Securities & Exchange Organization, Research, Development & Islamic Studies (RDIS)
Journal of Securities and Exchange, Spring 2022, V. 15, No.57, pp. 427-460

# Presentation a Model for Intelligent Decision Making for the Optimal Bank Loans Provision Based On Meta-Heuristic Algorithms Whale and Bat[1]

**Mohadese Koochaki Tajani[2], Reza Fala[3], Mahdi Maran Jory[4], Razieh Alikhani[5]**

Received: 2021/10/27
Accepted: 2022/02/15

Research Paper

## Abstract

Non-performing loans (NPL) strongly affect the health of the banking sector as well as the economies of countries. The provision of loans by banks must be safe and sound so that the bank can be financially strong in times of crisis against credit risks and bankruptcy.
Failure to manage credit risk increases the risk of bank bankruptcy. Due to the importance of this issue, the present study designs a multi-objective mathematical model to reduce risks and increase bank returns.
Therefore, in order to optimize the loans granted by banks in the face of uncertainty in systematic risk, exchange rate and inflation, the robust model of mathematical linear programming based on Malloy approach presented the model based on financial data from 2013 to 2017 bank using the meta-heuristic algorithms of bat and Whale in MATLAB software have been evaluated.
The results show the efficiency of the model and the improvement of the rate of return (current loans) and the reduction in credit risk and bankruptcy.

**Key Words:** Non-Performing Loans, Loans Optimization, Whale and Bat Algorithms, Credit risk, Decisions on Uncertainty.
**JEL Classification:** E59, C61, D81

---

1. DOI: 10.22034/JSE.2021.11540.1670
2. Ph.D. Student, Department of Accounting, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran. (Mohadesekoochaki@gmail.com).
3. Assistant Professor, Department of Accounting, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran. (Corresponding Author). (rezafalah_a@yahoo.com).
4. Assistant Professor, Department of Accounting, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran. (Mr.maranjory@gmail.com).
5. Assistant Professor, Department of Accounting, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran. (Alikhani_r2@yahoo.com).

Journal of Securities Exchange

سازمان بورس و اوراق بهادار، مرکز پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی

فصلنامه بورس اوراق بهادار، سال پانزدهم، شماره ۵۷، بهار ۱۴۰۱، صص ۴۶۰-۴۲۷

# ارائه مدلی برای تصمیم‌گیری هوشمند واگذاری بهینه تسهیلات بانکی مبتنی بر الگوریتم‌های فراابتکاری نهنگ و خفاش[1]

محدثه کوچکی تاجانی[2]، رضا فلاح[3]، مهدی مران جوری[4]، رضیه علی خانی[5]

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۶

## چکیده

تسهیلات غیرجاری (NPL) به شدت بر سلامت بخش بانکی و همچنین اقتصاد کشورها تأثیر می‌گذارند. واگذاری تسهیلات بانک‌ها باید ایمن و سالم باشد تا بانک بتواند در مواقع بحران مقابل ریسک‌های اعتباری و ورشکستگی استحکام مالی داشته باشد. شکست در مدیریت ریسک اعتباری به افزایش ریسک ورشکستگی بانک‌ها منجر می‌شود. نظر به اهمیت این موضوع، پژوهش حاضر اقدام به طراحی مدل ریاضی چند هدفه برای کاهش ریسک‌ها و افزایش بازده بانک می‌کند. بنابراین به منظور بهینه‌سازی تسهیلات واگذاری بانک‌ها در شرایط عدم قطعیت ریسک سیستماتیک، نرخ ارز و تورم، مدل استوار برنامه‌ریزی خطی ریاضی بر اساس رویکرد مالوی ارائه شده است. مدل یادشده بر اساس داده‌های مالی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ بانک مورد مطالعه با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری خفاش و نهنگ در نرم افزار متلب مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان دهنده کارایی مدل و بهبود میزان بازده (تسهیلات جاری) و کاهش در ریسک اعتباری و ورشکستگی بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** تسهیلات غیرجاری، بهینه‌سازی تسهیلات، الگوریتم‌های نهنگ و خفاش، ریسک اعتباری، تصمیم گیری در عدم قطعیت.

**طبقه بندی موضوعی:** E59, C61, D81

---

۱. DOI: 10.22034/JSE.2021.11540.1670

۲. دانشجوی دکتری، گروه حسابداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. (Mohadesekoochaki@gmail.com)

۳. استادیار، گروه حسابداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. ( نویسنده مسئول). (Dr.fallah.reza@gmail.com)

۴. استادیار، گروه حسابداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس. ایران. (Mr.maranjory@gmail.com).

۵. استادیار، گروه حسابداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. (Alikhani_r2@yahoo.com)

**مقدمه**

تسهیلات به عنوان بزرگ‌ترین دارایی بانک‌ها دارای ریسک کمابیش بالایی است. ریسک بالقوه تسهیلات، در تسهیلات معوق، یا تسهیلات غیرجاری آشکار می‌شود. تسهیلات غیرجاری نه تنها نقش عمده‌ای در رتبه‌بندی سلامت بانک‌ها دارد، بلکه در مراحل بررسی افزایش واگذاری تسهیلات بخش مهمی از تصمیم‌گیری مدیران بانک است.

تصمیم‌گیری، انتخاب یک راه‌حل از میان راه‌حل‌های مختلف و بخش جدانشدنی مدیریت به شمار می‌رود. مدیران همواره با مسائلی روبرو هستندکه نیاز به گرفتن تصمیم بهینه دارند. تصمیم‌گیری درخصوص واگذاری تسهیلات و اطمینان از وصول تعهدات مشتریان، یکی از مهم‌ترین موضوع‌های گفته شده در زمینه مدیریت بهینه، تسهیلات بانک است. بهینه‌سازی فن‌آوری کلیدی در زمینه تجزیه و تحلیل داده‌های هوشمند است (لئو[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

الگوریتم‌های بهینه‌سازی فراابتکاری، روش‌هایی هستندکه می‌توانند با تغییرهایی کم برای مسائل مختلف بهینه‌سازی مورد استفاده قرارگیرند. الگوریتم‌های فراابتکاری بطور قابل ملاحظه‌ای توانایی یافتن پاسخ‌های با کیفیت بالا را برای مسائل بهینه‌سازی سخت افزایش می‌دهند(مدانلوجویباری، ۱۳۹۳). از جمله الگوریتم خفاش یک الگوریتم الهام گرفته از رفتار جمعی خفاش‌ها در محیط طبیعی است که توسط یانگ[2] (۲۰۱۰) نشان داده شد. این الگوریتم برمبنای استفاده ازخاصیت انعکاس صدا توسط خفاش‌ها است. همچنین الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ که به آن الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ نیز گفته می‌شود در سال ۲۰۱۶ توسط سیدعلی میرجلیلی نشان داده شد. یکی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی الهام گرفته شده از طبیعت و استوار بر جمعیت است که در زمینه‌های مختلف می‌توان از آن استفاده کرد. این الگوریتم رفتار اجتماعی نهنگ‌های کوهان‌دار را الگوبرداری می‌کند و از راهبرد شکار شبکه حبابی الهام گرفته شده است. این الگوریتم از قدرت رقابتی بالایی در مقایسه با الگوریتم‌های فراابتکاری پیشرفته و روش‌های متعارف، برخوردار است.

هدف از بهینه‌سازی، یافتن بهترین پاسخ قابل قبول، با توجه به محدودیت‌ها و نیازهای مسأله است. برای یک مسأله، ممکن است پاسخ‌های مختلفی موجود باشدکه برای مقایسه آن‌ها و انتخاب پاسخ بهینه، تابعی به نام تابع هدف تعریف می‌شود. از آنجایی که هدف از تهیه و ارائه

1. Luo
2. Yang

اطلاعات حسابداری مالی، فراهم ساختن مبنای تصمیم‌گیری است و هر نوع تصمیم‌گیری شایسته کسب اطلاعات، پردازش و تجزیه و تحلیل اطلاعات و استنتاج منطقی و مناسب از اطلاعات است، وجود مدل‌هایی با حداکثرسازی سود و حداقل‌سازی ریسک برای بهینه‌سازی و پیشگیری از ورشکستگی بانک‌ها در محیط فعالیت تجاری آن‌ها می‌تواند برای تصمیم‌گیری دارای اهمیت باشد. جداسازی مدل این پژوهش با سایر پژوهش‌های مشابه، این است که تمرکز مدل ارائه شده در این پژوهش با تثبیت سیستم بانکی ضمن دستیابی به حداکثر سود، به‌ایمن‌سازی بانک در مقابل ریسک‌های اعتباری و ورشکستگی با استفاده از روش‌های هوشمند می‌پردازد. به گونه‌ای که مدل ارائه شده با توجه به سرمایه پایه و عملکردی که بانک‌ها و هر یک از تسهیلات در واکنش به بحران‌ها نشان می‌دهند، می‌تواند وضعیت تداوم فعالیت بانک را پیش‌بینی کند. همچنین مدل این پژوهش بانک‌ها را از تاثیر هریک از انواع ریسک‌های سیستماتیک، نرخ ارز و تورم بر میزان بازپرداخت تسهیلات آگاه می‌کند. با استفاده از این مدل مدیران بانک‌ها بر اساس وضعیت هر یک از انواع تسهیلات می‌توانند تصمیم‌گیری صحیحی را برای پرداخت میزان مشخصی از هر نوع تسهیلات با توجه به مرز بهینه داشته باشد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر ارائه مدلی چندهدفه برای تصمیم‌گیری واگذاری تسهیلات بانک‌ها استوار بر الگوریتم‌های فرا ابتکاری است.

## مبانی نظری و پیشینه پژوهش

بررسی ادبیات وام‌های غیرجاری در بسیاری از انواع ادبیات دانشگاهی در جهان، موضوعی مهم و مورد بحث است. تعداد زیادی از پژوهشگران درباره مسئله NPL[1] (تسهیلات غیرجاری یا مطالبات معوق) افشا کرده‌اند(کومار[2]، ۲۰۲۰). NPL شرایطی است که مشتریان قادر به پرداخت بخشی یا تمام تعهدات خود در قبال بانک برپایه توافق در قرارداد نباشند (زولفیکار[3]، ۲۰۱۷). در تعریف دیگر NPL، شاخصی از اعتبار بانکی بد است که در آن مشتری یا بدهکار قادر به پرداخت بخشی یا کل اصل و سود وام نیست. وام‌های غیرجاری معیار اندازه‌گیری توانایی بازپرداخت اعتبار توسط بدهکاران است. تسهیلات غیرجاری بیشتر نشان دهنده ناتوانی بیشتر

1. Non-Performing Loan
2. Kumar
3. Dzulfikar

بدهکار در بازپرداخت بدهی‌ها و سود بانک‌ها است (هرمونینگیش[1] و همکاران، ۲۰۲۰). هرچه تسهیلات غیرجاری بیشتر باشد، بانک نمی‌تواند به عنوان یک واسطه خوب عمل کند. به عبارت دیگر، هرچه میزان تسهیلات غیرجاری در بانک‌ها بیشتر باشد، عملکرد بانک ضعیف است. نسبت NPL نه تنها نقش عمده‌ای در رتبه‌بندی سلامت بانک‌ها دارد، بلکه در بررسی مراحل اعتبار سنجی، بخش مهمی از مدیریت بانک است. NPL یک شاخص سلامت بانک و کیفیت دارایی است (آملیا[2]، ۲۰۱۷). وام‌های غیرجاری را می‌توان از دیدگاه دیگری نیز تفسیر کرد: «وام‌های غیرجاری وام‌هایی هستند که به دلیل عوامل عمدی و یا به دلیل عوامل خارجی فراتر از توانایی کنترل بدهکار، مانند شرایط بد اقتصادی، در بازپرداخت وام مشکل دارند» (سیامت[3]، ۲۰۰۵). افزون بر این عوامل دیگری وجود دارد که باعث ایجاد تسهیلات اعتباری بد می‌شود، از جمله اینکه تحلیل گر تسهیلات بانک، بررسی اسناد را رعایت نمی‌کند و در محاسبه نسبت‌های بانکی دقیق نیست (هرمونینگیش و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین پیامد مقدار زیاد تسهیلات غیرجاری در سیستم بانکی نشان دهنده عدم موفقیت بانک و همچنین رکود اقتصادی است. علل تسهیلات غیرجاری بیشتر به عدم نظارت و یا نظارت مؤثر از طرف بانک‌ها، عدم مراجعه مؤثر مشتریان به وام دهندگان، ضعف زیرساخت‌های قانونی و راهکارهایی برای کوتاه شدن زمان بازیابی بدهی مؤثر است. نظارت دقیق و منظم، همکاری بین دو طرف در ارتباط و اجرای دقیق قوانین فعال به کاهش تسهیلات غیرجاری کمک می‌کند. برای کاهش تسهیلات غیرجاری، باید اقدامات مناسب برای بهبود بدهی انجام شود و سرمایه گذاری جدید باید ایمن و سالم باشد. در غیر این‌صورت مقدار زیاد وام‌های غیرجاری، سودآوری بانک‌ها را کاهش می‌دهد و همچنین ممکن است باعث فرسایش سرمایه شود (کومار و همکاران، ۲۰۲۰). کسمیر[4] (۲۰۱۴) اظهار داشت که برای جلوگیری از وام‌های پرداخت نشده، دو عنصر مهم در واگذاری تسهیلات به مشتریان وجود دارد: سطح سودآوری و سطح ریسک. سطح سود عبارت از میزان سود تعیین شده برای دریافت وام در یک دوره است، درحالی که سطح ریسک میزان ریسکی است که در برابر احتمال کاهش سود بانکی از فعالیت‌های تسهیلات با آن روبرو می‌شوید.

---

1. Hermuningsih
2. Amelia
3. Siamat
4. Kasmir

برای تصمیم‌گیری‌های مالی یک مؤسسه، یک شاخص علمی برای هر مؤسسه مورد نیاز است. یکی از شاخص‌های مناسب برای این اهداف، ارزیابی درست احتمال ورشکستگی بانک‌ها است. نسبت‌های مالی، یکی از ابزارهای تجزیه وتحلیل مسائل مالی هستند. پژوهشگران توانسته‌اند از طریق ترکیب این نسبت‌ها، مدل‌های چند متغیره را برای پیش‌بینی ورشکستگی ارائه دهند. نسبت‌های مالی برخی از واقعیت‌های مهم درباره عملیات و وضعیت مالی یک واحد اقتصادی را به آسانی نمایان و اطلاعات مربوط به آن را ارائه می‌کند که در این پژوهش از مدل ورشکستگی آلتمن استفاده شده است.

استدلال‌های بسیاری وجود داردکه می‌تواند رفتار نسبت NPL را از طریق فعالیت اقتصادی روشن کند. رکود اقتصادی فراگیرانه با بیکاری بیشتر همراه است، که این امر بر توانایی بدهکاران در انجام وظایف خود تأثیر می‌گذارد. در مقابل، رشد اقتصادی به خانوارها و بنگاه‌های اقتصادی اجازه می‌دهد تا منابع مالی خود را مهار کنند و در پرداخت بدهی‌های خود همچنان جاری باشند، که این نشان دهنده کیفیت بالاتر سبد وام بانک‌ها است (گریگولی[1] و همکاران، ۲۰۱۸). آگاهی از شوک‌های وارده به بخش‌های خاص اقتصاد دارای اهمیت است که از دید یک سیاست‌گذار برای به حداقل رساندن تأثیر زیان آور تسهیلات معوق در بخش‌های خاص بازار کار و تولیدات باید درک شود. مشخص شده است که تسهیلات غیرجاری‌ها تحت تأثیر متغیرهای کلان مانند رشد تولید ناخالص داخلی، بیکاری و تورم و متغیرهای مربوط به بانک مانند مدیریت بد و ساختار بازار قرار دارند(بک[2] و همکاران، ۲۰۱۹). افزون بر این، عدم قطعیت یک اثر منفی بر بازده سهام و همچنین در وام دهی بانک می‌شود (هو و گانگ[3]، ۲۰۱۹). ژانگ[4] و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند تاثیر مثبتی از عدم قطعیت سیاست در زیان وام وجود دارد، همچنین کاهش میزان تأثیرآن برای بانک‌های کم خطرترکه سطح بالاتری از ذخایر قبلی را دارند. همچنین، عدم اطمینان سیاست اقتصادی، که می‌تواند به عنوان مشکلاتی که عوامل اقتصادی در پیش‌بینی آینده سیاست‌های مالی، پولی، نظارتی و تجاری پیش‌بینی می‌کنند، تعریف شود، بتازگی مشخص شده است ریسک اعتباری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سیاست‌های اقتصادی ممکن است به عدم تخصیص مناسب منابع اعتباری بانک‌ها یا وخیم‌تر

1. Grigoli
2. Beck
3. Hu and Gong
4. Zhang

شدن عملکرد شرکت‌های وام گیرنده کشیده شود (چی و لی[1]، ۲۰۱۷). افزایش ریسک اعتباری، برمعیارهای دریافت وام و رویه‌های غربالگری، که منجر به فرسایش کیفیت فعالیت وامدهی بانک‌ها می‌شود، برافزایش وام‌های غیرجاری تاثیرگذاراست (رادیووجِویک[2]، ۲۰۱۹).

خان[3] (۲۰۲۰) عوامل تعیین‌کننده وام‌های غیرفعال در بخش بانکی در کشور در حال توسعه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که شاخص‌های کارایی و سودآوری عملیاتی با NPL ارتباط منفی دارند اما از نظر آماری معنی‌دار بودند، در حالی که بسندگی سرمایه و تنوع درآمد با NPL ارتباط منفی دارد اما از نظر آماری ناچیز است. کارادیما[4] (۲۰۲۰) پژوهشی با عنوان عدم اطمینان سیاست اقتصادی و وام‌های غیر عملکردی: نقش تعدیل‌کننده تمرکز بانک انجام دادند. این مقاله به صورت تجربی نظریه‌های مربوط به وام‌های بانکی، عدم اطمینان سیاست اقتصادی و مقررات احتیاطی ملی را آزمایش می‌کند. نتایج نشان داد عدم اطمینان سیاست اقتصادی به طور چشمگیری مانع رشد اعتبار بانکی می‌شود، اما تأثیر آن در بانک‌ها متفاوت است. به طور خاص، تأثیر منفی عدم اطمینان سیاست اقتصادی بر رشد وام برای بانک‌های با اندازه بزرگتر و بانک‌های با ریسک بیشتر است، در حالی که برای بانک‌های با نقدینگی بیشتر و بانک‌های متنوع‌تر، ضعیف‌تر است. علاوه بر این، تأثیر عدم اطمینان سیاست اقتصادی بر وام‌های بانکی به مقررات احتیاطی ملی بستگی دارد، به طوری که به نظر می‌رسد اثر منفی هر دو سیاست‌های کلان و احتیاطی کلان را کاهش دهد. پرتوی[5] (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان بهره‌وری بانکی و وام‌های غیرجاری، شواهدی از ترکیه به بررسی کارایی فنی و تخصیصی در بانک‌های ترکیه با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج به دست آمده از این نظریه، حمایت می‌کند که NPL ها از نظرکارایی فنی تأثیر منفی دارند، که فرضیه «مدیریت بد» در بخش بانکی را تأیید می‌کند. همچنین دریافتندکه بسته به ساختار مالکیت موجود، سطح کارایی بانک‌های ترکیه متفاوت است. متاوا[6] (۲۰۱۷) یک روش برای سازماندهی پویای تصمیم‌گیری وام دهی بانک با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه کرد. الگوریتم ژنتیک پیشنهادی براساس مدل ارائه شده چارچوبی برای بهینه‌سازی هدف بانک درزمان ایجاد پرتفوی وام است

1. Chi & Li
2. Radivojevic
3. Khan
4. Karadima
5. Partovi
6. Metawa

که به حداکثرسازی سود بانک و حداقل‌سازی ریسک شکست بانک با جستجوی یک تصمیم وامدهی پویا و بهینه است. آگارانا[1] (۲۰۱۴) به بهینه‌سازی مدیریت پرتفوی وام بانکی با استفاده از شیوه برنامه‌ریزی آرمانی پرداخت. در این مقاله نتایج بهینه‌سازی مدیریت سبد وام‌های بانکی را ارائه داد. یک روش پژوهش عملیاتی، برنامه‌ریزی هدف، به منظور مدیریت پرتفوی وام در بانک‌ها به منظور بهینه‌سازی آن اعمال شد. نتیجه به دست آمده، با استفاده از یک مدل چند هدفه، پاسخی در مورد چگونگی رسیدگی به موارد وام‌های بد یا وام‌های مشکوک ارائه شد. کریمی وردنجانی و همکاران(۱۳۹۹) به پژوهشی با عنوان استخراج و رتبه‌بندی عوامل ایجاد مطالبات معوق نظام بانکی و ارائه راهکارهای پیشنهادی پرداختند. بر اساس مدل ارائه شده پنج بازیگر پنهان فضای اقتصاد کلان، ساختار بازار پول، نحوه عملکردهای بانک‌ها، عوامل محیطی و نظام نظارت و مجازات تعیین شد. پس از بررسی بار عاملی علل و تعیین رتبه‌بندی آنان، متناسب با عوامل، راهکارهای عملیاتی برای حل این معضل ارائه شد. دهقان و همکاران(۱۳۹۸)، در پژوهشی ارتباط ریسک اعتباری بانک‌ها و ریسک و بازده سهام آن‌ها در بورس اوراق بهادار تهران را بررسی کردند. برای محاسبه ریسک بانک‌ها از ۲ معیار بتای سنتی و بتای نامطلوب استفاده کردند که تاثیرگذاری ریسک اعتباری برآن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشانگر آن بود که ریسک اعتباری بانک‌ها تاثیر منفی و معنی‌داری بر بازده سهام بانک‌ها در بورس اوراق بهادار تهران دارد و میان ریسک اعتباری بانک‌ها و متغیرهای ریسک (بتای سنتی و بتای نامطلوب) رابطه مثبت و معنی‌دارای وجود دارد. سهرابی و همکاران (۱۳۹۵) به طراحی سیستم توصیه‌گر به منظور بهینه‌سازی و مدیریت تسهیلات بانکی بر مبنای الگوریتم‌های خوشه‌بندی و طبقه‌بندی تسهیلات پرداختند. هدف اصلی پژوهش ارائه تسهیلات مناسب به مشتریان و طراحی سیستم توصیه‌گر تسهیلات بانکی با استفاده از داده‌های قبلی مربوط به تسهیلات بوده است. راهکار ارائه شده، با دریافت داده‌های تسهیلات و اطلاعات حساب مشتری، گروه‌های مشتریان را در فرآیند آموزش و اعتبارسنجی، امکان پیش‌بینی شرایط مشتری برای دریافت تسهیلات آتی را فراهم کردند. مهرآرا و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی به تعیین ترکیب بهینه وام در بخش‌های اقتصادی (مطالعه موردی بانک سامان) پرداختند. در این پژوهش، ترکیب بهینه پرتفوی اعتباری بانک در قالب بخش‌های اقتصادی مبتنی بر مدل بهینه‌سازی پرتفوی

1. Agarana

ماکوویتز محاسبه شد. یافته‌ها نشان داد که به ترتیب بخش‌های خدمات، صنعت و معدن، مسکن و ساختمان و کشاورزی از بیشترین سهم در پرتفوی بهینه وام برخوردارند. اعتبارهای واگذاری به بخش کشاورزی و ساختمان و به ویژه صنعت و معدن از جمله دارایی‌های ریسکی برای نظام بانکی محسوب می‌شود.

## تعریف نظری متغیرهای پژوهش

نوع تسهیلات: در این پژوهش از انواع تسهیلات عقود مبادله‌ای و مشارکتی بانک‌ها تعداد ۹ فقره از تسهیلات شامل: فروش اقساطی، جعاله، خرید دین، مرابحه، مشارکت مدنی، سلف، مضاربه، قرض الحسنه و اجاره به شرط تملیک انتخاب شده است.

کیفیت تسهیلات: شامل تسهیلات جاری و تسهیلات غیرجاری؛

براساس بخشنامه مورخ ۱۳۸۵/۱۲/۵ دستورالعمل طبقه‌بندی دارایی‌های موسسات اعتباری به شرح زیر است:

تسهیلات جاری: تسهیلاتی در این طبقه قرار می‌گیرند که گیرنده اعتبار در سررسید یا تا یک ماه پس از سررسید نسبت به ایفای تعهدات خویش اقدام کرده و هیچ مشکلی در بازپرداخت بدهی مشتری به بانک وجود ندارد. افزایش در این شاخص برای بانک موجب افزایش کیفیت تسهیلات و در نتیجه افزایش بازده و سودآوری بانک خواهد بود.

تسهیلات غیرجاری: شامل تسهیلات سررسید گذشته، معوق و مشکوک الاوصول است. افزایش در هریک از این شاخص‌ها برای بانک موجب کاهش کیفیت تسهیلات و افزایش ریسک اعتباری بانک خواهد بود.

مطالبات سررسید گذشته: در این طبقه از تسهیلات مشتریان حداکثر تا یک ماه پس از سررسید نسبت به ایفای تعهدات خود اقدام نکرده‌اند.

تسهیلات معوق: تسهیلاتی که در این طبقه قرار می‌گیرند اصل و سود تسهیلاتی که بیش از ۶ ماه و کمتر از ۱۸ ماه از تاریخ سررسید و یا از تاریخ پرداخت اقساط سپری شده است و مشتری هنوز اقدامی برای بازپرداخت آن نکرده است.

مطالبات مشکوک الاوصول: به مطالباتی که بیشتر از ۱۸ ماه از سررسید آن‌ها گذشته باشد مطالبات مشکوک الوصول گفته می‌شود.

ریسک اعتباری: ریسک اعتباری را می‌توان به عنوان ضرر محتمل شده که در اثر یک رخداد اعتباری اتفاق می‌افتد، بیان کرد. رخداد اعتباری زمانی واقع می‌شود که توانایی طرف قرارداد

در تکمیل تعهداتش تغییر کند. ریسک اعتباری یکی از مهم‌ترین عوامل تولید ریسک در بانک‌ها و موسسات مالی است. این ریسک از این جهت ناشی می‌شود که دریافت‌کنندگان تسهیلات توانایی بازپرداخت اقساط بدهی خود را به بانک نداشته باشند. ریسک اعتباری از تقسیم تسهیلات غیرجاری بر کل تسهیلات به دست می‌آید. تسهیلات غیرجاری شامل وام‌های سررسیدگذشته، معوق و مشکوک الوصول است (تان[1]، ۲۰۱۵).

ریسک ورشکستگی: از مدل تعدیل شده آلتمن که برای اندازه‌گیری ریسک ورشکستگی استفاده می‌شود.

$$Z''=6.5\,x_1+3.267x_2+6.72x_3+1.05x_4$$

$X_1$= نسبت سرمایه در گردش به کل دارایی‌ها؛

$X_2$= نسبت سود انباشته به کل دارایی‌ها؛

$X_3$= نسبت سود قبل از بهره و مالیات به کل دارایی‌ها؛

$X_4$= نسبت ارزش بازار حقوق صاحبان سهام به کل بدهی‌ها.

نسبت کفایت سرمایه: هدف از نگهداری این سرمایه ایجاد سپری مناسب در مقابل زیان‌های مالی است. در توافق نامه بازلIII، مقررات سرمایه بانکی نه تنها برای قرار گرفتن در معرض ریسک بانکی، بلکه برای جلوگیری از تجمع ریسک سیستماتیک ناشی از نوسانات چرخه تجاری بیان شده است. انتظار می‌رود که بانک‌ها از قبل «سرمایه» کافی برای تقویت فعالیت‌های وام دهی و کمک به بهبود اقتصادی در دوره رکود اقتصادی داشته باشند (سوادارمونو[2]، ۲۰۱۷).

عدم قطعیت: در این پژوهش عدم قطعیت ریسک سیستماتیک، نرخ ارز و تورم است که برای هریک از این موارد دو سناریو درنظر گرفته شده است.

ریسک سیستماتیک: ریسک سیستماتیک ناشی از تغییرپذیری در ابعاد اقتصادی، سیاسی و اجتماعی است و بر همه موسسات مالی و اوراق بهادار تاثیر می‌گذارد. ریسک بازار، ریسک سیاسی، ریسک تورم، ریسک نرخ بهره، ریسک عملیاتی و ریسک نرخ ارز می‌توانند به عنوان ریسک‌های سیستماتیک درنظرگرفته شوند (یورداکول[3]، ۲۰۱۴). همچنین در نظریه

1. tan
2. Soedarmono
3. Yurdakul

ویلسون[1] (۱۹۹۸) بیان شده که ریسک سیستماتیک پرتفوی تا حد زیادی به سلامتی اقتصادکلان بستگی دارد. دراین نظریه، ریسک سیستماتیک بیانگرتاثیر محیط اقتصادکلان بر میزان نکول وام‌های بانک‌ها است(جنتی و همکاران، ۱۳۹۵).

## روش پژوهش

پژوهش حاضر به دنبال ارائه روشی برای بهینه‌سازی تسهیلات بانکی در شرایط عدم قطعیت است. پس در ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای در خصوص موضوع و کشف شکاف پژوهش‌های انجام شده است. با توجه به آنکه هدف بهینه‌سازی است، بنابراین با استفاده از مدل چندهدفه ریاضی عمل بهینه‌سازی انجام می‌گیرد. پس از مطالعه ادبیات، شکاف پژوهش‌ها بر این اساس دیده شد که هیچ پژوهش بهینه‌سازی تسهیلات بانکی در شرایط عدم قطعیت مشابه این پژوهش انجام نشده است. پس سه هدف برای مدل تعیین شد. حداکثرسازی سودآوری، حداقل‌سازی ریسک اعتباری و حداقل‌سازی ریسک ورشکستگی. وضعیت عدم قطعیت شامل سه سناریوی تورم، نرخ ارز و ریسک سیستماتیک در نظر گرفته شد. حداکثرسازی سودآوری بر اساس حداکثرسازی تسهیلات جاری، حداقل ساختن ریسک اعتباری شامل حداقل ساختن واگذاری تسهیلات غیرجاری (تسهیلات سررسید گذشته، معوق و مشکوک الوصول) و حداقل ساختن ریسک ورشکستگی نیز بر اساس مدل آلتمن و با حداقل ساختن واگذاری تسهیلات غیرجاری صورت گرفته است. به عبارت دیگر هر چه میزان تسهیلات جاری بیش از تسهیلات غیر جاری باشد، بانک دارای وضعیت بهتر و شرایط مطلوب‌تر و بهینه از منظر ریسک اعتباری، ریسک ورشکستگی و سودآوری است. این پژوهش از نظر هدف کاربردی بوده و بر اساس ماهیت و روش گردآوری داده‌ها، یک پژوهش توصیفی-پیمایشی است. شیوه‌ی جمع‌آوری اطلاعات کتابخانه‌ای است. این پژوهش بصورت مطالعه موردی در بانک ملت برای دوره مالی ۱۳۹۳تا ۱۳۹۶است. در این پژوهش تسهیلاتی به عنوان نمونه انتخاب شده‌اند که بیشترین کاربرد را در بانکداری اسلامی و عقود مبادله‌ای و مشارکتی داشته‌اند. در پژوهش حاضر مدل ارائه شده با استفاده از نرم افزار متلب ۲۰۱۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. یکی از بهترین رویکردها در شرایط عدم قطعیت رویکرد بهینه‌سازی استوار[2] است. بر اساس این رویکرد، پاسخی انتخاب

1. Wilson
2. Robust Optimization

می‌شود که نسبت به عدم قطعیت‌های پیش رو دارای بیشترین میزان استواری بوده و تصمیمی استوار را ارائه خواهد داد. با توجه به سناریو محور بودن مدل، رویکرد(Mulvey) به عنوان روش استوار در این پژوهش انتخاب شده و حل مدل و تحلیل نتایج آن بر اساس این مدل انجام می‌شود.

**مدل استوار**

در این پژوهش برای در نظرگرفتن عدم قطعیت در مدل، از یک مدل استوار استفاده می‌شود که بر اساس مدل استوار (مالوی[1] و همکاران، ۱۹۹۵) قرار دارد. مالوی و همکاران چارچوبی را برای بهینه‌سازی استوار ارائه کردندکه شامل دو تعریف مهم پاسخ استوار و مدل استوار است. به این صورت که زمانی یک پاسخ برای مدل بهینه‌سازی، پاسخی استوار نامیده می‌شود که آن پاسخ در همه سناریوها نزدیک به بهینه باقی بماند و همچنین زمانی یک مدل، مدلی استوار است که در همه سناریوها کمابیش موجه یا منطقی باشد. با توجه به این تعاریف مدل عمومی بهینه‌سازی استوار توسعه پیدا کرده است. این بهینه‌سازی مرتبط با مسائلی است که جنس داده‌های آن از نوع سناریو باشد، به عبارت دیگر مقادیر داده‌های مسئله توسط مجموعه‌ای از سناریوها توصیف می‌شود. مالوی در پژوهش خود بیان می‌کند که پژوهش در عملیات در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی با داده‌های نوسانی و نامطمئن روبرو است و روبرویی با این نوع داده‌ها از طریق تحلیل حساسیت یا برنامه‌ریزی احتمالی، با مشکلاتی روبرو است. در حالت کلی در روبرویی با مدل‌های بهینه‌سازی ما با دو بخش مجزا روبارو هستیم، بخش ساختاری که ثابت است و بدون هرگونه نوسان در داده‌های ورودی آن است و بخش کنترل که تابعی دستخوش داده‌های نامطمئن و نوسانی است. مدل بهینه‌سازی به صورت زیر است:

| | |
|---|---|
| $\min C^T X + d^T y$ | (۱) |
| subject to: $AX = b$ | (۲) |
| $BX + Cy = e$ | (۳) |
| $x.y \geq 0$ | (۴) |

1. Mulvey

| | |
|---|---|
| $x \in R^{n1}, y \in R^{n2}$ | (۵) |

در مدل بالا:

X بیانگر متغیرهای تصمیم پارامترهای قطعی است.

Y نشان دهنده متغیرهای تصمیم بخش کنترل است.

محدودیت‌ها به دو بخش تقسیم می‌شود:

محدودیت‌های ساختاری که ضرائب آن ثابت بوده و به اصطلاح مطمئن است.

محدودیت‌های کنترل که ضرائب آن در برگیرنده حالت غیر قطعی هستند.

مجموعه‌ای محدود از سناریوها $\Omega = \{1,2,3, \ldots . S\}$ برای پارامترهای غیر قطعی مدل فرض می‌کنیم، از طرفی Ps احتمال رخداد هر سناریو را نشان می‌دهد که $\sum p_s$ است. صورت کلی مدل بهینه‌سازی استوار مالوی و همکاران به شرح زیر در می‌آید:

| | |
|---|---|
| $\min \sigma(X, y1, y2, \ldots . ys) + \dot{\omega} \sum \dot{\rho}(\partial 1, \ldots . \partial s)$ | (۶) |
| $st: AX = b$ | (۷) |
| $B_s X + C_s y_s + Z_s = e_e \; \forall s \in \Omega$ | (۸) |
| $X \geq 0, y_s \geq 0 \; \forall s \in \Omega$ | (۹) |

در مدل استوار بالا مجموعه $\{y1, y2, y3, \ldots ys\}$ مجموعه‌ای از متغیرهای کنترل برای هر سناریو $s \in \Omega$ است و $\{۱\partial, ۲\partial, ۳\partial, \ldots \partial s\}$ مجموعه‌ای از بردارهای خطاست که مقدار نارواییِ مجاز در محدودیت‌های کنترل تحت سناریوی s را اندازه‌گیری می‌کند. با توجه به سناریوهای چندگانه تابع هدف $\varepsilon_{\cdot} = C^T X + d^T$ متغیری تصادفی است که مقدار $\varepsilon_s = C^T X + d_s^T y_s$ را با احتمال $P_s$ می‌گیرد. مبادله بین استواری پاسخ و استواری مدل به کمک مفهوم تصمیم‌گیری چند معیاره انجام می‌شود. در حقیقت مدل بهینه‌سازی بالا قادر است میزان این مبادله را بسنجند. عبارت $\partial_0$ به صورت عبارتی غیر خطی منظور می‌شود. درحقیقت این مدل استوار مبتنی بر سناریوی کاربردی از مدل برنامه‌ریزی غیر خطی احتمالی است.

عبارت دوم در تابع هدف یعنی $\{۱\partial, ۲\partial, ۳\partial, \ldots \partial s\}$ یک تابع جریمه پذیرفتنی بودن است که به منظور جریمه کردن نقض و تخطی از محدودیت‌های کنترل با توجه به برخی از سناریوها

مد نظر قرار می‌گیرد. به کمک وزن $\dot{\varphi}$ توازن و مبادله بین استواری پاسخ که توسط $\partial_0$ سنجیده می‌شود و استواری مدل که توسط $\dot{\rho}_0$ سنجیده می‌شود می‌تواند تحت فرآیند تصمیم‌گیری چند معیارها مدل شوند. برای مثال اگر $\dot{\varphi}=0$ باشد تابع هدف عبارت $\partial_0$را حداقل می‌کند و پاسخ ممکن است ناپذیرفتنی باشد در حالیکه اگر به $\dot{\varphi}$ مقدار تا اندازه‌ای بزرگی تخصیص یابد، هزینه بیشتری را به همراه خواهد داشت. عبارت $\partial(x, y1, \dots ys)$ شامل مقدار میانگین $\partial_0$به علاوه مقدار ثابت $\lambda$ ضرب در واریانس آن است.

$$\partial(x, y1, \dots ys) = \sum_{s\in S} P_s\, \mathcal{E}_s + \lambda \sum_{s\in S} P_s\, (\mathcal{E}_s - \sum_{s\in S} P\mathcal{E}_{s_s}) \qquad (۱۰)$$

از آنجائی که عبارت بالا شامل بخشی است که دارای توان دوم است و شکلی کوادراتیک در مدلسازی است، عبارت بالا را به صورت زیر که توسط (یو و لی، ۲۰۰۰) فرمول‌بندی شده است، تبدیل کردند:

$$\partial(x, y1, \dots ys) = \sum_{s\in S} P_s\, \mathcal{E}_s + \lambda \sum_{s\in S} P_s\, |\mathcal{E}_s - \sum_{s\in S} P_s\, \mathcal{E}_s \qquad (۱۱)$$

اما این تابع هدف هنوز هم غیر خطی است ولی با رویکرد یو و لی قابل تبدیل به تابع خطی با اضافه کردن دو متغیر انحراف غیر منفی است، در حقیقت به جای حداقل کردن مرجع انحرافات مطلق از میانگین دو تابع بالا، دو متغیر انحراف با توجه به محدودیت‌ها حداقل می‌شود به این صورت که:

| | |
|---|---|
| $\min \sum_{s\in S} P_s\, \mathcal{E}_s + \lambda \sum_{s\in S} P_s\, [\left(\mathcal{E}_s - \sum_{s\in S} P_s\, \mathcal{E}_s\right) + 2\theta_s]$ | (۱۲) |
| $st: \mathcal{E}_s - \sum_{s\in S} P_s\, \mathcal{E}_s + \theta_s \geq 0$ | (۱۳) |
| $\theta_s \geq 0$ | (۱۴) |

بر اساس مدل بالا یک مدل استوار سناریو محور طراحی می‌شود:

## فرضیه‌های پژوهش

عدم قطعیت و ورود متغیرهای کلان اقتصادی در آن در نظر گرفته شده است.

۱. افق برنامه‌ریزی چند دوره‌ای است.

۲. هر دوره معادل یک سال است.

۳. حسابهای جاری و غیر جاری به صورت سالانه به روز رسانی شده و تغییرات هر یک وابسته به میزان وصول تسهیلات است.
۴. دوره وصول و بهره بانکی هر تسهیلات توسط بانک از پیش تعیین شده و ثابت است و تنها در خصوص دوره واگذاری و مقدار آن در مدل تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد.
۵. در مدل فعلی عدم قطعیت در نظر گرفته شده است.
۶. متغیرهای کلان اقتصادی نظیر تورم، و نرخ ارز و ریسک سیستماتیک به عنوان پارامتر تعدیل‌گر برمیزان تسهیلات جاری، معوق، سررسیدگذشته و مشکوک الوصول وارد مدل غیرقطعی می‌شوند.

لازم به یادآوری است که با توجه به سناریویی بودن مدل حاضر یک اندیس با عنوان s که نماد سناریو است، اضافه شده و پارامتری تحت عنوان $P_s$ که احتمال رخداد سناریو است به پارامترهای مدل افزوده می‌شود.

**اندیس‌ها**

| | |
|---|---|
| t | دوره زمانی |
| i | نوع تسهیلات |
| l | کیفیت تسهیلات |
| s | سناریو |

**پارامترها**

| | |
|---|---|
| $a_{i,t}$ | نرخ بازده تسهیلات جاری نوع i در دوره t |
| $F_{l,i,s,t}$ | حداکثر تسهیلات نوع i از گروه l در دوره t تحت سناریو s |
| $N_{it}$ | تسهیلات نوع i در دوره t تحت سناریو s |
| $Ratio_{st}$ | ریسک ورشکستگی آلتمن در دوره t تحت سناریو s |
| $P_s$ | احتمال رخداد سناریوی s |
| $M$ | یک عدد خیلی بزرگ |
| $lbv_{s,t}$ | حد پایین نسبت کل تسهیلات جاری دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریو s |
| $ubv_{s,t}$ | حد بالا نسبت کل تسهیلات جاری دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریو s |
| $lbw_{s,t}$ | حد پایین نسبت کل تسهیلات سررسید گذشته در دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریو s |

| | |
|---|---|
| $ubw_{s,t}$ | حد بالای نسبت کل تسهیلات سررسید گذشته در دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریو s |
| $lbr_{s,t}$ | حد پایین نسبت کل تسهیلات معوق دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریو s |
| $ubr_{s,t}$ | حد بالای نسبت کل تسهیلات معوق دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریو s |
| $lbs_{s,t}$ | حد پایین نسبت کل تسهیلات مشکوک الوصول دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریو s |
| $ubs_{s,t}$ | حد بالا نسبت کل تسهیلات مشکوک الوصول دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریو s |
| $TT_{t,s}$ | مقدار کل تسهیلات واگذار شده در دوره t تحت سناریوی s |
| $BC$ | حقوق صاحبان سهام ( سرمایه پایه ) |
| $NL$ | مجموع دارایی‌های ریسک پذیر غیر تسهیلاتی |
| $Pc$ | نسبت حداقل کفایت سرمایه |
| $\mu_{i,s}$ | پارامتر تعدیل کننده تسهیلات جاری نوع i |
| $\tau_{i,s}$ | پارامتر تعدیل کننده تسهیلات سررسید گذشته نوع i |
| $\pi_{i,s}$ | پارامتر تعدیل کننده تسهیلات معوق نوع i |
| $\vartheta_{i,s}$ | پارامتر تعدیل کننده تسهیلات مشکوک الاوصول نوع i |

**متغیرهای تصمیم**

| | |
|---|---|
| $X_{i,t,s}$ | میزان تسهیلات جاری مربوط به تسهیل i در دوره t تحت سناریوی s |
| $Y_{i,t,s}$ | میزان تسهیلات سررسید گذشته مربوط به تسهیل i در دوره t تحت سناریوی s |
| $Z_{i,t,s}$ | میزان تسهیلات معوق مربوط به تسهیل i در دوره t تحت سناریوی s |
| $U_{i,t,s}$ | میزان تسهیلات مشکوک الوصول مربوط به تسهیل i در دوره t تحت سناریوی s |
| $V_{t,s}$ | مقدار کل تسهیلات جاری دوره t تحت سناریوی s |
| $W_{t,s}$ | مقدار کل تسهیلات سررسید گذشته در دوره t تحت سناریوی s |
| $R_{t,s}$ | مقدار کل تسهیلات معوق دوره t تحت سناریوی s |
| $S_{t,s}$ | مقدار کل تسهیلات مشکوک الوصول دوره t تحت سناریوی s |
| $Q_{t,s}$ | در صورتی که میزان تسهیلات نوع i در دوره t تحت سناریوی s تخصیص یابد ۱ و در غیراینصورت صفر |
| $Vt_{t,s}$ | نسبت کل تسهیلات جاری دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریوی s |
| $Wt_{t,s}$ | نسبت کل تسهیلات سررسید گذشته در دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریوی s |
| $Rt_{t,s}$ | نسبت کل تسهیلات معوق دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریوی s |
| $St_{t,s}$ | نسبت کل تسهیلات مشکوک الوصول دوره t به کل تسهیلات واگذار شده تحت سناریوی s |

## مدل پژوهش

### توابع هدف

$$\text{Maxz1} \sum_{s\in S} P_s \sum_{i=1}^{I}\sum_{t=1}^{T} a_i x_{it}\,\mu_i + \lambda \sum_{s\in S} P_s \left[\left(\sum_{i=1}^{I}\sum_{t=1}^{T} a_i x_{it}\,\mu_i - \sum_{s\in S} P_s \sum_{t=1}^{T} a_{is}\, x_{its}\mu_i\right) + 2\theta_s\right] \quad (۱)$$

$$\text{Min } z2 = \sum_{t=1}^{T} Wt_t + \sum_{t=1}^{T} Rt_t + \sum_{t=1}^{T} St_t \quad (۲)$$

$$\text{Min } z3 = \sum_{t}^{T} Ratio_t \,.\, V_t + \sum_{t}^{T} Ratio_t \,.\, W_t + \sum_{t}^{T} Ratio_t \,.\, R_t + \sum_{t}^{T} Ratio_t \,.\, S_t \quad (۳)$$

### محدودیت‌ها

| | | |
|---|---|---|
| $\sum_{i=1}^{I}\sum_{t=1}^{T} a_i x_{it}\,\mu_i - \sum_{s\in S} P_s \sum_{i=1}^{I}\sum_{t=1}^{T} a_i x_{it}\,\mu_i + \theta_s \geq 0$ | | (۴) |
| $V_{ts} = \sum_{i=1}^{I} X_{its}\mu_i$ | $\forall i, t, s$ | (۵) |
| $W_{ts} = \sum_{i=1}^{I} Y_{its}\,\tau_i$ | $\forall t, s$ | (۶) |
| $R_{ts} = \sum_{i=1}^{I} Z_{its}\,\pi_i$ | $\forall t, s$ | (۷) |
| $S_{ts} = \sum_{i=1}^{I} U_{its}\vartheta_i$ | $\forall t, s$ | (۸) |
| $Vt_{ts} = \frac{V_{ts}}{TT_{ts}}$ | $\forall t, s$ | (۹) |

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

| | | |
|---|---|---|
| $Wt_{ts} = \frac{W_{ts}}{TT_{ts}}$ | $\forall t, s$ | (۱۰) |
| $Rt_{ts} = \frac{R_{ts}}{TT_{ts}}$ | $\forall t, s$ | (۱۱) |
| $St_{ts} = \frac{S_{ts}}{TT_{ts}}$ | $\forall t, s$ | (۱۲) |
| $\sum_{t=1}^{T} Vt_{ts} + Wt_{ts} + Rt_{ts} + St_{ts} = 1$ | $\forall s$ | (۱۳) |
| $\sum_{t=1}^{T} Q_{its} = 1$ | $\forall t, s$ | (۱۴) |
| $X_{its} \leq Q_{its}.M$ | $\forall i, t, s$ | (۱۵) |
| $Y_{its} \leq Q_{its}.M$ | $\forall i, t, s$ | (۱۶) |
| $Z_{its} \leq Q_{its}.M$ | $\forall i, t, s$ | (۱۷) |
| $U_{its} \leq Q_{its}.M$ | $\forall i, t, s$ | (۱۸) |
| $X_{its} \geq 0$ | $\forall i, t, s$ | (۱۹) |
| $Y_{its} \geq 0$ | $\forall i, t, s$ | (۲۰) |
| $Z_{its} \geq 0$ | $\forall i, t, s$ | (۲۱) |
| $U_{its} \geq 0$ | $\forall i, t, s$ | (۲۲) |
| $V_{ts} \geq 0$ | $\forall i, t, s$ | (۲۳) |
| $W_{ts} \geq 0$ | $\forall i, t, s$ | (۲۴) |
| $R_{ts} \geq 0$ | $\forall i, t, s$ | (۲۵) |
| $S_{ts} \geq 0$ | $\forall i, t, s$ | (۲۶) |
| $Q_{ts} \in \{0.1\}$ | $\forall t, s$ | (۲۷) |
| $lbv_{ts} \leq Vt_{ts} \leq ubv_{ts}$ | $\forall t, s$ | (۲۸) |

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

| | | |
|---|---|---|
| $lbw_{ts} \leq wt_{ts} \leq ubw_{ts}$ | $\forall t, s$ | (۲۹) |
| $lbr_{ts} \leq Rt_{ts} \leq ubr_t s$ | $\forall t, s$ | (۳۰) |
| $lbs_{ts} \leq St_{ts} \leq ubs_{ts}$ | $\forall t, s$ | (۳۱) |
| $\frac{BC}{NL + \sum_{i.t} u_{i.ts}\vartheta_i + \sum_{i.t} Z_{i.t.s}\pi_i + \sum_{i.t} Y_{i.t.s}\tau_i} \geq Pc$ | $\forall i, t, s$ | (۳۲) |
| $\sum_{l}^{L=1} F_{l.i.t.s} = x_{i.t.s} + v_{i.t.s} + u_{i.t.s} + z_{i.t.s}$ | $\forall i, t, s$ | (۳۳) |
| $\sum_{l}^{L=1} F_{lits} = N_{its}$ | $\forall i, t, s$ | (۳۴) |
| $V_{ts}+W_{ts}+R_{ts}+S_{ts} = TT_{ts}$ | $\forall t, s$ | (۳۵) |
| $\theta_s \geq 0$ | $\forall s$ | (۳۶) |

رابطه ۱ نشانگر نوع غیر قطعی تابع هدف اول که هدف آن حداکثرسازی سودآوری بانک است.

رابطه ۲ تابع هدف دوم مدل به دنبال حداقل‌سازی ریسک اعتباری بانک‌ها است.

رابطه ۳ تابع هدف سوم مدل به دنبال حداقل‌سازی ریسک ورشکستگی بانک‌ها بر اساس مدل آلتمن است.

محدودیت ۴ محدودیت خاص مدل مالوی و همکاران است.

محدودیت ۵ الی ۸ به ترتیب نشان دهنده میزان تسهیلات جاری، سررسیدگذشته، معوق و مشکوک الوصول در دوره t.

محدودیت ۹ تا ۱۲ تعیین کننده نسبت تسهیلات بر اساس تقسیم بر کل تعداد تسهیلات است.

محدودیت ۱۳ نشان دهنده صحت نسبت تسهیلات جاری و غیرجاری است.

محدودیت ۱۴ نشان می‌دهدکه در هر دوره فقط یکبار نوع تسهیلات i واگذار می‌شود.

محدودیت ۱۵ تا ۱۸ نشانگر محدودیت فوقانی بر نسبت تسهیلات به تفکیک انوع آن‌ها است.

محدودیت ۱۹ تا ۳۱ نشانگر بازه متغیرهای باینری، عدد صحیح و بازه‌ای است.

محدوددیت ۳۲ بیانگر محدودیت مربوط به کفایت سرمایه است.

محدودیت ۳۳ تا ۳۴ بیانگر سهم هر تسهیلات نوع i از هر گروه (کیفیت تسهیلات) است.

محدودیت ۳۵ نشان می‌دهد که مجموع تسهیلات جاری، سررسید گذشته، معوق و مشکوک الوصول برابر تسهیلات کل است.

محدودیت ۳۶ ضریب خطی‌سازی تحت سناریو s.

## اعتبار سنجی و حل مدل پژوهش

به منظور حل مسائل چند هدفه، مجموعه $S \subseteq R^{n_x}$ را به عنوان فضای پاسخ جستجوی $n_x$ بعدی مسئله و $F \subseteq S$ را به عنوان فضای موجه مسأله چند هدفه در نظر بگیرید لازم است توجه شود که اگر در مسأله محدودیتی نباشد، فضای شایسته به درستی همانند فضای جست جوی مسأله است. فرض کنید $X = x_1, x_2, ..., x_n \in S$ بردارهای تصمیم مسأله باشد. در مسأله چند هدفه بردار هدف به صورت رابطه (۳۷) تعریف می‌شود:

$$F(x) = (f_1(x), ..., f_{n_k}(x)) \in O \subseteq R^{n_x} \qquad (۳۷)$$

شامل بهینه سازی $n_k$ تابع هدف است. همچنین O به عنوان فضای هدف است و فضای جستجوی S، به عنوان فضای تصمیم در نظر گرفته می‌شود. در مسائل بهینه‌سازی تک هدفه که تنها یک تابع هدف باید بهینه‌سازی شود، نقطه بهینه‌ی محلی و بهینه سراسری به دست می‌آیند، اما در مسائل بهینه‌سازی چند هدفه تعریف بهینگی به آن میزان ساده نیست. نخستین مسأله‌ای که در حل این مسائل روبرو هستیم، تناقض در توابع هدف مسأله است، به طوری که بهبود در یک تابع هدف ممکن است به بدتر شدن تابع هدف دیگر کشیده شود. به همین دلیل نیاز است موازنه‌ای بین توابع هدف که با یکدیگر در تناقض هستند به وجود آید. هدف از موازنه یافتن یک پاسخ متعادل در میان توابع هدف مسأله است. این پاسخ متعادل هنگامی به دست می‌آید که دیگر امکان بهبود هر یک از توابع هدف بدون بدتر کردن مقدار توابع دیگر وجود نداشته باشد. این پاسخ‌ها که ممکن است متعدد باشند، پاسخ‌های غیر مغلوب[1] می‌نامند. بنابراین در حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفه به جای ارائه یک پاسخ منفرد مجموعه‌ای از پاسخ‌های خوب ارائه می‌شوند. به این مجموعه‌ها مجموعه پاسخ‌های غیر مغلوب[2] یا مجموعه پاسخ‌های بهینه پارتو[3]

1. Non-Dominated
2. Non-Dominated Set
3. Pareto-Optimal Set

می‌گویند. بردارهای هدف متناظر در فضای هدف با نام جبهه‌ی پارتو[1] شناخته می‌شوند. از آنجایی که مدل ارائه شده دارای سه هدف است، بنابراین برای حل مدل از روش اپسیلون- محدودیت[2] استفاده خواهد شده در روش اپسیلون- محدودیت یکی از p هدف (j امین هدف) برای بهینه‌سازی انتخاب می‌شود و p-1 هدف دیگر در محدودیت‌ها قرار می‌گیرند (چانکونگ و هایمس[3]، ۲۰۰۸).

$$\min_{x \in X} \quad f_j(x) \qquad (۳۸)$$
$$f_k(x) \le \varepsilon_k \quad k \ne j$$

به این صورت که ابتدا یکی از توابع هدف به تنهایی بهینه‌سازی می‌شود. سایر توابع هدف تبدیل به محدودیت با یک حد بالای اپسیلون می‌شوند. دراین روش برای پیدا کردن هرچه بیشتر پاسخ‌های پارتو باید مقادیر $\varepsilon_k$ها را به تدریج افزایش داده و مسأله دوباره حل شود.

برای اعتبارسنجی مدل ارائه شده نیاز به حل مسئله پژوهش در سایز کوچک است تا واکنش تابع هدف پژوهش نسبت به پارامترهای مسأله مشخص شود. از این رو ابتدا مدل پژوهش در نرم‌افزار گمز[4] ۲۴٫۱ کد شده است. سپس به منظور حل مدل از سالور سپلکس[5] استفاده شده است. آشکار است با توجه به سایز مسأله رسیدن به پاسخ مسأله از طریق حل دقیق بسیار زمان بر بوده و از آنجا که، زمان حل مسأله به صورت نمایی بواسطه سایز مسأله (تعداد بالای اندیس کیفیت تسهیلات و نیز سناریو محور بودن مسأله) بسیار طولانی است. پس مسأله از نوع "ان پی–هارد[6] است و رسیدن به پاسخ قطعی در زمان معمول، امکان پذیر نیست. بنابراین به منظور دستیابی به پاسخ تقریبی نزدیک به دقیق نیاز به الگوریتم‌های فراابتکاری به منظور رسیدن به پاسخ در زمان معقول‌تر هستیم. بنابراین در ادامه، مسأله در نرم افزار متلب ۲۰۱۹ کد شده و با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری مسأله حل خواهد شد.

### الگوریتم فراابتکاری نهنگ چند هدفه

الگوریتم فرا ابتکاری بهینه‌سازی نهنگ یک الگوریتم فرا ابتکاری جدید به تقلید از رفتار شکار نهنگ کوهان دار است. تفاوت عمده‌ی الگوریتم با دیگر الگوریتم‌ها شبیه‌سازی رفتار

1. Pareto front
2. ε – constrate
3. Chankong & Haimes
4. GAMS
5. CPLEX
6. NP-Hard

شکار به صورت تصادفی و یا بهترین عامل جستجو برای تعقیب شکار و استفاده از یک کهکشان مارپیچی برای شبیه‌سازی مکانیسم حمله شبکه حبابی نهنگ کوهان دار است. این الگوریتم با مجموعه‌ای از پاسخ‌های تصادفی شروع می‌شود. در هر مرحله عامل‌های جستجو موقعیت خود را با توجه به انتخاب تصادفی عامل جستجو یا بهترین پاسخ به‌دست‌آمده قبلی به‌روز می‌کنند. این الگوریتم از رفتار اجتماعی نهنگ‌های گوژپشت[1] الهام گرفته است. طعمه‌های مورد علاقه آن‌ها گله ماهی کریل وکوچک هستند. جالب‌ترین چیز در مورد نهنگ گوژپشت نحوه شکار خاص آن است. روش تغذیه با ایجاد حبابهای متمایز دایره‌ای انجام می‌شود. نهنگ‌ها سمت پایین طعمه شیرجه رفته و با ایجاد حبابهایی به شکل مارپیچی در اطراف طعمه به سمت سطح شنا می‌کنند، دانشمندان دو مانور در پیوند با شبکه حبابی را مشخص کرده و آن‌ها را مارپیچ به سمت بالا[2]و حلقه‌های دوتایی[3] نامیدند، این روش تغذیه روش خاصی است که تنها در نهنگ‌ها دیده شده است. در الگوریتم نهنگ مانور مارپیچ شبکه‌ی حبابی به صورت ریاضی برای انجام بهینه‌سازی مدل شده است (میرجلیلی و لِویس[4]، ۲۰۱۶). نهنگ‌ها می‌توانند مکان شکار را شناسایی کرده و آن‌ها را محاصره کنند. از آنجایی که مکان طراحی بهینه در فضای جستجو از راه مقایسه شناخته نمی‌شود، الگوریتم فرض می‌کند که بهترین راه حل نامزد حال حاضر، شکار هدف بوده و یا نزدیک به حالت مطلوب است. بعد از اینکه بهترین عامل جستجو شناسایی شد، عوامل دیگر جستجو سعی می‌کنند تا مکان خود را نسبت به بهترین عامل جستجو، به روزرسانی کنند. این رفتار از طریق روابط:

$$\vec{D} = \left|\vec{C}.\vec{X}^{*}(t) - \vec{X}(t)\right| \qquad (۳۹)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}^{*}(t) - \vec{A}.\vec{D} \qquad (۴۰)$$

که در رابطه بالا t تکرار فعلی، $\vec{A}$ و $\vec{C}$ بردار ضرایب، $\vec{X}^{*}$بردار مکان بهترین پاسخ، $\vec{X}$بردار مکان، | |علامت قدر مطلق و . ضرب نقطه‌ای عنصر در عنصر است. اگر در هرتکرار پاسخ بهتری وجود داشت $\vec{X}^{*}$ به روز رسانی می‌شود. بردارهای $\vec{A}$ و $\vec{C}$ به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

---

1. Megaptera novaeangliae
2. upward spirals
3. double loops
4. Mirjalili & Lewis

$$\vec{A} = 2\vec{a}.\vec{r} - \vec{a} \quad (۴۱)$$
$$\vec{C} = 2.\vec{\mathrm{r}}$$

که $\vec{a}$ در هرتکرار به صورت خطی از ۲ به ۰ طی تکرارها کاهش می‌یابد و $\vec{\mathrm{r}}$ یک بردار تصادفی بین[۱و۰] است. در روش حمله نهنگ طعمه در امتداد یک دایره انقباضی و هم زمان در مسیر مارپیچی شکل شنا می‌کند. برای مدل‌سازی این رفتار فرض احتمال ۵۰ درصدی بین این دو سازوکار انتخاب می‌شود تا موقعیت نهنگ‌ها طی بهینه‌سازی به روز رسانی شود. مدل ریاضی به صورت زیر است:

$$\vec{X}(t+1) = \begin{cases} \vec{X}^*(t) - \vec{A}.\vec{D} & p < 0.5 \\ \vec{D}e^{bl}.\cos(2\pi l) + \vec{X}^*(t) & p \geq 0.5 \end{cases} \quad (۴۲)$$

که p یک عدد تصادفی بین ۰ و۱ است، b ثابتی برای تعریف شکل مارپیچ لگاریتمی l عددی تصادفی بین ۱- و +۱ و . ضرب نقطه‌ای است بردار $\vec{A}$ با مقادیر تصادفی بین ۱- و +۱ به کارگرفته می‌شود تا عامل جستجو به نهنگ مرجع نزدیک شود.

**الگوریتم خفاش چند هدفه**

خفاش‌ها جانوران شگفت‌انگیزی هستند، آن‌ها تنها پستاندارانی هستندکه پرواز می‌کنند و همچنین، بسیاری از آن‌ها از توانایی پیشرفته تعیین مکان با استفاده از صوت برخوردارند. بیشتر خفاش‌ها برای تعیین مکان از صوت‌هایی با فرکانس در محدوده خاص استفاده می‌کنند. در میان تمام گونه‌های خفاش‌ها، خفاش‌های کوچک مثالی معروف هستندکه از صوت به عنوان ابزاری برای تعیین مکان استفاده می‌کنند. خفاش‌های کوچک پالس‌های صوتی بسیار بلندی را از خود ساطع کرده، از پژواک ناشی از برخورد پالس‌ها با اجسام محیط، آن‌ها را پردازش می‌کنند (یانگ، ۲۰۱۰). الگوریتم بهینه‌سازی خفاش که در سال ۲۰۱۰ برای نخستین بار توسط ژن شی یانگ ارائه شد، الهامی از خصوصیات ردیابی خفاش‌های کوچک در جستجوی شکار است. به منظور گسترش این الگوریتم بهینه‌سازی از قوانین کلی استفاده شده است که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود:

قانون اول: همه خفاش‌ها به کمک پژواک فاصله را تشخیص می‌دهند و همچنین، همه آن‌ها تفاوت صدای پژواک شده ناشی از غذا و اجسام اطراف پیرامونشان را می‌دانند.

قانون دوم: خفاش‌ها به صورت تصادفی با سرعت $V_i$ و در موقعیت $P_i$ با فرکانس ثابت $f_{\min}$ و طول موج‌های مختلف و با بلندی صوت R شکار خود را دنبال کرده، می‌توانند به

صورت خودکار طول موج و همچنین، نرخ پالس‌های ارسالی خود $r \in [0,1]$ با توجه نزدیکی شکارشان تنظیم کنند.

قانون سوم: اگر چه بلندی صوت می‌تواند در بسیاری از حالات متفاوت باشد، با این حال فرض می‌شود که این تغییرات از بیشترین مقدار $R$ تا کمترین مقدارش به عنوان $R_{\min}$ محدود باشد. علاوه بر این فرض‌های ساده سازی، تقریبهای دیگری نیز در طراحی الگوریتم خفاش در نظر گرفته شده است. مانند اینکه: بیشتر فرکانس f در دامنه $[f_{\min}, f_{\max}]$ قرار دارد که متناظر با دامنه طول موج $[\lambda_{\min}, \lambda_{\max}]$ است برای مثال دامنه فرکانس ۲۰ الی ۵۰۰ کیلوهرتز متناظر با دامنه طول موجو ۰,۷ تا ۱۷ میلی متر است. البته مطابق با مسأله می‌توان از هر طول موج دیگری استفاده شود. همچنین متوان دامنه طول موج یا فرکانس راتنظیم کرد.

در الگوریتم BA نیاز به تعریف قوانینی است که چگونگی به هنگام‌سازی موقعیت $x_i$ وسرعت $v_i$ در فضای d بعدی جستجو را معین می‌کنند موقعیت جدید $x_i^t$ و سرعت $v_i^t$ در گام زمانی t به صورت زیر است:

$$f_i = f_{\min} + (f_{\max} - f_{\min})\beta \quad (۴۳)$$

$$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i^t - x_*)f_i \quad (۴۴)$$

$$x_i^t = v_i^{t-1} + v_i^t \quad (۴۵)$$

که $\beta \in [0,1]$ بردار تصادفی از توزیع یکنواخت است. در اینجا $x_*$ بهترین موقعیت سراری یکنواخت است که بعد از مقایسه همه راه حل‌ها در میان n خفاش یافته می‌شود. در ابتدا به هر خفاش به صورت تصادفی مقدار فرکانس تصادفی که به صورت یکنواخت از بازه‌ی $[f_{\min}, f_{\max}]$ بدست می‌آید اختصاص داده می‌شود. برای مرحله جستجوی محلی، راه حل جدید برای هر خفاش از طریق یک گام تصادفی به صورت زیر تولید می‌شود.

$$x_{new} = x_{old} + \varepsilon A^t \quad (۴۶)$$

که $\varepsilon \in [0,1]$ یک مقدار تصادفی است و $A^t = < A^t >$ مقدار میانگین بلندی صوت همه خفاش‌ها در زمان t است. به هنگام‌سازی سرعت و موقعیت در خفاش‌ها دارای شباهت‌هایی با الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات می‌باشد که $f_i$ که در آن سرعت و دامنه حرکت ازدحام

را کنترل می‌کند در واقع می‌تواند از سویی الگوریتم خفاش را ترکیبی از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات بدون بهره‌مندی از بهترین پاسخ محلی ذره iام به همراه یک جستوی محلی مبتنی بر بلندی و نرخ انتشار پالس دانست.

بلندی $A_i$ نرخ ri انتشار پالس باید در فرآیند تکرارها، به هنگام شوند همان طور که بلندی صوت خفاش زمانی که شکار خود را پیدا می‌کند، کاهش می‌یابد، در حالی که نرخ پالس‌های منتشر شده افزایش می‌یابد. برای بلندی می‌توان از هر مقدار دلخواهی استفاده کرد برای سادگی امر می‌توان $A_0 = 1$ و $A_{\min} = 0$ در نظر گرفته شود که فرض $A_{\min} = 0$ به معنی یافتن شکار توسط خفاش و توقف موقتی انتشار صدا است. این مقادیر به صورت زیر به هنگام می‌شوند:

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t, \quad r_i^{t+1} = r_i^0 \left[1 - \exp(-\gamma t)\right] \qquad (۴۷)$$

که $\gamma$ و $\alpha$ مقادیر ثابتی هستند برای هر مقدار $0 < \alpha < 1$ و $\gamma > 0$ داریم:

$$A_i^t \to 0, r_i^t \to r_i^0, as\ t \to \infty \qquad (۴۸)$$

انتخاب مناسب پارامترها نیاز به آزمایش دارد در ابتدا هر خفاش مقادیر مختلف از نرخ پالس و بلندی به صورت تصادفی داده می‌شود و سپس تنها در زمانی که راه حل جدید بهبود یابد به هنگام می‌شوند که به معنی حرکت به سمت راه حل بهینه است.

**ساختار پاسخ در مسئله حاضر**

ساختار پاسخ در الگوریتم‌های فراابتکاری شامل یک رشته از متغیرهای تصمیم می‌شوندکه مقادیر ورودی آن‌ها به تابع هدف به تشکیل مقدار تابع هدف منجر می‌شود. این مقادیر برای تشکیل جمعیت اولیه ابتدا به صورت تصادفی داده شده و سپس در هر تکرار پاسخ بروز رسانی شده و به اصطلاح بهبود می‌یابد. ساختار و در واقع بردار پاسخ در مسئله حاضر به شرح زیر است:

| VTts | WTts | RTts | STts |
|---|---|---|---|

بردار پاسخ مسئله شامل ۴ متغیر اصلی مدل است. این چهار متغیر در برگیرنده تسهیلات جاری، تسهیلات سررسید گذشته، تسهیلات معوق و تسهیلات مشکوک الوصول هستند. این مقادیر به صورت یک عدد صحیح پیوسته بین صفر و یک که در بر گیرنده سهم هر یک از تسهیلات هستند. هر ژن در برگیرنده یک متغیر تصمیم بوده و این ژن‌ها در مجموع کروموزوم نهایی را تشکیل می‌دهند. لازم به

یادآوری است که کروموزوم اصطلاح کلاسیک الگوریتم‌های فراابتکاری است که برای نخستین بار در خصوص الگوریتم ژنتیک به کار رفت و در پژوهش حاضر به جای کروموزوم از اصطلاح خفاش و نهنگ استفاده می‌کنیم. در واقع مجموع متغیرهای تصمیم معرفی شده که به مجموع مقادیر توابع هدف منجر می‌شوند، تشکیل دهنده یک خفاش برای الگوریتم خفاش و یک نهنگ برای الگوریتم نهنگ هستند. نکته دارای اهمیت، این است که تشکیل جمعیت نخستین برای هر الگوریتم به صورت تصادفی انجام می‌شود یعنی ابتدا یک جمعیت تصادفی از خفاش‌ها و نهنگ‌ها تشکیل شده و سپس این جمعیت بر اساس نتایج بدست آمده ساختار الگوریتم حل و بروز رسانی می‌شود.

## یافته‌های پژوهش

در این بخش خروجی بدست آمده از حل مدل پژوهش به همراه مقایسه تفکیکی از هر یک از تسهیلات وضع موجود حال حاضر بانک ملت باالگوریتم‌های نهنگ و خفاش ارائه می‌شود، مقادیر بهینه در خصوص هر یک از انواع تسهیلات با استفاده از حل مدل ریاضی آن با استفاده از داده‌های سال مالی ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۶ آن تعیین شده است. در این بخش وضعیت عدم قطعیت بررسی می‌شود. با در نظرگرفتن سه عدم قطعیت با دو سناریوی خوشبینانه و بدبینانه افزایش و کاهش در نرخ ارز، نرخ تورم و ریسک سیستماتیک، سطح بهینگی با الگوریتم‌های فراابتکاری مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

### مقایسه زمان حل الگوریتم‌ها و نرم افزار گمز

با توجه به نتایج بدست آمده از خروجی‌های حل دو الگوریتم، آشکار شد هر دو الگوریتم به پاسخ‌های یکسانی دست یافتند، اما زمان حل مسئله در الگوریتم‌ها متفاوت است.

***جدول ۱. مقایسه زمان حل الگوریتم‌ها و نرم افزار گمز***

| | نرم افزار گمز | الگوریتم خفاش | الگوریتم نهنگ |
|---|---|---|---|
| میانگین زمان حل | ۳۶۷۰ ثانیه | ۴۲۵ ثانیه | ۲۴۹ ثانیه |

مشاهده می‌شود که میانگین زمان حل برای الگوریتم نهنگ نسبت به الگوریتم خفاش کمتر بوده و نرم افزار گمز از نظر زمانی فاصله زیادی با الگوریتم‌های خفاش و نهنگ را در حل مسئله پژوهش نشان می‌دهد.

## عدم قطعیت در ریسک سیستماتیک تحت دو سناریو

در این بخش نتایج پژوهش در خصوص بهینه‌سازی مدل با سناریوهای۱ افزایش وسناریو۲ کاهش ریسک سیستماتیک بررسی شده است.

***جدول ۲. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت ریسک سیستماتیک***

| نتایج بهینه‌سازی با الگوریتم‌های نهنگ و خفاش | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کیفیت تسهیلات / نوع تسهیلات | سناریو۱ مشکوک الاوصول | سناریو۲ مشکوک الاوصول | سناریو۱ معوق | سناریو۱ معوق | سناریو۱ سررسید گذشته | سناریو۲ سررسید گذشته | سناریو ۱ جاری | سناریو ۲ جاری |
| فروش اقساطی | ۱۵۶۰۳ | ۱۲۴۸۲ | ۱۲۹۰۰ | ۱۱۸۶۸ | ۶۸۵۲۴ | ۶۶۴۶ | ۱۰۷۸۱۰ | ۱۱۱۰۵۵ |
| جعاله | ۱۶۵۸۵ | ۱۳۲۶۸ | ۱۳۳۹۹ | ۱۲۳۲۷ | ۴۶۳۸۱ | ۴۴۹۸ | ۲۳۰۲۴۹ | ۲۳۳۶۸۷ |
| اجاره به شرط تملیک | ۳۷۴۹۵ | ۲۷۸۳۶۷ | ۱۷۰۹۴۴ | ۱۵۷۲۶۸ | ۱۳۲۲۴ | ۱۲۸۲۷ | ۲۹۰۷۵۹۸ | ۲۹۹۱۲۶۲ |
| سلف | ۱۵۸۰۵ | ۱۲۶۴۴۱۳ | ۵۳۱ | ۴۸۸ | ۱۵۳۰ | ۱۴۸۴ | ۶۸۷۳۵۸۸ | ۷۱۸۹۷۷۹ |
| مضاربه | ۶۰۲۷۰ | ۴۸۲۱۶۴۶ | ۱۰۳۰۵۷۶ | ۹۴۸۱۲۹ | ۴۰۵۳۷۱ | ۳۹۳۲۰۹ | ۲۳۷۲۱۴۸۵ | ۲۵۰۲۱۵۰۴ |
| مشارکت مدنی | ۳۳۱۰۶ | ۲۶۴۸۴۹۶۶ | ۴۵۵۳۱۴۱ | ۴۱۸۸۸۸۹ | ۸۶۶۳۲۰۷ | ۸۴۰۳۳۱۱ | ۲۸۰۴۹۱۳۷۱ | ۲۸۷۷۳۶۷۶۰ |
| خرید دین | ۱۱۶۵۷ | ۹۳۲۵۹ | ۲۲۱۵۴۷ | ۲۰۳۸۲۳ | ۱۹۰۴۰۸ | ۱۸۴۶۹۶ | ۱۵۷۹۲۸۰۱ | ۱۵۸۳۹۵۵۲ |
| مرابحه | ۲۳۶۱۱ | ۱۸۸۸۹۵۹ | ۲۷۵۹۶۳۹ | ۲۵۳۸۸۶۸ | ۲۶۶۵۲۲۸ | ۲۵۸۵۲۷۱ | ۱۵۱۲۶۷۹۷۹ | ۱۵۲۰۴۰۹۴۷ |
| قرض الحسنه | ۱۰۴۷۸ | ۸۳۸۲۶۵ | ۵۸۰۹۱۲ | ۵۳۴۴۳۹ | ۳۱۰۹۰۳ | ۳۰۱۵۷۶ | ۴۲۳۷۰۸۰۵ | ۴۲۶۳۶۱۷۱ |

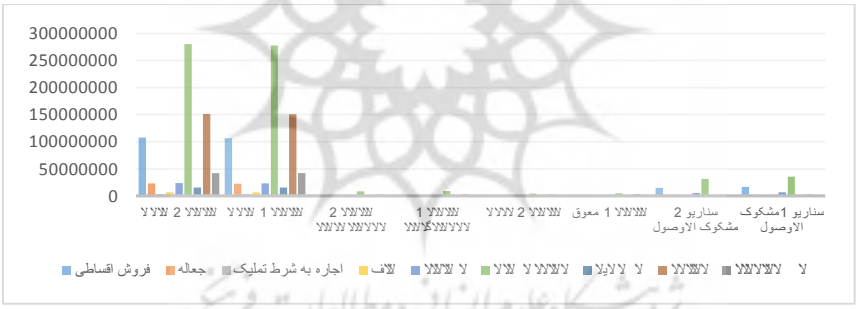
***نمودار ۱. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت افزایش ریسک سیستماتیک***

با توجه به جدول۲ و نمودار ۱ نتایج الگوریتم‌های فرا ابتکاری نهنگ و خفاش مشابه هم بوده است. تسهیلات جاری در سناریو ۲ نسبت به سناریو ۱ زمان کاهش ریسک سیستماتیک ۳ درصد بیشتر از سناریو شماره ۱ هنگام افزایش ریسک سیستماتیک بهینه‌تر است. مجموع تسهیلات سررسید گذشته در سناریو ۲ مقدار ۳ درصد بیشتر از سناریو ۱ کاهش یافته و تسهیلات معوق ۸ درصد نسبت به سناریو ۱ و تسهیلات مشکوک الوصول پس از بهینه‌سازی در سناریو ۲ به میزان ۲۰ درصد نسبت به سناریو ۱ کاهش داشته است.

## عدم قطعیت در نرخ تورم تحت دو سناریو

***جدول ۳. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت نرخ تورم***

| نتایج بهینه‌سازی با الگوریتم‌های نهنگ و خفاش | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کیفیت تسهیلات / نوع تسهیلات | سناریو۱ مشکوک الاوصول | سناریو۲ مشکوک الاوصول | سناریو۱ معوق | سناریو۲ معوق | سناریو۱ سررسید گذشته | سناریو۲ سررسید گذشته | سناریو۱ جاری | سناریو۲ جاری |
| فروش اقساطی | ۱۶۶۹۵ | ۱۴۸۵۸ | ۱۳۲۸۷ | ۱۲۳۵۷ | ۶۹۹۶۳ | ۶۶۴۶ | ۱۰۶۶۶۵ | ۱۰۸۶۲۹ |
| جعاله | ۱۷۷۴۶۰۵ | ۱۵۷۹۳۹۹ | ۱۳۸۰۱۷ | ۱۲۸۳۵۶ | ۴۷۳۵۵ | ۴۴۹۸۷ | ۲۲۹۰۳۸۲۰ | ۲۳۱۱۱۰۵۵ |
| اجاره به شرط تملیک | ۳۷۲۳۱۶ | ۳۳۱۳۶۱ | ۱۷۶۰۷۲ | ۱۶۳۷۴۷ | ۱۳۵۰۲ | ۱۲۸۲۷ | ۲۸۷۷۸۳۵ | ۲۹۳۱۷۹۰ |
| سلف | ۱۶۹۱۱۵۲ | ۱۵۰۵۱۲۶ | ۵۴۷ | ۵۰۸ | ۱۵۶۲ | ۱۴۸۴ | ۶۷۶۲۹۰۴ | ۶۹۴۹۰۴۷ |
| مضاربه | ۶۴۴۸۹۵۲ | ۵۷۳۹۵۶۷ | ۱۰۶۱۴۹۳ | ۹۸۷۱۸۸ | ۴۱۳۸۸۳ | ۳۹۳۱۸۹ | ۲۳۲۶۰۱۶۱ | ۲۴۰۶۴۵۴۴ |
| مشارکت مدنی | ۳۵۴۲۳۶۴۲ | ۳۱۵۲۷۰۴۲ | ۴۶۸۹۷۳۵ | ۴۳۶۱۴۵۳ | ۴۳۶۱۴۵۳ | ۸۴۰۲۸۷۷ | ۲۷۷۸۵۵۴۱۵ | ۲۸۲۵۲۲۵۵۴ |
| خرید دین | ۱۲۴۷۳۴ | ۱۱۱۰۱۳ | ۲۲۸۱۹۳ | ۲۱۲۲۲۰ | ۱۹۴۴۰۷ | ۱۸۴۶۸۶ | ۱۵۷۷۳۹۹۶ | ۱۵۸۱۳۴۱۰ |
| مرابحه | ۲۵۲۶ | ۲۲۴۸۵ | ۲۸۴۲۴ | ۲۶۴۳۴ | ۲۷۲۱۱ | ۲۵۸۵ | ۱۵۰۹۶۳ | ۱۵۱۵۷۶ |
| قرض الحسنه | ۱۱۲۱ | ۹۹۷۸۵ | ۵۹۸۳۳ | ۵۵۶۴۵ | ۳۱۷۴۳ | ۳۰۱۵ | ۴۲۲۷۳۵ | ۴۲۴۵۴۵ |




***نمودار ۲. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت نرخ تورم***

با توجه به جدول۳ و نمودار ۲ تسهیلات جاری در سناریو ۲ نسبت به سناریو ۱ زمان کاهش نرخ تورم ۲ درصد بیشتر از سناریو شماره ۱ هنگام افزایش نرخ تورم بهینه‌تر است. مجموع تسهیلات سررسید گذشته در سناریو ۲ مقدار ۵ درصد بیشتر از سناریو ۱ کاهش یافته و تسهیلات معوق ۷ درصد نسبت به سناریو ۱ و تسهیلات مشکوک پس از بهینه‌سازی در سناریو۲ مقدار۱۱درصد بیشتر نسبت به سناریو ۱ کاهش داشته است.

## عدم قطعیت در نرخ ارز تحت دو سناریو

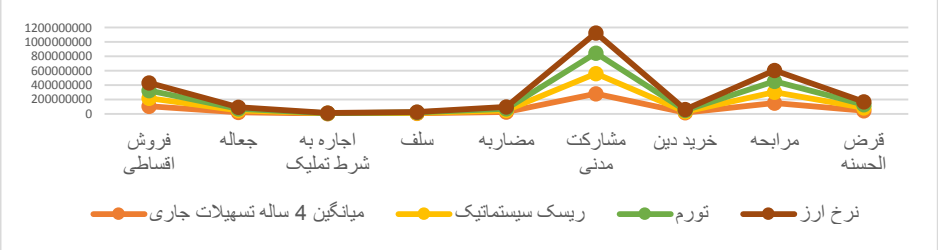
***جدول ٤. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت نرخ ارز***

| نتایج بهینه‌سازی با الگوریتم‌های نهنگ و خفاش | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کیفیت تسهیلات / نوع تسهیلات | سناریو۱ مشکوک الاوصول | سناریو۲ مشکوک الاوصول | سناریو۱ معوق | سناریو۲ معوق | سناریو۱ سررسید گذشته | سناریو۲ سررسید گذشته | سناریو۱ جاری | سناریو۲ جاری |
| فروش اقساطی | ۱۷۹۴۳ | ۱۴۵۳۴ | ۱۵۳۵۱ | ۱۵۰۴۴ | ۸۷۷۱۱ | ۸۵۹۵۷ | ۱۰۵۰۳۳ | ۱۰۸۴۹۰ |
| جعاله | ۱۹۰۷۲ | ۱۵۴۴۹ | ۱۵۹۴۵ | ۱۵۶۲۶ | ۵۹۳۶۷ | ۸۵۱۸۰ | ۲۲۷۳۷۶ | ۲۳۱۰۴۴ |
| اجاره به شرط تملیک | ۴۰۰۱۵ | ۳۲۴۱۲ | ۲۰۳۴۲ | ۱۹۹۳۵ | ۱۶۹۲۷ | ۱۶۵۸۸ | ۲۸۱۹۲۲۲ | ۲۸۹۹۶۵۸ |
| سلف | ۱۸۱۷۵ | ۱۴۷۲۲ | ۶۳۲ | ۶۱۹ | ۱۹۸۵ | ۱۹۱۹ | ۶۶۳۵۹۶۱ | ۶۹۸۱۳۷۶ |
| مضاربه | ۶۹۳۱۱ | ۵۶۱۴۲ | ۱۲۲۶۳ | ۱۲۰۱۸ | ۵۱۸۸۷ | ۵۰۸۴۹ | ۲۲۵۰۸۱۱۳ | ۲۳۸۵۹۹۳۰ |
| مشارکت مدنی | ۳۸۰۷۲ | ۳۰۸۳۸ | ۴۶۸۹۷ | ۴۵۹۵۹ | ۱۱۰۸۸ | ۱۰۸۶۷ | ۲۷۲۹۶۳۱۴۸ | ۲۸۰۵۱۲۴۲۷ |
| خرید دین | ۱۳۴۰۶ | ۱۰۸۵۸ | ۲۶۳۶۴ | ۲۵۸۳۶ | ۲۴۳۷۲ | ۲۳۸۸۴ | ۱۵۶۷۹۹۰۷ | ۱۵۷۱۵۵۲۵ |
| مرابحه | ۲۷۱۵۳ | ۲۱۹۹۴ | ۳۲۸۳۹ | ۳۲۱۸۲۹۱ | ۳۴۱۱۴ | ۳۳۴۳۲ | ۱۴۹۶۴۳۲۰۴ | ۱۵۰۲۹۳۰۳۵ |
| قرض الحسنه | ۱۲۰۵۰ | ۹۷۶۰۵ | ۶۹۱۲۸ | ۶۷۷۴۵۹ | ۳۹۷۹۵ | ۳۹۹۹۹ | ۴۲۰۱۶۲۰ | ۴۲۲۶۶۹۴۰ |

***نمودار ۳. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت نرخ ارز***

با توجه به جدول۴ و نمودار ۳ تسهیلات جاری در سناریو۲ نسبت به سناریو۱ زمان کاهش نرخ ارز ۳ درصد بیشتر از سناریو شماره ۱ هنگام افزایش نرخ ارز بهینه‌تر می‌باشد. مجموع تسهیلات سررسید گذشته در سناریو ۲ مقدار ۲ درصد بیشتر از سناریو ۱ کاهش یافته و تسهیلات معوق ۲درصد نسبت به سناریو ۱ و تسهیلات مشکوک پس از بهینه‌سازی در سناریو۲ مقدار۹ درصد بیشتر نسبت به سناریو ۱ کاهش داشته است.

**بهینه‌سازی تسهیلات جاری در شرایط عدم قطعیت**




***نمودار ٤. بهینه‌سازی تسهیلات جاری در شرایط عدم قطعیت***

در نمودار ۴ مشاهده می‌شود پس از بهینه‌سازی تسهیلات بانک به ترتیب در هنگام افزایش نرخ ارز، تورم و ریسک سیستماتیک دارای بیشترین مقدار بازدهی در تسهیلات است. ریسک سیستماتیک در هنگام عدم قطعیت بیشترین تاثیر را بر بازدهی تسهیلات و کاهش تسهیلات جاری دارد.

## نتیجه‌گیری

سطوح بالای تسهیلات غیرجاری می‌تواند کارایی سیستم مالی را کاهش داده و انتقال سیاست‌های پولی را کند نماید. به همین دلایل، شناسایی صحیح عوامل اصلی مؤثر بر پویایی NPLها و تحلیل چگونگی تغییر حساسیت به عوامل موثر بر تسهیلات بانک‌ها بسیار دارای اهمیت است.

کارشناسان معتقدند عوامل اقتصادی و مالی، همچنین سوء مدیریت، تخلفات در پرداخت تسهیلات، عدم انسجام و همکاری دستگاه‌های اجرائی و نظارتی و قضایی در قالب یک فرآیند مشخص و هدفمند و عدم پیگیری به موقع و راهبردی، انعطاف پذیری در پرداخت و بازپرداخت تسهیلات بانک‌ها، از مهم‌ترین دلایل معوق شدن تسهیلات بانکی است.

نتایج این پژوهش نشان داد در زمان بحران و در شرایط عدم قطعیت در ریسک سیستماتیک، نرخ تورم و نرخ ارز، کاهش بازپرداخت تسهیلات توسط مشتریان بانک خواهد داشت که با مدیریت پرداخت تسهیلات با ریسک اعتباری بالا، اقدام به بهینه‌سازی پرتفوی تسهیلات بانک‌ها و کاهش ریسک ورشکستگی شده است. همچنین افزایش ریسک سیستماتیک نسبت به نرخ

ارز و تورم، بیشترین تاثیر را بر بازدهی تسهیلات و کاهش در تسهیلات جاری دارد. الگوریتم‌های نهنگ و خفاش نتایج یکسانی را ارائه کردند تنها تفاوت در زمان حل مدل توسط الگوریتم‌های فراابتکاری بوده است.

در مقایسه با پژوهش‌های مشابه، پژوهش (چی[1] و همکاران، ۲۰۱۹) نیز مانند پژوهش حاضر از یک مدل استوار داده بنیان برای بهینه‌سازی پرتفوی بانک‌ها استفاده کرد. این کار بر اساس ارزیابی ریسک اعتباری صورت گرفت. تفاوت پژوهش (چی و همکاران، ۲۰۱۹) و پژوهش حاضر در این است که پژوهش حاضر علاوه بر ریسک اعتباری به سودآوری بانک‌ها و ورشکستگی آن‌ها نیز توجه داشته است.

پژوهش فاینَنس[2] و همکاران (۲۰۱۶) نیز به گفتگو پیرامون توزیع زیان پرتفوی وام در بانکداری پرداخته که از این دیدگاه تفاوت ماهوی با پژوهش حاضر دارد. اما پژوهش متاوا و همکاران (۲۰۱۷) به پژوهش حاضر شباهت بسیاری دارد از این دیدگاه که با استفاده از الگوریتم ژنتیک به دنبال ارائه یک مدل هوشمند برای سازماندهی تصمیم‌های وامدهی بانک‌ها است. اما مدل و محدودیت مورد استفاده در پژوهش حاضر دارای تفاوت است.

با توجه به نتایج پژوهش پیشنهاد می‌شود اقدامات هوشمندانه مناسب برای اطمینان از ثبات مالی مطلوب در جهت پیشگیری از فرسایش منابع بانک ایجاد شود. با توجه به اینکه بانک‌های موفق به دلایل مختلفی از قبیل ریسک یا هزینه‌های ناشی از عوامل اقتصادی از جمله نوسان‌های نرخ بهره، تورم، ارز و یا عدم وصول تسهیلات پرداختی، با بحران‌های متعددی روبرو شده‌اند، پیشنهاد می‌شود ریسک‌های هریک از تسهیلات بانک‌ها تحت سناریوهای مختلف اقتصادی ارزیابی و با توجه به نتایج آن به واگذاری هر یک از تسهیلات اقدام شود. مدیران بانک‌ها و موسسات مالی می‌توانند با تدابیر مناسب و راهکارهای به هنگام ایجاد تعادل بهینه میان ریسک و بازدهی کنند و با مدیریت ریسک اعتباری از وقوع ریسک ورشکستگی در شرایط بحرانی و رکود پیشگیری کنند. بر این اساس استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری در کم‌ترین زمان ممکن برای رسیدن به پاسخ بهینه و نزدیک به بهینه مفید هستند. پیشنهاد می‌شود امکانات نرم افزاری و سخت افزاری جهت ارزیابی و پیش‌بینی سناریوهای مختلف اقتصادی موثر بر واگذاری تسهیلات طراحی شود و به بانک‌ها ارائه شود تا تصمیم‌گیری بهینه برای واگذاری تسهیلات

1. Chi
2. Finance

بگیرند. با استفاده از مدل پژوهش می‌توانند به شناسایی بخش‌های اقتصادی آسیب پذیر در هر یک از شرایط عدم قطعیت بپردازند و تخصیص اعتبارات درآن بخش‌ها را مدیریت کنند.

## پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی

۱-استفاده از شیوه‌های تصمیم‌گیری مثل فرآیند واکاوی سلسله مراتبی، تاپسیس و... برای انتخاب بهینه تسهیلات؛

۲-استفاده از مدل‌های ریاضی چند هدفه برای مقایسه بازدهی وکاهش ریسک بانک‌ها و انتخاب بهینه تسهیلات در شرایط محیطی ایران و سایر کشورها؛

۳-افزودن سایر محدودیت‌ها به مدل از جمله سپرده‌های بانک، ساختار سرمایه برای توسعه مدل پژوهش.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع


جنتی مشکانی، اربابیان، شیرین، خجسته، زینب. (۱۳۹۵).« تأثیر عوامل کلان اقتصادی بر ثبات و ریسک بانکی». *فصلنامه پژوهش‌های پولی-بانکی*، ۹(۲۹)، ۴۸۷-۵۱۱.

دهقان، عبدالمجید؛ فرهادی شریف آباد، محسن و فهیمی، علیرضا. (۱۳۹۸).« بررسی ارتباط ریسک اعتباری بانک‌ها و ریسک و بازده سهام آن‌ها در بورس اوراق بهادار تهران». *دانش سرمایه‌گذاری*، ۸(۲۹)، ۲۴۱-۲۵۶.

سهرابی، بابک، رئیسی وانانی، ایمان، زارع میرک آباد، فائزه. (۱۳۹۵).«طراحی سیستم توصیه‌گر به‌منظور بهینه‌سازی و مدیریت تسهیلات بانکی بر مبنای الگوریتم‌های خوشه‌بندی و طبقه‌بندی تسهیلات». *پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری*، ۱(۲)، ۵۳-۷۶.

مدانلوجویباری، علیرضا و حمیدرضا محمدپور، ۱۳۹۳، «مروری بر الگوریتم‌های فراابتکاری و بررسی قابلیت‌های آنها»، *اولین کنفرانس ملی الگوریتم‌های فراابتکاری و کاربردهای آن در علوم و مهندسی، مازندران، موسسه آموزش عالی پردیسان*.

مهرآرا، محسن؛ صادقیان، صغری. (۱۳۸۷).« تعیین ترکیب بهینه وام در بخش‌های اقتصادی: (مطالعه موردی بانک سامان)». *اقتصاد مالی*، ۲(۵)، ۱۱۶-۱۳۴.

میرزایی، حسین؛ فلیحی، نعمت و مشهدیان ملکی، محمدرضا. (۱۳۹۱).«تاثیرنااطمینانی متغیرهای کلان اقتصادی(نرخ ارز و تورم) بر روی ریسک اعتباری مشتریان حقوقی بانک تجارت». *اقتصاد مالی*، ۶(۱۸)، ۱۱۳-۱۳۷.

Dehghan, A., Farhadi sharif Abad, M., Fahimi, A. (2019). Investigating the relationship between Default risk of banks and risk-return of their stocks in Tehran Stock Exchange. *Journal of Investment Knowledge*, 8(29), 241-256. [In Persian].

Hermuningsih, S., Sari, P. P., & Rahmawati, A. D. (2020). The influence of third-party funds, non-performing loans (npl) on credit distribution with profitability as intervening variable in commercial banks. *International Journal of Economics, Business and Accounting Research (IJEBAR)*, 4(02).

Janati, A., Arbabian, S., & Khojasteh, Z. (۲۰02). The Impact of Macroeconomic Determinants on Banking Stability and Risk. *Journal of Monetary & Banking Research*, 9(29), 487-511. [In Persian].

Jannati Meshkani, Arbabian, Shirin, Khojasteh, Zeinab. (2016). "The effect of macroeconomic factors on banking stability and risk". Monetary-Banking Research Quarterly, 9 (29), 487-511. [In Persian]

Karadima, M., & Louri, H. (2020). Economic policy uncertainty and non-performing loans: The moderating role of bank concentration. *Finance Research Letters*, 101458.

Karimi vardanjani ،R., Hasan zadeh ،H. (2020). Extracting and ranking the factors behind the banking system's deferred claims and proposing solutions (2011-2019). *Financial Management Strategy.* [In Persian]

Kasmir. (2014). Analisis Laporan Keuangan. Edisi Pertama, Cetakan Ketujuh. Jakarta: PT. *Rajagrafindo Persada.*

Khan, M. A., Siddique, A., & Sarwar, Z. (2020). Determinants of non-performing loans in the banking sector in developing state. *Asian Journal of Accounting Research.*

Kumar, D., Hossain, M. Z., & Islam, M. S. (2020). Non-Performing Loans in Banking Sector of Bangladesh: An Evaluation. *International Journal of Applied Economics, Finance and Accounting*, 6(1), 22-29.

Luo, J., He, F., & Yong, J. (2020). An efficient and robust bat algorithm with fusion of opposition-based learning and whale optimization algorithm. *Intelligent Data Analysis*, 24(3), 581-606.

Madanlujuibari, A., Mohammadpour, H. (2014), "Review of meta-heuristic algorithms and their capabilities", the first national conference on meta-heuristic algorithms and its applications in science and engineering, Mazandaran, Pardisan Institute of Higher Education. [In Persian]

Madanlujuibari, A., Mohammadpour, H. (2014).The first national conference on meta-heuristic algorithms and their applications in science and engineering. [In Persian]

Mehrara, m., & sadeghian, s. (2009). The management of optimal loan portfolio in banking sector: the case study of the bank–e saman. Journal *of financial economics (financial economics and development)*, 2 (5); 81 -102. [In Persian].

Metawa ،N. ،Hassan ،M. K. ،& Elhoseny ،M. (2017). Genetic algorithm based model for optimizing bank lending decisions. *Expert Systems with Applications* ،80 ،75-82.

Mirjalili, S., & Lewis, A. (2016). The whale optimization algorithm. Advances in engineering software, 95, 51-67.

Mirzaei, h., falihi, n., & mashhadian, m. r. (2012). The effect of uncertainty rate of macro–economic variables (inflation and exchange rate) on credit risk legal entities of tejarat bank. *Journal of financial economics (financial economics and development)*, 6, (18); 113 - 137. [In Persian].

Partovi, E., & Matousek, R. (2019). Bank efficiency and non-performing loans: Evidence from Turkey. *Research in international Business and Finance*, 48, 287-309.

Siamat, D., Kusumawardhani, P. N., & Agustin, F. (2005). Manajemen lembaga keuangan: kebijakan moneter dan perbankan: dilengkapi UU no. 10 tahun 1998, UU no. 23 tahun 1999, UU no. 03 tahun 2004. *Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.*

Soedarmono ،W. ،Sitorus ،D. ،& Tarazi ،A. (2017). Abnormal loan growth ،credit information sharing and systemic risk in Asian banks. *Research in International Business and Finance* ،42 ،1208-1218.

Sohrabi, B., Raeesi Vanani, I., Zareh Mirkabad, F. (2016). Designing a Recommender System for Optimizing and Managing Bank Facilities through the Utilization of Clustering and Classification Algorithms. *Modern Research in Decision Making*, 1(2), 53-76. [In Persian].

Tan ،Y. (2015). The Impacts of Risk and Competition on Bank Profitability in China. Journal of International and Financial Markets ،*Institut+ions and Money* ،(40), 85-110.

Yurdakul, F. (2114). Macroeconomic modelling of credit risk for banks. *Procedia-Social and behavioral sciences*, 119, 784-793.

COPYRIGHTS

© 2022 Securities and Exchange Organization, Tehran, Iran.This license lets others remix, tweak, and build upon your work non-commercially, and although their new works must also acknowledge you and be non-commercial, they don't have to license their derivative works on the same terms.