اول مربوط به بودجه است که می‌بایست جمع تسهیلات ارائه‌شده از بودجه کمتر باشد. محدودیت‌های دوم و سوم مربوط به حداقل ارائه تسهیلات به تفکیک گروه مشتریان و نوع عقود با در نظر گرفتن تسهیلات تسویه نشده است. محدودیت‌های پنجم و ششم به ترتیب مربوط به حداقل تسهیلات به تفکیک گروه مشتری و نوع عقود می‌باشد. محدودیت‌های هفتم تا نهم به‌منظور سیاست داخلی بانک برای ارائه تسهیلات به تفکیک مشارکتی، قرض‌الحسنه و مبادله‌ای می‌باشد. محدودیت دهم به‌منظور غیر منفی بودن میزان تسهیلات اعطایی توسط بانک است.

در مدل ۲ با توجه به‌دشواری محاسبه دقیق بازده مؤثر وام تابع هدف فقط کمینه‌سازی ریسک نکول است که با توجه به محدودیت‌های قبلی حل می‌شود؛ بنابراین تنها تفاوت تابع هدف مربوط به این مدل (مدل ۲) است.

$$Min\ Z_2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} d_{ij} . x_{ij}$$

در مدل ۳از رویکرد مدل‌سازی با روش برنامه‌ریزی آرمانی استفاده‌شده است. کلیات مدل‌سازی در این مدل با مدل غیرخطی یکسان است با این تفاوت که در این روش برخی از اهداف مدل به‌صورت آرمان تعریف می‌شود که در این صورت مدل به دنبال دستیابی به آرمان تعریف‌شده می‌باشد و درنتیجه در حل مدل، بهترین پاسخ‌هایی که بیشترین تقریب را به آرمان‌های مدل طراحی‌شده داشته باشند، انتخاب می‌شوند. در این رویکرد، انحرافات منفی از اهداف موردنظر کمینه می‌شود. از طرفی حدی برای انحرافات مثبت قائل نیستیم در نتیجه بر اساس میانگین بازده و نکول

تسهیلات ارائه‌شده به گروه مشتریان در قالب عقود مختلف و همچنین سیاست‌های بانک موردمطالعه، آرمان‌های موردنیاز این رویکرد تعریف‌شده است.

جدول ۱. آرمان‌های مربوط به مدل برنامه‌ریزی آرمانی

ردیف	عنوان آرمان	نماد
۱	حداقل بازده مربوط به سبد تسهیلات ۱۵٪ باشد	P_1
۲	حداکثر احتمال نکول سبد تسهیلات ۳٪ باشد	P_2

با توجه به آرمان‌های فوق تابع هدف برنامه‌ریزی آرمانی به‌صورت کمینه‌سازی میزان انحرافات منفی از بازدهی و میزان انحرافات مثبت از نکول تعریف‌شده است. محدودیت‌های مربوط به آرمان-ها در قسمت Goal Constraints تعریف گردیده است و مابقی محدودیت‌ها مانند رویکردهای قبل در بخش Rigid Constraints تعریف‌شده‌اند.

$$\text{Min } Z_3 = P_1(d_1^-) + P_2(d_2^+)$$

S.T

Goal Constraints

$$\sum\sum x_{ij}.R_{ij} - d_1^- + d_1^+ = 0.15$$

$$\sum\sum x_{ij}.d_{ij} - d_2^- + d_2^+ = 0.03$$

Rigid Constraints

محدودیت‌های این بخش کاملاً مانند محدودیت‌های مدل ۱ می‌باشد.

یافته‌های پژوهش

گروه مشتریان خرد را می‌توان به شش گروه مشتری و خدمات اعم از خرده پا، درشت پا، میان پا، خدمات آزاد، خدمات بازرگانی و خدمات عمومی تقسیم‌بندی نمود. همچنین این بانک به این مشتریان وام‌هایی را در قالب ده نوع عقد اسلامی اجاره به‌شرط تملیک، جعاله، خرید دین، ضمان، فروش اقساطی، قرض‌الحسنه، قرض‌الحسنه انصار، مرابحه، مشارکت مدنی و مضاربه تخصیص می‌دهد. لازم به ذکر است انتخاب نوع عقود، گروه مشتریان و خدمات بر اساس تعداد داده در دسترس از تسهیلات فعال انتخاب‌شده

است. داده‌های اصل تسهیلات، سود تسهیلات، نرخ بازده تسهیلات، میزان نرخ بازدهی تسهیلات، مانده سررسید گذشته، مانده معوق، مانده مشکوک الوصول برای گروه مشتری به تفکیک نوع عقود اشاره‌شده در فایل اکسل جمع‌آوری‌شده است. بر اساس متغیر تصمیم و مدل‌های ۲، ۱ و ۳ و همچنین با استفاده از روابط ارائه‌شده در بخش سوم می‌توان میزان بازده و ریسک نکول هر یک از تسهیلات ارائه‌شده را محاسبه و سپس برای هر یک از گروه‌های مشتریان به تفکیک نوع عقود میانگین‌گیری نمود.

جواب بهینه به‌صورت سهم هر یک از گروه‌های مشتریان به تفکیک نوع عقود برای مدل‌های ۱، ۲ و ۳ که با الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک حل‌شده است در جدول ۳ با مدل واقعی قابل‌مقایسه است و به‌صورت درصدی (وزنی) ارائه‌شده است.

جدول۳. مقایسه توزیع وام‌دهی به تفکیک نوع عقد

نوع عقد	اجاره به‌شرط تملیک	جعاله	خرید دین	ضمان	فروش اقساطی	قرض‌الحسنه	قرض‌الحسنه انصار	مرابحه	مشارکت مدنی	مضاربه
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
مدل ۱	٪٥٫٨	٪۱۷٫٥	٪۱٫٤	٪۱٫٤	٪۱٦٫۷	٪۸٫٥	٪۱۱٫٥	٪۱۲٫٤	٪۲٤٫۲	٪۰٫٦
مدل ۲	٪٥	٪۱٦٫٤	٪۱	٪۰٫۸	٪۱۸٫۹	٪۷٫۹	٪۱۲٫۲	٪۱۲٫۹	٪۲٤٫۳	٪۰٫٦
مدل ۳	٪۱۱٫۹	٪۸٫۲	٪۱٤٫٤	٪۱۱٫٤	٪٤٫۹	٪۱۰٫٥	٪۱۱	٪٥٫۳	٪۱۰٫۸	٪۱۱٫٦
مدل واقعی	٪۰٫۲	٪۰٫۳	٪٤٫۱	٪۲٫٦	٪٥٫٥	٪٤٫۲	٪۱۲٫۷	٪٥٦٫۹	٪۱۳٫۳	٪۰٫۱

جهت ارزیابی سیاست توزیع تسهیلات به تفکیک عقود مبادله‌ای، مشارکتی و قرض‌الحسنه می‌توان جدول ۴ را مشاهده کرد:

جدول ٤. مقایسه توزیع وام‌دهی به تفکیک نوع عقد

مدل	مبادله‌ای	مشارکتی	قرض‌الحسنه
مدل ۱	٪٥٥	٪۲٥	٪۲۰
مدل ۲	٪٥٥	٪۲٥	٪۲۰
مدل ۳	٪٥٥	٪۲٥	٪۲۰
تخصیص واقعی	٪۰۷	٪۱۳	٪۱۷

جدول ۴ نشان‌دهنده عملکرد مدل‌های غیرخطی و آرمانی در رعایت محدودیت‌های سیاستی بانک می‌باشد. همان‌طور که مشخص است محدودیت‌ها رعایت شده‌اند. همچنین مقدار جمع تسهیلات اعطایی در سه مدل ارائه‌شده از بودجه تخصیص داده‌شده به بانکداری خرد بیشتر نیست. به‌طورکلی می‌توان جواب‌های فوق جواب‌های شدنی و بهینه هستند که مدل‌ها ۱ تا ۳ با تکنیک ژنتیک حل‌شده است.

با توجه به جواب‌های بهینه سه مدل ارائه‌شده، میزان توابع هدف را با میزان تخصیص داده‌شده مقایسه نمود. همچنین به این دلیل که توابع هدف مدل‌های ۲،۱ و ۳ با هم متفاوت است جواب‌های بهینه را هم با تابع هدف مدل ۱ و هم با تابع هدف مدل ۲ مورد مقایسه قرار داده‌شده است. جدول ۵ مقایسه عملکرد مدل‌های اشاره‌شده را نشان می‌دهد.

جدول۵. مقایسه توابع هدف (میلیون ریال)

نام مدل	تابع هدف تفاضل سود و نکول	تابع هدف ریسک نکول
مدل ۱	۲,٤٧٤,۱٥۸	۲٥٤,٥۹٥
مدل ۲	۲,٥٦۲,۷۳۹	۲۳٦,٤۹۱
مدل ۳	۹۳٥,۷۹٥	۲۹۷,٤۱٦
مدل واقعی	۲,۱۸٥,۹٦٦	۳۰۱,۲٤۱

جدول ۵ معیار مقایسه بین ۳ مدل پیشنهادی این پژوهش را با میزان تخصیص واقعی انجام‌شده توسط بانک که به‌عنوان مدل واقعی نام‌گذاری شده است را نشان می‌دهد. بر اساس ستون دوم که میزان سودآوری را به همراه ریسک نکول باهم می‌سنجد مدل با عملکرد مناسب تشخیص داده می‌شود. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود میزان وام اعطایی در هر یک از سه مدل کمتر از مدل واقعی است. مدل واقعی، تسهیلاتی است که به‌صورت واقعی ارائه‌شده است. بر اساس تابع هدف تفاضل سود و نکول (مدل ۱) جواب‌های بهینه از مدل واقعی عملکرد بهتری نشان دادند. این در حالی است که در بین آن‌ها مدل ۲ بهترین نحوه تخصیص را داشته است. همچنین بر اساس تابع هدف ریسک مدل ۲ بهترین عملکرد را داشته و تمامی مدل‌ها از مدل واقعی عملکرد بهتری را نشان داده‌اند؛ بنابراین نتایج فوق می‌تواند نشان‌دهنده اعتبار جواب‌های بهینه به‌دست‌آمده از مدل‌های ۱، ۲ و ۳ باشد.

عقود مشارکت مدنی، فروش اقساطی، جعاله مرابحه به ترتیب عقود هستند که در مدل‌های ۱ و ۲ توانسته‌اند حدود ۷۰ درصد از تسهیلات را به خود اختصاص دهند. دلیل این نکته آن است که این نوع عقود هم متوسط بازده مناسبی دارند (مدل ۱) و درعین‌حال در داده تاریخی ریسک نکول مناسبی دارند. این در حالی است که مدل برنامه‌ریزی آرمانی توانسته سطح توزیع تسهیلات را از مدل‌های ۱ و ۲ بیشتر کند؛ زیرا در این مدل آرمان‌هایی برای توابع هدف تعیین‌شده و انحراف منفی از آن آرمان‌ها کمینه شده است. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد سطح توازن تسهیلات در مدل واقعی مناسب نیست درصورتی‌که مدل‌های اجراشده توانسته‌اند به‌خوبی این ضعف را پوشش بدهند. بر اساس نظریه‌های مدیریت سبد تنوع دارایی‌ها[1] می‌تواند سبب کاهش ریسک غیر سیستماتیک سبد شود. بنابراین می‌توان گفت ریسک غیر سیستماتیک سبدهای پیشنهادی مدل‌های ۱، ۲ و ۳ نسبت به مدل واقعی تفاوت دارد. این در حالی است که در ۳ مدل اشاره‌شده شاخص ریسک سیستماتیک به‌عنوان یک معیار در توابع هدف وجود داشته و جواب‌های بهینه بر اساس آن‌ها به‌دست‌آمده است.

توازن تسهیلات فقط محدود به نوع عقود نیست. توازن تسهیلات را می‌توان برای گروه مشتریان و خدمات نیز تعریف نمود. جدول ۶ نشان‌دهنده نحوه توزیع تسهیلات به تفکیک گروه مشتری و نوع خدمات است.

جدول ٦. نحوه توزیع تسهیلات به تفکیک گروه مشتریان

گروه مشتری / خدمات	تخصیص اعطاشده	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳
میان پا	٤%	۲۱%	۲۱%	۱۳%
درشت پا	٦%	۱۳%	۱٤%	۱۸%
خرده پا	۷۳%	۱٦%	۲۱%	۱۷%
خدمات عمومی	۱%	۱۹%	۱۵%	۲۰%
خدمات بازرگانی	۱۵%	۱۷%	۱۵%	۱۸%
خدمات آزاد	۰%	۱۳%	۱٤%	۱۵%

همان‌طور که در جدول ۶ نشان داده‌شده است بیشتر تسهیلات در گروه بانکداری خرد به مشتریان خرده پا تعلق‌گرفته است. در این صورت ریسک نکول تسهیلات بانک بیشتر وابسته به یک

1 . Diversification

گروه است که این موضوع سبب افزایش ریسک سبد تسهیلاتی بانکداری خرد می‌شود. این در حالی است که مدل‌های ارائه‌شده در این پژوهش با منطق بهینه‌سازی سبد تسهیلات توانسته‌اند توازن اعطای تسهیلات را علاوه بر نوع عقود به تفکیک گروه مشتریان و خدمات نیز رعایت نماید. نتایج به‌دست‌آمده برای مدل‌های ۱ و ۲ تقریباً شبیه به هم است اما در خرده پا و خدمات باهم تفاوت دارند. دلیل این تفاوت در نظر گرفتن توأمان ریسک و بازده در مدل ۱ و در نظر گرفتن ریسک نکول به‌تنهایی در مدل ۲ است. در مدل ۳ با توجه به آرمان ریسک نکول ۳ تا ۵ درصد و بازده ۱۵ درصد نحوه توزیع تسهیلات متفاوت است.

زمانی که وابستگی بانک به یک گروه یا عقد خاص زیاد باشد، ریسک‌های سیستماتیکی که بانک بر آن مدیریت و کنترلی ندارد ممکن است بر آن گروه مشتری خاص یا آن نوع عقد تأثیر بگذارد و متعاقباً ریسک نکول تسهیلات به‌شدت افزایش می‌یابد. ویژگی قابل‌تأمل مدل‌های این پژوهش این است که در هیچ‌کدام یک از مدل‌های ۱، ۲ و ۳ تمرکز تسهیلات روی گروه، خدمات یا عقد خاصی نیست که وابستگی بانک را به آن زیاد کند و موجب کاهش ریسک سیستماتیک می‌شود.

جهت انتخاب بین ۳ مدل ارائه‌شده می‌بایست سطح ریسک‌پذیری بانک مدنظر قرار داده شود. همچنین یک عامل دیگر تصمیم‌گیری مفهوم مدل‌هایی است که از آن‌ها در این پژوهش استفاده‌شده است. به‌عنوان‌مثال مخالفانی برای نحوه محاسبه بازده این پژوهش وجود دارد. به عبارت بهتر بازده تسهیلات را فقط نباید از سود تسهیلات دانست؛ یعنی ممکن است با مفاهیم دیگری مانند کارمزد، سود سپرده و غیر بازده تسهیلات متفاوت باشد در این صورت مدل ۲ بهترین مدل خواهد بود. باید در نظر داشت که اگر بازده واقعی به سود نزدیک‌تر باشد فعالیت‌های بانک تسهیل نمی‌شود. در این صورت هر سه مدل موجه و بهتری مدل طبق جدول ۹ مدل ۲ خواهد بود؛ بنابراین مدل ۲ را می‌توان به‌عنوان مدلی که توانسته تسهیلات بانکی را به نحوی بین گروه مشتریان به تفکیک نوع عقود تقسیم کند که مطابق تابع هدف، بیشترین مقدار تفاضل میزان سود حاصل از ارائه تسهیلات و میزان تسهیلات نکول شده دارا می‌باشد.

نتیجه‌گیری و بحث

تصمیم‌گیری در مورد سبد تسهیلات مشتریان یک بانک یکی از دغدغه‌های مهم مدیران بانکی است. سبد تسهیلاتی که با سود تسهیلاتی مناسب و ریسک نکول کمینه بتواند در قالب عقود مختلف در اختیار گروه‌های مشتریان بانک قرار گیرد. این پژوهش برای اولین بار با استفاده از مدل‌سازی ریاضی به دنبال بیشینه‌سازی سود حاصل از تسهیلات به همراه کمینه‌سازی ریسک نکول آن با توجه به محدودیت‌های سیاستی، بودجه‌ای و کفایت

سرمایه بوده است. مدل‌های ارائه‌شده در این پژوهش بر اساس مقالات، کتب و گزارش‌های تخصصی مربوط به بهینه‌سازی سبد تسهیلاتی بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری شامل دو نوع غیرخطی و آرمانی انتخاب‌شده است (پاسخ سؤال اول) که طبق بررسی‌های این پژوهش، هر سه مدل از روش استفاده‌شده توسط بانک موردمطالعه که بر اساس واقعیت درگذشته رخ‌داده است (مدل واقعی)، برای تخصیص منابع مالی در قالب وام به مشتریان خرد بانک از عملکرد (تفاضل میزان سود حاصل از ارائه تسهیلات و میزان تسهیلات نکول شده) مناسب‌تری برخوردار هستند که با نتایج متاوا و همکاران (۲۰۱۷) و همچنین رولت (۲۰۱۷) همخوانی دارد. همچنین جهت بهینه‌سازی مدل‌ها از روش فرا ابتکاری ژنتیک استفاده‌شده که نتایج مدل‌ها بهتر از واقعیت بود و از این حیث با نتایج آگارتا و همکاران (۲۰۱۴) و صالحی و همکاران (۱۳۹۴) هم‌راستا است. میزان سهم هر یک از گروه‌های مشتریان خرد به تفکیک نوع عقود بانکی با در نظر گرفتن ریسک نکول و بازده تسهیلات برای هر سه مدل در جدول شماره ۳ ارائه‌شده است (پاسخ سؤال دوم). در مقایسه بین سه مدل غیرخطی و آرمانی ارائه‌شده در این پژوهش، مدل غیرخطی تک هدفه (کمینه‌سازی ریسک) با نتایج مناسب‌تری از حیث تفاضل میزان سود حاصل از ارائه تسهیلات و میزان تسهیلات نکول شده نسبت به دو مدل دیگر، ازلحاظ بهینگی پاسخ‌های به‌دست‌آمده رجحان داشته و بانک جهت تخصیص منابع مالی خود به گروه‌های مشتریان خرد به شیوه وام‌دهی، می‌تواند از این مدل استفاده نماید. همچنین با توجه به محدودیت‌های در نظر گرفته‌شده در این پژوهش جهت تعیین سبد تسهیلات مشتریان خرد در سطح کلان، توازن در ارائه تسهیلات به تفکیک نوع عقود در ۳ مدل ارائه‌شده نسبت به مدل واقعی مناسب‌تر بوده است. توازن ارائه تسهیلات برای گروه‌ها و خدمات مختلف اعطایی تسهیلات نسبت به مدل واقعی مناسب‌تر بوده است. محدودیت اصلی پژوهش عدم وجود داده‌های تسهیلات مشتریان خرد به تفکیک عقود به‌صورت سری زمانی است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، این پژوهش با تمرکز بر گروه مشتریان خرد بانک و عملیات وام‌دهی به این دسته از مشتریان صورت پذیرفته است؛ بنابراین در پژوهش‌های آتی می‌توان بر روی تمامی مشتریان بانک تمرکز کرده و مدلی مناسب با الزامات مرتبط با هر گروه ارائه نمود. ضمناً برای طراحی مدل‌های آرمانی در این حوزه در پژوهش‌های آتی می‌توان از طیف گسترده‌تری از آرمان‌ها به‌تناسب شرایط و سیاست‌های وام‌دهی بانک موردنظر بهره گرفت که این مهم مستلزم شناسایی دقیق انتظارات بانک موردنظر از سیستم وام‌دهی خود می‌باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود تا از روش‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری دیگری همانند حرکت مورچگان، ازدحام ذرت و شبیه‌سازی آنیلیگ جهت بهینه‌سازی مدل‌ها استفاده شود. به سیاست‌گذاران پولی هم توصیه می‌شود به‌صورت پویا از بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری ذیل خود تقاضای تخصیص بهینه منابع مالی به مشتریان خود بر اساس مدل‌های آرمانی با در نظر گرفتن سیاست‌های هر بانک داشته باشد.

منابع

- پورزرندی، ابراهیم و غیره. (۱۳۹۲)، طراحی مدل ریاضی به‌منظور پیش‌بینی و بهینه‌سازی ساختار دارائی‌ها و بدهی‌ها در سیستم بانکی، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ص. ۵۱-۷۷.
- دستورالعمل محاسبه سرمایه نظارتی و کفایت سرمایه مؤسسات اعتباری (۱۳۹۳)، مدیریت کل مقررات، مجوزهای بانکی و مبارزه با پول‌شویی، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران
- دلوی، محمدرضا و باقی، ابراهیم و عبدالباقی، عبدالمجید و کاظمی، جواد (۱۳۹۲)، کاربرد الگوریتم ژنتیک چندهدفه در بهینه‌سازی پرتفوی تسهیلات بانک (مطالعه موردی تسهیلات اعطایی بانک ملی استان اصفهان). تحقیقات حسابداری و حسابرسی پاییز ۱۳۹۴ شماره ۲۷
- صالحی، فهیمه و مجتبی، صالحی و جعفری اسکندری، میثم (۱۳۹۳)، بهینه‌سازی سبد تسهیلات اعطایی مؤسسات مالی با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی و الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی بانک تجارت). توسعه مدیریت پولی و بانکی. جلد ۳، ص. ۱-۲۲.
- عسگرزاده، غلامرضا (۱۳۸۵) ، مدل‌سازی ریاضی تعیین ترکیب بهینه پرتفوی تسهیلات اعطایی در مؤسسات مالی و اعتباری. فصلنامه اندیشه صادق. ۲۳، ص. ۱۰۷-۱۳۰.
- مهرآرا، محسن و صادقیان، صغری(۱۳۸۷،)تعیین ترکیب بهینه وام در بخش‌های اقتصادی (مطالعه موردی بانک سامان). فصلنامه علوم اقتصاد، جلد ۵، ص. ۸۲-۱۰۲
- Agarana, MC, Bishop, SA and Odetunmibi(Aug 2014),Optimization of banks loan portfolio management using goal programming technique. International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences (IMPACT: IJRANSS), Vol. 2, pp. 43-52.
- Asgarzadeh, Gholamreza (2006), Mathematical Modeling to Determine the Optimal Composition of Credit Facility Portfolios in Financial and Credit Institutions.(in persian)
- Caroline Roulet (2017),Journal of Economic and Business, https://doi.org/10.1016 /j.jaconbus.2017.10.001
- Clemente, Annalisa Di(2014), Improving Loan Portfolio Optimization by Importance Sampling Techniques (Evidence on Italian Banking Books), Oxford, OX4 2DQ, UK: John Wiley & Sons Ltd, Banca Monte dei Paschi di Siena SpA, Vol. 43, pp. 167-191.
- Delavi, Mohammad Reza and Baghi, Ebrahim and Abdolbaghi, Abdolmajid and Kazemi, Javad (2013), Application of Multi-Objective Genetic Algorithm in Bank Facility Portfolio Optimization (Case Study of National Bank of Isfahan Provincial Banking Facilities). Accounting and Auditing Research Fall 2015 # 27.(in persian)

- Dimitris I. Giokas, M. Vassiloglou(1991),European Journal of perational Research, doi:10.1016/0377-2217(91)90038-W
- G. Goffrey Booth, Gordon H. Dash, Jr(1977), https://doi.org/10.1111/j.1540-6288.1977.tb00952.x
- Guidelines for Calculating Regulatory Capital and Credit Institution Capital Adequacy (2014), General Regulation Management, Banking Licenses and Money Laundering, Central Bank of the Islamic Republic of Iran.(in persian)
- Harry Markowitz(Mar. 1952), Portfolio Selection, The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1. pp. 77-91.
- Mehrara, Mohsen and Sadeghian, Soghri) (2008) (Determining the optimal composition of loans in economic sectors (Case Study of Saman Bank), Journal of Economics, Volume 5, pp. 82-102.(in persian)
- Metawa, Noura, et al(2016), Loan Portfolio Optimization using Genetic Algorithm: A case of credit constraints, Cairo: s.n. 12th International Computer Engineering Conference (ICENCO). pp. 59-64.
- Metawa, Noura, Kabir Hassan, M and Elhoseny, Mohamed(2017. September 1), Genetic Algorithm Based Model For Optimizing Bank Lending desicion, Expert Systems With Applications, Vol. 80, pp. 75-82. 0957-4174.
- Misra, A.K. and Sebastian, V. J. (2013),Portfolio Optimization of Commercial Banks-An Application of Genetic Algorithm. Delhi, India: s.n. European Journal of Business and Management, Vol. 5, pp. 120-129. 2222-1905.
- Mizgier, Kamil J و ؛ Pasia, Joseph M(2015 1 March), Multiobjective optimization of credit capital allocation in financial institutions.Springer-Verlag Berlin Heidelberg,, CEJOR.
- Mukerjee, Amitabha, et al. Multi-Objective Evolutionary Algorithms for the Risk-Return Trade-off in Bank Loan Management.
- Pederson, Glenn D. and Zech, Lyubov(2009), Assessing Credit Risk in an Agricultural Loan Portfolio. s.l.: Canadian Journal of Agricultural Economics, Vol. 57, pp. 169–185.
- Pedro Martins (2017), journal of Manufacturing Systems https://dx.doi.org/10.16/j,jmsy.2017.06.001
- Porzorandi, Ebrahimi, nd so on. (2013), Designing a Mathematical Model to Predict and Optimize the Structure of Assets and Debts in the Banking System, Journal of Financial Engineering and Securities Management, pp. 51-77.(in persian)
- Salehi, Fahimeh & Mojtaba, Salehi & Jafari Eskandari, Meysam (2014), Optimization of Financial Institutions Portfolio Using Mathematical Programming and Genetic Algorithm (Case Study of Bank of Commerce) .(in persian)
- Sirignano, Justin A. Tsoukalas, Gerry and Giesecke, Kay(2016), Large-Scale Loan Portfolio Selection. Maryland, USA: Institute for Operations Research and the Management Sciences, OPERATIONS RESEARCH, pp. 1-17. 1526-5463.