فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
دوره چهارده، شماره پنجاه و شش، پائیز ۱۴۰۲
نوع مقاله: علمی پژوهشی
صفحات: ۱۹۸-۱۷۸

ارزیابی ریسک مالی شرکت‌های سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تهران با روش تصمیم‌گیری فازیD-CRITIC و EDAS مبتنی بر یک تابع امتیاز جدید

مهدی آقابیگی[۱]
اختیار خدادادی[۲]

تاریخ دریافت مقاله : ۱۴۰۱/۰۶/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله : ۱۴۰۱/۰۹/۱۳

چکیده

ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها برای شناسایی ریسک‌های مالی بالقوه، ارائه مبنای تصمیم‌گیری برای مدیر ارشد مالی و پیشگیری و کاهش زیان‌های ریسک بسیار حیاتی است. در ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها، مساله اساسی مربوط به عدم قطعیت و عدم دقت است. در این تحقیق، به‌منظور ارزیابی ریسک‌های مالی شرکت‌ها در بورس اوراق بهادار تهران به استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری گروهی می‌پردازیم. مجموعه فازی فیثاغورث (PFS) که با درجات عضویت و عدم عضویت به تصویر کشیده می‌شود، ابزار جدید و مؤثرتری برای مقابله با ابهام است. در این مقاله، تابع امتیاز فازی فیثاغورث جدید برای حل مساله مقایسه ارائه‌شده است. علاوه بر این، وزن‌های ترکیبی را ارائه می‌کنیم که هم ترجیحات ذهنی و هم ترجیحات عینی را منعکس می‌کند سپس وزن معیارها و همبستگی فاصله بین جفت معیارها توسط D-CRITIC و اولویت‌بندی ریسک مالی شرکت‌ها با روش EDAS (ارزیابی بر اساس فاصله از میانگین راه‌حل) مبتنی بر تابع امتیاز جدید محاسبه می‌شود. این روش زمانی بسیار مفید است که معیارهای متناقضی داشته باشیم. درنهایت، امکان‌سنجی الگوریتم برای ارزیابی ریسک مالی چهار گروه سرمایه‌گذاری با شش معیار را با تحلیل حساسیت مربوطه بیان می‌کنیم.

کلمات کلیدی

ریسک مالی، مجموعه فازی فیثاغورث، تصمیم‌گیری چند معیاره، D-CRITIC، EDAS.

۱-گروه حسابداری، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران. mehdi.mab@gmail.com
۲-گروه ریاضی، واحد ملکان، دانشگاه آزاد اسلامی، ملکان، ایران. (نویسنده مسئول) khodadadi@atauni.edu.tr

مقدمه

در بازار سرمایه، سرمایه‌گذاران به دنبال بالاترین بازده ممکن هستند؛ اما این امر بدون توجه به ریسک سرمایه‌گذاری ممکن نیست؛ بنابراین در صورتی متحمل ریسک می‌شوند که بازده بیشتری عایدشان شود. احتمال انحراف بازده واقعی سرمایه‌گذاری از بازده پیش‌بینی‌شده آن، ریسک گفته می‌شود. ریسک همچنین شامل احتمال از دست رفتن همه یا بخشی از اصل سرمایه‌گذاری نیز می‌شود. برای سنجش ریسک سرمایه‌گذاری معیارهای متفاوتی وجود دارد. یکی از مهم‌ترین معیارهای این سنجش، انحراف معیار بازده تاریخی یا میانگین یک سرمایه‌گذاری است. افزایش سرمایه، سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت و توزیع سود همگی ممکن است خطراتی را برای شرکت‌ها به همراه داشته باشند. ریسک مالی موضوعی کاربردی است که شرکت‌ها باید در فرآیند مدیریت مالی موردتوجه قرار دهند؛ بنابراین ریسک ناشی از نحوه تأمین مالی شرکت‌ها را ریسک مالی می‌گویند. به عبارتی احتمال زیان‌هایی است که از ساختار سرمایه شرکت ایجاد می‌شود و از طریق اهرم مالی، اندازه شرکت و نسبت جاری تعیین می‌شود (آکینیومی[1] ۲۰۱۳). ریسک‌های مالی عینی هستند که مدیر شرکت فقط راه‌های کارآمدی را برای کاهش ریسک‌ها در پیش می‌گیرد و نمی‌تواند ریسک‌ها را کاملاً حذف نماید؛ بنابراین نادیده گرفتن ریسک‌های مالی عواقب جدی برای شرکت‌ها خواهد داشت. شاخص‌های ریسک مالی روش‌های تحلیل مالی مبتنی بر فعالیت‌های مالی گسترده، از منظر پویایی و بلندمدت، تنظیم شاخص‌های مالی حساس و مشاهده تغییرات آن‌ها و پایش و پیش‌بینی ریسک‌های مالی است که ممکن است شرکت‌ها با آن مواجه شوند یا خواهند شد. هدف از تجزیه‌وتحلیل شاخص‌های ریسک مالی، شناسایی ریسک‌های مالی اساسی شرکت‌ها با تنظیم هشدار و هشدار ریسک مالی بر اساس تشخیص وضعیت مالی و نتایج مالی شرکت‌ها است تا زمینه تصمیم‌گیری برای مدیریت ریسک مالی فراهم شود و از آن جلوگیری شود؛ و تلفات ریسک را کاهش دهد.

اصول طراحی شاخص‌های ریسک مالی عمدتاً به‌صورت زیر هستند:

اصل حساسیت به هدف اساسی تحلیل ریسک مالی شرکت اشاره دارد که شاخص انتخاب‌شده می‌تواند به سرعت وضعیت مالی شرکت را منعکس کند.

اصل پیش‌بینی پذیری اشاره دارد که تغییرات شاخص انتخاب‌شده باید جلوتر از فعالیت‌های مالی واقعی شرکت و مسائلی باشد که ایجاد می‌کند.

اصل ثبات شرط مهمی برای ارزیابی اثر عملیاتی شاخص ریسک مالی شرکت است

اصل هماهنگی به این معنی است که شاخص‌های ریسک می‌توانند با یکدیگر هماهنگ باشند.

طبق بررسی‌های انجام‌گرفته شده توسط صاحب‌نظران بازار سرمایه سیاست بیشترین تأثیر را بر ریسک سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار دارد. ازاین‌رو انتظار می‌رود ریسک بالای شرکت‌های سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار تهران متأثر از عوامل سیاسی و محیطی باشد. از دیدگاه کلی، سرمایه‌گذاری به معنای مصرف پول‌های در دسترس برای دستیابی به پول‌هایی بیشتر در آینده است. به‌عبارت‌دیگر سرمایه‌گذاری یعنی به تعویق انداختن مصرف فعلی برای دستیابی به امکان مصرف بیشتر درآینده (شارپ و همگاران[۲] ۱۳۹۵). در سرمایه‌گذاری دو ویژگی متفاوت و مهم وجود دارد که عبارت‌اند از زمان و ریسک. اهمیت دو موضوع یادشده به‌این‌علت است که در سرمایه‌گذاری صرف پول در زمان حال صورت می‌گیرد و مقدار آن معین می‌باشد، درحالی‌که پاداش حاصل از آن در آینده به دست می‌آید و معمولاً با عدم اطمینان همراه است. در بعضی مواقع، ویژگی زمان غالب می‌گردد (مانند اوراق قرضه دولتی) و در بعضی مواقع ریسک ازنظر اهمیت مقدم می‌باشد (مانند برگه اختیار خرید سهام عادی) و در مواقع دیگر هر دو دارای اهمیت هستند (مانند سهام عادی) (ابزری و همکاران ۱۳۸۷). عوامل مختلفی بر ریسک و بازده شرکت‌های سرمایه‌گذاری مؤثر است که این عوامل به سه دسته‌ی عوامل کلان اقتصادی، عوامل خرد اقتصادی و عوامل غیراقتصادی تقسیم می‌گردد. عوامل کلان بر ریسک بازار تأثیر دارد؛ و براساس مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه (CAPM)، نتیجه و میزان تأثیر این عوامل بر ریسک بازار (ریسک سیستماتیک) با استفاده از بررسی وابستگی تغییرات قیمت هر محصول به تغییرات قیمت‌های محل بازار اندازه‌گیری می‌شود و شامل موارد زیر می‌باشد (صالحی ۱۳۷۲). سیاست‌ها و خط‌مشی‌های دولت، عوامل فرهنگی و اجتماعی، وضعیت صنعت و شرایط اقتصادی و دوران‌های تجاری و مالی. عوامل خرد موجبات تغییر در ریسکی خواهند شد که مربوط به وضعیت عمومی بازار نبوده و مختص وضعیت هر شرکت است (ریسک غیرسیستماتیک). که به‌طور خلاصه عبارت‌اند از: میزان تقاضا و کشش کالای تولیدی شرکت و سیاست‌ها و خط‌مشی‌های مدیریت (ابزری و همکاران ۱۳۸۷). عوامل غیراقتصادی بر فرآیند تصمیم‌گیری پیرامون سرمایه‌گذاری در محصولات مالی تأثیر می‌گذارد و شامل تمایل به ریسک، ادراک ریسک، نرخ بازده مورد انتظار، تجربه و دانش سرمایه‌گذاری سرمایه‌گذاران، بازده تاریخی و اطلاعات عملکرد گذشته می‌باشد (کاتلین[۳] ۲۰۰۵).

برای ارزیابی ریسک مالی عملکرد شرکت‌ها، روش‌های مؤثر مختلفی قبلاً توسعه‌یافته‌اند. پنگ و همکاران[۴] (۲۰۱۹) یک روش تصمیم‌گیری فازی بر اساس COCOSO[۵] با CRITIC[۶] برای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها ارائه کردند. ازآنجایی‌که ارزیابی ریسک وام در وام‌دهی همتا به همتا[۷] بسیار دشوار

است، دوان (۲۰۱۹) یک رویکرد تصمیم‌گیری مبتنی بر شبکه عصبی عمیق برای ارزیابی مؤثرتر ریسک‌های وام‌دهی همتا به همتا پیشنهاد کرد. جرارد و همکاران[۸] (۲۰۱۹) یک اصلاحیه‌ای برای پلتفرم محصولات بازنشستگی برای درک مستقیم ریسک مالی اساسی پروفایل سرمایه‌گذاری بهینه پس‌انداز کنندگان بازنشستگی، مشاوران مالی حرفه‌ای، آکچوئرها و کارشناسان سرمایه‌گذاری ارائه کردند. گودا و همکاران[۹] (۲۰۱۹) یک روش جامع مهندسی زلزله مبتنی بر عملکرد را برای ارزیابی ریسک مالی ساختمان‌های قاب غیر شکل‌پذیر با تعداد طبقه‌های مختلف برای لرزه‌خیزی در مونترال و ویکتوریا ارائه کردند. بااین‌وجود، این محققان فقط کل ارزیابی ریسک مالی را در نظر می‌گیرند، اما ارزیابی‌های فردی (ارزیابی ریسک مالی بر شاخص‌های مختلف) را در نظر نمی‌گیرند. همچنین برای ارزیابی ریسک مالی یک شرکت، اطلاعات نامشخص و غیرقطعی زیادی وجود دارد. در چنین محیطی، مدیر ارشد مالی با توانایی قوی در تمایز بهترین گزینه تصمیم می‌گیرد. علاوه بر این، عدم قطعیت در ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها باعث می‌شود که مدیر ارشد مالی در صورت مواجهه با گزینه‌های مختلف، در ارائه اطلاعات ترجیحی دقیق ناکام بماند. ازاین‌رو ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها، مساله اساسی مربوط به عدم قطعیت و عدم دقت است که نیازمند استفاده از نظریه‌های فاری است. برخی از نظریه‌های فاری مانند مجموعه فازی شهودی (IFS) (آتاناسوف[۱۰] ۱۹۸۶) و مجموعه فازی فیثاغورث (PFS) (یاگر[۱۱] ۲۰۱۴) در مسائل عدم قطعیت به‌کار گرفته می‌شوند. فرآیند ارزیابی ریسک مالی، شرکت‌ها توسط متخصصان با شاخص‌های ریسک مالی متنوعی انجام می‌شوند که می‌توانند به‌عنوان مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM[۱۲]) در نظر گرفته شوند. بلمن و زاده[۱۳] (۱۹۷۰) به دلیل ابهام ذاتی ترجیحات انسانی و همچنین ابهام و عدم قطعیت اشیا، نظریه مجموعه‌های فازی را در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره معرفی کردند. مجموعه فازی شهودی (IFS)، ارائه‌شده توسط آتاناسوف ۱۹۸۶، توسعه نظریه مجموعه‌های فازی (زاده ۱۹۶۵) است که با درجه عضویت و درجه عدم عضویت مشخص می‌شود، شرطی را برآورده می‌کند که مجموع درجه عضویت و درجه عدم عضویت برابر یا کمتر از ۱ باشد. اخیراً یاگر[۱۴] (۲۰۱۳) یک مجموعه فازی فیثاغورث (PFS) را پیشنهاد کرد که با درجه عضویت و درجه غیرعضویت مشخص می‌شود که شرایطی را فراهم می‌کند که مجموع درجه عضویت و درجه غیرعضویت آن کمتر یا مساوی ۱ است. یاگر و همکاران (۲۰۱۴) برای بیان این وضعیت مثالی ارائه کردند: یک تصمیم‌گیرنده حمایت خود را از عضویت در یک گزینه $\frac{\sqrt{3}}{2}$ و مخالفت خود را با عضویت در یک گزینه $\frac{1}{2}$ نشان می‌دهد. به دلیل بزرگ‌تر بودن مجموع دو مقدار از ۱، آن‌ها برای IFS در دسترس نیستند، اما از $\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \leq 1$ برای PFS در دسترس

هستند. ژانگ و همکاران[۱۵] (۲۰۱۴) تکنیک اولویت سفارش را با شباهت به راه‌حل ایده آل (TOPSIS[۱۶]) برای تصمیم‌گیری چندمعیاره با مجموعه‌های فازی فیثاغورث گسترش دادند. یانگ (۲۰۱۴) با استفاده از متمم فیثاغورث، کلاسی از زیرمجموعه‌های فازی فیثاغورثی غیراستاندارد را معرفی کرد که امتیازات عضویت آن‌ها جفت (a, b) است که نیاز است در $a^2 + b^2 \leq 1$ صدق کند. او همچنین انواع مختلفی از عملیات تجمیع را برای این زیرمجموعه‌های فازی فیثاغورث معرفی کرد. پنگ و همکاران (۲۰۱۵) یک الگوریتم تصمیم‌گیری را بر اساس یک عملگر تجمع فازی فیثاغورث پیشنهاد کردند. آن‌ها پیچیدگی محاسباتی این الگوریتم را تجزیه‌وتحلیل کردند و آن را برای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌های سرمایه-گذاری به‌کار بردند.

در این مقاله، روش ارزیابی بر اساس فاصله از میانگین راه‌حل (EDAS[۱۷]) را با استفاده از تابع امتیاز جدید برای ارزیابی شرکت‌های سرمایه‌گذار در بورس اوراق بهادار تهران که معیاری‌های ارائه‌شده توسط تصمیم‌گیرندگان را برآورده می‌کنند، توسعه می‌دهیم. برای ارزیابی گزینه‌ها، در نظر گرفتن وزن معیارهای عینی که از روش D-CRITIC[۱۸] حاصل می‌شود و همچنین وزن‌های ذهنی ناشی از قضاوت‌ها و ارزیابی‌های تصمیم‌گیرندگان، می‌تواند در دستیابی به راه‌حل‌های معقول بسیار مفید باشد. هدف از توسعه روش پرداختن به چنین مسائل ارزیابی در یک محیط مبهم است.

تعاریف و قضایا

تعریف ۱ (آتاناسوف ۱۹۸۶). فرض کنید X یک جهان گفتمان باشد. یک مجموعه فازی شهودی (IFS[۱۹]) I در X توسط

$$I = \{\langle x, \mu_I(x), \nu_I(x)\rangle | x \in X\},$$

داده‌شده است که در آن به ترتیب $\mu_I: X \longrightarrow [0,1]$ نشان‌دهنده درجه عضویت و $\nu_I: X \longrightarrow [0,1]$ نشان‌دهنده درجه عدم عضویت عنصر $x \in X$ به مجموعه Iاست، با این شرط که $0 \leq \mu_I(x) + \nu_I(x) \leq 1$. درجه عدم تعیین $\pi(x) = 1 - \mu_I(x) - \nu_I(x)$ باشد. با اجازه خو[۲۰] (۲۰۰۶)، $i = \left(\mu_I(x), \nu_I(x)\right)$ را یک عدد فازی شهودی (IFN) نامیدند.

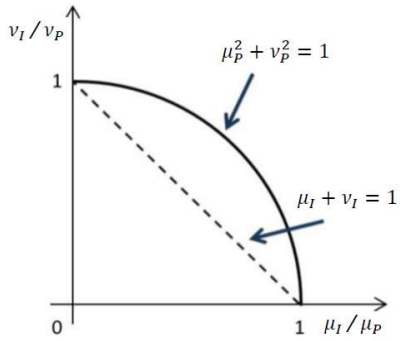
تعریف ۲ (یاگر ۲۰۱۴). فرض کنید X یک جهان گفتمان باشد. مجموعه فازی فیثاغورث (PFS[۲۱]) P در X با

$$P = \{\langle x, \mu_P(x), \nu_P(x)\rangle | x \in X\},$$

نشان داده می‌شود که در آن به ترتیب $\mu_P: X \longrightarrow [0,1]$ نشان‌دهنده درجه عضویت و $\nu_P: X \longrightarrow [0,1]$ نشان‌دهنده درجه عدم عضویت عنصر $x \in X$ به مجموعه Pاست، با این شرط که $0 \leq$

$\left(\mu_P(x)\right)^2 + \left(\nu_P(x)\right)^2 \leq 1$. درجه عدم تعیین $\pi_P(x) = \sqrt{1 - \left(\mu_P(x)\right)^2 - \left(\nu_P(x)\right)^2}$ با اجازه ژانگ (۲۰۱۴)، $p = \left(\mu_P(x), \nu_P(x)\right)$ را یک عدد فازی فیثاغورثی (PFN) نامیدند.

تفاوت اصلی بین IFN[۲۲] و PFN[۲۳] تفاوت در شرایط محدودیت آن‌هاست. طبق تعریف ۱ و تعریف ۲، می‌دانیم که شرط محدودیت $0 \leq \mu_I(x) + \nu_I(x) \leq 1$ IFN، برای $\mu_I(x), \nu_I(x) \in (0,1)$ است، درحالی‌که شرط محدودیت $0 \leq \left(\mu_P(x)\right)^2 + \left(\nu_P(x)\right)^2 \leq 1$، برای $\mu_P(x), \nu_P(x) \in (0,1)$ است. یاگر (۲۰۱۴) نشان داد که فضای درجه عضویت فیثاغورث بیشتر از فضای درجه عضویت شهودی است. به‌عبارت‌دیگر، اگر 1 یک IFN باشد، پس باید یک PFN نیز باشد، اما همه PFN ها IFN نیستند. این نتیجه را می‌توان به‌راحتی در شکل ۱ نشان داد



شکل ۱. مقایسه فضاهای *PFNs*، (μ_P, ν_P) و *IFNs*، (μ_I, ν_I).

تابع امتیاز جدید

دز این بخش، برخی از توابع امتیاز موجود بررسی می‌شود (جدول ۱) و یک تابع امتیاز جدید با در نظر گرفتن درجه تردید PFS پیشنهاد می‌شود.

جدول ۱. توابع امتیاز موجود

نویسندگان	توابع امتیاز
شنگ-جان و همکاران[۲۴] (۲۰۱۷)	$S_{shg} = \frac{1 + \mu_p^2 - \nu_p^2}{2}$
پنگ و همکاران (۲۰۲۱)	$S_{pg} = \frac{\mu - \nu + 1 - \ln(1 + \pi)}{2}$

تعریف ۳. برای PFN $p = \left(\mu_p, \nu_p\right)$، تابع امتیاز جدید به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S_{kha}(p) = \frac{1 + \mu_p^2 - \nu_p^2 - \ln(1+\pi^2)}{2}, \quad S_{kha} \in [0,1], \qquad (۱)$$

تعریف ۴ (ژانگ و همکاران ۲۰۱۴؛ پنگ و همکاران ۲۰۱۵). برای دو PFN $p = (\mu_p, \nu_p)$ و $q = (\mu_q, \nu_q)$، آنگاه قانون مقایسه تابع امتیاز و مقدار تردید π را می‌توان به‌صورت زیر تعریف کرد:

(۱) اگر $S_{kha}(p) > S_{kha}(q)$ آنگاه $p > q$،

(۲) اگر $S_{kha}(p) < S_{kha}(q)$ آنگاه $p < q$،

(۳) اگر $S_{kha}(p) = S_{kha}(q)$ آنگاه اگر $\pi_p > \pi_q$ آنگاه $p < q$ و اگر $\pi_p = \pi_q$ آنگاه $p = q$.

قضیه ۱. برای PFN $p = (\mu_p, \nu_p)$، $S_{kha}(p)$ با افزایش μ_p به‌طور یکنواخت افزایش می‌یابد و با افزایش ν_p به‌طور یکنواخت کاهش می‌یابد.

اثبات. با توجه به معادله (۱)، مشتقات جزئی مرتبه اول $S_{kha}(p)$ نسبت به μ_p و ν_p به دست می‌آید،

$$\frac{\partial S_{kha}(p)}{\partial \mu_p} = 2\mu_p - \frac{1}{2}\frac{-2\mu_p}{1+\pi^2} = \mu_p\left(2 + \frac{1}{1+\pi^2}\right) \geq 0,$$
$$\frac{\partial S_{kha}(p)}{\partial \nu_p} = -2\nu_p - \frac{1}{2}\frac{-2\nu_p}{1+\pi^2} = -\nu_p\left(2 - \frac{1}{1+\pi^2}\right) \leq 0,$$

درنتیجه، $S_{kha}(p)$ با افزایش μ_p به‌طور یکنواخت افزایش و با افزایش ν_p به‌طور یکنواخت کاهش می‌یابد.

قضیه ۲. برای PFN $p = (\mu_p, \nu_p)$، یک تابع امتیاز جدید $S_{kha}(p)$ دارای ویژگی‌های زیر است:

(i) $0 \leq S_{kha}(p) \leq 1$،

(ii) اگر $p = (1,0)$ آنگاه $S_{kha}(p) = 1$،

(iii) اگر $p = (0,1)$ آنگاه $S_{kha}(p) = 0$.

اثبات. طبق ویژگی‌های تابع امتیاز، اگر فقط μ_p یا ν_p در نظر گرفته شود، حداقل مقدار $p = (0,1)$ یا حداکثر مقدار $p = (1,0)$ می‌تواند برای $S_{kha}(p)$ به دست بیاید. به‌عبارت‌دیگر، $S_{kha}(0,1) = 0$ و $S_{kha}(1,0) = 1$. بنابراین $0 \leq S_{ka}(p) \leq 1$.

قضیه ۳. فرض کنید $p = (\mu_p, \nu_p)$ و $q = (\mu_q, \nu_q)$ دو PFN باشند، اگر $\mu_p > \mu_q$ و $\nu_p < \nu_q$، آنگاه $S_{kha}(p) > S_{kha}(q)$.

اثبات. با توجه به قضیه ۲، $S_{kha}(p)$ با افزایش μ_p به‌طور یکنواخت افزایش و با افزایش ν_p به‌طور یکنواخت کاهش می‌یابد. بنابرا؛ ، اگر $\mu_p > \mu_q$ و $\nu_p < \nu_q$، آنگاه $S_{kha}(p) > S_{kha}(q)$.

برای آزمایش امکان‌سنجی تابع امتیاز فازی فیثاغورث جدید S_{kha} برای رتبه‌بندی، جدول ۲ مقایسه‌ای بین نتایج به‌دست‌آمده توسط تابع امتیاز پیشنهادی و شرایط توابع امتیاز موجود القاشده توسط شنگ-جان و همکاران (۲۰۱۷) و پنگ و همکاران (۲۰۲۱) را نشان می‌دهد

جدول ۲. مقایسه توابع امتیاز

اعداد فازی فیثاغورث	مقدار امتیاز	رتبه‌بندی
$p = \left(۴/۰,۷/۰\right)$ $q = \left(۵/۰,۶/۰\right)$	$S_{shg}(p) = ۳۳۵/۰,\ S_{shg}(q) = ۴۴۵/۰$ $S_{pg}(p) = ۱۰۲۷/۱,\ S_{pg}(q) = ۱۰۲۷/۱$ $S_{kha}(p) = ۱۲۹/۰,\ S_{kha}(q) = ۲۸/۰$	$p < q$ $p = q$ $p < q$
$p = \left(۷/۰,۶۱۶۴/۰\right)$ $q = \left(۶/۰,۵/۰\right)$	$S_{shg}(p) = ۵۵۵/۰,\ S_{shg}(q) = ۵۵۵/۰$ $S_{pg}(p) = ۳۴۸۴/۱,\ S_{pg}(q) = ۱۰۲۷/۱$ $S_{kha}(p) = ۲۱۴/۰,\ S_{kha}(q) = ۳۹/۰$	$p = q$ $p > q$ $p < q$

از جدول ۲، می‌توانیم دریابیم که تابع امتیاز پیشنهادی S_{kha} می‌تواند به‌طور موثری نقص‌های S_{shg} و S_{pg} را برطرف کند. به‌عبارت‌دیگر، تابع امتیاز پیشنهادی می‌تواند تفاوت گزینه‌ها را متمایز کند درحالی‌که برخی از توابع امتیاز موجود به دست نمی‌دهد.

روش شناسی تحقیق

تصمیم گیری گروهی چند معیاره بر اساس مجموعه فازی فیثاغورث

فرض کنید مسأله تصمیم‌گیری گروهی با t تصمیم گیرنده $D = \{D_1, D_2, \dots, D_t\}$، m گزینه $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$، n معیار $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ و همچنین وزن هر معیار $w = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ با $w_j \in [0,1]$ و $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$داده شود. یک ماتریس تصمیم مجموعه فازی فیثاغورث $P^k = \left(p_{ij}^{(k)}\right)_{m\times n}$ توسط تصمیم گیرنده D_k برای گزینه A_i با توجه به معیار C_j ارائه می‌شود که عناصر آن $\left(\mu_{ij}^{(k)}, \nu_{ij}^{(k)}\right)$ ، PFS هستند و $\mu_{ij}^{(k)} \in [0,1],\ \ \nu_{ij}^{(k)} \in [0,1],$

$$0 \le \left(\mu_{ij}^{(k)}\right)^2 + \left(\nu_{ij}^{(k)}\right)^2 \le 1,\ \ i = 1,2,..,m,\ \ ,2,\dots,n,$$

میانگین $\left(\mu_{ij}^{(k)}, \nu_{ij}^{(k)}\right),\ k = 1,2,..,t$ به‌ت $p_{ij} = \left(\mu_{ij}, \nu_{ij}\right)$ تعریف می‌شود که در آن

$$\mu_{ij} = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{t} \mu_{ij}^{(k)},\ \nu_{ij} = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{t} \nu_{ij}^{(k)}.$$

درنهایت ماتریس تصمیم‌گیری PFS ، $P = (p_{ij})_{m\times n} = (\mu_{ij}, \nu_{ij})_{m\times n}$ ایجاد می‌شود که در جدول ۳ نشان داده‌شده است.

جدول ۳. ماتریس تضمیم گیری *PFS*

معیارها / گزینه ها	C_1	C_2	⋯	C_n
A_1	(μ_{11}, ν_{11})	(μ_{12}, ν_{12})	⋯	(μ_{1n}, ν_{1n})
A_2	(μ_{21}, ν_{21})	(μ_{22}, ν_{22})	⋯	(μ_{2n}, ν_{2n})
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮
A_m	(μ_{m1}, ν_{m1})	(μ_{m2}, ν_{m2})	⋯	(μ_{mn}, ν_{mn})

رویکرد تعیین وزن ترکیبی

تعیین وزن هدف: روش D-CRITIC فازی

روش D-CRITIC توسط کریشنان و همکاران اش[۲۵] در سال ۲۰۲۱ ارائه شد؛ که با ترکیب ایده همبستگی فاصله در روش اصلی CRITIC توسعه یافته است. روش D-CRITIC یک میانگین همبستگی فاصله بالاتر، میانگین همبستگی رتبه-مرتبه اسپیرمن بالاتر و میانگین درصد مطلق خطای متقارن پایین‌تر را به همراه دارد و می‌تواند وزن‌ها و رتبه‌های معتبرتری نسبت به روش CRITIC اصلی ایجاد کند، در روش اصلاح شده D-CRITIC از همبستگی فاصله به‌عنوان راهی جایگزین برای مدل سازی روابط با هدف به حداقل رساندن خطای احتمالی در وزن های نهایی استفاده می‌شود

مرحله ۱. ماتریس تصمیم $X = (x_{ij})_{m\times n}$ برای هر PFN، $p_{ij} = (\mu_{ij}, \nu_{ij})$ با معادله (۲) تعیین می‌شود.

$$x_{ij} = S_{kha}(p_{ij}) = \frac{1 + \mu_{ij}^2 - \nu_{ij}^2 - \ln\left(1 + \pi_{p_{ij}}^2\right)}{2}, \qquad (۲)$$

که در آن $\pi_{p_{ij}}^2 = 1 - \mu_{ij}^2 - \nu_{ij}^2$.

مرحله ۲. ماتریس X حاصل شده از معادله (۳) به یک ماتریس PFN استاندارد $X' = (x'_{ij})_{m\times n}$ تبدیل می‌شود.

$$x'_{ij} = \begin{cases} \dfrac{x_{ij}}{\max\limits_{1\le i\le m} x_{ij}} & if\ j \in BC \\ \dfrac{\min\limits_{1\le i\le m} x_{ij}}{x_{ij}} & if\ j \in NC \end{cases}, \qquad (۳)$$

که در آن BC و NC به ترتیب مجموعه معیارهای سودمند و معیارهای غیر سودمند هستند.

مرحله ۳. انحراف استاندارد معیارها با معادله (۴) محاسبه می‌شود.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}\left(x'_{ij} - \overline{x}_j\right)^2}{m-1}},\ \ j = 1,2,\dots,n, \qquad (۴)$$

که در آن $\overline{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} x'_{ij}}{m}, j = 1,2,\dots,n$

مرحله ۴. همبستگی بین جفت معیارها با استفاده از معادله (۵) تعیین می‌شود

$$\rho_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{m}\left(x'_{ij} - \overline{x}_j\right)\left(x'_{ik} - \overline{x}_k\right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m}\left(x'_{ij} - \overline{x}_j\right)^2 \sum_{i=1}^{m}\left(x'_{ik} - \overline{x}_k\right)^2}},\ \ j = 1,2,..,n,\ \ k = 1,2,..,n, \qquad (۵)$$

مرحله ۵. مقدار اطلاعات هر معیار به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$I_j = \sigma_j \sum_{k=1}^{n}\left(1 - \rho_{jk}\right),\ \ j = 1,2,..,n, \qquad (۶)$$

مرحله ۶. وزن هدف معیار j ام با استفاده از معادله زیر تعیین می‌شود

$$\omega_j = \frac{I_j}{\sum_{j=1}^{n} I_j},\ \ j = 1,2,\dots,n. \qquad (۷)$$

تعیین وزن ترکیبی بر اساس روش جامع وزنی خطی

فرض کنید وزن ذهنی داده‌شده توسط تصمیم‌گیرندگان یا متخصصان، $\overline{\omega} = \{\overline{\omega}_1, \overline{\omega}_2, \dots, \overline{\omega}_n\}$ باشد، که آن $\sum_{j=1}^{n} \overline{\omega}_j = 1,\ 0 \le \overline{\omega}_j \le 1$ است. وزن دف، به دست آمده توسط معادله (۷)، $\sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1,\ 0 \le \omega_j \le 1$ است، که در آن $\sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1,\ 0 \le \omega_j \le 1$ است. بنابراین، وزن ترکیبی $\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ ؛ را می‌توان به‌صورت تعریف کرد

$$w_j = \frac{\omega_j \overline{\omega}_j}{\sum_{j=1}^{n} \omega_j \overline{\omega}_j}, \qquad (۸)$$

روش EDAS فازی فیثاغورث

تکنیک EDAS به معنی ارزیابی بر اساس فاصله از میانگین راه‌حل می‌باشد. این تکنیک اولین بار توسط مهدی کشاورز قرابایی و همکاران در سال ۲۰۱۵ ارائه شد.

در روش‌هایی همانند VIKOR و TOPSIS گزینه مطلوب را بر اساس فاصله از ایده آل مثبت و ایده آل منفی ارزیابی می‌کند، یعنی گزینه ای را انتخاب می‌کند که کمترین فاصله را از ایده آل مثبت و بیشترین فاصله را از ایده آل منفی داشته باشد؛ اما در روش ایداس (EDAS) بهترین جواب مربوط به فاصله از میانگین راه‌حل (AV) است.

در این روش به محاسبه ایده آل مثبت و منفی نیازی نداریم بلکه دو معیار را برای ارزیابی مطلوب بودن گزینه‌ها در نظر می‌گیریم؛ اولین اندازه‌گیری فاصله مثبت از میانگین (PDA) است و دوم فاصله منفی از میانگین (NDA) است. این اقدامات می‌تواند تفاوت بین هر گزینه و راه‌حل متوسط را نشان دهد.

ارزیابی گزینه‌ها با توجه به ارزش بالاتر PDA و مقادیر پایین تر NDA صورت می‌گیرد مقادیر بالاتر PDA و یا مقادیر کمتر NDA نشان‌دهنده این است که آن گزینه بهتر است.

این تکنیک در زمره روش‌های معیار گزینه‌ای می باشد یعنی هدف آن رتبه‌بندی گزینه‌های مساله تصمیم‌گیری است.

مراحل روش ایداس فازی:

مرحله ۱. ماتریس تصمیم $X = (x_{ij})_{m\times n}$ برای هر PFN، $p_{ij} = (\mu_{ij}, \nu_{ij})$ با معادله (۲) تعیین می‌شود.

مرحله ۲. در این مرحله با استفاده از رابطه زیر میانگین راه‌حل برای معیارها محاسبه می‌شود که در واقع همان میانگین داده‌ها برای هر ستون معیار می‌باشد.

$$AV = (av_j)_{1\times n}, \quad (۹)$$

که در آن $av_j = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} x_{ij}$ است،

عناصر این ماتریس av_j با توجه به هر معیار، میانگین راه‌حل‌ها را نشان می‌دهد. ب؛ براین، ابعاد ماتریس برابر با ابعاد ماتریس وزن‌های معیار است.

مرحله ۳. فاصله مثبت از میانگین (PDA) و فاصله منفی از میانگین (NDA) ماتریس‌ها با توجه به نوع معیارها (سودمند و غیرسودمند) به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$PDA = (pda_{ij})_{m\times n}, \quad (۱۰)$$

$$NDA = (nda_{ij})_{m\times n}, \quad (۱۱)$$

که در آن

$$pda_{ij} = \begin{cases} \frac{\max_{1\le i\le m}\{0,(x_{ij}-av_j)\}}{av_j}, & if\ j \in BC \\ \frac{\max_{1\le i\le m}\{0,(av_j-\tilde{x}_{ij})\}}{av_j}, & if\ j \in NC \end{cases},$$

$$nda_{ij} = \begin{cases} \frac{\max_{1\le i\le m}\{0,(av_j-x_{ij})\}}{av_j}, & if\ j \in BC \\ \frac{\max_{1\le i\le m}\{0,(\tilde{x}_{ij}-av_j)\}}{av_j}, & if\ j \in NC \end{cases},$$

که در آن BC و NC به ترتیب مجموعه معیارهای سودمند و معیارهای غیر سودمند هستند.

مرحله ۴. مجموع وزنی PDA و NDA برای همه گزینه‌ها، به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$sp_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \times pda_{ij}, \quad (۱۲)$$

$$sn_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \times nda_{ij}, \quad (۱۳)$$

که در آن w_j وزن j امین معیار است

مرحله ۵. مقادیر نرمال sp_i و sn_i برای همه گزینه‌ها به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$nsp_i = \frac{sp_i}{\max_{1\le i\le m} sp_i}, \quad (۱۴)$$

$$nsn_i = 1 - \frac{sn_i}{\max_{1\le i\le m} sn_i}, \quad (۱۵)$$

مرحله ۶. در این مرحله با استفاده از رابطه زیر امتیاز نهایی گزینه‌ها محاسبه و سپس رتبه‌بندی می‌شود.

$$as_i = \frac{1}{2}(nsp_i + nsn_i), \quad (۱۶)$$

که در آن $0 \le as_i \le 1$ است.

گزینه‌ها را با توجه به مقادیر کاهش یافته نمرات ارزیابی رتبه‌بندی می‌کنیم. به‌عبارت‌دیگر، گزینه‌ای با بالاترین نمره ارزیابی بهترین گزینه در بین گزینه‌های نامزد است.

جدول ۴. متغیرهای زبانی برای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها

متغیرهای زبانی	عدد فازی فیثاغورثی
ریسک خیلی کم (VL)	$\left(۰,۱\right)$
ریسک کم (L)	$\left(۲/۰,۹۷۹/۰\right)$
ریسک متوسط کم (ML)	$\left(۴/۰,۹۱۶/۰\right)$
ریسک متوسط (M)	$\left(۶/۰,۸/۰\right)$
ریسک متوسط بالا (MH)	$\left(۸/۰,۶/۰\right)$
ریسک بالا (H)	$\left(۹/۰,۴۳۵/۰\right)$
ریسک خیلی بالا (VH)	$\left(۱,۰\right)$

یافته‌های پژوهش

از دیر باز مساله سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار با ریسک همراه بوده و انتخاب سهام و پرتفوی مناسب کمترین ریسک یک چالش برای کلیه سرمایه‌گذازان بوده است. در مورد ارزیابی ریسک مالی، مشکلات اساسی که به وجود می‌آیند مربوط به ابهام و عدم دقت است؛ بنابراین برای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها در بورس اوراق بهادار تهران به استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری می‌پردازیم. ارزیابی ریسک مالی برای شرکت‌ها برای شناسایی ریسک‌های مالی بالقوه، ارائه مبنای تصمیم‌گیری برای مدیریت ریسک مالی و پیشگیری و کاهش زیان‌های ریسک بسیار حیاتی است. چهار گروه شرکت‌های لیزینگ (A_1)، واسطه گری مالی (A_2)، بیمه (A_3) و هلدینگ (A_4) را برای ارزیابی ریسک مالی در نظر می‌گیریم. هنگام ارزیابی ریسک مالی این شرکت‌ها، طراحی یک سیستم ارزیابی منطقی برای تضمین نتایج ارزیابی مؤثر و علمی ضروری است. همچنین کارشناسان بخش مالی متشکل از ۱۰ کارشناس ۶ معیار را برای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها به شرح زیر ارائه داده‌اند:

سودآوری دارایی (C_1): این هدف نهایی عملیات تجاری است، همچنین مقدمه بقاء و توسعه شرکت است. سودآوری با بازده کل دارایی‌ها و هزینه و حاشیه سود تعیین می‌شود.

توانایی پرداخت بدهی (C_2): شاخص اندازه‌گیری توانایی و قدرت پرداخت بدهی‌های شرکت‌ها را نشان می‌دهد. بالا بودن این نسبت نشان‌دهنده کاهش نقدینگی برای فرصت‌های سرمایه‌گذاری است. زمانی که بازده سرمایه‌گذاری بیشتر از نرخ استقراض باشد، هر چه استقراض بیشتر باشد، سود بیشتر و ریسک مالی بیشتر می‌شود.

انعطاف پذیری مالی (C_3): این نسبت به توانایی یک شرکت برای انجام اقدامات نتیجه‌ای برای تغییر جریان و زمان جریان نقدی برای انطباق با فرصت‌ها و نیازهای غیرمنتظره اشاره دارد. اساساً به جریان نقدی خالص تولید شده توسط فعالیت‌های تجاری شرکت‌ها مربوط می‌شود. برای اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری مالی، از بازده جریان نقدی آزاد استفاده می‌شود نسبت بازده جریان نقدی آزاد، نشان‌دهنده قدرت پرداخت دیون، نقد شوندگی، بقاء یا دوام می‌باشد.

بهره‌وری اقتصادی (C_4): بهره‌وری اقتصادی نسبت بین مقدار معینی محصول و مقدار معینی از یک یا چند عامل تولید است. این نسبت منعکس کننده شاخص‌های عملیاتی، نرخ گردش حساب‌های دریافتنی، تولید و نرخ تعادل فروش است.

کسب قدرت (C_5): در بلندمدت، یک شرکت می‌تواند از بحران مالی دور بماند، بحرانی که باید سودآوری خوب، توانایی تأمین مالی خارجی شرکت و توانایی بازپرداخت بدهی قوی‌تر داشته باشد. این شامل جنبه‌های زیر است: نسبت خالص نقدی کل دارایی‌ها، نسبت خالص نقدی فروش و بازده حقوق صاحبان سهام.

اهرم ریسک مالی (C_6): ریسک سازمانی ناشی از بدهی است، ازاین‌رو، برای سنجیدن اهرم ریسک مالی برای تعیین نسبت بدهی، بدهی باید بازده عملیاتی دارایی‌ها باشد

متخصصان حوزه مالی و دانشگاهی وزن‌های ذهنی زیر را به معیارها اختصاص داده‌اند.

جدول ۵. وزن ذهنی هر معیار

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
$\bar{\omega}_j$	۷۶۲۹/۰	۰۰۷۹/۰	۰۰۳۳/۰	۲۱۹۱/۰	۰۰۴۶/۰	۰۰۲۳/۰

مراحل حل مثال عبارت‌اند از:

مرحله ۱. متغیرهای زبانی برای ارزیابی گزینه‌ها توسط کارشناسان در جدول ۴ نشان داده‌شده است.

مرحله ۲. ماتریس تصمیم فازی فیثاغورث $P = \left(p_{ij}\right)_{m\times n}$ با ادغام ۱۰ ماتریس (که شامل ۱۰ پرسشنامه معیار) به دست آمده توسط کارشناسان ساخته می‌شود (جدول ۶).

جدول ۶. ماتریس تصمیم فازی فیثاغورث $P = (p_{ij})_{m\times n}$

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
A_1	(۵۱/۰,۸۱/۰)	(۵۴/۰,۶۸/۰)	(۵۷/۰,۶۴/۰)	(۶۲/۰,۶۴/۰)	(۴۳/۰,۸۳/۰)	(۶۹/۰,۶۲/۰)
A_2	(۶۲/۰,۶۷/۰)	(۶۴/۰,۷/۰)	(۶۱/۰,۷/۰)	(۶۴/۰,۶۶/۰)	(۷۱/۰,۵۲/۰)	(۵۴/۰,۷۶/۰)
A_3	(۶۶/۰,۶۵/۰)	(۵۷/۰,۷/۰)	(۵۴/۰,۷۵/۰)	(۶۳/۰,۶۴/۰)	(۵۳/۰,۶۳/۰)	(۷۱/۰,۶۱/۰)
A_4	(۴۶/۰,۸۲/۰)	(۳۹/۰,۸/۰)	(۶۳/۰,۵۷/۰)	(۵۶/۰,۷/۰)	(۴۳/۰,۸/۰)	(۶۴/۰,۷/۰)

مرحله ۳. محاسبه تابع امتیاز $x_{ij},\ i = 1,2,3,4,\ \ j = 1,2,3,4,5,6$ از هر PFN ، $x_{ij},\ i = 1,2,3,4,\ \ j = 1,2,3,4,5,6$ با معادله (۲) به شرح زیر:

جدول ۷. ماتریس تصمیم $X = (x_{ij})_{4\times 6}$

	$C_1 \in BC$	$C_2 \in NC$	$C_3 \in BC$	$C_4 \in BC$	$C_5 \in NC$	$C_6 \in BC$
A_1	۲۶۱/۰	۳۰۴/۰	۳۴/۰	۳۹۴/۰	۱۸۹/۰	۴۸/۰
A_2	۳۹۱/۰	۴۱۲/۰	۳۷۶/۰	۴۱۵/۰	۵۱۶/۰	۲۹۶/۰
A_3	۴۳۵/۰	۳۲۹/۰	۳۰۱/۰	۴۰۹/۰	۳۰۵/۰	۵۰۹/۰
A_4	۲۱۵/۰	۱۶۱/۰	۴۱۳/۰	۳۲۲/۰	۱۹۲/۰	۴۱۲/۰

مرحله ۴. تبدیل ماتریس تصمیم $X = (x_{ij})_{4\times 6}$ به یک ماتریس تصمیم استاندارد $X' = (x'_{ij})_{4\times 6}$ با معادله (۳) به شرح زیر:

جدول ۸. ماتریس تصمیم استاندارد $X' = (x'_{ij})_{4\times 6}$

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
A_1	۶۰۱/۰	۵۲۹/۰	۸۲۱/۰	۹۵/۰	۱	۹۴۳/۰
A_2	۸۹۹/۰	۳۹/۰	۹۱۱/۰	۱	۳۶۶/۰	۵۸۱/۰
A_3	۱	۴۸۹/۰	۷۲۹/۰	۹۸۶/۰	۶۱۹/۰	۱
A_4	۴۹۴/۰	۱	۱	۷۷۶/۰	۹۸۳/۰	۸۰۹/۰

مرحله ۵. محاسبه همبستگی فاصله بین جفت معیارها به شرح زیر:

جدول ۹. ماتریس همبستگی فاصله بین معیارهای ریسک مالی شرکت‌ها

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
C_1	۱	−۷۷۲/۰	−۶۶۱/۰	۸۱۹/۰	−۸۴۹/۰	−۰۴۵/۰
C_2	−۷۷۲/۰	۱	۶۶/۰	−۹۹۵/۰	۶۸۴/۰	۱۱۳/۰
C_3	−۶۶۱/۰	۶۶/۰	۱	−۷۲۲/۰	۱۹۶/۰	−۶۴۸/۰

C_4	۸۱۹/۰	−۹۹۵/۰	−۷۲۲/۰	۱	−۶۸۷/۰	−۰۴۲/۰
C_5	−۸۴۹/۰	۶۸۴/۰	۱۹۶/۰	−۶۸۷/۰	۱	۵۶۷/۰
C_6	−۰۴۵/۰	۱۱۳/۰	−۶۴۸/۰	−۰۴۲/۰	۵۶۷/۰	۱

مطابق جدول ۹، بیشترین میزان همبستگی فاصله بین معیارهای C_1 (سودآوری دارایی) و C_4 (بهره وری اقتصادی) مشاهده می‌شود (یعنی ۸۱۹/۰) که نشان‌دهنده افزونگی قوی بین هر دو معیار است و کمترین اندازه همبستگی فاصله بین معیارهای C_2 (توانایی پرداخت بدهی) و C_4 (بهره‌وری اقتصادی) مشاهده می‌شود (یعنی ۹۹۵/۰−)، که شان‌دهنده افزونگی ضعیف بین هر دو معیار است.

مرحله ۶. محاسبه وزن ترکیبی هر معیار با معادله. (۸) به شرح زیر:

جدول ۱۰. وزن ترکیبی هر معیار

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
w_j	۶۷۴۱/۰	۰۶۴۶/۰	۰۲۲۹/۰	۱۵۰۸/۰	۰۶۰۵/۰	۰۲۷۲/۰

که در آن وزن ذهنی معیارها توسط تصمیم‌گیرندگان در جدول ۵ داده‌شده است

مرحله ۷. ماتریس های فاصله مثبت از میانگین (PDA) و فاصله منفی از میانگین (NDA) را با توجه به نوع معیارها (سودمند و غیر سودمند) به شرح زیر محاسبه می‌کنیم:

جدول ۱۱. ماتریس فاصله مثبت از میانگین $(\boldsymbol{PDA})$

	$C_1 \in BC$	$C_2 \in NC$	$C_3 \in BC$	$C_4 \in BC$	$C_5 \in NC$	$C_6 \in BC$
A_1	۰	۰	۰	۱۶۳/۰	۴۰۶/۰	۳۹۲/۰
A_2	۲۰۱/۰	۳۹/۰	۰۵۳/۰	۰۹۳/۰	۰	۰
A_3	۳۳۷/۰	۰	۰	۰۷۸/۰	۰۳۹/۰	۲۲۱/۰
A_4	۰	۴۵۷/۰	۱۵۶/۰	۰	۳۹۶/۰	۰

جدول ۱۲. فاصله منفی از میانگین $(\boldsymbol{NDA})$

	$C_1 \in BC$	$C_2 \in NC$	$C_3 \in BC$	$C_4 \in BC$	$C_5 \in NC$	$C_6 \in BC$
A_1	۱۹۶/۰	۰۲۵/۰	۰۵/۰	۰	۰	۰
A_2	۰	۳۹/۰	۰	۰	۶۲۳/۰	۲۹۱/۰
A_3	۰	۱۱/۰	۱۵۷/۰	۰	۰	۰
A_4	۳۴/۰	۰	۰	۱۵۲/۰	۰	۰۱۲/۰

مرحله ۸. رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها به‌صورت زیر حاصل می‌شود

جدول ۱۳. رتبه‌بندی نهایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادرار تهران

شرکت‌ها	as_i	اولویت‌بندی
لیزینگ (A_1)	۳۸۸/۰	۴
واسطه‌گری مالی (A_2)	۴۹۶/۰	۳
بیمه (A_3)	۵۲۱/۰	۲
هلدینگ (A_4)	۶۱۵/۰	۱

با توجه به جدول ۱۳ شرکت سرمایه‌گذاری هلدینگ با کسب امتیاز نهایی ۶۱۵/۰ بیشترین ریسک مالی را متحمل شده است که بایستی برای کاهش ریسک مجدداً سهام و پرتفوی مناسبی انتخاب بکند و شرکت سرمایه‌گذاری لیزینگ با کسب امتیاز نهایی ۳۸۸/۰ کمترین ریسک مالی را به دست آورده است

نتیجه گیری

به دلیل وجود ریسک مالی زیاد در شرکت‌های سرمایه‌گذار در بورس اوراق بهادار، ارزیابی‌های زیادی برای کاهش ریسک انجام می‌شود و ابزارهای مدیریتی مختلفی برای کاهش آن اعمال می‌شود. از طرفی برای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها، اطلاعات نامشخص و غیرقطعی زیادی وجود دارد. با این حال، ارزیابی ریسک باید در عمل به‌عنوان یک مساله چندمعیاره در نظر گرفته شود. در این مطالعه، ما یک روش تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره مبتنی بر D-CRITIC و EDAS را با یک تابع امتیازدهی کارآمد با رویکردی فازی پیشنهاد داده‌ایم که درجات عضویت، عدم عضویت و نمرات تردید را به‌طور همزمان در نظر می‌گیرد و همبستگی فاصله بین جفت معیاره‌ها و اولویت‌بندی شرکت‌ها را از لحاظ شدت ریسک مالی به خوبی انجام می‌دهد. در مقایسه با توابع امتیاز شنگ-جان و همکاران (۲۰۱۷) S_{shg} و پنگ و همکاران (۲۰۲۱) S_{pg} تابع امتیار جدید S_{kha} می‌تواند تفاوت‌ها را در مواردی که توابع امتیاز موجود نمی‌توانند بدرستی عمل کنند، تشخیص دهد.

آثار اصلی این مقاله به شرح زیر است:

۱. تابع امتیاز فازی فیثاغورث جدیدی را با در نظر گرفتن درجه تردید PFS تعریف کرده‌ایم که تحریف اطلاعات را کاهش می‌دهد.

۲. یک روش تصمیم گیری معتبر با کارایی بالاتر برای ارزیابی ریسک مالی شرکت‌ها با PFNها توسعه داده‌ایم.

منابع

۱) پیر صالحی، مجتبی، بررسی رابطه ریسک و بازده سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار. تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی ، دانشگاه اصفهان ، ۱۳۷۲.

۲) دکتر مهدی ابزری، دکتر سعید صمدی، هادی تیموری، بررسی عوامل مؤثر بر ریسک و بازده سرمایه‌گذاری در محصولات مالی، نشریه روند، سال هفدهم شماره ۵۴، (پیاپی ۵۵، پاییز و زمستان ۱۳۸۷).

3) Akinyomi, O. and A. Olagunju, (2013) Determinants of Capital Structure in Nigeria", International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 3, No. 4, pp. 999-1005.

4) Arabsalehi, M. Moayedfar, R.; and S. Karimi (2012). The Impact of Environmental Risk, Corporate Strategy and Capital Structure on the Performance of Companies Listed on Tehran Stock Exchange. Journal of Financial Accounting Research, Vol. 4, No. 3, pp. 47-70.

5) Atanassov T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets, Fuzzy Sets and Systems 20, 87-96 North-Holland, https://doi.org/10.1016/S0165-0114(86)80034-3

6) Bellman, R.E. and Zadeh, L.A. (1970) Decision Making in a Fuzzy Environment. Management Sciences, 17, 141-164. http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141

7) Byrne, K., (2005). How do consumers evaluate risk in financial products? J Financ Serv Mark 10, 21–36, https://doi.org/10.1057/palgrave.fsm.4770171

8) Duan, J. (2019). Financial system modeling using Deep Neural Networks (DNNs) for effective risk assessment and prediction. *Journal of the Franklin Institute*, *356*(8), 4716–4731. https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2019.01.046

9) Gerrard, R., Hiabu, M., Kyriakou, I., & Nielsen, J. P. (2019). Communication and personal selection of pension saver's financial risk. *European Journal of Operational Research*, *274*(3), 1102–1111. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.10.038

10) Ghorabaee M. K., Zavadaska E. K, and Turkis Z., (2015). Multi-Criteria Inventory Classification Using a New Method of Evaluation Based on Distance from Average Solution, INFORMATICA, 2015, Vol. 26, No. 3, 435–451 435, http://dx.doi.org/10.15388/Informatica.20197

11) Goda, K., & Tesfamariam, S. (2019). Financial risk evaluation of non-ductile reinforced concrete buildings in eastern and western Canada. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *33*, 94–107. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.09.013

12) Kathleen Byrne, (2005), How do consumers evaluate risk in financial products? Journal of Financial Services Marketing, Henry Stewart Publications.Vol.10, pp. 21-36.

13) Krishnan, A.R.; Kasim, M.M.; Hamid, R.; Ghazali, M.F. A, (2021), modified CRITIC method to estimate the objective weights of decision criteria. Symmetry, 13, 973, https://doi.org/10.3390/sym13060973

14) Peng X and Yang Y. (2015), Some Results for Pythagorean Fuzzy Sets, INTERNATIONAL JOURNAL OF INTELLIGENT SYSTEMS, VOL. 30, 1133–1160, https://doi.org/10.1002/int.21738

15) Sharp, W.F., & Aleander, G.J., & Bailey, J.V. (1995). Investment. New Jersey: printic – Hall Inc.

16) Sheng-Jun Wu and Gui-Wu Wei (2017), Pythagorean fuzzy Hamacher aggregation operators and their application to multiple attribute decision making. International Journal of Knowledge-based and Intelligent Engineering Systems 21 189–201, https://doi.org/10.3233/KES-170363

17) Xindong PENG and Haihui HUANG (2020), Fuzzy decision-making method based on CoCoSo with critic for financial risk evaluation. Technological and Economic Development of Economy, 2020 Volume 26 Issue 4: 695–724, https://doi.org/10.3846/tede.2020.11920

18) Xindong Peng and Harish Garg (2021), Intuitionistic fuzzy soft decision-making method based on CoCoSo and CRITIC for CCN cache placement strategy selection. Artificial Intelligence Review, under exclusive licence to Springer Nature B.V., https://doi.org/10.1007/s10462-021-09995-x

19) Xindong Peng, Xiang Zhang and Zhigang Luo (2019), Pythagorean fuzzy MCDM method based on CoCoSo and CRITIC with score function for 5G industry evaluation. Artificial Intelligence Review, Springer Nature B.V., https://doi.org/10.1007/s10462-019-09780-x

20) Xu ZS, Yager RR. (2006), Some geometric aggregation operators based on intuitionistic fuzzy sets, International Journal of General Systems, Vol. 35, No. 4, 417–433, https://doi.org/10.1080/03081070600574353

21) Yager RR, Abbasov AM. (2014), Pythagorean Membership Grades, Complex Numbers, and Decision Making, INTERNATIONAL JOURNAL OF INTELLIGENT SYSTEMS, VOL. 28, 436–452, https://doi.org/10.1002.int.21584

22) Yager RR. (2013), Pythagorean fuzzy subsets, Conference: IFSA World Congress and NAFIPS Annual Meeting (IFSA.NAFIPS), https://doi.org/10.1109.IFSA-NAFIPS.2013.6608375

23) Yang RR. (2014), Pythagorean Membership Grades in Multicriteria Decision Making, IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, VOL. 22, NO. 4, https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2012278989

24) Zadeh LA. (1965), Fuzzy sets. Information Control, 8(3):338–356. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X

25) Zhang X. and Xu Z. (2014), Extension of TOPSIS to multiple criteria decision making with Pythagorean fuzzy sets, INTERNATIONAL JOURNAL OF INTELLIGENT SYSTEMS, VOL. 0, 1–18, https://doi.org/10.1002.int.21676

یادداشت‌ها:

1 Akinyomi et al.
2 Sharp et al.
3 Kathleen
4 Peng et al.
5 COmbined COmpromise SOlution
6 CRITeria Correlation
7 peer-to-peer
8 Gerrard
9 Goda et al.
10 Atanassov et al.
11 Yang
12 Multi-Criteria Decision Making
13 Bellman et al.
14 Yager
15 Zhang et al.
16 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
17 Evaluation Based on Distance from Average Solution
18 Distance CRITeria Correlation
19 Intuitionistic Fuzzy Set
20 Xu et al.
21 Pythagorean Fuzzy Set
22 Intuitionistic Fuzzy Number
23 Pythagorean Fuzzy Number
24 Sheng-Jun et al.
25 Krishnan et al.

Financial risk evaluation of investment companies in Tehran Stock Exchange with fuzzy decision-making method D-CRITIC and EDAS based on a new score function

Mahdi Aghabeigi[1]
Ekhtiar Khodadadi[2]

Receipt: 25/08/2022 **Acceptance: 04/12/2022**

Abstract

Financial risk evaluation of companies is crucial to identify potential financial risks, provide a decision basis for senior chief financial officer, and prevent and reduce risk losses. In evaluating the financial risk of companies, the basic issue is related to uncertainty and inaccuracy. In this research, in order to evaluate the financial risks of companies in the Tehran Stock Exchange, we use group decision-making methods. The Pythagorean fuzzy set (PFS), which is depicted by degrees of membership and non-membership, is a new and more effective tool for dealing with ambiguity. In this paper, a new Pythagorean fuzzy score function is presented to solve the comparison problem. In addition, we present composite weights that reflect both subjective and objective preferences. Then, the weight of the criteria and the correlation between the pair of criteria by D-CRITIC, and the prioritization of financial risk of companies by the EDAS method (Evaluation Based on Distance from Average Solution) based on the new score function are calculated. This method is very useful when we have conflicting criteria. Finally, we express the feasibility of the algorithm to evaluate the financial risk of four investment group with six criteria with the corresponding sensitivity analysis.

Key Word

Financial risk, Pythagorean fuzzy set, multi-criteria decision making, D-CRITIC, EDAS

1-Department of Accounting, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran. mehdi.mab@gmail.com
2-Department of Mathematics, Malekan Branch, Islamic Azad University, Malekan, Iran. (Corresponding Author) khodadadi@atauni.edu.tr