



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری  
دوره ۱۵ / شماره ۱ (پیاپی ۵۸) / تابستان ۱۴۰۵  
صفحه ۵۲۵ تا ۵۵۶

## مدلی برای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها با استفاده از روش ترکیبی FUZZY-BWM

مهدی احمدپور

دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی مالی، گروه مدیریت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران  
ahmadpour\_mehdi@yahoo.com

رضا آقاجان نشتائی

گروه مدیریت بازرگانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران (نویسنده مسئول)  
Rnashtaei@gmail.com

محسن خدادادی

گروه حسابداری، واحد رودسرواملش، دانشگاه آزاد اسلامی، رودسر، ایران  
mkhodadadil@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۲

### چکیده

هدف پژوهش حاضر طراحی مدلی برای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها با استفاده از روش ترکیبی FUZZY-BWM می‌باشد. در ابتدا با استفاده از مرور ادبیات پژوهش و انجام مصاحبه با خبرگان این حوزه در ایران بررسی گردید که معیارهای ریسک مالی که شرکت‌ها با آن مواجه هستند چه شاخص‌هایی است؛ در ادامه ضمن تأیید ۱۶ زیرمعیار و ۴ معیار اصلی ریسک شناسایی‌شده، با استفاده از دو روش BWM-FUZZY و BWM تعیین اولویت بهترین و بدترین معیار نسبت به سایر معیارها با استفاده از اصطلاحات زبانی انجام شد و در ادامه محاسبه وزن فازی معیارها با استفاده از معادلات بهترین-بدترین نسبت به سایرین صورت گرفت. در انتها ترکیب بردار وزن‌های فازی بهترین و بدترین و محاسبه وزن‌های معیارهای تصمیم‌گیری تعیین گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش بهترین و بدترین و تهیه پرسشنامه برای نسبت‌های مالی هر یک از ریسک‌ها و رتبه بندی شرکتها مطابق با تاپسیس فازی انجام شد. بر اساس اولویت‌بندی گزینه‌های تحقیق در مدل نهایی تحقیق، مشخص گردید که شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی با امتیاز ۰.۹۴ در رتبه اول ارزیابی ریسک مالی شرکت‌های بورسی قرار دارد. شرکت‌های بورسی گروه استخراج کانه‌های فلزی و فلزات اساسی با امتیاز ۰.۵۴ در رتبه دوم، گروه خودرو با امتیاز ۰.۲۱ در رتبه سوم و گروه سیمان، آهک و گچ با امتیاز ۰.۲۰ در رتبه چهارم تعیین گردیدند. **واژه‌های کلیدی:** ریسک نقدینگی، ریسک سرمایه‌گذاری، ریسک فعالیت، ریسک اهرمی.

## ۱- مقدمه

فعالیت هر سازمانی تحت تأثیر بازار و تغییرات تکنولوژیک توسعه می‌یابد. اینها به نوبه خود توسط محیط اقتصادی، سیاسی و اجتماعی اداره می‌شوند. تغییرات غیرقابل پیش‌بینی در این محیط‌ها رخ می‌دهد و بر عملکرد سازمان‌ها تأثیر می‌گذارد که به این انحرافات از برنامه‌های اولیه، ریسک می‌گویند. در چند دهه گذشته تحولات خاصی در تعریف مفهوم ریسک و عدم قطعیت مشاهده شده است و سه روند اصلی را می‌توان در تحول آن مشاهده کرد: اولاً، افزایش تدریجی در تعداد موقعیت‌های ریسک و عدم اطمینان وجود دارد. ثانیاً استفاده از منابع علمی در مطالعه ریسک افزایش یافته است. ثالثاً، پیامدهایی که تکنیک‌ها و کاربردهای تحلیل ریسک در محیط اجتماعی، در محیط طبیعی یا در هر واحد تجاری ایجاد کرده اند، افزایش و تنوع می‌یابد (سلی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵).

دانشگاهیان و متخصصان مدت زیادی است که علاقه مند به پیش‌بینی شکست شرکت بوده اند. ادبیات ریسک مالی را می‌توان به دو رویکرد اصلی تقسیم کرد: رویکرد مبتنی بر بازار، که بر ارزش‌گذاری بازار شرکت‌ها توسط سرمایه‌گذاران متکی است، و رویکرد مبتنی بر حسابداری، که سلامت شرکت را با استفاده از نسبت‌های به دست آمده از صورت‌های مالی ارزیابی می‌کند. در رویکرد مبتنی بر بازار، قیمت سهام یک شرکت برای تخمین احتمال نکول استفاده می‌شود (بلک و اسکولز<sup>۲</sup>، ۱۹۷۳؛ مرتون<sup>۳</sup>، ۱۹۷۴؛ اسکات<sup>۴</sup>، ۱۹۸۷).

برای رویارویی با ریسک‌ها از تکنیک‌های متنوعی استفاده می‌شود و به طور معمول ترکیبی از فنون مربوط به کار می‌رود. اما مسئله درخور توجه در کاربست تکنیک‌های یادشده یا ترکیبی از آنها این است که به هر حال به ایجاد ایمنی نسبی و آمادگی کافی برای روبرو شدن با خسارت‌های بالقوه در شرکت مربوط منجر می‌شود. ویژگی‌های اندازه‌گیری در ریسک‌های مالی یک شرکت سهامی یا حتی یک موسسه، یک گام ضروری است. روش‌شناسی‌های معمول مانند نرمال-دلتا یا روش‌های شبیه‌سازی بر اساس انتخاب یک مدل مخصوص برای عوامل ریسک، مانند برابری و ریسک اعتباری است. با این حال، شکل نهایی ریسک معمولاً وابستگی شدیدی به انتخاب مدل دارد. ریسک به معنی میزان اختلاف میان بازده واقعی سرمایه‌گذاری با بازده مورد انتظار است. خطر حال و ریسک موجود در کار کردن با یک مدل نامناسب، مدل ریسک خوانده می‌شود. مطالعه تأثیر مدل ریسک و کمی‌سازی آن یک گام مهم در مجموع فرآیند اندازه‌گیری ریسک می‌باشد (بروس<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۹).

در زمینه ارزیابی ریسک مالی، اگرچه اطلاعات و دستاوردهای زیادی حاصل شده است، اما هنوز بررسی جامع نسبت‌های مالی در ایران مطابق با نظر خبرگان براساس روش بهترین بدترین انجام نشده است که بتوان با استفاده از اطلاعات ترازنامه‌ای شرکت‌ها آینده مالی یک شرکت را پیش‌بینی نمود.

در این پژوهش یک مدل جدید ارزیابی ریسک مالی برای کمک به مدیران در ارزیابی ریسک مالی شرکت با استفاده از روش ترکیبی BWM-FUZZY تهیه شده است. لذا اولین جنبه مثبت پژوهش تشکیل ساختار شاخص

<sup>1</sup> Celli

<sup>2</sup> Black & Scholes

<sup>3</sup> Merton

<sup>4</sup> Scott

<sup>5</sup> Bruce

ارزیابی ریسک مالی است که معیارهای مهم و همچنین زیرمعیارها از نظر نخبگان تعیین شده و وزن معیارها با استفاده از روش BWM محاسبه می‌شود. علاوه بر آن تاثیر داده‌های مالی و ترازنامه‌ای را در تجزیه و تحلیل ارزیابی ریسک مالی جاری با محاسبه نسبت‌های مالی در طول چندین سال به طور دقیق ارزیابی می‌کند. سوم اینکه روش تاپسیس برای رتبه بندی شرکت‌ها بر اساس ریسک مالی آنها استفاده می‌شود که می‌تواند به مدیران در ارزیابی ریسک مالی کمک کند. حال سوال اصلی پژوهش حاضر این است که آیا مدل پیشنهادی مبتنی بر مدل BWM-Fuzzy TOPSIS جهت ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها نسبت به روش BWM پایه قابل اتکاتر است یا خیر؟

## ۲- پیشینه پژوهش

حیدری و همکاران (۱۴۰۲)، در پژوهشی با عنوان "شناسایی و اولویت‌بندی اقدامات کاهشده شکست اجرای خط‌مشی‌های سازمان راهداری حمل‌ونقل جاده‌ای بر اساس تکنیک واکاوی حالات نقص و اثرات آن با به‌کارگیری روش AHP و TOPSIS فازی" اقدامات مؤثر در کاهش شکست اجرای خط‌مشی‌های سازمان راهداری را با استفاده از شاخص نزدیکی نسبی هر گزینه به جواب ایده آل همراه با رتبه آن‌ها شناسایی و اولویت‌بندی نمودند.

حقیقت و اصغریپور (۱۴۰۱) تحقیقی با عنوان اثر غیرخطی ریسک مالی با وجود مداخله سیاستی بانک مرکزی و فشار بازار ارز بر ثبات بانکی کشور: رویکرد رگرسیون انتقال ملایم را انجام دادند. مطابق با نتایج مدل گیرتون و روپر؛ در ۲۶ سال از ۳۳ سال مورد بررسی، اقتصاد کشور با افزایش فشار بازار ارز مواجه شده است. همچنین میانگین درجه مداخله بانک مرکزی ۰/۷۹ است. به عبارت دیگر، در فاصله زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷، ۷۹ درصد سیاست مداخله بانک مرکزی ناهمسو بوده است. نتایج برآورد مدل STR با لحاظ اندازه مداخله بانک مرکزی به عنوان متغیر انتقال نشان می‌دهد، مقدار حد آستانه متغیر انتقال ۶/۵۵ است و با عبور مداخله بانک مرکزی از این حد آستانه، واکنش مسئولین پولی به افزایش این متغیر به شدت بیشتر شده است، طوری‌که هر چه مداخله بانک مرکزی بیشتر شده است، سیاست‌گذاران تلاش نموده‌اند که با عکس‌العمل بیشتر به آن، رشد نرخ ارز را کنترل نموده و از افزایش آن جلوگیری نمایند. بنابراین شرایطی که نرخ ارز رشد بالاتری را تجربه می‌کند، سیاست‌گذاران بیشتر به دنبال کنترل نرخ ارز می‌باشند و کمتر به انحرافات آن توجه می‌نمایند که این امر ریسک نقدینگی و اعتباری بانک‌ها را افزایش داده و منجر به کاهش ثبات بانکی کشور می‌شود. بر اساس نتایج تخمین، متغیرهای کفایت سرمایه و رشد اقتصادی تأثیر مثبت و مداخله بانک مرکزی، ریسک نقدینگی، ریسک اعتباری و نرخ تورم نیز تأثیر منفی بر ثبات بانکی دارند.

میرآئیز (۱۴۰۱) تحقیقی با عنوان بررسی رابطه ویژگی‌های مدیرعامل و ترکیب تعاملی آنها با نوسان ریسک مالی را انجام داده است. نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌های پژوهش نشان داد در فرضیه اول، رابطه معناداری بین تجربه مدیرعامل و نوسان ریسک مالی وجود ندارد؛ اما در فرضیه دوم و سوم نشان داده شد که رابطه معکوس و معناداری بین توانایی مدیرعامل و همچنین نفوذ مدیرعامل با نوسان ریسک مالی وجود دارد. فرضیه چهارم نشان داد که بین توانایی و تجربه مدیرعامل با نوسان ریسک مالی رابطه معنادار و معکوس وجود دارد. فرضیه پنجم نشان داد بین توانایی و نفوذ مدیرعامل با نوسان ریسک مالی رابطه معناداری وجود ندارد. فرضیه ششم و هفتم

نشان داد بین نفوذ مدیرعامل و تجربه مدیرعامل و همچنین توانایی، نفوذ و تجربه مدیرعامل با نوسان ریسک مالی رابطه معکوس و معناداری وجود دارد.

ایوانی و پرویز (۱۴۰۱) تحقیقی با عنوان تاثیر اخلاق حرفه‌ای حسابداران بر کاهش ریسک مالی و کیفیت گزارشگری مالی (مطالعه موردی: اداره کل امور مالیاتی کرمانشاه) را انجام دادند. یافته‌ها نشان داد که اخلاق حرفه‌ای حسابداران بر کاهش ریسک مالی و کیفیت گزارشگری مالی به ترتیب با ضریب تاثیر ۲۲ و ۸۶ درصد موثر است. همچنین کاهش ریسک مالی به میزان ۲۹ درصد بر هر یک از کیفیت گزارشگری مالی اثرگذار است. نتایج نشان داد که اخلاق حرفه‌ای حسابداران بر کاهش ریسک مالی و کیفیت گزارشگری مالی اثرگذار است.

لام<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی تحت عنوان "تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری در مورد عملکرد مالی شرکت‌ها با استفاده از مدل یکپارچه آنالیز فازی تاپسیس"، نشان دادند که نسبت بازده حقوق صاحبان سهام و نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام تاثیرگذارترین نسبت‌های مالی برای ارزیابی عملکرد شرکت‌ها هستند و شرکت‌های دارای عملکرد مالی خوب مانند بهترین شرکت HD بر اساس مدل پیشنهادی برای انتخاب پرتفوی تعیین شده‌اند. یک مدل میانگین واریانس (MV) برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی در سرمایه‌گذاری پرتفوی استفاده می‌شود.

کومار روی آ و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهش خود تحت عنوان "توسعه یک سیستم رتبه‌بندی اعتبار فازی یکپارچه برای SMEها با استفاده از fuzzy-BWM و fuzzy-TOPSIS-Sort-C روش‌های BWM و TOPSIS را برای غلبه بر عدم قطعیت هنگام تصمیم‌گیری با تئوری مجموعه فازی ادغام نمودند. پژوهش ایشان روش قبلی TOPSIS-Sort-C را به TOPSIS-Sort-C فازی به عنوان یک مشارکت نظری گسترش می‌دهد. کارایی سیستم پیشنهادی با یک مطالعه موردی نشان داد که این مدل با یک مدل رتبه‌بندی تجاری با استفاده از داده‌های دنیای واقعی قابل مقایسه است. این سیستم هنگام اعمال رتبه اعتباری با اثربخشی قابل توجه و نرخ مثبت واقعی عمل می‌کند که این پژوهش می‌تواند به مؤسسات مالی در شناسایی SMEهای بالقوه برای وام‌دهی کمک شایانی نماید. اشرف و همکاران (۲۰۲۲) تحقیقی با عنوان اثرات سرریز ریسک سیاسی، ریسک مالی و آزادی اقتصادی بر وضعیت اکولوژیکی کشورها را انجام دادند. نتایج تحقیق وجود وابستگی منطقه‌ای را در وضعیت اکولوژیکی کشورها نشان داد، همچنین اثرات سرریز مشهود ریسک‌های غیرمستقیم سیاسی و مالی و آزادی اقتصادی را آشکار ساخت. سونگ و همکاران (۲۰۲۱) تحقیقی با عنوان پژوهشی پیرامون قدرت پیش بینی آمار شبکه برای شاخص‌های ریسک مالی را انجام دادند. در این تحقیق، یافته‌های پیمایشی در مورد رابطه بین درهم تنیدگی مالی و شاخص‌های ریسک ارائه شد. به طور خاص، قدرت پیش بینی آمار شبکه‌های متغیر زمانی از بیش از ۱۳۰۰ سهم از بازارهای سهام بین‌المللی گردآوری شد و تاثیر آن‌ها بر روی شاخص‌های ریسک بررسی گردید. یافته‌های تجربی شواهد قوی به نفع استفاده از آمار شبکه برای پیش بینی شاخص‌های ریسک نشان داد. یافته‌ها اهمیت اتصال شبکه را در اندازه‌گیری ریسک سیستمی نشان داد.

<sup>1</sup> Lam et al

<sup>2</sup> Kumar Roy

کولاک (۲۰۲۱) تحقیقی با عنوان یک رویکرد چند متغیره جدید برای ارزیابی ریسک مالی شرکت با استفاده از ترانزنامه‌ها را انجام داده است. در این مطالعه، قدرت مالی شرکت‌های بخش واقعی فهرست شده در بورس استانبول (BIST) با تولید یک شاخص ترکیبی که چندین نسبت مالی مختلف شرکتی را ترکیب می‌کند، سنجیده شد. در بخش اول تحقیق یک تحلیل متمایز چندگانه از متغیرهای مورد استفاده در zscore آلتمن (۱۹۶۸) انجام شد، که رایج‌ترین شاخص ترکیبی مورد استفاده برای اندازه‌گیری ریسک مالی شرکت‌ها در ادبیات است. در بخش دوم، یک شاخص جدید به نام امتیاز ارزیابی شرکت چند متغیره (MFA) معرفی گردید که از نسبت‌هایی استفاده می‌کند که ویژگی‌های شرکت‌های فهرست شده در BIST را به بهترین شکل توضیح می‌دهد. نسخه تطبیقی امتیاز-z Altman و شاخص جدید ارائه شده در این تحقیق قدرت پیش‌بینی در حدود ۹۰ درصد دارند.

### ۳- روش پژوهش

جامعه اول پژوهش حاضر، خبرگان آشنا با مباحث حسابداری، حسابرسی، مالی و اقتصاد بوده که اساتید و اعضای هیات علمی دانشگاه‌ها و کارشناسان ارشد مربوط به این حوزه را شامل می‌شده است و تجربه در کار یا تحقیقات دانشگاهی مرتبط با دانش حسابداری، حسابرسی، مالی و اقتصاد داشته‌اند. در این بخش داده‌ها طی دو ماه (مهر ماه الی آبان ماه ۱۴۰۱) از کارشناسان جمع‌آوری شد. نمونه‌گیری هدفمند پژوهش حاضر از نوع نمونه‌گیری هدفمند قطعی بوده و ۱۵ نفر از خبرگان به سوالات پاسخ دادند.

جامعه آماری بخش دوم پژوهش حاضر، شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است. نمونه پژوهش شامل شرکت‌های تولیدی طی بازه ۹ ساله ۱۴۰۱-۱۳۹۳ می‌باشد. لازم به ذکر است شرکت‌های مورد نظر باید جزء شرکت‌های سرمایه‌گذاری، واسطه‌گری، بیمه و بانک نباشند؛ زیرا ماهیت مدیریت، فعالیت‌ها و گزارشگری مالی در آنها متفاوت است. در این پژوهش برای انتخاب نمونه آماری از روش حذف سیستماتیک استفاده شد. واقع نمونه آماری شامل کلیه شرکت‌هایی است که مجموعه ویژگی‌های زیر را دارا باشند.

۱) قبل از فروردین ۱۳۹۳ در بورس پذیرفته شده باشند و تا پایان سال ۱۴۰۱ نماد آنها متوقف نشده باشد.

۲) برای رعایت قابلیت مقایسه پذیری، دوره مالی آنها منتهی به پایان اسفند باشد.

۳) در طی دوره مورد بررسی توقف فعالیت یا تغییر سال مالی نداشته باشند.

۴) اطلاعات مورد نیاز شرکتها، در طی دوره مورد بررسی موجود باشد.

۵) صورت‌های مالی از نوع حسابرسی شده و مربوط به شرکت‌های غیر تلفیقی باشند.

۶) طی دوره پژوهش حذف نشده باشند.

در این تحقیق داده‌ها برای ۴۷ شرکت بزرگ مهیا بود و بنابراین مورد بررسی قرار گرفت.

ارزیابی ریسک مالی پیشنهاد شده از ۵ مرحله تشکیل شده است، مرحله اول، تشکیل ساختار شاخص ارزیابی ریسک مالی است که معیارهای مهم و همچنین زیرمعیارها از نظر نخبگان تعیین شده است. مرحله دوم وزن معیارها با استفاده از روش BWM محاسبه می‌شود. علاوه بر آن، با محاسبه وزن شاخص‌های مالی، می‌توان وزن

شاخص کل را با ضرب وزن نسبی و وزن معیارها محاسبه نمود. سرانجام، ترتیب رتبه بندی شرکت‌ها با توجه به ریسک مالی با استفاده از روش TOPSIS بدست خواهد آمد.

### ۳-۱ روش بهترین-بدترین

بر اساس روش بهترین - بدترین (که در سال ۲۰۱۵ توسط رضایی ارائه شده است) بهترین و بدترین شاخص به وسیله تصمیم‌گیرنده مشخص شده و مقایسه زوجی بین هر یک از این دو شاخص (بهترین و بدترین) و دیگر شاخص‌ها انجام می‌شود. سپس یک مسئله حداکثر-حداقل<sup>۱</sup> برای مشخص کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله و حل می‌گردد. همچنین در این روش یک فرمول برای محاسبه نرخ ناسازگاری جهت بررسی اعتبار مقایسات در نظر گرفته شد. با توجه به مباحث مطرح شده در بررسی بیان مساله و پیشینه پژوهش، برای محاسبه وزن‌دهی در این بخش، از روش کارآمدتری یعنی روش بهترین-بدترین<sup>۲</sup> BWM استفاده می‌شود. مراحل دقیق این روش (BWM) برای محاسبه وزن معیارهای ریسک مالی به شرح زیر خلاصه می‌شود:

گام ۱: مجموعه شاخص‌های تصمیم‌گیری تعیین می‌شود. در این گام، مجموعه شاخص‌ها به صورت  $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  تعریف می‌شود که برای گرفتن یک تصمیم مورد نیاز است.

گام ۲: بهترین (مهم تر، مطلوب تر) و بدترین (دارای کمترین اهمیت و کمترین مطلوبیت) شاخص را مشخص نمایید. در این مرحله تصمیم‌گیرنده بهترین و بدترین شاخص را به طور کلی تعریف می‌کند و هیچ مقایسه‌ای در این مرحله صورت نمی‌گیرد.

گام ۳: ارجحیت بهترین شاخص را نسبت به سایر شاخص‌ها با اعداد ۱ تا ۹ مشخص نمایید. بردار ارجحیت بهترین شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها به صورت  $A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$  نمایش داده می‌شود. در بردار ذکر شده،  $a_{Bj}$  نشان دهنده ارجحیت بهترین شاخص (B) نسبت به شاخص (j) هست، واضح است که  $a_{Bj} = 1$  است.

گام ۴: ارجحیت همه شاخص‌ها را نسبت به بدترین شاخص با اعداد ۱ تا ۹ مشخص نمایید. بردار ارجحیت سایر شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص را به صورت  $A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})^T$  نمایش داده می‌شود. در بردار ذکر شده،  $a_{jW}$  ارجحیت شاخص (j) نسبت به بدترین شاخص (W) می‌باشد، واضح است که  $a_{jW} = 1$  است.

گام ۵: مقادیر بهینه وزن‌ها را محاسبه می‌نماییم  $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ .

برای تعیین وزن بهینه هر یک از شاخص‌ها، زوج‌های  $\frac{w_B}{w_j} = a_{jW}$  و  $\frac{w_B}{w_j} = a_{Bj}$  تشکیل شده، سپس برای برآورد کردن این شرایط در همه زوج‌ها، باید راه حلی پیدا شود تا عبارات  $\left| \frac{w_B}{w_j} = a_{jW} \right|$  و  $\left| \frac{w_B}{w_j} = a_{Bj} \right|$  را برای همه زهائی که حداقل شده است، حداکثر نماید. با توجه به غیر منفی بودن وزن‌ها و مجموع اوزان می‌توان مدل را به صورت زیر فرموله کرد:

$$\min \max_j \left\{ \left| \frac{w_B}{w_j} = a_{jW} \right|, \left| \frac{w_B}{w_j} = a_{Bj} \right| \right\}$$

<sup>۱</sup> MAXIMIN

<sup>۲</sup> Best-Worst Method (BWM)

$$\sum_j^{s,t} w_j = 1 \quad \text{رابطه ۱}$$

$$w_j \geq 0, \text{ for all } j$$

همچنین می‌توان مدل فوق را به مدل زیر تبدیل کرد:

$$\min \xi$$

$$s. t.$$

$$\left| \frac{w_B}{w_j} = a_{jw} \right| \leq \xi, \text{ for all } j$$

$$\left| \frac{w_B}{w_j} = a_{Bj} \right| \leq \xi, \text{ for all } j$$

$$\sum_j w_j = 1 \quad \text{رابطه ۲}$$

$$w_j \geq 0, \text{ for all } j$$

با حل مدل فوق، مقادیر بهینه  $\xi^*$  و  $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$  بدست می‌آیند. حال با کمک  $\xi^*$  می‌توان نرخ سازگاری را بدست آورد، واضح است که مقدار  $\xi^*$  بالاتر نشان دهنده سازگاری بیشتر می‌باشد. نرخ سازگاری با استفاده از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$\text{نرخ سازگاری} = \frac{\xi^*}{\text{شاخص سازگاری}} \quad \text{رابطه ۳}$$

اگر نسبت سازگاری کوچکتر مساوی ۰.۱ باشد، این عدد نشان دهنده سازگاری بسیار خوبی است که قابل قبول است. در غیر این صورت می‌توانیم  $a_{Bj}$  و  $a_{jw}$  را اصلاح کنیم تا راه حل (بیشتر) سازگار باشد.

### ۳-۲ تشکیل ماتریس ارزیابی ریسک مالی

با در نظر گرفتن این که ریسک مالی یک شرکت تحت تأثیر جریان‌های مالی گذشته، اطلاعات ترازنامه‌ای و داده‌های کنونی که روند گسترش شرکت را منعکس می‌کنند، لذا باید کلیه اطلاعات و داده‌های شرکت در نظر گرفته شوند. بنابراین در این مرحله داده‌های مالی در طول ۹ سال جمع‌آوری نموده تا بتوان ارزیابی علمی و منطقی از ریسک مالی را بدست آوریم. سپس ماتریس ارزیابی  $R = (r_{ij})$  بر حسب شاخص‌های  $(a_{11}), (a_{12}), (a_{13}), (a_{14}), (a_{21}), (a_{22}), (a_{23}), (a_{24}), (a_{25}), (a_{31}), (a_{32}), (a_{33}), (a_{34}), (a_{41}), (a_{42}), (a_{43})$  محاسبه خواهد شد.

### محاسبه وزن شاخص

در این بخش وزن شاخص‌های ریسک مالی را محاسبه می‌کنیم لذا جهت تعیین وزن شاخص، داده‌های نرمال‌سازی شده ماتریس ارزیابی در فرمول به شرح زیر صورت می‌گیرد:

$$Z_{ij} = \frac{y_{ij} - y_j^{\min}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}} \quad \text{اگر } z \text{ شاخص فایده باشد} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$Z_{ij} = \frac{y_j^{\max} - y_{ij}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}} \quad \text{اگر } z \text{ شاخص هزینه باشد} \quad \text{رابطه ۵}$$

در ادامه ماتریس نرمال‌سازی شده  $R = (r_{ij})_{p \times q}$  برابر است با:

$$[p_{ij}]_{p \times q} = [r_{ij} / \sum_{i=1}^p r_{ij}] \quad \text{رابطه ۶}$$

وزن نیز به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E_{ij} = (1 - e_i) / \sum_{i=1}^p (p - e_i) \quad \text{رابطه ۷}$$

که در آن:

$$e_i = -k \sum_{i=1}^q (p_{ij}) \ln p_{ij}, k = \frac{1}{\ln q}, \sum_{i=1}^p E_i = 1 \quad \text{رابطه ۸}$$

از این رو وزن شاخص‌های  $(E_{11}), (E_{12}), (E_{13}), (E_{14}), (E_{21}), (E_{22}), (E_{23}), (E_{24}), (E_{25}), (E_{31}), (E_{32}), (E_{33}), (E_{34}), (E_{41}), (E_{42}), (E_{43})$  محاسبه خواهد شد. در نهایت جهت محاسبه وزن شاخص‌های ریسک مالی، بردار وزن بهینه معیارهای ریسک مالی  $w_i^*$  محاسبه می‌گردد. لذا وزن کلی ریسک مالی که برابر است با حاصلضرب وزن معیارها در شاخص‌ها، به شکل زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$w_{ij} = w_i \times E_{ij} \quad \text{رابطه ۹}$$

### ۳-۳ تکنیک تاپسیس فازی (FUZZY TOPSIS)

#### - مرحله اول: ایجاد ماتریس تصمیم فازی

با توجه به معیارها و گزینه‌ها ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می‌شود که در آن  $x_{ij}$  عملکرد گزینه  $i$  نسبت به معیار  $j$  است.

$$x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \quad \text{رابطه ۱۰}$$

اگر کمیت تصمیم‌گیرنده  $k$  عضو داشته باشد:

$$x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \quad \text{رابطه ۱۱}$$

$$a_{ij} = \text{Min} \{ a_{ij} k \}, b_{ij} = \sum b_{ijk} / k, c_{ij} = \text{Max} \{ c_{ij} k \} \quad \text{رابطه ۱۲}$$

که در آن  $x_{ij}$  فازی درجه آترناتیو  $A_i$  نسبت به معیار یا مشخصه  $C_j$  توسط ارزیاب  $K$  نام را نشان می‌دهد. هر ستون نشان دهنده یک شاخص سنجش و هر سطر نماینده یک گزینه است.  $X_{ij}$  بیانگر کمیت گزینه  $i$  ام در زیرمعیار  $X_{ij}$  است. همچنین زیرمعیارها بر حسب اثرگذاری روی گزینه‌ها ممکن است منفی یا مثبت باشند. مقادیر  $X_{ij}$  می‌تواند بر اساس یک طیف فازی است وارد ماتریس تصمیم شوند. برای تکمیل ماتریس تصمیم فازی می‌توان از طیف ۵ تایی که از عبارت "خیلی ضعیف" تا "خیلی خوب" می‌باشد استفاده کرد.

#### - مرحله دوم: نرمالیزه نمودن ماتریس تصمیم فازی

در این مرحله بایستی ماتریس تصمیم‌گیری فازی نظرات افراد را به یک ماتریس بدون مقیاس فازی تبدیل نماییم. برای بدست آوردن ماتریس، کافی است اگر مولفه‌ها مثبت است از رابطه اول و اگر منفی است از رابطه دوم استفاده نماییم:

$$r_{ij} = (a_{ij} / c_{ij}^*, b_{ij} / c_{ij}^*, c_{ij} / c_{ij}^*) \quad \text{معیارهای مثبت} \rightarrow c_{ij}^* = \text{Max } C_{ij} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

$$r_{ij} = (a_{ij}^- / c_{ij}, a_{ij}^- / b_{ij}, a_{ij}^- / a_{ij}) \quad \text{معیارهای منفی} \rightarrow a_{ij}^- = \text{Min } a_{ij} \quad \text{رابطه ۱۴}$$

ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس شده R به صورت زیر می‌باشد:

$$R = [r_{ij}] \quad i=1 \dots n, \quad j=1 \dots m \quad \text{رابطه ۱۵}$$

#### - مرحله سوم: تعیین ماتریس وزن معیارها

که در این مرحله ضریب اهمیت معیارهای مختلف به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$w = [w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4}] \quad \text{رابطه ۱۶}$$

اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای k عضو باشد آنگاه داریم:

$$w_{j1} = \text{Min} \{w_{j1k}\} \quad \text{رابطه ۱۷}$$

$$w_{j2} = \sum w_{j2k} / k \quad \text{رابطه ۱۸}$$

$$w_{j3} = \text{Max} \{w_{j3k}\} \quad \text{رابطه ۱۹}$$

#### - مرحله چهارم: تعیین ماتریس تصمیم فازی وزن دار

این ماتریس از ضرب کردن ضریب اهمیت مربوط به هر معیار در ماتریس بی مقیاس شده فازی به صورت زیر بدست می‌آید:

$$V = [V_{ij}] \quad i=1 \dots n, \quad j=1 \dots m \quad \rightarrow \quad V_{ij} = r_{ij} * w_{ij} \quad \text{رابطه ۲۰}$$

$$\text{رابطه ۲۱} \quad V_{ij} = r_{ij} * w_{ij} \rightarrow (w_{j1} * (a_{ij} / c_{ij}^*), w_{j2} * (b_{ij} / c_{ij}^*), w_{j3} * (c_{ij} / c_{ij}^*))$$

$$\text{رابطه ۲۲} \quad V_{ij} = r_{ij} * w_{ij} \rightarrow (w_{j1} * (a_{ij}^- / c_{ij}), w_{j2} * (a_{ij}^- / b_{ij}), w_{j3} * (a_{ij}^- / a_{ij}))$$

ماتریس تصمیم نرمالیزه شده وزنی می‌تواند با ضرب اهمیت وزن معیارها در ماتریس تصمیم فازی نرمالیزه شده محاسبه شود. در واقع این رابطه بیان می‌کند که برای تشکیل ماتریس وزن دار باید ماتریس نرمال را در وزن معیارها ضرب نمود.

#### - مرحله پنجم: مشخص نمودن ایده آل فازی +A و ضد ایده آل فازی -A برای مولفه‌ها

در این گام ایده آل مثبت برابر با بزرگترین درایه هر ستون معیار و ایده آل منفی برابر با کوچکترین درایه هر ستون معیار است. به این دلیل که اعداد فازی مثلثی مثبت در فاصله صفر و یک هستند، حل ایده آل فازی و حل ایده آل فازی منفی می‌تواند به صورت زیر تعریف شوند:

$$A^* = \{V_1^*, V_2^* \dots V_n^*\} \quad \text{رابطه ۲۳}$$

$$A^- = \{V_1^-, V_2^- \dots V_n^-\} \quad \text{رابطه ۲۴}$$

در اینجا مقادیر  $V_i^*$  و  $V_i^-$  خود اعداد فازی می‌باشند که هر یک از مولفه‌های آن‌ها از روابط بالا بدست می‌آید. در واقع این اعداد، ۳ تایی یا ۴ تایی‌هایی اند که تمام مولفه‌های آن‌ها با هم برابر و برابر مقدار  $\text{Max}\{V_{ij3}\}$  و  $\text{Min}\{V_{ij1}\}$  می‌باشند.

رابطه ۲۵  $V_i^* = \text{Max} \{V_{ij}\}$  = بهترین مقدار معیار از بین گزینه‌ها  $V_i^*$

رابطه ۲۶  $V_i^- = \text{Min} \{V_{ij}\}$  = بدترین مقدار معیار از بین گزینه‌ها  $V_i^-$

- مرحله ششم: محاسبه مجموع فواصل هر یک از مولفه‌ها از ایده‌آل مثبت فازی و ایده‌آل منفی فازی. فاصله هر گزینه از حد ایده‌آل و ضد ایده‌آل به ترتیب از روابط زیر بدست می‌آید:

رابطه ۲۷  $S_i^* = \sum d(V_{ij}, V_i^*)$  ایده‌آل

رابطه ۲۸  $S_i^- = \sum d(V_{ij}, V_i^-)$  ضد ایده‌آل

ابتدا فاصله هر گزینه با گزینه ایده‌آل هر معیار به صورت تک تک محاسبه می‌شود. سپس مجموع این فواصل در نظر گرفته می‌شوند. یعنی اگر یکی از گزینه‌ها را نسبت به گزینه  $S_i^*$  بخواهیم، باید فاصله آن را از  $S_i^*$  و  $S_i^-$  محاسبه شده و سپس  $\sum (S_{ij})$  آن در نظر گرفته می‌شود.

• اگر عدد فازی اول  $M1=(a1,b1,c1)$  و عدد فازی دوم  $M2=(a2,b2,c2)$  نشان دهیم فاصله آن‌ها به صورت:

رابطه ۲۹  $D(M1, M2) = \sum 1/3[(a1-a2)^2 + (b1-b2)^2 + (c1-c2)^2]$

- مرحله هفتم: محاسبه ضریب نزدیکی و اولویت بندی آلترناتیوها

با تعیین ضریب نزدیکی، رتبه بندی تمامی آلترناتیوها می‌تواند محاسبه شود و تصمیم‌گیرندگان می‌توانند بهترین آلترناتیو را انتخاب کنند. ضریب نزدیکی هر آلترناتیو به صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۳۰  $C_i = S_i^- / (S_i^* + S_i^-) \quad i=1 \dots n$

- مرحله هشتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها

بر اساس ترتیب نزولی  $CC_i$  می‌توان گزینه‌های موجود از مسأله مفروض را رتبه‌بندی نمود.

#### ۴- یافته‌های پژوهش

در این بخش معیارهای تاثیرگذار بر ریسک مالی شرکت‌ها در ۴ بعد شناسایی و استخراج شد که جهت بومی‌سازی این عوامل طی پرسشنامه‌ای از ۱۵ نفر از خبرگان خواسته شد که بر اساس طیف ۱ تا ۹ لیکرت به هر معیار امتیاز دهند. سپس میانگین امتیازات هر معیار محاسبه شد چنانچه میانگین امتیاز معیاری از عدد ۳ کمتر باشد حذف می‌گردد. نتایج نشان داد که تمامی معیارها مورد تایید خبرگان است یعنی میانگین تمامی معیارها بالاتر از عدد ۳ می‌باشد. نتایج در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: نتایج ارزیابی معیارها

معیارها	کد معیارها	زیر معیارها	کد زیر معیارها	میانگین امتیاز (حسابی) <sup>۱</sup>
ریسک کارایی	A	نسبت گردش حساب‌های دریافتی	A1	۴.۳۰۰
		نسبت گردش دارایی ثابت	A2	۴.۱۳۳
		نسبت گردش دارایی‌ها	A3	۳.۷۶۷
ریسک نقدینگی	B	نسبت جاری	B1	۳.۲۳۳
		نسبت آنی	B2	۳.۴۶۷
		نسبت نقدینگی	B3	۳.۹۳۳
ریسک سرمایه‌گذاری	C	نسبت حاشیه سود عملیاتی	C1	۳.۶۳۳
		نسبت حاشیه سود ناخالص	C2	۳.۳۳۳
		نرخ بازده دارایی شرکت (ROA)	C3	۳.۱۰۰
		بازده حقوق صاحبان سهام	C4	۳.۱۶۷
		نسبت حاشیه سود خالص	C5	۳.۴۰۰
ریسک اهرمی	D	بدهی به حقوق صاحبان سهام	D1	۳.۶۰۰
		نسبت بدهی	D2	۳.۸۳۳
		نسبت پوشش هزینه بهره	D3	۳.۷۰۰
		جمع بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام	D4	۳.۹۶۷
		جمع بدهی‌ها به جمع دارایی‌ها	D5	۳.۱۶۷

منبع: یافته‌های پژوهش

#### ۴-۱ تعیین وزن و اهمیت عوامل

در این بخش به تعیین وزن و اهمیت معیارها و زیرمعیارهای پژوهش با استفاده از مدل BWM می‌پردازیم. از گام‌های اولیه این روش تعیین با اهمیت‌ترین و کم اهمیت‌ترین معیارها و زیرمعیارها است در این پژوهش با استفاده از نظرات خبرگان با اهمیت‌ترین و کم اهمیت‌ترین معیارها و زیر معیارها استخراج شدند که در جدول ۲ آورده شده است.

در گام بعد می‌بایست مقایسات زوجی بهترین معیار با دیگر معیارها (BO) و مقایسه زوجی دیگر معیارها با بدترین معیار (OW) را تشکیل و در اختیار ۱۵ نفر خبره قرار داد تا به مقایسات زوجی پاسخ دهند. سپس بعد از پاسخگویی، مقایسات زوجی با استفاده از روش میانگین هندسی ادغام می‌شوند تا جهت تعیین وزن وارد الگوریتم روش BWM شوند که در ادامه آورده شده است.

<sup>۱</sup> در آمار، میانگین حسابی یا متوسط حسابی (Arithmetic mean) نوعی سنجش گرایش به مرکز (شاخص مرکزی) است، و عبارت است از مجموع مقادیر موجود در یک مجموعه داده‌ها تقسیم بر تعداد آن‌ها.

جدول ۲: بهترین و بدترین معیارها

بدترین (W)	بهترین (B)	دسته اصلی
(D)	(A)	معیارهای اصلی
(A3)	(A1)	ریسک کارایی
(B1)	(B3)	نقدینگی
(C3)	(C1)	سرمایه‌گذاری
(D5)	(D4)	اهرمی

منبع: (یافته‌های پژوهش)

## ۴-۲ محاسبه وزن معیارهای اصلی

برای محاسبه وزن معیارهای اصلی، ابتدا مقایسه زوجی بهترین معیار یعنی کارایی با دیگر معیارها را تشکیل می‌دهیم. همچنین به طریق مشابه مقایسه زوجی دیگر معیارها با بدترین معیار یعنی را نیز ایجاد خواهد شد. نتایج مقایسه زوجی معیارهای اصلی در جدول ۳ آورده شده است. این جدول میانگین هندسی نظرات ۱۵ خبره می‌باشد. کلیه مدل‌ها در نرم‌افزار لینگو حل و اوزان معیارها حاصل شده است.

جدول ۳: مقایسات زوجی معیارهای اصلی

BO	A	B	C	D
A	-	۲.۷۰۲	۲.۲۶۸	۲.۱۶۹

OW	A	B	C	D
D	۲.۴۹۱	۲.۰۴۸	۲.۲۶۸	-

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با توجه به جدول ۳، مدل خطی BWM معیارهای اصلی به صورت زیر تشکیل می‌شوند.

$$\min z$$

$$|W1-2.702 \times w2| \leq z$$

$$|W1-2.268 \times w3| \leq z$$

$$|W1-2.169 \times w4| \leq z$$

$$|W1-6.534 \times w5| \leq z$$

$$|w2-2.048 \times W5| \leq z$$

$$|w3-2.268 \times W5| \leq z$$

$$|w4-2.491 \times W5| \leq z$$

$$w1+w2+w3+w4+w5=1$$

مدل بالا در نرم افزار لینگو حل می‌گردد و اوزان معیارها حاصل می‌شود که در جدول ۴ آورده شده است:

جدول ۴: وزن معیارهای اصلی

رتبه	وزن	معیار	کد معیار
۱	۰.۴۱۴	ریسک کارایی	A
۴	۰.۱۵۸	نقدینگی	B
۳	۰.۱۷۳	سرمایه‌گذاری	C
۲	۰.۱۸۸	اهرمی	D

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با توجه به جدول ۴، معیار A با وزن ۴۱۴.۰ رتبه اول را کسب کرده است. معیار D با وزن ۰.۱۸۸ رتبه دوم و معیار C با وزن ۰.۱۷۳ رتبه سوم را کسب کرده است. همچنین نرخ سازگاری (Z) این مقایسه زوجی ۰.۰۲۲ می‌باشد که نشان‌دهنده سازگاری بالا است.

#### ۳-۴ محاسبه وزن زیرمعیارهای کارایی

معیار کارایی دارای ۳ زیر معیار است که مقایسه زوجی آن‌ها در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵: مقایسات زوجی زیرمعیارهای کارایی

BO	A1	A2	A3
A2	۲.۵۵۱	-	۴.۶۸۲

OW	A1	A2	A3
A3	۲.۱۶۹	-	-

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با توجه به جدول ۵، مدل خطی BWM زیرمعیارهای کارایی به صورت زیر تشکیل می‌شوند.

$$\begin{aligned} \min z \\ |W2-2.551 \times w1| \leq z \\ |W2-4.682 \times w3| \leq z \\ |w1-2.169 \times W3| \leq z \\ w1+w2+w3+w4=1 \end{aligned}$$

با توجه به جدول ۶، در بین زیرمعیارهای کارایی، نسبت گردش دارایی ثابت با وزن ۰.۵۰۳ رتبه اول را کسب کرده است. نسبت گردش حساب‌های دریافتی با وزن ۰.۲۰۵ رتبه دوم و نسبت گردش دارایی‌های با وزن ۰.۱۸۹ رتبه سوم را کسب کرده است. همچنین نرخ سازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰.۱۹۰ می‌باشد.

جدول ۶: زیرمعیارهای کارایی

رتبه	وزن	معیار	کدمعیار
۲	۰.۲۰۵	نسبت گردش حساب‌های دریافتی	A1
۱	۰.۵۰۳	نسبت گردش دارایی ثابت	A2
۳	۰.۱۰۳	نسبت گردش دارایی‌ها	A3

منبع: (یافته‌های پژوهش)

## ۴-۴ محاسبه وزن زیرمعیارهای نقدینگی

معیار نقدینگی دارای ۳ زیرمعیار است که مقایسه زوجی آن‌ها در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۸-۴: مقایسات زوجی زیرمعیارهای نقدینگی

BO	B1	B2	B3
B3	۱.۶۴۴	۱.۳۲	-

OW	B1	B2	B3
B3	۲.۲۹۷	۲	-

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با توجه به جدول ۷، مدل خطی BWM زیرمعیارهای محیط به صورت زیر تشکیل می‌شوند.

$$\begin{aligned} \min z \\ |W3-1.644 \times w1| \leq z \\ |W3-1.32 \times w2| \leq z \\ |w1-2.297 \times W4| \leq z \\ |w2-2 \times W4| \leq z \\ w1+w2+w3+w4=1 \end{aligned}$$

جدول ۸: زیرمعیارهای نقدینگی

رتبه	وزن	معیار	کدمعیار
۳	۰.۲۴۴	نسبت جاری	B1
۲	۰.۲۶۳	نسبت آنی	B2
۱	۰.۳۷۴	نسبت نقدینگی	B3

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با توجه به جدول ۹-۴، در بین زیرمعیارهای نقدینگی، نسبت نقدینگی با وزن ۰.۳۷۴ رتبه اول را کسب کرده است. نسبت آنی با وزن ۰.۲۶۳ رتبه دوم و نسبت جاری با وزن ۰.۲۴۴ رتبه سوم را کسب کرده است. همچنین نرخ سازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰.۰۲۷ می‌باشد.

## ۴-۵ محاسبه وزن زیرمعیارهای سرمایه‌گذاری

معیار سرمایه‌گذاری دارای ۵ زیرمعیار است که مقایسه زوجی آن‌ها در جدول ۹ آورده شده است.

جدول ۹: مقایسات زوجی زیرمعیارهای سرمایه‌گذاری

BO	C1	C2	C3	C4	C5
C4	۲.۲۲۱	۳	۲	-	۲.۷۶۶

OW	C1	C2	C3	C4	C5
C4	۳.۳۶۶	۲.۷۶۶	۴	-	۳.۰۶۴

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با توجه به جدول ۹، مدل خطی BWM زیرمعیارهای دستاورد به صورت زیر تشکیل می‌شوند.

$$\begin{aligned} \min z \\ |W4-2.221 \times w1| \leq z \\ |W4-3 \times w2| \leq z \\ |W4-2 \times w3| \leq z \\ |W4-2.766 \times w5| \leq z \\ |w1-3.366 \times W7| \leq z \\ |w2-2.766 \times W7| \leq z \\ |w3-4 \times W7| \leq z \\ |w5-3.064 \times W7| \leq z \\ w1+w2+w3+w4+w5+w6+w7+w8+w9=1 \end{aligned}$$

جدول ۱۰: زیرمعیارهای سرمایه‌گذاری

رتبه	وزن	معیار	کد معیار
۳	۰.۱۱۸	نسبت حاشیه سود عملیاتی	C1
۵	۰.۰۸۷	نسبت حاشیه سود ناخالص	C2
۲	۰.۱۳۱	نرخ بازده دارایی شرکت (ROA)	C3
۱	۰.۲۵۲	بازده حقوق صاحبان سهام	C4
۴	۰.۰۹۴	نسبت حاشیه سود خالص	C5

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با توجه به جدول ۱۰، در بین زیرمعیارهای سرمایه‌گذاری، بازده حقوق صاحبان سهام با وزن ۰.۲۵۲ رتبه اول را کسب کرده است. نرخ بازده دارایی شرکت با وزن ۰.۱۷۲ رتبه دوم و نسبت حاشیه سود عملیاتی با وزن ۰.۱۳۱ رتبه سوم را کسب کرده است. همچنین نرخ سازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰.۰۰۹ می‌باشد.

## ۴-۶ محاسبه وزن زیر معیارهای اهرمی

معیار اهرمی دارای ۵ زیر معیار است که مقایسه زوجی آن‌ها در جدول ۱۱ آورده شده است.

جدول ۱۱: مقایسات زوجی زیرمعیارهای اهرمی

BO	D1	D2	D3	D4	D5
D1	-	۱.۳۲	۱.۷۸۳	۱.۳۲	۲.۱۶۹

OW	D1	D2	D3	D4	D5
D5	۲.۱۶۹	۵	۴.۵۱۴	۴.۱۶۳	-

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با توجه به جدول ۱۱، مدل خطی BWM زیرمعیارهای محیط به صورت زیر تشکیل می‌شوند.

$$\begin{aligned} \min z \\ |W1-1.32 \times w2| \leq z \\ |W1-1.783 \times w3| \leq z \\ |W1-1.32 \times w4| \leq z \\ |W1-2.169 \times w5| \leq z \\ w1+w2+w3+w4+w5=1 \end{aligned}$$

جدول ۱۲: زیرمعیارهای اهرمی

رتبه	وزن	معیار	کد معیار
۱	۰.۱۷۰	بدهی به حقوق صاحبان سهام	D1
۲	۰.۱۳۹	نسبت بدهی	D2
۴	۰.۱۰۳	نسبت پوشش هزینه بهره	D3
۳	۰.۱۲۱	جمع بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام	D4
۵	۰.۰۷۶	جمع بدهی‌ها به جمع دارایی‌های	D5

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با توجه به جدول ۱۲، در بین زیرمعیارهای اهرمی، بدهی به حقوق صاحبان سهام با وزن ۰.۱۷۰ رتبه اول را کسب کرده است. نسبت بدهی با وزن ۰.۱۳۹ رتبه دوم و جمع بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام با وزن ۰.۱۲۱ رتبه سوم را کسب کرده است. همچنین نرخ سازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰.۰۱۳ می‌باشد.

## ۴-۷ وزن نهایی زیرمعیارها

وزن نهایی زیرمعیارها از ضرب وزن معیارهای اصلی در وزن نسبی زیرمعیارها حاصل می‌شود که در جدول ۱۳ آورده شده است که نشان می‌دهد "نسبت گردش دارایی ثابت" رتبه اول را در بین تمامی زیرمعیارها کسب کرده است. نسبت گردش حساب‌های دریافتی رتبه دوم و نسبت نقدینگی رتبه سوم را کسب کرده‌اند.

جدول ۱۳: وزن و رتبه نهایی زیرمعیارها

رتبه نهایی زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار	وزن نسبی زیرمعیار <sup>۱</sup>	زیر معیارها	وزن معیارها	معیارها
۲	۰.۰۸۴۸	۰.۲۰۵	نسبت گردش حساب‌های دریافتی	۰.۴۱۴	کارایی
۱	۰.۲۰۸۳	۰.۵۰۳	نسبت گردش دارایی ثابت		
۵	۰.۰۴۲۸	۰.۱۰۳	نسبت گردش دارایی‌های		
۷	۰.۰۳۸۷	۰.۲۴۴	نسبت جاری	۰.۱۵۸	نقدینگی
۶	۰.۰۴۱۷	۰.۲۶۳	نسبت آنی		
۳	۰.۰۵۹۳	۰.۳۷۴	نسبت نقدینگی		
۱۱	۰.۰۲۰۴	۰.۱۱۸	نسبت حاشیه سود عملیاتی	۰.۱۷۳	سرمایه‌گذاری
۱۴	۰.۰۱۵۱	۰.۰۸۷	نسبت حاشیه سود ناخالص		
۱۳	۰.۰۲۲۶	۰.۱۳۱	نرخ بازده دارایی شرکت (ROA)		
۴	۰.۰۴۳۵	۰.۲۵۲	بازده حقوق صاحبان سهام		
۱۵	۰.۰۱۶۳	۰.۰۹۴	نسبت حاشیه سود خالص		
۸	۰.۰۳۱۹	۰.۱۷۰	بدهی به حقوق صاحبان سهام	۰.۱۸۸	اهرمی
۹	۰.۰۲۶۲	۰.۱۳۹	نسبت بدهی		
۱۲	۰.۰۱۹۴	۰.۱۰۳	نسبت پوشش هزینه بهره		
۱۰	۰.۰۲۲۷	۰.۱۲۱	جمع بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام		
۱۶	۰.۰۱۴۲	۰.۰۷۶	جمع بدهی‌ها به جمع دارایی‌ها		

## ۴-۸ روش Fuzzy-BWM

در مساله پیش رو با مشکل تصمیم‌گیری روبرو هستیم که در آن چهار معیار وجود دارد و تصمیم‌گیرنده به دنبال تعیین اهمیت هر یک از معیارها برای تصمیم‌گیری مناسب است. در مرحله اول معیارها به طور دقیق

وزن نسبی: عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌گردد.<sup>۱</sup>

مشخص شده و A به عنوان مهم ترین معیار و D به عنوان کم اهمیت ترین معیار انتخاب می‌شود. اولویت بهترین معیار بر هر یک از معیارهای دیگر (BO) و اولویت هر معیار بر بدترین معیار (OW) توسط کارشناسان تعیین شده و در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۱۴. اصطلاحات زبانی مورد استفاده برای ارزیابی معیارها

اصطلاح زبانی	مقیاس‌های فازی (از چپ به راست)
اهمیت یکسان (EI)	(۱ و ۱)
دارای اهمیت ضعیف (WI)	(۱ و ۲ و ۳)
دارای اهمیت متوسط (MI)	(۲ و ۳ و ۴)
اهمیت متوسط رو به بالا (MP)	(۳ و ۴ و ۵)
اهمیت قوی (SI)	(۴ و ۵ و ۶)
اهمیت قوی رو به بالا (SP)	(۵ و ۶ و ۷)
اهمیت خیلی قوی (VS)	(۶ و ۷ و ۸)
بسیار مهم (EX)	(۷ و ۸ و ۹)

منبع: لیو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۱)

جدول ۱۵. اولویت‌های معیارها

BO & OW		A	B	C	D
BO	بهترین: $C_1$	EI	MP	SI	VS
OW	بدترین: $C_2$	VS	MP	MI	EI

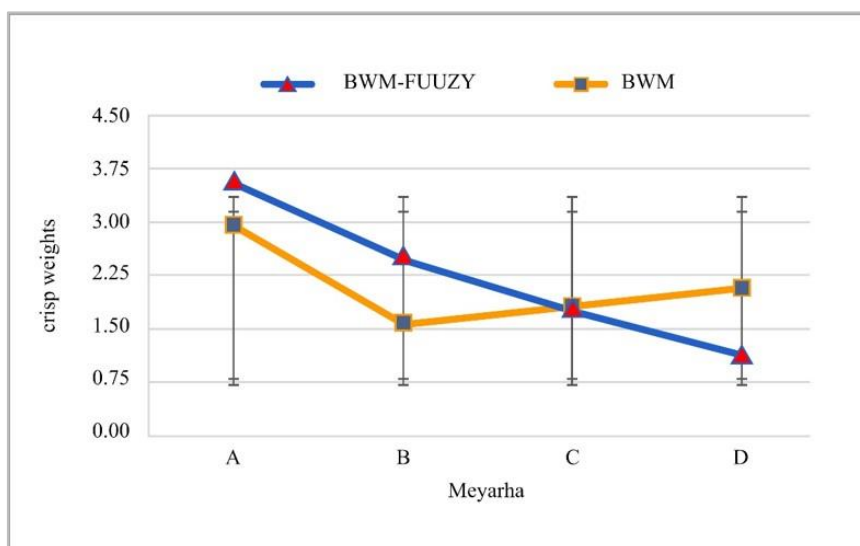
منبع: (یافته‌های پژوهش)

پس از به دست آوردن بردار فازی اولویت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها، وزن معیار اول با استفاده از رابطه‌های اشاره شده در فصل سوم به دست می‌آید. سپس با جایگزینی وزن بهترین معیار در رابطه (۲) وزن سایر معیارها به دست می‌آید. همانطور که از معادلات (۸) و (۹) مشاهده می‌شود، وزن معیارهای تصمیم‌گیری با استفاده از بردار اولویت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها به دست می‌آید. همین امر برای بدترین معیار نیز تکرار می‌شود.

پس از به دست آوردن وزن همه معیارها، وزن نهایی معیارهای تصمیم‌گیری به دست می‌آید. جدول ۱۶ نتایج رویکرد پیشنهادی را با نتایج BWM ساده مقایسه می‌کند. رویکرد پیشنهادی قادر است با استفاده از محاسبات ساده و بدون نیاز به فرمول‌بندی مدل‌های برنامه‌نویسی ریاضی یا استفاده از بسته‌های نرم‌افزار، وزن‌های نهایی

<sup>1</sup> Liu

معیارهای تصمیم‌گیری را در شرایط عدم اطمینان محاسبه کند. نمودار زیر مقایسه وزن‌های نهایی به دست آمده از روش پیشنهادی را با BWM نشان می‌دهد.



نمودار ۱. مقایسه وزن‌های نهایی به دست آمده از روش پیشنهادی با BWM

در ادامه، نتایج به دست آمده از رویکرد پیشنهادی با روش BWM پایه مقایسه شده است. از آنجایی که رویکرد پیشنهادی در این مطالعه BWM ساده شده را با استفاده از اعداد فازی مثلثی (TFN) توسعه داده است، نتایج به وضوح قابل مقایسه خواهند بود. هدف از این مقایسه امکان سنجی و اثربخشی نتایج به دست آمده از رویکرد پیشنهادی است. جدول ... وزن نهایی و رتبه بندی معیارهای تصمیم‌گیری به دست آمده از مدل ترکیبی BWM-FUZZY را در مقایسه با رویکرد پایه موجود بهترین بدترین در ادبیات نشان می‌دهد. همانطور که از نتایج مشاهده می‌شود، رویکرد پیشنهادی بدون نیاز به فرموله کردن مدل برنامه نویسی ریاضی، محاسبات پیچیده و بسته‌های نرم افزاری نتایج دقیقی را ارائه داده است.

همانطور که از نتایج مشاهده می‌شود، رویکرد پیشنهادی نتایج مناسبی را نسبت به روش‌های سنتی موجود در ادبیات ارائه می‌دهد. اگرچه ترجیحات تعیین شده توسط تصمیم‌گیرنده برای معیارها دارای مقادیر نزدیک به یکدیگر هستند، می‌بینیم که مقادیر TD و CR به دست آمده در رویکرد پیشنهادی به ترتیب ۰/۰۸۴ و ۰/۰۱۷ بوده که در مقایسه با روش دیگر مقادیر مناسبی هستند. همچنین رتبه بندی نهایی  $A > B > C > D$  دقت رویکرد پیشنهادی را در محاسبه وزن‌ها و اولویت بندی معیارها نشان می‌دهد. در ادامه بردار بهینه عوامل ریسک و ارزیابی ریسک جمعی بر اساس مقدار فازی شهودی مربوطه به دست آمده است:

جدول ۱۶. مقایسه نتایج مدل ترکیبی BWM-FUZZY در مقایسه با رویکرد پایه بهترین-بدترین

مدل BWM		مدل پیشنهادی			
رتبه‌دهی بر مبنای مدل (BWM)	وزن معیارها	رتبه‌دهی بر مبنای فازی سازی	اعداد قطعی (کریسپ)	وزن دهی فازی	معیارها
۱	۰.۴۱۴	۱	۰.۵۵۱	(۰.۴۵۰ و ۰.۵۴۸ و ۰.۶۶۷)	کارایی (A)
۴	۰.۱۵۸	۲	۰.۲۱۸	(۰.۱۳۹ و ۰.۲۱۲ و ۰.۳۱۹)	نقدینگی (B)
۳	۰.۱۷۳	۳	۰.۱۶۷	(۰.۱۰۲ و ۰.۱۶۳ و ۰.۲۴۹)	سرمایه‌گذاری (C)
۲	۰.۱۸۸	۴	۰.۰۷۹	(۰.۰۶۳ و ۰.۰۷۸ و ۰.۰۹۷)	اهرمی (D)
۰.۰۸۵		۰.۰۸۴			انحراف کل (TD)
۰.۰۵۵		۰.۰۱۷			نسبت ناسازگاری (CR)

منبع: (یافته‌های پژوهش)

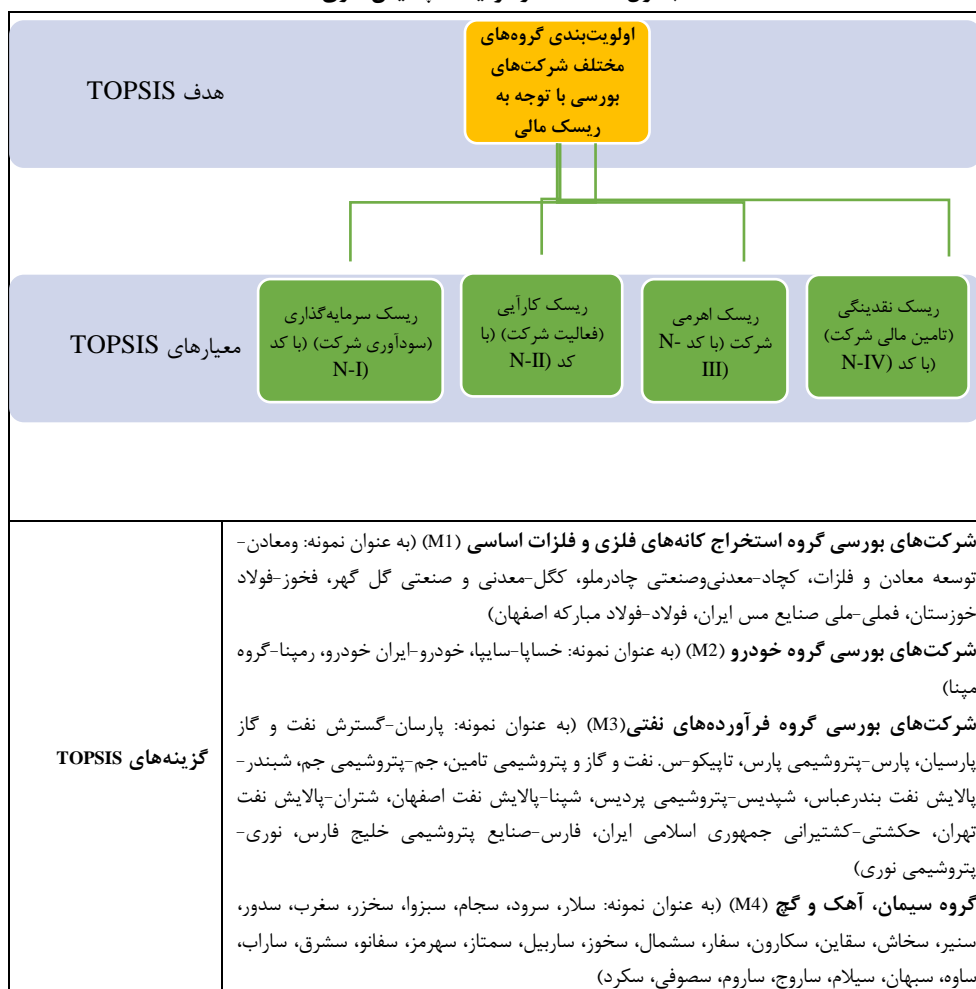
جدول ۱۷. بردار بهینه عوامل ریسک و ارزیابی ریسک جمعی بر اساس مقدار فازی شهودی

هزینه (Cost)	زمان به ثانیه (Time)	شدت (Severity)	زیر معیارها
۰.۰۴۵	۰.۰۰۰۳۹	۰.۰۴۰	نسبت گردش حساب‌های دریافتی
۰.۰۴۵	۰.۰۰۰۳۸	۰.۰۴۶	نسبت گردش دارایی ثابت
۰.۰۴۵	۰.۰۰۰۴۲	۰.۰۴۴	نسبت گردش دارایی‌ها
۰.۰۴۵	۰.۰۰۰۴۵	۰.۰۳۹	نسبت جاری
۰.۰۴۳	۰.۰۰۰۴۳	۰.۰۳۸	نسبت آنی
۰.۰۴۶	۰.۰۰۰۴۱	۰.۰۳۸	نسبت نقدینگی
۰.۰۴۱	۰.۰۰۰۴۰	۰.۰۴۲	نسبت حاشیه سود عملیاتی
۰.۰۳۹	۰.۰۰۰۳۹	۰.۰۴۳	نسبت حاشیه سود ناخالص
۰.۰۳۹	۰.۰۰۰۳۸	۰.۰۴۶	نرخ بازده دارایی شرکت (ROA)
۰.۰۴۶	۰.۰۰۰۴۲	۰.۰۴۳	بازده حقوق صاحبان سهام
۰.۰۴۰	۰.۰۰۰۳۸	۰.۰۴۴	نسبت حاشیه سود خالص
۰.۰۴۱	۰.۰۰۰۳۹	۰.۰۴۰	بدهی به حقوق صاحبان سهام
۰.۰۴۰	۰.۰۰۰۴۰	۰.۰۴۲	نسبت بدهی
۰.۰۴۱	۰.۰۰۰۴۲	۰.۰۴۱	نسبت پوشش هزینه بهره
۰.۰۴۰	۰.۰۰۰۴۱	۰.۰۴۴	جمع بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام
۰.۰۳۹	۰.۰۰۰۴۵	۰.۰۴۰	جمع بدهی‌ها به جمع دارایی‌ها

منبع: (یافته‌های پژوهش)

۴-۹ اولویت‌بندی شرکت‌ها با توجه به ریسک مالی با استفاده از تاپسیس فازی  
 فرآیند تاپسیس فازی جهت اولویت‌بندی شرکت‌های بورسی با توجه به ریسک مالی شامل مراحل زیر است:  
**مرحله اول: ماتریس وضع موجود بر اساس متغیرهای زبانی (N معیار و M گزینه)**  
 با توجه به هدف استفاده از تاپسیس فازی، در ادامه، ساختار فرآیند تاپسیس فازی جهت اولویت‌بندی شرکت‌های بورسی با توجه به ریسک مالی ارائه شده است:

جدول ۱۸. ساختار فرآیند تاپسیس فازی



منبع: (یافته‌های پژوهش)

جدول ۱۹. ماتریس وضع موجود بر اساس متغیرهای زبانی (N معیار و M گزینه)

ریسک نقدینگی	ریسک اهرمی شرکت	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	ریسک سرمایه‌گذاری	حالت‌ها	معیارها گزینه‌ها
کم	خوب	کم	خوب	۱	شرکت‌های بورسی گروه استخراج
کم	متوسط	کم	متوسط	۲	کانه‌های فلزی و فلزات اساسی
خیلی خوب	کم	خیلی خوب	متوسط	۳	شرکت‌های بورسی گروه خودرو
متوسط	کم	متوسط	خوب	۴	
متوسط	خیلی خوب	متوسط	خوب	۵	شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی
خوب	خوب	خوب	خیلی خوب	۶	
خوب	کم	خیلی خوب	خیلی کم	۷	گروه سیمان، آهک و گچ
متوسط	خوب	خوب	خیلی خوب	۸	

منبع: (یافته‌های پژوهش)

## مرحله دوم: تبدیل متغیرهای زبانی به مقادیر فازی

جدول متغیرهای زبانی، مقادیر فازی و نیز توابع عضویت اعداد مثلثی مرتبط با معیارهای مؤثر بر ارزیابی ریسک مالی شرکت‌های بورسی را درون طیف محاسبات منطق فازی، به نمایش می‌گذارند:

جدول ۲۰. متغیرهای زبانی مرتبط با متغیرهای تحقیق

توابع عضویت	معادل انگلیسی	متغیر زبانی
(۰-۰.۱۵-۰.۳۰)	Very Low	خیلی کم
(۰.۲۰-۰.۳۰-۰.۴۰)	Low	کم
(۰.۴۰-۰.۵۰-۰.۶۰)	Medium	متوسط
(۰.۶۰-۰.۷۰-۰.۸۰)	High	خوب
(۰.۸۰-۰.۹۰-۱)	Very High	خیلی خوب

جدول ۲۱. الف) تبدیل متغیرهای زبانی به مقادیر فازی

ریسک نقدینگی	ریسک اهرمی شرکت	ریسک کارآیی	ریسک سرمایه‌گذاری	معیارها گزینه‌ها
(۲۰-۳۰-۴۰)	(۶۰-۷۰-۸۰)	(۲۰-۳۰-۴۰)	(۶۰-۷۰-۸۰)	شرکت‌های بورسی گروه استخراج کانه‌های فلزی و فلزات اساسی
(۲۰-۳۰-۴۰)	(۴۰-۵۰-۶۰)	(۲۰-۳۰-۴۰)	(۴۰-۵۰-۶۰)	
(۸۰-۹۰-۱۰۰)	(۲۰-۳۰-۴۰)	(۸۰-۹۰-۱۰۰)	(۴۰-۵۰-۶۰)	شرکت‌های بورسی گروه خودرو
(۴۰-۵۰-۶۰)	(۲۰-۳۰-۴۰)	(۴۰-۵۰-۶۰)	(۶۰-۷۰-۸۰)	
(۴۰-۵۰-۶۰)	(۸۰-۹۰-۱۰۰)	(۴۰-۵۰-۶۰)	(۶۰-۷۰-۸۰)	شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی

ریسک نقدینگی	ریسک اهرمی شرکت	ریسک کارآیی	ریسک سرمایه‌گذاری	معیارها گزینه‌ها
(۶۰-۷۰-۸۰)	(۶۰-۷۰-۸۰)	(۶۰-۷۰-۸۰)	(۸۰-۹۰-۱۰۰)	
(۶۰-۷۰-۸۰)	(۲۰-۳۰-۴۰)	(۶۰-۷۰-۸۰)	(۰-۱۵-۳۰)	گروه سیمان، آهک و گچ
(۴۰-۵۰-۶۰)	(۶۰-۷۰-۸۰)	(۴۰-۵۰-۶۰)	(۸۰-۹۰-۱۰۰)	

منبع: (یافته‌های پژوهش)

جدول ۲۱. ب) ماتریس مقادیر جمع فازی

ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)	ریسک اهرمی شرکت	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)	معیارها گزینه‌ها
(۲۰-۳۰-۴۰)	(۵۰-۶۰-۷۰)	(۲۰-۳۰-۴۰)	(۵۰-۶۰-۷۰)	شرکت‌های بورسی گروه استخراج کانه‌های فلزی و فلزات اساسی
(۶۰-۷۰-۸۰)	(۲۰-۳۰-۴۰)	(۶۰-۷۰-۸۰)	(۵۰-۶۰-۷۰)	شرکت‌های بورسی گروه خودرو
(۵۰-۶۰-۷۰)	(۷۰-۸۰-۹۰)	(۵۰-۶۰-۷۰)	(۷۰-۸۰-۹۰)	شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی
(۵۰-۶۰-۷۰)	(۴۰-۵۰-۶۰)	(۵۰-۶۰-۷۰)	(۴۰-۵۰-۶۰)	گروه سیمان، آهک و گچ

منبع: (یافته‌های پژوهش)

جدول ۲۱. ج) دیفازی کردن ماتریس برای تبدیل آن‌ها به مقادیر واقعی

ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)	ریسک اهرمی شرکت	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)	معیارها گزینه‌ها
۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	شرکت‌های بورسی گروه استخراج کانه‌های فلزی و فلزات اساسی
۷۰	۳۰	۷۰	۶۰	شرکت‌های بورسی گروه خودرو
۶۰	۸۰	۶۰	۸۰	شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی
۶۰	۵۰	۶۰	۵۰	گروه سیمان، آهک و گچ

منبع: (یافته‌های پژوهش)

بر اساس محاسبات دیفازی کردن ماتریس برای تبدیل آن‌ها به مقادیر واقعی، مشخص گردید که گزینه شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی با مقدار ۸۰ دارای جایگاه بهتری در معیارهای ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت) و ریسک اهرمی شرکت است. همچنین گزینه شرکت‌های بورسی گروه خودرو و گروه سیمان با مقدار ۷۰ دارای جایگاه بهتری در معیار ریسک کارآیی (فعالیت شرکت) و نقدینگی هستند.

## مرحله سوم: بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم‌گیری

برای تعیین اولویت از مفهوم نرمال‌سازی بهره‌گیری می‌گردد. پس از نرمال نمودن، وزن هر گزینه براساس معیار مورد نظر بدست خواهد آمد. به عبارت دیگر محاسبه مقدار ویژه هر سطر با تخمین میانگین هندسی: میانگین هندسی آن سطر به جمع میانگین هندسی سطرها. همین مقایسه‌های زوجی را برای سایر معیارها انجام می‌دهیم. به این ترتیب اولویت هر گزینه را براساس هر معیار محاسبه می‌نماییم.

جدول ۲۲. بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم‌گیری

ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)	ریسک اهرمی شرکت	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)	معیارها گزینه‌ها
۰.۳۰۹	۰.۵۷۵	۰.۳۰۹	۰.۵۱۴	شرکت‌های بورسی گروه استخراج کانه‌های فلزی و فلزات اساسی
۰.۷۲۲	۰.۲۸۷	۰.۷۲۲	۰.۵۱۴	شرکت‌های بورسی گروه خودرو
۰.۶۱۹	۰.۷۶۶	۰.۶۱۹	۰.۶۸۹	شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی
۰.۵۲۲	۰.۲۱۷	۰.۶۱۲	۰.۵۰۴	گروه سیمان، آهک و گچ

منبع: (یافته‌های پژوهش)

## مرحله چهارم: محاسبه ماتریس وزنی معیارهای تحقیق

با محاسبه ماتریس وزنی معیارهای تحقیق مشخص گردید جمع وزن ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت) ۵.۸۳ ریسک کارآیی (فعالیت شرکت) ۸ و ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت) برابر با ۷.۵ و ریسک اهرمی شرکت برابر با ۲.۲۵ است.

جدول ۲۳. الف) ماتریس وزنی معیارهای تحقیق

ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)	ریسک اهرمی شرکت	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)	معیارها
4	1/4	3	1	ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)
1/2	1/2	1	1/3	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)
2	1	2	4	ریسک اهرمی شرکت
1	1/2	2	1/4	ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)
7.5	2/25	8	5/83	جمع

منبع: (یافته‌های پژوهش)

جدول ۲۳. ب) ماتریس نرمال شده وزن گزینه‌ها

ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)	ریسک اهرمی شرکت	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)	معیارها گزینه‌ها
۰.۰۵۳	۰.۳۱۷	۰.۰۵۳	۰.۱۴۲	شرکت‌های بورسی گروه استخراج کانه‌های فلزی و فلزات اساسی
۰.۱۲۴	۰.۱۵۸	۰.۱۲۴	۰.۱۴۲	شرکت‌های بورسی گروه خودرو
۰.۱۰۶	۰.۴۲۲	۰.۱۰۶	۰.۱۹۰	شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی
۰.۱۲۰	۰.۱۴۸	۰.۱۰۴	۰.۱۲۲	گروه سیمان، آهک و گچ

منبع: (یافته‌های پژوهش)

جدول ۲۳. ج) وزن نسبی مطابق با وزن نرمال شده معیارها و وزن نرمال شده گزینه‌ها

وزن نسبی	ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)	ریسک اهرمی شرکت	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)	معیارها
۰.۲۷۷	۰.۵	۰.۱۴۳	۰.۵	۰.۱۸۸	ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)
۰.۱۷۲	۰.۱۶۷	۰.۲۸۶	۰.۱۶۷	۰.۰۶۲	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)
۰.۵۵۱	۰.۳۳۳	۰.۵۷۱	۰.۳۳۳	۰.۷۵۰	ریسک اهرمی
۰.۱۶۳	۰.۱۴۹	۰.۲۰۶	۰.۱۵۲	۰.۰۵۷	ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با محاسبه وزن نسبی مطابق با وزن نرمال شده معیارها و وزن نرمال شده گزینه‌ها مشخص گردید ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت) با وزن نسبی ۰.۲۷۷ و ریسک کارآیی (فعالیت شرکت) با وزن نسبی ۰.۱۷۲ و ریسک اهرمی با وزن نسبی ۰.۵۵۱ و ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت) با وزن نسبی ۰.۱۶۳ می‌باشند. بنابراین بر اساس محاسبات ماتریس وزنی معیارهای تحقیق، مشخص گردید که ریسک اهرمی شرکت با وزن ۵۵ درصد، مهم‌ترین معیار در ارزیابی ریسک مالی شرکت‌های بورسی تعیین گردید. ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت) با وزن ۲۸ درصد به عنوان دومین معیار در ارزیابی ریسک مالی شرکت‌های بورسی؛ اولویت‌بندی شد. در حالی که، ریسک کارآیی (فعالیت شرکت) با وزن ۱۸ درصد به عنوان سومین معیار و ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت) نیز دارای وزن ۱۶ درصد در رتبه‌های چهارم قرار گرفتند. در نهایت، با هدف محاسبه نرخ ناسازگاری، در ابتدا نرخ ناسازگاری براساس بردار وزن‌های نسبی تعیین گردید:

جدول ۲۴. الف) نرخ ناسازگاری براساس بردار وزن‌های نسبی

معیارها	ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	ریسک اهرمی شرکت	ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)	ضربدر وزن معیارها	بردار وزن‌های نسبی معیارها (مجموع اولی در اولی + دومی در دومی + ...)
ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)	1	3	1/4	4	۰.۲۷۷	۱.۴۴۷
ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	1/3	1	1/2	1/2	۰.۱۷۲	۰.۷۱۲
ریسک اهرمی شرکت	4	2	1	2	۰.۵۵۱	۲.۳۴۷
ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)	1/4	2	1/2	1	۰.۱۶۳	۰.۶۹۱

منبع: (یافته‌های پژوهش)

نرخ ناسازگاری براساس بردار وزن‌های نسبی محاسبه شد و بردار وزن نسبی ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت) برابر با ۱.۴۴۷ بردار وزن نسبی ریسک کارآیی (فعالیت شرکت) برابر با ۰.۷۱۲ بردار وزن نسبی ریسک اهرمی شرکت برابر با ۲.۳۴۷ بردار وزن نسبی ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت) برابر با ۰.۶۹۱ می‌باشد.

جدول ۲۴. ب) بردار سازگاری براساس تقسیم بردار وزن‌های نسبی بر بردار وزن‌های معیارها

معیارها	وزن معیارها	بردار وزن‌های نسبی معیارها	بردار سازگاری
ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)	۰.۲۷۷	۱.۴۴۷	۵.۲۲۴
ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	۰.۱۷۲	۰.۷۱۲	۴.۱۴۰
ریسک اهرمی شرکت	۰.۵۵۱	۲.۳۴۷	۴.۲۶۰
ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)	۰.۱۶۳	۰.۶۹۱	۴.۰۴۱

منبع: (یافته‌های پژوهش)

بردار سازگاری براساس تقسیم بردار وزن‌های نسبی بر بردار وزن‌های معیارها محاسبه شد براین اساس بردار سازگاری ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت) برابر با ۵.۲۲۴ بردار سازگاری ریسک کارآیی (فعالیت شرکت) برابر با ۴.۱۴۰ بردار سازگاری ریسک اهرمی شرکت برابر با ۴.۲۶۰ بردار سازگاری ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت) برابر با ۴.۰۴۱ می‌باشد. علاوه بر آن برای محاسبه نرخ سازگاری متوسط معیارها اندازه‌گیری که برابر با ۴.۱۶ می‌باشد. براساس میانگین حسابی بردار سازگاری  $(IR = \frac{\bar{x}-n}{n-1})$  نرخ ناسازگاری محاسبه گردید:

$$IR = \frac{4/416-4}{4-1} = 0/138$$

با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری کمتر از ۱۵ صدم محاسبه شده است، فلذا محاسبات تصمیم‌گیری چند معیاره از پایایی لازم برخوردار است.

### مرحله پنجم: محاسبه ایده آل مثبت و منفی هر معیار

در ادامه، وزن ایده آل مثبت و منفی معیارهای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌های بورسی محاسبه شده است: ایده آل مثبت و منفی برای معیارها محاسبه شد و برای ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)، ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)، ریسک اهرمی و ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت) ایده آل مثبت به ترتیب ۰.۱۹۰، ۰.۱۲۴، ۰.۴۲۲ و ۰.۱۱۴ می‌باشد. همچنین ایده آل منفی ۰.۱۴۲، ۰.۰۵۳، ۰.۱۵۸ و ۰.۰۴۹ محاسبه شده است.

جدول ۲۵. الف) محاسبه ایده آل مثبت و منفی هر معیار

معیار	ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)	ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)	ریسک اهرمی شرکت	ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت)
ایده آل مثبت $D^+$	۰.۱۹۰	۰.۱۲۴	۰.۴۲۲	۰.۱۱۴
ایده آل منفی $D^-$	۰.۱۴۲	۰.۰۵۳	۰.۱۵۸	۰.۰۴۹

منبع: (یافته‌های پژوهش)

جدول ۲۵. ب) محاسبه ایده آل مثبت و منفی هر گزینه

گزینه	$D^+$	$D^-$
شرکت‌های بورسی گروه استخراج کانه‌های فلزی و فلزات اساسی	۰.۱۳۵۳	۰.۱۵۹۱
شرکت‌های بورسی گروه خودرو	۰.۲۶۸۳	۰.۰۷۰۷
شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی	۰.۰۱۷۳	۰.۲۷۳۵
گروه سیمان، آهک و گچ	۰.۲۴۸۰	۰.۰۶۸۳

منبع: (یافته‌های پژوهش)

ایده آل مثبت و منفی برای گزینه‌ها محاسبه شد و برای ریسک سرمایه‌گذاری (سودآوری شرکت)، ریسک کارآیی (فعالیت شرکت)، ریسک اهرمی و ریسک نقدینگی (تامین مالی شرکت) ایده آل مثبت به ترتیب ۰.۱۳۵۳، ۰.۲۶۸۳، ۰.۰۱۷۳ و ۰.۲۴۸۰ می‌باشد. همچنین ایده آل منفی به ترتیب ۰.۱۵۹۱، ۰.۰۷۰۷، ۰.۲۷۳۵ و ۰.۰۶۸۳ محاسبه شده است.

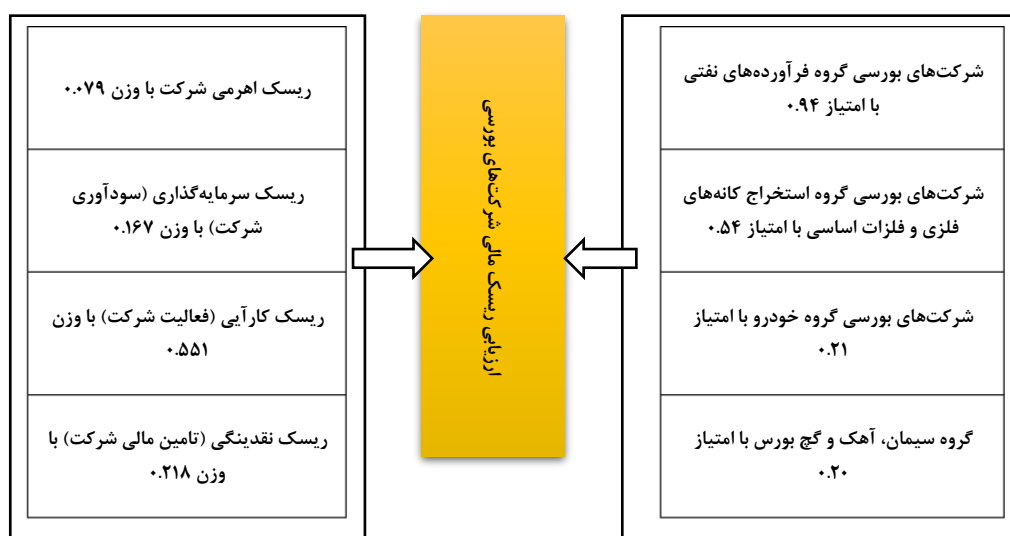
مرحله ششم: رتبه نهایی هر گزینه بر اساس نزدیکی به راه حل ایده آل

جدول ۲۶- رتبه نهایی گزینه‌های تحقیق

رتبه نهایی گزینه‌ها	گزینه‌ها	امتیاز نهایی گزینه‌ها
۱	شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی	۰.۹۴۰۵
۲	شرکت‌های بورسی گروه استخراج کانه‌های فلزی و فلزات اساسی	۰.۵۴۰۴
۳	شرکت‌های بورسی گروه خودرو	۰.۲۰۸۶
۴	گروه سیمان، آهک و گچ	۰.۱۹۷۹

منبع: (یافته‌های پژوهش)

با توجه به محاسبات جدول بالا، مدل نهایی ارزیابی ریسک مالی شرکت‌های بورسی به شکل ذیل ارائه شده است:



نمودار ۲. نتیجه نهایی پژوهش

## ۵- بحث و نتیجه گیری

ریسک، از چشم انداز دستیابی به اهداف سازمان، ممکن است مزایا و فرصت‌ها، یا معایب و تهدیدهایی را به همراه داشته باشد. بنابراین، اگر ریسک مالی تأثیر منفی بر تحقق اهداف سازمان داشته باشد، تهدیدی برای سازمان است، در حالی که اگر ریسک مالی پیامدهای مثبتی داشته باشد، ممکن است به عنوان یک فرصت تلقی شود. بنابراین، مدیریت ریسک مالی به منظور نظارت مستمر بر فعالیت‌های سازمان به منظور شناسایی ریسک‌های جدید و یا نحوه تکامل آنها در زمان است. در چنین شرایطی، سازمان باید اقدامات پیشگیرانه مناسب را به منظور محافظت از خود در برابر ریسک مالی، با شروع کنترل داخلی انجام دهد. متعاقباً برای اطمینان از کافی، کارآمد و مؤثر بودن اقدامات کنترل داخلی در پیشگیری و کاهش ریسک‌های مالی که اهداف سازمان را به خطر می‌اندازد، عملکرد مستقل نظارت و ارزیابی مستمر کنترل‌های داخلی نیز لازم است (آپرچیس و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین، سازمان‌ها باید منابع مورد نیاز برای اجرای کنترل/مدیریت داخلی و به ویژه استانداردهای مدیریت ریسک مالی را تخصیص دهند که رویه‌های بین‌المللی توسعه یک سیستم کنترل داخلی و یک ساختار حسابرسی داخلی هماهنگی با مدیریت عمومی توصیه می‌کند که بتواند ریسک‌های مالی را که واحدها با آن مواجه هستند مدیریت کند. اجرای مدیریت ریسک مالی در سطح سازمانی مستلزم تغییراتی در سبک مدیریت است، به طوری که مدیران نه تنها با کاهش پیامدهای خطرات برخورد می‌کنند، بلکه علل آن را نیز شناسایی و رفع می‌کنند.

این پژوهش با هدف ارائه مدلی برای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها مطابق با روش ترکیبی BWM و فازی طراحی گردید و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از تصمیم‌گیری چند معیاره ناهمگن (MCDM) استفاده نمود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش بهترین و بدترین و تهیه پرسشنامه برای نسبت‌های مالی هر یک از ریسک‌ها و رتبه بندی شرکتها مطابق با تاپسیس فازی انجام شد. بر اساس اولویت‌بندی گزینه‌های تحقیق در مدل نهایی تحقیق، مشخص گردید که شرکت‌های بورسی گروه فرآورده‌های نفتی با امتیاز ۹۴ صدم در رتبه اول ارزیابی ریسک مالی شرکت‌های بورسی قرار دارد. شرکت‌های بورسی گروه استخراج کانه‌های فلزی و فلزات اساسی با امتیاز ۵۴ صدم در رتبه دوم، گروه خودرو با امتیاز ۲۱ صدم در رتبه سوم و شرکت‌های بورسی گروه سیمان، آهک و گچ با امتیاز ۲۰ صدم در رتبه چهارم تعیین گردیدند. بنابراین اینطور نتیجه گیری می‌شود که ریسک مالی تحت تأثیر ریسک‌های متعدد دیگری از جمله ریسک نقدینگی، ریسک سرمایه‌گذاری، ریسک فعالیت، ریسک اهرمی قرار دارد و مدیران شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از نتایج این پژوهش می‌توانند از نتایج نابهنگام ریسک مالی و خسارتهای احتمالی جلوگیری کرده تا بتوانند عوامل مؤثر بر ریسک مالی را کنترل نموده و بدین ترتیب عملکرد مالی خود را بهبود دهند.

این مطالعه همچنین بینش‌هایی را برای سرمایه‌گذاران در زمان انتخاب پرتفوی مناسب ارائه می‌دهد. پیشنهاد می‌شود از نتایج پژوهش حاضر جهت ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌ها و انتخاب شرکت‌های با عملکرد خوب بر اساس مدل پیشنهادی برای سرمایه‌گذاری پرتفوی استفاده شود. همچنین شرکت‌ها می‌توانند برای بهبود عملکرد مالی خود تصمیم‌گیری کنند و ابتکاراتی را برای افزایش عملکرد و کنترل ریسک مالی خود اتخاذ کنند. محدودیت

مدل پیشنهادی این است که دیدگاه بلند مدت سرمایه‌گذاری دارد و اجازه فروش کوتاه مدت در سرمایه‌گذاری سبد را نمی‌دهد.

مطالعات آینده می‌توانند به چند صورت تحقیق حاضر را توسعه دهند. ابتدا، انواع اطلاعات بیشتری از ارزیابی ریسک مالی را می‌توان در مدل پیشنهادی در نظر گرفت تا در تحقیقات آتی با محیط مالی پویا سازگار شود. دوم اینکه مدل پیشنهادی به دلیل محاسبات ساده می‌تواند با بررسی روش MULTIMOORA (بهینه‌سازی چند هدفه با تحلیل نسبت به اضافه فرم ضربی کامل) رتبه بندی شرکت‌ها را بر اساس ریسک مالی بدست آورد.

### فهرست منابع

ابونوری اسمعیل، تهرانی رضا، صبوری حسین (۱۴۰۰)، سرایت پذیری ریسک از بخش مالی به بخش واقعی با استفاده از شاخص برخورد شرطی (CCX): مطالعه موردی بازار سرمایه ایران، اقتصاد مالی (اقتصاد مالی و توسعه)، شماره ۳ (پیاپی ۵۶)؛ از صفحه ۱ تا صفحه ۲۴.

ایوانی، فرزاد و پرویز، زهرا (۱۴۰۱)، تاثیر اخلاق حرفه‌ای حسابداران بر کاهش ریسک مالی و کیفیت گزارشگری مالی (مطالعه موردی: اداره کل امور مالیاتی کرمانشاه)، سومین کنفرانس بین المللی چالش‌ها و راهکارهای نوین در مهندسی صنایع، مدیریت و حسابداری، چابهار

حقیقت، جعفر؛ اصغر پور، حسین (۱۴۰۱). اثر غیرخطی ریسک مالی با وجود مداخله سیاستی بانک مرکزی و فشار بازار ارز بر ثبات بانکی کشور: رویکرد رگرسیون انتقال، پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۱۰۱:

۳۰۶-۲۷۱

حیدری، رحمان، بهشتی فر، ملیکه و ضیاءالدینی، محمد (۱۴۰۲). شناسایی و اولویت‌بندی اقدامات کاهنده شکست اجرای خط‌مشی‌های سازمان راهداری حمل‌ونقل جاده‌ای بر اساس تکنیک واکاوی حالات نقص و اثرات آن با به‌کارگیری روش AHP و TOPSIS فازی. جاده، ۳۱(۱۱۴)، ۹۱-۱۰۸.

علی نژاد، محمدرضا، (۱۴۰۱)، عدم تقارن اطلاعاتی در خصوص ریسک سرمایه‌گذاری و گزینش تامین مالی در شرکت‌های ایرانی، سومین کنفرانس بین المللی چالش‌ها و راهکارهای نوین در مهندسی صنایع، مدیریت و حسابداری، چابهار

فلاح شمس، میرفیض، بنی شریف عباس (۱۴۰۰). سرایت پذیری ریسک‌های مالی در بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از رهیافت MGARCH، تحقیقات مالی، دوره ۲۳، شماره ۱؛ از صفحه ۸۷ تا صفحه ۱۰۷.

میرآئیز، سید مهدی (۱۴۰۱). بررسی رابطه ویژگی‌های مدیرعامل و ترکیب تعاملی آنها با نوسان ریسک مالی. مطالعات مدیریت و توسعه پایدار، ۵، ۴۸-۶۳

Bai, Xiwen., Cheng, Liangqi, Iris, Çağatay(2022). Data-driven financial and operational risk management: Empirical evidence from the global tramp shipping industry. Transportation Review. Volume 158, February 2022, 102617

- Bansal, Arun, Robert Kaufmann, Robert Mark, and Edward Peters. 1992. Financial Risk and Financial Risk Management Technology: Issues and Advantages. Working Papers Series; New York: New York University
- Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy sets and systems*, 114(1), 1–9.
- Chen, S. J., Hwang, C. L., Beckmann, M. J., & Krelle, W. (1992). Fuzzy multiple attribute decision making: methods and applications. Springer-Verlag New York, Inc. Secaucus, NJ, USA.
- Himounet, Nicolas (2022). Searching the nature of uncertainty: Macroeconomic and financial risks VS geopolitical and pandemic risks, *International Economics Volume 170*, August 2022, Pages 1-31
- Kumar Roy, P., Shaw, K., & Ishizaka, A. (2022). Developing an integrated fuzzy credit rating system for SMEs using fuzzy-BWM and fuzzy-TOPSIS-Sort-C. In *Annals of Operations Research* (Vol. 325, Issue 2, pp. 1197–1229). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04704-5>
- Lam, W. H., Lam, W. S., Liew, K. F., & Lee, P. F. (2023). Decision Analysis on the Financial Performance of Companies Using Integrated Entropy-Fuzzy TOPSIS Model. In *Mathematics* (Vol. 11, Issue 2, p. 397). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/math11020397>

## **A Model for Assessing the Financial Risk of Companies Using the Hybrid FUZZY-BWM Method**

**Mehdi Ahmadpour**

PhD student of Financial engineering, Department of Management, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran  
ahmadpour\_mehdi@yahoo.com

**Reza Aghajan Nashtaei**

Department of Business Management, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran  
(Corresponding Author)  
Rnashtaei@gmail.com

**Mohsen Khodadadi**

Department of Accounting, Roudsar and Amlash Branch, Islamic Azad University, Roudsar, Iran  
mkhodadadi@yahoo.com

### **Abstract**

The aim of the current research is to design a model to evaluate the financial risk of companies using the combined FUZZY-BWM method. At first, by reviewing the research literature and conducting interviews with experts in this field in Iran, it was investigated what are the indicators of financial risk that companies face; In the following, while confirming the 16 sub-criteria and 4 main risk criteria identified, by using two BWM and BWM-FUZZY methods, the priority of the best and worst criteria compared to other criteria was determined using linguistic terms, and then the fuzzy weight of the criteria was calculated using The best-worst comparisons were made with respect to others. At the end, the combination of the best and worst fuzzy weights and the calculation of the decision criteria weights were determined. To analyze the data, using the best and worst method, and preparing a questionnaire for the financial ratios of each risk and ranking the companies according to the fuzzy topsis. Based on the prioritization of the research options in the final model of the research, it was found that the listed companies of the oil products group are in the first place in the financial risk assessment of listed companies with a score of 0.94. The listed companies of metal ores and basic metals extraction group were ranked second with a score of 0.54, the automobile group was ranked third with a score of 0.21, and the cement, lime and plaster group was ranked fourth with a score of 0.20.

**Keywords:** liquidity risk, investment risk, activity risk, leverage risk.