International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2014)

May 2014, Volume 25, Number 1
pp. 15-30

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

Credit Risk Management Under Uncertainty Using a Fuzzy VIKOR Method

M.J. Tarokh*, M. B.Gh. Aryanezhad. M. Ekhtiari & M. Yazdani

Mohammad Jafar Tarokh, *Department of Industrial Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran, mjtarokh@kntu.ac.ir*
Mir Bahador Gholi Aryanezhad, *Department of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran, mirarya@iust.ac.ir*
Mostafa Ekhtiari, *Department of Industrial Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran, m_ektiari@yahoo.com*
Mehdi Yazdani, *Department of Industrial Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran, m_yazdani@qiau.ac.ir*

Keywords

Credit risk management,
Multi-attribute decision making,
VIKOR method,
Fuzzy theory

ABSTRACT

In today's conditions that many domestic banks of country are experiencing a kind of credit risk, establishing a credit risk management system is necessary to reduce banks' outstanding claims and resolve the failure to repay loans problem of central bank. Creating a proper costumers' credit ranking system is one of the fundamental issues and requirements of establishing a credit risk management system. Five C's of credit system is on of the reliable systems for costumers ranking which can be used for this purpose. On the other hand, effort to achieve a suitable tool for implementing and executing this system is an important and inevitable issue. VIKOR method is one of the capable multi-attribute decision making methods which can be applied for executing five C's of credit system and solving the costumers' credit ranking problem. In this paper, a VIKOR method is presented which not only is capable of determining the optimum values of importance weights of criteria but also could take into consideration fuzzy importance weights of decision makers' judgments during the process of costumers' credit ranking. The proposed method is adopted to solve a numerical example about credit ranking of banks' costumers and thereby, the best alternative for giving loan facilities is selected in uncertain conditions

© 2014 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 25, No. 1, All Rights Reserved

* **Corresponding author. Mohammad Jafar Tarokh**
Email: *mjtarokh@kntu.ac.ir*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــــریت تولیـــد

شمـــــاره ۱، جلـــد ۲۵، خـــــرداد ۱۳۹۳
صفحـــــه ۳۰-۱۶

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید
دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

مدیریت ریسک اعتباری تحت عدم قطعیت با استفاده از یک روش ویکور فازی

محمد جعفر تارخ *، میر بهادر قلی آریا نژاد، مصطفی اختیاری و مهدی یزدانی

کلمات کلیدی

مدیریت ریسک اعتباری،
تصمیم گیری چند شاخصه،
روش ویکور،
تئوری فازی

چکیده:

در شرایط امروزی که بسیاری از بانک های داخلی کشور نوعی ریسک اعتباری را تجربه می کنند، استقرار یک سیستم مدیریت ریسک اعتباری به منظور کاهش مطالبات معوق بانک ها و حل مسأله عدم بازپرداخت وام‌های بانک مرکزی لازم و ضروری است. یکی از شرایط و ملزومات اساسی در استقرار یک سیستم مدیریت ریسک اعتباری ایجاد یک سیستم رتبه بندی اعتباری مناسب برای مشتریان است. سیستم پنج C اعتباری یکی از سیستم های معتبر رتبه بندی مشتریان است که می تواند بدین منظور مورد استفاده قرار گیرد. از سوی دیگر تلاش برای دستیابی به یک ابزار مناسب که برای پیاده سازی و اجرای این سیستم بکار رود، امری مهم و اجتناب ناپذیر است. روش ویکور یکی از روش های توانمند تصمیم گیری چند شاخصه است که می‌تواند برای اجرای سیستم پنج C اعتباری و حل مسأله رتبه بندی اعتباری مشتریان بکار گرفته شود. در این مقاله، یک روش ویکور که قادر است علاوه برتعیین مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص‌ها، اوزان اهمیت فازی نظرات تصمیم گیرندگان را طی فرایند رتبه بندی اعتباری مشتریان لحاظ کند، ارائه شده است. روش پیشنهادی برای حل یک مثال عددی پیرامون مسأله رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها استفاده شده و بموجب آن بهترین گزینه موجود برای اعطای تسهیلات در شرایط غیر قطعی تعیین شده است.

۱. مقدمه

ریسک اعتباری[۲] ریسکی است که براساس آن وام گیرنده به دلایلی مانند عدم تمایل و یا عدم توان مالی، قادر به پرداخت اصل و فرع وام بدهی خود طبق شرایط مندرج در قرارداد نمی‌باشد. این ریسک یکی از مهم ترین ریسک هایی است که نهادهـای پولی و مالی همچون بانک ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطابق این ریسک، بازپرداخت ها یا با تأخیر انجام شده و یا اصلاً وصول نمی شوند، به نحوی که این امر موجب ایجاد مشکلاتی در گردش وجوه نقد بانک ها می شود. علی رغم ابداع و نوآوری های موجود در بخش خدمات مالی، این نوع ریسک هنوز به عنوان دلیل عمده عدم موفقیت موسسات مالی محسوب می شود. علت آن هم این است که معمولاً ۸۰ درصد از ترازنامه یک بانک به جنبه هایی از این نوع ریسک برمی گردد [۱]. اساس عملکرد صحیح مدیریت ریسک اعتباری بانک ها و موسسات اعتباری به شناسایی عوامل ذاتی ریسک در عملیات وام دهی بستگی خواهد داشت. بانک ها با استقرار سیستم مدیریت ریسک اعتباری مناسب می توانند تدابیر لازم را برای حذف و یا کاهش ریسک اعتباری اتخاذ نمایند. در این راستا بانک ها با طبقه بندی اعتبارات و عدم پذیرش وام ها و اعتبارات

تاریخ وصول: ۹۰/۴/۱۹
تاریخ تصویب: ۹۱/۴/۱۷

[×]**نویسنده مسئول مقاله: دکتـر محمـد جعفـر تـارخ**، دانشـیار، دانشـکده مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیر طوسی، mjtarokh@kntu.ac.ir
دکتر میر بهادر قلی آریانژاد، استاد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علـم و صنعت ایران، mirarya@ iust.ac.ir
مصطفی اختیاری، دانش آموخته کارشناسی ارشـد مهندسـی صـنایع، دانشـگاه آزاداسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسـی صـنایع و مکانیـک، قـزوین، ایـران، m_ektiari@yahoo.com
مهدی یزدانی، مربی، دانشگاه آزاداسلامی، واحد قزوین،گروه مهندسی صنایع، قزوین، ایران، m_yazdani@qiau.ac.ir

[2] *Credit Risk*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

نامناسب، خود را از پذیرش ریسک اضافی مصون می‌دارند. بدون تبعیت از یک سیستم مدیریت ریسک اعتباری مناسب، تأثیر زیان عملیات بانکی غیر قابل پیش بینی خواهد بود [۱].

در حال حاضر در نظام بانکداری کشورمان، عدم بازپرداخت تسهیلات به یکی از بزرگترین مشکلات تبدیل شده است و به دلیل عدم وجود یک سیستم مناسب برای مدیریت ریسک اعتباری و تخصیص تسهیلات، بانک ها دچار مشکلات عدیده ای از جمله مشکل تخصیص اعتبارات، مشکل ناتوانی در بازپرداخت وام های بانک مرکزی و یا بیشتر شدن مقدار تسهیلات از مقدار بازپرداختی ها و افزایش مقدار مطالبات معوق شده اند. از سوی دیگر در حال حاضر در کشورمان قوانینی برای مشخص کردن شرایط و مشخصات وام گیرنده وجود ندارد و معیارهای کیفی و میزان اهمیت آنها در سرمایه گذاریها تنها به نظر کارشناسان و برداشتهای آن ها بستگی دارد. به عقیده صاحب نظران، مدون نبودن قوانین در این زمینه راه را برای اعمال نفوذ و تصویب طرح هایی که صلاحیت لازم را ندارند باز گذاشته است [۲]. از راهکارهای حل این مشکل رتبه بندی اعتباری مشتریان است، به این معنی که بانک براساس شاخص های معتبری به مشتریانش امتیازاتی را اعطا نماید و در نهایت براساس این امتیازات رتبه مشتریانش را برای اعطای تسهیلات مشخص نماید وجود یک سیستم رتبه بندی و امتیازدهی اعتباری مشتریان در حالت مناسب و کارآمد، می تواند موسسات مالی را در شناسایی، اندازه‌گیری و مدیریت مناسب ریسک اعتباری یاری نماید.[۳].

سیستم های رتبه‌بندی اعتباری مختلفی برای تقسیم بندی مشتریان وامها مورد استفاده قرار می‌گیرند که یکی از متداول ترین آن ها، سیستم پنج C اعتباری[1] است [۱]. براساس این سیستم، اشخاص خبره با تحلیل پنج شاخص اصلی و وزن دهی ذهنی به آن ها به یک تصمیم اعتباری دست خواهند یافت. شاخص های اصلی این سیستم عبارتند از[۱]:

۱) شهرت و شخصیت اعتبار گیرنده[2]: براساس تجارب گذشته، میزان تمایل و توان وام گیرنده به بازپرداخت اصل و فرع وام، به شخصیت و ویژگی های رفتاری وام گیرنده برمی‌گردد، ۲) سرمایه[3]: میزان سرمایه، حقوق صاحبان سهام شرکت و نسبت بدهی های آن از شاخص های اصلی تعیین کننده توان شرکت در بازپرداخت بدهی هایش محسوب می‌شود، ۳) ظرفیت[4]: ظرفیت و توان کسب درآمد نیز از معیارهای اصلی تعیین کننده وضعیت اعتباری وام گیرنده می باشد، ۴) وثیقه[5]: زمانی که وام گیرنده از بازپرداخت تعهداتش خودداری ورزید، بانک محق است که وثیقه او را ضبط نموده و با فروش آن مبالغ وام و زیان های حاصله را جبران نماید، و ۵) شرایط دوره[6]: شرایط اقتصادی بازار نیز از شاخص های مهم تعیین کننده ریسک اعتباری بانک ها می باشد. علاوه بر پنج C اعتباری، ممکن است عوامل دیگری از قبیل نرخ بهره و ارز نیز مورد توجه تصمیم گیران قرار گیرد. با این حال، تاکنون تحقیقات بسیاری پیرامون ارائه مدل های پیشنهادی برای رتبه بندی اعتباری مشتریان صورت گرفته است که از آن جمله می توان تحقیقات زیر را برشمرد:

بریانت [۴ و۵] یک مدل ارزیابی جهت ارزیابی وام های کشاورزی ارائه کرده است. او بیان می کند که هنگام بررسی و ارزیابی اعتبار متقاضی، لازم است که وام دهنده شناخت کافی از پنج C اعتباری داشته باشد و به لزوم بکارگیری فاکتورهای وام گیرنده در فرآیند ارزیابی تاکید ورزد. وی یک سیستم خبره جهت تصمیم گیری را ارائه کرد که در آن فاکتورهای کیفی مانند مهارت، تجربه و هوش کارشناس وام و فاکتورهای کمی ترکیب می شوند. راسمان و بدارد [۶] ضمن بررسی استراتژی های مختلفی که وام دهندگان جهت تائید اعتبار وام گیرنده بکار برده اند، ساختار فرآیند وام دهی را شامل دو قسمت مالی و غیر مالی می دانند که در هر قسمت چند ویژگی آورده شده است. آنها در فرایند ارزیابی مشتریان از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده کردند. ریتان و واگو [۷] طی تحقیقی ضمن معرفی فاکتورهای مهم و موثر جهت ارزیابی وام ها، توانایی کارشناسان درتعیین ارزش و چگونگی هر فاکتور مربوط به پروژه را اندازه گیری کرده و با مقایسه آنها و مقدار اهمیت هر فاکتور، به بررسی دلایل غیر دقیق بودن بعضی از فرایندهای ارزیابی پرداختند. آنها ۴۲ معیار را در ۶ گروه شخصیت مدیر، تجربه مدیر، مشخصات کالا یا خدمت، شرایط و مشخصات بازار، مشخصات سازمان و جنبه های مالی تقسیم بندی کردند. آزادی مقدم آرانی و دیگران [۲] از یک تکنیک AHP برای ارزیابی وام های بانکی استفاده کردند.

ادرز- وایت و ردی [۸]، مرتن [۹]، لیلند و تافت [۱۰]، کولین-دافرسن و گلدستین [۱۱] و اخیراً لیائو و دیگران [۱۲] و مارکوسی و کواگلیاریلو [۱۳] نیز از دیگر افرادی هستند که در زمینه ریسک اعتباری تحقیقاتی داشته اند. رویکرد این تحقیقات اغلب براساس محاسبه ریسک اعتباری و تأثیر عواملی نظیر اطلاعات، نظارت های مالی و چرخه تجاری[7] بوده و جنبه پیشگیرانه از وقوع ریسک اعتباری (همچون رتبه بندی اعتباری) در آنها کمرنگ تر است.

یکی از مناسب ترین ابزارهای رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک ها را می توان تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه معرفی کرد. امروزه در تصمیم گیری های با اهمیت، تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه به طرز گسترده ای مورد استفاده قرار گرفته اند[۱۴، ۱۵، ۱۶،

[1]. *Five C's of Credit*
[2]. *Character*
[3]. *Capital*
[4]. *Capacity*
[5]. *Collateral*
[6] *Cycle Condition*
[7]. *Business Cycle*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

۱۷، ۱۸ و ۱۹]. تکنیک های تصمیم گیری چندشاخصه، برای حل مسائلی که مرتبط با انتخاب یک گزینه از میان مجموعه ای محدود از گزینه ها می باشد، به کار گرفته می شود. هر ماتریس تصمیم در تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، چهار جزء اصلی را در بر می گیرد که عبارتند از: گزینه ها، شاخص ها، اهمیت نسبی هر شاخص و اندازه عملکرد شاخص‌ها برای گزینه های مختلف [۲۰].

برخی از کاربردهای مفید تکنیک های تصمیم گیری چندشاخصه که برای حل مسائل تصمیم گیری قطعی در محیط‌های صنعتی استفاده شده اند را می توان در مرور پژوهشی انجام شده توسط رائو [۲۱] ملاحظه کرد. لیانگ و وانگ [۲۲] یک رویکرد تصمیم گیری چندمعیاره فازی را برای انتخاب روبات‌های صنعتی پیشنهاد دادند. در رویکرد آنها از تصمیم گیری گروهی در فرایند انتخاب روبات ها استفاده شد. چو و لین [۲۳] از یک روش تاپسیس فازی برای انتخاب روبات های صنعتی استفاده کردند. شینگ و رائو [۲۰] نیز یک روش تصمیم گیری چندشاخصه ترکیبی با عنوان رویکرد ماتریسی و تئوری گراف تحلیل سلسله مراتبی را به منظور پرداختن به حل مسائل تصمیم گیری چندشاخصه در محیط های صنعتی پیشنهاد دادند. آنها نتایج این رویکرد پیشنهادی را در سه حوزه انتخاب سیستم آبکاری، انتخاب روبات و انتخاب فرایند جوشکاری، با نتایج حاصل از تحقیقات قبلی در این حوزه ها، مقایسه کردند.

در یک مسأله تصمیم گیری چند شاخصه، هدف یافتن بهترین جواب از میان کلیه گزینه های ممکن براساس چندین شاخص کمی و کیفی است [۲۴]. چنین مسائلی توسط تکنیک هایی همچون ویکور[1] [۱۹] که یکی از جدیدترین روش های تصمیم گیری چند معیاره است، قابل حل است. روش ویکور به عنوان یکی از روش های تصمیم گیری چند شاخصه، برای حل مسائل تصمیم گیری گسسته با معیارهای متضاد و غیر قابل اندازه گیری توسعه یافته است [۲۵]. این روش بر رتبه بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه ها متمرکز شده و جواب های سازشی را برای یک مسأله با معیارهای متضاد تعیین می کند. جواب سازشی یک جواب ممکن به نزدیکترین جواب ایده آل بوده و سازش نیز یک توافق در جهت تبادلات دوسویه است [۲۵]. این روش قابلیت آن را دارد که تصمیم گیرندگان به تصمیم نهایی دست یابند.

با توجه به ادبیات موجود، روش ویکور در زمینه هایی همچون انتخاب محل [۲۶]، سیاست محیطی [۲۷] و تحلیل پوششی داده ها [۲۸] مورد استفاده قرار گرفته است. همین طور درباره توسعه این روش، تاکنون تحقیقاتی ارائه شده است. برای مثال، هوانگ و دیگران [۲۹] یک مدل ویکور توسعه یافته را براساس مفهوم تئوری تأثر[2] پیشنهاد کردند. وحدانی و دیگران [۳۰] یک مدل ویکور فازی بازه‌ای را برای حل مسائل تصمیم گیری چند شاخصه توسعه دادند، به طوری که مقادیر رتبه بندی عملکرد همانند اوزان معیارها به صورت اعداد فازی بازه ای بیان شدند. چانگ [۳۱] یک روش ویکور را برای بهبود روش ویکور سنتی پیشنهاد داد. در این روش پیشنهادی، برخی مشکلات موجود در حل مسائل توسط روش ویکور سنتی بهبود یافتند. یانگ و دیگران [۳۲] نیز روش ویکور را براساس روش‌های فرایند تحلیل شبکه و ارزیابی تصمیم گیری آزمایشی تعمیم دادند. اپریکوویچ و ژنگ [۱۹] دو روش ویکور و تاپسیس را مورد مقایسه و ارزیابی قرار داده و بر مدل سازی و نرمال‌سازی آنها متمرکز شدند. همچنین اپریکوویچ و ژنگ در تحقیقی دیگر [۲۵] روش ویکور را با روش های تصمیم گیری تاپسیس، پرومتی و الکتری مقایسه کردند. صیادی و دیگران [۳۳] نیز مفهوم روش ویکور را برای حل مسائل تصمیم گیری چند شاخصه با اعداد بازه ای توسعه دادند. لازم به ذکر است در این مقالات مقدار بهینه وزن اهمیت شاخص ها حین فرایند تصمیم گیری در نظر گرفته نشده و نیز وزن اهمیت نظرات افراد تصمیم گیرنده در فرایند ارزیابی لحاظ نمی‌شود. چاترجی و دیگران [۳۴] نیز به منظور انتخاب روبات های صنعتی یک رویکرد ترکیبی از روش های ویکور و الکتری را پیشنهاد دادند.

ما در این مقاله قصد داریم از تکنیک تصمیم گیری چند شاخصه ویکور برای حل مسئله رتبه بندی اعتباری مشتریان استفاده کنیم. از جمله موضوعات بسیار مهم در مسأله رتبه بندی اعتباری مشتریان، تعیین وزن اهمیت شاخص ها و وزن اهمیت افراد تصمیم گیرنده در حین فرایند ارزیابی است. به دلیل آن که همواره این موضوعات براساس قضاوت های ذهنی افراد صورت می گیرد، از این رو انگیزه اصلی این مقاله ارائه یک روش ویکور پیشنهادی است که در آن اولاً براساس تکنیک تصمیم گیری گروهی، اوزان اهمیت اثر نظرات تصمیم گیرندگان در فرایند تصمیم گیری (متغیرهای کلامی) در نظر گرفته شود. ثانیاً مقادیر بهینه وزن اهمیت شاخص ها در فرایند تصمیم گیری محاسبه شود. ثالثاً برای انجام فرآیند رتبه بندی، روش ویکور پیشنهادی از روش رأس (یکی از روش های اندازه گیری فاصله ای) استفاده می کند. همچنین در روش ارائه شده چند شاخص معتبر سیستم پنج C اعتباری برای افزایش کارایی جواب نهایی مد نظر قرار گرفته است. یکی از مزایای روش پیشنهادی در این است که به استثناء مرحله پایانی حل، در سایر مراحل اعداد فـــازی به اعداد قطعی تبدیل نمی‌شوند. در غیر این صورت این موضوع می تواند

[1] *VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)*

[2] *Regret theory*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

به از دست دادن برخی اطلاعات و کاهش دقت جواب نهایی منجر شود.

این مقاله به این صورت ادامه می یابد که در بخش های ۲ و ۳ به ترتیب مروری بر روش ویکور و تئوری فازی شده و روش ویکور پیشنهادی نیز در بخش ۴ ارائه می شود. برای تشریح روش ویکور پیشنهادی، در بخش ۵ یک مثال عددی درباره مسأله رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک ها ارائه می‌شود که در نهایت بهترین گزینه برای اعطای تسهیلات تعیین خواهد شد. نتیجه گیری و برخی پیشنهادات برای تحقیقات آتی نیز در بخش ۶ آورده می‌شوند.

۲. روش ویکور

روش ویکور برای بهینه سازی مسائل چند معیاره در سیستم های پیچیده معرفی شده است [۱۹]. این روش یک مجموعه رتبه بندی شده از گزینه های موجود را باتوجه به شاخص های متضاد تعیین می کند. هدف اصلی روش ویکور نزدیکی بیشتر به جواب ایده آل هر شاخص است، به طوری که رتبه بندی گزینه ها براساس این هدف صورت می گیرد [۳۵]. روش ویکور یک ابزار اثربخش در فرایند تصمیم گیری چند معیاره است، مخصوصاً زمانی که تصمیم گیرنده (یا تصمیم گیرندگان) به دلیل عدم توان یا عدم شناخت نمی توانند اولویتشان را در آغاز طراحی یک سیستم بیان کنند [۲۵].

اندازه گیری چند معیاره برای رتبه بندی سازشی با استفاده از ال پی- متریک[1] به عنوان یک تابع یکپارچه در روش برنامه ریزی سازشی توسعه می یابد [۱۹]. گزینه ها به صورت $A_1,\ldots, A_n$ تعریف می شوند. برای گزینه A_j (برای $j = 1,\ldots,n$) رتبه بندی براساس i امین (برای $i = 1,\ldots,m$) شاخص به صورت a_{ij} خواهد بود. به عبارتی a_{ij} ارزش i امین شاخص برای گزینه A_j است، به طوری که n تعداد گزینه ها بوده و m تعداد شاخص ها است. توسعه روش ویکور با شکل ال پی- متریک زیر آغاز گردید:

$$L_{p,j} = \left\{\sum_{i=1}^{m}[w_i(f_i^+ - a_{ij})/(f_i^+ - f_i^-)]^p\right\}^{\frac{1}{p}},\ 1 \le P \le \infty \qquad (۱)$$

در روش ویکور $L_{1,j} = S_j = \sum_{i=1}^{m}[w_i(f_i^+ - a_{ij})/(f_i^+ - f_i^-)]$ و $L_{\infty,j} = R_j = \max_i\left\{w_i(f_i^+ - a_{ij})/(f_i^+ - f_i^-)\right\}$ برای اندازه رتبه بندی مورد استفاده قرار می گیرند. $L_{1,j}$ می تواند اطلاعاتی درباره ماکزیمم مطلوبیت گروهی[2] را برای تصمیم گیرندگان فراهم آورد و $L_{\infty,j}$ نیز می تواند اطلاعاتی را درباره حداقل اثر فردی مخالف[3] را برای تصمیم گیرندگان ارائه نماید. w_i وزن اهمیت شاخص i ام است.

گام های اجرای الگوریتم ویکور به صورت زیر خواهند بود[۲۵]:

۱) تعیین بهترین (f_i^+) و بدترین (f_i^-) مقدار هر شاخص (برای $i = 1,\ldots,m$). اگر شاخص i ام از نوع سود (مثبت) باشد، آن گاه داریم:

$$f_i^+ = \max_j\{a_{ij}\} \qquad (۲)$$

$$f_i^- = \min_j\{a_{ij}\} \qquad (۳)$$

۲) محاسبه مقادیر S_j و R_j برای همه گزینه ها:

اگر معیار j ام از نوع سود باشد، آن گاه مقادیر S_j و R_j مطابق زیر بدست می آیند:

$$S_j = \sum_{i=1}^{m}\frac{w_i(f_i^+ - a_{ij})}{f_i^+ - f_i^-} \qquad (۴)$$

$$R_j = \max_i\left\{\frac{w_i(f_i^+ - a_{ij})}{f_i^+ - f_i^-}\right\} \qquad (۵)$$

به طوری که S_j و R_j به ترتیب اندازه مطلوبیت[4] و اندازه تأثر[5] گزینه j ام می باشند.

۳) تعیین مقادیر Q_j برای همه گزینه ها:

$$Q_j = v\left(\frac{S_j - S^*}{S^- - S^*}\right) + (1-v)\left(\frac{R_j - R^*}{R^- - R^*}\right) \qquad (۶)$$

بطوری که $S^* = \min_j\{S_j\}$، $S^- = \max_j\{S_j\}$ و $R^* = \min_j\{R_j\}$ و $R^- = \max_j\{R_j\}$ می‌باشد. Q_j شاخص ویکور بوده و ارزش ویکورگزینه j ام را بیان می کند. v وزنی برای استراتژی ماکزیمم مطلوبیت گروهی است که معمولاً برابر ۰/۵ می باشد [۳۵].

۴) رتبه بندی گزینه ها براساس ترتیب صعودی مقادیر بدست آمده برای S_j، R_j و Q_j.

۵) انتخاب بهترین گزینه:

بهترین جواب سازشی (با کمترین Q_j) زمانی محقق خواهد شد که دو شرط زیر برقرار شوند:

---

[1]. *L_p-metric*
[2] *Group Utility*
[3]. *Individual Regret*
[4]. *Utility measure*
[5] *Regret measure*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

۵-۱) شرط ویژگی پذیرش:

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ \quad (۷)$$

$$DQ = 1/(n-1) \quad (۸)$$

به طوری که از نظر رتبه بندی براساس معیار Q، $A^{(2)}$ گزینه ای در موقعیت یا جایگاه دوم است، $A^{(1)}$ بهترین گزینه با کمترین مقدار برای Q و n تعداد گزینه های موجود است.

۵-۲) شرط ثبات پذیرش در تصمیم گیری:

گزینه $A^{(1)}$ باید هم چنین بهترین رتبه را در S یا (و) R داشته باشد. این جواب سازشی در فرایند تصمیم گیری پایدار است، به طوری که اگر $v > ۰/۵$ باشد، استراتژی ماکزیمم مطلوبیت گروهی را به همراه داشته باشد و توافق عمومی[1] یا عدم توافق (رد[2]) زمانی حاصل می شود که به ترتیب $v \approx ۰/۵$ و $v < ۰/۵$ باشد.

اگر یکی از شروط بالا برقرار نشود، آن گاه یک مجموعه جواب‌های سازشی به صورت زیر پیشنهاد می شود:

۱) اگر تنها شرط دوم برقرار نشد، گزینه های $A^{(1)}$ و $A^{(2)}$ و

۲) اگر شرط اول برقرار نشد، گزینه های $A^{(1)}, A^{(2)}, \ldots, A^{(n)}$،

به طوری که $A^{(n)}$ گزینه‌ای در موقعیت nام است که رابطه $Q(A^{(n)}) - Q(A^{(1)}) < DQ$ در مورد آن صادق باشد.

۳. تئوری فازی

در یک فرایند تصمیم گیری، اغلب تصمیم گیرندگان با تردیدها، مسائل و عدم قطعیت هایی روبرو می شوند. به عبارت دیگر، زبان طبیعی برای بیان ادراک یا قضاوت همواره به صورت ذهنی، غیرقطعی یا مبهم است. برای رفع ابهام و ذهنی بودن قضاوت تصمیم گیرندگان، تئوری مجموعه های فازی [۳۶] برای بیان عبارات کلامی در فرایند تصمیم گیری معرفی شد. بلمن و زاده [۳۷] روش تصمیم گیری چند معیاره فازی را برای فقدان دقت در تخصیص اوزان اهمیت معیارها توسعه دادند، به طوری که رتبه بندی های گزینه ها باتوجه به معیارهای ارزیابی صورت گرفت.

برای ارائه روش پیشنهادی، لازم است که در ابتدا برخی تعاریف و نمادهای مهم تئوری مجموعه های فازی از دوبویز و پراد [۳۸]، کافمن و گوپتا [۳۹] و تیسائو [۴۰] مرور شوند:

۳-۱. اعداد فازی

$\tilde{A} = [a_1, a_2, a_3]$ به عنوان یک عدد فازی مثلثی تعریف می شود، اگر $f_{\tilde{A}}(x)$ به صورت زیر باشد:

$$f_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x-a_1)/(a_2-a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (a_3-x)/(a_3-a_2), & a_2 \leq x \leq a_3. \\ 0, & \text{درغیراینصورت} \end{cases} \quad (۹)$$

به طوری که $a_1, a_2, a_3 \in R$ و $-\infty < a_1 \leq a_2 \leq a_3 < +\infty$. تابع عضویت $f_{\tilde{A}}(x)$ یک تصویر پیوسته از R به بازه بسته $[۰,۱]$ است؛ $f_{\tilde{A}}(x) = 0$ برای همه $x \in (-\infty, a_1]$ و $x \in [a_3, +\infty)$؛ $f_{\tilde{A}}(x)$ روی $x \in [a_1, a_2]$ اکیداً صعودی است؛ $f_{\tilde{A}}(x) = 1$ برای $x = a_3$؛ $f_{\tilde{A}}(x)$ روی $x \in [a_2, a_3]$ اکیداً نزولی است.

برش α[3] (سطح اطمینان برای سطح α عدد فازی $\tilde{A}$ می تواند به صورت $A_\alpha = \{x \in X \mid f_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha, \alpha \in [0,1]\}$ تعریف شود [۴۰].

۳-۲. عملیات استاندارد ریاضی در مجموعه فازی

روابط زیر عملیات استاندارد ریاضی برای اعداد فازی مثلثی $\tilde{A} = [a_1, a_2, a_3]$ و $\tilde{B} = [b_1, b_2, b_3]$ و عدد غیرفازی n که می توان آن را به صورت $n = [n, n, n]$ بیان کرد را در مجموعه R نشان می دهند [۴۱]:

$$(\tilde{A} + \tilde{B}) = [a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3] \quad (۱۰)$$

$$(\tilde{A} - \tilde{B}) = [a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1] \quad (۱۱)$$

$$(\tilde{A} \times \tilde{B}) \cong [a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3] \quad (۱۲)$$

$$(\tilde{A} \div B) = [\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1}] \quad (۱۳)$$

عملیات ماکزیمم ($\vee$) و می نیمم ($\wedge$) اعداد فازی نیز به صورت زیر تعریف می شوند:

$$(\tilde{A} \vee \tilde{B}) = [a_1 \vee b_1, a_2 \vee b_2, a_3 \vee b_3] \quad (۱۴)$$

$$(\tilde{A} \wedge \tilde{B}) = [a_1 \wedge b_1, a_2 \wedge b_2, a_3 \wedge b_3]. \quad (۱۵)$$

۳-۳. روش رأس[4]

روش رأس یکی از روش های محاسبه فاصله میان دو عدد فازی است. فرض کنید $\tilde{A} = [a_1, a_2, a_3]$ و $\tilde{B} = [b_1, b_2, b_3]$ دوعدد

[1]. *Consensus*
[2]. *Veto*
[3]. *α-cut*
[4]. *Vertex Method*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

فازی مثلثی باشند. فاصله میان این دو عدد با استفاده از روش رأس به صورت زیر است [۴۲]:

$$d_v(\tilde{A},\tilde{B})=\sqrt{\frac{1}{3}[(a_1-b_1)^2+(a_2-b_2)^2+(a_3-b_3)^2]} \qquad (۱۶)$$

مطابق این روش، دو عدد فازی مثلثی $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ برابر هستند، اگر و تنها اگر $d_v(\tilde{A},\tilde{B})=0$. فرض کنید $\tilde{A}$، $\tilde{B}$ و $\tilde{C}$ سه عدد فازی مثلثی باشند. عدد فازی $\tilde{B}$ به عدد فازی $\tilde{A}$ نزدیکتر از عدد فازی $\tilde{C}$ به عدد فازی $\tilde{A}$ است، اگر و تنها اگر $d_v(\tilde{A},\tilde{B})<d_v(\tilde{A},\tilde{C})$.

۴. روش ویکور پیشنهادی

در این بخش رویکردی برای روش ویکور پیشنهاد می شود که براساس آن می توان مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص ها را در حالی تعیین کرد که اوزان اهمیت فازی نظرات تصمیم گیرندگان در فرایند تصمیم گیری منظور شود. ماتریس تصمیم گیری گروهی چند شاخصه را در حالت کلی برای n گزینه $(A_1,A_2,..,A_n)$ در نظر بگیرید به طوری که K فرد تصمیم گیرنده $(D_1,D_2,..,D_K)$ m شاخص $(C_1,C_2,..,C_m)$ را برای ارزیابی این گزینه ها مد نظر دارند. این ماتریس در جدول ۱ نشان داده شده است.

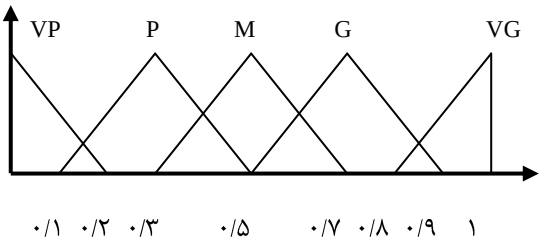
جدول ۱. امتیازدهی افراد تصمیم گیرنده به گزینه ها باتوجه به هر شاخص

	A_1	A_2	...	A_n	w_i
C_1	$(a_{111},\ldots,a_{11K})$	$(a_{121},\ldots,a_{12K})$	...	$(a_{1n1},\ldots,a_{1nK})$	w_1
C_2	$(a_{211},\ldots,a_{21K})$	$(a_{221},\ldots,a_{22K})$	...	$(a_{2n1},\ldots,a_{2nK})$	w_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C_m	$(a_{m11},\ldots,a_{m1K})$	$(a_{m21},\ldots,a_{m2K})$	...	$(a_{mn1},\ldots,a_{mnK})$	w_m

$w_i \in [0,1]$ وزن شاخص i ام (C_i برای $i=1,\ldots,m$) است و $a_{ijk} \in [-t,t]$ امتیاز اختصاص یافته توسط تصمیم گیرنده k ام (D_k برای $k=1,\ldots,K$) به گزینه j ام (A_j برای $j=1,\ldots,n$) با توجه به شاخص i ام است. t و t- نیز به ترتیب بیانگر کمترین و بیشترین امتیاز اختصاص یافته بوده و امتیاز صفر بی تفاوت بودن فرد تصمیم گیرنده را در فرایند ارزیابی نشان می دهد. الگوریتم پیشنهادی برای روش ویکور به صورت زیر است:

گام ۱: فرض کنیم k فرد تصمیم گیرنده وجود دارند که می‌توانند در مورد گزینه ها نظرات متفاوتی را ارائه نمایند. فرض کنیم که به روشنی نمی‌توان میزان اثرگذاری افراد تصمیم‌گیرنده را در فرایند تصمیم‌گیری دریافت.

بنابراین چندین شاخص را برای ارزیابی این افراد در نظر می‌گیریم (C'_l برای $l=1,\ldots,L$) ، به طوری که امتیاز اختصاص یافته به هر فرد تصمیم گیرنده در ارتباط با شاخص مورد نظر به صورت یک متغیر کلامی تعریف می‌شود. اگر $\tilde{X}_{kl}$ یک متغیر کلامی باشد که بتواند عبارات کلامی خیلی خوب (VG)، خوب (G)، متوسط (M)، ضعیف (P) و خیلی ضعیف (VP) را درباره فرد تصمیم گیرنده k ام و براساس شاخص ارزیابی l ام نشان دهد، آنگاه می توان به هر عبارت کلامی یک عدد فازی مثلثی را مطابق شکل (۱) نسبت داد:



شکل ۱. اعداد فازی مثلثی برای وزن اهمیت نظرات تصمیم گیرندگان در فرایند تصمیم گیری

به عنوان مثال در شکل (۱)، متغیرهای کلامی خیلی خوب (VG) و ضعیف (P) به ترتیب می توانند به صورت (۱و۱و۰/۸) و (۰/۵و۰/۳و۰/۱) تعریف شوند. ماتریس فرد تصمیم گیرنده-شاخص می تواند به صورت جدول (۲) باشد به طوری که $\tilde{X}_{kl} \in (X_{kl}^L, X_{kl}^m, X_{kl}^R)$ (برای همه k ها و l ها) یک متغیر

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

کلامی بوده و $\tilde{\pi}_k$ وزن اهمیت فازی نظرات تصمیم گیرنده k ام در فرایند تصمیم گیری است. بنابراین می توان گفت:

$$\tilde{\pi}_k = (\pi_k^L, \pi_k^m, \pi_k^R) = (x_{k1}^L \wedge x_{k2}^L \wedge \ldots \wedge x_{kL}^L, \sum_{l=1}^{L} x_{kl}^m / L, x_{k1}^R \vee x_{k2}^R \vee \ldots \vee x_{kL}^R) \quad (۱۷)$$

گام ۲: اگر a_{ijk} امتیاز اختصاص یافته توسط فرد k ام به گزینه jام باتوجه به شاخص i ام باشد، آن گاه می توان امتیاز کلی گزینه jام نسبت به شاخص i ام (با توجه به نظرات کلیه تصمیم گیرندگان) را از طریق رابطه ربر به دست اورد:

$$\tilde{a}_{ij} = \sum_{k=1}^{K} \tilde{\pi}_k a_{ijk} \Rightarrow (a_{ij}^L, a_{ij}^m, a_{ij}^R) = (\sum_{k=1}^{K} \pi_k^L a_{ijk}, \sum_{k=1}^{K} \pi_k^m a_{ijk}, \sum_{k=1}^{K} \pi_k^R a_{ijk}) \quad (۱۸)$$

(برای همه i ها و j ها)

برای مثال با توجه به رابطه (۱۸)، $\tilde{a}_{11}$ به صورت رابطه (۱۹) می‌تواند تعریف شود:

$$\tilde{a}_{11} = (\pi_1^L a_{111} + \pi_2^L a_{112} + \ldots + \pi_K^L a_{1lK}, \pi_1^m a_{111} + \pi_2^m a_{112} + \ldots + \pi_K^m a_{1lK}, \pi_1^R a_{111} + \pi_2^R a_{112} + \ldots + \pi_K^R a_{1lK}) \quad (۱۹)$$

در این صورت ماتریس تصمیم جدول (۱) با توجه به اوزان اهمیت فازی نظرات فردی تصمیم گیرندگان می‌تواند به صورت جدول (۳) باشد:

جدول ۲. امتیازدهی به افراد تصمیم گیرنده به صورت متغیرهای کلامی بر اساس شاخص های تعیین شده

	C_1'	C_2'	...	C_L'	$\tilde{\pi}_k$
D_1	$\tilde{x}_{11}$	$\tilde{x}_{12}$	...	$\tilde{x}_{1L}$	$\tilde{\pi}_1$
D_2	$\tilde{x}_{21}$	$\tilde{x}_{22}$	...	$\tilde{x}_{2L}$	$\tilde{\pi}_2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
D_K	$\tilde{x}_{K1}$	$\tilde{x}_{K2}$	...	$\tilde{x}_{KL}$	$\tilde{\pi}_K$

جدول ۳. امتیاز اختصاص یافته به گزینه ها با توجه به اوزان اهمیت فازی نظرات تصمیم گیرندگان

	A_1	A_2	...	A_n	w_i
C_1	$\tilde{a}_{11}$	$\tilde{a}_{12}$	...	$\tilde{a}_{1n}$	w_1
C_2	$\tilde{a}_{21}$	$\tilde{a}_{22}$	...	$\tilde{a}_{2n}$	w_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C_m	$\tilde{a}_{m1}$	$\tilde{a}_{m2}$	...	$\tilde{a}_{mn}$	w_m

گام ۳: محاسبه مقدار بهینه وزن اهمیت شاخص ها (w_i^* برای $i = 1,\ldots,m$):

در مورد هر گزینه می توان تابعی از وزن اهمیت شاخص ها را به صورت زیر در نظر گرفت [۳۸]:

$$\tilde{Z}_j(w) = \sum_{i=1}^{m} \tilde{a}_{ij} w_i \quad \text{(برای همه } j \text{ ها)} \quad (۲۰)$$

به طوری که $\tilde{Z}_j(w) \in (Z_j(w)^L, Z_j(w)^m, Z_j(w)^R)$ (برای همه jها). تابع $\tilde{Z}_j(w) = \sum_{i=1}^{m} \tilde{a}_{ij} w_i$ نوعی تابع مطلوبیت فازی تعریف می شود که هدف، ماکزیمم سازی آن است. در واقع بیشتر شدن $\tilde{Z}_j(w)$، بهتر بودن گزینه jام را به دنبال دارد [۴۳].

بنابراین به جای ماکزیمم کردن $(Z_j(w)^L, Z_j(w)^m, Z_j(w)^R)$ می‌توان $Z_{j(1)}(w) = Z_j(w)^m - Z_j(w)^L$ را می‌نیمم کرده و $Z_{j(2)}(w) = Z_j(w)^m$ و $Z_{j(3)}(w) = Z_j(w)^R - Z_j(w)^m$ را ماکزیمم کرد [۴۴]. سپس با استفاده از اپراتور ماکس- مین معرفی شده توسط زیمرمن و زیسنو [۴۵] می توان سطوح دسترسی به همه

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

گزینه ها را یکپارچه ساخت. به عبارتی هدف بهینه سازی مدل (۲۱) است تا بتوان مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص ها را بدست آورد:

$$\begin{aligned}&\max \quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j\\&\text{s.t}:\\&\begin{cases}\dfrac{Z^{+}_{j(1)}-Z_{j(1)}(w)}{Z^{+}_{j(1)}-Z^{-}_{j(1)}}\geq\lambda_j, & j=1,...,n\\ \dfrac{Z_{j(2)}(w)-Z^{-}_{j(2)}}{Z^{+}_{j(2)}-Z^{-}_{j(2)}}\geq\lambda_j, & j=1,...,n\\ \dfrac{Z_{j(3)}(w)-Z^{-}_{j(3)}}{Z^{+}_{j(3)}-Z^{-}_{j(3)}}\geq\lambda_j, & j=1,...,n\end{cases}\\&\lambda_j\geq\alpha,\quad 0\leq\lambda_j\leq 1, \qquad j=1,...,n\\&\sum_{i=1}^{m}w_i=1, w_i\geq 0\end{aligned} \tag{۲۱}$$

به طوری که $\alpha\in[0,1]$ سطح برش α بوده و λ_j (برای $j=1,...,n$) سطح دسترسی به گزینه j ام است. w_i^* مقدار بهینه وزن اهمیت شاخص i ام، با توجه به حل مدل (۲۱) به دست می آید. مقادیر $Z^{-}_{j(t)}$ و $Z^{+}_{j(t)}$ (برای۳، ۲، ۱ = t) نیز به ترتیب توسط مدل های (۲۷-۲۲) بدست می‌آیند:

$$\begin{aligned}&Z^{+}_{j(1)}=\min \quad Z_{j(1)}(w), \quad j=1,...,n\\&\text{s.t}:\\&\sum_{i=1}^{m}w_i=1, w_i\geq 0\end{aligned} \tag{۲۲}$$

$$\begin{aligned}&Z^{-}_{j(1)}=\max \quad Z_{j(1)}(w), \quad j=1,...,n\\&\text{s.t}:\\&\sum_{i=1}^{m}w_i=1, w_i\geq 0\end{aligned} \tag{۲۳}$$

و

$$\begin{aligned}&Z^{+}_{j(2)}=\max \quad Z_{j(2)}(w), \quad j=1,...,n\\&\text{s.t}:\\&\sum_{i=1}^{m}w_i=1, w_i\geq 0\end{aligned} \tag{۲۴}$$

و

$$\begin{aligned}&Z^{-}_{j(2)}=\min \quad Z_{j(2)}(w), \quad j=1,...,n\\&\text{s.t}:\\&\sum_{i=1}^{m}w_i=1, w_i\geq 0\end{aligned} \tag{۲۵}$$

و

$$\begin{aligned}&Z^{+}_{j(3)}=\max \quad Z_{j(3)}(w), \quad j=1,...,n\\&\text{s.t}:\\&\sum_{i=1}^{m}w_i=1, w_i\geq 0\end{aligned} \tag{۲۶}$$

$$\begin{aligned}&Z^{-}_{j(3)}=\min \quad Z_{j(3)}(w), \quad j=1,...,n\\&\text{s.t}:\\&\sum_{i=1}^{m}w_i=1, w_i\geq 0\end{aligned} \tag{۲۷}$$

رویکردهای تعیین حدود متغیر w_i را می توان به صورت زیر در نظر گرفت [۴۶، ۴۷ و ۴۸]: ۱) رتبه بندی ضعیف: $\{w_i\geq w_j\}$ برای $i\neq j$، ۲) رتبه بندی اکید:$\{w_i-w_j\geq\delta_i\}$ برای $i\neq j$، ۳) رتبه بندی حاصل ضرب: $\{w_i\geq\delta_i w_j\}$ برای $i\neq j$، ۴) رتبه بندی بازه ای:$\{\delta_i\leq w_i\leq\delta_i+\varepsilon_i\}$ برای $i\neq j$، و ۵) رتبه بندی اختلافات: $\{w_i-w_j\geq w_k-w_l\}$ برای $i\neq j\neq k\neq l$. به طوری که δ_i و ε_i مقادیر ثابت و غیر منفی هستند.

گام ۴: مقادیر

$$\begin{aligned}\tilde{f}_i^{+}\in&(a_{i1}^{L}\vee a_{i2}^{L}\vee...\vee a_{in}^{L}, a_{i1}^{m}\vee a_{i2}^{m}\vee...\vee a_{in}^{m},\\&a_{i1}^{R}\vee a_{i2}^{R}\vee...\vee a_{in}^{R})=(f_i^{+^L}, f_i^{+^m}, f_i^{+^R})\end{aligned} \tag{۲۸}$$

و

$$\begin{aligned}\tilde{f}_i^{-}\in&(a_{i1}^{L}\wedge a_{i2}^{L}\wedge...\wedge a_{in}^{L}, a_{i1}^{m}\wedge a_{i2}^{m}\wedge...\wedge a_{in}^{m},\\&a_{i1}^{R}\wedge a_{i2}^{R}\wedge...\wedge a_{in}^{R})=(f_i^{-^L}, f_i^{-^m}, f_i^{-^R})\end{aligned} \tag{۲۹}$$

را برای همه شاخص ها محاسبه می کنیم. نتایج در جدول (۴) آورده شده است.

گام ۵: محاسبه مقادیر S'_j و R'_j برای همه گزینه ها:

اگر معیار j ام از نوع سود (مثبت) باشد، آنگاه مقادیر S'_j و R'_j مطابق زیر بدست خواهند آمد:

$$S'_j=\sum_{i=1}^{m}\frac{w_i^{*}(\tilde{f}_i^{+}-\tilde{a}_{ij})}{\tilde{f}_i^{+}-\tilde{f}_i^{-}} \tag{۳۰}$$

$$R'_j=\max_i\left\{\frac{w_i^{*}(\tilde{f}_i^{+}-\tilde{a}_{ij})}{\tilde{f}_i^{+}-\tilde{f}_i^{-}}\right\} \tag{۳۱}$$

با استفاده از روش رأس می توان فاصله میان اعداد فازی روابط (۳۰) و (۳۱) را محاسبه کرد. نتایج در روابط (۳۲) و (۳۳) نشان داده شده اند:

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

$$S'_j = \sum_{i=1}^{m} \frac{w_i^* d_{v_i}(\tilde{f}_i^+, \tilde{a}_{ij})}{d_{v_i}(\tilde{f}_i^+, \tilde{f}_i^-)} = \sum_{i=1}^{m} \frac{w_i^* \sqrt{\frac{1}{3}[(f_i^{+L} - a_{ij}^L)^2 + (f_i^{+m} - a_{ij}^m)^2 + (f_i^{+R} - a_{ij}^R)^2]}}{\sqrt{\frac{1}{3}[(f_i^{+L} - f_i^{-L})^2 + (f_i^{+m} - f_i^{-m})^2 + (f_i^{+R} - f_i^{-R})^2]}} \quad (۳۲)$$

$$R'_j = \max_i \left\{ \frac{w_i^* d_{v_i}(\tilde{f}_i^+, \tilde{a}_{ij})}{d_{v_i}(\tilde{f}_i^+, \tilde{f}_i^-)} \right\} = \max_i \left\{ \frac{w_i^* \sqrt{\frac{1}{3}[(f_i^{+L} - a_{ij}^L)^2 + (f_i^{+m} - a_{ij}^m)^2 + (f_i^{+R} - a_{ij}^R)^2]}}{\sqrt{\frac{1}{3}[(f_i^{+L} - f_i^{-L})^2 + (f_i^{+m} - f_i^{-m})^2 + (f_i^{+R} - f_i^{-R})^2]}} \right\} \quad (۳۳)$$

گام ۶: تعیین مقادیر Q'_j برای همه گزینه ها:

$$Q'_j = v\left(\frac{S'_j - S'^*}{S'^- - S'^*}\right) + (1-v)\left(\frac{R'_j - R'^*}{R'^- - R'^*}\right) \quad (۳۴)$$

به طوری که:

$S'^* = \min_j\{S'_j\}$ ، $S'^- = \max_j\{S'_j\}$ ، $R'^* = \min_j\{R'_j\}$ و $R'^- = \max_j\{R'_j\}$ می باشد.

گام ۷: رتبه بندی گزینه ها براساس ترتیب صعودی مقادیر بدست آمده برای S'_j، R'_j و Q'_j.

گام ۸: انتخاب بهترین گزینه یا جواب های سازشی:

در این گام همانند مرحله انتخاب بهترین گزینه در روش پایه ویکور عمل می کنیم. بهترین جواب سازشی (با کمترین Q_j) زمانی محقق خواهد شد که دو شرط زیر برقرار شوند:

۸-۱) شرط ویژگی پذیرش:

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ \quad (۳۵)$$

$$DQ = 1/(n-1) \quad (۳۶)$$

به طوری که از نظر رتبه بندی براساس معیار Q، $A^{(2)}$ گزینه ای در موقعیت یا جایگاه دوم است، $A^{(1)}$ بهترین گزینه با کمترین مقدار برای Q و n تعداد گزینه های موجود است.

۸-۲) شرط ثبات پذیرش در تصمیم گیری:

گزینه $A^{(1)}$ باید هم چنین بهترین رتبه را در S یا (و) R داشته باشد. این جواب سازشی در فرایند تصمیم گیری پایدار است، به طوری که اگر $v > ۰/۵$ باشد، استراتژی ماکزیمم مطلوبیت گروهی را به همراه داشته و توافق عمومی یا عدم توافق (رد) زمانی حاصل می شود که به ترتیب $v \approx ۰/۵$ و $v < ۰/۵$ باشد.

اگر یکی از شروط بالا برقرار نشود، آن گاه یک مجموعه جواب های سازشی به صورت زیر پیشنهاد می شود:

۱) اگر تنها شرط دوم برقرار نشد، گزینه های $A^{(1)}$ و $A^{(2)}$، و

۲) اگر شرط اول برقرار نشد، گزینه های $A^{(1)}$، $A^{(2)}$،...، $A^{(n)}$، به طوری که $A^{(n)}$ گزینه‌ای در موقعیت nام است که رابطه $Q(A^{(n)}) - Q(A^{(1)}) < DQ$ در مورد آن صادق باشد.

۵. مثال عددی

برای تشریح روش ویکور فازی پیشنهادی، یک مثال عددی در ارتباط با مسأله رتبه بندی اعتباری مشتریان در یک بانک را در نظر می گیریم. برای این مسأله فرض می کنیم که چهار مشتری $\{A_1, A_2, A_3 \text{ و } A_4\}$ واجد شرایط دریافت تسهیلات از بانک هستند که هدف تعیین رتبه این مشتریان و اولویت بندی در اعطای تسهیلات به آنها است.

از این رو چهار شاخص از شاخص‌های پنج C اعتباری تحت عنوان شهرت و شخصیت اعتبارگیرنده (C_1)، سرمایه (C_2)، ظرفیت (C_3) و وثیقه (C_4) و یک شاخص صحت اطلاعات (C_5) برای ارزیابی این مشتریان در نظر گرفته می شود که همگی این شاخص ها از نوع مثبت هستند.

امتیازهای اختصاص یافته به هر گزینه با توجه به هر شاخص از بازه [۲+ و۲-] انتخاب می شود، به طوری که عبارات کلامی مربوط به این بازه به صورت خیلی خوب (۲+)، نسبتاً خوب (۱+)، بی طرفانه (۰)، نسبتاً ضعیف (۱-) و خیلی ضعیف (۲-) است.

برای ارزیابی مشتریان، سه فرد تصمیم گیرنده $\{D_1, D_2 \text{ و } D_3\}$ وجود دارند که وزن اهمیت نظرات این تصمیم گیرندگان مبهم بوده و فازی در نظر گرفته می شود. برای ارزیابی افراد تصمیم گیرنده چهار شاخص دانش و تخصص (C'_1)، اطلاعات کافی در دسترس (C'_2)، تجربه و سوابق کاری (C'_3) و حسن اعتماد (C'_4) در نظر گرفته می شوند.

گام های حل این مسأله با استفاده از روش ویکور پیشنهادی به صورت زیر است:

گام اول: تصمیم گیرندگان با توجه به بازه [۲+ و۲-] ارزیابی خود را درباره هریک از مشتریان طبق جدول (۵) بیان می دارند.

گام دوم: در جدول (۶) باتوجه به شاخص های ارزیابی تصمیم گیرندگان، امتیازهای مربوط به هر فرد تصمیم گیرنده با در نظرگرفتن عبارات کلامی شکل (۱) ارائه شده است.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

گام سوم: در جدول (۷)، وزن اهمیت فازی نظرات تصمیم گیرندگان باتوجه به رابطه (۱۷) ارائه شده است.

گام چهارم: باتوجه به رابطه (۱۸)، در جدول (۸) میانگین وزنی هر درایه از جدول (۵) باتوجه به اوزان اهمیت فازی نظرات تصمیم گیرندگان ($\tilde{\pi}_k$) ارائه شده است.

جدول ۴. وزن اهمیت بهینه و مقادیر ایده آل و ضد ایده آل فازی هر شاخص

	A_1	A_2	...	A_n	w_i^*	$\tilde{f}_i^-$	$\tilde{f}_i^+$
C_1	$\tilde{a}_{11}$	$\tilde{a}_{12}$	⋯	$\tilde{a}_{1n}$	w_1^*	$\tilde{f}_1^-$	$\tilde{f}_1^+$
C_2	$\tilde{a}_{21}$	$\tilde{a}_{22}$	⋯	$\tilde{a}_{2n}$	w_2^*	$\tilde{f}_2^-$	$\tilde{f}_2^+$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C_m	$\tilde{a}_{m1}$	$\tilde{a}_{m2}$	⋯	$\tilde{a}_{mn}$	w_m^*	$\tilde{f}_m^-$	$\tilde{f}_m^+$

جدول ۵. امتیازدهی افراد تصمیم گیرنده به گزینه ها در بازه [۲+ و ۲-]

	A_1	A_2	A_3	A_4
C_1	(۱- و۰ و۱/۲)	(۱/۵ و۲ و۰/۲-)	(۰ و۰/۵ و۰)	(۱ و۰/۷ و۰/۳)
C_2	(۰/۲- و۱و۱/۵)	(۱/۲ و۱/۵ و۲)	(۰/۱- و۱ و۰)	(۲ و۰/۲ و۱/۴)
C_3	(۰/۳ و۰/۵ و۰/۳)	(۰ و۰/۵- و۲)	(۰/۲- و۰/۸ و۰/۳)	(۱/۲ و۱ و۰/۲)
C_4	(۰/۳ و۰/۵ و۱)	(۱/۲ و۱/۵- و۰)	(۰ و۰/۱ و۰/۸)	(۰/۱ و۰/۷ و۰/۳-)
C_5	(۱/۵ و۱ و۲)	(۰/۲ و۰/۵ و۰)	(۰ و۲ و۰/۱-)	(۰/۱ و۰/۶ و۰/۵)

جدول ۶. عبارات کلامی اختصاص یافته به تصمیم گیرندگان براساس شاخص های ارزیابی آنها

	C_1'	C_2'	C_3'	C_4'
D_1	P	P	M	VG
D_2	VG	M	M	G
D_3	M	P	VG	M

جدول ۷. وزن اهمیت فازی افراد تصمیم گیرنده

	C_1'	C_2'	C_3'	C_4'	$\tilde{\pi}_k$ (برای $k=1,2,3$)
D_1	(۰/۱و۰/۳و۰/۵)	(۰/۱و۰/۳و۰/۵)	(۰/۳و۰/۵و۰/۷)	(۰/۸و۱و۱)	(۰/۱و۰/۵۲۵و۱)
D_2	(۰/۸و۱و۱)	(۰/۳و۰/۵و۰/۷)	(۰/۳و۰/۵و۰/۷)	(۰/۵و۰/۷و۰/۹)	(۰/۳و۰/۶۷۵و۱)
D_3	(۰/۳و۰/۵و۰/۷)	(۰/۱و۰/۳و۰/۵)	(۰/۸و۱و۱)	(۰/۳و۰/۵و۰/۷)	(۰/۱و۰/۵۷۵و۱)

جدول ۸. میانگین امتیازهای اختصاص یافته به گزینه ها براساس وزن اهمیت فازی نظرات تصمیم گیرندگان

	A_1	A_2	A_3	A_4
C_1	(۰/۰۲و۰/۰۵۵و۰/۲)	(۰/۷۳و۲/۱۰۸و۳/۳)	(۰/۱۵و۰/۳۳۸و۰/۵)	(۰/۳۴و۱/۲۰۵و۲)
C_2	(۰/۴۳و۱/۳۴۸ و۲/۳)	(۰/۷۷و۲/۷۵۳ و۴/۷)	(۰/۲۹و۰/۶۱۸و۰/۹)	(۰/۴و۲/۰۲و۳/۶)
C_3	(۰/۱۷و۰/۶۴۸و۱/۱)	(۰/۰۵و۰/۷۱۳و۱/۵)	(۰/۲۵و۰/۵۸۳و۰/۹)	(۰/۴۴و۱/۴۷و۲/۴)
C_4	(۰/۲۸و۱/۰۷و۱/۸)	(۰/۳۳- و۰/۳۲۳- و۰/۳-)	(۰/۱۱و۰/۴۸۸و۰/۹)	(۰/۱۹و۰/۳۷۳و۰/۵)
C_5	(۰/۶۵و۲/۵۸۸و۴/۵)	(۰/۱۷و۰/۴۵۳و۰/۷)	(۰/۵۹و۱/۲۹۸و۱/۹)	(۰/۲۴و۰/۷۲۵و۱/۲)

گام پنجم: برای جدول (۸) با توجه به هرگزینه می توان یک تابع فازی از وزن اهمیت شاخص ها را طبق رابطه (۲۰) به صورت زیر تعیین کرد:

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

$$\tilde{Z}_1(w) = (0/02,0/055,0/2)w_1 + (0/43,1/348,2/3)w_2 + (0/17,0/648,1/1)w_3 + (0/28,1/07,1/8)w_4 + (0/65,2/588,4/5)w_5 = (0/02w_1 + 0/43w_2 + 0/17w_3 + 0/28w_4 + 0/65w_5, 0/055w_1 + 1/348w_2 + 0/648w_3 + 1/07w_4 + 2/588w_5, 0/2w_1 + 2/3w_2 + 1/1w_3 + 1/8w_4 + 4/5w_5)$$

$$\tilde{Z}_2(w) = (0/73,2/108,3/3)w_1 + (0/77,2/753,4/7)w_2 + (0/05,0/713,1/5)w_3 + (-0/33,-0/323,-0/3)w_4 + (0/17,0/453,0/7)w_5 = (0/73w_1 + 0/77w_2 + 0/05w_3 - 0/33w_4 + 0/17w_5, 2/108w_1 + 2/753w_2 + 0/713w_3 - 0/323w_4 + 0/453w_5, 3/3w_1 + 4/7w_2 + 1/5w_3 - 0/3w_4 + 0/7w_5)$$

$$\tilde{Z}_3(w) = (0/15,0/338,0/5)w_1 + (0/29,0/618,0/9)w_2 + (0/25,0/583,0/9)w_3 + (0/11,0/488,0/9)w_4 + (0/59,1/298,1/9)w_5 = (0/15w_1 + 0/29w_2 + 0/25w_3 + 0/11w_4 + 0/59w_5, 0/338w_1 + 0/618w_2 + 0/583w_3 + 0/488w_4 + 1/298w_5, 0/5w_1 + 0/9w_2 + 0/9w_3 + 0/9w_4 + 1/9w_5)$$

$$\tilde{Z}_4(w) = (0/34,1/205,2)w_1 + (0/4,2/02,3/6)w_2 + (0/44,1/47,2/4)w_3 + (0/19,0/373,0/5)w_4 + (0/24,0/725,1/2)w_5 = (0/34w_1 + 0/4w_2 + 0/44w_3 + 0/19w_4 + 0/24w_5, 1/205w_1 + 2/02w_2 + 1/47w_3 + 0/373w_4 + 0/725w_5, 2w_1 + 3/6w_2 + 2/4w_3 + 0/5w_4 + 1/2w_5)$$

حال با توجه به مدل (۲۱) می توان مقادیر بهینه وزن اهمیت هر شاخص را مطابق با مدل زیر بدست آورد:

$$\max \quad (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4),$$

$$s.t:$$

$$\begin{cases} \dfrac{0.55395-\left((0.055-0.02)w_1+(1.348-0.43)w_2+(0.648-0.17)w_3+(1.07-0.28)w_4+(2.588-0.65)w_5\right)}{0.55395-0.2385} \geq \lambda_1, \\ \dfrac{(0.055w_1+1.348w_2+0.648w_3+1.07w_4+2.588w_5)-0.3415}{0.769825-0.3415} \geq \lambda_1, \\ \dfrac{\left((0.02-0.055)w_1+(2.3-1.348)w_2+(1.1-0.648)w_3+(1.8-1.07)w_4+(4.5-2.588)w_5\right)-0.3135}{0.588925-0.3135} \geq \lambda_1, \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{1.2957-\left((2.108-0.73)w_1+(2.753-0.77)w_2+(0.713-0.05)w_3+(-0.323+0.33)w_4+(0.453-0.17)w_5\right)}{1.2957-1.07305} \geq \lambda_2, \\ \dfrac{(2.108w_1+2.753w_2+0.713w_3-0.323w_4+0.453w_5)-1.4883}{1.8927-1.4883} \geq \lambda_2, \\ \dfrac{\left((3.3-2.108)w_1+(4.7-2.753)w_2+(1.5-0.713)w_3+(-0.3+0.323)w_4+(0.7-0.453)w_5\right)-1.0142}{1.2298-1.0142} \geq \lambda_2, \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{0.3130625-\left((0.338-0.15)w_1+(0.618-0.29)w_2+(0.583-0.25)w_3+(0.488-0.11)w_4+(1.298-0.59)w_5\right)}{0.3130625-0.233125} \geq \lambda_3, \\ \dfrac{(0.338w_1+0.618w_2+0.583w_3+0.488w_4+1.298w_5)-0.40925}{0.5410625-0.40925} \geq \lambda_3, \\ \dfrac{\left((0.5-0.338)w_1+(0.9-0.618)w_2+(0.9-0.583)w_3+(0.9-0.488)w_4+(1.9-1.298)w_5\right)-0.208875}{0.2864375-0.208875} \geq \lambda_3, \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{1.0839-\left((1.205-0.34)w_1+(2.02-0.4)w_2+(1.47-0.44)w_3+(0.373-0.19)w_4+(0.725-0.24)w_5\right)}{1.0839-0.910475} \geq \lambda_4, \\ \dfrac{(1.205w_1+2.02w_2+1.47w_3+0.373w_4+0.725w_5)-1.2511}{1.4604-1.2511} \geq \lambda_4, \\ \dfrac{\left((2-1.205)w_1+(3.6-2.02)w_2+(2.4-1.47)w_3+(0.5-0.373)w_4+(1.2-0.725)w_5\right)-0.84765}{1.0146-0.84765} \geq \lambda_4, \end{cases}$$

$$\lambda_j \geq \alpha, \quad 0 \leq \lambda_j \leq 1, \quad j = 1,\ldots,4$$

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 = 1,$$

$$0.4 \leq w_1 \leq 0.7,$$

$$w_2 = w_3,$$

$$w_2 \geq 0.05 + w_4,$$

$$w_4 \geq 0.05 + w_5,$$

$$w_{1,\ldots,5} \geq 0,$$

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

به طوری که در مدل (۳۷) برای تعیین حدود متغیرهای w_i (برای $i = 1,...,5$)، از رویکردهای رتبه بندی ضعیف، اکید و بازه ای استفاده شده و سطح برش α برابر ۰/۴ در نظرگرفته می شود. مدل (۳۷) با استفاده از بسته نرم افزاری لینگو حل شده و نتایج نهایی بدست آمده به صورت زیر می باشد:

$w_1^* = 0/43$، $w_2^* = 0/23$، $w_3^* = 0/23$، $w_4^* = 0/11$ و $w_5^* = 0$.

گام ششم: در جدول (۹)، بهترین و بدترین مقادیر میانگین امتیازات اختصاص یافته هر شاخص با توجه به روابط ۲۸ و ۲۹ ارائه شده است.

گام هفتم: در جدول (۱۰)، باتوجه به روابط (۳۴-۳۲) مقادیر بدست آمده برای معیارهای S'_j، R'_j و Q'_j در مورد هرگزینه ارائه شده است (با فرض ν = ۰/۵).

جدول ۹. مقادیر بهینه وزن اهمیت شاخص ها و بهترین و بدترین مقادیر فازی هر شاخص

	A_1	A_2	A_3	A_4	w_i^*	$\tilde{f}_i^-$	$\tilde{f}_i^+$
C_1	(۰/۰۲و۰/۰۵۵و۰/۲)	(۰/۷۳و۲/۱۰۸و۳/۳)	(۰/۱۵و۰/۳۳۸و۰/۵)	(۰/۳۴و۱/۲۰۵و۲)	۰/۴۳	(۰/۰۲و۰/۰۵۵و۰/۲)	(۰/۷۳و۲/۱۰۸و۳/۳)
C_2	(۰/۴۳و۱/۳۴۸و۲/۳)	(۰/۷۷و۲/۷۵۳و۴/۷)	(۰/۲۹و۰/۶۱۸و۰/۹)	(۰/۴و۲/۰۲و۳/۶)	۰/۲۳	(۰/۲۹و۰/۶۱۸و۰/۹)	(۰/۷۷و۲/۷۵۳و۴/۷)
C_3	(۰/۱۷و۰/۶۴۸و۱/۱)	(۰/۰۵و۱/۷۱۳و۱/۵)	(۰/۲۵و۰/۵۸۳و۰/۹)	(۰/۴۴و۱/۴۷و۲/۴)	۰/۲۳	(۰/۰۵و۰/۵۸۳و۰/۹)	(۰/۴۴و۱/۴۷و۲/۴)
C_4	(۰/۲۸و۱/۰۷و۱/۸)	(-۰/۳ و-۰/۳۲۳و-۰/۳۳)	(۰/۱۱و۰/۴۸۸و۰/۹)	(۰/۱۹و۰/۳۷۳و۰/۵)	۰/۱۱	(-۰/۳و-۰/۳۲۳و-۰/۳۳)	(۰/۲۸و۱/۰۷و۱/۸)
C_5	(۰/۶۵و۲/۵۸۸و۴/۵)	(۰/۱۷و۰/۴۵۳و۰/۷)	(۰/۵۹و۱/۲۹۸و۱/۹)	(۰/۲۴و۰/۷۲۵و۱/۲)	۰	(۰/۱۷و۰/۴۵۳و۰/۷)	(۰/۶۵و۲/۵۸۸و۴/۵)

جدول ۱۰. مقادیر S'_j، R'_j و Q'_j برای همه گزینه ها

	A_1	A_2	A_3	A_4	S'^*	S'^-	R'^*	R'^-
S'_j	۰/۷۷۸	۰/۲۷	۰/۸۸۴	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۸۸۴	-	-
R'_j	۰/۴۳	۰/۱۶	۰/۳۸۲	۰/۱۸۵	-	-	۰/۱۶	۰/۴۳
Q'_j	۰/۹۱۴	۰	۰/۹۱۱	۰/۰۸۷	-	-	-	-

ترتیب اولویت مشتریان برای اعطای تسهیلات به صورت جدول (۱۱) خواهد بود.

جدول ۱۱. رتبه بندی گزینه ها براساس معیارهای S'، R'، Q'

رتبه	۱	۲	۳	۴
توسط S'	A_2	A_4	A_1	A_3
توسط R'	A_2	A_4	A_3	A_1
توسط Q'	A_2	A_4	A_3	A_1

گام هشتم: در این مسأله به دلیل آن که شرط ویژگی پذیرش برقرار نیست، بنابراین مجموعه جواب سازشی که تصمیم گیرندگان می توانند از میان آنها انتخاب کنند به صورت {A۴ و A۲} است.

۶. نتیجه گیری و پیشنهادهای آتی

بدون تبعیت از یک سیستم مدیریت ریسک اعتباری مناسب، تأثیر زیان عملیات بانکی غیر قابل پیش بینی و پیشگیری خواهد بود. امروزه اکثر بانک های معتبر جهانی از سیستم های مدیریت ریسک اعتباری برای کنترل و اداره کردن ریسک پرتفوی اعتباری خود استفاده می کنند. یکی از موضوعات و ملزومات اساسی در استقرار یک سیستم مدیریت ریسک اعتباری ایجاد یک سیستم رتبه بندی اعتباری مناسب برای مشتریان است. سیستم پنج C اعتباری یکی از سیستم های معتبر رتبه بندی مشتریان است که می تواند بدین منظور مورد استفاده قرار گیرد. همچنین روش ویکور که یکی از روش‌های توانمند تصمیم گیری چند شاخصه است، می تواند برای اجرای سیستم پنج C اعتباری بکار گرفته شود. در این مقاله از روش ویکور به منظور اجرای اجرای سیستم پنج C اعتباری و تهیه یک رتبه بندی اعتباری مناسب برای مشتریان استفاده شده است. برای دستیابی به نتایج کاراتر در روش ویکور پیشنهادی، مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص ها در الگوریتم حل مورد استفاده قرار گرفتند. هم چنین در این روش پیشنهادی اوزان اهمیت نظرات تصمیم گیرندگان به عنوان متغیرهای کلامی در نظر گرفته شدند.

برای تشریح روش ویکور پیشنهاد شده، یک مثال عددی درباره مسأله رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک ها با چندین شاخص معتبر سیستم پنج C اعتباری ارائه و مناسب ترین گزینه موجود (مشتری بالقوه) برای اعطای تسهیلات مشخص گردید. روش پیشنهاد شده می تواند به عنوان ابزاری مفید برای مدیریت ریسک اعتباری سیستم های مالی و اعتباری کشور همچون بانک

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

ها مورد استفاده قرار گیرد. قابلیت و انعطاف پذیری روش پیشنهادی بیانگر آن است که این روش می تواند برای سایر مسائل تصمیم گیری چند گزینه ای نیز مورد استفاده قرار گیرد.

مراجع

[۱] فلاح شمس، م. ف.، رشنو، م.، "مدیریت ریسک اعتباری در بانک ها و موسسات مالی و اعتباری (مفاهیم و مدل ها)"، چاپ اول، انتشارات دانشکده علوم اقتصادی، تهران، ۱۳۸۷.

[۲] آزادی مقدم آرانی، ع.، امین ناصری، م.، قدسی پور، س. ح.، "مدل ارزیابی وام های بانکی با استفاده از تکنیکAHP"، اولین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، تهران، ۱۳۸۳.

[۳] رجب زاده قطری، ع.، بهرام میرزایی، آ.، احمدی، پ.، "طراحی سیستم هوشمند ترکیبی رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک ها با استفاده از مدل های استدلالی فازی ترکیبی"، نشریه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۵۳، سال ۱۳۸۸.

[۴] شوندی، ح.، "نظریه مجموعه های فازی و کاربرد آن در مهندسی صنایع و مدیریت"، چاپ اول، انتشارات گسترش علوم پایه، تهران، ۱۳۸۵.

[5] Bryant, K., "*An Agricultural Loan Evaluation Expert System"*, Validation Process, www.gu.edu.au/text/school/mgt/staff/kbryant.html, 1998.

[6] Bryant, K., "*An Agricultural Loan Evaluation Expert System"*, Expert system with application, Vol. 21, pp. 75-85, 2001.

[7] Rosman, A.J., Bedard, J.C., *"Lenders Decision Strategies and Loan Structure Decisions*", Journal of Business Research, Vol. 46, No. 1, pp. 83-94, 1999.

[8] Reitan, B., Waagø, S.J., *"Criteria used by Private Bank Officers to Evaluate New Ventures: An Analysis of Gaps and Shortcomings*", http://www.sbaer.uca.edu/research/1998/ICSB/n015.htm, 2004.

[9] Odders-White, E.R., Ready, M.J., "*Credit Ratings and Stock Liquidity"*, Review of Financial Studies, Vol. 19, No. 1, pp. 119–157, 2006.

[10] Merton, R.C., "*On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates*", *Journal of Finance*, Vol. 29, No. 2, pp. 449–470, 1974.

[11] Leland, H., Toft, K., *"Optimal Capital Structure*, endogenous bankruptcy, and the term structure of *Credit Spreads*", Journal of Finance, Vol. 51, No. 3, pp. 987–1019, 1996.

[12] Collin-Dufresne, P., Goldstein, R., *"Do Credit Spreads Reflect Stationary Leverage Ratios*?" Journal of Finance, Vol. 56, No. 5, pp. 1929–1957, 2001.

[13] Liao, H.H., Chen, T.K., Lu, C.W., *"Bank Credit Risk and Structural Credit Models: Agency and Information Asymmetry Perspectives*", Journal of Banking and Finance, Vol. 33, No. 8, pp. 1520–1530, 2009.

[14] arcucci, J., Quagliariello, M., "*Asymmetric Effects of the Business Cycle on Bank Credit Risk*", Journal of Banking and Finance, Vol. 33, No. 9, pp. 1624–1635, 2009.

[15] Deng, H., Yeh, C.H., Willis, R.J., *"Inter-Company Comparison using Modified TOPSIS with Objective Weights"*, Computers & Operations Research, Vol. 27, No. 10, pp. 963–973, 2000.

[16] Lai, Y.J., Liu, T.Y., Hwang, C.L., "TOPSIS for MODM", *European Journal of Operational Research*, Vol. 76, No. 3, pp. 486–500, 1994.

[17] Ben-Tal, A., Nemirovski, A., *"Robust Solutions to Uncertain Programs*", Operations Research Letters, 25, 1999 , 1-13.

[18] Li, D.F., Yang, J.B., *"Fuzzy Linear Programming Technique for Multiattribute Group Decision Making in Fuzzy Environments*", Information Sciences, Vol. 158, No. 1, pp. 263–275, 2004.

[19] Li, D.F., "*An Approach to Fuzzy Multiattribute Decision Making Under Uncertainty"*, Information Sciences, Vol. 169, No. 1-2, pp. 97–112, 2005b.

[20] Opricovic, S., Tzeng, G.H., "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", European Journal of Operational Research, Vol. 156, No. 2, pp. 445–455, 2004.

[21] Singh, D., Rao, V., *"A Hybrid Multiple Attribute Decision Making method for Solving Problems of Industrial Environment"*, International Journal of Industrial Engineering Computation, Vol. 2, No. 3, pp. 631–644, 2011.

[22] Rao, R.V., "*Decision Making in the Manufacturing Environment Using Graph Theory and Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods*", Springer-Verlag, London, 2007.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

"Extension of VIKOR Method for Decision Making Problem with Interval Numbers". Applied Mathematical Modeling, Vol. 33, No. 5, pp. 2257–2262, 2009.

[35] Chatterjee, P., Athawale, V.M., Chakraborty, S., "*Selection of Industrial Robots using Compromise Ranking and Outranking Methods*", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 26, No. 5, pp. 483-489, 2010.

[36] Opricovic, S., "*Multi-criteria Optimization of Civil Engineering Systems*", Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.

[37] Zadeh, L.A., "*Fuzzy Sets*", Information Control, Vol. 8, No. 3, pp. 338–353, 1965.

[38] Bellman, R.E., Zadeh, L.A., *"Decision-Making in a Fuzzy Environment"*, Management Science, Vol. 17, No. 4, pp. 141–164, 1970.

[39] Dubois, D., Prade, H., "*Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*", Academic Press Inc, New York, 1980.

[40] Kaufmann, A., Gupta, M., "*Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications*", Van Nostrand Reinhold, New York, 1991.

[41] Tsao, C.-T., "*The Revised Algorithms of Fuzzy Variance and an Application to Portfolio Selection*", Soft Computing, Vol. 14, No. 4, pp. 329–337, 2009.

[42] Chen C.-T., Lin, C.-T., Huang, S.-F., *"A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management"*, International Journal of Production Economics, Vol. 102, No. 2, pp. 289–301, 2006.

[43] Chen, C.T., "*Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment*", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 114, No. 1, pp. 1–9, 2000.

[44] Xu, Z., *"An Interactive Procedure for Linguistic Multiple Attribute Decision Making with Incomplete Weight Information*", Fuzzy Optimization and Decision Making, Vol. 6, No. 1, pp. 17–27, 2007.

[45] Zimmermann, H.J., Zysno, P., *"Latent Connectives in Human Decision Making*", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 4, No. 1, pp. 37–51, 1980.

[46] Kim, S.H., Ahn, B.S., *"Interactive Group Decision Making Procedure Under Incomplete Information*", European Journal of Operational Research, Vol. 116, No. 3, pp. 498–507, 1999.

[47] Park, K.S., Kim, S.H., *"Tools for Interactive Multi-*

[23] Liang, G.S., Wang, M.J.J., "*A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach for Robot Selection"*, Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 10, No. 4, pp. 267-274, 1993.

[24] Chu, T.C., Lin, Y.C., *"A Fuzzy TOPSIS Method for Robot Selection"*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 21, No. 4, pp. 284-290, 2003.

[25] Li, D.F., "*A Fuzzy Closeness Approach to Fuzzy Multi-Attribute Decision Making*", Fuzzy Optimization Decision Making, Vol. 6, No. 3, pp. 237–254, 2007.

[26] Opricovic, S., Tzeng, G.H., *"Extended VIKOR Method in Comparison with Outranking Methods*", European Journal of Operational Research, Vol. 178, No. 2, pp. 514–529, 2007.

[27] Tzeng, G.H., Teng, M.H., Chen, J.J., Opricovic, S., *"Multicriteria Selection for a Restaurant Location in Taipei*", International Journal of Hospitality Management, Vol. 21, No. 2, pp. 171–187, 2002a.

[28] Tzeng, G.H., Tsaur, S.H., Laiw, Y.D., Opricovic, S., "*Multicriteria Analysis of Environmental Quality in Taipei: Public Preferences and Improvement Strategies"*, Journal of Environmental Management, Vol. 65, No. 2, pp. 109–120, 2002b.

[29] Opricovic, S., Tzeng, G.H., *"A Comparative Analysis of the DEA-CCR Model and the VIKOR Method"*, Yugoslav Journal of Operations Research, Vol. 18, No. 2, pp. 187–203, 2008.

[30] Huang, J.J., Tzeng, G.H., Liu, H.H., "*A Revised VIKOR Model for Multiple Criteria Decision Making - The Perspective of Regret Theory*", Y. Shi et al. (Eds.): MCDM 2009, CCIS 35, pp. 761–768, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.

[31] Vahdani, B., Hadipour, H., Salehi Sadaghiani, J., Amiri, M., "*Extension of VIKOR Method Based on Interval-Valued Fuzzy Sets*", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2009.

[32] Chang, C.L., *"A Modified VIKOR Method for Multiple Criteria Analysis*", Environmental Monitoring and Assessment, DOI: 10.1007/s10661-009-1117-0, 2009.

[33] Yang, Y.P.O., Shieh, H.M., Tzeng, G.H., "*A VIKOR Technique with Applications Based on DEMATEL and ANP*", Y. Shi et al. (Eds.): MCDM 2009, CCIS 35, pp. 780–788, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.

[34] Sayadi, M.K., Heydari, M., & Shahanaghi, K.,

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]

Attribute Decision making with Incompletely Identified Information", European Journal of Operational Research, Vol. 98, pp. 111–123, 1997.

[48] Xu, Z.S., Chen, J., *"An Interactive Method for Fuzzy Multiple Attribute Group Decision Making*", Information Sciences, 2006 (in press).

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2024-07-16]