فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره پنجاه / بهار ۱۴۰۱

طراحی الگوی بهینه‌سازی سبد اعتباری در صنعت بانکداری با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری

علی‌اصغر طهرانی‌پور[۱]
ابراهیم عباسی[۲]
حسین دیده‌خانی[۳]
آرش نادریان[۴]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۰۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۱۱

چکیده

هدف از انجام تحقیق حاضر طراحی الگوی بهینه‌سازی سبد اعتباری در صنعت بانکداری با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری می‌باشد. ریسک یکی از مفاهیم پایه‌ای در بازارهای مالی می‌باشد که از پیچیدگی خاصی برخوردار است. با توجه به عدم وجود تصویر دقیق از تحقق ریسک، بازارهای مالی نیازمند رویکردهای کنترل و مدیریت ریسک هستند. تحقیق حاضر از لحاظ جمع آوری اطلاعات در زمره تحقیقات توصیفی و از لحاظ هدف از نوع توسعه‌ای-کاربردی است. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه پرونده‌های تسهیلاتی ۱۰ سال اخیر و هچنین صورت وضعیت‌های مالی شعب بانک انصار وابسته به بانک سپه می‌باشد که به روش سرشماری انتخاب شدند. معیارهای ریسک استفاده شده در مدل‌ها عبارتند از: ارزش در معرض خطر فازی، قدرمطلق انحرافات روبه پایین فازی و نیم آنتروپی. مدل‌های پژوهش با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چند هدفه اجرا شد. نرم‌افزار مورد استفاده در اجرای تحقیق نرم افزار متلب می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد عملکرد مدل میانگین—ارزش در معرض خطر فازی به دلیل پذیرش ریسک‌های کمتر در ازای ایجاد درآمد بیشتر، نسبت به دو مدل دیگر در ارزیابی پرتفوهای بهینه بهتر است. بنابراین استفاده از مدل فوق دربهینه‌سازی سبداعتباری پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی

بهینه‌سازی پرتفوی، تئوری اعتبار فازی، صنعت بانکداری، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چند هدفه

۱-گروه مهندسی مالی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی‌آباد کتول، علی‌آباد کتول، ایران. ali.tehranippor54@gmail.com
۲-گروه مدیریت مالی، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) abbasiebrahim2000@alzahra.ac.ir
۳-گروه مهندسی مالی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول، علی آباد کتول، ایران. h.didehkhani@gmail.com
۴-گروه حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول، علی آباد کتول، ایران. arashnaderian@yahoo.com

مقدمه

بازارها از منظرهای مختلف دارای تقسیم‌بندی‌های متفاوتی می‌باشند. در یک تقسیم‌بندی بازارها را به بازارهای سرمایه و بازارهای پول تقسیم می‌کنند. شرکت‌های سرمایه‌گذاری، بورس اوراق بهادار بعضی از نهادهای فعال در بازار سرمایه و بانک‌های تجاری و موسسات مالی و اعتباری بعضی از نهادهای فعال در بازار پول می‌باشند. بازار سرمایه و بازار پول هر کدام دارای مکانیزم‌های مشخصی برای جذب نقدینگی مازاد در سطح جامعه و برای به گردش درآوردن آن در اقتصاد، به جهت رونق تولید می‌باشند. به عبارت دیگر یکی از جنبه‌های مشترک این دو بازار واسطه‌گری وجوه است. بدین معنی که این بازارها سبب رونق اقتصاد شده و منابع را از واحدهایی که مازاد پس‌انداز دارند به واحدهای دارای کمبود منابع، منتقل می‌نمایند. بازار سرمایه، سرمایه‌های سرمایه‌گذاران را به شرکت‌های تولیدی و صنعتی عضو بازار سرمایه انتقال داده و سبب می‌شود چرخه فعالیت و سرمایه‌گذاری و توسعه آنها با شدت بیشتری به حرکت افتد. بانک‌های تجاری و موسسات مالی و اعتباری وجوه مازاد مردم را به عنوان سپرده جذب نموده و در قبال آن با توجه به نوع سپرده جذب شده، پاداش یا سود علی الحساب پرداخت می‌نمایند. همچنین بخشی از این سپرده‌ها را در اختیار افراد حقیقی یا حقوقی بر اساس فرایند اعطای تسهیلات قرار می‌دهند. بر این اساس، بانک باید در زمان تدوین و ابلاغ سیاست‌های اعتباری تسهیلات در قالب بسته سیاست اعتباری، باید برنامه اصلی اعطای تسهیلات و همچنین تخصیص تسهیلات اعتباری و در نهایت شیوه مدیریت پرتفوی تسهیلات را در نظر داشته باشد. از طرفی سیاست‌های بانک در زمینه مدیریت پرتفوی تسهیلات، تاثیر قابل توجهی بر ریسک اعتباری دارد. لذا بر همین اساس بانک‌های تجاری و موسسات مالی و اعتباری می‌توانند با مدیریت پرتفوی تسهیلات در زمان تدوین سیاست‌های اعتباری سالانه، پرداخت تسهیلات را بین بخش‌ها و صنایع مختلف و همچنین بین مشتریان خرد، متوسط و کلان تقسیم نمایند و از ریسک اعتباری بکاهند. در حال حاضر مهمترین عامل ورشکستگی بانک‌ها، ریسک اعتباری می‌باشد . اگر مشتری به موقع تعهدات خود را بازپرداخت نکند، این تسهیلات به صورت مطالبات معوق بانکی در آمده و این امر موجب اختلال در توزیع اعتبارات بانکی و در نتیجه اختلال در اقتصاد کشور می‌شود (۴). موسسات مالی و اعتباری می‌بایست با در نظرگرفتن ریسک اعتباری مشتریان به تقاضاهای آنها مبتنی بر اخذ تسهیلات جامه عمل بپوشانند. چرا که تا به حال مسائل و مشکلات مدیریت پرتفوی تسهیلات، مهمترین دلیل ورشکستگی یا زیان‌دهی بانک‌ها و موسسات مالی و اعتباری بوده‌است(۵). هری مارکویتز بنیانگذار ساختاری مشهور در تئوری مدرن پرتفوی بوده‌است. مهم ترین نقش این تئوری، ایجاد چارچوب ریسک و بازدهی پرتفوی برای تصمیم‌گیری سرمایه گذاران بوده است. مارکویتز با تعریف کمی ریسک

سرمایه گذاری، برای سرمایه‌گذاران در امر انتخاب دارایی‌ها و مدیریت پرتفوی، رویکردی ریاضی ارایه کرد (۱۴). مارکوویتز به صورت کمی نشان داد که تنوع‌سازی پرتفوی دارایی‌ها باعث کاهش ریسک پرتفوی می‌گردد. مدل مارکوویتز در واقع تعیین مجموعه پرتفوی کارا و انتخاب ازمجموعه کارا می باشد. در حقیقت عوامل اساسی و اجزای یک نظام مدیریت پرتفوی همان ریسک و بازده است. لذا این مفهوم عینا برای مدیریت تسهیلات و تعهدات نیز از منظر عوامل یاد شده قابل بکارگیری است و از آنجا که مدیریت پرتفوی تسهیلات، فرآیند مستمر ارزیابی و بهره جویی از انواع فرصت‌های وام دهی در جهت کسب حداکثر بازدهی در چارچوب اهداف کلان مدیریت دارایی همراه با پذیرش حداقل ریسک می‌باشد، مهمترین اجزاء یک مدل مدیریت پرتفوی تسهیلات نیز همان بازدهی و ریسک انواع فرصت‌های وام دهی در بخش‌های مختلف اقتصادی خواهد بود (۳). در این پژوهش در مرحله اول به شناسایی و اندازه‌گیری معیارهای ریسک و همچنین نرخ بازده تسهیلات اعطایی پرداخته و در مرحله بعد به دنبال طراحی مدل بهینه‌سازی سبد اعتباری با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری تجمع ذرات چند هدفه با معیارهای ریسک اعتباری خواهیم بود. لازم به ذکر می‌باشد که پارامترهای موجود در این پژوهش مانند نرخ بازده تسهیلات، ریسک‌های شناسایی شده اعتباری بر اساس نظریه اعتبار فازی مثلثی بوده و همچنین محدودیت‌های حداقل درجه تنوع‌پذیری پرتفوی تسهیلات، حداقل و حداکثر میزان بکارگیری دارایی‌ها در نوع تسهیلات پرداختی، در نظر گرفتن هزینه‌های ایجاد و نگهداری دارایی‌ها در قالب هزینه‌های عام و خاص و همچنین تخصیص بخشی از منابع به دارایی‌های بدون ریسک در طراحی مدل در نظر گرفته شده است. در نهایت مدل طراحی شده با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چند هدفه با استفاده از نرم افزار متلب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

بحث‌های زیادی در خصوص تفاوت‌ها و ویژگی‌های ریسک و عدم اطمینان وجود دارد. این دو مفهوم با یکدیگر در ارتباط بوده اما بر هم منطبق نیستند. بسیاری از نهادهای پولی و مالی در پی شناسایی منابع ریسک و سپس کنترل و مدیریت آن می‌باشند. این نهادها اگر بتوانند ریسک پرتفوی دارایی‌ها را به‌خوبی اندازه‌گیری کنند، خواهند توانست دارایی‌هایی را که موجب افزایش ریسک شده را شناسایی و برای حداقل کردن ریسک پرتفوی اقدام به تخصیص مجدد دارایی‌ها نمایند. جهت آشنائی بیشتر با موضوع مورد نظر در این قسمت به توضیح کلیدواژگان و متغیرهای تحقیق می پردازیم :

معیارهای سنجش پراکندگی

راکفلر و همکاران (۲۰۰۶) چهار خاصیت ذیل را به عنوان یک معیار پراکندگی۱ برای سنجه‌های

متفاوتی که برای سنجش و اندازه‌گیری ریسک دارایی‌های سرمایه‌گذاران به کار گرفته می‌شود، معرفی نمود (۱۷) .

- خاصیت بی‌تفاوتی نسبت به انتقال بیان می‌دارد

۱) بی‌تفاوتی نسبت به انتقال۲	$D(X)= D(X + C)$ for all X and constants C
۲) همگنی مثبت۳	$\lambda >0$ $D(0) = 0$ and $D(\lambda X) = \lambda D(X)$ for all X and all
۳) مثبت بودن (نامنفی بودن)۴	$D(X) \geq 0$ for all X, with $D(X) > 0$ for nonconstant X.
۴) زیرجمع‌پذیری۵	$D(X + Y) \leq D(X)+D(Y)$ for all X and Y

- که با اضافه شدن یک مقدار ثابت مثبت به پرتفوی، ریسک آن متغیر تغییری نمی‌کند.
- خاصیت همگنی مثبت بیان می‌دارد که افزایش یا کاهش دارایی با یک ضریب مثبت، موجب افزایش یا کاهش ریسک پرتفوی به اندازه همان ضریب مثبت خواهد شد.
- خاصیت مثبت بودن (نامنفی بودن) بیان می‌دارد که پراکندگی یک متغیر تنها در حالتی صفر می‌شود که آن متغیر ثابت باشد. در غیر اینصورت تمام متغیرها دارای پراکندگی مثبت می‌باشند.
- خاصیت زیرجمع‌پذیری بیان می‌دارد که ریسک دو دارایی که با هم تشکیل پرتفوی را می‌دهند از مجموع ریسک هر یک از متغیرها کمتر می‌باشد.

راشف و همکاران (۲۰۰۸) در ادامه سه خاصیت ذیل را به عنوان یک معیار پراکندگی برای سنجه‌های متفاوتی که برای سنجش و اندازه‌گیری ریسک دارایی‌های سرمایه‌گذاران به کار گرفته می‌شود، معرفی نمود (۱۶) .

۱) انتقال مثبت	$D(X + C) \leq D(X)$ for all X and constants $C \geq 0$
۲) همگنی مثبت	$D(0) = 0$ and $D(\lambda X) = \lambda D(X)$ for all X and all $\lambda >0$
۳) مثبت بودن (نامنفی بودن)	$D(X) \geq 0$ for all X, with $D(X) > 0$ for nonconstant X

- خاصیت انتقال مثبت بیان می دارد که اضافه شدن یک مقدار مثبت هیچ‌گاه پراکندگی متغیر تصادفی را افزایش نخواهد داد.

معیارهای ریسک منسجم

آرتزنر و همکاران (۱۹۹۹) یک سری از اصول قراردادی برای یک سنجه ریسک ارائه دادند (۱۰) . به عنوان مثال (اگر $\rho(X)$ به‌عنوان تابع ریسک در نظر بگیریم) :

ویژگی اول:خاصیت یکنواختی۶ for all real X and $Y \in G$ with $Y \geq X$; $\rho(Y) \leq \rho(X)$

ویژگی دوم: همانندی مثبت۷ for all $\lambda \geq 0$. and all $X \in G$; $\rho(\lambda X) = \lambda \rho(X)$

ویژگی سوم: زیرجمع‌پذیری $\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$; for all real X and Y $\in$G,

ویژگی چهارم: بی‌تفاوتی[۸] $\rho(X + C) = \rho(X) - C$; for all real numbers C

- خاصیت اول بیان می‌دارد که اگر در تمامی حالات ممکن بازدهی پرتفوی Y از بازدهی پرتفوی X بیشتر باشد، در این حالت ریسک پرتفوی Y هیچ‌گاه بیشتر از ریسک پرتفوی X نخواهد بود.
- خاصیت دوم بیان می‌داردکه افزایش یا کاهش در بازدهی پرتفوی، ریسک آن را به همان میزان افزایش یا کاهش می‌دهد.
- خاصیت سوم در حقیقت همان خاصیت تنوع‌سازی پرتفوی بوده و بیان می‌دارد که ریسک دو دارایی که با هم تشکیل پرتفوی را می‌دهند ، از مجموع ریسک هر یک از متغیرها کمتر می‌باشد.
- خاصیت چهارم بیان‌کننده این موضوع است که اضافه شدن یک مقدار ثابت همانند یک اوراق بهادار با درآمد ثابت به پرتفوی دارایی‌ها، ریسک را تغییر می‌دهد. حال اگر این مقدار ثابت مثبت باشد، اضافه شدن آن منجر به کاهش ریسک خواهد شد.

تئوری اعتبار فازی

تئوری فازی توسط پروفسور لطفی زاده در مقاله مجموعه‌های فازی معرفی گردید. یکی از مهم‌ترین بخش‌های نظریه فازی، تئوری امکان می‌باشد که برای مواجهه شدن با اکثر پدیده‌هایی که در آن‌ها عدم قطعیت وجود دارد مورداستفاده قرار می‌گیرد (۱۳). این تئوری برای اقدام در شرایط عدم اطمینان که قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که مبهم بوده و دقیق نیستند به شکل ریاضی درآورده و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. در نظریه امکان، عدم اطمینان یک پیشامد توسط دو عدد مشخص می‌شود:

- درجه امکان خود پیشامد
- درجه لزوم پیشامد (درجه لزوم پیشامد = درجه امکان پیشامد نقیض —۱)

درجه امکان یک پیشامد با درجه لزوم آن الزاماً برابر نیست. ما در بررسی امکان وقوع یک پیشامد، هم زمینه‌ها و قرائن وقوع آن پیشامد و هم زمینه‌ها و قرائن وقوع پیشامد نقیض را بررسی می‌کنیم. با اینکه میزان امکان یک رویداد فازی، بسیار مهم و پرکاربرد است اما به‌هرحال این فاکتور فاقد خاصیت خود دوگانگی است. عدم داشتن این خاصیت منجر به این خواهد شد که حداکثر امکان یک رویداد فازی نتواند وقوع قطعی این رویداد را تضمین نموده و درنتیجه نمی‌توان به این مقدار اعتماد کرد. در ادامه لیو و لیو تئوری اعتبار را به‌عنوان‌گزینه رقیب برای امکان مجموعه فازی، ارائه کردند. امتیاز این معیار داشتن

خاصیت خود دوگانگی است. نظریه اعتبار پس از ارائه بر اساس مفاهیم پایه‌ای مطرح‌شده به‌سرعت گسترش یافت (۱۲). اگر Θ را به‌عنوان‌مثال مجموعه غیر تهی (به نمایندگی از فضای نمونه) در نظر بگیریم و $P(\Theta)$ مجموعه توانی Θ باشد، آنگاه هر عنصری که در $P(\Theta)$ قرار دارد، یک رویداد نامیده می‌شود. برای ارائه یک تعریف بدیهی اعتبار، لازم است به هر رویداد A، یک عدد $Cr\{A\}$، که نشان می دهد اعتبار A رخ خواهد داد اختصاص یابد. علاوه بر این، برای اینکه اطمینان حاصل شود که یک عدد $Cr\{A\}$ دارای برخی از خواص ریاضی است که ما به‌طور شهودی ازنظریه اعتبار انتظار داریم، می‌بایست چهاراصل بدیهی زیر را دارا باشد:

اصل اول (نرمال بودن): $\mathrm{Cr}\{\Theta\} = 1$

اصل دوم (یکنواختی): وقتی‌که $A \subset B$ آنگاه $Cr\{A\} \leq Cr\{B\}$

اصل سوم (خود دوگانگی): برای هر رویداد $A \in P(\Theta)$ آنگاه $Cr\{A\} + Cr\{A^c\} = 1$

اصل چهارم (حداکثر سازی): برای هر رویداد $\{A_i\}$ در نظر گرفتن $\mathrm{Cr}\{A_i\} \leq 0.5$ آنگاه: $Cr\{U_i A_i\} = \sum sup_i Cr\{A_i\}$

- اصل نرمال بودن در تئوری اعتبار فازی بیان می‌دارد که اعتبار رخ دادن کل مجموعه غیر تهی که به نمایندگی از فضای نمونه انتخاب شده است ، همواره برابر با یک می‌باشد.
- اصل یکنواختی در تئوری اعتبار فازی بیان می‌دارد زمانی که B زیرمجموعه A باشد، در اینصورت اعتبار رخ دادن مجموعه B از اعتبار رخ دادن A کمتر می‌باشد.
- اصل خود دوگانگی در تئوری اعتبار فازی بیان می‌دارد که برای هر مجموعه A عضو $P(\Theta)$ ، جمع اعتبار رخ دادن مجموعه مذکور با اعتبار رخ دادن مجموعه مکمل آن، همواره برابر با یک می‌باشد.
- اصل حداکثر سازی در تئوری اعتبار فازی بیان می‌دارد که اگر اعتبار رخ دادن رویداد برابر با یک باشد، هیچ قطعیتی در نتیجه همان رویداد وجود ندارد. زیرا ممکن است این باور که این رویداد رخ نمی‌دهدقابل درک باشد وزمانی که هیچگونه اطلاعاتی درموردراندازه اعتبار یک‌رخداد وجود نداردباید آن را ۰,۵ در نظر بگیریم در این صورت اعتبار رخ دادن رخداد و مکمل آن یکسان در نظر گرفته می‌شود.

اکنون فرض کنید ξ یک متغیر فازی با تابع μ باشد. حال برای هر مجموعه B از مجموعه اعداد حقیقی می‌توان را نوشت:

$$Cr(\xi \epsilon B) = \frac{1}{2}\left(\sup_{x \in B} \mu(x) + 1 - \sup_{x \in B^c} \mu(x)\right)$$

حال در حالت خاص‌تر می‌توان اثبات کرد(برای هر $r\in R$)

$$Cr(\xi \le r) = \frac{1}{2}\left(\sup_{x \le r} \mu(x) + 1 - \sup_{x > r} \mu(x)\right)$$

همچنین لیو و گائو (۲۰۰۷) مفهوم استقلال متغیرهای فازی را ارائه دادند. براین اساس به متغیرهای ξ1 و ξ2 و ... و ξm متغیرمستقل گفته می‌شود، اگر و تنها اگر برای هر مجموعه B1 , B2 , … , Bm ϵR رابطه زیر وجود داشته باشد:

$$Cr\left\{\bigcap_{i=1}^{m}\{\xi_i \in B_i\}\right\} = \min_{1 \le i \le m} cr\{\xi_i \in B_i\}$$

مفهوم ریسک اعتباری

ریسک اعتباری را می‌توان بدین صورت تعریف کرد: احتمال تعویق، مشکوک شدن وصول یا عدم وصول تسهیلات ارائه شده به مشتریان به نحویکه قرض‌کننده وجه، قادر به پرداخت اصل و فرع وام خود طبق شرایط مندرج در قرارداد نمی باشد و این امر موجب ایجاد مشکلاتی در گردش وجوه نقد بانک گردد(۱). همان طور که از تعریف بر می‌آید این ریسک به حالت‌های زیر خود را نشان می‌دهد:

۱. احتمال کاهش توان بازپرداخت اصل و فرع تسهیلات دریافتی توسط مشتری.

۲. احتمال عدم باز پرداخت اصل و فرع تسهیلات دریافتی توسط مشتری.

با توجه به اینکه سرمایه بانک‌ها نسبت به کل ارزش دارایی‌های آنها کم است، حتی اگر درصدکمی از وام‌ها قابل وصول نباشند، بانک با خطر ورشکستگی روبه رو خواهد شد. انواع ریسک اعتباری عبارتند از:

- ریسک اعتباری خاص، شامل احتمال عدم ایفای تعهد در نتیجه شرایط خاص متعهد به بانک.

- ریسک اعتباری سیستماتیک، شامل عدم ایفای تعهد در نتیجه شرایط اقتصادی مانند رکود و بحران اقتصادی.

سیستم بانکی به طور مداوم با ریسک مواجه است و حذف آن امکان ندارد تنها می‌توان آن را مدیریت نمود، مدیریت ریسک، وظیفه‌ای شامل فرایندها، روشها و ابزاری برای اداره ریسک درفعالیت‌های سازمانی است در نتیجه بانک‌ها باید یک سیستم هماهنگ و منسجم را ایجاد کنند تا هم در عصر حاضر که رقابت نظام‌های اقتصادی شدت گرفته از کارایی و سرعت لازم برخوردار باشند و همچنین احتمال عدم برگشت

اصل و فرع تسهیلات اعطا شده کاهش یابد تا در نتیجه ریسک اعتباری کاهش یابد. بنابراین برای جلوگیری از ضرر و بهبود وضعیت بانک‌ها باید تصمیماتی اتخاذ شود که هر یک از این تصمیمات در جهت مدیریت ریسک میتواند دارای تاثیر مثبت یا منفی بر کارایی یک بانک نیز باشد (۷). ریسک‌هائی که بر نهاد مالی تأثیر می‌گذارند را در سه سطح زیرتقسیم بندی نمود:

- سطح اول، ریسک‌هائی که نهاد مالی هیچگونه کنترل و تأثیری بر آنها ندارد و تنها از آنها تأثیر می‌پذیرد.
- سطح دوم، ریسک‌هائی است که نهاد مالی بر آنها تأثیر دارد اما این تأثیر اندک است و بیشترتأثیر می‌پذیرد.
- سطح سوم، ریسک‌هائی هستند که بر نهاد مالی تأثیر می‌گذارند ولی نهاد مالی با اعمال روشها و ابزارهایی می‌تواند آنها را تحت کنترل خود درآورد و مدیریت کند (۸) .

در میان ریسک‌هائی که بانک ها ومؤسسات مالی را تهدید می‌کند، ریسک اعتباری به دلیل محوریت، حجم عملیات و به ویژه حساسیت آن، مهمترین ریسک به شمار می‌رود، بنابراین تنها ریسک‌های سطح سوم می‌باشند که نهاد مالی توسط روشها وابزارهای مدیریت ریسک می‌تواند برآنها فائق آید و کنترل نماید .

مفهوم بهینه سازی

هدف از بهینه‌سازی، یافتن بهترین جواب قابل قبول، با توجه به محدودیت‌ها و نیازهای مسأله است. برای یک مسأله، ممکن است جواب‌های مختلفی موجود باشد که برای مقایسه آنها و انتخاب جواب بهینه، تابعی به نام تابع هدف تعریف می‌شود. انتخاب این تابع به طبیعت مسأله وابسته است. به عنوان مثال، زمان سفر یا هزینه از جمله اهداف رایج بهینه‌سازی شبکه‌های حمل و نقل می‌باشند.. به هر حال، انتخاب تابع هدف مناسب، یکی از مهم‌ترین گام‌های بهینه‌سازی است. گاهی در بهینه‌سازی چند هدف به طور هم زمان مد نظر قرار می‌گیرد؛ این گونه مسائل بهینه‌سازی را که دربرگیرنده چند تابع هدف هستند، مسائل چند هدفی می‌نامند. ساده‌ترین راه در برخورد با این گونه مسائل، تشکیل یک تابع هدف جدید به صورت ترکیب خطی توابع هدف اصلی است که در این ترکیب میزان اثرگذاری هر تابع با وزن اختصاص یافته به آن مشخص می‌شود. هر مسأله بهینه‌سازی دارای تعدادی متغیر مستقل است که آنها را متغیرهای طراحی می‌نامند که با بردار n بعدی x نشان داده می‌شوند. هدف از بهینه‌سازی تعیین متغیرهای

طراحی است، به گونه‌ای که تابع هدف کمینه یا بیشینه شود. مسائل مختلف بهینه‌سازی به دو دسته زیر تقسیم می‌شود:

الف) مسائل بهینه‌سازی بی‌محدودیت: در این مسائل هدف، بیشینه یا کمینه کردن تابع هدف بدون هر گونه محدودیتی بر روی متغیرهای طراحی می‌باشد.

ب) مسائل بهینه‌سازی با محدودیت: بهینه‌سازی در اغلب مسائل کاربردی، با توجه به محدودیت‌هایی که صورت می‌گیرد؛ محدودیت‌هایی که در زمینه رفتار و عملکرد یک سیستم می‌باشد. معادلات معرف محدودیت‌ها ممکن است به صورت مساوی یا نامساوی باشند که در هر مورد، روش بهینه‌سازی متفاوت خواهد بود. به هر حال محدودیت‌ها، ناحیه قابل قبول در طراحی را معین می‌کنند. برای بهینه سازی پورتفوی بر مبنای الگوی مدیریت ریسک مارکویتز از، الگوی برنامه ریزی غیرخطی زیر استفاده می‌کنیم:

$$Min\ Z = \delta_p^2$$

$$\text{St:} \quad \bar{r}_p = \sum_{j=1}^{M} x_j \bar{r}_j$$

$$\sum_{j=1}^{M} x_j = 1$$

$$x_j \geq 0$$

در خصوص مطالعات مشابه صورت گرفته، تحقیقی که به طور مستقیم به موضوع مورد نظراشاره کند، انجام نشده است و اکثر تحقیقات صورت گرفته در خصوص شرکت‌های سرمایه گذاری و بورس می‌باشد. در واقع انجام این روش در بانک درخصوص بهینه‌سازی ریسک‌های اعتباری، از نوآوری‌های تحقیق حاضر محسوب می‌شود. با این وجود به ارائه چند نمونه از مطالعات صورت گرفته پیرامون موضوع مورد نظر بسنده می‌کنیم :

رولت (۲۰۱۷) در مقاله خود به تحلیل و بررسی تاثیر قوانین جدید بازل تحت عنوان بازل ۳ بر روی مقررات نقدشوندگی سرمایه‌گذاری‌ها در بانک و تخصیص وام به مشتریان در شرایط بحران اقتصادی (۲۰۰۸) با استفاده از اطلاعات بانک‌های تجاری اروپا پرداخت. بر اساس نتایج این مطالعه، در شرایط بحران اقتصادی ۲۰۰۸، نسبت‌های سرمایه تاثیرات عمیق و منفی بر روی بازپرداخت و سایر عوامل مرتبط با تخصیص تسهیلات در بانک‌های اروپایی را به دنبال داشته است که نتیجه آن از بین رفتن قابلیت اهرمی بودن و اصطلاحا " بحران اعتباری " را برای بانک‌های اروپایی به دنبال داشته‌است (۱۸) . متاوا (۲۰۱۷) از تکنیک‌های هوشمند نظیر نوعی از الگوریتم ژنتیک در تصمیم‌گیری در فضای عملیات بانکی

نظیر اعطای تسهیلات استفاده نمود. در این پژوهش با کمک GAMCC۹ چارچوبی برای بهینه‌سازی اهداف مالی بانکی شامل افزایش سود و کاهش احتمال خطا ایجاد شد که با جستجوی پویای تصمیمات به دست آمد. نتایج بدست آمده حاکی از این است که در روش پیشنهادی، زمان نظارت بر تسهیلات از ۱۲درصد تا ۵۰درصد کاهش می‌یابد (۱۵) . سرینگنانو و همکاران (۲۰۱۶) مدلی متفاوت برای حل مساله برنامه‌ریزی تخصیص وام در بخش‌هایی نظیر منزل، کارت‌های اعتباری، خودرو، امور دانشجویی یا فعالیت تجاری ارائه دادند و جهت ارزیابی الگوریتم پیشنهادی از داده‌های موسسات مالی و سرمایه‌گذاری با نرخ بهره ثابت۱۰ استفاده کردند. در این مساله به جای به کارگیری برنامه‌ریزی غیر خطی چند بعدی که به سختی قابل محاسبه می‌باشد، از روش الگوریتم تقریبی۱۱ استفاده شده است .

کیانی قلعه‌نو و همکاران (۱۳۹۹) مقاله‌ای با عنوان مدل برنامه‌ریزی چند هدفه برای بهینه‌سازی پرتفوی مالی در بانک کشاورزی استان سیستان و بلوچستان انجام دادند. این پژوهش در نظر داشت یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه طراحی کند که اهداف آن ماکزیمم‌سازی بازدهی و مینیم‌سازی ریسک بود. رویکرد مسئله به گونه‌ای بود که با اخذ هزینه‌های اداری و پرسنلی و نرخ‌های سود سپرده و تسهیلات و نرخ مبادلات بازار داخلی بتواند پرتفوهای متنوع پیشنهاد دهد. به دلیل ماهیت مسئله که دارای تابع هدف درجه دو می‌باشد، مدل با استفاده از الگوریتم تکاملی NSGAII حل شد. خروجی حل مسئله که مرز در واقع مرز پاراتو بودند ، پرتفوهای کارایی بودند که می‌توانستند هر یک متناسب با میزان بازدهی و ریسک متنوع به عنوان پرتفوی کارا انتخاب شوند (۶). ناجی اصفهانی و رستگار (۱۳۹۷) مقاله‌ای با عنوان برآورد ریسک اعتباری مشتریان با استفاده از تحلیل چند بعدی ترجیحات در بانک تجاری را منتشر کردند. نتایج حاکی از کارایی روش استفاده شده جهت پیش‌بینی رفتار اعتباری مشتریان بانک بود. با توجه به مزیت‌های روش استفاده شده که شامل، عدم وابستگی به سابقه عملکرد مالی شرکت‌ها و دقت پیش‌بینی این روش نسبت به روش‌های متداول بود، پیشنهاد شد از این روش به عنوان ورودی تحقیقات مدیریت پرتفوی اعتباری بانک‌ها استفاده گردد (۹). دلوی و همکاران (۱۳۹۴) مطالعه‌ای به نام کاربرد الگوریتم ژنتیک چند هدفه در بهینه سازی پرتفوی تسهیلات بانک ملی استان اصفهان انجام دادند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که پرتفوی بهینه تسهیلات که توسط الگوریتم ژنتیک چند هدفه بدست آمده است، متفاوت از پرتفوی فعلی بانک بوده و پوشش دهنده محدودیت‌ها و سیاست‌های مختلف حاکم بر اعطای تسهیلات می‌باشد. همچنین نرخ بهره مؤثر و درجه کارایی تسهیلات مبتنی بر مدل بالاتر از نرخ بهره مؤثر و درجه کارایی سبد فعلی تسهیلات است(۲) .

روش‌شناسی پژوهش و ارائه مدل

تحقیق حاضر از لحاظ جمع آوری اطلاعات در زمره تحقیقات توصیفی و از لحاظ ماهیت و هدف از نوع توسعه ای-کاربردی است. ابزار گردآوری اطلاعات در این تحقیق پرونده‌های اعتباری موجود در بانک انصار وابسته به بانک سپه و گزارشات گرفته‌شده از داشبورد اعتباری موجود در بانک می‌باشد. معیارهای ریسک استفاده شده در مدل‌ها عبارتند از : ارزش در معرض خطر فازی، قدرمطلق انحرافات روبه پایین فازی و نیم آنتروپی. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه پرونده‌های تسهیلاتی ۱۰ سال اخیر و هم چنین صورت وضعیت‌های مالی شعب بانک انصار وابسته به بانک سپه می‌باشد که به روش سرشماری انتخاب شدند. در این تحقیق ابتدا اهداف و شاخص‌های مسئله بهینه‌سازی پرتفوی را بر اساس پیشینه پژوهش و ماهیت کاربردی مسئله حاضر، مورد بررسی قرار داده و درنهایت شاخص‌های اصلی انتخاب می‌شود. سپس در مرحله دوم هر یک اهداف و محدودیت‌ها را در حالت عدم قطعیت و ابهام و بر اساس اصول تئوری اعتبار فازی برای حالتی که نرخ بازده مورد انتظار سهام به‌صورت عدد فازی مثلثی است، به دست می‌آوریم و در مرحله سوم سه مدل چند هدفه فازی مبتنی بر معیارهای انتخاب‌شده طراحی می‌گردد. مدل‌های پژوهش با استفاده از الگوریتم MOPSO اجرا خواهدشد. نرم‌افزار مورد استفاده در اجرای تحقیق نرم افزار Matlab می‌باشد.

ارزش مورد انتظار[۱۲] یک متغیر فازی

در ادبیات موضوعی، نظریه های متفاوتی برای تعریف ارزش مورد انتظار برای متغیرهای فازی وجود دارد، به‌عنوان‌مثال، کامپوس و گنزالس (۱۹۸۹)، دوبوا و پراد (۱۹۸۷)، هیلپرن (۱۹۹۲) و یاگر (۱۹۸۱) در این زمینه نظریه‌هائی ارائه نموده‌اند اما کلی‌ترین تعریف ارزش مورد انتظار متغیر فازی توسط لیو و لیو (۲۰۰۸) ارائه‌شده است که دارای مزیت‌هایی از منظر کاربردی بودن آن برای متغیرهای فازی پیوسته و گسسته می باشد. هنگامیکه $\xi = (a.b.c)$را یک متغیر فازی مثلثی در نظر می گیریم به‌طوری‌که$a <$ $b < c$ باشد آنگاه $E[\xi]$ توسط رابطه ذیل به دست می‌آید:

$$E\left[\tilde{\xi}\right] = \frac{a + 2b + c}{4}$$

ارزش در معرض خطر[۱۳] فازی

اگر $\xi = (a.b.c)$یک متغیر فازی و $\alpha \in (0\ \ 1]$ سطح اطمینان باشد، پس $VaR_{\alpha}(\xi)$ برابر است با:

$$VaR_{\alpha}(\xi) = -inf\left\{x\middle|\mathrm{Cr}\ (\xi \le x) \ge \alpha\right\}$$

معادله فوق نشان‌دهنده این است که بیشترین زیان ξ با سطح اطمینان α برابر x می‌باشد (پنگ،۲۰۱۱). و با استفاده از تئوری اعتبار ارزش در معرض خطر فازی به‌صورت زیر بیان می‌گردد.

$$VaR_{\alpha}(\xi)= \begin{cases} 2(a-b)\alpha-a & \text{if } \alpha\le 0.5, \\ 2(b-c)\alpha+c-2b, & \text{if } \alpha>0.5. \end{cases}$$

قدرمطلق انحرافات رو به پایین فازی

کونو و همکاران (۱۹۹۹) قدر مطلق انحرافات را به عنوان معیار ریسک معرفی کردند. اگر $\xi = (a.b.c)$را یک متغیر فازی مثلثی در نظر بگیریم آنگاه قدرمطلق انحرافات روبه پایین بصورت ذیل تعریف می‌شود:

$$LAD[\xi] = \begin{cases} \dfrac{(3(b-a)+(c-b))^2}{64(b-a)} & if\ b-a \ge c-b \\ \dfrac{((b-a)+3(c-b))^2}{64(c-b)} & if\ b-a \le c-b \end{cases}$$

نیم آنتروپی فازی

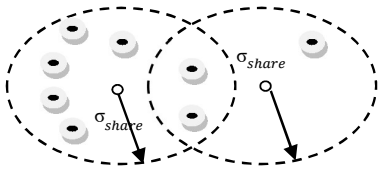
ژو و همکاران (۲۰۱۶) نیم آنتروپی فازی را معرفی کرده و به عنوان معیار ریسک در مسئله بهینه سازی پرتفوی استفاده نمودند. همچنین نیم‌آنتروپی به عنوان یک معیار پذیرفته‌شده برای اندازه‌گیری درجه تنوع بخشی پرتفوی نیزاستفاده شده است (۱۱) . اگر $\xi = (a.b.c)$ یک عدد فازی مثلثی در نظر بگیریم نیم‌آنتروپی به‌صورت زیر بیان می‌گردد.

$$S_h(\xi)\begin{cases} (b-a)\rho-(b-a)\zeta(\rho); & if\ \dfrac{a+2b+c}{4} \le b \qquad \rho=\dfrac{2b+c-3a}{8(b-a)} \\ \dfrac{b-a}{2}+(c-b)\zeta(\tau)\ ; & if\ \dfrac{a+2b+c}{4} > b \qquad \tau=\dfrac{3c-2b-a}{8(c-b)} \end{cases}$$

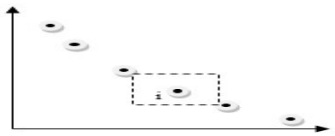
الگوریتم ازدحام ذرات چندهدفه(MOPSO)

ژاکلین مور و ریچارد چپمن (۱۹۹۹) اولین الگوریتم بهینه‌سازی تجمعی ذرات توسعه‌یافته برای مسائل چندهدفه را ارائه کردند. الگوریتم ارائه‌شده توسط آنان بر اساس پارتو بوده که در آن علاوه بر بردارهای دیگر، به ازای هر ذره بردار جواب‌های نامغلوب نیز تعریف می‌شود. کوئلو (۲۰۰۸) با بررسی الگوریتم ارائه شده مور، الگوریتمی را ارائه کردند که در آن ملاک انتخاب یک جواب از بین جواب‌های

نامغلوب، استفاده از روش فاصله ازدحام و روش نیچه با در نظر گرفتن σ_{share} معرفی‌شده‌است. شکل (۱) حاکی از آن است که با استفاده از روش فاصله ازدحام، ذره‌ای به‌عنوان Gbest انتخاب می‌شود که فاصله ازدحامی بیشتری داشته باشد و شکل (۲) بیان می‌کند که با استفاده از روش نیچه، ذره‌ای به‌عنوان Gbest انتخاب می‌شود که شمارشگر نیچه nci (میزان تجمع اطراف یک جواب) کمتر باشد. و برای هر جواب، مقدار شمارشگر نیچه‌ای انتخاب و تعیین می‌شود.



شکل ۲) روش نیچه ذره ای



شکل ۱) نحوه تخمین فاصله ازدحامی نزدیک‌ترین همسایه

شبه کد الگوریتم MOPSO

۱: ایجاد جمعیت اولیه

۲: مقداردهی اولیه به‌سرعت هر ذره

۳: ارزیابی هر ذره از جمعیت

۴: جدا کردن اعضای نامغلوب جمعیت و ذخیره آن‌ها در آرشیو خارجی

۵: جدول‌بندی فضای هدف کشف‌شده

۶: هر ذره از میان اعضای آرشیو، رهبری انتخاب کرده و حرکت می‌کند.

۷: بهترین خاطره شخصی هر یک از ذرات به‌روز می‌شود.

۸: اعضای نامغلوب جمعیت فعلی به آرشیو اضافه می‌شود.

۹: اعضای مغلوب آرشیو حذف می‌شود.

۱۰: اگر تعداد اعضای آرشیو بیش از ظرفیت تعیین‌شده باشد، اعضای اضافی نیز حذف می‌شوند (اندازه آرشیو محدود است) .

۱۱: اگر شرایط خاتمه محقق نشده باشد، به مرحله ۵ باز می‌گردیم و در غیر این صورت، کار پایان می‌یابد.

ساختار مدل پیشنهادی

مدل فازی بهینه‌سازی چندهدفه بر اساس تئوری اعتبار برای مسئله انتخاب سبد تسهیلات به‌صورت ذیر فرموله می‌شود:

Problem

$$\max W_T=W_1 \prod_{t=1}^{T}\left(1+\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{a_{it}+2*b_{it}+c_{it}}{4}\right)x_{it}+r_f(0.132\sum_{i=1}^{n}x_{it})-\sum_{i=1}^{n}COST_{it}(|x_{it}|)\right)$$

$$\text{Min } VaR(\alpha)=\sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{i=1}^{n}\left((2(b_{it}-c_{it})\alpha+c_{it}-2b_{it})\right)x_{it}\right] \quad \alpha \geq 0.5$$

$$min\ S_h[\xi]$$

$$=\begin{cases}\sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{i=1}^{n}\left((b_{it}-a_{it})\rho_{it}-(b_{it}-a_{it})\zeta(\rho_{it})\right)x_{it}\right] & if \ \frac{a_{it}+2*b_{it}+c_{it}}{4}\leq b_{it}\\ \sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{b_{it}-a_{it}}{2}+(c_{it}-b_{it})\zeta(\tau_{it})\right)x_{it}\right] & if \ \frac{a_{it}+2*b_{it}+c_{it}}{4}>b_{it}\end{cases}$$

$$\rho_{it}=\frac{(2b_{it}+c_{it}-3a_{it})}{8(b_{it}-a_{it})};i=1\dots n \ ; \quad t=1.\dots.T$$

$$\tau_{it}=\frac{(3c_{it}-2b_{it}-a_{it})}{8(c_{it}-b_{it})};i=1\dots n \ ; \quad t=1.\dots.T$$

$$\min LAD\ [\xi]$$

$$=\begin{cases}\sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{(3(b_{it}-a_{it})+(c_{it}-b_{it}))^2}{64(b_{it}-a_{it})}\right)x_{it}\right]; & if \ b_{it}-a_{it}\geq c_{it}-b_{it}\\ \sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{((b_{it}-a_{it})+3(c_{it}-b_{it}))^2}{64(c_{it}-b_{it})}\right)x_{it}\right] \ ; & if \ b_{it}-a_{it}<c_{it}-b_{it}\end{cases}$$

Subject to :

$$\sum_{i=1}^{n}x_{it}+x_{r_f t}=1 \qquad i=1\dots n \quad t=1.\dots.T \qquad (۱)$$

$$*\ R_t \geq \quad min_r_t \qquad t=1.\dots.T \qquad (۲)$$

$$-\sum_{i=1}^{n} x_{it} Ln x_{it} \geq \mathrm{e} \qquad \mathrm{t} = 1. \ldots . \mathrm{T} \quad \mathrm{i}=1,2\ldots,\mathrm{n} \qquad 0 \tag{۳}$$

$$x_{it} \geq 0 \qquad i = 1 \ldots n \;\; ; \;\; \mathrm{t} = 1. \ldots . \mathrm{T} \tag{۴}$$

$$L_{it} \leq x_{it} \leq \mathcal{U}_{it} \qquad i = 1 \ldots n \;\; ; \mathrm{t} = 1. \ldots . \mathrm{T} \tag{۵}$$

$$h_t \leq \sum_{.}^{\mathrm{n}} \mathcal{Y}_{it} \leq K_{\mathrm{t}} \qquad i = 1 \ldots n \qquad \mathrm{t} = 1. \ldots . \mathrm{T} \tag{۶}$$

$$\mathcal{Y}_{it} \epsilon\, [0,1] \qquad i = 1 \ldots n \;\; ; \mathrm{t} = 1, \ldots, \mathrm{T} \tag{۷}$$

$$R_t = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\mathrm{a_{it}}+2*\mathrm{b_{it}}+\mathrm{c_{it}}}{4}\right) x_{it-} \sum_{i=1}^{n} Cost_{it}(|x_{it} - x_{it-1}|) \;\; ; \quad i = 1 \ldots n \;\; \mathrm{t}$$

شرح توابع هدف

۱- هدف اول : حداکثرسازی درآمد کسب شده حاصل از اعطای تسهیلات در عقدهای مختلف

۲- هدف دوم : حداقل نمودن ریسک‌های حاصل شده از اعطای تسهیلات در عقدهای مختلف

۳- هدف سوم : انتخاب بهترین مدل از مدل‌های ارائه شده برای کسب درآمد بالاتر و پذیرش ریسک کمتر

یافته‌های پژوهش

شناسائی شاخص‌های اصلی بهینه سازی پرتفوی بر اساس پیشینه پژوهش و اطلاعات موجود در پرونده‌های تسهیلاتی بانک

جدول ۱ : شاخص‌های اصلی بهینه سازی پرتفوی

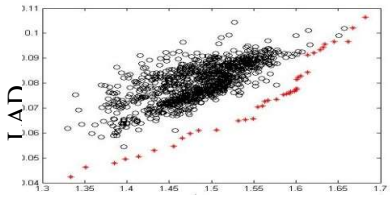
قرض	جعاله	مرابحه
مضاربه	فروش اقساطی	حساب مبادلات
سلف	اجاره به شرط تملیک	----------
مشارکت مدنی	خرید دین	----------

اجرای مدل‌های Mean –VaR, Mean –LAD, Mean –Semi Entropy

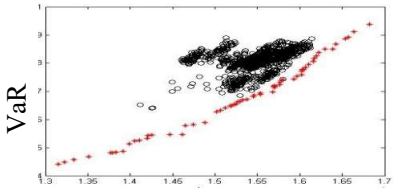
با اجرای مدلها توسط الگوریتم MOPSO، جبهه‌های بهینه پارتو را با ۱۰۰۰ بار تکرار نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن درجه تنوع بخشی پرتفوی برابر۱/۵، تعداد پرتفوی‌های نامغلوب به دست آمده ۲۲۳

پرتفوی می‌باشد. لازم به ذکر می‌باشد که جبهه‌های بهینه پارتو حاصل از اجرای مدل‌ها در شکل (۳) و همچنین جدول (۲) حداکثر، حداقل، میانگین و انحراف معیار درآمد نهایی کسب شده توابع هدف در کل پرتفوهای بهینه و در نهایت جدول شماره (۳) حداکثر، حداقل، میانگین و انحراف معیار ریسک ایجاد شده نهایی توابع هدف در کل پرتفوهای بهینه را نشان می‌دهد.

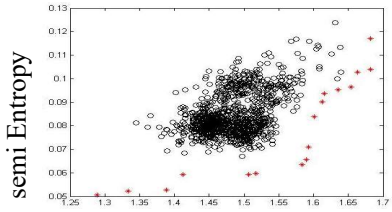
جبهه های بهینه پارتو حاصل از اجرای مدل
Mean –LAD



جبهه های بهینه پارتو حاصل از اجرای مدل
Mean –VaR



جبهه های بهینه پارتو حاصل از اجرای مدل
Mean –Semi Entropy



شکل ۳ - جبهه‌های پارتو بهینه حاصل از اجرای الگورینم برای مدل‌های تحقیق

جدول ۲ : حداکثر، حداقل، میانگین و انحراف معیار درآمد نهایی پرتفوی‌های بهینه برای مدل‌های تحقیق

عنوان	درآمد پرتفوی بهینه Mean-VaR	درآمد پرتفوی بهینه Mean-LAD	درآمد پرتفوی بهینه Mean-Semi Entropy
Max	۱۶,۹۸۵	۱۶,۸۰۸	۱۶,۷۵۹
Min	۱۳,۷۷۸	۱۳,۷۴۴	۱۳,۷۰۱
Mean	۱۵,۷۶۷	۱۵,۵۵۰	۱۵,۴۹۳
Sd	۷۶۲	۲,۴۴۳	۳۹۴

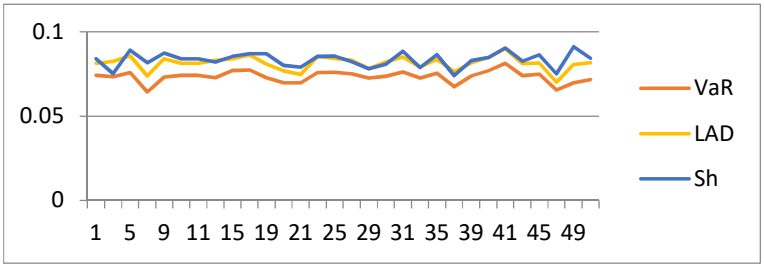
جدول ۳ - حداکثر، حداقل، میانگین و انحراف معیار ریسک ایجاد شده پرتفوی‌های بهینه برای مدل‌های تحقیق

عنوان	ریسک پرتفوی بهینه Mean-VaR	ریسک پرتفوی بهینه Mean-LAD	ریسک پرتفوی بهینه Mean-Semi Entropy
Max	۰,۰۹۳۸۲	۰,۰۹۴۲۶	۰,۱۰۹۹
Min	۰,۰۴۴۱۸	۰,۰۴۲۲۸	۰,۰۵۴۱
Mean	۰,۰۶۸۲۹	۰,۰۷۵۳۲	۰,۰۸۱۰
Sd	۰,۰۱۳۰۲	۰,۰۱۴۷۷	۰,۰۱۵۵۲

نتیجه گیری و پیشنهادات

ریسک و بازده دو عاملی هستند که همواره در حوزه صنعت بانکداری مطرح بوده‌اند. بسیاری از نهادهای مالی درپی شناسایی منابع ریسک و سپس کنترل و مدیریت آن می‌باشند. به همین منظور در این پژوهش یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه چند دوره‌ای را ارئه نمودیم. معیارهای ریسک ارائه شده در این مدل، ارزش در معرض خطر فازی، قدرمطلق انحرافات رو به پایین فازی و نیمه آنتروپی فازی می‌باشد. مدل ارائه شده به گونه‌ای طراحی شد که علاوه بر در نظر گرفتن هزینه ایجاد دارایی (تسهیلات) در قالب هزینه عام که در مدل‌های چند دوره‌ای به واسطه تخصیص مجدد منابع در ابتدای هر دوره تاثیر مهمی در درآمد نهایی همان دوره دارد. بخشی از منابع نیز به دارایی‌های بدون ریسک در قالب حساب مبادلات در اختیار حوزه مرکزی به جهت بکارگیری در سرمایه‌گذاری‌ها و پوشش نقدینگی قرار می‌گیرد تا از میزان ریسک شعب کاسته شود. همچنین از آنتروپی نسبت به عنوان شاخص اندازه‌گیری درجه تنوع

پذیری استفاده نموده‌ایم. از آنجائیکه که تنوع‌بخشی برای کاهش ریسک در یک پرتفوی تسهیلات توسط مدیر مهم می‌باشد حداقل و حداکثر میزان تخصیص منابع در عقدهای موجود بر اساس سیاست‌های اعتباری سالانه ابلاغی و همچنین تعداد عقد بکار گرفته شده در شعب به واسطه تجهیز منابع شعب با توجه به درجه تنوع پذیری مورد نظر که می‌تواند وجود داشته باشد، به عنوان دو محدودیت دیگر به مدل اضافه شده‌است. نتایج بدست آمده از اجرای مدل با استفاده از الگوریتم MOPSO و نتایج حاصل از مقایسه مدل‌های تحقیق بر اساس نمودار (۱) نشان می‌دهد، عملکرد مدل Mean-VAR نسبت به دو مدل دیگر Mean-semi Entropy و Mean- LAD در ارزیابی پرتفوهای بهینه به دلیل ریسک کمتر ایجاد شده برای کسب بیشترین درآمد و بازدهی از تخصیص منابع در ایجاد دارایی (تسهیلات) در تمامی دوره‌ها بهتر بوده و به همین دلیل بکارگیری مدل بهینه‌سازی Mean-VAR را برای بهینه نمودن سبد اعتباری بانک توصیه شده و بر اساس آن سیاست‌های اعتباری بانک برای اصلاح درآمدها و همچنین کاهش ریسک‌های ایجاد شده در تخصیص منابع، به صورت فصلی مورد بازنگری قرار گیرد.



نمودار ۱- نمودار میانگین ریسک‌های ایجادی حاصل از اجرای الگوریتم MOPSO

به سایر پژوهشگرانی آتی که قصد انجام تحقیق در این زمینه را دارند پیشنهاد می‌شود که سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندهدفه و همچنین سایر سنجه‌های ریسک را در نظر بگیرند. همچنین پیشنهاد می‌شود تحقیق حاضر را با ریسک‌هائی با ابعاد متفاوت در سایر بانک‌ها انجام داده و نتایج حاصله را با یکدیگرمقایسه نمایند.

منابع

۱) پندار مهدی ، ویسی رضا. سنجش انواع ریسک در نظام بانکداری بدون ربا (روش ترکیبی دیمتل و مدل‌سازی ساختاری تفسیری). اقتصاد مالی . ۱۳۹۹ .۵۴ -۲۹ , (۵۱)۱۴.

۲) دلوی محمدرضا و همکاران. کاربرد الگوریتم ژنتیک چند هدفه در بهینه سازی پرتفوی تسهیلات بانک (مطالعه موردی تسهیلات اعطایی بانک ملی استان اصفهان). تحقیقات حسابداری و حسابرسی. ۱۳۹۴ .۱۲۰-۱۰۰, (۲۷)۷, doi: 10.22034/iaar.2015.103802 .

۳) شارپ، ویلیام اف ، گوردون جی الکساندر و جفری وی بیلی. مدیریت سرمایه گذاری.۱۹۴۷. ترجمه: شریعت پناه سید مجید و ابوالفضل جعفری. تهران: اتحاد. ۱۳۸۸.

۴) عرب مازار عباس و روئین تن پونه. عوامل موثر بر ریسک اعتباری مشتریان بانکی: مطالعه موردی بانک کشاورزی. دوفصلنامه علمی پژوهشی جستارهای اقتصادی. ۱۳۸۵ . ۳۹-۲۸ , (۶)۳.

۵) عسکرزاده غلامرضا. مدل سازی ریاضی تعیین ترکیب بهینه پرتفوی تسهیلات اعطایی درموسسات مالی و اعتباری. فصلنامه اندیشه صادق. ۱۳۸۵. ۹۴-۷۹ , (۳)۳.

۶) کیانی قلعه نو روح اله و همکاران. مدل برنامه‌ریزی چندهدفه برای بهینه‌سازی پرتفوی مالی واحدهای موسسات مالی و اعتباری: مورد مطالعه بانک کشاورزی استان سیستان و بلوچستان. تصمیم گیری و تحقیق در عملیات . ۱۳۹۹. doi: 10.22105/dmor.2021.257591.1260.

۷) محقق نیا محمد جواد، دهقان دهنوی محمدعلی، بائی محیا. تاثیر عوامل درونی و بیرونی صنعت بانکداری بر ریسک اعتباری بانک‌ها در ایران. اقتصاد مالی. ۱۳۹۸ .۱۴۴-۱۲۷ , (۴۶)۱۳.

۸) میرزایی حسین، کریمی اصل ابراهیم. مدل سازی علل درونی معوق شدن تسهیلات قرض‌الحسنه به روش "حد آستانه" (مورد کاربرد : بانک قرض‌الحسنه رسالت). اقتصاد مالی. ۱۳۹۷ .۹۸-۷۵ , (۴۲)۱۲.

۹) ناجی اصفهانی سید علی، رستگار محمد علی. برآورد ریسک اعتباری مشتریان با استفاده از تحلیل چند بعدی ترجیحات (مطالعه موردی: یک بانک تجاری در ایران). فصلنامه علمی - پژوهشی مدلسازی اقتصادی. ۱۳۹۷ .۱۶۱-۱۴۳ , (۴۴)۱۲.

10) Artzner, P., elbaen, F., Eber, J. M., & Heath, D. 1999. “Coherent measures of risk”. Mathematical finance, 9(3), 203-228.

11) Guo, S., Yu, L., Li, X., & Kar, S. 2016. “Fuzzy multi-period portfolio selection with different investment horizons”. European Journal of Operational Research, 254(3), 1026-1035.

12) Liu, B. Liu.D .2002 . A Survey of Credibility Theory. Fuzzy Optimization and Decision Making, 5(4), 387-408.

13) LotfiZadeh, A. 1999 . Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy sets and systems, 100 (1), 9-34.

14) Markowitz,H. 1952. Portfolio Selection, The Journal of Finance, 7 (1) , 77-91.

15) Metawa, N. 2016. Loan Portfolio Optimization using Genetic Algorithm: A case of credit constraints, Cairo: s.n. 12th International Computer Engineering Conference (icenco). pp. 59-64.

16) Rachev, S. T., Stoyanov, S. V., & Fabozzi, F. J. 2008. Advanced stochastic models, risk assessment, and portfolio optimization: The ideal risk, uncertainty, and performance measures (Vol. 149). John Wiley & Sons.

17) Rockafellar, R. T., Uryasev, S., & Zabarankin, M. 2006. "Generalized deviations in risk analysis". Finance and Stochastics, 10(1), 51-74.

18) Roulet,c. 2017. Journal of Economic and Business, https://doi.org/10.1016 j.jaconbus.2017.10.001.

یادداشت‌ها

1- dispersion measure
2- Translation invariance
3 -Positive homogeneity
4- Positivity
5 -Subadditivity
6- Monotonicity Property
7 -Positive homogeneity
8- Invariance
9- Genetic algorithm MultipopulationCompetitive Coevolution
10- fixed-income investors
11- Approximation algorithm
12- Expected value
13 -Value at Risk