فصلنامه علمی ـ پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی سال نهم، شماره ۲۵، تابستان۹۱
صفحات ۱۶۱ تا ۱۷۹

معرفی یک روش ویکور توسعه یافته برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها

مصطفی اختیاری *

چکیده

امروزه بسیاری از بانک‌های داخلی کشور نوعی ریسک اعتباری را تجربه می‌کنند که از پیامدهای آن می‌توان افزایش مطالبات معوق بانک‌هاو مشکل عدم بازپرداخت وام‌های بانک مرکزی را برشمرد. بنابراین استقرار یک سیستم مدیریت ریسک اعتباری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. سیستم معتبر پنج C اعتباری یکی از سیستم های رتبه بندی مشتریان است که می تواند برای مدیریت ریسک اعتباری در نظر گرفته شود. از سوی دیگر وجود یک ابزار مناسب نیز برای استقرار این سیستم لازم است. روش ویکور یکی از ابزارهای کارآمد برای رتبه بندی گزینه‌های ممکن است که می‌تواند برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله یک روش ویکور توسعه یافته پیشنهاد خواهد شد که می‌تواند در فرایند تصمیم‌گیری مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص‌را ارائه نماید. برای تشریح روش پیشنهادی یک مثال عددی درباره مسأله رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک ارائه و

* کارشناس ارشد مهندسی صنایع ـ دانشگاه آزاد قزوین، ایران (نویسنده مسئول) Email: mostafa.ekhtiari@gmail.com
تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۲۷

بهترین گزینه موجود برای اعطای تسهیلات تعیین خواهد شد.
واژگان کلیدی: تصمیم‌گیری چند شاخصه، روش ویکور، رتبه‌بندی اعتباری، سیستم پنج C اعتباری

مقدمه

ریسک اعتباری[1] یکی از مهم ترین ریسک‌هایی است که نهادهـای پولی و مالی همچون بانک‌هارا تحت تأثیر قرار می‌دهد. ریسک اعتباری 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. به عبارت دیگر مطابق این ریسک، بازپرداخت‌ها یا با تأخیر انجام شده و یا اصلاً وصول نمی‌شوند. این امر موجب ایجاد مشکلاتی در گردش وجوه نقد بانک‌ها می‌شود. 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 بر می گردد [۲].

ریسک اعتباری به عنوان اصلی‌ترین علت ورشکستگی بانک‌هامحسوب می‌شود [۲]. 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، تدابیر لازم را برای حذف و یا کاهش ریسک اعتباری اتخاذ نمایند. در این راستا بانک‌ها با طبقه‌بندی اعتبارات و و عدم پذیرش وام‌هاو اعتبارات نامناسب خود را از پذیرش ریسک اضافی مصون می‌دارند. بدون تبعیت از یک سیستم مدیریت ریسک اعتباری مناسب، تأثیر زیان عملیات بانکی غیر قابل پیش‌بینی خواهد بود [۲]. بنابراین یک سیستم رتبه‌بندی[2] و امتیازدهی[3] اعتباری مشتریان مناسب و کارآمد می‌تواند در شناسایی، اندازه‌گیری و

1- Credit Risk
2- Rating
3- Scoring

مدیریت بر ریسک اعتباری یاری نماید. سیستم‌های رتبه بندی اعتباری برای تقسیم بندی مشتریان وام‌هامورد استفاده قرار می گیرند که یکی از متداول‌ترین آن‌ها، سیستم پنج C اعتباری[1] است [۲]. براساس این سیستم، اشخاص خبره با تحلیل پنج شاخص اصلی و وزن دهی ذهنی به آن‌هابه تصمیم اعتباری دست خواهند یافت. شاخص‌های اصلی این سیستم عبارتند از [۲]:

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 ویژگی‌های رفتاری وام گیرنده بر می گردد.

۲) سرمایه[3]: میزان سرمایه، حقوق صاحبان سهام شرکت و نسبت بدهی های آن از شاخص‌های 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 می‌باشد.

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.

۵) شرایط دوره[6]: شرایط اقتصادی بازار نیز از شاخص‌های مهم تعیین کننده ریسک اعتباری بانک‌ها می‌باشد.

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 مدل‌های پیشنهادی برای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان تحقیقات

1- Five Cs of Credit
2- Character
3- Capital
4- Capacity
5- Collateral
6- Cycle Condition

ادرز- وایت و ردی[۱] [۱۹]، مرتون[۲] [۱۸]، لیلند و تافت[۳] [۱۰]، لانگستاف و شوارتز[۴] [۱۶]، کولین ـ دافرسن و گلدستین[۵] [۴] و اخیراً لیائو و دیگران[۶] [۱۵] و مارکوسی و کواگلیاریلو[۷] [۱۷] را نام برد.

یکی از مناسب‌ترین ابزارهای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها را می‌توان تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه[۸] معرفی کرد. امروزه در تصمیم گیری‌های با اهمیت، مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه به طرز گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۵، ۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۲۱]. در یک مسأله تصمیم‌گیری چند شاخصه، هدف یافتن بهترین جواب سازشی از میان کلیه گزینه‌های ممکن براساس چندین شاخص کمی و کیفی است [۱۴]. چنین مسائلی توسط تکنیک هایی همچون ویکور[۹] [۲۱] که یکی از جدیدترین روش‌های تصمیم گیری چند معیاره[۱۰] است، قابل حل است.

روش ویکور به عنوان یکی از روش‌های تصمیم گیری چند شاخصه، برای حل مسائل تصمیم گیری گسسته با معیارهای متضاد و غیر قابل اندازه گیری توسعه یافته است [۲۲]. این روش بر رتبه بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه‌هامتمرکز شده و جواب های سازشی را برای یک مسأله با معیارهای متضاد تعیین می کند. این روش قابلیت آن را دارد که تصمیم گیرندگان به تصمیم نهایی دست یابند. جواب سازشی یک جواب ممکن به نزدیکترین جواب ایده‌آل بوده و سازش نیز یک توافق در جهت تبادلات دوسویه می باشد [۲۲].

با توجه به ادبیات موجود، روش ویکور در زمینه‌هایی همچون انتخاب محل [۲۷]، سیاست محیطی [۲۶] و تحلیل پوششی داده‌ها[۲۵] مورد استفاده قرار گرفته است. همین طور درباره توسعه این روش، تاکنون تحقیقاتی ارائه شده است. برای مثال، هوانگ و دیگران[۱۱] [۶] یک مدل ویکور توسعه یافته را براساس مفهوم تئوری

1- Odders-White and Ready
2- Merton
3- Leland and Toft
4- Longstaff and Schwartz
5- Collin-Dufresne and Goldstein
6- Liao et al.
7- Marcucci and Quagliariello
8- Multiple Attribute Decision Making (MADM)
9- VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR)
10- Multiple Criterion Decision Making (MCDM)
11- Huang et al.

تأثر[1] پیشنهاد کردند. وحدانی و دیگران[2] [۲۸] یک مدل فازی مقدار بازه ای[3] را برای حل مسائل تصمیم گیری چند شاخصه توسعه دادند، به طوری که مقادیر رتبه بندی همانند اوزان معیارها به صورت اعداد فازی مقدار بازه ای بیان شدند. چانگ [۳] 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[4] [۳۱] نیز روش ویکور را براساس روش های فرایند تحلیل شبکه[5] و ارزیابی تصمیم گیری آزمایشی تعمیم دادند. اپریکوویچ و ژنگ[6] [۲۱] دو روش ویکور و تاپسیس[7] را مورد مقایسه و ارزیابی قرار داده و بر مدل سازی و نرمال سازی آن متمرکز شدند. اپریکوویچ و ژنگ [۲۲] روش ویکور را با روش های تصمیم گیری تاپسیس، پرومتی[8] و الکتر[9] مقایسه کردند و صیادی و دیگران[10] [۲۴] نیز مفهوم روش ویکور را برای حل مسائل تصمیم گیری چند شاخصه با اعداد بازه‌ای توسعه دادند.

در حال حاضر در نظام بانکداری کشورمان، عدم بازپرداخت تسهیلات به یکی از بزرگترین مسائل تبدیل شده است و به دلیل عدم وجود یک سیستم مناسب برای تخصیص مناسب تسهیلات، بانک‌هادچار مشکلات عدیده‌ای از جمله مشکل تخصیص اعتبارات، مشکل ناتوانی در بازپرداخت وام های بانک مرکزی و یا بیشتر شدن مقدار تسهیلات از مقدار بازپرداختی و افزایش مقدار مطالبات معوق[11] شده‌اند. از راهکارهای حل این مشکل رتبه بندی اعتباری مشتریان است، به این معنی که بانک براساس شاخص‌های معتبری به مشتریانش امتیازاتی را اعطا نماید و در نهایت براساس این امتیازات رتبه مشتریانش را برای اعطای تسهیلات مشخص نماید[۱]. از

1- Regret Theory
2- Vahdani et al.
3- Interval-valued Fuzzy VIKOR
4- Yang et al.
5- Analytic Network Process
6- Opricovic and Tzeng
7- TOPSIS
8- PROMETHEE
9- ELECTRE
10- Sayadi et al.
11- Non-performing Loans

این رو انگیزه اصلی ما در این مقاله، استفاده از روش ویکور برای رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها است که در آن از چند شاخص معتبر سیستم پنج C اعتباری استفاده خواهد شد. هم چنین توسعه روش ویکور از انگیزه های دیگر خواهد بود. به‌گونه‌ای که علاوه بر ارائه یک روش ویکور پیشنهادی که بتواند مقدار بهینه وزن هر شاخص را بدست آورد، از تکنیک تصمیم‌گیری گروهی نیز برای دستیابی به نتایج بهتر استفاده خواهد شد.

این مقاله به این صورت ادامه می یابد که در بخش ۲ مروری بر روش ویکور شده و روش ویکور پیشنهادی نیز در بخش ۳ ارائه می شود. برای تشریح روش ویکور پیشنهادی، در بخش ۴ یک مثال عددی درباره مسأله رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها ارائه می‌شود که در نهایت بهترین گزینه برای اعطای تسهیلات تعیین خواهد شد. نتیجه‌گیری و برخی پیشنهادات برای تحقیقات آتی نیز در بخش ۵ آورده می شوند.

روش ویکور

روش ویکور برای بهینه سازی مسائل چند معیاره در سیستم های پیچیده معرفی شد [۲۱]. این روش یک مجموعه رتبه‌بندی شده از گزینه‌های موجود را باتوجه به شاخص‌های متضاد تعیین می‌کند. هدف اصلی روش ویکور نزدیکی بیشتر به جواب ایده‌آل هر شاخص است، به طوری که رتبه بندی گزینه‌هابراساس این هدف صورت می گیرد [۲۰]. 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 [۲۲].

اندازه‌گیری چند معیاره برای رتبه‌بندی سازشی با استفاده از ال‌پی ـ متریک[1] به عنوان یک تابع یکپارچه در روش برنامه‌ریزی سازشی توسعه می‌یابد [۲۱]. گزینه‌هابه صورت A_1،...،A_n تعریف می شوند. برای گزینه A_j (برای $j = 1$،...،n) رتبه بندی براساس i امین (برای $i = 1$،...،m) شاخص به صورت a_{ij} خواهد بود. به

1- Lp-metric

عبارتی a_{ij} ارزش i امین شاخص برای گزینه A_j است، به طوری که n تعداد گزینه‌هابوده و m تعداد شاخص‌ها است. توسعه روش ویکور با شکل ال‌پی ـ متریک زیر آغاز گردید:

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

به طوری که $1\le P\le\infty$ بوده و $i=1,2,...,m$. 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 رتبه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند. $L_{1,j}$ می‌تواند اطلاعاتی درباره ماکزیمم مطلوبیت گروهی[1] را برای تصمیم گیرندگان فراهم آورد و $L_{\infty,j}$نیز می‌تواند اطلاعاتی را درباره حداقل اثر فردی مخالف[2] را برای تصمیم گیرندگان ارائه نماید. w_i وزن اهمیت شاخص i ام است.

گام های اجرای الگوریتم ویکور به صورت زیر خواهند بود:

۱) تعیین بهترین (f_i^+) و بدترین (f_i^-) مقدار هر شاخص (برای $i=1,2,...,m$). اگر شاخص i ام از نوع مثبت (سود) باشد، آن گاه داریم:

$$f_i^+=\max_j\{a_{ij}\},\ f_i^-=\min_j\{a_{ij}\} \quad (۲)$$

۲) محاسبه مقادیر S_j و R_j برای همه گزینه‌ها:

اگر معیار j ام از نوع مثبت باشد، آن گاه مقادیر S_j و R_j مطابق زیر بدست خواهند آمد:

$$S_j=\sum_{i=1}^{m}\frac{w_i(f_i^+-a_{ij})}{f_i^+-f_i^-} \quad (۳)$$

$$R_j=\max_i\left\{\frac{w_i(f_i^+-a_{ij})}{f_i^+-f_i^-}\right\} \quad (۴)$$

به طوری که S_j و R_j به ترتیب اندازه مطلوبیت[3] و اندازه عدم اثر[4] گزینه j ام می‌باشند.

۳) تعیین مقادیر Q_j برای همه گزینه ها:

1- Group Utility
2- Individual Regret
3- Utility measure
4- Regret measure

$$Q_j = v\left(\frac{S_j - S^*}{S^- - S^*}\right) + (1-v)\left(\frac{R_j - R^*}{R^- - R^*}\right) \quad (۵)$$

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. Q_j شاخص ویکور بوده و ارزش ویکورگزینه j ام را بیان می‌کند. v وزنی برای استراتژی ماکزیمم مطلوبیت گروهی[1] است که معمولاً برابر ۰/۵ می‌باشد [۷ و ۲۰].

۴) رتبه بندی گزینه‌هابراساس ترتیب نزولی مقادیر بدست آمده برای S_j، R_j و Q_j.

۵) انتخاب بهترین گزینه [۲۲]:

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

شرط ویژگی پذیرش

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ \quad (۶)$$

$$DQ = \frac{1}{n-1} \quad (۷)$$

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،

n تعداد گزینه های موجود.

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 تصمیم‌گیری پایدار است، به طوری که اگر۰/۵ < v باشد، استراتژی ماکزیمم مطلوبیت گروهی را به همراه داشته و توافق عمومی[2] یا عدم توافق (رد[3]) زمانی حاصل می شود که به ترتیب ۰/۵ ≈ v و ۰/۵ > v باشد.

اگر یکی از شروط بالا برقرار نشود، آن گاه یک مجموعه جواب‌های سازشی به

1- Group utility
2- Consensus
3- Veto

صورت زیر پیشنهاد می شوند:

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

۲. اگر شرط اول برقرار نشد، گزینه‌های $A^{(1)}$، $A^{(2)}$،...، $A^{(n)}$،

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

روش ویکور پیشنهادی

در این بخش رویکردی برای توسعه روش ویکور پیشنهاد می‌شود که براساس آن می توان مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص‌هارا برای دستیابی به نتایج بهتر تعیین نمود. این روش پیشنهادی قادر است تا براساس رویکرد α-cut فرایند تصمیم‌گیری را مطلوب‌تر نماید.

ماتریس تصمیم‌گیری گروهی چند شاخصه جدول (۱) را در حالت کلی برای n گزینه در نظر بگیرید که k فرد تصمیم گیرنده m شاخص را برای ارزیابی این گزینه‌ها مد نظر دارند:

جدول ۱. امتیازدهی افراد تصمیم گیرنده به گزینه‌هاباتوجه به هر شاخص

	A_1	A_2	...	A_n	
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

به طوری که $w_i \in [0,1]$ امتیاز وزن شاخص i ام (برای $i = 1,\ldots,m$) است. ما در این مقاله رویکردی را پیشنهاد خواهیم کرد تا با دستیابی به مقدار بهینه وزن اهمیت شاخص‌ها، بتوان دقت جواب نهایی را افزایش داد. $a_{ijk} \in [-t,t]$ امتیاز اختصاص یافته توسط تصمیم گیرنده k ام (برای $k = 1,\ldots,K$) به گزینه j ام (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 بی‌تفاوت بودن فرد تصمیم گیرنده را در فرایند

ارزیابی نشان می دهد. الگوریتم پیشنهادی برای توسعه روش ویکور به صورت زیر می‌باشد:

گام ۱: فرض کنیم k فرد تصمیم‌گیرنده وجود دارند که می توانند در مورد گزینه‌ها نظرات متفاوتی را ارائه نمایند، به طوری که وزن اهمیت نظرات هریک از تصمیم گیرندگان متفاوت خواهد بود. بنابراین اگر $\mu_k \geq 0$ وزن اهمیت نظرات فرد تصمیم گیرنده k ام باشد، آن گاه خواهیم داشت: $\sum_{k=1}^{K} \mu_k = 1$.

گام ۲: ماتریس تصمیم جدول (۱) را با توجه به گام ۱ می توان به صورت ماتریس تصمیم جدول (۲) در نظر گرفت:

جدول ۲. میانگین وزنی امتیازهای اختصاص یافته به گزینه ها

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

اگر a_{ijk} امتیاز اختصاص یافته توسط فرد k ام به گزینه j ام باتوجه به شاخص i ام باشد، آن گاه:

$$\bar{a}_{ij} = \sum_{k=1}^{K} \mu_k a_{ijk} \quad \text{(برای همه iها و j ها)} \qquad (۸)$$

به طوری که $\bar{a}_{ij}$ میانگین وزنی امتیازات اختصاص یافته به گزینه j ام باتوجه به شاخص i ام و با در نظر گرفتن وزن اهمیت نظرات همه تصمیم گیرندگان است.

گام ۳: محاسبه مقدار بهینه وزن اهمیت شاخص‌ها(w_i برای $i = 1, 2, ..., m$):

در مورد هر گزینه می توان تابعی از وزن اهمیت شاخص‌هارا به صورت زیر در نظر گرفت [۳۰]:

$$Z_j(w) = \sum_{i=1}^{m} \bar{a}_{ij} w_i \quad \text{(برای همه j ها)} \qquad (۹)$$

اگر $Z_j^+ = t$ و $Z_j^- = -t$ باشند، آن گاه با استفاده از اپراتور ماکس ـ مین معرفی شده توسط زیمرمن و زیسنو[1] [۳۲] می توان سطوح دسترسی[1] به همه گزینه‌هارا

1- Zimmermann and Zysno

یکپارچه ساخت. بعبارتی هدف ما بهینه سازی مدل (۱) است تا بتوانیم مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص‌هارا بدست آوریم:

مدل (۱)

$$\max \quad \sum_{j=1}^{n} \lambda_j$$
$$s.t:$$
$$\frac{Z_j(w) - Z_j^-}{Z_j^+ - Z_j^-} \geq \lambda_j, \quad j = 1,...,n$$
$$\lambda_j \geq \alpha, \quad j = 1,...,n$$
$$\sum_{i=1}^{m} w_i = 1, w_i \geq 0,$$

به طوری که $\alpha \in [0,1]$ سطح α-cut بوده و λ_j (برای $j = 1،...،n$) سطح دسترسی به گزینه j ام است. w_i^* مقدار بهینه وزن اهمیت شاخص i ام (برای $i = 1،...،m$)، با توجه به حل مدل (۱) است. رویکردهای تعیین حدود متغیر w_i را می توان به صورت زیر در نظر گرفت [۸، ۲۳ و ۲۹]:

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 $i \neq j$

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 $f_i^+ = \max(\bar{a}_{i1}, \bar{a}_{i2},..., \bar{a}_{in})$ و $f_i^- = \min(\bar{a}_{i1}, \bar{a}_{i2},..., \bar{a}_{in})$ را برای همه شاخص‌هام حاسبه می کنیم. نتایج در جدول (۳) آورده شده‌اند:

1- Achievement Levels

جدول ۳. وزن اهمیت و مقادیر ایده آل و ضد ایده آل هر شاخص

	A_1	A_2	...	A_n		f_i^-	f_i^+
C_1	$\bar{a}_{11}$	$\bar{a}_{12}$	...	$\bar{a}_{1n}$	w_1^*	f_1^-	f_1^+
C_2	$\bar{a}_{21}$	$\bar{a}_{22}$	...	$\bar{a}_{2n}$	w_2^*	f_2^-	f_2^+
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C_m	$\bar{a}_{m1}$	$\bar{a}_{m2}$	...	$\bar{a}_{mn}$	w_m^*	f_m^-	f_m^+

گام ۵: محاسبه مقادیر S_j و R_j برای همه گزینه ها:

اگر معیار j ام از نوع مثبت باشد، آن گاه مقادیر S_j و R_j مطابق زیر بدست خواهند آمد:

$$S_j = \sum_{i=1}^{m} \frac{w_i^*(f_i^+ - \bar{a}_{ij})}{f_i^+ - f_i^-} \quad (۱۰)$$

$$R_j = \max_i \left\{ \frac{w_i^*(f_i^+ - \bar{a}_{ij})}{f_i^+ - f_i^-} \right\} \quad (۱۱)$$

گام ۶: تعیین مقادیر Q_j برای همه گزینه‌ها (مطابق گام (۳) در بخش ۲).

گام ۷: رتبه بندی گزینه‌هاب راساس ترتیب نزولی مقادیر بدست آمده برای S_j، R_j و Q_j (مطابق گام (۴) در بخش ۲).

گام ۸: انتخاب بهترین گزینه (مطابق گام (۵) در بخش ۲).

مثال عددی

برای تشریح روش ویکور پیشنهادی، یک مثال عددی درباره مسأله رتبه‌بندی اعتباری مشتریان در یک بانک را در نظر می‌گیریم. برای این مسأله فرض می‌کنیم که چهار مشتری {A1،A2،A3وA4} 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 (C1)، سرمایه (C2)، ظرفیت (C3) و وثیقه (C4) و یک شاخص صحت اطلاعات (C5) برای ارزیابی این مشتریان در نظر گرفته می‌شود که همگی این

شاخص‌هااز نوع مثبت هستند. برای ارزیابی مشتریان، سه فرد تصمیم گیرنده {D1، D2 وD3} وجود دارند که اهمیت نظرات هر یک متفاوت می‌باشد، به طوری که وزن اهمیت نظرات این تصمیم گیرندگان به ترتیب به صورت $\mu_1 = 0/3$، $\mu_2 = 0/2$ و $\mu_3 = 0/5$ است. امتیازهای اختصاص یافته به هر گزینه با توجه به هر شاخص از بازه [۲+ و۲-] انتخاب می‌شود، به طوری که متغیرهای کلامی مربوط به این بازه به صورت خیلی خوب (۲+)، نسبتاً خوب (۱+)، بی طرفانه (۰)، نسبتاً ضعیف (۱-) و خیلی ضعیف (۲-) است.

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

گام اول: در ماتریس تصمیم جدول (۴)، تصمیم گیرندگان با توجه به بازه [۲+ و۲-] ارزیابی خود را درباره هریک از مشتریان این گونه بیان می دارند:

جدول ٤. امتیازدهی افراد تصمیم گیرنده به گزینه‌هادر بازه [۲+ و ۲-]

	A1	A2	A3	A4
C1	(۱- و۰ و۱/۲)	(۱/۵ و۲ و۰/۲-)	(۰ و۰/۵ و۰)	(۱ و۰/۷ و۰/۳)
C2	(۱ و۰/۲- و۱/۵-)	(۱/۲ و۱/۵ و۲)	(۰/۱- و۱ و۰)	(۲ و۰/۲ و۱/٤)
C3	(۰/۵ و۰/۳ و۰/۳)	(۰ و۰/۵- و۲)	(۰/۲- و۰/۸ و۰/۳)	(۱/۲ و۱ و۰/۲)
C4	(۱ و۰/۵ و۰/۳)	(۱/۲ و۱/۵- و۰)	(۰ و۰/۱ و۰/۸)	(۰/۱ و۰/۷ و۰/۳-)
C5	(۱/۵ و۱ و۲)	(۰/۲ و۰/۵ و۰)	(۰ و۲ و۰/۱-)	(۰/۱ و۰/٦ و۰/۵)

گام دوم: در ماتریس تصمیم جدول (۵) میانگین وزنی هر درایه از ماتریس تصمیم جدول (۴) با توجه به اوزان اهمیت نظرات تصمیم گیرندگان ارائه شده است:

جدول ۵. میانگین وزنی امتیازهای اختصاص یافته در جدول (٤)

	A1	A2	A3	A4
C1	-۰/۱٤	۱/۰۹	۰/۱	۰/۷۳
C2	۰/۰۱	۱/۵	۰/۱۵	۱/٤٦
C3	۰/٤	۰/۵	۰/۱۵	۰/٦۸
C4	۰/٦۹	۰/۳	۰/۲٦	۰/۱
C5	۱/۵۵	۰/۲	۰/۳۷	۰/۳۲

گام سوم: در جدول (۵)، با توجه به هر گزینه می‌توان یک تابع از وزن اهمیت شاخص‌ها را به صورت زیر تعیین نمود:

$$Z_1(w) = -0/14w_1 + 0/01w_2 + 0/4w_3 + 0/69w_4 + 1/55w_5$$
$$Z_2(w) = 1/09w_1 + 1/5w_2 + 0/5w_3 + 0/3w_4 + 0/2w_5$$
$$Z_3(w) = 0/1w_1 + 0/15w_2 + 0/15w_3 + 0/26w_4 + 0/37w_5$$
$$Z_4(w) = 0/73w_1 + 1/46w_2 + 0/68w_3 + 0/1w_4 + 0/32w_5$$

به طوری که $Z_j^- = -2$ و $Z_j^+ = +2$ (برای $j = 1,...,4$) است.

حال با توجه به مدل (۱) می توان مقادیر بهینه وزن اهمیت هر شاخص را مطابق با مدل (۲) بدست آورد:

مدل (۲)

$$\max \quad (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4),$$
$$s.t:$$
$$\frac{(-0/14w_1 + 0/01w_2 + 0/4w_3 + 0/69w_4 + 1/55w_5) - (-2)}{4} \geq \lambda_1,$$
$$\frac{(1/09w_1 + 1/5w_2 + 0/5w_3 + 0/3w_4 + 0/2w_5) - (-2)}{4} \geq \lambda_2,$$
$$\frac{(0/1w_1 + 0/15w_2 + 0/15w_3 + 0/26w_4 + 0/37w_5) - (-2)}{4} \geq \lambda_3,$$
$$\frac{(0/73w_1 + 1/46w_2 + 0/68w_3 + 0/1w_4 + 0/32w_5) - (-2)}{4} \geq \lambda_4,$$
$$\lambda_j \geq \alpha, \quad j = 1,...,4$$
$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 = 1,$$
$$0/4 \leq w_1 \leq 0/7,$$
$$w_2 = w_3,$$
$$w_2 \geq 0/05 + w_4,$$
$$w_4 \geq 0/05 + w_5,$$
$$w_{1,...,5} \geq 0$$

به طوری که در مدل (۲) برای تعیین حدود متغیرهای w_i (برای $i = 1,...,5$)، از رویکردهای رتبه بندی ضعیف، اکید و بازه ای استفاده شده و سطح α-cut برابر ۰/۵ در نظرگرفته می شود. مدل (۲) با استفاده از بسته نرم افزاری لینگو حل شده و نتایج نهایی بدست آمده به صورت $w_1^* = 0/4$، $w_2^* = 0/275$ $w_3^* = 0/275$، $w_4^* = 0/05$ و

$w_5^* = 0$ است.

گام چهارم: در جدول (۶) مقادیر بهینه وزن اهمیت شاخص‌هاو بهترین و بدترین مقادیر میانگین امتیازات اختصاص یافته هر شاخص ارائه شده است:

جدول ٦. مقادیر بهینه وزن اهمیت و مقادیر ایده آل و ضد ایده آل شاخص ها

	A1	A2	A3	A4	w_i^*	f_i^-	f_i^+
C1	−۰/۱٤	۱/۰۹	۰/۱	۰/۷۳	۰/٤	−۰/۱٤	۱/۰۹
C2	۰/۰۱	۱/۵	۰/۱۵	۱/٤٦	۰/۲۷۵	۰/۰۱	۱/۵
C3	۰/٤	۰/۵	۰/۱۵	۰/٦۸	۰/۲۷۵	۰/۱۵	۰/٦۸
C4	۰/٦۹	۰/۳	۰/۲٦	۰/۱	۰/۰۵	۰/۱	۰/٦۹
C5	۱/۵۵	۰/۲	۰/۳۷	۰/۳۲	۰	۰/۲	۱/۵۵

گام پنجم: در جدول (۷)، مقادیر بدست آمده برای معیارهای S_j، R_j و Q_j در مورد هر گزینه ارائه شده است (با فرض ۰/۵= v):

جدول ۷. مقادیر S_j، R_j و Q_j برای همه گزینه ها

	A1	A2	A3	A4	S^*	S^-	R^*	R^-
S_j	۰/۸۲	۰/۱۲٦	۰/۸۸۳	۰/۱۷٤	۰/۱۲٦	۰/۸۸۳	–	–
R_j	۰/٤	۰/۰۹۳	۰/۳۲۲	۰/۱۱۷	–	–	۰/۰۹۳	۰/٤
Q_j	۰/۹۵۸	۰	۰/۸۷۳	۰/۰۷۱	–	–	–	–

گام ششم: ترتیب اولویت مشتریان برای اعطای تسهیلات به صورت ماتریس تصمیم جدول (۸) خواهد بود:

جدول ۸. رتبه بندی گزینه‌هابراساس معیارهای S، R و Q

رتبه	۱	۲	۳	٤
توسط S	A2	A4	A1	A3
توسط R	A2	A4	A3	A1
توسط Q	A2	A4	A3	A1

گام هفتم: در این مسأله به دلیل این که شرط ویژگی پذیرش صادق نیست، بنابراین مجموعه جواب سازشی که تصمیم گیرندگان می توانند از میان آنها انتخاب کنند به

صورت {A4، A2} خواهد بود.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

بدون تبعیت از یک سیستم مدیریت ریسک اعتباری مناسب، تأثیر زیان عملیات بانکی غیر قابل پیش بینی و پیشگیری خواهد بود. امروزه اکثر بانک‌های معتبر جهانی از سیستم‌های مدیریت ریسک اعتباری برای کنترل و اداره کردن ریسک پرتفوی اعتباری خود استفاده می‌کنند. یکی از این سیستم‌های معتبر جهانی، سیستم پنج C اعتباری است که در این مقاله به تشریح آن پرداخته شد.

یکی از ابزارهای مناسب برای اجرای سیستم‌های مدیریت ریسک اعتباری، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. روش ویکور یکی از روش های کارآمد تصمیم گیری چند معیاره است که اخیراً معرفی گردیده است. در این مقاله براساس رویکرد تصمیم گیری گروهی، یک روش ویکور توسعه یافته پیشنهاد گردید که برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر، مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص‌هادر الگوریتم حل مورد استفاده قرار گرفتند.

برای تشریح روش ویکور پیشنهاد شده، یک مثال عددی درباره مسأله رتبه بندی اعتباری مشتریان بانک‌هابا چندین شاخص معتبر سیستم پنج C اعتباری ارائه و مناسب‌ترین گزینه موجود (مشتری) برای اعطای تسهیلات مشخص گردید. روش پیشنهاد شده می تواند به عنوان ابزاری مفید برای مدیریت ریسک اعتباری سیستم‌های مالی و اعتباری کشور همچون بانک‌ها مورد استفاده قرار گیرد. قابلیت و انعطاف پذیری روش پیشنهادی بیانگر آن است که این روش می تواند برای سایر مسائل تصمیم‌گیری چند گزینه ای نیز مورد استفاده قرار گیرد. وزن اهمیت اثرگذاری نظرات تصمیم‌گیرندگان در فرایند تصمیم‌گیری همواره براساس قضاوت‌های ذهنی افراد صورت می‌گیرد. به این منظور، استفاده از متغیرهای کلامی برای اوزان اهمیت نظرات تصمیم گیرندگان می‌تواند برای تحقیق آتی پیشنهاد شود.

منابع و مآخذ

۱. رجب زاده قطری، علی، بهرام میرزایی، آرش و احمدی، پرویز (۱۳۸۸). **طراحی سیستم هوشمند ترکیبی رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها با استفاده از مدل‌های استدلالی فازی ترکیبی**. پژوهشنامه بازرگانی. شماره ۵۳. ششمین مقاله.

۲. فلاح شمس، میر فیض و رشنو، مهدی (۱۳۸۷). **مدیریت ریسک اعتباری در بانک‌ها و موسسات مالی و اعتباری (مفاهیم و مدل‌ها)**. تهران، انتشارات دانشکده علوم اقتصادی.

3. Chang CL.(2009). **A modified VIKOR method for multiple criteria analysis**. Environmental Monitoring and Assessment. DOI: 10.1007/s10661-009-1117-0.
4. Collin-Dufresne P and Goldstein R.(2001). **Do credit spreads reflect stationary leverage ratios?** Journal of Finance. 56, 1929–1957.
5. Deng H, Yeh CH and Willis RJ.(2000). **Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights**. Computers & Operations Research. 27, 963–973.
6. Huang JJ, Tzeng GH and Liu HH.(2009). **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.
7. Kackar RN.(1985). **Off-line quality control, parameter design and the Taguchi method**. Journal of Quality Technology. 17, 176–188.
8. Kim SH and Ahn BS.(1999). **Interactive group decision making procedure under incomplete information**. European Journal of Operational Research. 116, 498–507.
9. Lai YJ, Liu TY and Hwang CL.(1994). **TOPSIS for MODM**. European Journal of Operational Research. 76, 486–500.
10. Leland H and Toft K.(1996). **Optimal capital structure, endogenous bankruptcy, and the term structure of credit spreads**. Journal of Finance. 51, 987–1019.
11. Li DF and Yang JB.(2004). **Fuzzy linear programming technique for multiattribute group decision making in fuzzy environments**. Information Sciences 158, 263–275.
12. Li DF.(2005a). **Multiattribute decision making models and methods using intuitionistic fuzzy sets**. Journal of Computer and System Science. 70, 73–85.
13. Li DF.(2005b). **An approach to fuzzy multiattribute decision making under uncertainty**. Information Sciences. 169, 97–112.
14. Li DF.(2007). **A fuzzy closeness approach to fuzzy multi-attribute decision making**. Fuzzy Optimization and Decision Making. 6, 3, 237–254.

15. Liao HH, Chen TK and Lu CW.(2009). **Bank credit risk and structural credit models: Agency and information asymmetry perspectives**. Journal of Banking and Finance. 33, 1520–1530.
16. Longstaff F and Schwartz E.(1995). **A simple approach to valuing risky fixed and floating rate debt**. Journal of Finance. 50, 789–819.
17. Marcucci J and Quagliariello M.(2009). **Asymmetric effects of the business cycle on bank credit risk**. Journal of Banking and Finance. 33, 1624–1635.
18. Merton RC.(1974). **On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates**. Journal of Finance. 29, 449–470.
19. Odders-White ER and Ready MJ.(2006). **Credit ratings and stock liquidity**. Review of Financial Studies. 19, 119–157.
20. [20] Opricovic S.(1998). Multi-criteria Optimization of Civil Engineering Systems. Faculty of Civil Engineering, Belgrade.
21. Opricovic S and Tzeng GH.(2004). **Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS**. European Journal of Operational Research. 156, 445–455.
22. Opricovic S and Tzeng GH.(2007). **Extended VIKOR method in comparison with outranking methods**. European Journal of Operational Research. 178, 514–529.
23. Park KS and Kim SH.(1997). **Tools for interactive multi-attribute decision making with incompletely identified information**. European Journal of Operational Research. 98, 111–123.
24. Sayadi MK, Heydari M and Shahanaghi K.(2009). **Extension of VIKOR method for decision making problem with interval numbers**. Applied Mathematical Modeling. 33, 2257–2262.
25. Tzeng GH and Opricovic S.(2002). **A comparative analysis of the DEA-CCR model and the VIKOR method**. Yugoslav Journal of Operations Research. 18, 187–203.
26. Tzeng GH, Tsaur SH, Laiw YD and Opricovic S.(2002a). **Multicriteria analysis of environmental quality in Taipei: Public preferences and improvement strategies**. Journal of Environmental Management. 65, 2, 109–120.
27. Tzeng GH, Teng MH, Chen JJ and Opricovic S.(2002b). **Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei**. International Journal of Hospitality Management. 21, 2, 171–187.
28. Vahdani B, Hadipour H, Salehi Sadaghiani J and Amiri M.(2009). **Extension of VIKOR method based on interval-valued fuzzy sets**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.
29. Xu ZS and Chen J.(2006). **An interactive method for fuzzy multiple attribute group decision making**. Information Sciences (in press).

30. Xu Z.(2007). **An interactive procedure for linguistic multiple attribute decision making with incomplete weight information**. Fuzzy Optimization and Decision Making. 6, 1, 17–27.
31. Yang YPO, Shieh HM and Tzeng GH.(2009). **A VIKOR Technique with Applications Based on DEMATEL and ANP**, Y. Shi et al. (Eds.): MCDM 2009, CCIS 35, pp. 780–788, 2009. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009.
32. Zimmermann HJ and Zysno P.(1980). **Latent connectives in human decision making**. Fuzzy Sets and Systems. 4, 37–51.