

## **Presentation of a scenario-based optimization model for bank loan portfolio under conditions of uncertainty based on robust Mulvey's approach**

**Mohadese Kouchaki Tajani\***, **Reza Fallah\*\***,  
**Mehdi Maranjory\*\*\***, **Razieh Alikhani\*\*\***

Research Paper

### **Abstract**

In order to maintain the balance of cash flow between lenders and borrowers, banks have to use a financially appropriate ecosystem. When such a flow is rebated and or disrupted by non-performing loans (NPLs), life trends of banks and implementation of national economic policies are damaged seriously. Mis management and flexibility in lending and repaying off a loans are considered a drive force of NPLs. The aim of present research is to present a model for the optimization of bank loans portfolio under conditions of uncertainty, which is based on the robust scenario-based approach developed by Mulvey et al. uncertainty criteria set in this study include such economic factors as exchange rates, inflation, and systematic risks. This model has three objective functions: (1) increasing the returns of banks by increasing current loan, (2) decreasing the credit risk, and (3) mitigating the risk of bankruptcy based on Altman Financial Ratios, which are analyzed by using GAMS software. Using this model, bank managers based on the status and strength of each type of loan under normal circumstances and uncertainty can make the right decision to pay a certain amount of each type of loan according to the optimal limit, which reduces the credit risk and bankruptcy of the bank. The results also show that respectively systematic risk, inflation rate and exchange rate have the greatest impact on loan quality reduction.

**Keywords: Bank loans; Multi-objective optimization; Uncertainty conditions; Non-current loans; Overdue receivables.**

---

Received: 2021.July.05, Accepted: 2021.December.18.

\* Ph.D. Student in Accounting, Chalus Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran

\*\* Assistant Prof, Department of Accounting, Chalous Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran (Corresponding Author). E-Mail: rezafallah@iauc.ac.ir

\*\*\* Assistant Prof, Department of Accounting, Chalous Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran.

## ارائه مدل بهینه‌سازی سناریو محور جهت پرتفوی تسهیلات بانکی در شرایط عدم قطعیت با رویکرد استوار مالوی

محدثه کوچکی تاجانی\*، رضا فلاح\*\*، مهدی مران جوری\*\*\*  
رضیه علی خانی\*\*\*

مقاله پژوهشی

### چکیده

بانک‌ها برای حفظ تعادل گردش پول بین اعتباردهندگان و دریافت‌کنندگان وام باید از یک اکوسیستم مالی مناسب استفاده کنند. هنگامی که این جریان توسط NPL (مطالبات غیرجاری) کند و یا مختل شود، در روند حیات بانک‌ها و اجرای سیاست‌های اقتصادی کشور آسیب جدی ایجاد می‌کند. مدیریت ضعیف و انعطاف‌پذیری در پرداخت و بازپرداخت تسهیلات عامل و محرک NPLها است. هدف از پژوهش حاضر ارائه مدلی برای بهینه‌سازی پرتفوی تسهیلات بانکی در شرایط عدم قطعیت است، از یک مدل استوار سناریو محور بر اساس رویکرد مالوی و همکاران (۱۹۹۵) که جهت عدم قطعیت از عوامل اقتصادی مانند ریسک سیستماتیک، نرخ ارز، تورم استفاده شده است. این مدل دارای سه تابع هدف بوده تابع هدف اول افزایش بازده بانک‌ها از طریق افزایش تسهیلات جاری، تابع هدف دوم کاهش ریسک اعتباری و تابع هدف سوم کاهش ریسک ورشکستگی براساس نسبت‌های مالی آلتمن می‌باشد که داده‌ها با استفاده از نرم افزار GAMS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. با استفاده از این مدل مدیران بانک‌ها براساس وضعیت و استحکام هر یک از انواع تسهیلات در شرایط عادی و عدم قطعیت می‌توانند تصمیم‌گیری صحیحی جهت پرداخت میزان مشخصی از هر نوع تسهیلات با توجه به مرز بهینه داشته باشد که سبب کاهش ریسک اعتباری و ورشکستگی بانک‌ها می‌گردد. همچنین نتایج نشان دهنده این است که به ترتیب ریسک سیستماتیک، نرخ تورم و نرخ ارز دارای بیشترین تاثیر بر کاهش کیفیت تسهیلات می‌باشند.

**کلیدواژه‌ها:** تسهیلات بانک؛ بهینه‌سازی چند هدفه؛ شرایط عدم قطعیت؛ تسهیلات غیرجاری؛ مطالبات معوق.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۱۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۲۷.

\* دانشجوی دکتری حسابداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، مازندران، ایران.

\*\* استادیار، گروه حسابداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، مازندران، ایران. (نویسنده مسئول)

E-Mail: rezafallah@iauc.ac.ir

\*\*\* استادیار، گروه حسابداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، مازندران، ایران.

## ۱. مقدمه

تسهیلات بانک‌ها یکی از عوامل تعیین کننده مهم به ویژه در کشورهای در حال توسعه برای دستیابی به نرخ رشد مورد نیاز در توسعه اقتصادی است. در این راستا، تقویت مؤسسات مالی یک اقتصاد می‌تواند به عنوان یک سازوکار کنترل کننده برای اطمینان از ثبات مالی قرار گیرد [۱۵]. شوک‌های اقتصاد کلان باعث ایجاد آسیب پذیری در سیستم بانکی می‌شوند [۲۹]. پس از بحران‌های جهانی، وام‌های غیرجاری<sup>۱</sup> (NPL) عمدتاً مورد توجه دولت و مدیریت بانکی قرار گرفتند، زیرا که موجب شکست و بحران‌های سیستم بانکی می‌شوند. با وقوع بحران‌های مالی افزایش وام‌های غیرجاری در عدم پیشرفت بانک‌ها بسیار موثر می‌باشند [۲۳]. درماوان<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) اظهار کرد NPL، نسبتی است که برای اندازه گیری توانایی بانک جهت پوشش ریسک عدم بازپرداخت اعتبار توسط بدهکار استفاده می‌شود [۳]. چی و لی<sup>۳</sup> (۲۰۱۷) اظهار کردند که اخیراً مشخص شده است عوامل اقتصادی که جهت پیش بینی دوره‌های آتی سیاست‌های مالی، پولی، نظارتی و تجاری تعریف می‌شوند، با تغییرات مکرر و مبهم، ریسک اعتباری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. سیاست‌های اقتصادی ممکن است منجر به تخصیص اشتباه منابع اعتباری بانک‌ها یا وخیم تر شدن عملکرد شرکت‌های وام گیرنده شوند [۲۰]. عبید و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۱۴) اذعان کردند وام‌های غیرجاری مشتریان می‌توانند از طریق شاخص‌های کل اقتصادی و مدیریت نامناسب آشکار شوند [۳۳]. مدیریت ضعیف نیز یکی از علت‌های افزایش حجم مطالبات معوق در نظام بانکی است. کارایی ضعیف در بانک‌ها به دلیل مهارت کم کارشناسان برای غربالگری متقاضیان وام، ارزیابی نامناسب وثیقه‌ها و نظارت ضعیف بر عملیات، تعهدات و بازپرداخت وام مشتریان در این مؤسسات می‌باشد. بنابراین، نهادهای مالی که کارایی عملیاتی ضعیفی دارند، از استعداد بیشتری برای افزایش تسهیلات غیرجاری و به دنبال آن زیان وام و مواجهه با ریسک اعتباری برخوردارند.

در این راستا عوامل موثر بر افزایش مطالبات معوق به دو دسته کلی ریسک سیستماتیک و ریسک غیرسیستماتیک تقسیم می‌شوند. عوامل سیستماتیک ناشی از تحولات کلی بازار و اقتصاد می‌باشند و عوامل غیرسیستماتیک ناشی از ویژگی‌های خاص شرکت‌ها، بانک‌ها و دریافت کنندگان تسهیلات هستند [۱۳]. که در این پژوهش عوامل سیستماتیک با سه سناریو شامل، نرخ تورم، نرخ ارز و ریسک سیستماتیک و هر کدام در دو حالت افزایش و کاهش در نظر گرفته شده اند. عوامل غیرسیستماتیک هم ریسک اعتباری و ریسک ورشکستگی می‌باشد. گام اول شناسایی ریسک است که در این پژوهش به ارزیابی تسهیلاتی که منجر به افزایش ریسک اعتباری و ریسک ورشکستگی می‌گردند پرداخته است که با شکست این ریسک‌ها بازدهی بانک افزایش می‌یابد. افزایش نرخ ارز

<sup>۱</sup> Non-performing loans

<sup>۲</sup> Darmawan

<sup>۳</sup> Chi and Li

<sup>۴</sup> Abid et al

موجب تشدید افزایش نرخ تورم و ناتوانی پرداخت تعهدات برای دریافت‌کنندگان تسهیلات می‌گردد. افزایش نرخ ارز و نوسانات شدید این بازار موجب عدم امکان برنامه‌ریزی در بخش تولید و سردرگمی تولیدکنندگان و در نتیجه کاهش تولید و بروز رکود اقتصادی می‌شود. افزایش نرخ تورم منجر به افزایش مطالبات معوق بانک‌ها می‌گردد. نرخ تورم منجر به کاهش توان مالی دریافت‌کنندگان تسهیلات و افزایش احتمال نکول آن‌ها و کاهش ارزش مبلغ تسهیلات دریافتی می‌شود. در واقع پول ارزان قیمت در اختیار وام‌گیرندگان قرار می‌گیرد و برای وام‌گیرنده به صرفه است که نکول کند و مبلغ تسهیلات را پس ندهد و با آن در بازارهای اقتصادی سود کسب نموده و در عوض جریمه دیرکرد را پرداخت نماید [۱۳].

با توجه به اهمیت این موضوع تست استرس اعتباری طی بیست سال گذشته بسیار رایج شد. موسسات مالی و همچنین مراجع نظارتی به‌طور دوره‌ای آسیب‌پذیری‌های موجود در مقابل سناریوهای کلان مالی را ارزیابی می‌کنند تا مقاومت سیستم‌های مالی بانک‌ها را ارزیابی نمایند [۱۶]. در شرایط بحران اقتصادی بهترین تصمیم برای پرداخت تسهیلات، تمرکز بر تسهیلاتی است که مقاومت بیشتری در شرایط بحرانی دارند و وصول مطالبات آن‌ها به هنگام است. بنابراین شناسایی و تشخیص رفتار هر یک از انواع تسهیلات در شرایط عدم قطعیت با توجه به شرایط ریسک اعتباری و نسبت‌های مالی بانک امری ضروری می‌باشد. انتخاب بهترین پرتفوی از مجموعه مشخصی از تسهیلات، یک موضوع مدیریتی معمول و اغلب مهم است. با توجه به اهمیت این موضوع تاکنون پژوهشی جهت ارائه مدل چند هدفه تصمیم‌گیری پرداخت هر یک از انواع تسهیلات بانک در شرایط عدم قطعیت صورت نگرفته است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر ارائه مدل ریاضی چند هدفه جهت تصمیم‌گیری بهینه اعطای تسهیلات بانکی در شرایط عدم قطعیت عوامل کلان اقتصادی است.

## ۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

دلئون<sup>۱</sup> (۲۰۲۰) به بررسی تاثیر ریسک اعتباری و عوامل کلان اقتصادی بر سودآوری ۲۰ بانک آسه آن<sup>۲</sup> می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که ریسک اعتباری و رشد تولید ناخالص داخلی تاثیر منفی بر بازده به سهام می‌گذارد. نرخ تورم بازده سهام افزایش می‌دهد. تورم دارای بیشترین تاثیر بر بازده سهام بوده و پس از آن رشد تولید ناخالص داخلی و ریسک اعتباری قرار دارد. ریسک اعتباری و رشد تولید ناخالص داخلی تاثیر منفی بر بازده به دارائی دارد. بازده دارائی نیز متاثر از افزایش نرخ تورم است [۹]. پژوهش بادارو و لاپتاکرو<sup>۳</sup> (۲۰۲۰) ارائه گر یک مرور ادبیات در مورد عوامل اصلی تعیین‌کننده وام دهی بانکی و تصمیمات ریسک از طریق رقابت در بازار بانکداری و ارتباط بانک

<sup>۱</sup> De Leon

<sup>۲</sup> ASEAN

<sup>۳</sup> Badarau & Lapteacru

با بنگاه‌ها و نقش مسئولین پولی و بانکی می‌باشد. [۵]. آفولابی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۲۰) به بررسی تاثیر ریسک اعتباری بر عملکرد مالی شواهدی از بانک‌های تامین مالی کوچک در نیجریه می‌پردازند. نتایج تحلیل آشکار ساخت که وام‌های غیرجاری دارای یک تاثیر منفی و معنادار بر بازده دارایی می‌باشد. درحالیکه زیان وام دارای یک تاثیر غیر معنادار و منفی بر بازده دارایی است. نتایج نشان داد یک رابطه مثبت و معنی دار بین وام‌ها و بازده دارایی می‌باشد [۱]. ارلووا<sup>۲</sup> (۲۰۲۰) در پژوهش خود به دنبال توجیه و توسعه یک تکنولوژی جدید و مدل‌هایی برای مدیریت وام دهی بانک‌ها می‌باشد که کاهنده ریسک اعتباری و افزایش کارایی وامدهی است که در آن روش‌های تحلیل سیستم، روش‌های تئوری کنترل، روش‌های آماری و روش‌های بهینه‌سازی و یادگیری ماشینی به کار رفته است. نتایج مثبت پیاده سازی تکنولوژی پیشنهادی و مدل‌های مدیریت اعتباری جهت تضمین رشد سودآوری سازمان، اعتبار و تاثیر آن در رقابت دارای اهمیت است [۲۸]. متاوا و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۷)، یک روش برای سازماندهی پویای تصمیم‌گیری وامدهی بانک با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه نمودند. الگوریتم ژنتیک پیشنهادی بر اساس مدل ارائه شده چارچوبی جهت بهینه‌سازی هدف بانک در زمان ایجاد پرتفوی وام می‌باشد که به حداکثرسازی سود و حداقل سازی ریسک شکست بانک با جستجوی یک تصمیم وامدهی پویا و بهینه می‌باشد [۲۶]. مالی و همکاران (۱۴۰۰) به طراحی و تبیین الگوی کاهش پیامدهای تورش‌های رفتاری مالی موثر در رکود نظام بانکی پرداختند. مدل با تایید کارشناسان موضوع و تکنیک‌های تحلیل عاملی تاییدی مرتبه اول و دوم و مدل‌سازی معادلات ساختاری، الگو با ۴ بعد، ۲۰ مقوله و ۲۳۹ شاخص ارائه شد. این پژوهش راهکارهای اجرایی کاهش اثرات تورش‌های رفتاری مالی بر رکود نظام بانکی مطرح نمود [۲۵]. فارسجانی و همکاران (۱۴۰۰) به ارائه مدل ساختاری انواع ریسک در بانک‌ها با استفاده از رویکرد مدل سازی ساختاری تفسیری فازی پرداختند. نتایج مدل سازی و تحلیل میک مک نشان داد که ریسک‌های نقدینگی، اعتباری، عملیاتی، نرخ سود، نرخ ارز و ریسک قوانین و مقررات جزء ریسک‌های پایه‌ای و کلیدی در حوزه‌ی بانکی هستند [۱۲]. کریمی‌وردنجانی و حسن‌زاده (۱۴۰۰) 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 [۲۱]. دهقان و همکاران (۱۳۹۸)، در پژوهشی به بررسی ارتباط ریسک اعتباری بانک‌ها و ریسک و بازده سهام آن‌ها در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند.

<sup>۱</sup> Afolabi et al

<sup>۲</sup> Orlova

<sup>۳</sup> Metawa et al

برای محاسبه ریسک بانک‌ها از ۲ معیار بتای سنتی و بتای نامطلوب استفاده نمودند که تاثیرگذاری ریسک اعتباری بر آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش حاکی از 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 معنی‌داری وجود دارد [۱۰]. ابراهیمی (۱۳۹۹)، پژوهشی با عنوان بررسی تاثیر متغیرهای کلان اقتصادی بر بازار سهام ایران با استفاده از الگوریتم‌های داده کاوی انجام و نتایج نشان داد که سه متغیر نرخ تورم، تراز تجاری و تولید ناخالص داخلی توسط ۸۰٪ از الگوریتم‌های وزن دهی به عنوان متغیرهای مهم معرفی شدند. الگوی مربوط به نرخ سود سپرده یکساله نشان داد که بین متغیرهای تولید ناخالص داخلی، حجم حقیقی پول، نرخ تورم، تراز تجاری و نرخ حقیقی ارز با قیمت سهام رابطه مثبت و بین کسری حقیقی بودجه دولت، نرخ بهره آمریکا و نرخ سود سپرده یکساله رابطه منفی وجود داشته که با مدل تئوری سازگار بودند [۱۱]. حکیمی‌پور (۱۳۹۷) به ارزیابی چگونگی عوامل تاثیرگذار بانکی بر مطالبات غیرجاری بانک‌های ایران (رویکرد مدل پانل پویا GMM) پرداخت. نتایج این پژوهش نشان داد که وقفه گذشته مطالبات غیرجاری، نرخ بازده حقوق صاحبان سهام، نسبت تسهیلات اعطایی به دارایی‌ها، نسبت حقوق صاحبان سهام به دارایی‌ها و نرخ ارائه تسهیلات اعطایی تاثیر معنی‌داری بر ایجاد مطالبات غیرجاری در بانک‌های کشور دارند [۱۷]. فردوسی و فطرس (۱۳۹۶) به بررسی اثرات ریسک اعتباری و ریسک نقدینگی بر عملکرد نظام بانکی ایران پرداخته است. نتایج نشان دهنده تاثیر منفی ریسک اعتباری و ریسک نقدینگی بر سودآوری بانک‌ها است. یافته دیگر پژوهش حاکی از این واقعیت است که شاخص تنوع دارای اثر منفی و شاخص‌های تمرکز و مدیریت هزینه‌ها اثر مثبت بر سودآوری دارد [۱۴].

#### 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: تسهیلات جاری و تسهیلات غیرجاری

بر اساس بخشنامه مورخ ۱۳۸۵/۱۲/۵ دستورالعمل طبقه بندی دارایی‌های موسسات اعتباری به شرح ذیل می‌باشد:

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 نموده 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 مطالبات سررسید گذشته، معوق و مشکوک الوصول می‌باشد. افزایش

در هریک از این شاخص 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 نموده‌اند.

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 ننموده است.

مطالبات مشکوک الوصول: 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 اتفاق می‌افتد 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 ایجاد 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 سررسید گذشته، معوق و مشکوک الوصول است [۳۲].

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

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

$X_1$  = 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: در توافق نامه بازل III، 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 [۳۰].

عدم قطعیت: در این پژوهش ریسک سیستماتیک، نرخ ارز و تورم در نظر گرفته شده است که برای هریک از آن‌ها دو سناریو در حالت افزایش و کاهش در نظر گرفته شده است.

نرخ ارز و مطالبات معوق: افزایش نرخ ارز موجب ایجاد مطالبات معوق بیشتر خواهد شد. این افزایش نرخ باعث می‌شود تا مشتریان بانک از توان کمتری جهت بازپرداخت بدهی خود برخوردار

باشد و در نهایت تمایل کمتری برای با پرداخت تسهیلات دریافتی از خود نشان می‌دهد. همچنین افزایش بی‌ثباتی نرخ ارز و سیاست‌های کلان اقتصادی نامناسب باعث برهم خوردن نظم بازار و ایجاد بحران‌های مالی می‌گردد. ریسک سرمایه‌گذاری را افزایش داده و آثار مخرب بر تولید ملی دارد و ممکن است تولیدکنندگان را جهت بازپرداخت این تسهیلات با ضرر و زیان مالی مواجه نماید.

مطالبات معوق و تورم: تورم از ریسک‌هایی برای اقتصاد است که در سطوح بالا دارای هزینه‌های زیادی بر اقتصاد جامعه می‌باشد. مهم‌ترین زیان اقتصادی ناشی از تورم، نااطمینانی از مقدار آن در دوره‌های آتی است. نااطمینانی تورم فضایی است که در آن تصمیم‌فعلان اقتصادی در زمینه‌های مختلف با نااطمینانی تورم آتی همراه است که بر ریسک اعتباری بانک‌ها تاثیرگذار است. با افزایش تورم همراه با کاهش رشد اقتصادی و تولید در جامعه درآمد واقعی کاهش یافته و قدرت بازپرداخت بدهی‌ها نیز به طبع آن در بلندمدت کاهش می‌یابد که موجب افزایش مطالبات معوق بانک‌ها می‌گردد و انگیزه بازپرداخت اصل و فرع تسهیلات را به شدت کاهش می‌دهد. همچنین با افزایش نرخ تورم، از میزان بهره حقیقی کاسته شده؛ بنابراین نگاه انگیزه می‌یابد که در پرداخت دیون تعلل کند. تاثیر شوک‌های وارد به تورم بر تعویق مطالبات، زیاد و قابل ملاحظه است [۲۷].

ریسک سیستماتیک: در نظریه ویلسون<sup>۱</sup> (۱۹۹۸) بیان شده که ریسک سیستماتیک یک سید دارایی تا حد زیادی به سلامتی اقتصاد کلان بستگی دارد. در این نظریه، ریسک سیستماتیک بیانگر تاثیر محیط اقتصاد کلان بر میزان نکول وام‌های بانک‌ها می‌باشد [۱۹].

### سوال‌های پژوهش

- ۱- در شرایط عدم قطعیت تصمیم‌گیری برای پرداخت تسهیلات به چه صورتی است؟
- ۲- در زمان افزایش تورم، پرتفوی بهینه تسهیلات بانک به چه صورتی است؟
- ۳- در زمان کاهش نرخ ارز، پرتفوی بهینه تسهیلات بانک به چه صورتی است؟
- ۴- با افزایش ریسک سیستماتیک، پرتفوی بهینه تسهیلات بانک به چه صورتی است؟
- ۵- تفاوت بین سناریو اول، افزایش و سناریو دوم، کاهش در هر یک از عدم قطعیت‌ها چند درصد است؟

### ۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به دنبال ارائه روشی برای بهینه‌سازی تسهیلات بانکی در شرایط عدم قطعیت می‌باشد. این پژوهش از حیث هدف کاربردی بوده و بر اساس ماهیت و روش گردآوری داده‌ها، یک پژوهش توصیفی-پیمایشی است. شیوه‌ی جمع‌آوری اطلاعات کتابخانه‌ای می‌باشد. این

<sup>1</sup> Wilson



پژوهش بصورت مطالعه موردی در بانک ملت برای دوره مالی ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸ می‌باشد. در این پژوهش تسهیلاتی به عنوان نمونه انتخاب گردیده اند که بیشترین کاربرد را در بانکداری اسلامی و عقود مبادله ای و مشارکتی داشته اند. در پژوهش حاضر مدل ارائه شده با استفاده از نرم افزار گمز نسخه ۲،۸،۲ که یکی از نرم افزارهای حرفه ای در حل مسائل بهینه‌سازی ریاضی می‌باشد، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. جهت اعتبارسنجی مدل ابتدا با داده‌های تصادفی تست شد و پس از رفع خطاهای مدل، اعتبارسنجی به منظور حل مدل از داده‌های صورت‌های مالی بانک ملت صورت پذیرفت. یکی از بهترین رویکردها در شرایط عدم قطعیت رویکرد بهینه‌سازی استوار است. بر اساس این رویکرد، پاسخی انتخاب 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 مالوی به عنوان روش استوار در این پژوهش انتخاب شده و حل مدل و تحلیل نتایج آن بر اساس این مدل انجام می‌شود.

### مدل استوار

روش مرسوم در بهینه‌سازی مسائلی با داده‌های احتمالی، برنامه‌ریزی تصادفی است که از روش تجزیه و تحلیل سناریو برای مسائل بهینه‌سازی احتمالی با مقیاس بزرگ استفاده می‌کند. برنامه‌ریزی تصادفی از دهه ۱۹۵۰ توسعه پیدا کرد. برنامه ریزی تصادفی مبتنی بر سناریو روشی است که در آن تصمیم گیرنده عدم قطعیت را بر اساس تعیین موقعیت‌های امکان پذیر در آینده در نظر می‌گیرد. هنگامی که در مسئله ی برنامه‌ریزی ریاضی بعضی پارامترهای تابع هدف غیرقطعی باشند، به دست آوردن مقدار بهینه آسان نیست. بهینه‌سازی استوار روشی برای برخورد با عدم قطعیت پارامترهای غیرقطعی مسائل بهینه‌سازی است که اخیراً توسعه یافته است. این رویکرد به دنبال جواب‌های نزدیک به بهینه ای است که با احتمال بالایی موجه باشند و نسبت به عدم قطعیت محیط دارای تحمل باشد و عملکرد ناشی از آن حداقل نوسان را داشته باشد [۲].

$$\partial(x, y1, \dots, yS) = \sum_{s \in S} P_s \varepsilon_s + \lambda \sum_{s \in S} P_s (\varepsilon_s - \sum_{s \in S} P \varepsilon_{s_s})^2$$

از آنجائی که عبارت فوق شامل بخشی است که دارای توان دوم است و شکلی کوادراتیک در مدلسازی می‌باشد عبارت فوق را به صورت زیر که توسط یو و لی<sup>۱</sup> (۲۰۰۰) فرمول بندی شده است تبدیل نمودند:

$$\partial(x, y1, \dots, yS) = \sum_{s \in S} P_s \varepsilon_s + \lambda \sum_{s \in S} P_s |\varepsilon_s - \sum_{s \in S} P_s \varepsilon_s$$

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 می‌باشد در حقیقت به جای حداقل کردن مرجع انحرافات مطلق از میانگین دو تابع فوق دو متغیر انحراف با توجه به محدودیت‌ها حداقل می‌گردد به این

<sup>۱</sup> Yu & Li

صورت که:

$$\begin{aligned} \min & \sum_{s \in S} P_s \varepsilon_s + \lambda \sum_{s \in S} P_s \left[ \left( \varepsilon_s - \sum_{s \in S} P_s \varepsilon_s \right) + 2\theta_s \right] \\ \text{st: } & \varepsilon_s - \sum_{s \in S} P_s \varepsilon_s + \theta_s \geq 0 \\ & \theta_s \geq 0 \end{aligned}$$

براساس رابطه فوق یک مدل استوار سناریو محور طراحی می‌گردد:

### مفروضات

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

۱. افق برنامه‌ریزی چند دوره ای است.
۲. هر دوره معادل یک سال است.
۳. حساب‌های جاری و غیرجاری به صورت سالانه به روزرسانی 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 اعطا 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 تعدیل گر بر میزان تسهیلات جاری، معوق، سررسید گذشته و مشکوک الوصول وارد مدل غیرقطعی می‌شوند.

لازم به ذکر است که با توجه به سناریویی بودن مدل حاضر یک اندیس با عنوان S که نماد سناریو می‌باشد اضافه شده و پارامتری تحت عنوان  $P_s$  که احتمال رخداد سناریو می‌باشد به پارامترهای مدل افزوده می‌گردد.

### 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 آئمن در دوره t تحت سناریو S
$P_s$	احتمال رخداد سناریوی S
M	یک عدد خیلی بزرگ

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

### متغیرهای تصمیم

میزان تسهیلات جاری مربوط به تسهیل i در دوره t تحت سناریوی S	$X_{i,t,S}$
میزان تسهیلات سررسید گذشته مربوط به تسهیل i در دوره t تحت سناریوی S	$Y_{i,t,S}$
میزان تسهیلات معوق مربوط به تسهیل i در دوره t تحت سناریوی S	$Z_{i,t,S}$
میزان تسهیلات مشکوک الوصول مربوط به تسهیل i در دوره t تحت سناریوی S	$U_{i,t,S}$
مقدار کل تسهیلات جاری دوره t تحت سناریوی S	$V_{t,S}$
مقدار کل تسهیلات سررسید گذشته در دوره t تحت سناریوی S	$W_{t,S}$
مقدار کل تسهیلات معوق دوره t تحت سناریوی S	$R_{t,S}$
مقدار کل تسهیلات مشکوک الوصول دوره t تحت سناریوی S	$S_{t,S}$
در صورتیکه میزان تسهیلات نوع i در دوره t تحت سناریوی S تخصیص یابد (و در غیر اینصورت صفر	$Q_{t,S}$
نسبت کل تسهیلات جاری دوره t به کل تسهیلات اعطا شده تحت سناریوی S	$Vt_{t,S}$
نسبت کل تسهیلات سررسید گذشته در دوره t به کل تسهیلات اعطا شده تحت سناریوی S	$Wt_{t,S}$
نسبت کل تسهیلات معوق دوره t به کل تسهیلات اعطا شده تحت سناریوی S	$Rt_{t,S}$
نسبت کل تسهیلات مشکوک الوصول دوره t به کل تسهیلات اعطا شده تحت سناریوی S	$St_{t,S}$

### مدل پژوهش:

#### توابع هدف

$$\max z1 = \sum_{s \in S} P_s \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T a_i x_{it} \mu_i + \lambda \sum_{s \in S} P_s \left[ \left( \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T a_i x_{it} \mu_i - \sum_{s \in S} P_s \sum_{t=1}^T a_{is} x_{its} \mu_i \right) + 2\theta_s \right] \quad \text{رابطه (۱)}$$

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

$$\min z3 = \sum_t^T \text{Ratio}_t \cdot V_t + \sum_t^T \text{Ratio}_t \cdot W_t + \sum_t^T \text{Ratio}_t \cdot R_t + \sum_t^T \text{Ratio}_t \cdot S_t \quad \text{رابطه (۳)}$$

رابطه (۱) نشانگر نوع غیرقطعی تابع هدف اول مسئله که هدف آن حداکثرسازی سودآوری بانک است.  
 رابطه (۲) تابع هدف دوم مدل به دنبال حداقل سازی ریسک اعتباری بانکها است.  
 رابطه (۳) تابع هدف سوم مدل به دنبال حداقل سازی ریسک ورشکستگی بانکها بر اساس مدل آلمن است.

### محدودیتها

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T a_i x_{it} \mu_i - \sum_{s \in S} P_s \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T a_i x_{it} \mu_i + \theta_s \geq 0 \quad (۱)$$

$$V_{ts} = \sum_{i=1}^I X_{its} \mu_i \quad \forall i, t, s \quad (۲)$$

$$W_{ts} = \sum_{i=1}^I Y_{its} \tau_i \quad \forall t, s \quad (۳)$$

$$R_{ts} = \sum_{i=1}^I Z_{its} \pi_i \quad \forall t, s \quad (۴)$$

$$S_{ts} = \sum_{i=1}^I U_{its} \vartheta_i \quad \forall t, s \quad (۵)$$

$$Vt_{ts} = \frac{V_{ts}}{TT_{ts}} \quad \forall t, s \quad (۶)$$

$$Wt_{ts} = \frac{W_{ts}}{TT_{ts}} \quad \forall t, s \quad (۷)$$

$$Rt_{ts} = \frac{R_{ts}}{TT_{ts}} \quad \forall t, s \quad (۸)$$

$$St_{ts} = \frac{S_{ts}}{TT_{ts}} \quad \forall t, s \quad (۹)$$

$$\sum_{t=1}^T Vt_{ts} + Wt_{ts} + Rt_{ts} + St_{ts} = 1 \quad \forall s \quad (۱۰)$$

$$\sum_{t=1}^T Q_{its} = 1 \quad \forall t, s \quad (۱۱)$$

$$X_{its} \leq Q_{its} \cdot M \quad \forall i, t, s \quad (۱۲)$$

$$Y_{its} \leq Q_{its} \cdot M \quad \forall i, t, s \quad (۱۳)$$

$$Z_{its} \leq Q_{its} \cdot M \quad \forall i, t, s \quad (۱۴)$$

$$U_{its} \leq Q_{its} \cdot M \quad \forall i, t, s \quad (۱۵)$$

$$X_{its}, Y_{its}, Z_{its}, U_{its}, V_{ts}, W_{ts}, R_{ts}, S_{ts} \geq 0 \quad \forall i, t, s \quad (۱۶)$$

$$Q_{ts} \in \{0,1\} \quad \forall t, s \quad (۱۷)$$

$$lbv_{ts} \leq Vt_{ts} \leq ubv_{ts} \quad \forall t, s \quad (۱۸)$$

$$lbw_{ts} \leq Wt_{ts} \leq ubw_{ts} \quad \forall t, s \quad (۱۹)$$

$$lbr_{ts} \leq Rt_{ts} \leq ubr_{ts} \quad \forall t, s \quad (۲۰)$$

$$lbs_{ts} \leq St_{ts} \leq ubs_{ts} \quad \forall t, s \quad (۲۱)$$

$$\frac{BC}{NL + \sum_{i,t} u_{i,t.s} \vartheta_i + \sum_{i,t} Z_{i,t.s} \pi_i + \sum_{i,t} Y_{i,t.s} \tau_i} \geq Pc \quad \forall i, t, s \quad (۲۲)$$

$$\sum_{t=1}^{L=1} F_{l.i.t.s} = x_{i.t.s} + v_{i.t.s} + u_{i.t.s} + z_{i.t.s} \quad \forall i, t, s \quad (30)$$

$$\sum_{t=1}^{L=1} F_{lits} = N_{lits} \quad \forall i, t, s \quad (31)$$

$$V_{ts} + W_{ts} + R_{ts} + S_{ts} = TT_{ts} \quad \forall t, s \quad (32)$$

$$\theta_s \geq 0 \quad \forall s \quad (33)$$

محدودیت ۱ محدودیت خاص مدل مالوی و همکاران است.

محدودیت ۲ الی ۵ به ترتیب نشان دهنده میزان تسهیلات جاری، سررسید گذشته، معوق و مشکوک الوصول در دوره  $t$ . محدودیت ۶ تا ۹ تعیین کننده نسبت تسهیلات بر اساس تقسیم بر کل تعداد تسهیلات است. محدودیت ۱۰ نشان دهنده صحت نسبت تسهیلات جاری و غیرجاری است. محدودیت ۱۱ نشان می‌دهد که در هر دوره فقط یک بار نوع تسهیلات  $i$  اعطا می‌شود. محدودیت ۱۲ تا ۱۵ نشانگر محدودیت فوق بر نسبت تسهیلات به تفکیک انواع آن‌ها است. محدودیت ۱۶ تا ۲۸ نشانگر بازه متغیرهای باینری، عدد صحیح و بازهای است. محدودیت ۲۹ بیانگر محدودیت مربوط به کفایت سرمایه است. محدودیت ۳۰ و ۳۱ بیانگر سهم هر تسهیلات نوع  $i$  از هر گروه (کیفیت تسهیلات)  $l$  است. محدودیت ۳۲ نشانگر آن است که مجموع تسهیلات جاری، سررسید گذشته، معوق و مشکوک الوصول برابر تسهیلات کل است. محدودیت ۳۳ ضریب خطی سازی تحت سناریو  $S$

### اعتبار سنجی و حل مدل پژوهش

مسائل بهینه‌سازی نوین که در پژوهش‌ها آشکار شده بیشتر چندهدفه می‌باشند. بهینه‌سازی چند هدفه، حوزه‌ای از تصمیم‌گیری چند معیاری است. کاربرد آن زمانی است که جهت دست یافتن به تصمیم‌های بهینه در سیستم نیاز باشد که بین دو یا چند هدف متناقض موازنه برقرار گردد. در مسأله چند هدفه بردار هدف به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود:

$$F(x) = (f_1(x), \dots, f_{n_k}(x)) \in O \subseteq R^{n_k} \quad \text{رابطه (۴)}$$

شامل بهینه‌سازی  $n_k$  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 فقط یک تابع هدف باید بهینه‌سازی شود، نقطه بهینه  $y$  محلی و بهینه سراسری به دست می‌آیند. در مسائل بهینه‌سازی چند هدفه تعریف بهینگی به آن میزان ساده نیست. اولین مسأله‌ای که در حل این مسائل مواجه هستیم، تناقض در توابع هدف مسأله است، به طوری که بهبود در یک تابع هدف ممکن است منجر به بدتر شدن تابع هدف دیگر شود. به همین دلیل نیاز است موازنه‌ای بین توابع هدف که با یکدیگر در تناقض هستند به وجود آید. هدف از موازنه یافتن یک جواب متعادل در میان توابع هدف مسأله است. این جواب متعادل هنگامی به دست می‌آید که دیگر امکان بهبود هر یک از توابع هدف بدون بدتر کردن مقدار توابع دیگر وجود نداشته باشد. این جواب‌ها را که

ممکن است متعدد باشند جواب‌های غیر مغلوب<sup>۱</sup> می‌نامند. بنابراین در حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفه به جای ارائه یک جواب منفرد مجموعه‌ای از جواب‌های خوب ارائه می‌شوند. به این مجموعه‌ها مجموعه جواب‌های غیرمغلوب<sup>۲</sup> یا مجموعه جواب‌های بهینه پارتو<sup>۳</sup> می‌گویند. بردارهای هدف متناظر در فضای هدف با نام جبهه‌ی پارتو<sup>۴</sup> شناخته می‌شوند. از آنجایی که مدل ارائه شده دارای سه هدف می‌باشد، لذا برای حل مدل از روش اپسیلون-محدودیت<sup>۵</sup> استفاده گردید. در روش اپسیلون-محدودیت یکی از  $p$  هدف (ز امین هدف) برای بهینه‌سازی انتخاب شده و  $p-1$  هدف دیگر در محدودیت‌ها قرار می‌گیرند [۷].

$$\min_{x \in X} f_j(x) \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$f_k(x) \leq \varepsilon_k \quad k \neq j$$

بدین صورت که ابتدا یکی از توابع هدف به تنهایی بهینه‌سازی می‌شود. سایر توابع هدف تبدیل به محدودیت با یک حد بالای اپسیلون می‌شوند. در سال‌های اخیر، رویکردهای بهبود یافته از روش محدودیت اپسیلون ارائه شده است تا به این ترتیب نقض‌ها و کاستی‌های آن برطرف شود. مثلاً ماوروتاس<sup>۶</sup> در سال ۲۰۰۹ به منظور غلبه بر برخی از نقص‌های این روش، دو تغییر جزئی اما موثر در روش محدودیت اپسیلون کلاسیک ایجاد کرد و یک نسخه تقویت شده از روش را ارائه نمود. در این رویکرد وی با اضافه کردن متغیرهای کمبود مثبت محدودیت‌های نامساوی توابع هدف به محدودیت‌های مساوی تبدیل نمود، سپس با افزودن مجموع متغیرهای کمبود به تابع هدف اصلی، به افزایش کارایی این روش پرداخت.

$$\begin{aligned} \max \quad & \{f_1(x) + eps \times (s_2 + s_3 + \dots + s_p)\}, eps \in (10^{-6}, 10^{-3}) \\ \text{s.t.} \quad & \\ & f_2(x) - s_2 = e_2 \\ & f_3(x) - s_3 = e_3 \\ & \dots \\ & f_p(x) - s_p = e_p \\ & x \in S \end{aligned} \quad \text{رابطه (۶)}$$

- ۱- انتخاب یکی از توابع هدف به عنوان تابع هدف اصلی
- ۲- حل مسأله هر بار با توجه به یکی از توابع هدف و به دست آوردن مقادیر بهینه تابع هدف
- ۳- تقسیم بندی بازه ی بین دو مقدار بهینه توابع هدف فرعی به تعداد از قبل مشخص و به دست آوردن یک جدول مقادیر برای  $\varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$
- ۴- حل مسئله هر بار با تابع هدف اصلی و هریک از مقادیر  $\varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$

<sup>1</sup> Non-Dominated

<sup>2</sup> Non-Dominated Set

<sup>3</sup> Pareto-Optimal Set

<sup>4</sup> Pareto front

<sup>5</sup>  $\varepsilon$  - constrate

<sup>6</sup> Mavrotas

۵- گزارش جواب‌های پارتویی یافت شده.

۶- با این فرمولاسیون، حل‌کننده ابتدا مقدار بهینه تابع F1 را پیدا می‌کند سپس برای بهینه‌سازی F2 تلاش می‌کند و به همین ترتیب بقیه توابع هدف را بهینه می‌کند. علاوه بر این در نسخه بهبود یافته محدودیت اپسیلون تقویت شده در هر تکرار متغیر کمبود مربوط به دورنی ترین تابع هدف بررسی می‌شود. در حقیقت با استفاده از ضریب گذر و جلوگیری از تکرارهای زائد تا حد زیادی به الگوریتم سرعت می‌بخشد و زمان حل را بهبود می‌دهد.

برای اعتبارسنجی مدل ارائه شده نیاز به حل پژوهش در سایز کوچک می‌باشد تا واکنش تابع هدف پژوهش نسبت به پارامترهای مسأله مشخص گردد. از این جهت ابتدا مدل پژوهش در نرم افزار گمز<sup>۱</sup> ۲۴,۸,۲ کد شده است. سپس به منظور حل مدل از سالور سیلکس<sup>۲</sup> استفاده شده است. به منظور اعتبارسنجی مدل پژوهش ابتدا داده‌های تصادفی به عنوان ورودی به مدل پژوهش داده شده تا رفتار تابع هدف و متغیرهای پژوهش نسبت به داده‌های سایز کوچک سنجیده شود و خطای مدل گرفته شود. پس از خطایابی و کنترل مدل، داده‌های سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸ صورت‌های مالی بانک مورد مطالعه پس از جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل در نرم افزار اکسل به منظور حل مدل در نرم افزار گمز مورد استفاده قرار گرفته است. مطابق الگوریتم حل روش محدودیت اپسیلون ابتدا مسئله را بصورت جداگانه با هر کدام از توابع هدف پژوهش بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت حل نموده و در نهایت کمترین و بیشترین مقدار هریک از تابع هدف در جدول شماره (۱) گزارش شده است. مقادیر توابع هدف نشان داد که بین توابع هدف تضاد وجود دارد.

جدول ۱. نتایج حل جداگانه مدل با توابع هدف مختلف

	نتایج حل مدل با سه تابع هدف			کم‌ترین مقدار تابع هدف	بیشترین مقدار تابع هدف
	حل با تابع هدف اول	حل با تابع هدف دوم	حل با تابع هدف سوم		
	Z1*	-۶۷۰۸۳۲۳۰۶	-۶۵۴۲۶۱۳۲۸		
Z2	۰/۰۹۳۲۶۵۵	۰/۱۱۵۶۶۳۸	۰/۱۸۷۶۸۵	۰/۰۹۳۲۶۵۵	۰/۱۸۷۶۸۵
Z3	۱/۴۳۴۵	۱/۷۵۵۴	۲/۴۴۵	۱/۴۳۴۵	۲/۴۴۵

\*تابع هدف اول به علت ماکزیمم بودن ضرب در منفی شده است.

با فرض اینکه تابع هدف Z1 تابع هدف اصلی مسئله باشد. با استفاده از مدل و همچنین مقادیر مختلف اپسیلون (با تقسیم بندی فاصله بین کوچکترین و بزرگترین مقدار توابع هدف به چند قسمت افراز شده) و جواب‌های پارتو نتایج حل با استفاده از روش محدودیت اپسیلون و اپسیلون محدودیت

<sup>۱</sup> GAMS

<sup>۲</sup> CPLEX

تقویت شده در جدول شماره (۲) گزارش شده است.

جدول ۲. جواب‌های پارتو مسئله

تابع هدف/جواب پارتو	تابع هدف ۱	تابع هدف ۲	تابع هدف ۳	حاصل	زمان (ثانیه)	تابع هدف ۱	تابع هدف ۲	تابع هدف ۳	حاصل	زمان (ثانیه)
۱	۶۷۰,۸۳۲,۳۰۶	۰/۰۹۳۲۶۵۵	۱/۴۳۴۵	۲۵۰	۱/۴۳۴۵	۶۷۰,۸۳۲,۳۰۶	۰/۰۹۳۲۶۵۵	۱/۴۳۴۵	۲۰۹	۱/۴۳۴۵
۲	۶۵۴,۲۶۱,۳۲۸	۰/۱۱۵۶۶۳۸	۱/۷۴۴۵	۲۸۹	۱/۷۴۴۵	۶۵۴,۲۶۱,۳۲۸	۰/۱۱۵۶۶۳۸	۱/۷۴۴۵	۲۱۰	۱/۷۴۴۵
۳	۱۵۶,۲۳۱,۲۲۴	۰/۱۸۷۶۸۵۶	۲/۴۴۵۳	۳۵۹	۲/۴۴۵۳	۱۵۶,۲۳۱,۲۲۴	۰/۱۸۷۶۸۵۶	۲/۴۴۵۳	۲۱۸	۲/۴۴۵۳
۴	۴۵۶,۷۴۳,۲۸۶	۰/۱۰۸۲۳۲۳	۱/۸۷۳۴	۴۵۸	۱/۸۷۳۴	۴۵۶,۷۴۳,۲۸۶	۰/۱۰۸۲۳۲۳	۱/۸۷۳۴	۲۱۸	۲/۴۴۵۳
۵	۵۶۴,۲۳۴,۲۴۲	۰/۱۰۰۰۳۴۲	۱/۴۵۵۹	۶۴۵	۱/۴۵۵۹	۵۶۴,۲۳۴,۲۴۲	۰/۱۰۰۰۳۴۲	۱/۴۵۵۹	۳۷۸	۱/۹۳۴۵
۶	۵۸۴,۵۳۵,۳۵۳	۰/۰۱۲۹۳۲۷	۱/۱۲۴۶	۸۳۶	۱/۱۲۴۶	۵۸۴,۵۳۵,۳۵۳	۰/۰۱۲۹۳۲۷	۱/۱۲۴۶	۴۹۸	۱/۳۴۴۶
۷	۶۰۱,۶۴۵,۶۴۶	۰/۱۲۷۸۹۹۶	۱/۴۵۵۵	۱۳۳۴	۱/۴۵۵۵	۶۰۱,۶۴۵,۶۴۶	۰/۱۲۷۸۹۹۶	۱/۴۵۵۵	-	-

#### ۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌ها

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 ارائه شده است. مقادیر بهینه در خصوص هر یک از انواع تسهیلات با استفاده از حل مدل ریاضی آن با استفاده از داده‌های سال مالی ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸ آن تعیین شده است. با در نظر گرفتن سه شرایط عدم قطعیت با دو سناریوی خوشبینانه و بدبینانه افزایش و کاهش در نرخ ارز، نرخ تورم و ریسک سیستماتیک، سطح بهینگی مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

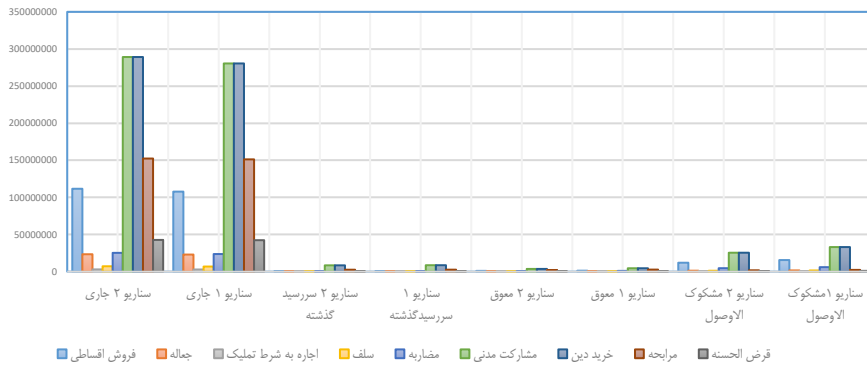
#### عدم قطعیت در ریسک سیستماتیک تحت دو سناریو

در این بخش نتایج پژوهش در خصوص بهینه‌سازی مدل با سناریوهای (۱) افزایش و سناریو (۲) کاهش ریسک سیستماتیک بررسی شده است.

جدول ۳. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت ریسک سیستماتیک

کیفیت تسهیلات نوع تسهیلات	سناریو ۱ مشکوک الوصول	سناریو ۲ مشکوک الوصول	سناریو ۱ معوق	سناریو ۲ معوق	سناریو ۱ سرسید گذشته	سناریو ۲ سرسید گذشته	سناریو ۱ جاری	سناریو ۲ جاری
فروش اقساطی	۱۵۶۰۲۳۱	۱۲۰۱۴۴۹۵	۱۱۹۰۰۴۴	۱۰۴۱۰۶۶	۶۸۵۲۴۶	۶۷۰۵۶	۱۰۷۸۱۰۷۹۱	۱۱۱۶۶۲۹۰۵
جماله	۱۶۵۸۵۱۰	۱۲۷۷۰۵۲	۱۲۹۹۷	۱۰۸۱۳۶	۴۶۴۸۱	۴۵۴۰۷	۲۳۰۳۴۹۱۰	۲۴۴۳۳۰۲
اجاره به شرط تملیک	۳۴۷۹۵۹	۲۶۷۹۲۸	۱۷۰۹۴۴	۱۳۷۹۵۲	۱۳۲۲۴	۱۲۹۴۶	۴۹۰۷۵۹۸	۳۰۲۰۸۹۸
سلف	۱۵۸۰۵۱۶	۱۲۱۶۹۹۸	۵۳۱	۴۲۸	۱۵۳۰	۱۴۹۷	۶۸۷۳۵۸۸	۷۲۲۷۲۴۱
مضاربه	۶۰۲۷۰۵۸	۴۶۴۰۸۳۵	۱۰۳۰۵۷۹	۸۳۱۶۴۴	۴۰۵۲۷۱	۳۹۶۸۵۸	۲۳۲۲۱۴۸۵	۲۵۳۱۵۱۲۲
مشارکت مدنی	۳۳۱۰۶۲۰	۲۵۴۹۱۷۸۰	۴۵۵۳۱۴۱	۴۶۷۳۲۸۴	۸۶۶۲۰۷	۸۴۸۱۲۷۹	۲۸۰۴۹۱۳۷۱	۵۸۹۱۶۶۴۸۲
خرید دین	۱۱۶۵۷۴	۸۹۷۶۲	۲۳۱۵۴۷	۱۷۸۷۸۸	۱۹۰۴۰۸	۱۸۶۴۱۰	۱۵۷۹۳۸۰۱	۱۵۸۶۶۲۷۰
مراجعه	۲۳۶۱۱۹۸	۱۸۱۸۱۲۳	۲۷۵۹۴۹	۲۲۲۷۰۲۹	۲۶۶۵۲۲۸	۲۶۰۹۲۵۸	۱۵۱۲۶۷۹۷۹	۱۵۲۳۹۹۶۵
قرض الحسنه	۱۰۴۷۸۲۲	۸۰۶۸۳۰	۵۸۰۹۱۲	۴۶۸۷۹۶	۳۱۰۹۰۳	۳۰۴۳۷۴	۴۲۲۷۰۸۰۵	۴۲۲۳۰۴۵۱





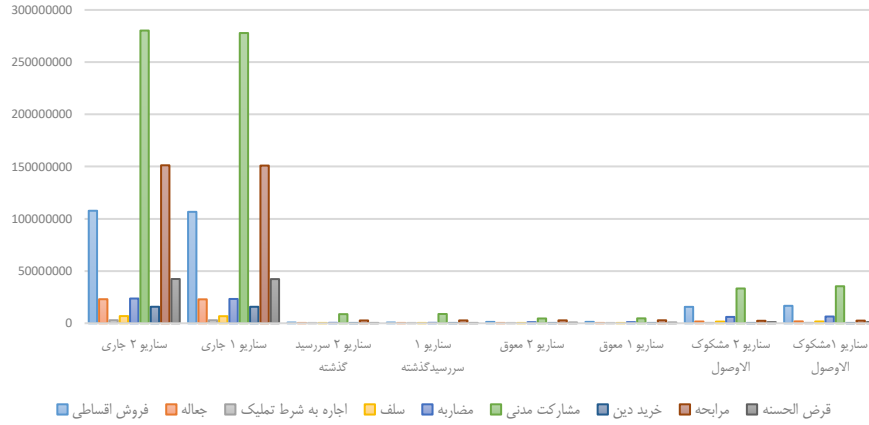
نمودار ۱. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت افزایش ریسک سیستماتیک

با توجه به خروجی نرم افزار گمز در جدول (۳) و نمودار (۱) تسهیلات جاری در سناریو (۲) نسبت به سناریو (۱) زمان کاهش ریسک سیستماتیک ۲,۵۳ درصد بیشتر از سناریو شماره (۱) هنگام افزایش ریسک سیستماتیک بهینه تر است. مجموع تسهیلات سررسید گذشته در سناریو (۲) مقدار ۲,۱ درصد بیشتر از سناریو (۱) کاهش یافته و تسهیلات معوق ۱۹,۳ درصد نسبت به سناریو (۱) و تسهیلات مشکوک الاصول پس از بهینه‌سازی در سناریو (۲) به میزان ۲۳ درصد نسبت به سناریو (۱) کاهش داشته است.

#### عدم قطعیت در نرخ تورم تحت دو سناریو

جدول ۴. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت نرخ تورم

سناریو ۲ جاری	سناریو ۱ جاری	سناریو ۲ سررسید گذشته	سناریو ۱ سررسید گذشته	سناریو ۲ معوق	سناریو ۱ معوق	سناریو ۲ مشکوک الاصول	سناریو ۱ مشکوک الاصول	کیفیت تسهیلات نوع تسهیلات
۱۰۷۱۱۶۱	۱۰۶۶۶۵۴۷۳	۶۸۸۴۴۲	۶۹۹۶۳۶	۱۲۹۵۵۲۷	۱۲۲۸۷۴۶	۱۵۶۹۳۷۴۰	۱۶۶۹۵۴۶۸	فروش اقساطی
۲۳۰۱۴۵۰۴	۲۲۹۰۲۸۲۰	۴۶۵۹۷	۴۷۳۵۵	۱۳۳۵۶۶	۱۲۸۰۱۷	۱۶۶۳۱۲۹	۱۷۷۴۶۰۵	جماله
۲۹۰۴۹۹۲	۲۸۷۷۸۲۵	۱۳۲۸۶	۱۳۵۰۲	۱۷۱۶۷۰	۱۷۶۰۷۲	۳۴۹۹۷۷	۳۷۳۳۱۶	اجاره به شرط تملیک
۶۸۶۴۴۱۱	۶۷۶۲۹۰۴	۱۵۲۷	۱۵۶۲	۵۲۳	۵۴۷	۱۵۸۹۶۸۳	۱۶۹۱۱۵۲	سلف
۲۳۶۸۰۲۵۷	۲۳۶۰۱۶۱	۴۰۷۲۶۱	۴۱۲۸۸۳	۱۰۳۴۹۵۵	۱۰۶۱۴۹۳	۶۰۶۲۰۱۵	۶۴۴۸۹۵۲	مضاربه
۲۸۰۳۳۹۵۹۹	۲۷۷۸۵۵۴۱۵	۸۷۰۳۶۱۲	۸۸۴۵۱۳۴	۴۵۷۳۴۹۱	۴۶۸۹۷۳۵	۳۳۳۹۸۱۲۴	۳۵۴۲۳۶۲۲	مشارکت مدنی
۱۵۷۹۰۲۹۵	۱۵۷۷۳۹۹۶	۱۹۱۲۹۶	۱۹۴۴۰۷	۲۲۳۴۸۹	۲۲۸۱۹۳	۱۱۷۲۵۰	۱۲۴۷۷۳۴	خرید دین
۱۵۱۲۳۰۱۲۵	۱۵۰۹۶۴۳۶	۲۶۷۷۶۵۹	۲۷۲۱۱۹۸	۲۷۷۱۴۶۷	۲۸۴۴۲۴۸	۲۳۳۴۸۹۳	۲۵۲۶۶۸۲	مرابحه
۴۲۴۶۰۸۰۸	۴۲۲۷۳۵۰۰	۳۱۲۳۵۳	۳۱۷۴۲۲	۵۸۱۳۸۰	۵۹۸۳۲۹	۱۰۵۲۹۰۹	۱۱۲۱۱۸۰	قرض الحسنه



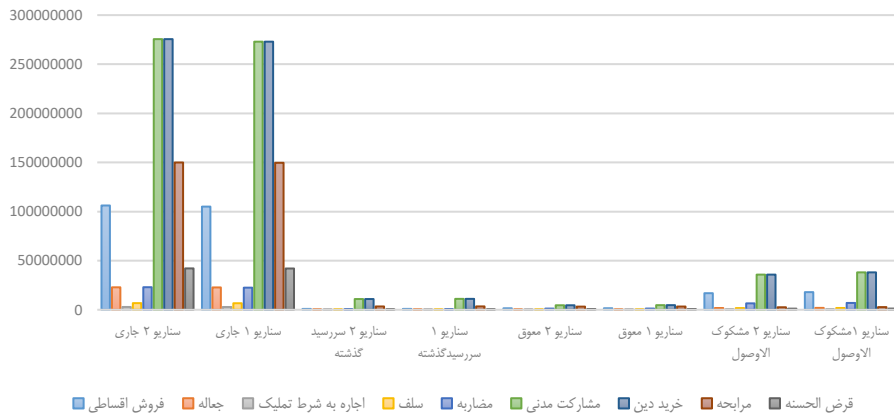
نمودار ۲. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت نرخ تورم

با توجه به خروجی نرم افزار در جدول (۴) و نمودار (۲) تسهیلات جاری در سناریو (۲) نسبت به سناریو (۱) زمان کاهش نرخ تورم ۰,۷ درصد بیشتر از سناریو شماره (۱) هنگام افزایش نرخ تورم بهینه تر است. مجموع تسهیلات سررسید گذشته در سناریو ۲ مقدار ۱,۶ درصد بیشتر از سناریو (۱) کاهش یافته و تسهیلات معوق ۲,۵ درصد نسبت به سناریو (۱) و تسهیلات مشکوک الوصول پس از بهینه‌سازی در سناریو (۲) مقدار ۶ درصد بیشتر نسبت به سناریو (۱) کاهش داشته است.

عدم قطعیت در نرخ ارز تحت دو سناریو

جدول ۵. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت نرخ ارز

سناریو ۲ جاری	سناریو ۱ جاری	سناریو ۲ سررسید گذشته	سناریو ۱ سررسید گذشته	سناریو ۲ معوق	سناریو ۱ معوق	سناریو ۲ مشکوک الوصول	سناریو ۱ مشکوک الوصول	کیفیت تسهیلات نوع تسهیلات
۱۰۹۵۷۶۳۰۷	۱۰۷۸۱۰۷۹۱	۶۷۰۸۵۶	۶۸۵۲۴۶	۱۲۴۷۷۷۳	۱۲۹۰۰۲۴	۱۲۸۹۴۶۸۶	۱۵۶۰۳۳۴۱	فروش اقساطی
۲۳۲۱۱۹۱۲	۲۳۰۳۴۹۱۰	۴۵۴۰۷	۴۶۲۸۱	۱۲۹۵۷۵	۱۳۳۹۹۷	۱۴۷۶۹۰۲	۱۶۵۵۵۱۰	جماله
۲۹۵۱۶۱۸	۲۹۰۷۵۹۸	۱۲۹۴۶	۱۳۲۲۴	۱۶۵۳۰۲	۱۷۰۹۴۴	۳۰۹۸۵۷	۳۴۹۵۹	اجاره به شرط تملیک
۷۰۴۶۷۰۴	۶۸۷۳۵۸۱	۱۴۹۷	۱۵۳۰	۵۱۳	۵۳۱	۱۴۰۷۴۵۰	۱۵۸۰۵۱۶	سلف
۲۴۴۲۳۹۶۹	۲۳۷۲۱۴۸۵	۳۹۶۵۵۸	۴۰۵۳۷۱	۹۹۶۵۶۷	۱۰۳۰۵۷۶	۵۴۶۷۰۹۸	۶۰۲۷۰۵۸	مضاربه
۲۸۴۴۴۸۶۸۲	۲۸۰۴۹۱۳۷۱	۸۲۸۱۳۱۹	۸۶۳۳۰۷	۴۴۰۲۸۸۷	۴۵۵۳۱۴۱	۲۹۴۸۱۰۷۸	۳۳۱۰۶۳۰۸	مشارکت مدنی
۱۵۸۱۶۸۷۵	۱۵۷۹۳۸۰۱	۱۸۶۴۱۰	۱۹۰۴۰۸	۲۱۴۲۳۶	۲۲۱۵۴۷	۱۰۳۸۰۹	۱۱۶۵۷۴	خرید دین
۱۵۱۶۷۳۵۶۸	۱۵۱۲۶۷۹۷۹	۲۶۰۹۲۵۸	۲۶۵۲۲۸	۲۶۶۵۷۱	۲۷۵۹۶۴۹	۲۱۰۲۶۴۷	۲۳۶۱۱۹۸	مرایحه
۴۲۵۱۱۲۴۱	۴۲۳۷۰۸۰۵	۳۰۴۳۷۴	۳۱۰۹۰۳	۵۶۱۷۴۱	۵۸۰۹۱۲	۹۲۳۰۹۴	۱۰۴۷۸۲۳	قرض الحسنه



نمودار ۳. بهینه‌سازی تسهیلات در وضعیت عدم قطعیت نرخ ارز

با توجه به خروجی نرم افزار در جدول (۵) و نمودار (۳) تسهیلات جاری در سناریو (۲) نسبت به سناریو (۱) زمان کاهش نرخ ارز ۰,۹ درصد بیشتر از سناریو شماره (۱) هنگام افزایش نرخ ارز بهینه تر می‌باشد. مجموع تسهیلات سررسید گذشته در سناریو ۲ مقدار ۱,۹ درصد بیشتر از سناریو (۱) کاهش یافته و تسهیلات معوق ۲,۵ درصد نسبت به سناریو (۱) و تسهیلات مشکوک الاوصول پس از بهینه‌سازی در سناریو (۲) مقدار ۶,۴ درصد بیشتر نسبت به سناریو (۱) کاهش داشته است.

## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

هدف از تهیه و ارائه اطلاعات حسابداری مالی، فراهم ساختن مبنای مناسب برای تصمیم‌گیری است و هر نوع تصمیم‌گیری مستلزم کسب اطلاعات، پردازش و تجزیه و تحلیل اطلاعات و استنتاج منطقی و مناسب از اطلاعات است، بر این اساس، مدل این پژوهش بهینه‌سازی تسهیلات بانک‌ها در شرایط عدم قطعیت براساس سه سناریوی افزایش نرخ تورم، افزایش نرخ ارز و ریسک سیستماتیک، جهت کنترل ریسک اعتباری و ورشکستگی می‌باشد. این سه وضعیت بارها در کشور مشاهده شده و لذا وضعیت‌های تاثیرگذاری بر مطالبات معوق بانک‌ها به نظر می‌رسند که باتوجه به اهمیت این موضوع در مدل این پژوهش لحاظ شده است. در پاسخ به سوال اول پژوهش که در شرایط عدم قطعیت تصمیم‌گیری برای پرداخت تسهیلات چگونه است؟ نتایج نشان داد که در زمان افزایش هر یک از متغیرهای نرخ ارز، نرخ تورم و ریسک سیستماتیک کیفیت تسهیلات بانک کاهش می‌یابد و در شرایطی که نوسانات این متغیرها افزایش یابد سطح بهینه تسهیلات کاهش پیدا می‌کند. تصمیم‌گیری برای پرداخت تسهیلات باید با توجه به تاثیری که هر کدام از سناریوها بر هر یک از انواع تسهیلات داشته است و با توجه به نقطه بهینه پیشنهادی صورت گیرد. پاسخ سوال‌های دوم تا چهارم پژوهش، در زمان افزایش تورم، کاهش نرخ ارز و افزایش ریسک سیستماتیک پرتفوی بهینه تسهیلات بانک به چه صورتی است؟ در جدول‌های

شماره (۳) تا (۵) پژوهش پرتفوی بهینه تسهیلات بانک با توجه به مدل پژوهش در دو سناریو نمایش داده شده است. بانک با توجه به نتایج پژوهش میتواند رفتار وام دهی خود را مدیریت و کیفیت سبد وام اعطایی به مشتریان را با تخصیص مناسب در بخش‌های اقتصادی افزایش دهد. سوال پنجم پژوهش تفاوت بین سناریو اول افزایش و سناریو دوم کاهش در هر یک از عدم قطعیت‌ها چند درصد است؟ در جدول‌های شماره (۳) تا (۵) به تفسیر تفاوت هر یک از سناریوها پرداخته شد که نتایج هر سه متغیر عدم قطعیت نشان دهنده این است که در سناریو (۲) هنگام افزایش نوسانات، کیفیت تسهیلات کاهش می‌یابد و بیشترین تاثیر بر تسهیلات مشکوک الوصول می‌باشد.

نتایج نشان دهنده آن است که به ترتیب ریسک سیستماتیک، نرخ تورم و نرخ ارز دارای بیشترین تاثیر بر کاهش کیفیت تسهیلات می‌باشند. در سه وضعیت عدم قطعیت تسهیلات غیرجاری (سررسید گذشته، مشکوک الوصول و معوق) نسبت به شرایط قطعی افزایش می‌یابد. علت این امر می‌تواند ناشی از تلاطم‌های به وجود آمده در اقتصاد و عدم توانایی و اعسار شرکت‌ها و بنگاه‌ها در بازپرداخت به موقع وام‌های دریافتی باشد. مدیریت ضعیف و انعطاف پذیری در پرداخت وام‌ها، عامل مهمی در افزایش وام‌های غیرجاری است. شکست در مدیریت ریسک اعتباری منجر به افزایش ریسک ورشکستگی بانک‌ها می‌گردد. مدل پژوهش حاضر با مدیریت پرداخت تسهیلات به بهینه‌سازی و کاهش ریسک اعتباری و ورشکستگی بانک‌ها پرداخته است. با استفاده از این مدل مدیران بانک‌ها بر اساس وضعیت و استحکام هر یک از انواع تسهیلات در شرایط عادی و عدم قطعیت می‌توانند تصمیم‌گیری صحیحی را جهت پرداخت میزان مشخصی از هر نوع تسهیلات با توجه به مرز بهینه داشته باشد که سبب کاهش ریسک اعتباری و ورشکستگی بانک‌ها و همچنین پیشگیری از فرسایش سرمایه بانک می‌گردد. در پژوهش اویتور [۴] مدلی جهت یافتن راه حل بهینه تخصیص انواع وام‌های ارائه شده با هدف حداکثر سازی سود خالص ارائه شد که این کار با استفاده از برنامه‌ریزی خطی صورت گرفت. تفاوت پژوهش حاضر با پژوهش اویتور این است که پژوهش حاضر علاوه بر هدف حداکثر سازی سود به دنبال حداقل ساختن ریسک اعتباری و ریسک ورشکستگی است که از این منظر تفاوت بسیاری بین آن‌ها مشاهده می‌شود. سیف الدین و همکاران [۳۱] یک مدل کنترل پیشگویانه را به عنوان استراتژی مدیریت برای حل مسئله بهینه‌سازی پرتفولیو ارائه می‌کنند که از این منظر شباهت پژوهش آن‌ها با پژوهش حاضر در بحث پیش بینی تداوم فعالیت‌ها می‌باشد. اما تفاوت آن با پژوهش حاضر در این است که میزان سرمایه تحت تملک سرمایه‌گذار به عنوان خروجی سیستم در نظر گرفته شده اما در این پژوهش ریسک اعتباری و ریسک ورشکستگی مبنای پیش بینی است. ارلووا [۲۸] در پژوهش خود به دنبال مدلی برای مدیریت پرداخت وام بانک‌ها می‌باشد اما یکی از اهداف آن که کاهش ریسک اعتباری باشد با پژوهش حاضر مشابهت دارد اما هدف دوم آن افزایش کارایی وام‌دهی است که با پژوهش حاضر متفاوت است.

## ۶. پیشنهادها و محدودیت‌ها

بر اساس نتایج و یافته‌ها می‌توان پیشنهادات ذیل را مطرح نمود:

۱. به بانک‌ها پیشنهاد می‌گردد با اعطای تسهیلات به بخش تولیدی و دریافت ضمانت‌های سریع‌الوصول از آن‌ها، ریسک اعتباری را کاهش و موجب افزایش سود بانک‌ها گردند.
۲. به بانک‌ها پیشنهاد می‌گردد جهت اعطای وام به مشتریان علاوه بر اعتبارسنجی به تاثیر عوامل اقتصادی موثر بر هریک از تسهیلات و ریسک سیستماتیک آگاه باشند و به نحو صحیحی اقدام به شناسایی و مدیریت زود هنگام ریسک‌ها و بهینه‌سازی تسهیلات بانک‌ها با استفاده از تکنیک‌ها، مدل‌ها و استراتژی‌های نوین هوشمند داشته باشند و با توجه به عوامل اقتصادی و استحکام بانک‌ها در برابر ریسک‌ها، رفتار وام دهی را مدیریت و بسته‌های تسهیلات را بصورت بهینه ارائه نمایند.

### پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

پیشنهاد می‌گردد با آزمون این مدل نتایج بانک‌های کشور با یکدیگر مقایسه گردد. پیشنهاد می‌گردد سایر ریسک‌های حوزه‌ی بانکی به مدل اضافه و توسعه داده شود. پیشنهاد می‌گردد موضوع پژوهش با سایر مدل‌های ریاضی طراحی و با سایر روش‌ها حل و نتایج آن با نتایج این پژوهش مقایسه گردد. همچنین بهینه‌سازی پرتفوی تسهیلات بانکی در شرایط عدم قطعیت با استفاده از روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری مبتنی بر رای اکثریت در تحقیقات آتی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

## منابع

1. Afolabi, T. S., Obamuyi, T. M., & Egbetunde, T. (2020). Credit Risk and Financial Performance: Evidence from Microfinance Banks in Nigeria. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 11(1), 8-15.
2. Albadvi, A., Nakhaei Kamalabadi, I., & Eshtiagh, F. (2015). A robust optimization approach to optimal allocation of marketing budgets in maximizing the CE. *Novel Marketing Research*, 5(1), 21-42.
3. Andesfa, D., & Masdupi, E. (2019, April). Effect of Financial Ratio on Profitability of Commercial Banks: A Systematic Literature Review. In *2nd Padang International Conference on Education, Economics, Business and Accounting (PICEEBA-2 2018)*. Atlantis Press.
4. Awutor, J. A. (2016). Optimizing banks' loan portfolio in Ghana [a case study of Nkoranman Rural Bank. Sunyani] (Doctoral dissertation).
5. Badarau, C., & Lapteacru, I. (2020). Bank risk, competition and bank connectedness with firms: A literature review. *Research in International Business and Finance*, 51, 101017.
6. Bozorg asl, m., & akbari masule, a., & mohaghegh nia, m., & taqhavi fard, m. (2017). Investigating the impact of diversification strategy in assets and loans on bank return. *Financial engineering and securities management (portfolio management)*, 8(30), 201-212. (in persian)
7. Chankong, V., & Haimes, Y. Y. (2008). *Multiobjective decision making: theory and methodology*. Courier Dover Publications.
8. Clemente, A. D. (2020). Modeling Portfolio Credit Risk Taking into Account the Default Correlations Using a Copula Approach: Implementation to an Italian Loan Portfolio. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(6), 129.
9. De Leon, M. V. (2020). The impact of credit risk and macroeconomic factors on profitability: the case of the ASEAN banks. *Banks and Bank Systems*, 15(1), 21.
10. 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.
11. ebrahimi, m. (2020). data mining algorithm in macro variable effects on stock markets in iran. *journal of financial economics (financial economics and development)*, 13(49), 283-309. (in persian)
12. Farsijani, H., Arefnezhad, M., Asadi, S., hasanvand, A. (2021). Presentation of the structural model of risk types in banks using the Fuzzy Interpretative Structural Modeling Approach. *Journal of Financial Management Perspective*, 11(33). (In Persian)
13. Fazelian, S., Parvizian, K., Zakernia, E. (2014). Identifying and Prioritizing Systematic and Unsystematic Factors Increasing Non-Performing Loans in Iran's Interest-Free (Riba-Free) Banking System; The case study of Sepah bank. *Journal of Iran's Economic Essays*, 11(22), 9-44. (In Persian)
14. Ferdosi, M., Fotros, M. (2017). Impacts of Credit Risk and Liquidity Risk on Performance of Banks. *Journal of Risk modeling and Financial Engineering*, 2(1), 22-41. (In Persian)
15. Ghosh, R., Sen, K. K., & Riva, F. (2020). Behavioral determinants of nonperforming loans in Bangladesh. *Asian Journal of Accounting Research*.

16. Grigoli, F., Mansilla, M., & Saldías, M. (2018). Macro-financial linkages and heterogeneous non-performing loans projections: An application to Ecuador. *Journal of Banking & Finance*, 97, 130-141.
17. Hakimipour, N. (2018). Assessing how banking factors affect non-current receivables of Iranian banks (GMM dynamic panel model approach). *Financial Economics*, 12 (42), 99-120. (In Persian)
18. Hosseinpour, A, Dolah, A ,(2015). The effect of loan growth on credit risk of banks (Case study: Selected branches of Mellat Bank Bushehr Province). *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, 12(4), 67-89. (In Persian)
19. Janati mashkani, a., & arbabian, s., & khojasteh, z. (2016). The impact of macroeconomic determinants on banking stability and risk. *Journal of monetary and banking researches*, 9(29 ), 487-511. (in persian)
20. Karadima, M., & Louri, H. (2021). Economic policy uncertainty and non-performing loans: The moderating role of bank concentration. *Finance Research Letters*, 38, 101458.
21. 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*, (). -. doi: 10.22051/jfm.2020.30143.2311.
22. Khalili, N (2017). The effect of macroeconomic variables on non-current receivables of the banking sector in Iran. Master Thesis. Payame Noor University, center of West Tehran. (In Persian)
23. 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*.
24. Li, J. and H. Sun (2013). "Predicting Business Failure Using an RSF-based Case-based Reasoning Ensemble Forecasting Method". *Journal of Forecasting*. 32(2) .pp. 180–192.
25. Mali, M., Fallah, M., Saeedi, A. (2021). Desing and Explanation of the Reduction of Consequences of the Behavioral Finance Biases on the Banking System Recession. *Journal of Financial Management Perspective*, 11(33). (In Persian)
26. Metawa, N., Hassan, M. K., & Elhoseny, M. (2017). Genetic algorithm based model for optimizing bank lending decisions. *Expert Systems with Applications*, 80, 75-82.
27. mirzaei, h., & falihi, n., & mashhadian maleki, m. (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)
28. Orlova, E. V. (2020). Decision-Making Techniques for Credit Resource Management Using Machine Learning and Optimization. *Information*, 11(3), 144.
29. Shah, S. F. A., Hussain, A., Khan, M., Jacquemod, J., & Shah, Z. (2020). Determinants of Systematic Risk in Commercial Banks of Pakistan. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 10(3), 125-129.
30. 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.

31. Syaifudin, W. H., & Putri, E. R. (2019, December). The application of model predictive control on stock portfolio optimization without loan. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2192, No. 1, p. 060020). AIP Publishing LLC.

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

33. Tushaj, A., & Sinaj, V. (2020). The Effect of Banking Concentration on Non-Performing Loans: The Case of Albania. *International Journal of Economics & Business Administration (IJEBA)*, 8(2), 433-442