

## 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 بانک‌ها و 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 سیستم‌های رتبه‌بندی مشتریان است که می‌تواند 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 رتبه‌بندی 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 شاخص‌ها را ارائه نماید. برای تشریح روش پیشنهادی یک مثال عددی درباره مسأله رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک ارائه و

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

## مقدمه

ریسک اعتباری<sup>۱</sup> یکی از مهم‌ترین ریسک‌هایی است که نهادهای پولی و مالی همچون بانک‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ریسک اعتباری ریسکی است که براساس آن وام‌گیرنده 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. علی‌رغم ابداع و نوآوری‌های موجود در بخش خدمات مالی، این نوع ریسک هنوز به عنوان دلیل عمده عدم موفقیت مؤسسات مالی محسوب می‌شود. علت آن هم این است که معمولاً ۸۰ درصد از ترازنامه یک بانک به جنبه‌هایی از این نوع ریسک بر می‌گردد [۲].

ریسک اعتباری به عنوان اصلی‌ترین علت ورشکستگی بانک‌ها محسوب می‌شود [۲]. اساس عملکرد صحیح مدیریت ریسک اعتباری بانک‌ها و مؤسسات اعتباری به شناسایی عوامل ذاتی ریسک در عملیات وام‌دهی 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 عدم پذیرش وام‌ها و 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<sup>۲</sup> و امتیازدهی<sup>۳</sup> 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 وام‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که یکی از متداول‌ترین آن‌ها، سیستم پنج C اعتباری<sup>۱</sup> است [۲]. براساس این سیستم، اشخاص خبره با تحلیل پنج شاخص اصلی و وزن دهی ذهنی به آن‌ها به تصمیم اعتباری دست خواهند یافت. شاخص‌های اصلی این سیستم عبارتند از [۲]:

(۱) شهرت و شخصیت اعتبار گیرنده<sup>۲</sup>: براساس تجارب گذشته، میزان تمایل و توان وام گیرنده به بازپرداخت اصل و فرع وام به شخصیت و ویژگی‌های رفتاری وام گیرنده بر می‌گردد.

(۲) سرمایه<sup>۳</sup>: میزان سرمایه، حقوق صاحبان سهام شرکت و نسبت بدهی‌های آن از شاخص‌های اصلی تعیین کننده توان شرکت در بازپرداخت بدهی هایش محسوب می‌شود.

(۳) ظرفیت<sup>۴</sup>: ظرفیت و توان کسب درآمد نیز از معیارهای اصلی تعیین کننده وضعیت اعتباری وام گیرنده می‌باشد.

(۴) وثیقه<sup>۵</sup>: 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 زیان‌های حاصله را جبران نماید.

(۵) شرایط دوره<sup>۶</sup>: 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 ارزش 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<sup>۱</sup> [۱۹]، مرتون<sup>۲</sup> [۱۸]، لیلند و تافت<sup>۳</sup> [۱۰]، لانگستاف و شوارتز<sup>۴</sup> [۱۶]، کولین - دافرسن و گلدستین<sup>۵</sup> [۴] و اخیراً لیائو و دیگران<sup>۶</sup> [۱۵] و مارکوسی و کواگلیاریلو<sup>۷</sup> [۱۷] را نام برد.

یکی از مناسب‌ترین ابزارهای رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها را می‌توان تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه<sup>۸</sup> معرفی کرد. امروزه در تصمیم‌گیری‌های 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 تکنیک‌هایی همچون ویکور<sup>۹</sup> [۲۱] که یکی از جدیدترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۱۰</sup> است، قابل حل است. روش ویکور به عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، برای حل مسائل تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای متضاد و غیر قابل اندازه‌گیری توسعه یافته است [۲۲]. این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه‌ها متمرکز شده و جواب‌های سازشی را برای یک مسأله با معیارهای متضاد تعیین می‌کند. این روش قابلیت آن را دارد که تصمیم‌گیرندگان به تصمیم‌نهایی دست یابند. جواب سازشی یک جواب ممکن به نزدیکترین جواب ایده‌آل بوده و سازش نیز یک توافق در جهت تبادلات دوسویه می‌باشد [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. همین‌طور درباره توسعه این روش، تاکنون تحقیقاتی ارائه شده است. برای مثال، هوانگ و دیگران<sup>۱۱</sup> [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<sup>۱</sup> پیشنهاد کردند. وحدانی و دیگران<sup>۲</sup> [۲۸] یک مدل فازی مقدار بازه ای<sup>۳</sup> 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<sup>۴</sup> [۳۱] نیز روش ویکور را براساس روش های فرایند تحلیل شبکه<sup>۵</sup> و ارزیابی تصمیم گیری آزمایشی تعمیم دادند. اپریکوویچ و ژنگ<sup>۶</sup> [۲۱] دو روش ویکور و تاپسیس<sup>۷</sup> 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، پرموتی<sup>۸</sup> و الکت<sup>۹</sup> مقایسه کردند و صیادی و دیگران<sup>۱۰</sup> [۲۴] نیز مفهوم روش ویکور را برای حل مسائل تصمیم گیری چند شاخصه با اعداد بازه ای 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، بانک‌ها دچار 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<sup>۱۱</sup> شده‌اند. از راهکارهای حل این مشکل رتبه بندی اعتباری مشتریان است، به این معنی که بانک براساس شاخص های معتبری به مشتریان امتیازاتی را اعطا نماید و در نهایت براساس این امتیازات رتبه مشتریان را برای اعطای تسهیلات مشخص نماید [۱].

- 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. به گونه ای که علاوه بر ارائه یک روش ویکور پیشنهادی که بتواند مقدار بهینه وزن هر شاخص را بدست آورد، از تکنیک تصمیم گیری 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 می شود که در نهایت بهترین گزینه برای اعطای تسهیلات تعیین خواهد شد. نتیجه گیری 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 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 [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]. اندازه گیری چند معیاره برای رتبه بندی سازشی با استفاده از ال پی - متریک<sup>۱</sup> به عنوان یک تابع یکپارچه در روش برنامه ریزی سازشی توسعه می یابد [۲۱]. 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 گزینه‌ها بوده و  $m$  تعداد شاخص‌ها است. توسعه روش ویکور با شکل ال پی - متریک زیر آغاز گردید:

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

به طوری که  $1 \leq p \leq \infty$  بوده و  $i = 1, \dots, m$  در روش ویکور

$$L_{i,j} = S_j = \sum_{i=1}^m [w_i (f_i^+ - a_{ij}) / (f_i^+ - f_i^-)]$$

برای اندازه رتبه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند.  $L_{i,j}$  می‌تواند اطلاعاتی درباره ماکزیمم مطلوبیت گروهی<sup>۱</sup> را برای تصمیم‌گیرندگان فراهم آورد و  $L_{\infty,j}$  نیز می‌تواند اطلاعاتی را درباره حداقل اثر فردی مخالف<sup>۲</sup> را برای تصمیم‌گیرندگان ارائه نماید.  $w_i$  وزن اهمیت شاخص  $i$  ام است.

گام‌های اجرای الگوریتم ویکور به صورت زیر خواهند بود:

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

$$f_i^+ = \max \{a_{ij}\}, \quad f_i^- = \min \{a_{ij}\} \quad (2)$$

(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:

$$S_j = \sum_{i=1}^m \frac{w_i (f_i^+ - a_{ij})}{f_i^+ - f_i^-} \quad (3)$$

$$R_j = \max_i \left\{ \frac{w_i (f_i^+ - a_{ij})}{f_i^+ - f_i^-} \right\} \quad (4)$$

به طوری که  $S_j$  و  $R_j$  به ترتیب اندازه مطلوبیت<sup>۳</sup> و اندازه عدم اثر<sup>۴</sup> گزینه  $j$  ام می‌باشند.

(۳) تعیین مقادیر  $Q_j$  برای همه گزینه‌ها:

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

$$Q_j = \left( \frac{S_j - S^*}{S^- - S^*} \right) + (1 - \alpha) \left( \frac{R_j - R^*}{R^- - R^*} \right) \quad (5)$$

به طوری که  $R^- = \max\{R_j\}$  و  $R^* = \min\{R_j\}$ ،  $S^- = \max\{S_j\}$ ،  $S^* = \min\{S_j\}$  می باشد.  $Q_j$  شاخص ویکور بوده و ارزش ویکور گزینه  $j$ ام را بیان می کند. وزنی برای استراتژی ماکزیمم مطلوبیت گروهی<sup>۱</sup> است که معمولاً برابر ۰/۵ می باشد [۲۰ و ۷].

۴) رتبه بندی گزینه ها بر اساس ترتیب نزولی مقادیر بدست آمده برای  $S_j$  و  $R_j$  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

$$Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq DQ \quad (6)$$

$$DQ = \frac{1}{n-1} \quad (7)$$

به طوری که:

از نظر رتبه بندی بر اساس 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  $R$  داشته باشد. این جواب سازشی در فرایند تصمیم گیری پایدار است، به طوری که اگر  $0/5 >$  باشد، استراتژی ماکزیمم مطلوبیت گروهی را به همراه داشته و توافق عمومی<sup>۲</sup> یا عدم توافق (رد<sup>۳</sup>) زمانی حاصل می شود که به ترتیب  $0/5 < n$  و  $0/5 <$  باشد.  
 اگر یکی از شروط بالا برقرار نشود، آن گاه یک مجموعه جواب های 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 می شود که براساس آن می توان مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص‌ها را برای دستیابی به نتایج بهتر تعیین نمود. این روش پیشنهادی قادر است تا براساس رویکرد 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 تصمیم‌گیرنده  $m$  شاخص را برای ارزیابی این گزینه‌ها مد نظر دارند:

جدول ۱. امتیازدهی افراد تصمیم‌گیرنده به گزینه‌ها با توجه به هر شاخص

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

به طوری که  $w_i \in [Q, I]$  امتیاز وزن شاخص  $i$  ام (برای  $i = 1, \dots, m$ ) 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 تصمیم‌گیرنده  $k$  ام (برای  $k = 1, \dots, K$ ) به گزینه  $j$  ام (برای  $j = 1, \dots, n$ ) 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 تصمیم‌گیرنده را در فرایند

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

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

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

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

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

$$\bar{a}_{ij} = \sum_{k=1}^K w_k a_{ijk} \quad (۸)$$

به طوری که  $\bar{a}_{ij}$  میانگین وزنی امتیازات اختصاص یافته به گزینه  $j$  ام با توجه 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  $i=1, \dots, m$ ):  
در مورد هر گزینه می توان تابعی از وزن اهمیت شاخص‌ها را به صورت زیر در نظر گرفت [۳۰]:

$$Z_j(w) = \sum_{i=1}^m \bar{a}_{ij} w_i \quad (۹)$$

اگر  $Z_j^+ = t$  و  $Z_j^- = -t$  باشند، آن گاه با استفاده از اپراتور ماکس - مین معرفی شده توسط زیمرمن و زیسنو [۳۲] می توان سطوح دسترسی<sup>۱</sup> به همه گزینه‌ها را

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

$$\begin{aligned} & \max \sum_{j=1}^n w_j \\ & \text{s.t:} \\ & \frac{Z_j(w) - Z_j^-}{Z_j^+ - Z_j^-} \geq \alpha_j, \quad j=1, \dots, n \quad \text{مدل (۱)} \\ & \alpha_j \geq 0, \quad j=1, \dots, n \\ & \sum_{i=1}^m w_i = 1, w_i \geq 0 \end{aligned}$$

به طوری که  $\alpha_j \in [0, 1]$  سطح cut- بوده و  $\alpha_j$  (برای  $j=1, \dots, n$ ) سطح دسترسی به گزینه  $i$  زام است.  $W_i^*$  مقدار بهینه وزن اهمیت شاخص  $i$  ام (برای  $i=1, \dots, m$ )، 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:  $\{w_i \leq w_j\}$  برای  $i \neq j$
  ۲. رتبه بندی اکید:  $\{w_i \geq w_j\}$  برای  $i \neq j$
  ۳. رتبه بندی حاصل ضرب:  $\{w_i \leq \alpha_j w_j\}$  برای  $i \neq j$
  ۴. رتبه بندی بازه ای:  $\{w_i \leq \alpha_j w_j + \beta_j\}$  برای  $i \neq j$
  ۵. رتبه بندی اختلافات:  $\{w_i - w_j \leq w_k - w_l\}$  برای  $i, j, k, l \neq 1$
- به طوری که  $\alpha_j$  و  $\beta_j$  مقادیر ثابت و غیر منفی هستند.
- گام ۴: مقادیر  $f_i^+ = \max(\bar{a}_{i1}, \bar{a}_{i2}, \dots, \bar{a}_{in})$  و  $f_i^- = \min(\bar{a}_{i1}, \bar{a}_{i2}, \dots, \bar{a}_{in})$  را برای همه شاخص هام حاسبه می کنیم. نتایج در جدول (۳) آورده شده اند:

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

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>n</sub>		f <sub>i</sub> <sup>-</sup>	f <sub>i</sub> <sup>+</sup>
C <sub>1</sub>	$\bar{a}_{11}$	$\bar{a}_{12}$	...	$\bar{a}_{1n}$	w <sub>1</sub> <sup>*</sup>	f <sub>1</sub> <sup>-</sup>	f <sub>1</sub> <sup>+</sup>
C <sub>2</sub>	$\bar{a}_{21}$	$\bar{a}_{22}$	...	$\bar{a}_{2n}$	w <sub>2</sub> <sup>*</sup>	f <sub>2</sub> <sup>-</sup>	f <sub>2</sub> <sup>+</sup>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C <sub>m</sub>	$\bar{a}_{m1}$	$\bar{a}_{m2}$	...	$\bar{a}_{mn}$	w <sub>m</sub> <sup>*</sup>	f <sub>m</sub> <sup>-</sup>	f <sub>m</sub> <sup>+</sup>

گام ۵: محاسبه مقادیر S<sub>j</sub> و R<sub>j</sub> برای همه گزینه ها:

اگر معیار J از نوع مثبت باشد، آن گاه مقادیر S<sub>j</sub> و R<sub>j</sub> مطابق زیر بدست خواهند آمد:

$$S_j = \sum_{i=1}^m \frac{w_i^*(f_i^+ - \bar{a}_{ij})}{f_i^+ - f_i^-} \quad (10)$$

$$R_j = \max_i \left\{ \frac{w_i^*(f_i^+ - \bar{a}_{ij})}{f_i^+ - f_i^-} \right\} \quad (11)$$

گام ۶: تعیین مقادیر Q<sub>j</sub> برای همه گزینه ها (مطابق گام ۳) در بخش ۲).

گام ۷: رتبه بندی گزینه هاب راساس ترتیب نزولی مقادیر بدست آمده برای S<sub>j</sub>، R<sub>j</sub> و Q<sub>j</sub> (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 رتبه بندی اعتباری مشتریان در یک بانک را در نظر می گیریم. برای این مسأله فرض می کنیم که چهار مشتری {A1، A2، A3، A4} 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 اعتباری تحت عنوان شهرت و شخصیت اعتبار گیرنده (C1)، سرمایه (C2)، ظرفیت (C3) و وثیقه (C4) و یک شاخص صحت اطلاعات (C5) برای ارزیابی این مشتریان در نظر گرفته می شود که همگی این

شاخص‌ها از نوع مثبت هستند. برای ارزیابی مشتریان، سه فرد تصمیم گیرنده  $\{D1, D2, D3\}$  وجود دارند که اهمیت نظرات هر یک متفاوت می‌باشد، به طوری که وزن اهمیت نظرات این تصمیم گیرندگان به ترتیب به صورت  $w_1=0/3$ ،  $w_2=0/2$  و  $w_3=0/5$  است. امتیازهای اختصاص یافته به هر گزینه با توجه به هر شاخص از بازه  $[-2, +2]$  انتخاب می‌شود، به طوری که متغیرهای کلامی مربوط به این بازه به صورت خیلی خوب  $(+2)$ ، نسبتاً خوب  $(+1)$ ، بی طرفانه  $(0)$ ، نسبتاً ضعیف  $(-1)$  و خیلی ضعیف  $(-2)$  است.

گام‌های 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  $[-2, +2]$  ارزیابی خود را درباره هر یک از مشتریان این گونه بیان می‌دارند:

جدول ۴. امتیازدهی افراد تصمیم گیرنده به گزینه‌ها در بازه  $[-2, +2]$

	A1	A2	A3	A4
C1	( $1/2$ و $0$ و $-1$ )	( $-0/2$ و $2$ و $1/5$ )	( $0$ و $0/5$ و $0$ )	( $0/3$ و $0/7$ و $1$ )
C2	( $-1/5$ و $-0/2$ و $1$ )	( $2$ و $1/5$ و $1/2$ )	( $0$ و $1$ و $-0/1$ )	( $1/4$ و $0/2$ و $2$ )
C3	( $0/3$ و $0/3$ و $0/5$ )	( $2$ و $-0/5$ و $0$ )	( $0/3$ و $0/8$ و $-0/2$ )	( $0/2$ و $1$ و $1/2$ )
C4	( $0/3$ و $0/5$ و $1$ )	( $0$ و $-1/5$ و $1/2$ )	( $0/8$ و $0/1$ و $0$ )	( $-0/3$ و $0/7$ و $0/1$ )
C5	( $2$ و $1$ و $1/5$ )	( $0$ و $0/5$ و $0/2$ )	( $-0/1$ و $2$ و $0$ )	( $0/5$ و $0/6$ و $0/1$ )

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 (۴)

	A1	A2	A3	A4
C1	$-0/14$	$1/9$	$0/1$	$0/73$
C2	$0/1$	$1/5$	$0/15$	$1/46$
C3	$0/4$	$0/5$	$0/15$	$0/68$
C4	$0/69$	$0/3$	$0/26$	$0/1$
C5	$1/55$	$0/2$	$0/37$	$0/32$

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  $j = 1, \dots, 4$ ) است.

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

مدل (۲) بدست آورد:

$$\max (z_1 + z_2 + z_3 + z_4),$$

s.t :

$$\frac{(-0/14w_1 + 0/01w_2 + 0/4w_3 + 0/69w_4 + 1/55w_5) - (-2)}{4} \geq z_1,$$

$$\frac{(1/09w_1 + 1/5w_2 + 0/5w_3 + 0/3w_4 + 0/2w_5) - (-2)}{4} \geq z_2,$$

$$\frac{(0/1w_1 + 0/15w_2 + 0/15w_3 + 0/26w_4 + 0/37w_5) - (-2)}{4} \geq z_3,$$

$$\frac{(0/73w_1 + 1/46w_2 + 0/68w_3 + 0/1w_4 + 0/32w_5) - (-2)}{4} \geq z_4,$$

مدل (۲)

$$z_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, 4$$

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

$$0/4 \leq w_1 \leq 0/7,$$

$$w_2 = w_3,$$

$$w_2 \geq 0/05 + w_4,$$

$$w_4 \geq 0/05 + w_5,$$

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

به طوری که در مدل (۲) برای تعیین حدود متغیرهای  $w_i$  (برای  $i = 1, \dots, 5$ )، از

رویکردهای رتبه بندی ضعیف، اکید و بازه ای استفاده شده و سطح cut- برابر ۰/۵

در نظر گرفته 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  $w_5^* = 0/05$

است.  $w_5^* = 0$

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

جدول ۶. مقادیر بهینه وزن اهمیت و مقادیر ایده آل و ضد ایده آل شاخص‌ها

	A1	A2	A3	A4	$w_i^*$	$f_i^-$	$f_i^+$
C1	۰/۱۴	۱/۰۹	۰/۱	۰/۷۳	۰/۴	۰/۱۴	۱/۰۹
C2	۰/۰۱	۱/۰۵	۰/۱۵	۱/۴۶	۰/۲۷۵	۰/۰۱	۱/۰۵
C3	۰/۴	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۶۸	۰/۲۷۵	۰/۱۵	۰/۶۸
C4	۰/۶۹	۰/۳	۰/۲۶	۰/۱	۰/۰۵	۰/۱	۰/۶۹
C5	۱/۰۵	۰/۲	۰/۳۷	۰/۳۲	۰	۰/۲	۱/۰۵

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  $\alpha = 0/5$ ):

جدول ۷. مقادیر  $S_j$ ،  $R_j$  و  $Q_j$  برای همه گزینه‌ها

	A1	A2	A3	A4	$S^*$	$S^-$	$R^*$	$R^-$
$S_j$	۰/۸۲	۰/۱۲۶	۰/۸۸۳	۰/۱۷۴	۰/۱۲۶	۰/۸۸۳	-	-
$R_j$	۰/۴	۰/۰۹۳	۰/۳۲۲	۰/۱۱۷	-	-	۰/۰۹۳	۰/۴
$Q_j$	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 گزینه‌ها بر اساس معیارهای  $S$ ،  $R$  و  $Q$

رتبه	۱	۲	۳	۴
S توسط	A2	A4	A1	A3
R توسط	A2	A4	A3	A1
Q توسط	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 می‌توانند از میان آنها انتخاب کنند به

صورت {A2، A4} 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 روش‌های کارآمد تصمیم‌گیری چند معیاره است که اخیراً معرفی گردیده است. در این مقاله براساس رویکرد تصمیم‌گیری گروهی، یک روش ویکور توسعه یافته پیشنهاد گردید که برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر، مقادیر بهینه اوزان اهمیت شاخص‌ها در الگوریتم حل مورد استفاده قرار گرفتند.

برای تشریح روش ویکور پیشنهاد شده، یک مثال عددی درباره مسأله رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها با چندین شاخص معتبر سیستم پنج C اعتباری ارائه و مناسب‌ترین گزینه موجود (مشتری) برای اعطای تسهیلات مشخص گردید. روش پیشنهاد شده می‌تواند 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 می‌تواند برای سایر مسائل تصمیم‌گیری چند گزینه‌ای 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 تصمیم‌گیرندگان می‌تواند برای تحقیق آتی پیشنهاد شود.



## منابع و مأخذ

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.

