

## بهینه سازی سبد تسهیلات اعطایی مؤسسات مالی با استفاده از برنامه ریزی ریاضی و الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی بانک تجارت)

فهیبه صالحی<sup>۱</sup>

مجتبی صالحی<sup>۲</sup>

میثم جعفری اسکندری<sup>۳</sup>

### چکیده:

بانک‌ها از نهادهای فعال در بازار پول به شمار می‌روند و از مهمترین خدمات بانکی اعطای تسهیلات است. از جایگاه فرآیند تامین وجوه برای اعطای تسهیلات، برای بانک هزینه تامین مالی را به همراه دارد، بنابراین شرایط اعطای تسهیلات باید هم برای بانک و هم برای سپرده گذاران، مقرون به صرفه باشد. در این میان، بانک‌ها باید با در نظر گرفتن ریسک اعتباری مشتریان به تقاضای آنها مبنی بر اخذ تسهیلات جامه عمل بپوشانند. چرا که تا به حال مسائل و مشکلات مدیریت پرتفولیوی تسهیلات، مهمترین دلیل ورشکستگی یا زیان‌دهی بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری بوده است. هرگونه تصمیم‌گیری در رابطه با کیفیت جمع‌آوری و تزریق این منابع، آثاری بنیادی بر بخش‌های مختلف نظام اقتصادی خواهد داشت. در این تحقیق مدلی با استفاده از فنون تحقیق در عملیات و برنامه ریزی ریاضی برای تخصیص بهینه تسهیلات اعطایی بانک‌ها تهیه گردیده است. این مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک در نرم افزار *Matlab* بهترین سبد تسهیلات بانک تجارت را که سود را حداکثر می‌کند تعیین می‌نماید. این پژوهش می‌تواند جهت توسعه این فناوری در ایران مورد استفاده قرار شده و بهترین تسهیلات ممکن را برای بانک تعیین کند.

### کلید واژه‌ها:

ترکیب بهینه، پرتفولیوی تسهیلات، ریسک اعتباری، سرمایه، سبد تسهیلات

---

1 - fs1367@gmail.com

2 - m\_salehi61@yahoo.com

3 - meisam\_jafari@iust.ac.ir

## مقدمه

به دلیل گسترش مناسب نظام پولی و مالی، عملاً بانک‌ها و شبکه بانکی به عنوان مهمترین نهاد مالی وظیفه جمع آوری و تخصیص منابع اقتصاد را به عهده گرفته است. بازار سرمایه یکی از ارکان مهم اقتصاد در جامعه است که از آن به عنوان دماسنج اقتصاد یاد می‌شود. بازار سرمایه پلی است، که پس‌انداز واحدهای اقتصادی دارای مازاد مانند شرکت‌ها یا دولت‌ها را، به واحدهای سرمایه‌گذاری که بدان نیازمندند، انتقال می‌دهد. بنابراین بازار سرمایه، واحدهای پس‌انداز و سرمایه‌گذاران را با یکدیگر ارتباط می‌دهد. از سوی دیگر، سازوکارهای تعبیه شده در این بازار، از طریق رشد حجم پس‌انداز و سرمایه‌گذاری، رشد اقتصادی را تسریع می‌کنند.

به عبارت دقیق‌تر، بازار سرمایه، کانالی است که از طریق آن، سرمایه‌های سرمایه‌گذاران به شرکت‌های تولیدی و صنعتی انتقال یافته و چرخه‌های فعالیت آنها به حرکت در خواهد آورد. در مورد نهادهای موجود در بازار پول نیز این مورد صادق است. بانک‌های تجاری و مؤسسات مالی و اعتباری از یک طرف و جوه را از مردم به عنوان سپرده می‌گیرند و در قبال آن به آنها پاداش پولشان (بهره) می‌دهند (پس‌اندازهای افرادی که مازاد وجوه دارند در اینگونه نهادها قرار می‌گیرد). از طرف دیگر این سپرده‌ها توسط این نهادها به دست افرادی که به این وجوه نیاز دارند انتقال خواهد یافت (وجوه مازاد سپرده شده در این نهادها در واحدهای دارای پس‌انداز قرار می‌گیرد). مکانیزم این انتقال همان فراگرد اعطای تسهیلات است که ورودی آن تقاضای مشتریان از بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری بوده و خروجی آن، اعطای وجوه به آنها است و در این میان، باید مدیریت پرتفوی اعتبارات صورت گیرد.

در تعیین سیاست‌های مربوط به اعطای تسهیلات مؤسسات مالی، باید محورهای اصلی برنامه اعطای تسهیلات، نحوه تخصیص تسهیلات اعتباری و نیز شیوه مدیریت مجموعه تسهیلات اعطایی مورد توجه قرار گیرند و پرداخت تسهیلات به بخش‌های مختلف (کشاورزی، صنعت، خدمات) بر اساس تاثیرگذاری بر توسعه کسب و کار خرد مورد نظر و لزوم ایجاد این فعالیت‌ها صورت می‌پذیرد، به همین دلیل محدودیتی در توسعه یک بخش وجود ندارد.

در این پژوهش به «طراحی مدل ترکیب بهینه تسهیلات و اعتبارات» در یکی از بانک‌ها پرداخته شده است تا بهتر بتوان اعتبارات بانک را مدیریت کرده و به سود بیشتری نایل شد.

## شرح و بیان مساله

از مباحث مهمی که در بازارهای سرمایه مطرح است و باید مورد توجه قرار گیرد، بحث انتخاب سبد تسهیلات بهینه است و در این رابطه، بررسی و مطالعه سرمایه‌گذاران برای انتخاب بهترین سبد تسهیلات با توجه به میزان ریسک و بازده آن انجام می‌شود. معمولاً فرض بر این است که سرمایه‌گذاران ریسک را دوست ندارند و از آن گریزانند و همواره در پی آن هستند تا در اقلامی سرمایه‌گذاری کنند که بیشترین بازده و کمترین ریسک را داشته باشند. به عبارت دیگر، سرمایه‌گذاران به بازده به‌عنوان یک عامل مطلوب نگاه می‌کنند و ریسک را به‌عنوان یک عنصر نامطلوب در نظر دارند. مدل‌هایی مثل برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی عدد صحیح، برنامه‌ریزی صفر و یک، در برنامه‌ریزی ریاضی وجود دارند که می‌توانند با در نظر گرفتن هدف و شرایط حاکم بر مساله ترکیبی بهینه با مقدار بهینه مشخص از عناصر تشکیل دهنده سبد را ارائه دهند. در نتیجه می‌توان برای رسیدن به چنین هدفی اطلاعات مالی را با در نظر گرفتن تمام شرایط حاکم بر سرمایه‌گذاری در دنیای واقعی وارد برنامه‌ریزی ریاضی کرد.

بانک‌ها در اداره کنشورها نقش تعیین‌کننده‌ای دارند و از مهمترین ابزار رشد و توسعه کشورها محسوب می‌شوند. به‌طور کلی بانک‌ها با جذب نقدینگی و اعطای تسهیلات می‌توانند در رشد و توسعه اقتصادی کشور و تحقق اهداف چشم‌انداز و برنامه پنج‌ساله دولت نقش موثری را ایفا کنند.

در کشور ما به‌دلیل گسترش مناسب نظام پولی و مالی، عملاً بانک‌ها و شبکه بانکی به‌عنوان مهمترین نهاد مالی وظیفه جمع‌آوری و تخصیص منابع اقتصاد را به‌عهده گرفته‌اند.

وجوه نقد از منابع مهم و حیاتی هر واحد اقتصادی است و پیش‌بینی وجوه نقد برای دوره‌های آتی از مهمترین اولویتهای مدیریت واحدهای اقتصادی مثل بانک است.

در اصل مدیریت بانک‌ها همواره با توجه به شرایط حال و آینده مجبور به اصلاح و بهبود خدمات بانکی، بازاریابی، بودجه‌بندی، نوآوری در ارائه خدمات، رقابت با سایر بانک‌ها و در نهایت افزایش بهره‌وری در میان واحدهای تحت سرپرستی خود هستند.

نتایج این تحقیق می‌تواند برای بانک‌ها و سایر موسسات مالی و اعتباری و پژوهشگران این رشته و در کل برای سرمایه‌گذاران مفید باشد. آنها می‌توانند از این روش برای انتخاب سبد تسهیلات بهینه در کارایی هرچه بیشتر تصمیمات سرمایه‌گذاری و به دنبال آن بازار سرمایه ایران و در نهایت در توسعه اقتصادی کشور نقش مهمی ایفا کنند.

## سابقه و ضرورت انجام تحقیق

مفهوم تشکیل سبد تسهیلات و تشکیل پرتفولیوی دارایی‌ها از دهه ۱۹۵۰ توسط مارکویتز مطرح شد، اما از دهه ۱۹۸۰، کاربرد این مفهوم برای دارایی‌های اعتباری توسعه یافت و به دنبال آن در دهه ۱۹۹۰، مدل‌های سبد تسهیلات اعتباری معرفی شدند.

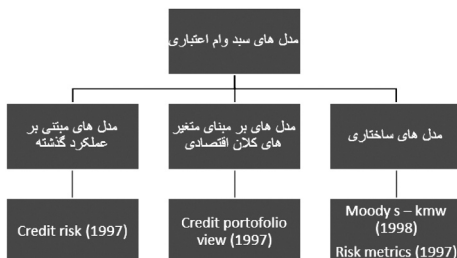
نظریه مدرن پرتفولیو بر اساس دو فرض بنا نهاده شده است: فرض اول اینکه سرمایه‌گذاران ریسک‌گریز هستند و فرض دوم این است که بازده اوراق بهادار دارای توزیع مشترک نرمال هستند. نتیجه این مفروضات آن است که بازده مورد انتظار و انحراف استاندارد به‌طور کامل توزیع بازده اوراق بهادار را توصیف می‌کند. در مورد سهام، علاقمندی به بازده و در مورد تسهیلات و دارایی‌های اعتباری علاقمندی به شناسایی زیان‌های مورد انتظار تسهیلات وجود دارد.

بیشترین تحقیقات انجام شده مربوط به چهار مدل مطرح شده طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸ است که این مدل‌ها با عنوان مدل‌های پرتفولیوی اعتباری، به سه دسته مدل‌های ساختاری، مدل‌های بر مبنای متغیرهای کلان اقتصادی و مدل‌های مبتنی بر عملکرد گذشته، تقسیم‌بندی می‌شوند.

مدل‌های ساختاری از داده‌ها و اقلام صورت‌های مالی و تغییرات ارزش دارایی‌ها در بازار سرمایه استفاده می‌کنند.

مدل‌های بر مبنای متغیرهای کلان اقتصادی، ریسک اعتباری را بر اساس همبستگی و ارتباط صنایع با برخی از متغیرهای کلان اقتصادی محاسبه می‌کنند. مدل‌های آماری که همان مدل‌های مبتنی بر عملکرد در گذشته هستند با استفاده از برخی توزیع‌های آماری، ریسک اعتباری را اندازه‌گیری می‌نمایند که معروفترین آن‌ها ریسک اعتباری است. با توجه به اهمیت مدیریت ریسک اعتباری و سعی بر بهبود بخشیدن آن در بانک‌ها می‌توان تاثیر متغیر پنهان بر ریسک اعتباری بررسی شود.

شکل یک (چارلی اسمیتس ۲۰۰۳) تقسیم‌بندی مدل‌های پرتفولیوی سبد تسهیلات اعتباری را نشان می‌دهد. هر یک از مدل‌های ذکر شده کارکرد خاص خود را داشته و از داده‌ها و ورودی‌های متفاوتی استفاده می‌کنند. اما در نهایت هدف اصلی، سنجش و اندازه‌گیری ریسک اعتباری و کنترل آن است.



شکل (۱): تقسیم‌بندی مدل‌های پرتفوی تسهیلات

بیشتر روش‌های مدل‌های آماری موجود در برابر کردن عملکرد نمونه کارها (بازده مورد انتظار) و ریسک آنها (نوسان‌های) نیاز به بازده دارایی‌ها هدف و به فرضیه‌های نه بسیار قوی در بازار استخراج توزیع بازگشت دارند و پارامترهای این توزیع به نحوه ی برآورد که جنبه حیاتی دارد نیازمندند. بنابراین پرتفوی بهینه به پارامترهای تخمین زده شده بستگی دارد.

مدلی با استفاده از فنون تحقیق در عملیات، برای تعیین ترکیب بهینه (تخصیص بهینه پرتفوی) تسهیلات اعطایی بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری تهیه شده‌است. این مدل بهترین ترکیب از تسهیلات که سود مؤسسه را حداکثر کند، تعیین نماید.

تحقیقات زیادی در مدیریت پرتفوی و سبد بهینه سرمایه گذاری صورت گرفته است. تحقیق در چگونگی به دست آوردن حداکثر نتیجه از منابع محدود، ماهیت علم اقتصاد است و تخصیص بهینه منابع محدود، هدف این علم به شمار می رود (رازینی و سوری، ۱۳۸۸). بانک‌ها در اداره کشورها نقش تعیین کننده‌ای دارند و از مهمترین ابزار رشد و توسعه کشورها محسوب می‌شوند (عباسی، امیدی، ۱۳۹۱).

به‌طور کلی بانک‌ها با جذب نقدینگی و اعطای تسهیلات می‌توانند در رشد و توسعه اقتصادی کشور و تحقق اهداف چشم انداز و برنامه پنج ساله دولت نقش موثری را ایفا کند (سعیدی، ۱۳۸۹).

در کشور ما به دلیل گسترش مناسب نظام پولی و مالی عملاً بانک‌ها و شبکه بانکی به‌عنوان مهمترین نهاد مالی وظیفه جمع‌آوری و تخصیص منابع اقتصاد را به‌عهده گرفته‌اند. (دیوانداری و شباهنگ، ۱۳۸۶)

وجوه نقد از منابع مهم و حیاتی هر واحد اقتصادی است و پیش بینی وجوه نقد برای دوره‌های آتی از مهمترین اولویت‌های مدیریت واحدهای اقتصادی مثل بانک است (مهدوی، ۱۳۸۹). دراصل مدیریت بانک‌ها همواره با توجه به شرایط حال و آینده مجبور به اصلاح و بهبود خدمات بانکی، بازاریابی، بودجه بندی، نوآوری در ارائه خدمات، قابت با سایر بانک‌ها و در نهایت افزایش بهره‌وری در میان واحدهای تحت سرپرستی خود هستند (رجبی، ۱۳۸۹). از ماموریت‌های بانک‌ها، ارائه تسهیلات مالی به مجریان طرح‌ها است در این راستا ضروری است بانک به رتبه‌بندی متقاضیان تسهیلات بپردازد (آلتمن، ۱۹۹۹).

بانک‌ها براساس رتبه متقاضیان، الویت‌هایی در اعطای تسهیلات دارند، در نظام سنتی میزان اعتبار مشتری بیشتر براساس میزان توانایی مالی و اعتبار اجتماعی مشخص می‌شود (دیچسی ۱۹۹۵)

نسبت سرمایه‌گذاری در صندوق‌های سرمایه‌گذاری با ارائه مدل برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی عدد صحیح می‌توان تعیین شود (جباری، صالحی صدقیانی، امیری ۱۳۹۱).

در نظر گرفتن تمام عوامل تاثیرگذار در موفقیت طرح‌های سرمایه‌گذاری بانک را در گزینش مطلوب مشتریان یاری می‌کند تا از بین متقاضیان دریافت تسهیلات، مناسبترین مشتریان را که به دلیل داشتن بستر مناسب، در اجرای طرح خود موفق خواهند بود گزینش نماید (آراستی، ۱۳۸۷).

تسهیلات اعطایی در سیستم بانکداری اسلامی در چهار گروه عمده در ارتباط با وام دهی، مشارکت، مبادلات تجاری و تعهدات تقسیم بندی می‌شوند که به موجب قانون عملیات بانکی بدون ربا (بهره) برای هر کدام در یک یا چند بخش از فعالیت‌های اقتصادی کاربرد تعیین شده است (جمشیدی، ۱۳۷۵).

درآمد موردانتظار یک پرتفو که شامل پروژه‌های مختلف سرمایه‌گذاری است، از حاصل جمع بازدهی موردانتظار هر یک از پروژه‌ها در مقدار سرمایه‌گذاری در آن پروژه می‌شود (مارکوویتز، ۱۹۹۲).

فرض اساسی تئوری پرتفوی مدرن این است که تنظیم‌های یک سرمایه‌گذار بیش از اوراق بهادار با بازدهی‌های مختلف مورد انتظار و واریانس می‌تواند توسط یک تابع نشان داده شود. (فرانک فابوززی ۲۰۱۳).

نتیجه پرتفو به لحاظ نظری با حمایتی که کمبود مورد انتظار را تضمین می‌کند بزرگتر از سطح اختصاص داده شده یک پیش بینی نیست (جوزپه کارلو کالفیور ۲۰۱۲).

مسائل و مشکلات مدیریت پرتفولیوی تسهیلات، مهمترین دلیل ورشکستگی یا زیان‌دهی بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری بوده است (خواجوی و غیوری مقدم ۱۳۹۲).

ارزیابی و استفاده مناسب از فرصت‌ها چالشی است که مدیران عالی این‌گونه مؤسسات به طور عام و مدیران اعتباری آن‌ها به طور خاص با آن مواجه‌اند (امام وردی، غلامی، ملک ۱۳۹۲).

وجود سیستم مناسب اعطای تسهیلات و ارزیابی فرصت‌های سرمایه‌گذاری و وام دهی و اطمینان از وجود رویه‌های مناسب در پذیرش و اعطای تسهیلات موجب جلب اعتماد و کسب شهرت برای مؤسسات مذکور خواهد شد (عسکرزاده، ۱۳۸۶).

با طراحی و اجرای تکنیک‌های بهینه سازی، مدیریت امور نهادمالی می‌تواند با توجه به سیاست‌های کلان اعتباری و برنامه‌های استراتژیک اعتباری نهادمالی و در نظر داشتن الویت‌های تسهیلات از منظر ریسک و بازده، به تصمیمات مناسب و اثربخش دست یابد (پورزندی و موسوی، ۱۳۸۷).

از الگوریتم ژنتیک می‌توان به‌عنوان راه حل ممکن برای بهینه‌سازی ودستیابی به راه حل ایده‌آل سبد سرمایه گذاری استفاده کرد (میسرا ۲۰۱۳).

تا به حال مدل‌های تحقیق در عملیات و برنامه‌ریزی‌های موجود در آن اغلب برای بحث‌های صنعتی به کار رفته و کمتر از این‌گونه مدل‌ها برای بحث‌های مالی، سرمایه‌گذاری، بانکی و... استفاده شده است. تسهیلات بانکی بزرگترین منبع درآمد بانک هستند و از سویی دیگر تسهیلات یک دارایی پرریسک در میان دارایی‌های بانک به‌شمار می‌آیند. لذا داشتن مکانیزی که بتواند ضمن شناسایی و تجزیه و تحلیل دقیق بازدهی و ریسک هر یک از فرصت‌های اعطای تسهیلات، ارزیابی لازم و هشدارهای به‌موقع را به تصمیم‌گیرندگان اعتباری بانک ارائه کند ضرورت می‌یابد. ضمن اینکه در صورت طراحی مدل و استفاده از آن در مؤسسه، بسیاری از تصمیم‌گیری‌های مالی بر مبنای مدل طراحی شده می‌تواند انجام شود و مدل کاربردی است.

### تئوری پرتفولیو

لغت پرتفولیو در عبارت ساده، به ترکیبی از دارایی‌ها گفته می‌شود که توسط یک سرمایه‌گذار برای سرمایه‌گذاری تشکیل می‌شود، این سرمایه‌گذار می‌تواند فرد یا مؤسسه باشد. از نظر تکنیکی، یک پرتفولیو در برگیرنده مجموعه‌ای از دارایی‌های واقعی و مالی سرمایه‌گذاری شده یک سرمایه‌گذار است. با این حال در این بحث تأکید ما بر روی دارایی‌های مالی است. مطالعه تمام جنبه‌های پرتفولیو، مدیریت پرتفولیو نامیده می‌شود. در این بحث به تجزیه و تحلیل مدل تئوری کلاسیک پرتفولیو که توسط مارکوویتز ارائه شده است پرداخته شده تا بتوان از طریق مدل تک شاخص، فرایند به‌دست آوردن ورودی‌های این مدل را تسهیل کرد.

### مسئله انتخاب پرتفوی

با توجه به نظریه نوین پرتفو، سرمایه‌گذار پرتفوی خود را بر اساس دو معیار بازده مورد انتظار و انحراف معیار بازده، انتخاب می‌کند. اگر اوراق بهادار ریسک دار است مسئله اصلی هر سرمایه‌گذار تعیین مجموعه اوراق بهاداری است که مطلوبیت آن حداکثر است. این مسئله معادل انتخاب پرتفوی بهینه از مجموع پرتفوی‌های ممکن است، که تحت عنوان مسئله انتخاب پرتفوی نامیده می‌شود. مدل این مسئله در سال ۱۹۵۲ توسط مارکوویتز ارائه شد. مارکوویتز می‌گوید که سرمایه‌گذاران باید تصمیمات مربوط به پرتفویشان را صرفاً بر مبنای بازده مورد و انحراف معیار انتخاب کنند. بدین معنی که سرمایه‌گذار باید بازده مورد انتظار و انحراف معیار هر پرتفوی را

تخمین بزند و سپس بهترین آنها را بر مبنای این پارامتر انتخاب کنند.

### مدل مارکویتز (بهینه سازی پرتفو)

مارکویتز نخستین کسی بود که یک معیار خاص برای ریسک سبد سهام تدوین نمود و بازده مورد منتظره و ریسک یک سبد سهام را استخراج کرد. مدل او بر پایه مشخصه های بازده منتظره و ریسک اوراق بهادار بنا شده و در اصل، یک چارچوب نظری برای تحلیل گزینه های ریسک و بازده است. مدل میانگین واریانس مارکویتز مشهورترین و متداول ترین رویکرد در مسئله انتخاب سرمایه گذار است. از برجسته ترین نکات مورد توجه در مدل مارکویتز، توجه به ریسک سرمایه گذاری، نه تنها بر اساس انحراف معیار یک سهم، بلکه بر اساس ریسک مجموعه سرمایه گذاری است.

### بهینه سازی

در ریاضیات، علوم کامپیوتر و اقتصاد، بهینه سازی یا برنامه ریزی ریاضی، به انتخاب عناصر بهینه از یک مجموعه از جایگزین های قابل دستیابی می پردازد. به عبارت بهتر، به دنبال یافتن بهترین مقدار قابل دستیابی از یک تابع هدف تعریف شده بر یک دامنه معین از مقادیر است. در ساده ترین حالت، هدف حداقل یا حداکثرسازی یک تابع حقیقی، با انتخاب نظام مند مقادیر حقیقی یا اعداد صحیح از یک مجموعه از مقادیر ممکن است. ساده ترین مثال، استفاده از یک تابع هدف حقیقی مقدار است. تعمیم تئوری بهینه سازی و تکنیک های فرمول بندی بخش بزرگی از ریاضیات کاربردی را شکل می دهد. تحقیق در عملیات، برنامه ریزی با اعداد صحیح و مختلط، مدل های شبکه ای، تئوری کنترل، برنامه ریزی غیرخطی، نظریه صف و برنامه ریزی پویا برخی شاخه های ریاضیات کاربردی مرتبط با بهینه سازی هستند که امروزه در مدیریت و اقتصاد کاربرد وسیعی دارند.

### معرفی بانک مورد مطالعه (بانک تجارت)

بانک تجارت به موجب لایحه قانونی اداره امور بانکها مصوب مهرماه ۱۳۵۸ از ادغام یازده بانک خصوصی داخلی و مشترک داخلی - خارجی با سرمایه ای بالغ بر سی و نه میلیارد ریال در تاریخ ۲۹ آذرماه سال ۱۳۵۸ تاسیس و سپس در سال ۱۳۶۰ بانک ایران و روس نیز به آن ملحق شد. بانک تجارت از بدو تاسیس با استفاده از دو مزیت نسبی « نیروی انسانی متخصص» و «روش های پیشرفته بانکی» که حاصل تجربیات بانک های تشکیل دهنده بود، امکان انتخاب و



استفاده از بهترین سیستم‌ها و شیوه‌ها را داشته است. به کارگیری و استفاده از برخی سیستم‌های نرم افزاری و سخت افزاری که تاکنون نیز ادامه دارد (مانند *SGB*)، دارا بودن ارتباطات بین المللی قوی به واسطه داشتن شبکه وسیع کارگزاری و زیر ساخت‌های غنی در زمینه بانکداری بین الملل (اولین بانک کشور در زمینه بکارگیری *SWIFT*) برتری این بانک را طی سالیان متوالی از لحاظ حجم عملیات بانکی داخلی و بین المللی حفظ نموده است.

در حال حاضر بانک تجارت با بیش از سی سال فعالیت بانکی و سرمایه ای بیش از هفده هزار میلیارد ریال، با دارا بودن شبکه وسیع و پیشرفته شعب با بیش از ۲۰۰۰ شعبه در داخل و خارج کشور و ارتباط با صدها کارگزار خارجی، در زمره یکی از نهادهای مالی بزرگ کشور بوده و مورد اعتماد بانک‌های معتبر بین المللی است.

## سرمایه گذاری

سرمایه گذاری به معنی گذاشتن پول در چیزی با انتظار سود از آن است. به طور دقیق تر سرمایه گذاری تعهد پول یا سرمایه برای خرید مالی وسایل یا دارائی‌های دیگر، به منظور منفعت برگشت‌های سودمند و مفید در قالب بهره، سودسهم یا قدردانی از ارزش وسایل (منافع سرمایه) است. سرمایه گذاری وابسته به پس انداز یا کاهش مصرف است. سرمایه گذاری در بسیاری ناحیه‌های اقتصادی مثل حوزه مدیریت کسب و کاریا دارائی و مالیه اعم از خانواده‌ها، بنگاه‌ها یا دولت‌ها مورد بحث قرار می گیرد.

در کتاب های علوم مالی تعاریف متعددی از سرمایه گذاری ارائه شده است سرمایه گذاری را می توان صرف نظر از هزینه کردن پول یا دیگر منابع مالی، در زمان حاضر، به همراه پذیرفتن ریسک مشخص (یا نامشخص) برای کسب سود در آینده دانست.

## فرآیند سرمایه گذاری در بانک

برای سرمایه گذاری صحیح در بانک معمولا دو مرحله کلی باید انجام پذیرد: مرحله ابتدایی شناخت و ارزیابی موسسه است که مستلزم اطلاع از کیفیت خدمات ارائه شده توسط موسسات مالی و ریسک و بازده آنها است. این مرحله را به اصطلاح تجزیه و تحلیل موسسات مالی می گویند.

مرحله بعدی مدیریت است که در آن با تشکیل سبد تسهیلات و مدیریت آن سعی در کاهش ریسک و افزایش بازدهی می شود.

## مدل سازی

جهت مدل سازی باید متغیرهای تصمیم، تابع هدف و محدودیت های مدل را شناسایی نمود. ساختار تابع هدف و محدودیت ها از متغیرهای تصمیم و پارامترها شکل می گیرد. متغیرهای تصمیم شامل نمادهای ریاضی است که سطح فعالیت هر مؤسسه را بیان می کنند. برای فرموله کردن هر مسئله ای می توان یک چارچوب منظم را اعمال کرد اغلب در فرموله کردن هر مسئله ای مراحل زیر طی می شود:

الف) تعریف متغیرهای تصمیم: به منظور تهیه متغیرهای تصمیم، ابتدا اطلاعات مربوط به دستورالعمل تسهیلات و نرخ تسهیلات برای بانک تجارت به صورت زیر دریافت شد.

جدول (۱). نرخ سود تسهیلات بانک

| نوع عقود بانکی            | نرخ تسهیلات (بازده عقود) $a_i$ |
|---------------------------|--------------------------------|
| کشاورزی (۱) $x$           | ۰,۲۳                           |
| صنعت و معدن (۲) $x$       | ۰,۳۰                           |
| ساختمان و مسکن (۳) $x$    | ۰,۱۴                           |
| خدمات و بیمه کاری (۴) $x$ | ۰,۱۲                           |
| کالای بادوام (۵) $x$      | ۰,۰۳                           |
| قرض الحسنه (۶) $x$        | ۰,۱۰                           |
| بازرگانی (۷) $x$          | ۰,۰۸                           |

با توجه به مقادیر بالا، هر یک از تسهیلات، یکی از ابعاد متغیرهای تصمیم گیری و تجزیه و تحلیل پرتفولیوی تسهیلات بانک تجارت خواهند بود. به عبارتی متغیرهای تصمیم  $X_i$  خواهند بود. که منظور از  $i$  نوع تسهیلاتی است که بانک ارائه می دهد.

ب) فرموله کردن تابع هدف: برای تسهیلات اعطایی، در کل بانک ها و مؤسسات مالی و اعتباری، نرخ را به عنوان نرخ بازده اسمی ( $a$ ) در نظر می گیرند و اشخاصی که تسهیلات را دریافت می کنند ملزم به پرداخت این نرخ هستند. تلاش بانک ها و مؤسسات مالی و اعتباری بر این است که بازده سود تسهیلات اعطایی خود را به حداکثر برسانند. لذا تابع هدف از نوع حداکثر سازی سود ( $Max$ ) است.

پ) شناسایی محدودیت‌ها: همان‌طور که گفته شد، به طور کلی در یک مدل برنامه‌ریزی خطی سه نوع محدودیت وجود دارد که عبارتند از: محدودیت‌های منبعی، محدودیت‌های سیاستی، محدودیت‌های ماهیتی.

پس از بررسی و مطالعه اطلاعات دریافتی، سه دسته محدودیت برای تسهیلات اعطایی بانک مورد تحقیق شناسایی شده که عبارتند از:

الف) محدودیت‌های بودجه‌ای: در اکثر مسائل تحقیق در عملیات که در آنها مدلی طراحی می‌شود، یکی از محدودیت‌ها، محدودیت بودجه‌ای است. این محدودیت به نوعی در زیرمجموعه محدودیت‌های منبعی قرار می‌گیرد. زیرا بودجه یکی از منابع کمیاب و ارزشمندی است که بر اساس آن باید تصمیم‌گیری شود. در شرکت‌های تولیدی، مواد اولیه، منابع مالی، نیروی انسانی و ... به عنوان محدودیت‌های منبعی در نظر گرفته می‌شوند. مهمترین منبع در بانک‌های تجاری و مؤسسات مالی و اعتباری، همان بودجه و سرمایه است که دارای مبالغ مشخص و معینی است. در بانک مورد تحقیق هم، مبلغی که برای تسهیلات و اعتبارات در نظر گرفته شده مبلغ  $B$  ریال است که باید به انواع تسهیلات موجود در این بانک، تعلق گیرد و به آنها اختصاص یابد. به عبارت دیگر، مجموع حجم ریالی انواع تسهیلاتی که این بانک برای خود در نظر گرفته حدکثر برابر با  $B$  ریال است. شکل نگارشی این عبارت از نظر علم تحقیق در عملیات به صورت مقابل است  $X_i \leq B$ .

ب) محدودیت‌های سیاست‌های اعتباری: در تمامی شرکت‌ها چه سهامی عام و چه خاص، سهامداران، هیئت مدیره‌ای را برای شرکت تعیین می‌کنند. هیأت مدیره دارای وظایفی است. برای مثال در شرکت‌های تولیدی، هیأت مدیره، سیاست‌های فروش، سیاست‌های تولید، و به عبارتی استراتژی‌های آتی شرکت را تعیین می‌کنند. در مورد بانک‌های تجاری و مؤسسات مالی و اعتباری نیز مسئله مذکور صدق می‌کند اما دارای تفاوت اندکی با شرکت‌های تولیدی است. تفاوت بین مؤسسات مالی و اعتباری و شرکت‌های تولیدی در این است که در مورد مؤسسات مالی و اعتباری و بانک‌ها ضمن آنکه هیأت مدیره آنها، سیاست‌هایی را برای مؤسسه خود تعیین می‌کنند، بانک مرکزی نیز، سیاست‌هایی را در مورد آنها اعمال می‌کند. به عبارت دیگر سیاست‌های این‌گونه مؤسسات هم از طرف هیأت مدیره و هم از طرف بانک مرکزی تعیین می‌شود. برای مثال کفایت سرمایه یکی از موضوعاتی است که از طرف شورای پول و اعتبار (که یکی از ارکان بانک مرکزی است) در مورد بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری تعیین و مشخص شده است و آنها موظف به رعایت آن هستند. در مورد بانک مورد تحقیق نیز این دو دسته، سیاست‌های آن را تعیین می‌کنند.

لذا دو دسته محدودیت در مورد این مؤسسه در این قسمت وجود دارد که یکی مربوط به هیأت مدیره و یکی مربوط به بانک مرکزی است.

• سیاست‌های مربوط به بانک مرکزی: یکی از مواردی که بانک مرکزی بر بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری اعمال می‌کند کفایت سرمایه است که در زیر این محدودیت تشریح می‌شود.

نسبت کفایت سرمایه، یکی از شاخص‌های ارزیابی عملکرد بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری است که از سوی کمیته مقررات بین‌المللی بانک تسویه‌های بین‌المللی برای ارزشیابی مدیریت ریسک بانک‌ها و مؤسسات اعتباری تعیین شده است. نسبت کفایت سرمایه از نسبت جمع حقوق صاحبان سهام بر رقم دارایی‌های خطرپذیر محاسبه می‌شود. برای محاسبه دارایی‌های خطرپذیر، ضرایبی برای اقلام مختلف دارایی‌ها براساس میزان ریسک‌پذیری هر یک در نظر گرفته می‌شود. به‌عنوان مثال برای وجوه سپرده‌گذاری شده نزد بانک مرکزی، اسکناس و مسکوک و دارایی‌های نامشهود به لحاظ اینکه خطری متوجه آنها نیست ضریب صفر در نظر گرفته می‌شود و... (به منظور کسب اطلاعات بیشتر به مصوبه شورای پول و اعتبار در این زمینه مراجعه کنید).

همان‌طور که در بالا ذکر شد در مخرج نسبت کفایت سرمایه، دارایی‌های ریسک‌پذیر قرار دارد. دارایی‌های ریسک‌پذیر در مورد مؤسسه مورد تحقیق عبارتند از:

موجودی نقد، سرمایه‌گذاری‌ها، تسهیلات اعطایی، موجودی انبار، پیش پرداخت‌ها، دارایی‌های ثابت، حساب‌ها و اسناد دریافتی، سایر دارایی‌ها.

برای اعمال محدودیت مربوط به کفایت سرمایه، باید مبالغ مربوط به دارایی‌های ریسک‌پذیر و حقوق صاحبان سهام را در صورت و مخرج کسر به صورت زیر قرار داد و به شکل محدودیت تحقیق در عملیات نوشت. فرمول کفایت سرمایه به شرح زیر است:

$$\frac{\text{حقوق صاحبان سهام (سرمایه پایه)}}{7.8} \leq$$

مجموع دارایی‌های ریسک‌پذیر

• سیاست‌های مربوط به هیأت مدیره: همان‌طور که گفته شد مهمترین وظیفه هیأت مدیره مؤسسات مالی و اعتباری و بانک‌ها، تعیین استراتژی و سیاست‌هایی در کلیه زمینه‌ها در مورد مؤسسه خود است. یکی از این زمینه‌ها، تسهیلات اعطایی است؛ در مورد مؤسسه مورد تحقیق نیز این مورد وجود دارد که با أخذ سیاست‌های آن‌ها، محدودیت‌ها تشریح می‌شود.

پ) محدودیت‌های مربوط به ریسک تسهیلات: یکی از روش‌های مدیریت ریسک اعتباری،

در نظر گرفتن اقدامات احتیاطی در خصوص تسهیلات است. مؤسسه مورد تحقیق هم نیز روش مذکور را برای تسهیلات اعطایی خود قرار داده است و به عبارتی برای تسهیلات خود یعنی قرض الحسنه، فروش اقساطی، جعاله و سلف، ذخیره را در نظر گرفته است. برای محاسبه ریسک مربوط به هر یک از تسهیلات، از ذخیره در نظر گرفته شده مربوط به این عقود استفاده شده و ریسک تسهیلات (عدم برگشت سرمایه) به دست می آید که به شرح زیر است:

• از کل ذخیره‌ای که برای تسهیلات قرار داده شده است ۷۰ درصد آن مربوط به تسهیلات قرض الحسنه است (لذا از کل ریسک مربوط به تسهیلات، ۷۰ درصد آن مربوط به تسهیلات قرض الحسنه است).

• از کل ذخیره‌ای که برای تسهیلات قرار داده شده است ۲۷ درصد آن مربوط به تسهیلات فروش اقساطی (شامل مسکن، تعمیر مسکن، وسائط نقلیه و کالا است) است (لذا از کل ریسک مربوط به تسهیلات، ۲۷ درصد آن مربوط به تسهیلات فروش اقساطی است).

• از کل ذخیره‌ای که برای تسهیلات قرار داده شده است ۲ درصد آن مربوط به تسهیلات جعاله است (لذا از کل ریسک مربوط به تسهیلات، ۲ درصد آن مربوط به تسهیلات جعاله است).

از کل ذخیره‌ای که برای تسهیلات قرار داده شده است ۱ درصد مربوط به تسهیلات سلف است (لذا از کل ریسک مربوط به تسهیلات، ۱ درصد آن مربوط به تسهیلات سلف است).  
جدول (۲) محدودیت‌های مربوط به ریسک را نشان می‌دهد.

جدول (۲): محاسبه‌های مربوط به ریسک تسهیلات

| نوع عقد           | درصد عدم برگشت سرمایه | برگشت سرمایه | وزن برگشت سرمایه هر عقد |
|-------------------|-----------------------|--------------|-------------------------|
| کشاورزی           | ۲۳                    | ۷۷           | ۰/۱۲۸                   |
| صنعت و معدن       | ۳۰                    | ۷۰           | ۰/۱۱۷                   |
| ساختمان           | ۱۴                    | ۸۶           | ۰/۱۴۳                   |
| خدمات و پیمانکاری | ۱۲                    | ۸۸           | ۰/۱۴۷                   |
| کالای بادوام      | ۳                     | ۹۷           | ۰/۱۶۲                   |
| قرض الحسنه        | ۱۰                    | ۹۰           | ۰/۱۵                    |
| بازرگانی          | ۸                     | ۹۲           | ۰/۱۵۳                   |
| مجموع             | ۱۰۰                   | ۶۰۰          | ۱                       |

اعدادی که در ستون دوم از سمت چپ درج شده‌اند درصد عدم برگشت سرمایه در هر نوع عقد است که اعداد با توجه به محدودیت‌های آخر این قسمت می‌آید. در ستون سوم از سمت چپ برگشت سرمایه هر نوع عقد را مورد محاسبه قرار گرفته است. روش کار در محاسبه اعداد این ستون بدین صورت بوده که اگر عقد کشاورزی ۲۳ درصد عدم برگشت سرمایه داشته باشد در روی دیگر سکه ۷۷ درصد دارای بازگشت سرمایه است. علت اینکه برگشت سرمایه هر عقد محاسبه شده این است که عدم برگشت سرمایه (ریسک)، نامطلوب بوده و در این تحقیق عقود که مطلوبیت بیشتری از نظر برگشت سرمایه دارند و مورد تخصیص بیشتر قرار گرفته و همچنین عقود که برگشت سرمایه کمتری دارند از تخصیص کمتری برخوردار باشند.

در ستون آخر وزن برگشت سرمایه هر عقد نسبت به وزن برگشت سرمایه مجموع عقود محاسبه گردیده و از اعداد این ستون در نوشتن محدودیت‌ها برای تخصیص بهینه تسهیلات به عقود دارای برگشت سرمایه بیشتر، استفاده شده است.

## طراحی مدل

هدف از حل مسائل انتخاب سبد سرمایه گذاری (پرتفو) آن است که از بین یک مجموعه دارایی‌های در دسترس، پرتفویی انتخاب شود که افزون بر کمینه سازی ریسک پرتفو، یک سطح حداقلی از بازده پرتفو را نیز برای سرمایه گذار بر آورده کند. رویکرد حل این گونه مسائل آن است که حداکثر سازی بازده را تنها پارامتر در نظر نگرفته، بلکه تنوع بخشی پرتفو را نیز به منزله معیار دیگر سرمایه گذاری مطرح می‌کند.

مدل پایه‌ای مسئله انتخاب پرتفو را نخستین بار مارکویتز مطرح کرد که یک مدل درجه دوم بوده و می‌تواند به صورت تحلیلی توسط ابزارهای استاندارد حل شود. مدل ابتدایی مارکویتز برای حداکثر سازی بازده و حداقل سازی همزمان ریسک یک پرتفو از تسهیلات می‌توان به یک مجموعه از پرتفوهای کارا دست یافت. از مهمترین محدودیت‌های عملی پرتفو، وجود اندازه مبادله است یا به عبارتی سرمایه گذار نمی‌تواند در هر اندازه ممکن از هر نوع تسهیلاتی دریافت کند. با در نظر داشتن محدودیت اندازه مبادله در مدل انتخاب سبد تسهیلات، مدل به یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح تبدیل می‌شود. با افزایش ابعاد این مدل به ازای افزایش شمار تسهیلات، دست یافتن به جواب بهینه دقیق برای مسئله به واسطه افزایش پیچیدگی زمانی و حافظه مورد نیاز، امکان‌پذیر نیست.

اسپرینزا در سال ۱۹۶۶ در پژوهش خود ثابت کرد که یافتن یک جواب شدنی برای مسئله

پرتفوی با محدودیت حداقل اندازه مبادله، صرفنظر از نوع اندازه ریسک مورد استفاده، یک مسئله *NP-complete* است. بنابراین به کار گیری روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری، روشی مرسوم برای دست یافتن به جواب مسئله است.

مارکویتز دو شکل معادل را برای مسئله خود ارائه داد، یکی حداکثر کردن بازده با محدودیت حداکثر واریانس و دیگری حداقل واریانس با محدودیت حداقل بازده و در این تحقیق به دلیل اینکه برای وارد کردن مدل در نرم افزار مدل حداقل استاندارد مورد نیاز است شکل دوم مدل مارکویتز انتخاب شده است:

$$\text{Min } z = \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 X_i \cdot X_j \cdot \delta_{ij}$$

ST:

$$\sum_{i=0}^7 X_i \cdot C_i \cdot R_i \geq BR0$$

$$\sum_{i=1}^7 X_i C_i = B$$

$$X_i \leq U_i \quad , \quad i = 1, 2, \dots, 7$$

$$X_i \geq L_i \quad , \quad i = 1, 2, \dots, 7$$

که در آن:

$i$  = تسهیلات موجود

$R$  = نرخ بازگشت موردانتظار پورتفو

$R_i$  = نرخ بازگشت موردانتظار پورتفوی هریک از تسهیلات

$B$  = سرمایه در دسترس

$C_i$  = قیمت تسهیلات  $i$  ام در زمان تشکیل پرتفو

$\delta^2$  = ریسک پرتفو

$X_i$  و  $X_j$  = تعداد واحد سرمایه گذاری در تسهیلات  $i$  ام یا  $j$  ام

$U_i$  = کران بالای تعداد واحد سرمایه گذاری

$L_i$  = کران پایین تعداد واحد سرمایه گذاری

مدل با توجه به شکل مارکویتز به صورت زیر درمی آید:

$$\begin{aligned} \text{Min}Z = & 0.049497 * x(1) * x(2) + 0.06364 * x(1) * x(3) + 0.077782 * x(1) * x(4) + 0.141421 * x(1) \\ & * x(5) + 0.091924 * x(1) * x(6) + 0.106066 * x(1) * x(7) + 0.049497 * x(2) * x(1) + 0.0113137 * x(2) * x \\ & (3) + 0.127279 * x(2) * x(4) + 0.190919 * x(2) * x(5) + 0.141421 * x(2) * x(6) + 0.155563 * x(2) * x(7) \\ & + 0.06364 * x(3) * x(1) + 0.0113137 * x(3) * x(2) + 0.014142 * x(3) * x(4) + 0.077782 * x(3) * x(5) + 0 \\ & .028284 * x(3) * x(6) + 0.042426 * x(3) * x(7) + 0.077782 * x(4) * x(1) + 0.127279 * x(4) * x(2) + 0.01 \\ & 4142 * x(4) * x(3) + 0.06364 * x(4) * x(5) + 0.014142 * x(4) * x(6) + 0.028284 * x(4) * x(7) + 0.14142 \\ & 1 * x(5) * x(1) + 0.190919 * x(5) * x(2) + 0.077782 * x(5) * x(3) + 0.06364 * x(5) * x(4) + 0.049497 * x( \\ & 5) * x(6) + 0.035355 * x(5) * x(7) + 0.091924 * x(6) * x(1) + 0.0141421 * x(6) * x(2) + 0.028284 * x(6 \\ & ) * x(3) + 0.014142 * x(6) * x(4) + 0.049497 * x(6) * x(5) + 0.014142 * x(6) * x(7) + 0.106066 * x(7) * x \\ & (1) + 0.155563 * x(7) * x(2) + 0.042426 * x(7) * x(3) + 0.028284 * x(7) * x(4) + 0.035355 * x(7) * x(5) \\ & + 0.014142 * x(7) * x(6); \end{aligned}$$

ST:

$$\begin{aligned} -2268950 * R1 * x(1) - 2959500 * R2 * x(2) - 1381100 * R3 * x(3) - 1183800 * R4 * x(4) - \\ 295950 * R5 * x(5) - 986500 * R6 * x(6) - 789200 * R7 * x(7) \leq 40841100 * R0; \end{aligned}$$

$$x(1) \leq 10;$$

$$x(2) \leq 10;$$

$$x(3) \leq 10;$$

$$x(4) \leq 10;$$

$$x(5) \leq 10;$$

$$x(6) \leq 10;$$

$$x(7) \leq 10;$$

$$-x(1) \leq -2;$$

$$-x(2) \leq -2;$$

$$-x(3) \leq -2;$$

$$-x(4) \leq -2;$$

$$-x(5) \leq -2;$$

$$-x(6) \leq -2;$$

$$-x(7) \leq -2;$$

$$\begin{aligned} 2268950 * x(1) + 2959500 * x(2) + 1381100 * x(3) + 1183800 * x(4) + 295950 * x(5) + 98650 \\ 0 * x(6) + 789200 * x(7) = 9865000; \end{aligned}$$

$$[2268950 * x(1) + 2959500 * x(2) + 1381100 * x(3) + 1183800 * x(4) + 295950 * x(5) + 9865$$



$$00 * x(6) + 789200 * x(7) - 9865000;$$

$$x(1) - \text{int}8(x(1));$$

$$x(2) - \text{int}8(x(2));$$

$$x(3) - \text{int}8(x(3));$$

$$x(4) - \text{int}8(x(4));$$

$$x(5) - \text{int}8(x(5));$$

$$x(6) - \text{int}8(x(6));$$

$$x(7) - \text{int}8(x(7));$$

باتوجه به این نکته که مساله  $NP$  کامل است، استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری مثل ژنتیک می تواند راه گشا باشد.

### دلایل بهره گیری از الگوریتم ژنتیک

مسئله پرتفو تسهیلات یک مساله بهینه سازی است نه تصمیم گیری به همین خاطر از روش های تصمیم گیری موجود نمی توان استفاده کرد و باید از روش های بهینه سازی به منظور حداکثر سازی سود تسهیلات استفاده نمود. مسئله انتخاب بهینه تسهیلات، یکی از مسائل کلاسیک ادبیات مالی است که بسیاری آن را پایه ی تئوری نوین مالی می دانند. هر چند مسئله ابتدایی مارکوویتز، یک مسئله درجه دوم است که می توان آن را با استفاده از روش های دقیق حل کرد، اما در مواردی که برخی از محدودیت های واقعی سبد تسهیلات، مثل محدودیت حداقل اندازه مبادله، وجود دارد، مسئله به یک مسئله ی برنامه ریزی عدد صحیح تبدیل می شود که حل این مسئله از طریق روش های دقیق با افزایش تسهیلات غیرممکن و بسیار پیچیده است و برای حل این مسئله الگوریتم های فرا ابتکاری نیاز است و به همین دلیل در اینجا از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

### حل مدل با الگوریتم ژنتیک

مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک در محیط نرم افزار متلب ( $Matlab$ ) حل شده، و جواب های مدل برای تکرار تخصیص بودجه به تسهیلات به صورت زیر به دست آمده است:

جدول (۳): جواب های الگوریتم ژنتیک

| جواب های مدل      | x (۱) | x (۲) | x (۳) | x (۴) | x (۵) | x (۶) | x (۷) |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| در الگوریتم ژنتیک | ۲۶    | ۲۴    | ۱۵    | ۱۹    | ۰     | ۱۸    | ۵     |

### اعتبارسنجی نتایج الگوریتم

به علت تصادفی بودن الگوریتم ژنتیک ممکن است جواب‌ها در تکرارهای متعدد تفاوت زیادی با یکدیگر داشته باشند. الگوریتم‌های ژنتیک به علت ماهیت تکاملی شان، جواب‌ها را بدون توجه به طرز کار ویژه مسئله جستجو می‌کنند. پس یکی از مهمترین آزمون‌هایی که باید صورت پذیرد، بررسی میزان ثبات الگوریتم است. این که با هر بار اجرای الگوریتم، جواب تقریباً یکسانی به دست آمد و اینکه این جواب منحصر به فرد است یا نه T نکته مهمی است که باید مورد آزمون قرار گیرد. به این منظور الگوریتم ژنتیک طراحی شده چندین بار برای مدل بهینه سازی پرتفولیو با اهداف غیرخطی اجرا شد که نتایج تکرار الگوریتم در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول (۴): بررسی ثبات نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک در ۵ بار اجرای الگوریتم

| اجرای الگوریتم | ۱   | ۲   | ۳   | ۴   | ۵   |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                | ۷۸۰ | ۷۴۷ | ۶۹۴ | ۸۱۰ | ۷۲۱ |

نتایج، گویای تفاوت ناچیزی میان جواب‌های حاصل از تکرارهای مختلف است.

### حل مدل با لینگو

امروزه بسیاری از مدل‌های بهینه سازی تحقیق در عملیات اعم از مدل‌های خطی، غیر خطی و یا عدد صحیح به مدد نرم افزارهای کامپیوتری به سادگی قابل تجزیه و تحلیل هستند. در این میان می‌توان از نرم افزارهایی چون *TORA* و *GAMS, GINO, LINDO, LINGO, QSB* نام برد. *LINGO* بعد از *GAMS* قوی ترین نرم افزار تحقیق در عملیات است. از جمله برتری‌های لینگو نسبت به لینو و گمز قدرت آن در مدل سازی تمام مسائلی است که توسط لیندو مدل شده اند، بدون این که نیازی به تعیین نوع مدل توسط کاربر باشد. لینگو قادر به حل مسائل مختلف بهینه سازی از جمله: برنامه های خطی، کوآدراتیک، خطی عدد صحیح، کوآدراتیک عدد صحیح، عدد صحیح خطی خالص، عدد صحیح کوآدراتیک خالص، غیر خطی، غیر خطی عدد صحیح و غیر خطی عدد صحیح خالص است. برای اثبات کارایی الگوریتم ژنتیک به حل مدل با نرم افزار کاربردی لینگو پرداخته شده است که پس از حل مدل جواب‌ها در این نرم افزار جدول زیر به دست آمده است:

جدول (۵): جواب های لینگو

| جواب های مدل       | x (۱) | x (۲) | x (۳) | x (۴) | x (۵) | x (۶) | x (۷) |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| در نرم افزار لینگو | ۰     | ۱     | ۵     | ۰     | ۰     | ۰     | ۰     |

### تجزیه و تحلیل جواب های مدل

جواب های مدل به دو صورت در جدول زیر با استفاده از الگوریتم ژنتیک و نرم افزار لینگو به دست آمده است:

جدول (۶): مقایسه جواب های مدل

| جواب های مدل       | x (۱) | x (۲) | x (۳) | x (۴) | x (۵) | x (۶) | x (۷) |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| در الگوریتم ژنتیک  | ۲۶    | ۲۴    | ۱۵    | ۱۹    | ۰     | ۱۸    | ۵     |
| در نرم افزار لینگو | ۰     | ۱     | ۵     | ۰     | ۰     | ۰     | ۰     |

الگوریتم ژنتیک به ترتیب بودجه را به تسهیلات کشاورزی، صنعت و معدن، پیمانکاری، قرض الحسنه، ساختمان و بازرگانی اختصاص داده است اما نرم افزار لینگو به بخش ساختمان و صنعت و معدن تخصیص اعتبار داده است.

حتی اگر مدل حل شده با الگوریتم ژنتیک بازده کمتری نسبت به مدل دیگر داشته باشد می توان این کاهش بازدهی را با کاهش ریسک جبران کرد. معیارهای تعدیل شده بر مبنای ریسک نیز بهتر بودن پرتفوی به دست آمده با الگوریتم ژنتیک را تایید می کنند. هر دو مدل طراحی شده کارایی خوبی داشتند اما یک برتری نرم افزار متلب به لینگو این است که مدت زمان حل مدل در الگوریتم ژنتیک بسیار کمتر از نرم افزار لینگو بود. و زمان حل در صورتی که تعداد عقود افزایش یابد در الگوریتم ژنتیک بسیار کمتر از لینگو و نرم افزارهای مشابه است.

برتری دیگر این الگوریتم برای حل مساله را می توان ذکر این نکته بیان کرد که الگوریتم ژنتیک را می توان به راحتی برای تعداد زیادی متغیر به کار برد و با اضافه شدن یک متغیر (عقود بانکی) جدید به راحتی می توان مدل را به روز کرد چه مدل خطی باشد و چه غیرخطی، مدل

مناسب‌تری برای انتخاب پرتفوی تسهیلات است و این مزیت در تمام مدل‌های ریاضی برای الگوریتم ژنتیک وجود دارد. الگوریتم ژنتیک به مشتق‌گیری و یا اطلاعات کمکی نیاز ندارد و تنها تابع هدف و شیوه تعیین برآزش اطلاعات خام برای جستجو را مشخص می‌کند. همچنین توانایی فوق‌العاده الگوریتم ژنتیک در به‌دست آوردن جواب بهینه، این اطمینان خاطر را در سرمایه‌گذار ایجاد می‌کند که نقطه بهینه به‌دست آمده، نقطه بهینه اصلی است و مساله در نقاط بهینه محلی گرفتار نشده است؛ بنابراین کاربرد این الگوریتم در انتخاب و بهینه‌سازی سبد تسهیلات تأیید و توصیه می‌شود. همچنین برتری مستمر این الگوریتم نسبت به پرتفوی بازار و برتری نسبی آن نسبت به مدل برنامه‌ریزی خطی در نرم‌افزار گمز تأییدی بر تأکید سازگاری اش با مساله است. پس تهیه یک بسته نرم‌افزاری براساس مدل ارائه شده در این تحقیق می‌تواند موجب بهره‌مندی بانک‌ها، از مزایای این روش شود.

### نتیجه‌گیری

هدف اصلی در مدل‌سازی پرتفوی کمک به سرمایه‌گذار در انتخاب سبد تسهیلات بهینه با توجه به اولویت‌ها و علائق وی و همچنین شرایط محیطی تصمیم است. انتخاب سبد تسهیلات در مباحث سرمایه‌گذاری کار دشوار و سختی است. سرمایه‌گذار در این حالت، خود را در مقابل انتخاب‌های گوناگونی می‌بیند که باید یکی از آن‌ها را به عنوان بهترین انتخاب کند. تصمیم‌گیری درباره اینکه کدام یک از تسهیلات در مقایسه با سایر تسهیلات در وضعیت بهتری است و شایسته انتخاب شدن و قرار گرفتن در سبد سرمایه‌گذاری را دارد و چگونگی تخصیص سرمایه بین این تسهیلات، مباحثی پیچیده است. گوناگونی ابزارهای سرمایه‌گذاری از یک سو و متفاوت بودن تابع مطلوب بودن افراد در مقایسه با یکدیگر از سوی دیگر به پیچیده شدن فرآیند انتخاب منجر شده است. وسیع و پیچیده بودن چنین فعالیتی، استفاده از روش‌های نوین را ضروری می‌سازد که در حداقل زمان ممکن، بهترین جواب را ارائه کند.

مدل‌های تحقیق در عملیات را، می‌توان به گونه‌ای تعمیم داد که بتوانند ضمن لحاظ کردن شرایط دنیای واقعی، سرمایه‌گذار را، در اخذ تصمیمات سرمایه‌ای خویش یاری دهند. بنابراین آنچه در این تحقیق حاصل شده است، برنامه‌نویسی مسائل انتخاب سبد تسهیلات در قالب برنامه‌ریزی خطی و الگوریتم ژنتیک، به چگونگی و نحوه نگرش سرمایه‌گذار به دنیای سرمایه‌گذاری بستگی دارد و این امر به وسیله محدودیت‌هایی که اولویت‌های سرمایه‌گذار را

منعکس می کنند، قابل اجرا است.

سایر عوامل نیز که در دنیای سرمایه گذاری معلوم، مشخص و تعریف شده اند نیز به عنوان ساختار اصلی مدل مطرح و جزو محدودیت ها قرار می گیرند. میزان عددی سرمایه گذاری بهینه را در هر یک از اقلام تشکیل دهنده سبد سرمایه گذاری، با در نظر گرفتن نرخ بازده مورد انتظار و حداقل ریسک با استفاده از مدل های برنامه ریزی خطی می توان تعیین کرد.

در این تحقیق بر اساس جدیدترین تعریف مطرح شده از ریسک، یک روش انتخاب و وزن دهی تسهیلات بر پایه الگوریتم ژنتیک مطرح شد. به علاوه از ویژگی های جدید این الگوریتم نسبت به سایر الگوریتم های مورد استفاده برای انتخاب پرتفوی بهینه، می توان به متغیر بودن اندازه پرتفوی، نحوه تولید جمعیت اولیه و تابع برازندگی تعریف شده اشاره کرد. این روش برای به دست آوردن یک پرتفوی با نرخ بازده بالا و ریسک کنترل شده مناسب به نظر می رسد.

همچنین در این پروژه یک مطالعه موردی روی تسهیلات بانک تجارت انجام و پس از مدل سازی مدل مطرح شده در محیط *MATLAB 7.10.0* و *LINGO* برنامه نویسی شد.

با توجه به کارایی الگوریتم ژنتیک نسبت به سایر نرم افزارها مانند *LINGO* در حل چنین مسائلی در این تحقیق از این الگوریتم برای تعیین سبد تسهیلات بهینه بانک استفاده شده است. برتری نرم افزار متلب به لینگو این است که زمان برنامه نویسی در الگوریتم ژنتیک تقریباً یک هفتم مدت برنامه نویسی با نرم افزار لینگو بود.

برتری دیگر این الگوریتم برای حل مساله را می توان ذکر این نکته بیان کرد که با توجه به این که مدل الگوریتم ژنتیک خطی است و می توان آن را به راحتی برای تعداد زیادی متغیر به کار برد و با اضافه شدن یک متغیر (عقود بانکی) جدید به راحتی می توان مدل را به روز کرد، مدل مناسب تری برای انتخاب پرتفوی تسهیلات است و این مزیت حتی در مدل های غیر خطی هم برای الگوریتم ژنتیک وجود دارد.

## منابع و مآخذ

### منابع فارسی:

- عسکرزاده، غلامرضا، مدل سازی ریاضی ترکیب بهینه پرتفوی تسهیلات اعطایی در موسسات مالی و اعتباری، فصلنامه اندیشه صادق - ۲۳، ۱۳۸۵
- رازینی، ابراهیم علی - سوری، امیر، تاثیر ادغام تمرکز و ریسک اعتباری بر کارایی صنعت بانکداری، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین - ۱۱، ۱۳۸۷
- عباسی، بهزاد - امیدی، فرحناز، بررسی و حل مسئله بهینه سازی پرتفوی با بازده نامطمئن با استفاده از شبکه های عصبی، کنفرانس ریاضیات مالی و کاربردها - ۳، ۱۳۹۱
- سعیدی، پرویز، ارزیابی نقش تسهیلات شبکه بانکی در رشد اقتصادی، ویژه نامه بانک - ۶، ۱۳۸۸

### منابع انگلیسی:

- *Lilian Noronha Nassifa, c, João Carlos Santiago Filhob, José Marcos Nogueiraa, Project Portfolio Selection in Public Administration Using Fuzzy Logic, Procedia - Social and Behavioral Sciences 74 ( 2014 )*