

Paper Type: Original Article



Evaluation and Ranking of Iranian Banks based on Financial Performance Indicators Using the BWM-RAPS Approach

Yeganeh Sadat Rahmati Jirandeh^{1,*} , Habib Alijani² 

¹ Department of Industrial Management, Performance Orientation, Karaj Azad University, Karaj, Iran; Rhyeganeh1362@gmail.com.

² Department of Research Center, Shiroud Municipality, Mazandaran, Iran; a.aliyani@aihe.ac.ir.

Citation:



Rahmati Jirandeh, Y. S., & Alijani, H. (2025). Evaluation and ranking of Iranian banks based on financial performance indicators using the BWM-RAPS approach. *Financial and banking strategic studies*, 3(3), 166-190.

Received: 17/11/2024

Reviewed: 15/01/2025

Revised: 09/02/2025

Accepted: 02/03/2025

Abstract

Purpose: This study aims to evaluate and rank the financial performance of banks listed on the Tehran Stock Exchange using a combined BWM–RAPS approach. Given the key role of banks in the capital market, this study is necessary to provide a scientific and reliable framework for decision-making by investors and analysts. This research seeks to provide the most appropriate method for ranking banks based on financial ratios.

Methodology: The present study employs a quantitative and descriptive–analytical approach and examines 5 criteria and 19 financial sub-criteria over the period from 2008 to 2021. The criteria were weighted using the BWM method based on the opinions of 10 expert specialists, and these weights were then applied to the TOPSIS, VIKOR, and RAPS techniques for ranking the banks. The data were calculated and analyzed based on the average financial ratios of the banks.

Findings: The results showed that profitability and efficiency were the most important criteria, with ROA, P/E, and the volume ratio being the most significant sub-criteria. In the final ranking, Parsian Bank ranked first in the TOPSIS and VIKOR methods, while Pasargad Bank ranked first in the RAPS method. Additionally, Shahr Bank exhibited the weakest financial performance across all three methods.

Originality/Value: By integrating BWM and RAPS and comparing them with TOPSIS and VIKOR, this study provides an innovative framework for evaluating bank financial performance. The use of 19 financial ratios and the combination of different MCDM methods distinguish this research from previous studies. Its results can serve as a basis for investor decision-making and for improving banking ranking models in the country.

Keywords: Ranking, Performance, Bank.



Corresponding Author: Rhyeganeh1362@gmail.com



10.22105/fbs.2025.235226



Licensee. **Financial and Banking Strategic Studies**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



ارزیابی و رتبه‌بندی بانک‌های ایرانی مبتنی بر شاخص‌های عملکرد مالی با استفاده از رویکرد BWM-RAPS

یگانه سادات رحمتی جیرنده^۱، حبیب‌علی‌جانی^۲

^۱ گروه مدیریت صنعتی، گرایش عملکرد، دانشگاه آزاد کرج، کرج، ایران.

^۲ بخش مرکز تحقیقات، شهرداری شیرود، مازندران، ایران.

چکیده

هدف: در هدف این پژوهش ارزیابی و رتبه‌بندی عملکرد مالی بانک‌های پذیرفته‌شده در بورس تهران با بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی *BWM-RAPS* است. با توجه به نقش کلیدی بانک‌ها در بازار سرمایه، ضرورت انجام این مطالعه از نیاز به چارچوبی علمی و معتبر برای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران و تحلیلگران ناشی می‌شود. این تحقیق تلاش می‌کند مناسب‌ترین روش رتبه‌بندی بانک‌ها را بر اساس نسبت‌های مالی ارایه کند. روش‌شناسی پژوهش: پژوهش حاضر از روش کمی و توصیفی-تحلیلی استفاده کرده و ۵ معیار و ۱۹ زیرمعیار مالی را طی دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۴۰۰ بررسی نموده است. وزن دهی معیارها با روش *BWM* و بر اساس نظر ۱۰ کارشناس خبره تعیین شده و سپس این وزن‌ها در تکنیک‌های *VIKOR*، *TOPSIS* و *RAPS* برای رتبه‌بندی بانک‌ها به کار گرفته شده‌اند. داده‌ها نیز بر اساس میانگین نسبت‌های مالی بانک‌ها محاسبه و تحلیل شده‌اند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد معیارهای سودآوری و کارایی بالاترین اهمیت را داشته و نسبت *ROA*، *P/E* و نسبت حجمی مهم‌ترین زیرمعیارها بوده‌اند. در رتبه‌بندی نهایی، بانک پارسیان در روش‌های *VIKOR* و *TOPSIS* رتبه اول و بانک پاسارگاد در روش *RAPS* رتبه برتر را کسب کردند. همچنین بانک شهر در هر سه روش ضعیف‌ترین عملکرد مالی را نشان داد.

اصالت/ارزش افزوده علمی: این پژوهش با تلفیق *BWM* و *RAPS* و مقایسه آن با *VIKOR* و *TOPSIS*، چارچوبی نوآورانه برای ارزیابی عملکرد مالی بانک‌ها ارایه می‌دهد. استفاده از ۱۹ نسبت مالی و ترکیب روش‌های مختلف *MCDM*، این مطالعه را از پژوهش‌های پیشین متمایز کرده است. نتایج آن می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران و بهبود مدل‌های رتبه‌بندی بانکی در کشور قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: رتبه‌بندی، عملکرد، بانک.

۱- مقدمه

برای تصمیم‌گیری چند معیاره^۱ زیربخشی از تحقیقات عملیاتی است که معیارهای مختلف متناقض مورد استفاده برای تصمیم‌گیری در سناریوهای متفاوت را ارزیابی می‌کند [1]. چنین تصمیماتی می‌تواند به سیاست‌های شخصی، تجاری، علمی یا دولتی مربوط باشد. قبل از تصمیم‌گیری، تحلیل تمامی معیارهای متناقض ضروری است. به‌عنوان مثال، در بخش کسب‌وکار، مدیران باید تصمیم بگیرند تا بازده خود را افزایش دهند و در عین حال خطرات مرتبط را کاهش دهند. برخی از انواع سرمایه‌گذاری‌ها بازده بالایی را وعده می‌دهند اما خطر زیان زیادی را به همراه دارند. تصمیمات مدیریت در مورد سرمایه‌گذاری چالش‌برانگیز است [2]. به‌طورکلی روش‌ها و تکنیک‌های تصمیم‌گیری از اوایل دهه ۱۹۶۰ پیشرفت‌های زیادی داشته است. امروزه، بسیاری از رویکردهای مختلف *MCDM* در دسترس هستند [3]. تکنیک‌های مختلف در سناریوهای مختلف موثر هستند.

¹ Multiple Criteria Decision Making (MCDM)

هیچ کدام کامل نیستند و تعداد کمی را می‌توان در هر موقعیتی بهترین در نظر گرفت. در نتیجه، استفاده از روش‌های چند معیاره جایگزین ممکن است به نتایج تصمیم‌گیری و توصیه‌های متفاوتی منجر شود؛ بنابراین، کاربرد روش‌های *MCDM* در بسیاری از زمینه‌ها توجه محققان را به ویژه در بخش مالی به خود جلب کرد. استفاده از تکنیک‌های *MCDM* در امور مالی به دهه ۱۹۹۰ بازمی‌گردد، زمانی که مارشال و مرتز [4] از پرومته برای رتبه‌بندی موسسات بانکی مختلف بر اساس عملکرد آن‌ها استفاده کردند. در طول سال‌ها، محققان متعددی از *MCDM* برای بررسی بازارهای سهام به دلیل نوسانات زیاد، عدم قطعیت و تنوع عوامل موثر بر تصمیمات سرمایه‌گذاری استفاده کرده‌اند. مطالعات قبلی از تکنیک‌های مختلف *MCDM* برای تشریح عوامل موثر بر موفقیت سازمان‌ها و سرمایه‌گذاران در بازار سهام استفاده کردند. یکی از این مطالعات توسط گومز-ناوارو و همکاران [5] انجام شد؛ که ارزش بازار شرکت‌ها را بر اساس مسئولیت مالی و اجتماعی آن‌ها ارزیابی کردند. تحقیقات گومز-ناوارو و همکاران [5] از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۱ و برنامه‌ریزی هدف برای بهبود محاسبات ارزش‌های شرکت‌ها به کار گرفتند. این تکنیک دستورالعمل‌های سرمایه‌گذاری شرکت را در مورد تعهد اجتماعی در نظر گرفت. رحیمی‌نژاد گالنگشی و همکاران [6] از رویکرد فرایند تحلیل شبکه‌ای^۲ فازی برای شناسایی این عوامل مختلف استفاده کرد. موضوع چگونگی انتخاب بهترین اوراق بهادار برای ایجاد یک پرتفوی سرمایه‌گذاری تحت تحقیقات گسترده‌ای قرار گرفته است. با این حال، بیشتر مطالعات بر درآمد و ریسک مربوط به متغیرهای تصمیم‌گیری اولیه متمرکز شده‌اند. برای بستن شکاف احتمالی بین ارزیابی متغیرهای اولیه و کمتر، رحیمی‌نژاد گالنگشی و همکاران [6] تجزیه و تحلیل ادیباتی را برای استخراج عوامل اولیه مورد استفاده در انتخاب سهام در مطالعات دیگر انجام داد و آن‌ها را بر اساس تاثیر رتبه‌بندی کرد. بر اساس ۱۰ پرتفوی بورس اوراق بهادار تهران، معیارها را با استفاده از تئوری مجموعه فازی-*ANP* رتبه‌بندی کرد و دریافت که بازار، سود، اسپرد و ریسک مهم‌ترین عوامل در انتخاب موفق پرتفوی هستند.

تونی و همکاران [7] استدلال کردند که روش سودمندی افزودنی ستاره موثرتر بود زیرا به تجزیه و تحلیل جنبه‌های رفتاری انتخاب سهام کمک کرد. از آنجایی که تصمیم‌گیری مالی یک فعالیت اساسی در بازار مالی بود، محققان تلاش‌های تحقیقاتی فوق‌العاده‌ای را برای توسعه تکنیک‌های پیشرفته برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل سهام انجام دادند. نارنگ و همکاران [8] از یک تکنیک موفق *MCDM*، راه‌حل مصالحه ترکیبی^۳ استفاده کرد. هدف انتخاب سهامی بود که بالاترین بازدهی را با حداقل ریسک داشته باشند. به گفته نارنگ و همکاران [8]، روش گزیده‌ای از ارزش‌ها را با وجود عدم قطعیت و فقدان داده‌های کمی برای ارزیابی ارائه کرد. طبق گفته کوماران [9]، ارزیابی سرمایه‌گذاری‌های عرضه اولیه عمومی^۴ به دلیل اطلاعات مبهم و معیارهای متناقضی که یک سرمایه‌گذار باید در طول فرایند تصمیم‌گیری بررسی کند، به طور فزاینده‌ای چالش برانگیز است. هدف اصلی تحقیق کوماران [9] استفاده از تکنیک‌های *MCDM* برای افزایش کارایی تصمیم‌گیری مالی و ارزش انتخاب‌های پیش‌آمده بود. مقاله کوماران [9] با استفاده از گزارشگری مالی و معیارهای مالی مبتنی بر ارزش، اثربخشی شرکت‌های عرضه اولیه سهام در بورس اوراق بهادار عربستان را به دقت ارزیابی کرد. کوماران [9] سهام را با استفاده از روش وزن دهی هدف، اهمیت معیارها از طریق همبستگی بین معیاری، همراه با تکنیک *MCDM*، *VIKOR*، یک راه‌حل بهینه‌سازی و سازش چند معیاره، امتیاز داد.

مهرگان و همکاران [10] رویکردهای موجود مورد استفاده در انتخاب سبد سهام را ارزیابی کرد. تجزیه و تحلیل مشکلات ذاتی سرمایه‌گذاران در اتخاذ این تصمیمات را تشخیص داد، با توجه به این که هیچ تکنیک واحدی در همه شرایط کار نمی‌کرد. نویسنده رویکردهای *ELECTRE-TRI* و *FlowSort* را که از شناخته‌شده‌ترین آن‌ها بودند، مقایسه کرد. با این حال، علیرغم محبوبیت آن‌ها در تصمیم‌گیری، این رویکردها نتایج متفاوتی را ارائه کردند. لومباردی نتو و همکاران [11] از تکنیک‌های *MCDM* برای کمک به حل مسایل پیچیده مربوط به انتخاب مناسب‌ترین اوراق قرضه سبز برای سرمایه‌گذاری در یک بازار به سرعت در حال رشد استفاده کرد. محققان از ترکیبی از تکنیک‌های *MCDM* برای تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری‌های بالقوه در حمایت از پروژه‌های خاص مرتبط با اقلیم یا پروژه‌های حساس محیطی، از جمله *AHP*، ارزیابی متناسب پیچیده^۵ و تحلیل نسبت ارزیابی گام‌به‌گام وزن^۶ استفاده کردند. لاماتا و همکاران [12] رویکرد فازی-*AHP-TOPSIS* را برای تحلیل فعالیت‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها^۷ برای تعیین معیارهای مطلوب در هدایت تصمیم‌های سرمایه‌گذاری به کار برد. پتریلو و همکاران [13] از *AHP* برای اطلاع‌رسانی به سرمایه‌گذاران صندوق‌های مشترک در مورد فعالیت‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها و حمایت از تصمیمات سرمایه‌گذاری آن‌ها در چنین سهامی استفاده کرد. بیلانو ترول و همکاران [14] برنامه‌ریزی هدف را با سلسله‌مراتب فازی به عنوان راهنمایی برای تعیین فرصت‌های سرمایه‌گذاری عملی در صورت مواجهه با دو نوع معیار: پایداری و عملکرد مالی اعمال کرد. با توجه به موارد فوق در بخش مالی چندین نوع از تکنیک‌های *MCDM*

¹ Analytic Hierarchy Process (AHP)

² Analytic Network Process (ANP)

³ Combined Compromise Solution (CoCoSo)

⁴ Initial Public Offering (IPO)

⁵ Complex Proportional Assessment (COPRAS)

⁶ Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA)

⁷ Corporate Social Responsibility (CSR)

به خوبی کار می‌کنند. این ابزارها عبارت‌اند از تکنیک برای ترتیب اولویت بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل^۱، *AHP*، آزمایش و ارزیابی تصمیم‌گیری، روش بهترین و بدترین^۲، ویکور و وزن افزودنی ساده. مناسب‌ترین ابزار به این بستگی دارد که داده‌های موجود بسیار کیفی یا کمی هستند. در حالی که داده‌های کمی اغلب ترجیح داده می‌شوند، داده‌های کیفی می‌توانند در ابزارهای پشتیبانی تصمیم بسیار ارزشمند باشند. در بین تکنیک‌های *MCDM*، *BWM* در مقایسه با روش محبوب دیگر یعنی *AHP* بسیار ارزشمند و کارآمدتر است [15]. در حالی که پیش‌بینی مالی بسیار ارزشمند است [16]. همچنین تاکنون هیچ پژوهشی به صورت یکپارچه در کشورمان از روش‌های *MCDM* به استفاده از تکنیک *BWM* و رتبه‌بندی گزینه‌های جایگزین بر اساس شباهت محیطی^۳ اقدام نکردند. *BWM* یک تکنیک *MCDM* قوی است که به مراحل کمتری برای محاسبه وزن معیارهای انتخاب در مقایسه با سایر تکنیک‌های *MCDM* مانند *AHP* نیاز دارد. از سوی دیگر، *RAPS*، یکی از جدیدترین تکنیک‌های *MCDM*، به سرعت کاربرد و پذیرش گسترده‌ای را به دست آورده است. لذا این پژوهش از *BWM-RAPS* در ارزیابی و رتبه‌بندی عملکرد مالی در بخش بانکی بازار سرمایه تهران استفاده می‌کند.

۲- مبانی نظری و بسط فرضیه‌ها

۲-۱- تعریف و عملکرد بانک

بانک موسسه‌ای است برای نگهداری پول دریافتی از مشتریان یا از طرف آن‌ها. وظیفه ضروری آن پرداخت به واحد حواله بانکی آن‌ها است. سود آن از استفاده از پول باقی مانده توسط آن‌ها ناشی می‌شود [17]؛ بنابراین بانک به معنای موسسه‌ای است که به تجارت پول می‌پردازد و از مردم سپرده می‌پذیرد و به مشتریان خود وام و پیش‌پرداخت می‌دهد و همچنین انتقال حواله‌ها را از جایی به جای دیگر تسهیل می‌کند. بخش بانکی به عنوان رکن حیاتی اقتصاد مدرن محسوب می‌شود. می‌توان آن را یکی از ارکان مهم نظام مالی دانست که نقشی حیاتی در موفقیت یک اقتصاد دارد. بانک‌ها یکی از قدیمی‌ترین واسطه‌های مالی در سیستم مالی هستند. نقش مهمی در تجهیز سپرده‌ها و پرداخت اعتبار به بخش‌های مختلف اقتصاد کشور دارند. قدرت اقتصاد هر کشور اساساً در گرو قدرت و کارایی سیستم مالی است که به نوبه خود به سیستم بانکی سالم و حلال بستگی دارد.

۲-۲- معنا و مفهوم عملکرد

کلمه پرفورمنس از کلمه "*performent*" به معنای "پرداخت" یا "انجام دادن" گرفته شده است. به عمل انجام یک فعالیت اشاره دارد. به معنای عمل انجام یا اجرا است. به سطحی که یک کار انجام شده است اشاره دارد. از دیدگاه بانک‌ها، نحوه پیشرفت آن‌ها را در نظر می‌گیرد. کلمه "عملکرد" به معنای تلاش‌هایی است که برای دستیابی به اهداف به طور موثر انجام می‌شود. دستاوردهای هدف شامل استفاده یکپارچه از منابع انسانی، مالی و طبیعی است [18]. عملکرد یک اصطلاح کلی است که به بخشی یا به کل انجام فعالیت‌های یک سازمان در یک دوره زمانی، اغلب با اشاره به هزینه‌های گذشته یا پیش‌بینی شده، کارایی، مسئولیت مدیریت یا پاسخگویی یا موارد مشابه به کار می‌رود [19]. بر اساس معنای فوق از دو تعریف، می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد نه تنها به معنای آرایه است، بلکه به معنای کیفیت و نتایج نهایی است که توسط مدیریت هر کسب و کاری به دست آمده است. این دستاوردها را با دستاوردهای گذشته در زمینه هر هدف، اهداف یا اهدافی که توسط مدیریت تعیین شده است مقایسه می‌کند؛ بنابراین، عملکرد کلمه‌ای است که برای نشان دادن میزان موفقیت، شکست، دلایل، شرایط و انطباق شرکت‌های تجاری و غیره استفاده می‌شود.

۲-۳- اهمیت تحلیل عملکرد

گروه‌های ذی‌نفع مختلفی وجود دارد که با تجزیه و تحلیل عملکرد شرکت‌های تجاری مرتبط است؛ بنابراین این گروه‌ها همیشه به تجزیه و تحلیل عملکرد مالی یک شرکت علاقه‌مند هستند و می‌خواهند وضعیت مالی را برای اهداف مختلف بدانند. نتایج نهایی وضعیت مالی یک شرکت توسط طرف‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد که ممکن است برخی از آن‌ها به شرح زیر باشد:

¹ Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

² Best–Worst Method (BWM)

³ Ranking Alternatives by Perimeter Similarity (RAPS)

از دیدگاه مدیریت: مدیریت همواره به کنترل داخلی، وضعیت مالی و عملکرد بهتر علاقه‌مند است. مدیریت تنها نمی‌تواند نتیجه برنامه‌ها و خط‌مشی تجاری خود را با تحلیل عملکرد اندازه‌گیری کند، بلکه باید اثربخشی سیاست‌های خود را نیز ارزیابی کند. این برای تعیین تداوم سیاست‌های فعلی یا اتخاذ سیاست‌های جدید بسیار مفید است.

از دیدگاه طلبکاران: طلبکاران همواره به نقدینگی بنگاه‌های تجاری علاقه‌مند هستند؛ بنابراین، علاقه آن‌ها به تجزیه و تحلیل نقدینگی یک شرکت است. اعتباردهندگان می‌توانند با اعمال نسبت‌های مختلف تجزیه و تحلیل عملکرد را انجام دهند و می‌توانند از اطلاعات واقعی در مورد نقدینگی و سایر جنبه‌های شرکت تجاری استفاده کنند.

از دیدگاه سرمایه‌گذاران: سرمایه‌گذاران همیشه به سودهای فعلی و پیش‌بینی شده آتی و ثبات و بهبود سود خود علاقه‌مند هستند؛ بنابراین، علاقه آن‌ها در سودآوری، بهره‌وری و شرایط مالی شرکت تجاری نهفته است.

از دیدگاه سپرده‌گذاران و دارندگان اوراق قرضه: سپرده‌گذاران و دارندگان اوراق به جریان نقدی، نقدینگی و سودآوری بانک‌ها یا بنگاه‌های تجاری علاقه‌مند هستند. بنابراین آن‌ها علاقه‌مند به تجزیه و تحلیل جریان نقدی و نقدینگی، سودآوری حال و آینده و همچنین ساختار سرمایه هستند. سپرده‌گذاران و دارندگان اوراق می‌توانند با تنظیم یا ارجاع شرایط مالی بانک‌های مختلف، همه این جنبه‌ها را داشته باشند.

از دیدگاه کارکنان و اتحادیه‌های کارگری: کارکنان یکی از مهم‌ترین ذینفعان هر بنگاه اقتصادی هستند. آن‌ها به سود، جریان نقدی و وضعیت مالی بانک علاقه‌مند هستند. بنابراین کارکنان می‌توانند با مراجعه به وضعیت مالی بانک‌ها از همه این موارد مطلع شوند. اتحادیه‌های کارگری نیز به دلیل تقاضای افزایش حقوق، تسهیلات و سایر مزایا و غیره به جزئیات عملکرد مالی علاقه‌مند هستند.

از دیدگاه تامین‌کنندگان مالی بلندمدت: تامین‌کنندگان بدهی‌های بلندمدت یا امور مالی به سودآوری و نقدینگی شرکت‌های تجاری علاقه‌مند هستند. این دسته از افراد بر روی پرداخت بدهی و همچنین بقای کسب‌وکار تمرکز می‌کنند، زیرا آن‌ها برای مدت‌زمان طولانی‌تری سرمایه‌گذاری می‌کنند. آن‌ها می‌توانند با مراجعه به شرایط مالی یک شرکت تجاری همه این جنبه‌ها را بدانند.

۴-۲- تحلیل عملکرد مالی بانک

استفاده‌کنندگان صورت‌های مالی یک بانک برای ارزیابی عملکرد و موقعیت مالی و تصمیم‌گیری اقتصادی در مورد بانک به اطلاعات مرتبط، قابل‌اعتماد و مقایسه‌ای نیاز دارند. به گفته پودل [20]، به‌طور سنتی، بانک‌ها به‌عنوان واسطه‌های مالی برای هدایت وجوه از واحدهای مازاد به واحدهای کسری عمل می‌کنند. برخلاف سایر شرکت‌های مالی غیربانکی، بانک‌های تجاری هیچ کالای فیزیکی تولید نمی‌کنند. آن‌ها وام‌ها و نوآوری‌های مالی را برای تسهیل مبادلات تجاری تولید می‌کنند. به دلیل نقش ویژه‌ای که در اقتصاد دارند، مقامات مربوطه به‌شدت آن‌ها را تنظیم می‌کنند. تحلیل صورت‌های مالی بانک‌ها به دلیل ماهیت خاص دارایی‌ها و بدهی‌ها با تهدید سایر شرکت‌ها متفاوت است. P/L ، B/S و یادداشت‌های همراه آن، گسترده‌ترین جنبه‌های صورت‌های مالی بانک هستند. B/S بانک شامل مطالبات مالی به‌عنوان بدهی در قالب سپرده و به‌عنوان دارایی در قالب وام است. دارایی‌های ثابت در بخش کوچکی از کل دارایی‌ها ظاهر می‌شود. نوآوری‌های مالی که عموماً ماهیت احتمالی دارند، به‌عنوان اقلام غیر B/S در نظر گرفته می‌شوند. بهره‌دریافتی از وام‌ها، پیش‌پرداخت‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها و پرداخت‌شده بابت بدهی‌های سپرده، اجزای اصلی $P&L a/c$ هستند. منابع دیگر درآمد عبارت‌اند از کارمزد، کمیسیون و تخفیف، درآمد ارزی، سود سهام سرمایه‌گذاری، هزینه‌های خدمات دیگر و ... عوامل زیر بر ارزیابی عملکرد کلی بانک تأثیر می‌گذارد.

۱. ساختار B/S & $P/L a/c$

۲. بهره‌وری عملیاتی و سیستم مدیریت داخلی

۳. تغییرات محیطی مانند تغییرات در فناوری، دولت

۴. رقابت و اقتصاد ...

۵-۲- انواع تجزیه و تحلیل نسبت

قدرتمندترین و پرکاربردترین ابزار تجزیه و تحلیل، تجزیه و تحلیل نسبت است. نسبت مالی رابطه بین دو رقم حسابداری است که به صورت ریاضی بیان می شود یا عبارت نسبت به نسبت عددی یا کمی اشاره به رابطه عددی یا کمی بین دو متغیر دارد. این نوع رابطه را می توان به صورت درصد، کسر و نسبت اعداد بیان کرد. نسبت های مالی به ما کمک می کند تا علائم مشکلات را پیدا کنیم. علت هر مشکلی تنها پس از شناسایی علائم ممکن است مشخص شود. با بررسی رفتار این نسبت ها می توان به مشکلات عملیاتی و مالی یک شرکت پی برد؛ بنابراین نسبت ها به عنوان بهترین شاخص عملکرد آن ها در نظر گرفته می شوند. تجزیه و تحلیل نسبت استفاده سیستماتیک از نسبت برای تفسیر صورت های مالی است به طوری که نقاط قوت و ضعف شرکت و همچنین عملکرد تاریخی و وضعیت مالی جاری آن را بتوان تعیین کرد. با کمک تحلیل نسبت می توان یک مطالعه تطبیقی بین آمارهای مختلف در مورد حقایق مختلف یک واحد تجاری انجام داد. علاوه بر این، همان طور که فشار خون، نبض و دما معیار سلامت یک فرد هستند، اندازه گیری های تجزیه و تحلیل نسبت نیز انجام می شود. عملکرد مالی یک شرکت را می توان به طور کامل از طریق تجزیه و تحلیل نسبت نشان داد [21].

نسبت مالی رابطه ریاضی بین دو رقم حسابداری است. "تحلیل نسبت بخشی از کل فرایند تجزیه و تحلیل صورت های مالی هر کسب و کار یا تجارت صنعتی به ویژه برای تصمیم گیری خروجی و اعتبار است" [22]. بنابراین، تجزیه و تحلیل نسبت برای مقایسه عملکرد و وضعیت مالی یک شرکت با سایر شرکت ها نسبت به اضافه کاری آن استفاده می شود. قضاوت کیفی در مورد عملکرد مالی یک شرکت را می توان با کمک تحلیل نسبت انجام داد. تحلیل نسبت روشی مهم برای بیان روابط معنادار بین اجزای صورت مالی است. نسبت ها راهنمایی یا میانبرهایی هستند که برای ارزیابی وضعیت مالی و عملیات یک شرکت و در مقایسه با سال قبل یا دو نگرانی تجاری دیگر مفید هستند. اصطلاح نسبت به رابطه عددی یا کمی بین دو متغیر اشاره دارد. منطقی بودن تحلیل نسبت در این واقعیت نهفته است که اطلاعات مرتبط را قابل مقایسه می کند. با وجود این که نسبت های زیادی وجود دارد، در این تحقیق تنها نسبت هایی که به عملکرد بانک مربوط می شوند، پرداخته شده است. "تحلیل نسبت یکی از پرکاربردترین ابزارها برای ارزیابی سلامت مالی، نتیجه عملیاتی و رشد است. نسبت های مالی به خودی خود نشان دهنده موقعیت موسسه نیست. یک استاندارد یا هنجارها به عنوان ضریب مشخص شده از دو عبارت ریاضی و به عنوان رابطه بین دو یا چند چیز تعریف می شود. در بین تعداد زیاد نسبت های مالی موجود، آن ها را به دسته بندی های زیر تقسیم می کنند:

۱. نسبت نقدینگی
۲. نسبت فعالیت، مدیریت دارایی و سرمایه گذاری
۳. نسبت سودآوری
۴. نسبت اهرمی

۶-۲- مساله تصمیم گیری چند معیاره و روش بهترین و بدترین روش

BWM یک روش *MCDM* است که توسط جعفر رضایی [23] (دانشگاه صنعتی دلفت) در سال ۲۰۱۵ توسعه یافته است. مساله *MCDM* مساله ای است که در آن تعدادی از گزینه ها باید با توجه به تعدادی از معیارها و ویژگی ها ارزیابی شوند تا ۱- بهترین جایگزین انتخاب شوند، ۲- همه گزینه ها رتبه بندی شوند و ۳- جایگزین ها را در تعدادی کلاس مرتب کنید. روش *MCDM* روشی برای یافتن راه حل برای یک یا چند قسمت از یک مساله *MCDM* است که در آن مراحل اصلی عبارت اند از:

۱. مساله را فرموله کنید هدف (هدف ها). جایگزین ها و معیارها را مشخص کنید.
۲. گزینه های جایگزین را با توجه به معیارها ارزیابی کنید.
۳. اهمیت معیارها را بیابید.
۴. ترکیب داده های جمع آوری شده در مراحل قبلی برای یافتن راه حل.
۵. قابلیت اطمینان و اعتبار نتیجه را بررسی کنید.

این مراحل با تعامل نزدیک بین تصمیم‌گیرنده^۱ (ها) و تحلیلگر اجرا می‌شوند *BWM*. یک روش *MCDM* است که می‌تواند در چندین مرحله حل یک مساله *MCDM* استفاده شود. به‌طور خاص می‌توان از آن برای ارزیابی گزینه‌ها با توجه به معیارها استفاده کرد (به‌ویژه در مواردی که معیارهای هدف برای ارزیابی گزینه‌ها در دسترس نیست). همچنین می‌توان از آن برای یافتن اهمیت (وزن) معیارهایی که در یافتن راه‌حلی برای ارضای هدف (های) اصلی مساله استفاده می‌شود، استفاده کرد *BWM*. برای حل بسیاری از مسایل *MCDM* در دنیای واقعی در زمینه‌هایی مانند تجارت و اقتصاد، بهداشت، فناوری اطلاعات، مهندسی، آموزش و کشاورزی استفاده شده است. اصولاً هر جا که هدف رتبه‌بندی و انتخاب یک جایگزین از میان مجموعه‌ای از گزینه‌ها باشد، می‌توان از این روش استفاده کرد. می‌تواند توسط یک *DM* یا گروهی از تصمیم‌گیرندگان استفاده شود. *BWM* یک روش مبتنی بر مقایسه زوجی است که روشی ساختاریافته برای مقایسه ارایه می‌دهد. این ساختار چندین مزیت عمده دارد:

۱. با شناسایی بهترین و بدترین معیارها (یا گزینه‌ها) قبل از انجام مقایسه‌های زوجی بین معیارها (یا گزینه‌ها)، *DM* قبلاً درک روشنی از دامنه ارزیابی دارد که می‌تواند به مقایسه‌های زوجی قابل‌اعتمادتری منجر شود. این، به‌نوبه خود، مستلزم مقایسه‌های زوجی سازگارتر است که در مطالعه اصلی *BWM* نشان داده شده است.
۲. استفاده از دو بردار مقایسه زوجی که بر اساس دو مرجع متضاد (بهترین و بدترین) در یک مدل بهینه‌سازی واحد تشکیل شده‌اند، می‌تواند سوگیری لنگرگاه احتمالی را که *DM* ممکن است در طول فرایند انجام مقایسه‌های زوجی داشته باشد، کاهش دهد. نشان داده شده است که این به‌اصطلاح استراتژی در نظر گرفتن مخالف، یک استراتژی موثر برای کاهش تعصب لنگر است.

در روش‌های مبتنی بر مقایسه زوجی، یا روش‌هایی داریم که برای آن‌ها از یک بردار منفرد) مانند خانواده *Swing* و *SMART* یا یک ماتریس کامل مانند *AHP* استفاده می‌کنیم. اگرچه استفاده از یک بردار برای داده‌های ورودی، روش را بسیار کارآمد از نظر داده (و زمان) می‌کند، ضعف اصلی روش‌های مبتنی بر تنها یک بردار این است که سازگاری مقایسه‌های زوجی ارایه شده قابل‌بررسی نیست. از سوی دیگر، اگرچه استفاده از یک ماتریس کامل امکان بررسی سازگاری مقایسه‌های زوجی ارایه شده را فراهم می‌کند، روش‌هایی که مبتنی بر ماتریس مقایسه زوجی کامل هستند، کارایی داده (و زمان) ندارند. پرسیدن سوالات زیاد از *DM* که در مورد ماتریس کامل رخ می‌دهد، حتی ممکن است به سردرگمی و ناسازگاری *DM* کمک کند. *BWM* در وسط قرار دارد. به این معنا که این روش کارآمدترین روش داده (و زمان) است که می‌تواند درعین حال امکان بررسی سازگاری مقایسه‌های زوجی ارایه شده را فراهم کند. از آنجایی که دو بردار با در نظر گرفتن دو معیار مرجع خاص (یا جایگزین) تشکیل می‌شوند، *BWM* نباید به‌عنوان یک ماتریس مقایسه زوجی ناقص دیده شود. *BWM* (مدل غیرخطی اصلی آن)، در موارد کاملاً سازگار با بیش از سه معیار یا جایگزین ممکن است راه‌حل‌های بهینه متعددی را ایجاد کند. این بازتاب تناقضی است که در داده‌های ارایه شده وجود دارد. داشتن چندین راه‌حل بهینه (در مقایسه با یک راه‌حل منحصر به فرد) انعطاف‌پذیری بیشتری را در مواردی که چندین *DM* درگیر است، به ارمغان می‌آورد. این بدان معناست که در زمینه تصمیم‌گیری گروهی، داشتن راه‌حل‌های بهینه چندگانه (برای همه یا برخی از *DM*) می‌تواند منجر به شانس بالاتر (در مقایسه با حالتی که هر *DM* یک راه‌حل منحصر به فرد دارد) برای یک راه‌حل سازشی منطبق شود (یا). حداقل بسیار نزدیک باشد) به یکی از راه‌حل‌های بهینه. اگرچه داشتن چندین وزن بهینه در برخی موارد سودمند است، به‌ویژه در مسایل تصمیم‌گیری گروهی، جایی که بحث نقش اصلی را ایفا می‌کند، در موارد دیگر، داشتن یک راه‌حل منحصر به فرد ترجیح داده می‌شود. مدل خطی *BWM* یک راه‌حل منحصر به فرد ارایه می‌دهد [24].

۳- روش پژوهش

۳-۱- جامعه آماری

جامعه آماری پژوهش شامل دو بخش یعنی خبرگان حوزه مالی و تحلیلگری و تمامی بانک‌های پذیرفته‌شده در بازار سرمایه تهران است. برای تعیین نمونه با توجه به این که استفاده از نظر خبرگان می‌تواند ۱۰ الی ۱۵ خبره باشند از این‌رو در این پژوهش از ۱۰ خبره مالی به‌طور تصادفی برای تکمیل پرسشنامه مقایسات زوجی استفاده شده است. همچنین برای تعیین بانک‌های مورد نمونه از بین تمامی بانک‌ها آن‌هایی که اطلاعاتشان در دوره زمانی موردنظر در دسترس بود انتخاب شد که تعداد آن ۱۹ بانک است.

۱. قلمرو موضوعی در حوزه رشته تخصصی مدیریت صنعتی و شاخه تخصصی عملکرد است.

¹ Decision Maker (DM)

۲. قلمرو زمانی پژوهش به مدت ۱۴ سال و طی سال‌های ۱۳۸۷ الی ۱۴۰۱ است.

۳. قلمرو مکانی بانک‌های موجود در بازار سرمایه تهران است.

۳-۲- متغیرهای پژوهش

در این پژوهش معیارهای اصلی جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از پنج گروه اصلی از نسبت‌های اصلی انتخاب شدند که هر یک از جنبه‌های مختلف به بررسی و رتبه‌بندی بانک‌ها می‌پردازد. این معیارها و نسبت‌های هر یک از آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است:

جدول ۱- معیارها و زیرمعیارهای پژوهش و نحوه محاسبه آن.

Table 1- Research criteria and sub-criteria and how to calculate them.

معیار	شاخص مالی	چگونگی سنجش
سودآوری - C ₁	بازده حقوق صاحبان سهام (ROE) - C ₁₁ بازده دارایی‌ها (ROA) - C ₁₂	سود خالص تقسیم‌بر حقوق صاحبان سهام سود خالص تقسیم‌بر دارایی‌ها
نقدینگی - C ₂	نسبت جاری - C ₂₁	سود خالص تقسیم‌بر درآمد فروش دارایی جاری تقسیم‌بر بدهی جاری
بازار - C ₃	نسبت قیمت به فروش (P/S) - C ₃₁ نسبت بدهی به سرمایه (D/C) - C ₃₂ نسبت قیمت بازار به ارزش دفتری (P/B) - C ₃₃ نسبت سود پرداختی (D/E) - C ₃₄ نسبت قیمت به سود (P/E) - C ₃₅ سود هر سهم (EPS) - C ₃₆	ارزش بازار سهام تقسیم‌بر درآمد فروش بانک بدهی تقسیم‌بر سرمایه بانک ارزش بازار سهام تقسیم‌بر ارزش دفتری سهام سود تقسیمی تقسیم‌بر سود هر سهم ارزش بازار سهام تقسیم‌بر سود هر سهم سود خالص تقسیم‌بر تعداد سهام
کارایی - C ₄	گردش دارایی‌ها - C ₄₁ گردش موجودی کالا - C ₄₂	فروش خالص تقسیم‌بر دارایی فروش خالص تقسیم‌بر موجودی
ریسک و حجمی - C ₅	حجم - C ₅₁ بتا - C ₅₂	میزان حجم معاملات بانک در یک سال تقسیم کوواریانس بازدهی بانک با بازده بازار تقسیم‌بر واریانس بازار

۳-۳- مدل‌های ترکیبی MCDM

رویکرد MCDM معیارهای عملکرد جایگزین را در گزینه‌های متضاد ادغام می‌کند و به دنبال راه‌حل‌های امکان‌پذیر MCDM است و شامل ارزیابی چندین گزینه در دسترس برای موقعیت‌های پیچیده در حوزه‌های متنوعی مانند پزشکی، علوم اجتماعی، فناوری و مهندسی است. این پژوهش تکنیک‌های MCDM، BWM و RAPS را ادغام می‌کند. BWM به شناسایی وزن هر معیار درگیر در این مطالعه کمک می‌کند. RAPS به رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از وزن‌های مشتق شده از تکنیک BWM کمک می‌کند. BWM می‌تواند داده‌ها را به روشی ساختاریافته ارزیابی کند که نیاز به ورودی کمتری نسبت به روش‌های قابل مقایسه دارد [25]، مانند روش‌های ارایه شده توسط تکنیک AHP. محققان از تکنیک BWM در بخش‌ها و زمینه‌های مختلف استفاده کرده‌اند. به ارزیابی گزینه‌های جایگزین برای معیارهای موجود و تعیین ارتباط معیارهای مورد استفاده برای یافتن راه‌حلی برای پرداختن به هدف(های) اولیه مشکل کمک می‌کند. BWM شامل نقاط داده کمتری است و مقایسه‌های زوجی برخلاف سایر تکنیک‌های MCDM انجام می‌شود و در درجه اول با مقایسه زوجی مرجع آن شناسایی می‌شود [24]، [26]. مهم‌ترین مزیت BWM این است که به‌طور قابل توجهی سازگاری داده‌ها را بهبود می‌بخشد حتی اگر یک روش ذهنی در نظر گرفته شود. به‌عنوان یک تکنیک نسبتاً جدید، قدرت روش شناختی RAPS کمک به غلبه بر کاستی‌های مهم ابزارهای MCDM قبلی است.

۳-۳-۱- روش بهترین-بدترین (BWM)

این پژوهش از BWM برای محاسبه وزن هر معیار درگیر در پژوهش استفاده می‌کند این روش توسط رضایی [23] دارای مراحل به شرح زیر است:

مرحله ۱- معیارهای ارزیابی تعیین شده $\{C_1, C_2, C_n\}$ توسط تصمیم‌گیرندگان را تعیین کنید.

مرحله ۲- بهترین (مثلا مهم‌ترین یا تاثیرگذارترین) و بدترین (مثلا کم‌اهمیت‌ترین یا تاثیرگذارترین) معیارهای تعیین شده توسط تصمیم‌گیرندگان را انتخاب کنید.

مرحله ۳- ترجیحات بهترین معیار را با استفاده از عددی از $\{1, 2, 3, \dots, 9\}$ پیدا کنید.

بردار $Best\text{-}to\text{-}Others$ به دست آمده عبارت است از: $A_{BO} = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$ که در آن a_{Bj} نشان‌دهنده ترجیح مهم‌ترین یا تاثیرگذارترین معیار $C_j, j = 1, \dots, n$ بر معیار C_B است.

مرحله ۴- ترجیحات همه معیارها را نسبت به معیار کم‌اهمیت یا تاثیرگذار با استفاده از اعداد $\{1, 2, 3, \dots, 9\}$ پیدا کنید. بردار $Others\text{-}to\text{-}Worst$ به دست آمده:

$$AOW = (a1W, a2W, \dots, anW),$$

که در آن a_{jW} نشان‌دهنده ترجیح معیار C_j نسبت به بدترین معیار $CW, j = 1, \dots, n$ است.

مرحله ۵- محاسبه وزن با استفاده از مدل زیر:

$$\begin{aligned} & \text{MinMax} \left\{ \left| \frac{W_B}{W_j} - a_{BJ} \right|, \left| \frac{W_j}{W_W} - a_{jW} \right| \right\}, \\ & \text{s. t.} \\ & \sum_{j=1}^n W_j = 1, W_j \geq 0, \text{ for all } j. \end{aligned} \quad (1)$$

مرحله ۶- نسبت سازگاری را با استفاده از مراحل ارایه شده در مقاله رضایی [23] بررسی کنید. هنگامی که نسبت سازگاری نزدیک به ۰ است، به این معنی است که در ماتریس ارزیابی سازگاری بیشتری وجود دارد. مقادیر سازگاری نزدیک به ۱ به این معنی است که در ماتریس ارزیابی سازگاری کمتری وجود دارد [23]، [27].

۲-۳-۳- رتبه‌بندی گزینه‌های جایگزین بر اساس RAPS

روش‌شناسی تکنیک RAPS به شرح زیر است [28]:

مرحله ۱- داده‌های ورودی نرمال می‌شوند که برای تبدیل از یک فضای تصمیم‌گیری چندبعدی به یک فضای تصمیم‌گیری غیر بعدی ضروری است. رابطه (۲) برای انجام نرمال‌سازی برای حداکثر معیارها استفاده می‌کند و از معیار حداقل رابطه (۳) برای انجام نرمال‌سازی استفاده می‌کند:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i(x_{ij})}, \text{ for all } i, \text{ for all } i \in [1, 2, \dots, m] \wedge j \in S_{max}. \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{\min_i(x_{ij})}{x_{ij}}, \text{ for all } i \in [1, 2, \dots, m] \wedge j \in S_{min}. \quad (3)$$

جایی که

۱. x_{ij} ماتریس تصمیم‌گیری گزینه m و معیار n

۲. S_{max} مجموعه معیارهای حداکثر سازی است.

۳. S_{min} معیارهای کمینه‌سازی است.

مرحله ۲- فرایند نرمال‌سازی منجر به ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده همان‌طور که نشان داده شده در رابطه (۴) است:

$$R = [r_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} \frac{A}{C} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1j} \\ A_2 & r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (۴)$$

مرحله ۳- نرمال سازی وزنی. برای هر r_{ij} ارزیابی نرمال شده، نرمال سازی وزنی در رابطه (۵) استفاده می شود. مقدار نتیجه وزن نرمال شده ماتریس نرمال شده وزنی است و در رابطه (۶) نشان داده شده است.

$$u_{ij} = w_j r_{ij}, \text{ for all } i \in [1, 2, \dots, m], \text{ for all } j \in [1, 2, \dots, n]. \quad (۵)$$

$$U = [u_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} \frac{A}{C} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1j} \\ A_2 & u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & u_{m1} & u_{m2} & \dots & u_{mn} \end{bmatrix} \quad (۶)$$

مرحله ۴- با شناسایی هر درایه از جایگزین بهینه با استفاده از رابطه (۷) جایگزین بهینه را تعیین کنید که منجر به مجموعه جایگزین بهینه در رابطه (۸) می شود.

$$q_j = \max(u_{ij} \mid 1 \leq j \leq n), \text{ for all } i \in [1, 2, \dots, m]. \quad (۷)$$

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_j\}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (۸)$$

مرحله ۵- تجزیه جایگزین بهینه شامل فرایند رسیدن به دوزیر مجموعه یا جز است. مجموعه Q همان طور که در رابطه (۹) نشان داده شده است، اتحاد دوزیر مجموعه است. اگر k نشان دهنده تعداد کل معیارهایی است که باید به حداقل برسند، $h = n \times k$ نشان دهنده تعداد کل معیارهایی است که باید به حداقل نتایج جایگزین بهینه در رابطه (۱۰) برسد.

$$Q = Q^{\max} \cup Q^{\min}. \quad (۹)$$

$$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_k\} \cup \{q_1, q_2, \dots, q_h\}; k + h = j. \quad (۱۰)$$

مرحله ۶- تجزیه جایگزین مشابه روش مرحله ۵ است. رابطه (۱۱) و رابطه (۱۲) تجزیه هر جایگزین را نشان می دهد.

$$U_i = U_i^{\max} \cup U_i^{\min}, \text{ for all } i \in [1, 2, \dots, m]. \quad (۱۱)$$

$$U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ik}\} \cup \{u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ih}\}, \text{ for all } i \in [1, 2, \dots, m]. \quad (۱۲)$$

مرحله ۷- این مرحله مربوط به بزرگی درایه مورد نیاز برای محاسبه هر جز از جایگزین بهینه است؛ بنابراین، قدر را با استفاده از رابطه (۱۳) و رابطه (۱۴) و برای هر جایگزین با استفاده از رابطه (۱۵) و رابطه (۱۶) محاسبه کنید.

$$Q_k = \sqrt{q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_k^2}. \quad (۱۳)$$

$$Q_h = \sqrt{q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_h^2}. \quad (۱۴)$$

$$U_{ik} = \sqrt{u_{i1}^2 + u_{i2}^2 + \dots + u_{ik}^2}, \text{ for all } i \in [1, 2, \dots, m]. \quad (۱۵)$$

$$U_{ih} = \sqrt{u_{i1}^2 + u_{i2}^2 + \dots + u_{ih}^2}, \text{ for all } i \in [1, 2, \dots, m]. \quad (۱۶)$$

مرحله ۸- رتبه بندی گزینه ها بر اساس RAPS. محیط مثلث قائم الزاویه نشان دهنده محیط جایگزین بهینه است. اجزای Q_k و Q_h به ترتیب اضلاع قاعده و عمود بر این مثلث هستند که در رابطه (۱۷) بیان شده است. رابطه (۱۸) هر جایگزین را محاسبه کرد. رابطه (۱۹) نشان دهنده نسبت بین محیط هر جایگزین و جایگزین بهینه است. جایگزین ها را بر اساس ترتیب نزولی مقادیر PS_i هر جایگزین مرتب کنید و رتبه بندی کنید.

$$P = Q_k + Q_h + \sqrt{Q_k^2 + Q_h^2} \quad (17)$$

$$P_i = U_{ik} + U_{ih} + \sqrt{U_{ik}^2 + U_{ih}^2} \quad (18)$$

$$PS_i = \frac{P_i}{P}, \text{ for all } i \in [1, 2, \dots, m]. \quad (19)$$

۴- یافته‌ها

۴-۱- روش بهترین-بدترین (BWM)

BWM یکی از تکنیک‌های نوین تصمیم‌گیری چند معیاره است که در زمره تصمیم‌گیری چند شاخصه قرار می‌گیرد و توسط جعفر رضایی [23] در سال ۲۰۱۵ در مقاله‌ای ارائه شده است در این روش بهترین و بدترین شاخص توسط *DM* مشخص می‌شود و مقایسه زوجی بین هر یک از این دو شاخص (بهترین و بدترین) و دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد؛ سپس یک مساله حداکثر حداقل برای مشخص کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله و حل می‌شود؛ همچنین در این روش فرمولی برای محاسبه نرخ ناسازگاری به منظور بررسی اعتبار مقایسات در نظر گرفته شده است. از جمله ویژگی‌های برجسته این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه عبارت است از:

۱. به داده‌های مقایسه‌ای کمتر نیاز دارد.
۲. این روش به مقایسه‌های استوارتر منجر می‌شود؛ بدین معنا که جواب‌های قابل اطمینان‌تری می‌دهد.

در این تکنیک ما با مقایسات زوجی معیارها سروکار داریم وقتی از مقایسه زوجی *a_{ij}* استفاده می‌شود، *DM* جهت و استحکام عملکرد *i* را نسبت به *j* بیان می‌کند. در بیشتر موارد، *DM* مشکلی در بیان جهت ندارد درحالی‌که بیان استحکام عملکرد یک وظیفه مشکل می‌باشد که اغلب باعث ناسازگاری‌ها می‌باشد. برای درک بهتر اهمیت این مساله ما از یک شکل تصویری استفاده کرده‌ایم.

۴-۱-۱- مراحل روش BWM

گام ۱- تعیین مجموعه معیارهای پژوهش

در گام ۱ ابتدا باید مساله مورد پژوهش مشخص شود و سپس عوامل تاثیرگذار بر روی هدف مساله استخراج می‌شود و درنهایت به تایید خبرگان پژوهش برسد. در این گام می‌توان از روش‌هایی همچون روش دلفی یا دلفی فازی استفاده کرد زیر هدف این روش‌ها تایید و غربالگری شاخص‌های پژوهش است.

گام ۲- مقایسه بهترین معیار با دیگر معیارها (*BO*) و دیگر معیارها با بدترین معیار (*OW*)

در این گام ابتدا باید با اهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین معیار از بین تمامی شاخص‌ها مشخص شود که به آن *best* و *worst* گفته می‌شود سپس مقایسه زوجی بهترین معیار با دیگر معیارها و دیگر معیارها با بدترین معیار در قالب دو ماتریس تشکیل شود و توسط طیف ۱ تا ۹ ساعتی به آن مقایسات زوجی پاسخ داده شود.

گام ۳- ایجاد مدل برنامه‌ریزی غیرخطی

در این گام با استفاده از رابطه زیر مدل بهینه‌سازی غیرخطی روش *BWM* را تشکیل می‌دهیم.

$$\min \xi$$

s. t.

$$\left| \frac{w_b}{w_j} - a_{Bj} \right| \leq \xi. \quad \text{برای تمام } js$$

$$\left| \frac{w_j}{w_w} - a_{jw} \right| \leq \xi. \quad \text{برای تمام } js$$

$$\sum_j w_j = 1.$$

برای تمام j . $w_j \geq 0$.

با حل این مدل در نرم افزارهای بهینه سازی مانند *lingo* و یا *gams* یا *Solver Excel* اوزان معیارها محاسبه می شود.

در این تحقیق مطابق گام ۱ معیارها عبارت اند از:

۱. نسبت سودآوری - C1
۲. نسبت نقدینگی - C2
۳. نسبت بازار - C3
۴. نسبت کارایی - C4
۵. ریسک و حجمی - C5

تعداد معیار = ۵	معیار ۱	معیار ۲	معیار ۳	معیار ۴	معیار ۵
نام معیارها	نسبت سودآوری - C1	نسبت نقدینگی - C2	نسبت بازار - C3	نسبت کارایی - C4	ریسک و حجمی C5

گام اول) نام معیارها را وارد نمایید

شکل ۱- ساختار مسیرهای سواری C1 و C3.

Figure 1- Structure of C1 and C3 riding routes.

مطابق گام ۲ روش *BVM* انتخاب بهترین و بدترین معیار می باشد که معیار نسبت سودآوری - C1 به عنوان بهترین و ریسک و حجمی C5 با پیروی از تحقیقات به عنوان بدترین معیار انتخاب می شود.

گام دوم) بهترین و بدترین را انتخاب نمایید	انتخاب بهترین	نسبت سودآوری - C1
	انتخاب بدترین	ریسک و حجمی C5

شکل ۲- تفکیک مراحل C1 و C3.

Figure 2- Separation of stages C1 and C3.

مطابق گام ۳ معیارها نسبت به بهترین و بدترین معیار در طیف لیکرت ۹ تایی امتیازدهی می شوند.

گام سوم) نظرخواه بهترین گزینه نسبت به سایرین	انتخاب بدترین	ریسک و حجمی C5
	بهترین نسبت به سایرین	نسبت سودآوری - C1
	نسبت سودآوری - C1	نسبت نقدینگی - C2
		نسبت بازار - C3
		نسبت کارایی - C4
		ریسک و حجمی C5

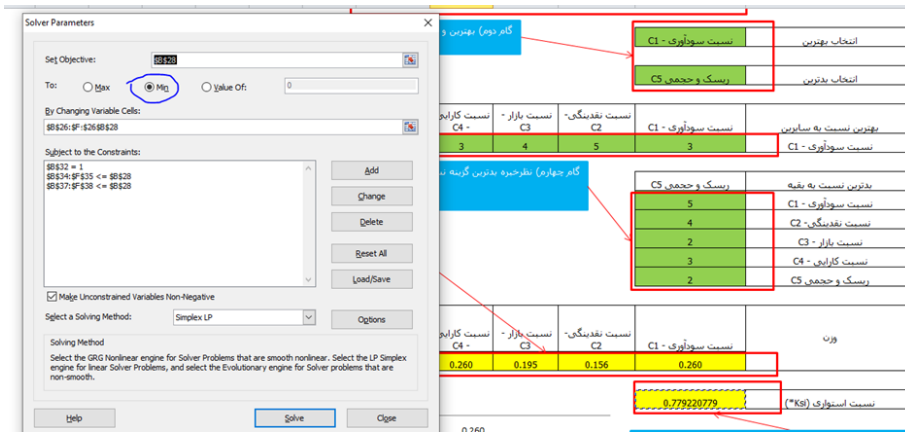
گام چهارم) نظرخواه بدترین گزینه نسبت به سایرین

گام پنجم) اکنون، به "Data" بروید و بر روی "Solver" کلیک کنید. وزن ها به ظاهر خودکار در سلولهای زرد و شکل نشان داده می شوند. اگر بهتری از نسبت های کمتر را تغییر دهید باید برای دستیابی به نتایج جدید، مرحله ۵ را دوباره انجام دهید.

شکل ۳- زمان بندی و توالی فرایندهای C1 و C3.

Figure 3- Timing and sequence of processes C1 and C3.

در گام ۴ با استفاده از Solver excel مدل برنامه‌ریزی غیرخطی با تابع هدف از نوع min حل می‌شود.



شکل ۴- مقایسه مراحل و هم‌ترازی بلوک‌های فرایندی.

Figure 4- Comparison of steps and alignment of process blocks.

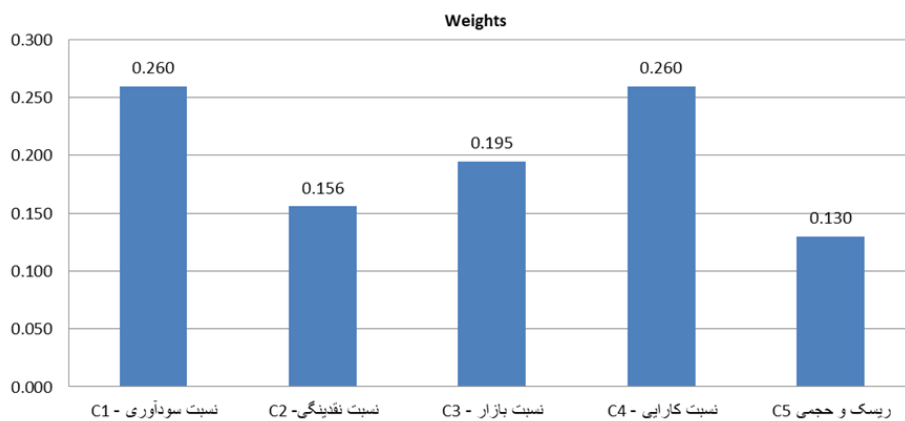
در این صورت جواب بهینه که همان وزن‌های هر معیار می‌باشند به‌دست آید.

وزن	نسبت سودآوری - C1	نسبت نقدینگی - C2	نسبت بازار - C3	نسبت کارایی - C4	ریسک و حجمی - C5
0.779220779	0.260	0.156	0.195	0.260	0.130

شکل ۵- ضرایب وزن‌دهی مراحل C1 تا C5.

Figure 5- Weighting coefficients of steps C1 to C5.

بنابراین وزن‌های هر معیار مطابق نمودار زیر مشخص می‌شود.



شکل ۶- وزن معیارها با روش BMW.

Figure 6- Weights by BMW method.

در مراحل بعدی از این وزن‌ها به‌عنوان ورودی روش‌های تاپسیس و ویکور برای رتبه‌بندی گزینه‌های هر نسبت استفاده می‌شود.

نسبت سودآوری - C1		نسبت نقدینگی - C2					نسبت بازار - C3				نسبت کارایی - C4		ریسک و حجمی - C5
NPM	ROA	ROE	CR	PS	DC	PB	PE	EPS	TR	Beta	Vol		
C13	C12	C11	C21	C31	C32	C33	C34	C35	C41	C51	C52		

شکل ۷- تفکیک شاخص‌ها در سطوح C1 تا C5.

Figure 7- Breakdown of indicators at levels C1 to C5.

۴-۲- رتبه‌بندی زیرمعیارهای هر معیار شاخص‌های عملکرد مالی با رویکرد تاپسیس

تاپسیس یکی از روش‌های MCDM است که علاوه بر در نظر گرفتن فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت، فاصله گزینه‌ها از نقطه ایده‌آل منفی را در نظر می‌گیرد. به عبارتی گزینه برتر، گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از جواب ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از ایده‌آل منفی داشته باشد. در این تحقیق ۵ معیار و ۱۲ گزینه (بانک) وجود دارد که بر اساس روش تاپسیس رتبه‌بندی می‌شوند. در جدول ۲ مشخصات معیارها آورده شده است.

جدول ۲ - مشخصات معیارهای اصلی.

Table 2- Specifications of the main criteria.

ردیف	نام معیار	نوع معیار	وزن معیار
1	نسبت سودآوری - C1	+	0.26
2	نسبت نقدینگی - C2	+	0.156
3	نسبت بازار - C3	+	0.195
4	نسبت کارایی - C4	+	0.26
5	ریسک و حجمی C5	+	0.13

جدول ۳ ماتریس تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. با توجه به ارزیابی ۱۰ خبره ماتریس زیر میانگین حسابی تمام خبرگان می‌باشد.

جدول ۳ - ماتریس تصمیم‌گیری.

Table 3- Decision matrix.

نسبت سودآوری C1 -	نسبت نقدینگی C2 -	نسبت بازار C3 -	نسبت کارایی C4 -	ریسک و حجمی C5	
6	7	6	3	8	ROE-C11
7	9	7	8	9	ROA-C12
9	4	6	4	9	NPM-C13
7	4	6	6	9	CR-C21
4	3	8	5	3	PS-C31
4	5	4	4	7	DC-C32
4	6	9	8	9	PB-C33
8	9	6	9	6	PE-C34
4	3	8	3	4	EPS-C35
4	9	6	6	9	TR-C41
9	7	3	3	9	BETA-C51
9	7	8	6	8	VOL-C52

۴-۲-۱- گام‌های روش تاپسیس

گام ۱ - نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم‌گیری

برای نرمالیزه کردن از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$r_{ij}(x) = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n.$$

جدول ۴ ماتریس نرمالیزه شده را نشان می‌دهد.

جدول ۴ - ماتریس نرمالیزه شده.

Table 4- Normalized matrix.

نسبت سودآوری C1 -	نسبت نقدینگی C2 -	نسبت بازار C3 -	نسبت کارایی C4 -	ریسک و حجمی C5	
0.263	0.313	0.261	0.15	0.297	ROE-C11
0.307	0.402	0.305	0.4	0.334	ROA-C12

جدول ۴- ادامه.

Table 4- Continued.

C5 حجمی و ریسک	C4 - کارایی نسبت	C3 - بازار نسبت	C2 - نقدینگی نسبت	C1 - سودآوری نسبت	
0.334	0.2	0.261	0.179	0.394	NPM-C13
0.334	0.3	0.261	0.179	0.307	CR-C21
0.111	0.25	0.348	0.134	0.175	PS-C31
0.26	0.2	0.174	0.223	0.175	DC-C32
0.334	0.4	0.392	0.268	0.175	PB-C33
0.223	0.449	0.261	0.402	0.35	PE-C34
0.149	0.15	0.348	0.134	0.175	EPS-C35
0.334	0.3	0.261	0.402	0.175	TR-C41
0.334	0.15	0.131	0.313	0.394	BETA-C51
0.297	0.3	0.348	0.313	0.394	VOL-C52

گام ۲- محاسبه ماتریس نرمالیزه وزین

طبق رابطه زیر ماتریس نرمالیزه شده در وزن معیارها ضرب می‌شود.

$$v_{ij}(x) = w_j r_{ij}(x) \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n.$$

جدول ۵ ماتریس نرمالیزه شده وزین را نشان می‌دهد.

جدول ۵- ماتریس نرمال وزین.

Table 5- Weighted normal matrix.

ریسک و حجمی C5	نسبت کارایی C4 -	نسبت بازار C3 -	نسبت نقدینگی C2 -	نسبت سودآوری C1 -	
0.039	0.039	0.051	0.049	0.068	ROE-C11
0.043	0.104	0.059	0.063	0.08	ROA-C12
0.043	0.052	0.051	0.028	0.103	NPM-C13
0.043	0.078	0.051	0.028	0.08	CR-C21
0.014	0.065	0.068	0.021	0.046	PS-C31
0.034	0.052	0.034	0.035	0.046	DC-C32
0.043	0.104	0.076	0.042	0.046	PB-C33
0.029	0.117	0.051	0.063	0.091	PE-C34
0.019	0.039	0.068	0.021	0.046	EPS-C35
0.043	0.078	0.051	0.063	0.046	TR-C41
0.043	0.039	0.025	0.049	0.103	BETA-C51
0.039	0.078	0.068	0.049	0.103	VOL-C52

گام ۳- تعیین نقاط ایده‌آل مثبت و منفی

اساس روش *TOPSIS* محاسبه میزان فاصله‌ی گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت و منفی است؛ بنابراین در این مرحله راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی طبق رابطه‌های زیر تعیین می‌شوند.

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+).$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-).$$

به طوری که:

$$v_j^+ = \{(\max v_{ij}(x) | j \in j_1), (\min v_{ij}(x) | j \in j_2)\} \quad i = 1, \dots, m.$$

$$v_j^- = \{(\min v_{ij}(x) | j \in j_1), (\max v_{ij}(x) | j \in j_2)\} \quad i = 1, \dots, m.$$

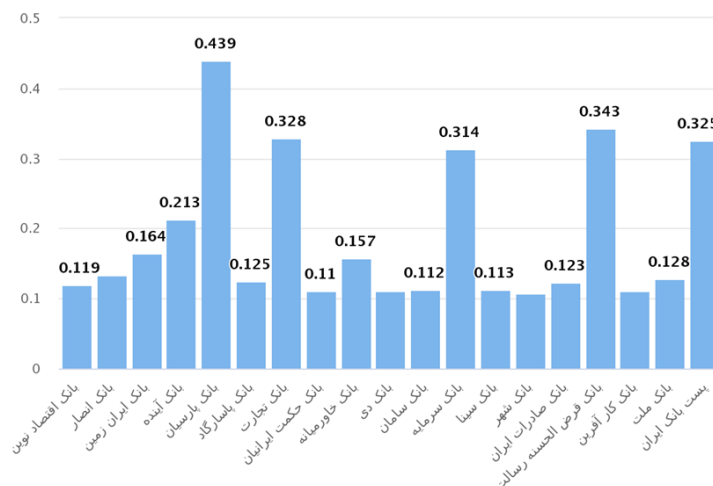
 j_1 و j_2 به ترتیب مربوط به معیارهای مثبت و منفی می‌باشد.

جدول ۶ مقادیر ایده‌آل مثبت و منفی را نشان می‌دهد.

جدول ۶- مقادیر ایده‌آل مثبت و منفی.
Table 6- Positive and negative ideal values.

رتبه	Ci	نام گزینه
13	0.119	بانک اقتصاد نوین
9	0.133	بانک انصار
7	0.164	بانک ایران زمین
6	0.213	بانک آینده
1	0.439	بانک پارسیان
11	0.125	بانک پاسارگاد
3	0.328	بانک تجارت
17	0.11	بانک حکمت ایرانیان
8	0.157	بانک خاورمیانه
16	0.111	بانک دی
15	0.112	بانک سامان
5	0.314	بانک سرمایه
14	0.113	بانک سینا
18	0.108	بانک شهر
12	0.123	بانک صادرات ایران
2	0.343	بانک قرض‌الحسنه رسالت
16	0.111	بانک کارآفرین
10	0.128	بانک ملت
4	0.325	پست‌بانک ایران

شکل ۸ مقادیر C_i را نشان می‌دهد.



شکل ۸- رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس رویکرد تاپسیس.

Figure 8- Ranking of banks based on the TOPSIS approach.

۴-۳- رتبه‌بندی گزینه‌ها (بانک‌ها) بر اساس وزن زیر معیارها با رویکرد ویکور

تکنیک *vikor* اولین بار توسط اپریکوویچ [29] در سال ۱۹۹۸ به منظور حل مسایل *MCDM* و دستیابی به بهترین راه‌حل توافقی معرفی شد. این روش جهت رتبه‌بندی و انتخاب گزینه‌ها با توجه به مجموعه‌ای از شاخص‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف اصلی روش *vikor* نزدیکی بیشتر به جواب ایده‌آل در هر شاخص است. به طوری که گزینه‌ها بر اساس این هدف صورت می‌گیرد.

در این تحقیق ۱۲ معیار و ۱۹ گزینه وجود دارد که بر اساس روش ویکور رتبه‌بندی می‌شوند. جدول ۷ مشخصات معیارها را نشان می‌دهد.

جدول ۷- مشخصات معیارها.

Table 7- Specification of criteria.

ردیف	نام معیار	نوع معیار	وزن معیار
1	C11	+	0.358
2	C12	+	0.754
3	C13	+	0.474
4	C21	+	0.51
5	C31	+	0.349
6	C32	+	0.2
7	C33	+	0.592
8	C34	+	0.767
9	C35	+	0.283
10	C41	+	0.484
11	C51	+	0.426
12	C52	+	0.677

جدول ۸ ماتریس تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. اگر در ارزیابی از چند خبره استفاده شده است ماتریس زیر میانگین حسابی تمام خبرگان می‌باشد.

جدول ۸- ماتریس تصمیم‌گیری.

Table 8- Decision matrix.

C11	C12	C13	C21	C31	C32	C33	C34	C35	C41	C51	C52	بانک اقتصاد نوین
0.067	0.134	0.037	0.009	0.2	0.148	0.13	0.001	0.033	0.243	0.267	0.239	بانک انصار
0.119	0.119	0.072	0.013	0.232	0.075	0.112	0	0.045	0.338	0.232	0.191	بانک ایران زمین
0.503	0.079	0.168	0.056	0.073	0.023	0.138	0	0.336	0.088	0.261	0.215	بانک آینده
0.27	0.308	0.131	0.094	0.532	0.09	0.051	0	0.407	0.105	0.128	0.215	بانک پارسبان
0.013	0.139	0.02	0.009	0.023	0.557	0.048	1	0.016	0.16	0.217	0.239	بانک پاسارگاد
0.112	0.054	0.131	0.027	0.217	0.193	0.147	0	0.059	0.29	0.204	0.215	بانک تجارت
0.193	0.199	0.012	0.987	0.154	0.62	0.065	0.001	0.002	0.237	0.217	0.239	بانک حکمت ایرانیان
0.033	0.057	0.079	0.012	0.244	0.136	0.058	0	0.01	0.304	0.209	0.215	بانک خاورمیانه
0.116	0.03	0.171	0.032	0.386	0.322	0.175	0	0.057	0.305	0.224	0.239	بانک دی
0.19	0.127	0.154	0.041	0.142	0.022	0.094	0	0.15	0.038	0.27	0.239	بانک سامان
0.68	0.176	0.031	0.005	0.23	0.088	0.13	0.001	0.032	0.156	0.173	0.239	بانک سرمایه
0.071	0.229	0.924	0.089	0.11	0.001	0.035	0.001	0.817	0.084	0.243	0.215	بانک سینا
0.068	0.9	0.061	0.013	0.233	0.153	0.132	0.001	0.027	0.266	0.192	0.239	بانک شهر
0.077	0.187	0.034	0.039	0.122	0.006	0.028	0	0.052	0.137	0.29	0.215	بانک صادرات ایران
0.072	0.188	0.003	0.005	0.153	0.072	0.091	0.001	0.001	0.252	0.23	0.239	بانک قرض الحسنه رسالت
0.067	0.764	0.016	0.004	0.88	0.042	0.306	0	0.105	0.183	0.278	0.239	بانک کارآفرین
0.072	0.47	0.092	0.021	0.197	0.237	0.138	0.001	0.032	0.252	0.218	0.239	بانک ملت
0.099	0.176	0.054	0.011	0.177	0.06	0.094	0	0.063	0.275	0.228	0.239	پست بانک ایران
0.714	0.78	0.002	0.003	0.171	0.107	0.844	0.003	0.019	0.314	0.22	0.239	بانک اقتصاد نوین

۱-۳-۴- گام‌های روش ویکور

گام ۱- نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم‌گیری

برای نرمالیزه کردن از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$f_{ij}(x) = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n.$$

جدول ۹ ماتریس نرمالیزه شده را نشان می‌دهد.

جدول ۹- ماتریس نرمالیزه شده.
Table 9- Normalized matrix.

C11	C12	C13	C21	C31	C32	C33	C34	C35	C41	C51	C52
0.065	0.134	0.044	0.009	0.201	0.148	0.13	0.001	0.033	0.233	0.267	0.239
0.119	0.119	0.087	0.013	0.232	0.075	0.112	0	0.045	0.326	0.232	0.191
0.503	0.079	0.175	0.056	0.073	0.023	0.138	0	0.336	0.093	0.261	0.215
0.27	0.308	0.131	0.094	0.532	0.09	0.051	0	0.407	0.093	0.128	0.215
0.012	0.139	0	0.009	0.23	0.557	0.048	1	0.016	0.14	0.217	0.239
0.11	0.054	0.131	0.027	0.217	0.193	0.147	0	0.059	0.28	0.204	0.215
0.192	0.199	0	0.987	0.154	0.62	0.065	0.001	0.002	0.233	0.217	0.239
0.033	0.057	0.087	0.011	0.244	0.135	0.058	0	0.01	0.326	0.209	0.215
0.114	0.03	0.175	0.032	0.386	0.322	0.175	0	0.057	0.326	0.224	0.239
0.188	0.127	0.175	0.041	0.143	0.022	0.094	0	0.15	0.047	0.27	0.239
0.07	0.176	0.044	0.005	0.23	0.088	0.13	0.001	0.032	0.14	0.173	0.239
0.07	0.229	0.917	0.088	0.111	0.001	0.035	0.001	0.817	0.093	0.243	0.215
0.07	0.09	0.044	0.013	0.232	0.153	0.132	0.001	0.027	0.28	0.192	0.239
0.078	0.187	0.044	0.039	0.123	0.006	0.028	0	0.052	0.14	0.29	0.215
0.074	0.188	0	0.005	0.152	0.072	0.092	0.001	0.001	0.233	0.23	0.239
0.065	0.764	0	0.004	0.088	0.042	0.306	0	0.105	0.187	0.278	0.239
0.074	0.047	0.087	0.21	0.197	0.237	0.137	0.001	0.032	0.233	0.218	0.239
0.098	0.176	0.044	0.01	0.177	0.066	0.094	0	0.063	0.28	0.228	0.239
0.715	0.078	0	0.003	0.171	0.107	0.844	0.003	0.019	0.326	0.22	0.239

گام ۲- تعیین بهترین امتیاز (f_i^*) و بدترین امتیاز (f_i^-) برای هر معیار

بهترین و بدترین امتیاز طبق فرمول زیر تعیین می‌شود:

اگر معیار مثبت باشد:

$$f_j^* = \max_i f_{ij}, f_j^- = \min_i f_{ij}; j = 1, 2, \dots, n.$$

اگر معیار منفی باشد:

$$f_j^* = \min_i f_{ij}, f_j^- = \max_i f_{ij}; j = 1, 2, \dots, n.$$

راه‌حل ایده‌آل مثبت به صورت $f^* = \{f_1^*, f_2^*, f_3^*, \dots, f_n^*\}$ و راه‌حل ایده‌آل منفی $f^- = \{f_1^-, f_2^-, f_3^-, \dots, f_n^-\}$ به صورت می‌باشد.

گام ۳- محاسبه R_i و S_i

طبق فرمول‌های زیر مقادیر R_i و S_i که به ترتیب نشان‌دهنده مطلوبیت گروهی و نامطلوبی فردی هست، محاسبه می‌شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{(f_j^* - f_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)}$$

$$R_i = \text{Max}_j \left[w_j \frac{(f_j^* - f_{ij})}{(f_j^* - f_j^-)} \right]$$

که w_j همان وزن معیارها می‌باشد.

جدول ۱۰ مقادیر S_i و R_i را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- مقادیر S و R.

Table 10- S and R values.

S	R	نام گزینه
4.133	0.766	بانک اقتصاد نوین
4.716	0.767	بانک انصار
4.504	0.767	بانک ایران زمین
4.406	0.767	بانک آینده
3.601	0.642	بانک پارسیان
4.514	0.767	بانک پاسارگاد
3.576	0.766	بانک تجارت
4.568	0.767	بانک حکمت ایرانیان
3.846	0.767	بانک خاورمیانه
4.384	0.767	بانک دی
4.5	0.767	بانک سامان
4.103	0.766	بانک سرمایه
4.267	0.767	بانک سینا
4.675	0.767	بانک شهر
4.298	0.766	بانک صادرات ایران
3.535	0.767	بانک قرض الحسنه رسالت
4.285	0.767	بانک کارآفرین
4.157	0.767	بانک ملت
3.372	0.765	پست بانک ایران

گام ۴- محاسبه Q_i

برای هر گزینه مقدار بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_i = \gamma \frac{(S_i - S^*)}{(S^- - S^*)} + (1 - \gamma) \frac{(R_i - R^*)}{(R^- - R^*)}$$

که

$$S^* = \text{Min}_i\{S_i\}; S^- = \text{Max}_i\{S_i\}; R^* = \text{Min}_i\{R_i\}; R^- = \text{Max}_i\{R_i\},$$

و ۷ حداکثر مطلوبیت گروهی^۱ که مقدار ۰/۵ می باشد.

جدول ۱۱- مقادیر Q.

Table 11- Q values.

نام گزینه	Q
بانک اقتصاد نوین	0.78
بانک انصار	1
بانک ایران زمین	0.92
بانک آینده	0.884
بانک پارسیان	0.085
بانک پاسارگاد	0.924
بانک تجارت	0.573
بانک حکمت ایرانیان	0.945
بانک خاورمیانه	0.675
بانک دی	0.877
بانک سامان	0.918
بانک سرمایه	0.769
بانک سینا	0.831
بانک شهر	0.985
بانک صادرات ایران	0.842
بانک قرض الحسنه رسالت	0.561
بانک کارآفرین	0.838
بانک ملت	0.791
پست بانک ایران	0.49

گام ۵- رتبه بندی گزینه ها بر اساس S، R و Q

گزینه ها بر اساس S، R و Q به صورت نزولی مرتب می شوند به طوری که هر چه مقدار کمتری داشته باشند رتبه بهتری به گزینه مورد نظر اختصاص می یابد. در نتیجه سه رتبه بندی حاصل خواهد شد. جدول ۱۲ رتبه گزینه ها را بر اساس مقادیر S، R و Q نشان می دهد:

جدول ۱۲- رتبه بندی بانک ها بر اساس روش ویکور.

Table 12- Bank rankings based on the VIKOR method.

نام گزینه	مقدار R	رتبه R	مقدار S	رتبه S	مقدار Q	رتبه Q
بانک اقتصاد نوین	0.766	4	4.133	7	0.78	7
بانک انصار	0.767	14	4.716	19	1	19
بانک ایران زمین	0.767	12	4.504	15	0.92	15
بانک آینده	0.767	16	4.406	13	0.884	13
بانک پارسیان	0.642	1	3.601	4	0.085	1

¹ The maximum group utility

جدول ۱۲ - ادامه.

Table 12- Continued.

رتبه Q	مقدار Q	رتبه S	مقدار S	رتبه R	مقدار R	نام گزینه
16	0.924	16	4.514	13	0.767	بانک پاسارگاد
4	0.573	3	3.576	3	0.766	بانک تجارت
17	0.945	17	4.568	17	0.767	بانک حکمت ایرانیان
5	0.675	5	3.846	10	0.767	بانک خاورمیانه
12	0.877	12	4.384	19	0.767	بانک دی
14	0.918	14	4.5	8	0.767	بانک سامان
6	0.769	6	4.103	6	0.766	بانک سرمایه
9	0.831	9	4.267	7	0.767	بانک سینا
18	0.985	18	4.675	18	0.767	بانک شهر
11	0.842	11	4.298	5	0.766	بانک صادرات ایران
3	0.561	2	3.535	15	0.767	بانک قرض الحسنه رسالت
10	0.838	10	4.285	9	0.767	بانک کارآفرین
8	0.791	8	4.157	11	0.767	بانک ملت
2	0.49	1	3.372	2	0.765	پست بانک ایران

گام ۶- ارایه راه حل سازشی

شرط ۱: شرط مزیت قابل قبول

اگر $A(1)$ و $A(2)$ به ترتیب اولین و دومین گزینه برتر بر اساس مقدار Q و n بیانگر تعداد گزینه‌ها باشد، رابطه زیر برقرار باشد.

$$Q(A(2)) - Q(A(1)) \geq 1/n - 1.$$

شرط ۲: شرط ثبات قابل قبول در تصمیم‌گیری

گزینه $A(I)$ باید حداقل در یکی از گروه‌های R و S به‌عنوان رتبه برتر شناخته شود.

حالت‌هایی که پیش می‌آید:

حالت ۱: زمانی که شرط اول برقرار نباشد، مجموعه‌ای از گزینه‌ها به‌صورت رابطه زیر به‌عنوان گزینه‌های برتر انتخاب می‌شوند.

$$A(1), A(2), \dots, A(M) = \text{گزینه}$$

بیشترین مقدار M با توجه به رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q(A(M)) - Q(A(1)) < 1/n - 1.$$

حالت ۲: زمانی که تنها شرط دوم برقرار نباشد دو گزینه $A(1)$ و $A(2)$ به‌عنوان گزینه‌های برتر انتخاب می‌شوند.

حالت ۳: اگر هر دو شرط برقرار بود گزینه‌ای که کمترین مقدار Q را دارد به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب خواهد شد.

نحوه پذیرش شرطها در جدول ۱۳ آمده است.

جدول ۱۳- پذیرش شرطها.

Table 13- Acceptance of conditions.

شرط اول	پذیرش
شرط دوم	پذیرش
حالت انتخابی	حالت سوم

بنابراین گزینه بانک پارسیان به‌عنوان گزینه نهایی انتخاب می‌شود.

۴-۴- رتبه‌بندی گزینه‌ها (بانک‌ها) بر اساس وزن زیرمعیارها با رویکرد RAPS

نهایتاً با انجام مراحل روش $MCDM$ با رویکرد $RAPS$ که مطابق روش تاپسیس می‌باشد رتبه‌بندی بانک‌ها به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

جدول ۱۴- رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس روش $RAPS$.

Table 14- Bank rankings based on RAPS method.

رتبه	Ci	نام گزینه
11	0.149	بانک اقتصاد نوین
9	0.153	بانک انصار
7	0.184	بانک ایران زمین
6	0.223	بانک آینده
13	0.129	بانک پارسیان
1	0.459	بانک پاسارگاد
3	0.348	بانک تجارت
17	0.31	بانک حکمت ایرانیان
8	0.177	بانک خاورمیانه
15	0.132	بانک دی
5	0.334	بانک سامان
16	0.131	بانک سرمایه
14	0.133	بانک سینا
18	0.128	بانک شهر
12	0.143	بانک صادرات ایران
2	0.363	بانک قرض الحسنه رسالت
16	0.131	بانک کارآفرین
4	0.345	بانک ملت
10	0.146	پست بانک ایران

درنهایت مقایسه رتبه‌بندی بر اساس سه رویکرد به‌صورت جدول ۱۵ می‌باشد:

جدول ۱۵ - رتبه‌بندی بانک‌ها بر اساس سه رویکرد.

Table 15- Ranking banks based on three approaches.

رتبه- RAPS	BVM- RAPS	رتبه- VIKOR	-V=0.5&BVM VIKOR	رتبه- TOPSIS	BVM- TOPSIS	نام گزینه
11	0.149	7	0.78	13	0.119	بانک اقتصاد نوین
9	0.153	19	1	9	0.133	بانک انصار
7	0.184	15	0.92	7	0.164	بانک ایران زمین
6	0.223	13	0.884	6	0.213	بانک آینده
13	0.129	1	0.085	1	0.439	بانک پارسیان
1	0.459	16	0.924	11	0.125	بانک پاسارگاد
3	0.348	4	0.573	3	0.328	بانک تجارت
17	0.31	17	0.945	17	0.11	بانک حکمت ایرانیان
8	0.177	5	0.675	8	0.157	بانک خاورمیانه
15	0.132	12	0.877	16	0.111	بانک دی
5	0.0334	14	0.918	15	0.112	بانک سامان
16	0.131	6	0.769	5	0.314	بانک سرمایه
14	0.133	9	0.831	14	0.113	بانک سینا
18	0.128	18	0.985	18	0.108	بانک شهر
12	0.143	11	0.842	12	0.123	بانک صادرات ایران
2	0.363	3	0.561	2	0.343	بانک قرض الحسنه رسالت
16	0.131	10	0.0838	16	0.111	بانک کارآفرین
4	0.345	8	0.0791	10	0.128	بانک ملت
10	0.146	2	0.49	4	0.325	پست بانک ایران

۵- نتیجه‌گیری

۵-۱- تبیین علمی نتایج

به‌عنوان یکی از بهترین بخش‌ها در بازار بورس تهران در پنج سال گذشته، بخش بانکی با رشد سریع مواجه بودند و از این جهت برای سرمایه‌گذاران جذاب هستند. انجام یک ارزیابی عمیق بازار برای ارزیابی و رتبه‌بندی ارزش سرمایه‌گذاری‌های اجزای آن نیازمند تحلیل دقیقی بر اساس معیارهای متعدد است. این پژوهش از تکنیک ترکیبی *BWM* و *RAPS* برای رتبه‌بندی بانک‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران استفاده کرد. این پژوهش وزن‌های تعیین شده بر اساس نظر ۱۰ کارشناس تعیین شد. معیارهای سودآوری و کارایی بحرانی‌ترین در نظر گرفته شده و با ۲۶٪ وزن شده‌اند. نقدینگی، بازار و ریسک به ترتیب ۱۵/۶٪، ۱۹/۵٪ و ۱۳٪ بوده است. همچنین معیارهای مورد استفاده برای انتخاب بهترین سرمایه‌گذاری در بین سهام این شرکت‌ها، گزارش‌هایی از اهمیت معیارها از نویسندگان مطالعات قبلی را منعکس می‌کند؛ بنابراین، وزن‌ها با کمک کارشناسان خیره محاسبه شد و مهم‌ترین نسبت‌های وزنی بازده دارایی‌ها با ۷۵/۴٪، نسبت *PE* ۷۶/۷٪ و نسبت حجمی ۶۷/۷٪ بین سایر معیارهای درگیر در این مطالعه توزیع شد. از این رو سوالات ذیل بر اساس نتایج فصل چهار پاسخ داده شدند:

۱. رتبه‌بندی بانک‌های ایرانی بر اساس نسبت‌های مالی با استفاده از رویکرد *BWM-TOPSIS* چگونه است؟
۲. رتبه‌بندی بانک‌های ایرانی بر اساس نسبت‌های مالی با استفاده از رویکرد *BWM-VIKOR* چگونه است؟
۳. رتبه‌بندی بانک‌های ایرانی بر اساس نسبت‌های مالی با استفاده از رویکرد *BWM-RAPS* چگونه است؟

این مطالعه ۱۹ معیار را برای بازار بورس تهران ارزیابی کرد که هرگز در ادبیات با استفاده از روش *TOPSIS* مورد بحث قرار نگرفته است. با استفاده از وزن‌های حاصل از روش *BWM* به‌عنوان ورودی تکنیک‌های *RAPS*، *TOPSIS* و *VIKOR* تکنیک مورد استفاده قرار گرفت که نتایج به ترتیب سوالات مطرح‌شده به شرح ذیل است:

۱. بر اساس روش *BWM-TOPSIS* بانک پارسیان در رتبه‌بندی اول قرارداد و بانک‌های قرض‌الحسنه رسالت و تجارت در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همچنین بانک شهر رتبه آخر را به خود اختصاص داده است.
۲. بر اساس روش *BWM-VIKOR* بانک پارسیان رتبه اول، پست بانک دوم و بانک رسالت در رتبه سوم قرار دارد و بانک‌های شهر و انصار رتبه هیجدهم و نوزدهم را به خود اختصاص دادند.
۳. بر اساس روش *BWM-VIKOR* بانک پاسارگاد در رتبه‌بندی اول قرارداد و بانک‌های قرض‌الحسنه رسالت و تجارت در رتبه‌های بعدی قرار دارند و بانک شهر در رتبه انتهایی قرار دارد.

با توجه به نتایج رتبه‌بندی فوق در حال حاضر روش‌های *MCDM* متعددی موجود است که هرکدام دارای مزایا و معایبی هستند. این پژوهش از روش *BWM* به دلیل نقاط قوت آن در ترتیب اهمیت معیارها و آزمون تعبیه‌شده آن برای سازگاری ارزیابی، نسبت به سایر روش‌های ارزیابی معیارها استفاده کرد. از سوی دیگر، *BWM* نسبت به سایر روش‌های ارزیابی معیار ذهنی‌تر است و ابزاری برای کمی‌سازی احساسات و تولید قضاوت‌های عددی ارائه می‌دهد. همچنین به دلیل رویه منطقی، توجیه، تعمیم و اعتبار روش *RAPS* را بر سایر روش‌های ارزیابی مورد استفاده قرار گرفته است. درحالی‌که *RAPS* به‌طور گسترده‌ای یک روش قوی در نظر گرفته می‌شود، از نظر رویه‌ای بسیار پیچیده است. با توجه به بسیاری از روش‌های موجود که توسط *MCDM* در برمی‌گیرد، مقایسه نتایج این مطالعه با سایر روش‌های *MCDM* مناسب است.

جای تعجب نیست که تکنیک‌های مختلف *MCDM* نظم کمی متفاوت در رتبه‌بندی‌های حاصل به دست آوردند. با این حال، روش‌های ترکیبی *BWM-RAPS* مورد استفاده در این مطالعه با نتایج سایر روش‌های شناخته‌شده *MCDM*، از جمله *TOPSIS* و *VIKOR* قابل مقایسه بود. نتیجه مقایسه در تمام روش‌های *MCDM* آزمون شده مورد بررسی بانک پارسیان در روش‌های *TOPSIS* و *VIKOR* رتبه برتر را داشته درحالی‌که در روش *RAPS* رتبه سیزدهم را به خود اختصاص داده است، همچنین بانک‌های تجارت و رسالت در به‌طور مشابه در دو روش در رتبه‌های بالایی قرار داشته است. نهایتاً بانک شهر در هر سه روش جز بانک‌هایی بود که در رتبه‌های انتهایی قرار داشته است. چنین مشترکات اصلی، قابلیت بقای تکنیک‌های ترکیبی مورد استفاده در این مطالعه را تقویت می‌کند و موردی را برای بررسی مستمر تکنیک‌های *MCDM* برای بهبود مستمر ایجاد می‌کند.

۵-۲- پیشنهادهای مبتنی بر نتایج

با توجه به اینکه در بلندمدت، اکثر کارشناسان مالی توافق دارند که سرمایه‌گذاری در بازار سهام یکی از بهترین فرصت‌ها برای افزایش دارایی‌ها برای افراد کم‌درآمد و با درآمد بالا است. با این حال، چنین سرمایه‌گذاری نیاز به تجزیه و تحلیل دقیق و تصمیم‌گیری پیچیده برای جمع‌آوری یک سبد سرمایه‌گذاری ترجیحی دارد. از این رو به سرمایه‌گذاران پیشنهاد می‌شود برای سرمایه‌گذاری با افق بلندمدت با حجم بالای سرمایه‌گذاری از تکنیک‌های *MCDM* که به‌عنوان ابزارهای ارزشمندی برای رتبه‌بندی بهترین روش‌های سرمایه‌گذاری و به‌طور خاص‌تر، طبقه‌بندی و رتبه‌بندی شرکت‌های معامله‌شده در بازارهای سهام هستند را برای گزینش سهام خود در این صنعت اقدام نمایند.

با توجه به اینکه در حال حاضر در کشورمان سه موسسه رتبه‌بندی فعالیت دارند به این موسسات پیشنهاد می‌شود بر اساس تکنیک‌های *MCDM* علی‌الخصوص به علت برتری مدل ترکیبی *BWM-RAPS* به رتبه‌بندی شرکت‌ها با دقت بیشتر جهت گزارش دهی استفاده نمایند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی داوران محترم که با ارائه نظرات علمی و پیشنهادها ارزشمند، در بهبود کیفیت این پژوهش نقش داشته‌اند، قدردانی می‌کنند.

منابع مالی

این پژوهش بدون دریافت هیچ‌گونه حمایت مالی از نهادها یا سازمان‌های تحقیقاتی انجام شده است.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ نوع تعارض منافی وجود ندارد.

منابع

- [1] Gohari, A., Ahmad, A. Bin, Balasbaneh, A. T., Gohari, A., Hasan, R., & Sholagberu, A. T. (2022). Significance of intermodal freight modal choice criteria: MCDM-based decision support models and SP-based modal shift policies. *Transport policy*, 121, 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.03.015>
- [2] Moradi, M., Yazdifar, H., Eskandar, H., & Namazi, N. R. (2022). Institutional ownership and investment efficiency: Evidence from Iran. *Journal of risk and financial management*, 15(7), 290. <https://doi.org/10.3390/jrfm15070290>
- [3] Kolios, A., Mytilinou, V., Lozano-Minguez, E., & Salonitis, K. (2016). A comparative study of multiple-criteria decision-making methods under stochastic inputs. *Energies*, 9(7), 566. <https://doi.org/10.3390/en9070566>
- [4] Mareschal, B., & Mertens, D. (1992). Banks a multicriteria, PROMETHEE-based, decision support system for the evaluation of the international banking sector. *Journal of decision systems*, 1(2–3), 175–189. <https://doi.org/10.1080/12460125.1992.10511524>
- [5] Gómez-Navarro, T., Garcia-Melón, M., Guijarro, F., & Preuss, M. (2018). Methodology to assess the market value of companies according to their financial and social responsibility aspects: An AHP approach. *Journal of the operational research society*, 69(10), 1599–1608. <https://doi.org/10.1057/s41274-017-0222-7>
- [6] Rahiminezhad Galankashi, M., Mokhatab Rafiei, F., & Ghezelbash, M. (2020). Portfolio selection: A fuzzy-ANP approach. *Financial innovation*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s40854-020-00175-4%0A%0A>
- [7] Touni, Z., Makui, A., Mohammadi, E., & others. (2019). A MCDM-based approach using UTA-STAR method to discover behavioral aspects in stock selection problem. *International journal of industrial engineering and production research*, 30(1), 93–103. <https://doi.org/10.22068/ijiepr.30.1.93>
- [8] Narang, M., Joshi, M. C., Bisht, K., & Pal, A. (2022). Stock portfolio selection using a new decision-making approach based on the integration of fuzzy CoCoSo with Heronian mean operator. *Decision making: applications in management and engineering*, 5(1), 90–112. <https://doi.org/10.31181/dmame0310022022n>
- [9] Kumaran, S. (2022). Financial performance index of IPO firms using VIKOR-CRITIC techniques. *Finance research letters*, 47, 102542. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102542>
- [10] Mohammadreza, M., Mohammadreza, S. M., & Mirseyed Mohammadhasan, I. (2019). Stock portfolio selection with the ELECTRE-TRI method: Review of capabilities, comparison of approaches, and sensitivity analysis. *Financial management strategy*, 7(25), 1-32 (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/388461/fa>
- [11] Lombardi Netto, A., Salomon, V. A. P., & Ortiz Barrios, M. A. (2021). Multi-criteria analysis of green bonds: Hybrid multi-method applications. *Sustainability*, 13(19), 10512. <https://doi.org/10.3390/su131910512>
- [12] Lamata, M. T., Liern, V., & Pérez-Gladish, B. (2018). Doing good by doing well: A MCDM framework for evaluating corporate social responsibility attractiveness. *Annals of operations research*, 267(1), 249–266. <https://doi.org/10.1007/s10479-016-2271-8%0A%0A>
- [13] Petrillo, A., De Felice, F., Garcia-Melón, M., & Pérez-Gladish, B. (2016). Investing in socially responsible mutual funds: Proposal of non-financial ranking in Italian market. *Research in international business and finance*, 37, 541–555. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2016.01.027>
- [14] Bilbao-Terol, A., Arenas-Parra, M., Cañal-Fernández, V., & Jiménez, M. (2016). A sequential goal programming model with fuzzy hierarchies to sustainable and responsible portfolio selection problem. *Journal of the operational research society*, 67(10), 1259–1273. <https://doi.org/10.1057/jors.2016.33>
- [15] Guo, S., & Qi, Z. (2021). A fuzzy best-worst multi-criteria group decision-making method. *IEEE access*, 9, 118941–118952. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3106296>
- [16] Zhu, D., Hodgkinson, L., & Wang, Q. (2018). Academic performance and financial forecasting performance: A survey study. *Journal of behavioral and experimental finance*, 20, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2018.07.002>
- [17] Vasant, D. (2005). The Indian financial system and financial market operation. Himalaya publishing house. https://himpub.com/product/the-indian-financial-system-and-financial-market-operation/?utm_source=chatgpt.com
- [18] Albanese, R. (1981). Managing: Toward accountability for performance. *Richard D. Irwin, Inc.* <https://cir.nii.ac.jp/crid/1970867909779300527>
- [19] Kohler, E. L. (1975). A dictionary for accountants. *Prentice-hall.* https://books.google.nl/books/about/A_Dictionary_for_Accountants.html?id=H9QiAQAAIAAJ&redir_esc=y
- [20] Poudel, N. P. (1996). *Financial statement analysis: An approach to evaluate bank's performance* [Thesis]. <https://elibrary.tucl.edu.np/JQ99OgQlIzUxyjI9nB0n9OyLkqsGIf4/api/core/bitstreams/c35039c6-192e-4540-b8f5-e5ae09120fed/content>

- [21] Mubashir, A., & Bin Tariq, D. Y. (2017). Application of financial ratios as a firm's key performance and failure indicator: Literature review. *Mubashir, afeera and bin tariq, yasir, application of financial ratios as a firm's key performance and failure indicator: literature review, journal of global economics, management and business research*, 8(1), 18–27. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2922992
- [22] Alzayed, N., Eskandari, R., & Yazdifar, H. (2023). Bank failure prediction: Corporate governance and financial indicators. *Review of quantitative finance and accounting*, 61(2), 601–631. <https://doi.org/10.1007/s11156-023-01158-z%0A%0A>
- [23] Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009>
- [24] Wu, Q., Liu, X., Zhou, L., Qin, J., & Rezaei, J. (2024). An analytical framework for the best--worst method. *Omega*, 123, 102974. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2023.102974>
- [25] van de Kaa, G., Rezaei, J., Taebi, B., van de Poel, I., & Kizhakenath, A. (2020). How to weigh values in value sensitive design: A best worst method approach for the case of smart metering. *Science and engineering ethics*, 26(1), 475–494. <https://doi.org/10.1007/s11948-019-00105-3%0A%0A>
- [26] Peykani, P., Emrouznejad, A., & Nouri, M. (2025). Best-Worst multi-criteria decision-making method: A review of the literature. *Socio-economic planning sciences*, 102345. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2025.102345>
- [27] Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert systems with applications*, 38(11), 14336–14345. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>
- [28] Urosevic, K., Gligoric, Z., Miljanovic, I., Beljic, C., & Gligoric, M. (2021). Novel methods in multiple criteria decision-making process (MCRAT and RAPS) application in the mining industry. *Mathematics*, 9(16), 1980. <https://doi.org/10.3390/math9161980>
- [29] Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European journal of operational research*, 156(2), 445–455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)