



## 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](mailto:mjtarokh@kntu.ac.ir)

Mir Bahador Gholi Aryanezhad, Department of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran, [mirarya@iust.ac.ir](mailto:mirarya@iust.ac.ir)

Mostafa Ekhtiari, Department of Industrial Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran, [m\\_ekhtiari@yahoo.com](mailto:m_ekhtiari@yahoo.com)

Mehdi Yazdani, Department of Industrial Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran, [m\\_yazdani@qiau.ac.ir](mailto: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 customers' 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 one of the reliable systems for customers 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 customers' 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 customers' credit ranking. The proposed method is adopted to solve a numerical example about credit ranking of banks' customers 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](mailto:mjtarokh@kntu.ac.ir)



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

محمد جعفر تارخ<sup>\*</sup>، میر بهادر قلی آریا نژاد، مصطفی اختیاری و مهدی یزدانی

## چکیده:

در شرایط امروزی که بسیاری از بانک‌های داخلی کشور نوعی ریسک اعتباری را تجربه می‌کنند، استقرار یک سیستم مدیریت ریسک اعتباری به منظور کاهش مطالبات عموق بانک‌ها و حل مسئله عدم بازپرداخت وام‌های بانک مرکزی لازم و ضروری است. یکی از شرایط و ملزمومات اساسی در استقرار یک سیستم مدیریت ریسک اعتباری ایجاد یک سیستم رتبه‌بندی اعتباری مناسب برای مشتریان است. سیستم پنج C اعتباری یکی از سیستم‌های معتر رتبه‌بندی مشتریان است که می‌تواند بین منظور مورد استفاده قرار گیرد. از سوی دیگر تلاش برای دستیابی به یک ابزار مناسب که برای پیاده‌سازی و اجرای این سیستم بکار رود، امری مهم و اجتناب ناپذیر است. روش ویکور یکی از روش‌های توانمند تصمیم‌گیری چند شاخه است که می‌تواند برای اجرای سیستم پنج C اعتباری و حل مسئله رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بکار گرفته شود. در این مقاله، یک روش ویکور که قادر است علاوه بر تعیین مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص‌ها، اوزان اهمیت فازی نظرات تصمیم‌گیرندگان را طی فرایند رتبه‌بندی اعتباری مشتریان لحظه کند، ارائه شده است. روش پیشنهادی برای حل یک مثال عددی پیرامون مسئله رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها استفاده شده و بموجب آن بهترین گزینه موجود برای اعطای تسهیلات در شرایط غیر قطعی تعیین شده است.

## کلمات کلیدی

مدیریت ریسک اعتباری،  
تصمیم‌گیری چند شاخه،  
روش ویکور،  
نتوری فازی

بدھی خود طبق شرایط مندرج در قرارداد نمی‌باشد. این ریسک یکی از مهم ترین ریسک‌هایی است که نهادهای پولی و مالی همچون بانک‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطالق این ریسک، بازپرداخت‌ها یا با تأخیر انجام شده و یا اصلًاً وصول نمی‌شوند، به نحوی که این امر موجب ایجاد مشکلاتی در گردش وجهه نقد بانک‌ها می‌شود. علی‌رغم ابداع و نوآوری‌های موجود در بخش خدمات مالی، این نوع ریسک هنوز به عنوان دلیل عدم موفقیت موسسات مالی محسوب می‌شود. علت آن هم این است که معمولاً ۸۰ درصد از ترازنامه یک بانک به جنبه‌هایی از این نوع ریسک برمی‌گردد [۱]. اساس عملکرد صحیح مدیریت ریسک اعتباری بانک‌ها و موسسات اعتباری به شناسایی عوامل ذاتی ریسک در عملیات وام دهی بستگی خواهد داشت. بانک‌ها با استقرار سیستم مدیریت ریسک اعتباری مناسب می‌توانند تدبیر لازم را برای حذف و یا کاهش ریسک اعتباری اتخاذ نمایند. در این راستا بانک‌ها با طبقه‌بندی اعتبارات و عدم پذیرش وام‌ها و اعتبارات

## ۱. مقدمه

ریسک اعتباری<sup>۲</sup> ریسکی است که براساس آن وام گیرنده به دلایلی مانند عدم تمایل و یا عدم توان مالی، قادر به پرداخت اصل و فرع وام

تاریخ وصول: ۹۰/۴/۱۹

تاریخ تصویب: ۹۱/۴/۱۷

**نویسنده مسئول مقاله:** دکتر محمد جعفر تارخ، دانشیار، دانشکده

مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیر طوسی، mjtarokh@kntu.ac.ir

دکتر میر بهادر قلی آریانزاد، استاد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، ir\_mirarya@iust.ac.ir

مصطفی اختیاری، دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، قزوین، ایران، m\_ektiari@yahoo.com

مهدی یزدانی، مریبی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، گروه مهندسی صنایع، قزوین، ایران، m\_yazdani@qiau.ac.ir

<sup>2</sup> Credit Risk

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؛ 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 قبل 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 برشمود:

برایت [۴ و ۵] 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. راسمن و بدارد [۶] ضمن بررسی استراتژی های مختلفی که وام دهنده‌گان 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 فرآیند ارزیابی مشتریان از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده کردن. ریتان و واگو [۷] طی تحقیقی ضمن معرفی فاکتورهای مهم و موثر جهت ارزیابی وام ها، توانایی کارشناسان در تعیین 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 کرdenد.

ادرز-وایت و ردی [۸] مرتن [۹]، لیلند و تافت [۱۰]، کولین-دافرسن و گلدستین [۱۱] و اخیراً لیاثو 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 نظری اطلاعات، نظرات های مالی و چرخه تجاری<sup>۶</sup> بوده و جنبه پیشگیرانه از وقوع ریسک اعتباری (همچون رتبه بندی اعتباری) در آنها کمزنگ 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].

<sup>6</sup> Cycle Condition  
<sup>7</sup> Business Cycle

نامناسب، خود را از پذیرش ریسک اضافی مصون می دارند. 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 عموق 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 برداشتهداران 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 اعطای 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، اندازه گیری و مدیریت مناسب ریسک اعتباری یاری نماید [۳].

سیستم های رتبه بندی اعتباری مختلفی برای تقسیم بندی مشتریان و امها مورد استفاده قرار می گیرند که یکی از متداول ترین آن ها، سیستم پنج C اعتباری<sup>۱</sup> 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؛ براساس تجربه گذشته، میزان تمایل و توان وام گیرنده به بازپرداخت اصل و فرع وام، به شخصیت و ویژگی های رفتاری وام گیرنده برمی گردد، (۲) سرمایه؛ میزان سرمایه، حقوق صاحبان سهام شرکت و نسبت بدھی های آن از شاخص های اصلی تعیین کننده توان شرکت در بازپرداخت بدھی هایش محسوب می شود، (۳) ظرفیت؛ ظرفیت و توان کسب درآمد نیز از معیارهای اصلی تعیین کننده وضعیت اعتباری وام گیرنده می باشد، (۴) وثیقه؛ زمانی که وام گیرنده از بازپرداخت تعهداتش خودداری ورزید، بانک

<sup>1</sup> Five C's of Credit

<sup>2</sup> Character

<sup>3</sup> Capital

<sup>4</sup> Capacity

<sup>5</sup> Collateral

تئوری تأثیر<sup>۲</sup> پیشنهاد کردند. وحدانی و دیگران [۳۰] یک مدل ویکور فازی بازه‌ای را برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه توسعه دادند، به طوری که مقادیر رتبه بندی عملکرد همانند اوزان معیارها به صورت اعداد فازی بازه ای بیان شدند. چنان [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 تصمیم‌گیری آزمایشی تعیین دادند. اپریکوویچ و ژنگ [۱۹] دو روش ویکور و تاپسیس را مورد مقایسه و ارزیابی قرار داده و بر مدل سازی و نرمال‌سازی آنها متتمرکز شدند. همچنین اپریکوویچ و ژنگ در تحقیقی دیگر [۲۵] روش ویکور را با روش‌های تصمیم‌گیری تاپسیس، پرمومتی و الکتری مقایسه کردند. صیادی و دیگران [۳۳] نیز مفهوم روش ویکور را برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه با اعداد بازه ای توسعه دادند. لازم به ذکر است در این مقالات مقدار بهینه وزن اهمیت شاخص‌ها حین فرایند تصمیم‌گیری در نظر گرفته نشده و نیز وزن اهمیت نظرات افراد تصمیم‌گیرنده در فرایند ارزیابی لحاظ نمی‌شود. چاترجی و دیگران [۳۴] نیز به منظور انتخاب روبات‌های صنعتی یک رویکرد ترکیبی از روش‌های ویکور و الکتری را پیشنهاد دادند.

ما در این مقاله قصد داریم از تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه ویکور برای حل مسئله رتبه بندی اعتباری مشتریان استفاده کنیم. از جمله موضوعات بسیار مهم در مسئله رتبه بندی اعتباری مشتریان، تعیین وزن اهمیت شاخص‌ها و وزن اهمیت افراد تصمیم‌گیرنده در حین فرایند ارزیابی است. به دلیل آن که همواره این موضوعات براساس قضاوت‌های ذهنی افراد صورت می‌گیرد، از این رو انگیزه اصلی این مقاله ارائه یک روش ویکور پیشنهادی است که در آن اولاً براساس تکنیک تصمیم‌گیری گروهی، اوزان اهمیت اثر نظرات تصمیم‌گیرندگان در فرایند تصمیم‌گیری (متغیرهای کلامی) در نظر گرفته شود. ثانیاً مقادیر بهینه وزن اهمیت شاخص‌ها در فرایند تصمیم‌گیری محاسبه شود. ثالثاً برای انجام فرآیند رتبه بندی، روش ویکور پیشنهادی از روش رأس (یکی از روش‌های اندازه گیری فاصله ای) استفاده می‌کند. 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 فازی به اعداد قطعی تبدیل نمی‌شوند. در غیر این صورت این موضوع می‌تواند

۱۷، ۱۸ و ۱۹]. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، برای حل مسائلی که مرتبط با انتخاب یک گزینه از میان مجموعه‌ای محدود از گزینه‌ها می‌باشد، به کار گرفته می‌شود. هر ماتریس تصمیم در تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، چهار جزء، اصلی را در بر می‌گیرد که عبارتند از: گزینه‌ها، شاخص‌ها، اهمیت نسبی هر شاخص و اندازه عملکرد شاخص‌ها برای گزینه‌های مختلف [۲۰].

برخی از کاربردهای مفید تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه که برای حل مسائل تصمیم‌گیری قطعی در محیط‌های صنعتی استفاده شده اند را می‌توان در مرور پژوهشی انجام شده توسط رائو [۲۱] ملاحظه کرد. لیانگ و وانگ [۲۲] یک رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره فازی را برای انتخاب روبات‌های صنعتی پیشنهاد دادند. در رویکرد آنها از تصمیم‌گیری گروهی در فرایند انتخاب روبات‌ها استفاده شد. چو و لین [۲۳] از یک روش تاپسیس فازی برای انتخاب روبات‌های صنعتی استفاده کردند. شینگ و رائو [۲۰] نیز یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه ترکیبی با عنوان رویکرد ماتریسی و تئوری گراف تحلیل سلسله مراتبی را به منظور پرداختن به حل مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه در محیط‌های 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 حوزه‌ها، مقایسه کردند.

در یک مسئله تصمیم‌گیری چند شاخصه، هدف یافتن بهترین جواب از میان کلیه گزینه‌های ممکن براساس چندین شاخص کمی و کیفی است [۲۴] چنین مسائلی توسط تکنیک‌هایی همچون ویکور<sup>۱</sup> [۱۹] که یکی از جدیدترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است، قابل حل است. روش ویکور به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، برای حل مسائل تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای متفاوت و غیر قابل اندازه گیری توسعه یافته است [۲۵]. این روش بر رتبه بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه‌ها متتمرکز شده و جواب‌های سازشی را برای یک مسئله با معیارهای متفاوت تعیین می‌کند. 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 تصمیم‌گیرندگان به تصمیم نهایی دست یابند.

با توجه به ادبیات موجود، روش ویکور در زمینه‌هایی همچون انتخاب محل [۲۶]، سیاست محیطی [۲۷] و تحلیل پوششی داده‌ها [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

<sup>2</sup> Regret theory

<sup>1</sup> VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)

فراهم آورد و  $L_{\infty,j}$  نیز می تواند اطلاعاتی را درباره حداقل اثر فردی مخالف<sup>۳</sup> را برای تصمیم گیرندگان ارائه نماید.  $w_i$  وزن اهمیت شاخص  $i$  است.

گام های اجرای الگوریتم ویکور به صورت زیر خواهد بود [۲۵]:  
(۱) تعیین بهترین ( $f_i^+$ ) و بدترین ( $f_i^-$ ) مقدار هر شاخص (برای  $i=1, \dots, m$ ). اگر شاخص  $i$  از نوع سود (مثبت) باشد، آن گاه داریم:

$$f_i^+ = \max_j \{a_{ij}\} \quad (2)$$

$$f_i^- = \min_j \{a_{ij}\} \quad (3)$$

(۲) محاسبه مقادیر  $S_j$  و  $R_j$  برای همه گزینه ها:  
اگر معیار  $j$  از نوع سود باشد، آن گاه مقادیر  $S_j$  و  $R_j$  مطابق زیر بدست می آیند:

$$S_j = \sum_{i=1}^m \frac{w_i (f_i^+ - a_{ij})}{f_i^+ - f_i^-} \quad (4)$$

$$R_j = \max_i \left\{ \frac{w_i (f_i^+ - a_{ij})}{f_i^+ - f_i^-} \right\} \quad (5)$$

به طوری که  $S_j$  و  $R_j$  به ترتیب اندازه مطلوبیت<sup>۴</sup> و اندازه تأثیر<sup>۵</sup> گزینه  $j$  ام می باشند.

(۳) تعیین مقادیر  $Q_j$  برای همه گزینه ها:

$$Q_j = v \left( \frac{S_j - S^*}{S^* - S^-} \right) + (1-v) \left( \frac{R_j - R^*}{R^* - R^-} \right) \quad (6)$$

بطوری که  $R^* = \min_j \{R_j\}$ ,  $S^- = \max_j \{S_j\}$ ,  $S^* = \min_j \{S_j\}$  و  $R^- = \max_j \{R_j\}$  می باشد.  $Q_j$  شاخص ویکور بوده و ارزش ویکور گزینه  $j$  ام را بیان می کند. وزنی برای استراتژی ماکزیمم مطلوبیت گروهی است که معمولاً برابر  $0.5$  می باشد [۲۵].

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

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

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 بازک ها ارائه می شود که در نهایت بهترین گزینه برای اعطای تسهیلات تعیین خواهد شد. نتیجه گیری و برخی پیشنهادات برای تحقیقات آتی نیز در بخش ۶ آورده می شوند.

## 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 با توجه 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<sup>۶</sup> به عنوان یکتابع یکپارچه در روش برنامه ریزی سازشی توسعه می یابد [۱۹]. گزینه ها به صورت  $A_1, \dots, A_n$  تعریف می شوند. برای گزینه  $A_j$  (برای  $j=1, \dots, n$ ) رتبه بندی براساس  $i$  امین (برای  $i=1, \dots, m$ ) 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:

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

در روش ویکور  $L_{1,j} = S_j = \sum_{i=1}^m [w_i (f_i^+ - a_{ij}) / (f_i^+ - f_i^-)]$  و  $L_{\infty,j} = R_j = \max_i \{w_i (f_i^+ - a_{ij}) / (f_i^+ - f_i^-)\}$  برای اندازه رتبه بندی مورد استفاده قرار می گیرند.  $L_{1,j}$  می تواند اطلاعاتی درباره ماکزیمم مطلوبیت گروهی<sup>۷</sup> را برای تصمیم گیرندگان

<sup>1</sup>.  $L_p$ -metric

<sup>2</sup>. Group Utility

<sup>3</sup>. Individual Regret

<sup>4</sup>. Utility measure

<sup>5</sup>. Regret measure

$$f_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x - a_1) / (a_2 - a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (a_3 - x) / (a_3 - a_2), & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & \text{در غیر این موارد} \end{cases} \quad (9)$$

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  $x \in [a_3, +\infty)$  برای همه  $x \in (-\infty, a_1]$  و  $f_{\tilde{A}}(x) = 0$ ; برای  $x \in [a_1, a_2]$   $f_{\tilde{A}}(x) = 1$  و برای  $x \in [a_2, a_3]$   $f_{\tilde{A}}(x) = x - a_2$ ; برای  $x = a_3$   $f_{\tilde{A}}(x) = 0$ . برش  $\alpha$  سطح اطمینان برای سطح  $\alpha$  عدد فازی  $\tilde{A}$  می‌تواند به صورت  $A_\alpha = \{x \in X | f_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha, \alpha \in [0, 1]\}$  تعریف شود.

**۲-۳. 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 می‌توان آن را به صورت  $n = [n, n, n]$  بیان کرد را در مجموعه  $R$  نشان می‌دهند [۴۱]:

$$(\tilde{A} + \tilde{B}) = [a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3] \quad (10)$$

$$(\tilde{A} - \tilde{B}) = [a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1] \quad (11)$$

$$(\tilde{A} \times \tilde{B}) \cong [a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3] \quad (12)$$

$$(\tilde{A} \div \tilde{B}) = \left[ \frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1} \right] \quad (13)$$

عملیات ماکزیمم (۷) و می‌نیمم (۸) اعداد فازی نیز به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$(\tilde{A} \vee \tilde{B}) = [a_1 \vee b_1, a_2 \vee b_2, a_3 \vee b_3] \quad (14)$$

$$(\tilde{A} \wedge \tilde{B}) = [a_1 \wedge b_1, a_2 \wedge b_2, a_3 \wedge b_3]. \quad (15)$$

### ۳-۳. روش رأس\*

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

(۱-۵) شرط ویزگی پذیرش:

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ \quad (7)$$

$$DQ = 1/(n - 1) \quad (8)$$

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 گزینه‌های موجود است.

(۲-۵) شرط ثبات پذیرش در تصمیم گیری:  
گزینه  $A^{(1)}$  باید هم چنین بهترین رتبه را در  $S$  یا  $(\omega)$   $R$  داشته باشد. این جواب سازشی در فرایند تصمیم گیری پایدار است، به طوری که اگر  $5/0 > \omega > 7$  باشد، استراتژی ماکزیمم مطلوبیت گروهی را به همراه داشته باشد و توافق عمومی<sup>۱</sup> یا عدم توافق (رد) زمانی حاصل می‌شود که به ترتیب  $5/0 \approx 7$  و  $7/0 \approx 5$  باشد.

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

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

(۲) اگر شرط اول برقرار نشد، گزینه‌های  $A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(n)}$  به طوری که  $A^{(n)}$  گزینه‌ای در موقعیت  $n$  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 قطعیت‌هایی روبرو می‌شوند. به عبارت دیگر، زبان طبیعی برای بیان ادراک یا قضایت همواره به صورت ذهنی، غیرقطعی یا مبهم است. برای رفع ابهام و ذهنی بودن قضایت تصمیم گیرندگان، تئوری مجموعه‌های 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 بندی‌های گزینه‌ها با توجه به معیارهای ارزیابی صورت گرفت. برای ارائه روش پیشنهادی، لازم است که در ابتدا برخی تعاریف و نمادهای مهم تئوری مجموعه‌های فازی از دو بیویز 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 می‌شود، اگر  $f_{\tilde{A}}(x)$  صورت زیر باشد:

<sup>1</sup>. Consensus

<sup>2</sup>. Veto

#### 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 ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ ) در نظر بگیرید به طوری که  $K$  فرد تصمیم گیرنده ( $D_1, D_2, \dots, D_K$ ) شاخص  $m$  ( $C_1, C_2, \dots, C_m$ ) را برای ارزیابی این گزینه ها مد نظر دارند. این ماتریس در جدول ۱ نشان داده شده است.

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

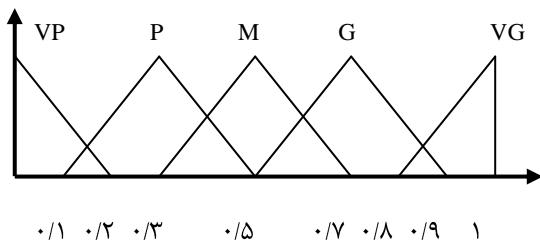
$$d_v(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (16)$$

مطلوب 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  $d_v(\tilde{A}, \tilde{B}) < d_v(\tilde{A}, \tilde{C})$ .

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

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

ارزیابی  $I$  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 (۰/۱ و ۰/۵) و (۰/۳ و ۰/۱) تعریف شوند. ماتریس فرد تصمیم گیرنده شاخص می تواند به صورت جدول (۲) باشد به طوری که (برای همه  $k$  ها و  $l$  ها) یک متغیر  $\tilde{X}_{kl} \in (X_{kl}^L, X_{kl}^m, X_{kl}^R)$

وزن شاخص  $i$  ام ( $C_i$  برای  $i=1, \dots, m$ ) است و  $a_{ijk} \in [-t, t]$  امتیاز اختصاص یافته توسط تصمیم گیرنده  $k$  ام ( $D_k$  برای  $k=1, \dots, K$ ) به گزینه  $j$  (برای  $j=1, \dots, n$ ) با توجه به شاخص  $i$  ام است.  $t$ - 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 دارد که می توانند در مورد گزینه ها نظرات متفاوتی را ارائه نمایند. فرض کنیم که به روشنی نمی توان میزان اثرگذاری افراد تصمیم گیرنده را در فرایند تصمیم گیری دریافت.

بنابراین چندین شاخص را برای ارزیابی این افراد در نظر می گیریم ( $C'_l$  برای  $l=1, \dots, L$ )، به طوری که امتیاز اختصاص یافته به هر فرد تصمیم گیرنده در ارتباط با شاخص  $\tilde{X}_{kl}$  مورد نظر به صورت یک متغیر کلامی تعریف می شود. 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

(برای همه  $i$  ها و  $j$  ها)

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

$$\begin{aligned} \tilde{a}_{11} &= (\pi_1^L a_{111} + \pi_2^L a_{112} + \dots + \pi_K^L a_{11K}), \\ \pi_1^m a_{111} + \pi_2^m a_{112} + \dots + \pi_K^m a_{11K}, \\ \pi_1^R a_{111} + \pi_2^R a_{112} + \dots + \pi_K^R a_{11K}) \end{aligned} \quad (19)$$

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

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

$$\begin{aligned} \tilde{\pi}_k &= (\pi_k^L, \pi_k^m, \pi_k^R) = \\ (x_{k1}^L \wedge x_{k2}^L \wedge \dots \wedge x_{kL}^L, \sum_{l=1}^L x_{kl}^m / L, x_{k1}^R \vee x_{k2}^R \vee \dots \vee x_{kL}^R) \end{aligned} \quad (17)$$

**گام ۲:** اگر  $a_{ijk}$  امتیاز اختصاص یافته توسط فرد  $k$  به گزینه  $j$  ام باشند، آن گاه می‌توان امتیاز کلی گزینه  $j$  ام نسبت به شاخص  $i$  ام (با توجه به نظرات کلیه تصمیم گیرندگان) را از طریق رابطه روبرو به دست اورد:

$$\begin{aligned} \tilde{a}_{ij} &= \sum_{k=1}^K \tilde{\pi}_k a_{ijk} \Rightarrow \\ (a_{ij}^L, a_{ij}^m, a_{ij}^R) &= (\sum_{k=1}^K \pi_k^L a_{ijk}, \sum_{k=1}^K \pi_k^m a_{ijk}, \sum_{k=1}^K \pi_k^R a_{ijk}) \end{aligned} \quad (18)$$

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

	$C'_1$	$C'_2$	...	$C'_L$	$\tilde{\pi}_k$
$D_1$	$\tilde{x}_{11}$	$\tilde{x}_{12}$	...	$\tilde{x}_{1L}$	$\tilde{\pi}_1$
$D_2$	$\tilde{x}_{21}$	$\tilde{x}_{22}$	...	$\tilde{x}_{2L}$	$\tilde{\pi}_2$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$D_K$	$\tilde{x}_{K1}$	$\tilde{x}_{K2}$	...	$\tilde{x}_{KL}$	$\tilde{\pi}_K$

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

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

تعريف می‌شود که هدف، ماکریتم سازی آن است. در واقع بیشتر شدن ( $w_j$ )، بهتر بودن گزینه  $j$  را به دنبال دارد.

[۴۳] بنابراین به جای ماکریتم 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  $Z_{j(3)}(w) = Z_j(w)^R - Z_j(w)^m$  و  $Z_{j(2)}(w) = Z_j(w)^m$  را ماکریتم کرد [۴۴]. سپس با استفاده از اپراتور ماکس- مین معرفی شده توسط زیرمن و زیستنو [۴۵] می‌توان سطوح دسترسي به همه

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

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

$$\tilde{Z}_j(w) = \sum_{i=1}^m \tilde{a}_{ij} w_i \quad (برای همه j ها) \quad (20)$$

به طوری که  $(\tilde{Z}_j(w) \in (Z_j(w)^L, Z_j(w)^m, Z_j(w)^R))$  (برای همه  $j$  ها). تابع  $\tilde{Z}_j(w) = \sum_{i=1}^m \tilde{a}_{ij} w_i$  نوعی تابع مطلوبیت فازی

$$\begin{aligned} Z_{j(3)}^+ &= \max Z_{j(3)}(w), \quad j=1, \dots, n \\ \text{s.t.:} \end{aligned} \quad (26)$$

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1, w_i \geq 0$$

$$\begin{aligned} Z_{j(3)}^- &= \min Z_{j(3)}(w), \quad j=1, \dots, n \\ \text{s.t.:} \end{aligned} \quad (27)$$

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1, w_i \geq 0$$

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

#### گام ۴: مقادیر

$$\begin{aligned} \tilde{f}_i^+ &\in (a_{i1}^L \vee a_{i2}^L \vee \dots \vee a_{in}^L, a_{i1}^m \vee a_{i2}^m \vee \dots \vee a_{in}^m, \\ a_{i1}^R \vee a_{i2}^R \vee \dots \vee a_{in}^R) = (f_i^{+L}, f_i^{+m}, f_i^{+R}) \end{aligned} \quad (28)$$

و

$$\begin{aligned} \tilde{f}_i^- &\in (a_{i1}^L \wedge a_{i2}^L \wedge \dots \wedge a_{in}^L, a_{i1}^m \wedge a_{i2}^m \wedge \dots \wedge a_{in}^m, \\ a_{i1}^R \wedge a_{i2}^R \wedge \dots \wedge a_{in}^R) = (f_i^{-L}, f_i^{-m}, f_i^{-R}) \end{aligned} \quad (29)$$

را برای همه شاخص‌ها محاسبه می‌کنیم. نتایج در جدول (۴) آورده شده است.

#### گام ۵: محاسبه مقادیر $S'_j$ و $R'_j$ برای همه گزینه‌ها:

اگر معیار  $j$  از نوع سود (ثبت) باشد، آنگاه مقادیر  $S'_j$  و  $R'_j$  مطابق زیر بدست خواهد آمد:

$$S'_j = \sum_{i=1}^m \frac{w_i^*(\tilde{f}_i^+ - \tilde{a}_{ij})}{\tilde{f}_i^+ - \tilde{f}_i^-} \quad (30)$$

$$R'_j = \max_i \left\{ \frac{w_i^*(\tilde{f}_i^+ - \tilde{a}_{ij})}{\tilde{f}_i^+ - \tilde{f}_i^-} \right\} \quad (31)$$

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

گزینه‌ها را یکپارچه ساخت. به عبارتی هدف بهینه‌سازی مدل (۲۱) است تا بتوان مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص‌ها را بدست آورد:

$$\begin{aligned} \max & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j \\ \text{s.t.:} \end{aligned} \quad \begin{cases} \frac{Z_{j(1)}^+ - Z_{j(1)}(w)}{Z_{j(1)}^+ - Z_{j(1)}^-} \geq \lambda_j, & j=1, \dots, n \\ \frac{Z_{j(2)}^-(w) - Z_{j(2)}^-}{Z_{j(2)}^+ - Z_{j(2)}^-} \geq \lambda_j, & j=1, \dots, n \\ \frac{Z_{j(3)}^-(w) - Z_{j(3)}^-}{Z_{j(3)}^+ - Z_{j(3)}^-} \geq \lambda_j, & j=1, \dots, n \\ \lambda_j \geq \alpha, \quad 0 \leq \lambda_j \leq 1, & j=1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^m w_i = 1, w_i \geq 0, & \end{cases} \quad (21)$$

به طوری که  $\alpha \in [0, 1]$  سطح برش  $\alpha$  بوده و  $\lambda_j$  (برای  $j = 1, \dots, n$ ) سطح دسترسی به گزینه  $j$  است. مقادیر  $w_i$  بهینه وزن اهمیت شاخص  $i$  ام، با توجه به حل مدل (۲۱) به دست می‌آید. مقادیر  $Z_{j(t)}^+$  و  $Z_{j(t)}^-$  (برای  $t = 1, 2, 3$ ) نیز به ترتیب توسط مدل‌های (۲۲-۲۷) بدست می‌آیند:

$$\begin{aligned} Z_{j(1)}^+ &= \min Z_{j(1)}(w), \quad j=1, \dots, n \\ \text{s.t.:} \end{aligned} \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1, w_i \geq 0,$$

$$\begin{aligned} Z_{j(1)}^- &= \max Z_{j(1)}(w), \quad j=1, \dots, n \\ \text{s.t.:} \end{aligned} \quad (23)$$

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1, w_i \geq 0,$$

$$\begin{aligned} Z_{j(2)}^+ &= \max Z_{j(2)}(w), \quad j=1, \dots, n \\ \text{s.t.:} \end{aligned} \quad (24)$$

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1, w_i \geq 0,$$

$$\begin{aligned} Z_{j(2)}^- &= \min Z_{j(2)}(w), \quad j=1, \dots, n \\ \text{s.t.:} \end{aligned} \quad (25)$$

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1, w_i \geq 0,$$

را به همراه داشته و توافق عمومی یا عدم توافق (رد) زمانی حاصل می شود که به ترتیب  $7 \approx 0/5$  و  $7 > 0/5$  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  $A^{(1)}, A^{(n)}, \dots, A^{(2)}$ ، به طوری که  $A^{(n)}$  گزینه ای در موقعیت  $n$  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 مسئله رتبه بندی اعتباری مشتریان در یک بانک را در نظر می گیریم. برای این مسئله فرض می کنیم که چهار مشتری  $\{A_1, A_2, A_3, A_4\}$  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 شاخص های پنج  $C$  اعتباری تحت عنوان شهرت و شخصیت اعتبار گیرنده ( $C_1, C_2$ ، سرمایه ( $C_3$ )، ظرفیت ( $C_4$ ) و وثیقه ( $C_5$ ) یک شاخص صحت اطلاعات ( $C_6$ ) 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  $[+2, -2]$  انتخاب می شود، به طوری که عبارات کلامی مربوط به این بازه به صورت خیلی خوب (+2)، نسبتاً خوب (+1)، بی طرفانه (0)، نسبتاً ضعیف (-1) و خیلی ضعیف (-2) است.

برای ارزیابی مشتریان، سه فرد تصمیم گیرنده  $\{D_1, D_2, D_3\}$  وجود دارند که وزن اهمیت نظرات این تصمیم گیرندهان 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 مسئله با استفاده از روش ویکور پیشنهادی به صورت زیر است:

**گام اول:** تصمیم گیرندهان با توجه به بازه  $[+2, -2]$  ارزیابی خود را درباره هر یک از مشتریان طبق جدول (۵) بیان می دارند.  
**گام دوم:** در جدول (۶) با توجه به شاخص های ارزیابی تصمیم گیرندهان، امتیازهای مربوط به هر فرد تصمیم گیرنده با در نظر گرفتن عبارات کلامی شکل (۱) ارائه شده است.

$$S'_j = \sum_{i=1}^m \frac{w_i^* d_{v_i}(\tilde{f}_i^+, \tilde{a}_{ij})}{d_{v_i}(\tilde{f}_i^+, \tilde{f}_i^-)} = \sum_{i=1}^m w_i^* \sqrt{\frac{1}{3} [(f_i^{+L} - a_{ij}^L)^2 + (f_i^{+M} - a_{ij}^M)^2 + (f_i^{+R} - a_{ij}^R)^2]} \quad (32)$$

$$R'_j = \max_i \left\{ \frac{w_i^* d_{v_i}(\tilde{f}_i^+, \tilde{a}_{ij})}{d_{v_i}(\tilde{f}_i^+, \tilde{f}_i^-)} \right\} = \max_i \left\{ w_i^* \sqrt{\frac{1}{3} [(f_i^{+L} - a_{ij}^L)^2 + (f_i^{+M} - a_{ij}^M)^2 + (f_i^{+R} - a_{ij}^R)^2]} \right\} \quad (33)$$

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

$$Q'_j = v \left( \frac{S'_j - S'^*}{S' - S'^*} \right) + (1-v) \left( \frac{R'_j - R'^*}{R' - R'^*} \right) \quad (34)$$

به طوری که:

$$R'^* = \max_j \{R'_j\} \quad R'^* = \min_j \{R'_j\} \quad S'^* = \max_j \{S'_j\} \quad S'^* = \min_j \{S'_j\} \quad \text{می باشد.}$$

**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:

(۱-۸) شرط ویژگی پذیرش:

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ \quad (35)$$

$$DQ = 1/(n-1) \quad (36)$$

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.

(۲-۸) 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  $> 0/5$  باشد، استراتژی ماکریم مطلوبیت گروهی

**گام چهارم:** با توجه به رابطه (۱۸)، در جدول (۸) میانگین وزنی هر درایه از جدول (۵) با توجه به اوزان اهمیت فازی نظرات تصمیم گیرندگان با توجه به رابطه (۱۷) ارائه شده است.

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 <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>n</sub>	W <sub>i</sub> <sup>*</sup>	$\tilde{f}_i^-$	$\tilde{f}_i^+$
C <sub>1</sub>	$\tilde{a}_{11}$	$\tilde{a}_{12}$	...	$\tilde{a}_{ln}$	W <sub>1</sub> <sup>*</sup>	$\tilde{f}_1^-$	$\tilde{f}_1^+$
C <sub>2</sub>	$\tilde{a}_{21}$	$\tilde{a}_{22}$	...	$\tilde{a}_{2n}$	W <sub>2</sub> <sup>*</sup>	$\tilde{f}_2^-$	$\tilde{f}_2^+$
:	:	:	:	:	:	:	:
C <sub>m</sub>	$\tilde{a}_{m1}$	$\tilde{a}_{m2}$	...	$\tilde{a}_{mn}$	W <sub>m</sub> <sup>*</sup>	$\tilde{f}_m^-$	$\tilde{f}_m^+$

جدول ۵. امتیازدهی افراد تصمیم گیرنده به گزینه ها در بازه [۰+۲-]

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
C <sub>1</sub>	(۰/۰۰۰-۱/۲)	(۰/۰۰۲-۱/۵)	(۰/۰۰۵-۰/۵)	(۰/۰۰۳-۱/۰)
C <sub>2</sub>	(۰/۰۰۱-۰/۲)	(۰/۰۰۱-۱/۲)	(۰/۰۰۱-۰/۱)	(۰/۰۰۲-۰/۲)
C <sub>3</sub>	(۰/۰۰۳-۰/۰۵)	(۰/۰۰۰-۰/۰۵)	(۰/۰۰۰-۰/۰۲)	(۰/۰۰۱-۰/۰۲)
C <sub>4</sub>	(۰/۰۰۱-۰/۰۳)	(۰/۰۰۱-۰/۰۵)	(۰/۰۰۰-۰/۰۱)	(۰/۰۰۰-۰/۰۱)
C <sub>5</sub>	(۰/۰۰۱-۱/۵)	(۰/۰۰۰-۰/۰۵)	(۰/۰۰۰-۰/۰۲)	(۰/۰۰۰-۰/۰۱)

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

	C <sub>1</sub> '	C <sub>2</sub> '	C <sub>3</sub> '	C <sub>4</sub> '
D <sub>1</sub>	P	P	M	VG
D <sub>2</sub>	VG	M	M	G
D <sub>3</sub>	M	P	VG	M

جدول ۷. وزن اهمیت فازی افراد تصمیم گیرنده

	C <sub>1</sub> '	C <sub>2</sub> '	C <sub>3</sub> '	C <sub>4</sub> '	(k=۱,۲,۳) برای $\tilde{\pi}_k$
D <sub>1</sub>	(۰/۰۰۵-۰/۰۱)	(۰/۰۰۳-۰/۰۱)	(۰/۰۰۷-۰/۰۱)	(۰/۰۰۱-۰/۰۱)	(۰/۰۰۱-۰/۰۵)
D <sub>2</sub>	(۰/۰۰۱-۰/۰۱)	(۰/۰۰۷-۰/۰۱)	(۰/۰۰۷-۰/۰۱)	(۰/۰۰۹-۰/۰۱)	(۰/۰۰۱-۰/۰۷)
D <sub>3</sub>	(۰/۰۰۷-۰/۰۱)	(۰/۰۰۱-۰/۰۱)	(۰/۰۰۱-۰/۰۱)	(۰/۰۰۷-۰/۰۱)	(۰/۰۰۱-۰/۰۷)

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

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
C <sub>1</sub>	(۰/۰۰۲-۰/۰۵۵)	(۰/۰۰۲-۰/۰۷۳)	(۰/۰۰۳-۰/۰۵۰)	(۰/۰۰۲-۰/۰۵۲)
C <sub>2</sub>	(۰/۰۰۳-۰/۰۳۴)	(۰/۰۰۲-۰/۰۷۵)	(۰/۰۰۰-۰/۰۶۱)	(۰/۰۰۲-۰/۰۳۶)
C <sub>3</sub>	(۰/۰۰۱-۰/۰۶۴)	(۰/۰۰۰-۰/۰۷۱)	(۰/۰۰۰-۰/۰۵۸)	(۰/۰۰۱-۰/۰۴۷)
C <sub>4</sub>	(۰/۰۰۱-۰/۰۲۸)	(۰/۰۰۰-۰/۰۳۲)	(۰/۰۰۰-۰/۰۴۸)	(۰/۰۰۰-۰/۰۳۷)
C <sub>5</sub>	(۰/۰۰۴-۰/۰۵۸)	(۰/۰۰۰-۰/۰۴۵)	(۰/۰۰۰-۰/۰۲۹)	(۰/۰۰۰-۰/۰۲۴)

**گام پنجم:** برای جدول (۸) با توجه به هر گزینه می توان یکتابع فازی از وزن اهمیت شاخص ها را طبق رابطه (۲۰) به صورت زیر تعیین کرد:

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

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

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

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

حال با توجه به مدل (۲۱) می‌توان 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 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{0.55395 - ((0.055 - 0.02)w_1 + (1.348 - 0.43)w_2 + (0.648 - 0.17)w_3 + (1.07 - 0.28)w_4 + (2.588 - 0.65)w_5)}{0.55395 - 0.2385} \geq \lambda_1, \\ \frac{(0.055w_1 + 1.348w_2 + 0.648w_3 + 1.07w_4 + 2.588w_5) - 0.3415}{0.769825 - 0.3415} \geq \lambda_1, \\ \frac{((0.02 - 0.055)w_1 + (2.3 - 1.348)w_2 + (1.1 - 0.648)w_3 + (1.8 - 1.07)w_4 + (4.5 - 2.588)w_5) - 0.3135}{0.588925 - 0.3135} \geq \lambda_1, \\ \\ \frac{1.2957 - ((2.108 - 0.73)w_1 + (2.753 - 0.77)w_2 + (0.713 - 0.05)w_3 + (-0.323 + 0.33)w_4 + (0.453 - 0.17)w_5)}{1.2957 - 1.07305} \geq \lambda_2, \\ \frac{(2.108w_1 + 2.753w_2 + 0.713w_3 - 0.323w_4 + 0.453w_5) - 1.4883}{1.8927 - 1.4883} \geq \lambda_2, \\ \frac{((3.3 - 2.108)w_1 + (4.7 - 2.753)w_2 + (1.5 - 0.713)w_3 + (-0.3 + 0.323)w_4 + (0.7 - 0.453)w_5) - 1.0142}{1.2298 - 1.0142} \geq \lambda_2, \\ \\ \frac{0.3130625 - ((0.338 - 0.15)w_1 + (0.618 - 0.29)w_2 + (0.583 - 0.25)w_3 + (0.488 - 0.11)w_4 + (1.298 - 0.59)w_5)}{0.3130625 - 0.233125} \geq \lambda_3, \\ \frac{(0.338w_1 + 0.618w_2 + 0.583w_3 + 0.488w_4 + 1.298w_5) - 0.40925}{0.5410625 - 0.40925} \geq \lambda_3, \\ \frac{((0.5 - 0.338)w_1 + (0.9 - 0.618)w_2 + (0.9 - 0.583)w_3 + (0.9 - 0.488)w_4 + (1.9 - 1.298)w_5) - 0.208875}{0.2864375 - 0.208875} \geq \lambda_3, \\ \\ \frac{1.0839 - ((1.205 - 0.34)w_1 + (2.02 - 0.4)w_2 + (1.47 - 0.44)w_3 + (0.373 - 0.19)w_4 + (0.725 - 0.24)w_5)}{1.0839 - 0.910475} \geq \lambda_4, \\ \frac{(1.205w_1 + 2.02w_2 + 1.47w_3 + 0.373w_4 + 0.725w_5) - 1.2511}{1.4604 - 1.2511} \geq \lambda_4, \\ \frac{((2 - 1.205)w_1 + (3.6 - 2.02)w_2 + (2.4 - 1.47)w_3 + (0.5 - 0.373)w_4 + (1.2 - 0.725)w_5) - 0.84765}{1.0146 - 0.84765} \geq \lambda_4, \end{array} \right.$$

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

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

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

$$w_2 = w_3,$$

$$w_2 \geq 0.05 + w_4,$$

$$w_4 \geq 0.05 + w_5,$$

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

**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)، با توجه به روابط (۳۲-۳۴) مقادیر بدست آمده برای معیارهای  $S'_j$ ,  $R'_j$  و  $Q'_j$  در مورد هرگزینه ارائه شده است (با فرض  $v=0.5$ ).<sup>۷</sup>

به طوری که در مدل (۳۷) برای تعیین حدود متغیرهای  $w_i$  (برای  $i=1, \dots, 5$ )، از رویکردهای رتبه بندی ضعیف، اکید و بازه ای استفاده شده و سطح برش  $\alpha = 0.4$  در نظر گرفته می شود. مدل (۳۷) با استفاده از بسته نرم افزاری لینگو حل شده و نتایج نهایی بدست آمده به صورت زیر می باشد:

$$w_5^* = 0/11, w_4^* = 0/23, w_3^* = 0/23, w_2^* = 0/43$$

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

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	w <sub>i</sub> <sup>*</sup>	f <sub>i</sub> <sup>-</sup>	f <sub>i</sub> <sup>+</sup>	
C <sub>1</sub>	(۰/۰۵۵۰/۰۲)	(۰/۰۷۳۰/۰۲)	(۰/۰۸۰۰/۰۳۸)	(۰/۰۱۵۰/۰۵)	(۰/۰۳۴۰/۰۲)	۰/۰۴۳	(۰/۰۲۰۰/۰۵۵)	(۰/۰۷۳۰/۰۲)
C <sub>2</sub>	(۰/۰۴۳۰/۰۲/۰۳)	(۰/۰۷۷۰/۰۷۵۳)	(۰/۰۹۶۰/۰۶۱۸)	(۰/۰۲۹۰/۰۹)	(۰/۰۴۲۰/۰۲)	۰/۰۲۳	(۰/۰۲۹۰/۰۶۱۸)	(۰/۰۷۷۰/۰۷۵۳)
C <sub>3</sub>	(۰/۰۱۷۰/۰۶۴۸)	(۰/۰۷۱۰/۰۱۳۴)	(۰/۰۰۵۰/۰۱۵)	(۰/۰۲۵۰/۰۹)	(۰/۰۴۴۰/۰۲)	۰/۰۲۳	(۰/۰۵۰۰/۰۵۸۳)	(۰/۰۴۴۰/۰۲)
C <sub>4</sub>	(۰/۰۲۸۰/۰۱۰۷)	(۰/۰۳۳۰/۰۰۳۲)	(۰/۰۱۱۰/۰۴۸۸)	(۰/۰۱۹۰/۰۹)	(۰/۰۱۹۰/۰۵)	۰/۰۱۱	(۰/۰۳۲۰/۰۰۳۲)	(۰/۰۳۸۰/۰۱۰۷)
C <sub>5</sub>	(۰/۰۸۵۰/۰۵۸۸)	(۰/۰۱۷۰/۰۴۵۳)	(۰/۰۰۵۹۰۱/۰۲۹۸)	(۰/۰۰۱۰/۰۱۹)	(۰/۰۲۴۰/۰۷۲۵)	۰/۰۲۴	(۰/۰۱۷۰/۰۴۵۳)	(۰/۰۸۵۰/۰۵۸۸)

**جدول ۱۰. مقادیر  $S'_j$ ,  $R'_j$  و  $Q'_j$  برای همه گزینه ها**

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	S' <sup>*</sup>	S <sup>-</sup>	R' <sup>*</sup>	R <sup>-</sup>
$S'_j$	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	۰/۰۹۱۱	۰/۰۸۷	-	-	-	-

اعتباری خود استفاده می کنند. یکی از موضوعات و ملزمومات 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 بین منظور مورد استفاده قرار گیرد. همچنین روش ویکور که یکی از روش های توأم نمند 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 کارانتر 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 مسئله 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

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

**جدول ۱۱. رتبه بندی گزینه ها براساس معیارهای S', R' و Q'**

رتبه	۱	۲	۳	۴
توسط S'	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>
توسط R'	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>
توسط Q'	A <sub>2</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>

**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 {A<sub>4</sub> و A<sub>2</sub>} 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

- 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.

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

- [1] فلاح شمس، م. ف، رشنو، م، "مدیریت ریسک اعتباری در بانک ها و موسسات مالی و اعتباری (مفاهیم و مدل ها)", جاپ اول، انتشارات دانشکده علوم اقتصادی، تهران، ۱۳۸۷.
- [2] آزادی مقدم آرانی، ع، امین ناصری، م، قفسی پور، س. ح، "مدل ارزیابی وام های بانکی با استفاده از تکنیک AHP"، اولین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، تهران، ۱۳۸۳.
- [3] رجب زاده قطری، ع، بهرام میرزاپور، آ، احمدی، پ، "طراحی سیستم هوشمند ترکیبی رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک ها با استفاده از مدل های استدلای فازی ترکیبی"، تشریه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۵۳، سال ۱۳۸۸.
- [4] 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](http://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

- "*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.,

*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).