



تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره ترکیبی برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده با داده‌های فازی

شهودی بازه‌ای مقدار

مرجان کوچکی رفسنجانی^{۱*}، ارشام برومند سعید^۲ و فرزانه میرزاپور^۳

^۱بخش علوم کامپیوتر، دانشکده ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

^۲بخش ریاضی محض، دانشکده ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

فرآیند انتخاب تأمین‌کننده مناسب که قادر به فراهم‌کردن نیاز خریدار از نظر محصولات باکیفیت با قیمت مناسب و در یک زمان و حجم مناسب باشد، یکی از ضروری‌ترین فعالیت‌ها برای ایجاد یک زنجیره تأمین کارا است. با توجه به اهمیت موضوع، در این مقاله، برای حل مسئله انتخاب تأمین‌کننده، رویکردی ترکیبی به همراه تصمیم‌گیری گروهی در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره در بستر فازی شهودی بازه‌ای مقدار ارائه شده است. در این روش مقادیر متناسب با هر تأمین‌کننده در بستر فازی شهودی بازه‌ای مقدار مشخص شده است؛ سپس اولویت‌های جمعی متناسب با هر تأمین‌کننده به دست آورده می‌شوند و از روش تاپسیس، ضریب نزدیکی (شاخص شباهت) محاسبه و سپس تأمین‌کننده‌ها بر اساس این مقدار ارزیابی می‌شوند. در انتها از روش برنامه‌ریزی هدفمند با تابع رضایت‌بخش برای رتبه‌بندی نهایی به تأمین‌کننده‌ها استفاده می‌شود. مدل پیشنهادی به وسیله نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی شده و با طرح سناریویی روند کاری مدل پیشنهادی برای رتبه‌بندی تأمین‌کننده‌ها تشریح شده است.

واژگان کلیدی: مجموعه فازی شهودی بازه‌ای مقدار، اولویت‌های جمعی، تاپسیس فازی، معیارهای چندگانه، انتخاب تأمین‌کننده، برنامه‌ریزی خطی هدف‌دار.

Hybrid multi-criteria group decision-making for supplier selection problem with interval-valued Intuitionistic fuzzy data

Marjan Kuchaki Rafsanjani^{*1}, Arsham Borumand Saeid² & Farzane Mirzapour³

^{1,3}Department of Computer Science, Faculty of Mathematics and Computer, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

² Department of Pure Mathematics, Faculty of Mathematics and Computer, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Abstract

The main objectives of supply chain management are reducing the risk of supply chain and production cost, increase the income, improve the customer services, optimizing the achievement level, and business processes which would increase ability, competency, customer satisfaction, and profitability. Further, the process of selecting the appropriate supplier capable of providing buyer's requirements in terms of quality products with suitable price and at a suitable time and size is one of the most essential activities to create an efficient supply chain. Consequently, false decisions in the context of supplier selection would lead to negative effects. Usually, suitable supplier selection methods have been multi-criteria or attribute, so finding the optimal solution for supplier selection is demanding. The customary methods in this field have struggled with quantitative criteria however there are a wide range of qualitative criteria in supplier selection. This

article has used interval valued intuitionistic fuzzy sets for selecting the appropriate suppliers, which reflect ambiguity and uncertainty far better than other methods. In this article, trapezoidal fuzzy membership function is used for lingual qualitative values. Goal programming satisfaction function (GPSF) is a kind of technique that helps decision makers in solving problems involving conflicting and competing criteria and objectives. Due to the importance of the issue, in this paper, hybrid approach with a group decision-making in Multiple Criteria Decision Making (MCDM) in the context of a range of interval-valued intuitionistic fuzzy sets is implemented to solve the supplier selection problem. In this model in phase 1, decision makers express their opinion about each alternative based on different attribute qualitatively, and after creating interval valued intuitionistic fuzzy membership, a new variable is defined that via its help, interval-valued intuitionistic fuzzy amounts are calculated for each alternative. because of Having capabilities and comprehensiveness in their inside, not only they are better than other fuzzy sets but also they are the best for tracing the real condition and environment in order to select suppliers. Thereafter, for each alternative upper and lower bonds are calculated based on interval-valued intuitionistic fuzzy amounts. In phase 2, Operator Weighted Average (OWA) algorithm is used to reach a collective consensus. After computing the degree of consensus, closeness coefficients is evaluated within the help of TOPSIS method, which is in fact one of the most practicable methods between multi-criteria decision-making methods, such as SAW, AHP, CP, VIKOR. With regard to closeness coefficient, the amount of closeness between individual and collective's agreement is accounted. The main aim of this article is optimizing the closeness coefficient. The alternative with maximum closeness coefficient is closer to the ideal solution. The final goal of proposed model is ranking the suppliers, meaning that satisfy the main factors of decision making, which is why GPSF model is used. After giving goal and restrict functions, GPSF model will be solved and rank alternatives.

Keywords: Interval-valued intuitionistic fuzzy set, Collective preference, Fuzzy TOPSIS, Multi-criteria, Supplier selection, Goal programming satisfaction function.

پشتیبان تصمیم‌گیری (DSS)^۲ به‌منظور کاهش تعداد عرضه‌کنندگان ارائه و از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)^۳ و برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط در پشتیبانی از تصمیمات استفاده کرده‌اند و این روش توسط تیاگارسو^۴ و دهارماراجان^۵ برای داده‌های فازی شهودی تعمیم داده شده است [2]. لین^۶ و همکارانش [3]، برای انتخاب تأمین‌کننده، از مدل برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP)^۷ استفاده کردند که صنعت الکترونیک به‌عنوان مطالعه موردی آن‌ها انتخاب شده بود؛ در این مدل یک‌پارچه از روش‌های تحلیل شبکه (ANP)^۸ و روش ناپسیس^۹ برای محاسبه وزن و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده کردند و از مدل برنامه‌ریزی خطی (LP)^{۱۰} به‌منظور اختصاص مؤثر حجم سفارش به هر فروشنده استفاده شده است. کار^{۱۱} [4]، برای انتخاب تأمین‌کننده مناسب در تصمیم‌گیری‌های گروهی از ترکیب روش برنامه‌ریزی سلسله‌مراتبی فازی برای بیان ارجحیت اولویت‌ها در تصمیم‌گیری‌های گروهی، و از برنامه‌ریزی هدف‌دار فازی برای فراهم‌کردن سامانه تصمیم‌گیری استفاده

۱- مقدمه

زنجیره تأمین، مجموعه‌ای عواملی است که خالق ارزش‌افزوده در اقتصاد هستند. اقدامات نادرست در این زنجیره مانعی برای خلق ارزش‌افزوده در نگاه کلان اقتصادی خواهد بود. در همین اواخر مدیریت زنجیره تأمین هم در مراکز دانشگاهی و هم در صنعت مورد توجه خاصی قرار گرفته است. هدف اصلی مدیریت زنجیره تأمین، کاهش ریسک زنجیره تأمین، کاهش هزینه‌های تولید، افزایش درآمد، بهبود خدمات به مشتری، بهینه‌کردن سطوح موجودی و فرآیندهای کسب و کار و زمان و در نتیجه افزایش قدرت رقابت و رضایت مشتری و سودآوری است. تصمیم‌گیری در مورد انتخاب تأمین‌کننده نقش قابل توجهی در تولید و مدیریت تدارک شرکت‌ها دارد و بسیاری از شرکت‌های باتجربه بر این باورند که انتخاب تأمین‌کننده مهم‌ترین فعالیت یک شرکت به شمار می‌آید؛ در نتیجه تصمیم‌گیری‌های نادرست در زمینه انتخاب تأمین‌کنندگان پیامدهای منفی و زیان‌های بسیاری را برای شرکت در پی خواهد داشت. بنابراین در طول سال‌های اخیر انتخاب تأمین‌کننده مناسب در زنجیره تأمین به یک موضوع استراتژیک مهم تبدیل شده است. در همین اواخر روش‌های بسیاری برای حل مسائل تصمیم‌گیری و انتخاب تأمین‌کننده توسعه یافته است. قدسی‌پور و ابرایان^۱ [1]، یک سامانه

¹ O'Brien

² Decision Support System (DSS)

³ Analytical Hierarchy process (AHP)

⁴ Thiagarasu

⁵ Dharmarajan

⁶ Lin

⁷ Enterprise Resource Planning (ERP)

⁸ Analytic Network Process (ANP)

⁹ Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

¹⁰ Linear Programming (LP)

¹¹ Kar

[12]، برای مسائل تصمیم‌گیری گروهی از روش تاپسیس در بستر اعداد فازی شهودی بازه‌ای مقدار بهره گرفته و برای محاسبه فاصله بین اعداد فازی شهودی بازه‌ای مقدار از فاصله همینگ^{۱۰} استفاده کرده است. بای^{۱۱} [13]، روش تاپسیس فازی شهودی بازه‌ای مقدار را بر اساس بهبود توابع هدف برای حل مسأله تأمین‌کننده ارائه کرده است؛ این روش از بهبود توابع هدف برای رتبه‌بندی مناسب و کارآمد در مجموعه‌های فازی شهودی بازه‌ای مقدار استفاده کرده است. یو^{۱۲} و همکارانش [14] با استفاده از مجموعه‌های فازی شهودی بازه‌ای مقدار اقلیدسی، تصمیم‌گیری گروهی مبتنی بر روش تاپسیس را تعمیم داده‌اند. اموسیگو^{۱۳} و اوموروگی^{۱۴} [15]، با استفاده از توابع متریک متفاوت در بستر اعداد فازی شهودی، تأمین‌کننده مناسب را انتخاب کرد. چای و همکارانش [16]، از ایده مجموعه راف^{۱۵} فازی شهودی بازه‌ای مقدار برای مسائل تصمیم‌گیری استفاده کردند. لیانگ^{۱۶} و زو^{۱۷} مسأله تصمیم‌گیری گروهی مبتنی بر روش تاپسیس را با داده‌های فازی میهم اقلیدسی حل کرده‌اند [17].

امروزه کمتر تأمین‌کننده‌ای قادر به تأمین همه نیازهای خریداران هستند. روش‌های گوناگونی به منظور کمک به تصمیم‌گیرندگان برای روبه‌رو شدن با پیچیدگی‌های انتخاب یک تأمین‌کننده مناسب پیشنهاد شده است؛ اما این روش‌ها اغلب نگاهی تک‌بعدی و منفرد به فرآیند انتخاب تأمین‌کننده دارند. همچنین، این روش‌ها به‌طور معمول، ابهام و عدم اطمینان موجود در مسأله انتخاب تأمین‌کننده را در نظر نمی‌گیرند. روش‌های انتخاب چند تأمین‌کننده خود نیز به دو گروه تقسیم می‌شوند. گروه نخست مدل‌های خطی تک‌هدفه هستند [18,19]، که به دلیل دنبال کردن یک هدف محدودیت دارند؛ بنابراین برای مدل مورد نظرمان، استفاده از روش‌های تک‌هدفه کنار گذاشته شد و مدل‌های خطی چندهدفه به کار گرفته می‌شود و برای حل مشکل عدم قطعیت به‌جای بستر فازی، بستر فازی شهودی بازه‌ای مقدار به کار گرفته می‌شود. در واقع در این مقاله، برای حل مسأله انتخاب تأمین‌کننده، از رویکرد ترکیبی به‌همراه تصمیم‌گیری گروهی در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره در بستر فازی شهودی بازه‌ای مقدار ارائه شده که از جمله روش‌های

کرده‌اند. اموت^۱ و پلازا^۲ [5]، یک مدل تصمیم‌یار برای انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از روش استدلال مبتنی بر مورد در محیط فازی ارائه کردند.

امید^۳ و همکارانش [6]، یک مدل کمینه-بیشینه وزن‌دار برای انتخاب تأمین‌کننده معرفی کردند. در این مدل از تابع عضویت و مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای انتخاب تأمین‌کننده استفاده کردند. لین [7]، یک مدل یک‌پارچه تحلیل شبکه فازی (FANP^۴) را برای انتخاب تأمین‌کننده مناسب ارائه داد. اریکان^۵ [8]، از روش برنامه‌ریزی خطی برای مسائل انتخاب تأمین‌کننده بهره گرفته که توابع هدف را کاهش هزینه، افزایش کیفیت، افزایش تحویل به‌موقع در نظر گرفته است؛ در واقع این روش یک مدل فازی ریاضی و یک راه‌حل جدید را برای اینکه تصمیم‌گیرنده‌ها به سطح رضایت از توابع هدف برسند ارائه کرده است. رضایی و همکارانش [9]، برای انتخاب تأمین‌کننده در محیط فازی روش فازی تحلیل سلسله مراتبی را بیان کرده‌اند که در آن تأمین‌کننده‌ها با توجه به معیارهای اصلی و معیارهای فرعی ارزیابی می‌شوند و از یک روش غربال‌گری برای کاهش تعداد تأمین‌کننده‌ها استفاده می‌شود. چای^۶ و همکارانش [10]، برای انتخاب تأمین‌کننده در محیط فازی شهودی، از روش ترکیبی بهترین-بدترین رتبه‌بندی فازی شهودی بازه‌ای مقدار (IF-SIR)^۷ و روش تاپسیس بهره گرفته‌اند، SIR بهبودیافته روش سازمان‌دهی به رتبه‌بندی ترجیحی جهت ارزیابی بهتر^۸ (PROMETHEE) است که یکی از کارآمدترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. این روش در ابتدا متغیرهای زبانی را به‌صورت فازی شهودی بیان می‌کند که ابزاری بسیار قدرتمند برای بیان عدم قطعیت است؛ سپس از روش تاپسیس برای تصمیم‌گیری گروهی استفاده می‌کند. ماکویی و همکارانش [11]، روش ترکیبی (GRA)^۹ و روش تاپسیس در بستر اعداد فازی شهودی را مطرح کردند؛ GRA به‌عنوان یک ابزار برای پیاده‌سازی طرح‌های چندمعیاره پیشنهاد شده است که از بین مجموعه‌ای از بی‌نهایت گزینه جواب را می‌یابد. ایزدی‌خواه

¹ Aamodt

² Plaza

³ Amid

⁴ Fuzzy Analytic Network Process (FANP)

⁵ Arikan

⁶ Chai

⁷ Intuitionistic Fuzzy-Superiority Inferiority Ranking (IF-SIR)

⁸ Preference Ranking Organization METHOD for Enrichment Evaluations (PROMETHEE)

⁹ Grey Relational Analysis (GRA)

¹⁰ Hamming distance

¹¹ Bai

¹² Yu

¹³ Omosigbo

¹⁴ Omorogbe

¹⁵ Rough Set

¹⁶ Liang

¹⁷ Xu

چندمنبعی برای انتخاب و رتبه‌بندی مناسب تأمین‌کننده‌ها است که در نهایت مجموعه‌ای از تأمین‌کننده‌ها انتخاب می‌شوند؛ مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه خود از دسته تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره هستند.

۲- تعاریف پایه

۱-۲ روش تاپسیس (TOPSIS)

یک مسأله تصمیم‌گیری چندمعیاره، در ماتریسی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$A_j = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$j=1, \dots, n, \quad W=[w_1, \dots, w_n].$$

در ماتریس بالا، A_1, \dots, A_m گزینه‌های هستند که تصمیم‌گیرندگان باید انتخاب خود را از بین آن‌ها انجام دهند، C_1, \dots, C_n معیارهای هستند که عملکرد گزینه‌ها با توجه به آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود. x_{ij} رتبه گزینه A_i نسبت به معیار C_j و w_j وزن معیار C_j است. روش تاپسیس، نخستین بار توسط هوانگ^۱ و یوون^۲ [20]، ارائه شده و یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است. تاپسیس یک روش چندمعیاره برای تعیین راه‌حل‌های یک مجموعه متناهی از گزینه‌ها است؛ این روش بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (PIS)^۳ و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (NIS)^۴ داشته باشد. مراحل روش تاپسیس در زیر بیان می‌شود:

مرحله نخست: محاسبه ماتریس نرمال‌شده به روش (N-نرم)^۵

هر درایه x_{ij} از ماتریس تصمیم‌گیری گفته شده در (۱)، بر حد وسط (نرم) موجود از ستون j ام (به‌ازای معیار C_j) تقسیم می‌شود. مقدار درایه ماتریس نرمال‌شده (n_{ij}) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij})^2}} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n. \quad (2)$$

مرحله دوم: وزن‌دهی به ماتریس تصمیم نرمال

$$v_{ij} = w_j n_{ij} \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n. \quad (3)$$

مرحله سوم: تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی

برای تعیین ایده‌آل مثبت و منفی معیارها باید به مثبت یا منفی بودن معیار توجه شود؛ واضح است که ایده‌آل مثبت یک معیار مثبت، بیشترین مقدار موجود و ایده‌آل منفی آن، کمترین مقدار موجود آن معیار است و در مقابل، ایده‌آل مثبت یک معیار منفی کمترین مقدار موجود و ایده‌آل منفی آن، بیشترین مقدار موجود آن معیار است. با توجه به توضیحات گفته شده، راه‌حل گزینه ایده‌آل مثبت (A^+) و راه‌حل ایده‌آل منفی (A^-) به صورت زیر به دست می‌آیند:

$$A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \{(\max_j v_{ij} \mid j \in I), (\min_j v_{ij} \mid j \in A^+)\} \quad (4)$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(\min_j v_{ij} \mid j \in I), (\max_j v_{ij} \mid j \in A^-)\} \quad (5)$$

I مجموعه معیارهای مثبت و J مجموعه معیارهای منفی است.

مرحله چهارم: محاسبه اندازه فاصله گزینه‌ها تا ایده‌آل مثبت و منفی

با استفاده از فاصله اقلیدسی فاصله گزینه i ام از راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه می‌شود:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i=1, \dots, m \quad (6)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i=1, \dots, m \quad (7)$$

$$0 \leq \mu_A + \nu_A \leq 1$$

d_i^+ فاصله گزینه i -ام از راه‌حل ایده‌آل مثبت و d_i^- فاصله گزینه i -ام از راه‌حل ایده‌آل منفی است. v_{ij} مقدار نرمال موزون گزینه A_i نسبت به معیار C_j است، v_j^+ مقدار ایده‌آل مثبت معیار j -ام و v_j^- مقدار ایده‌آل منفی معیار j -ام می‌باشند.

مرحله پنجم: محاسبه ضریب نزدیکی^۶ به راه‌حل ایده‌آل مثبت

$$R_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i=1, \dots, m \quad (8)$$

چون $d_i^- \geq 0$ و $d_i^+ \geq 0$ است، بنابراین، $R_i \in [0, 1]$ است.

مرحله ششم: رتبه‌بندی اولویت‌ها: بر اساس ترتیب

نزولی R_i می‌توان گزینه‌های موجود را رتبه‌بندی کرد.

⁶ Relative Coefficient

¹ Itwang

² Yoon

³ Positive Ideal Solution (PIS)

⁴ Negative Ideal Solution (NIS)

⁵ Calculation normalized decision matrix with N-norm



۲-۳- برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی

برنامه‌ریزی خطی، توسط زلنی^۲، معرفی شد [23]. مسأله برنامه‌ریزی خطی برای پیدا کردن کمینه یا بیشینه مقادیر یک تابع خطی تحت محدودیت‌هایی است که به صورت تساوی یا نامساوی‌هایی بیان شده‌اند. برنامه‌ریزی خطی چندهدفه (MOLP³)، توسعه‌یافته مدل برنامه‌ریزی خطی است. برنامه‌ریزی چندهدفه، توسط کافمن^۴ و گپتا^۵ [24]، معرفی شد و به خاطر انعطاف‌پذیری و سازگاری به سرعت در دانشگاه‌ها و صنعت رشد کرد. MOLP برای مدل‌های تک‌هدفه، محدودیت دارد و به کمک روش‌های مختلف از قبیل روش‌های گرافیکی و دیگر روش‌های ساده حل می‌شود. هدف کلی برنامه‌ریزی هدف‌دار (GP)^۶ به کمینه‌رساندن فاصله بین سطوح آرمانی^۷ رسیدن به هدف و سطوح موفقیت^۸ رسیدن به هدف نسبت داده شده به هر معیار است. سطوح آرمانی برای رسیدن به هدف آرمان‌گرا هستند و سطح مورد انتظار تصمیم‌گیرنده برای رسیدن به هدف است؛ اما سطوح موفقیت سطوح واقع‌گرا برای رسیدن به هدف هستند.

برای هر معیار j ، داریم [21]:

اگر برای هدف g_j سطح موفقیت از سطح آرمانی بیشتر باشد در مدل GP خطا^۹ مثبت است $\delta_j^+ > 0$.
اگر برای هدف g_j سطح موفقیت از سطح آرمانی کمتر باشد، در مدل GP خطا منفی است $\delta_j^- < 0$.
اگر برای هدف g_j سطح موفقیت با سطح آرمانی برابر باشد، آن گاه در مدل GP خطا صفر است.

$$(GP) \text{Min}(Z) = \sum_{j=1}^n (\delta_j^+ + \delta_j^-) \quad (9)$$

$$\text{Subject to} \\ f_j(x) + \delta_j^- + \delta_j^+ = g_j \\ x \in F$$

F مجموعه‌ای از راه‌حل‌های ممکن است.

$$0 < \delta_j^- \quad j=1, \dots, n \\ 0 < \delta_j^+ \quad j=1, \dots, n$$

به‌طورمعمول، در مسائل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه، ضرایب (ضرایب هدف و توابع محدودیت) و همچنین اهداف محدودیت به صورت مقادیر ثابت فرض می‌شوند؛ اما در بسیاری از شرایط عملی این فرضیات غیرمعتبر هستند. این

۲-۲- مجموعه‌های فازی شهودی و مجموعه‌های فازی شهودی بازه‌ای مقدار

تعریف: فرض کنید که U مجموعه مرجع است، یک مجموعه فازی به صورت زیر تعریف می‌شود [21]:

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x) \rangle \mid x \in U \}$$

تابع عضویت $\mu_A(x)$ به صورت $\mu_A: U \rightarrow [0,1]$ تعریف می‌شود. $\mu_A(x)$ میزان درجه عضویت عنصر x در مجموعه فازی A است.

تعریف: فرض کنید $U \neq \emptyset$ یک مجموعه مرجع و $L[0,1]$ مجموعه زیربازه‌های $[0,1]$ است؛ آن گاه مجموعه A یک مجموعه فازی بازه‌ای مقدار است و به صورت زیر تعریف می‌شود [22]:

$$A = \{ \langle x, M_A(x) \rangle \mid x \in U \}$$

و در آن $M_A: L[0,1] \rightarrow U$ تابعی است به صورت:

$$M_A(x) = [M_{AL}, M_{AU}] \in L[0,1]$$

$M_A(x)$ درجه عضویت x نامیده می‌شود.

مجموعه تمام مجموعه‌های فازی بازه‌ای مقدار روی مجموعه‌ی U به صورت $IVFS(U)$ نمایش داده می‌شود. مجموعه فازی شهودی A در U عبارت است از:

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle \mid x \in U \}$$

که در آن درجه عضویت و عدم عضویت به ترتیب برابر است با $\mu_A: U \rightarrow [0,1]$ و $\nu_A: U \rightarrow [0,1]$ است. همچنین برای هر $x \in U$ شرط زیر برقرار است:

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$$

تعریف: فرض کنید $U \neq \emptyset$ یک مجموعه مرجع باشد. یک مجموعه فازی شهودی بازه‌ای مقدار A در U به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A = \{ \langle x, M_{\bar{A}}(x), N_{\bar{A}}(x) \rangle \mid x \in U \}$$

که در آن $M_{\bar{A}}(x)$ و $N_{\bar{A}}(x)$ به ترتیب درجه عضویت و درجه عدم عضویت عنصر x در مجموعه فازی شهودی بازه‌ای مقدار A است که به صورت:

$$M_{\bar{A}}(x) = [M_{\bar{A}}^L(x), M_{\bar{A}}^U(x)] \\ N_{\bar{A}}(x) = [N_{\bar{A}}^L(x), N_{\bar{A}}^U(x)]$$

نمایش داده می‌شوند.

¹ Interval-Value Fuzzy Set (IVFS)

² Zeleny

³ Multi-Objective Liner Programming (MOLP)

⁴ Keufinan

⁵ Gupta

⁶ Goal Programming (GP)

⁷ Aspiration level

⁸ Achievement level

⁹ Deviation

$Z = [z_1, \dots, z_n]$ یک بردار از توابع هدف است، C یک ماتریس به ابعاد $K \times N$ از ثابت‌هاست، X یک بردار به ابعاد $N \times 1$ از متغیرهای تصمیم‌گیری است، A یک ماتریس $M \times N$ از ثابت‌هاست، b یک بردار $M \times 1$ از ثابت‌هاست.

۳- مدل پیشنهادی

روش‌های متفاوتی برای حل مسأله انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین وجود دارد. در این قسمت، مدل پیشنهادی برای انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین ارائه می‌شود. در این روش ابتدا با تعریف متغیری جدید مقادیر متناسب با هر تأمین‌کننده در بستر فازی شهودی بازه‌ای مقدار مشخص شده است؛ سپس با توجه به نظرات فردی تصمیم‌گیرندگان اولویت‌های جمعی متناسب با هر تأمین‌کننده به دست آورده می‌شوند و از روش تاپسیس، ضریب نزدیکی (شاخص شباهت) را محاسبه کرده و تأمین‌کننده‌ها بر اساس مقدار ضریب نزدیکی ارزیابی می‌شوند. در انتها از روش برنامه‌ریزی هدفمند با تابع رضایت‌بخش برای رتبه‌بندی نهایی به تأمین‌کننده‌ها استفاده می‌شود. این مدل به صورت زیر در ادامه شرح داده می‌شود:

مدل پیشنهادی از چهار گام تشکیل شده است که عبارتند از:

- گام نخست: محاسبه مقادیر فازی شهودی بازه‌ای مقدار برای هر گزینه.
- گام دوم: به دست آوردن توافق گروهی با استفاده از الگوریتم تجمعی OWA.
- گام سوم: ارزیابی گزینه‌ها به کمک ضریب نزدیکی با روش تاپسیس.
- گام چهارم: حل مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی انتخاب تأمین‌کننده.

گام نخست: محاسبه حدود و مقادیر فازی شهودی بازه‌ای مقدار

مرحله نخست: ایجاد ماتریس تصمیم برای تصمیم‌گیرندگان

تصمیم‌گیرندگان نظرات خود را در مورد هر گزینه با توجه به معیارها به صورت متغیرهای کیفی بیان می‌کنند.

مرحله دوم: محاسبه حدود و مقادیر فازی شهودی بازه‌ای مقدار متناسب با هر گزینه

برای هر گزینه در ماتریس تصمیم، روی مجموعه‌های فازی مطابق شکل (۱)، ماتریس مقایسات زوجی در نظر گرفته شده

ضرایب و اهداف محدودیت، در شرایطی که اطلاعات کافی وجود ندارد، نمی‌توانند به خوبی شرایط متغیر بازار را تعریف کنند؛ به همین دلیل، در این مواقع ضرایب مختلف اهداف و محدودیت‌ها به وسیله اعداد فازی تعریف می‌شوند چاودری^۱ و کاجال^۲ [23]. یک روش سودمند برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی ارائه کرده است. مدل کلی برنامه‌ریزی خطی برای مسائل بیشینه‌سازی توسط دانترینگ به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= \sum_{i=1}^n c_i x_i & \sum_{i=1}^n a_{ij} x_{ij} &\leq \\ b_i, \quad j &= 1, \dots, m. & x_i &\geq 0. \end{aligned} \quad (10)$$

که Z تابع هدف است، x_i متغیرهای تصمیم‌گیری ماتریس تصمیم، m تعداد محدودیت‌هاست، n تعداد متغیرهای تصمیم‌گیری است و b_i مقدار قابل قبول تخلف را مشخص می‌کند.

مدل ریاضی GP به همراه توابع رضایت‌بخش [21]، در زیر آمده است. (۱۱) تابع هدف و (۱۲) محدودیت‌ها هستند:

$$\text{Max}(Z) = \sum_{j=1}^n [w_j^+ f_j^+(\delta_j^+) + w_j^- f_j^-(\delta_j^-)] \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + \delta_j^- - \delta_j^+ &= g_j \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \\ g_j &\in [g_j^l, g_j^u] \quad j=1, \dots, n \\ 0 \leq \delta_j^- &\leq \alpha_{jv}^- \quad j=1, \dots, n \\ 0 \leq \delta_j^+ &\leq \alpha_{jv}^+ \quad j=1, \dots, n \\ x_j &\in \{0, 1\} \quad j=1, \dots, n \end{aligned} \quad (12)$$

مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره خطی یافتن برداری مانند $X^T = [x_1, \dots, x_n]$ با بیشینه k تابع هدف، n متغیر تصمیم‌گیری در ماتریس تصمیم، m محدودیت به شکل زیر:

$$\text{Max } Z_i = \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j, \quad i=1, \dots, k \quad (13)$$

Subject to $\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq b_j \quad j=1, \dots, m$
به a_{ij}, b_j, c_{ij} مقادیر قطعی نسبت داده می‌شود.

به صورت دقیق‌تر، مسائل چندهدفه به صورت زیر می‌توانند به شکل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه نوشته شوند:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= \sum CX \\ \text{Subject to} & \\ \sum AX &\leq b \end{aligned} \quad (14)$$

¹ Chaudhuri

² Kajal



ماتریس تصمیم مقادیر اولویت‌های فردی (IP)^۴ هر تصمیم‌گیرنده را نشان می‌دهد. در ماتریس تصمیم با مقایسات زوجی دوتایی از الگوریتم تجمیعی میانگین وزنی برای به‌دست‌آوردن اولویت‌های جمعی استفاده می‌شود. (CP_{ij})، اولویت جمعی گزینه A_i نسبت به معیار C_j و (IP_{ij}) اولویت‌های فردی گزینه A_i نسبت به معیار C_j را نشان می‌دهند:

$$CP_{ij} = \text{neat OWA} \{ IP_{ij} \} \quad (19)$$

$$= \sum_{t=1}^k \Psi_t IP_{ij} \quad \left| \Psi_t = \frac{(IP_{ij})^\beta}{\sum_{t=1}^k (IP_{ij})^\beta} \right.$$

$$i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

مرحله دوم: محاسبه ماتریس درجه نزدیکی^۵
درجه نزدیکی، معیار نزدیکی نظر فرد به گروه را نشان می‌دهد و مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$DP(IP_{ij}) = [|CP_{ij} - IP_{ij}| / (m-1)]^b \quad (20)$$

$$m=100, b \in [0,1] \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

b فرآیند رسیدن به توافق را کنترل می‌کند که در اینجا b=1 در نظر گرفته شده است.

مرحله سوم: محاسبه میانگین ماتریس درجه نزدیکی برای هر گزینه

در این مرحله، برای هر گزینه، در ماتریس درجه نزدیکی به‌دست آمده از مرحله دوم میانگین گرفته می‌شود.

$$M_{\text{can DP}} = \sum_{t=1}^k DP(IP_{ij})/k \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad (21)$$

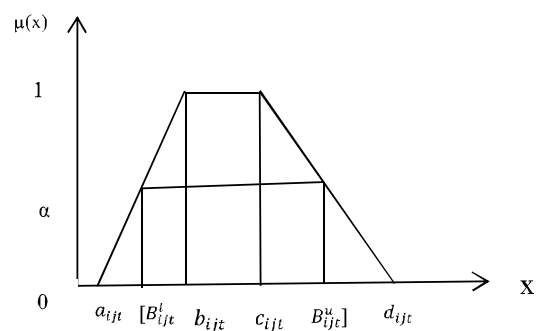
مرحله چهارم: محاسبه ماتریس درجه توافق^۶
در این مرحله با استفاده از رابطه زیر، تصمیم‌گیرندگان درجه توافق را برای هر گزینه محاسبه می‌کنند:

$$DC_{ij} = 1 - M_{\text{can DP}} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad (22)$$

مرحله پنجم: محاسبه میانگین معیارها و میانگین وزن‌های مربوط به هر معیار در ماتریس درجه توافق
چون ماتریس مقایسات زوجی برای هر معیار دوتایی است و از آنجایی که در آخر از برنامه‌ریزی خطی هدفمند استفاده می‌شود، پس باید میانگین معیارها و میانگین وزن‌های مربوط به هر معیار را محاسبه کرده و آن‌ها را به‌صورت یک عدد که نماینده اعداد دیگر است به مدل برنامه‌ریزی خطی ارائه داد.

⁴ Individual Preference (IP)
⁵ Degree of Proximity (DP)
⁶ Degree of Consensus (DC)

دوزنقه‌ای ([a,b,c,d]) است. یعنی معیارهای مورد نظر چهارتایی هستند.



(شکل ۱-): تابع عضویت دوزنقه‌ای و برش-α [24]
(Figure-1): Trapezoidal membership function and α-cut [24]

برای ایجاد مجموعه فازی شهودی بازه‌ای مقدار، ماتریس مقایسات زوجی دوزنقه‌ای در نظر گرفته شده، به‌جای (a,b,c,d)، سه‌تایی {e,f,g} است و همچنین پارامتر جدید Z را تعریف کرده که e و g همان دو بازه موردنظر در مجموعه‌های فازی شهودی بازه‌ای مقدار هستند و f به پارامتر Z بستگی دارد اگر Z=0.5 باشد f به‌طور دقیق وسط است. درواقع معیارها دو تایی هستند. تعریف متغیر جدید Me ضروری است که همان f است و مقدار آن بستگی به پارامتر Z دارد.
مقدار Me، برای بازه (a,b) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Me = a + (b - a) \alpha \quad (15)$$

بعد از تعریف متغیر جدید Me برای هر گزینه، حد پایین^۱ و حد بالا^۲ و مقدارقطعی (I_r)، متناسب با هر گزینه با توجه به این متغیر محاسبه می‌شود.

$$LB(a) = a + (Me - a) \alpha \quad (16)$$

$$UB(a) = Me + (b - Me) \alpha \quad (17)$$

$$I_r = Lb(\gamma) + Ub(1 - \gamma), \forall \gamma \in [0,1], \gamma = 0.4 \quad (18)$$

α پارامتر تصمیم و γ معیار خوش‌بینی است طبق [21]، [21]، α=0.7 و α و γ=0.4 است.

گام دوم: به‌دست‌آوردن توافق گروهی با استفاده از الگوریتم تجمیعی

مرحله نخست: محاسبه اولویت‌های جمعی (CP)^۳

¹ Lower Bound (LB)
² Upper Bound (UB)
³ Collective Preference (CP)

گام سوم: ارزیابی گزینه‌ها به کمک ضریب نزدیکی در روش تاپسیس

مرحله نخست: نرمال سازی ماتریس تصمیم

اگر در ماتریس تصمیم، وزن مربوط به ستونی مثبت باشد، برای هر معیار، بیشترین مقدار ماتریس تصمیم را مشخص کرده و تمامی اعضای ماتریس تصمیم مربوط به ستونی که وزنش مثبت بوده بر بیشترین مقدار، تقسیم می‌شوند؛ در غیر این صورت اگر وزن مربوط به ستونی منفی باشد، کمترین مقدار ستون مربوطه را مشخص کرده و بر تمامی اعضای مربوط به ستون مورد نظرش تقسیم می‌شود.

مرحله دوم: وزن دهی به ماتریس تصمیم نرمال شده

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{x}_{ij} \times \tilde{w}_{ij} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad (23)$$

\tilde{x}_{ij} ماتریس تصمیم نرمال شده است. \tilde{w}_{ij} بیان کننده اهمیت معیار C_j است. بنابراین ماتریس تصمیم وزن دار به صورت رابطه زیر خواهد بود:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad (24)$$

مرحله سوم: به دست آوردن گزینه‌های ایده آل مثبت و

ایده آل منفی در ماتریس تصمیم نرمال وزن دهی شده

(FIRP, A^+)¹ گزینه ایده آل یا (ایده آل مثبت) و نشان دهنده بهترین ارزش موجود از یک معیار است و $(FARP, A^-)$ ² گزینه ضد ایده آل یا (ایده آل منفی) و نشان دهنده بدترین ارزش موجود از یک معیار است و به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_j^+) = \{(\max \tilde{v}_{ij} \mid i=1, \dots, m)\}_{j=1, \dots, n} \quad (25)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_j^-) = \{(\min \tilde{v}_{ij} \mid i=1, \dots, m)\}_{j=1, \dots, n} \quad (26)$$

مرحله چهارم: محاسبه فاصله گزینه‌ها تا ایده آل مثبت و ایده آل منفی

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad (27)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad (28)$$

برای محاسبه فاصله، روش‌های مختلفی وجود دارد از جمله فاصله همینگ، فاصله اقلیدسی³ و غیره که در اینجا از فاصله اقلیدسی استفاده شده که رایج تر است.

¹ Fuzzy Ideal Reference Point (FIRP)

² Fuzzy Anti- Ideal Reference Point (FARP)

³ Euclidean distance

مرحله پنجم: محاسبه ضریب نزدیکی⁴

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (29)$$

هر اندازه مقدار ضریب نزدیکی متناسب با گزینه A_i به یک نزدیکتر باشد، به این مفهوم است که گزینه A_i به راه حل ایده آل مثبت نزدیکتر و از راه حل ایده آل منفی دورتر است. گزینه‌ای که بیشترین CC_i را دارد، بهترین انتخاب است.

گام چهارم: حل مدل GPSF⁵

اطلاعات خروجی این گام، پاسخ نهایی مدل پیشنهادی انتخاب تأمین کننده‌ها است.

مرحله نخست: نوشتن توابع هدف و محدودیت‌ها

در مدل GPSF، برای هر معیار تابع هدف و محدودیت‌ها نوشته می‌شود. تابع هدف در (30) آورده شده است.

$$(GPSF) \text{Max}(Z) = \sum_{j=1}^n [w_j^+ f_j^+(\delta_j^+) + w_j^- f_j^-(\delta_j^-)] \quad (30)$$

تابع هدف برابر ضرایب δ_j است. w_j ها، همان میانگین وزن‌های مربوط به هر معیار در ماتریس درجه توافق هستند. و f_j ها میانگین مقادیر معیارها در ماتریس تصمیم درجه توافق هستند. در این مرحله به ازای هر معیار، محدودیت‌ها نیز نوشته می‌شوند:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + \delta_j^- - \delta_j^+ = g_j \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad (31)$$

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = 1 \quad (32)$$

$$g_j \in [g_j^l, g_j^u] \quad j=1, \dots, n$$

$$g_j^l = 0$$

$$g_j^u = 1$$

$$0 \leq \delta_j^- \leq \alpha_{jv}^- \quad j=1, \dots, n$$

$$0 \leq \delta_j^+ \leq \alpha_{jv}^+ \quad j=1, \dots, n$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad j=1, \dots, n$$

مرحله دوم: دادن توابع هدف و محدودیت‌ها به مدل

GPSF و حل آن. با حل مدل برنامه ریزی خطی چندهدفه

فازی، مدل پیشنهادی کامل می‌شود. در این مدل، همان گونه که مشخص است، از آنجایی که مدل برنامه ریزی خطی برای گام آخر استفاده شده است، در نهایت یک تأمین کننده انتخاب نمی‌شود؛ بلکه بهینه ترین پیشنهاد برای رتبه بندی تأمین کننده‌ها ارائه می‌شود؛ به طوری که اهداف و معیارهای مورد نظر شرکت در مجموع برآورده شود.

⁴ Correlation Coefficients (CC)

⁵ Goal Programming Satisfaction Function (GPSF)

A_3	۷	۸/۷	۹/۳	۱۰	۷	۸/۳۳	۸/۶۷	۱۰
A_4	۷	۸	۸	۹	۵	۷/۳۳	۷/۷۶	۹
A_5	۵	۶	۷	۸	۵	۷/۳۳	۷/۷۶	۹

حال با استفاده از رابطه (۱۵)، برای هر گزینه در ماتریس مقایسات زوجی دوتایی، مقدار Mc محاسبه شده است، با توجه به متغیر جدید Me ، مطابق رابطه (۱۶)، برای هر گزینه حد پایین محاسبه و مطابق رابطه (۱۷) برای هر گزینه حد بالا محاسبه می‌شود. بعد از محاسبه حد پایین و حد بالا برای هر گزینه مطابق رابطه (۱۸)، مقدار قطعی در بازه مطمئن $[L_B, U_B]$ برای هر گزینه با توجه به معیارها محاسبه می‌شود.

نتایج بالا برای معیار C_1 در ماتریس UB, LB و Ir مشاهده می‌شود:

$$LB = \begin{bmatrix} 5/7 & 7/7 & 8/19 & 7/7 & 5/7 \\ 6 & 8 & 8/7 & 8 & 6 \end{bmatrix}$$

$$UB = \begin{bmatrix} 5/880 & 7/880 & 8/4960 & 7/880 & 5/880 \end{bmatrix}$$

برای همه گزینه‌ها با توجه به معیارهای C_1, C_2, C_3, C_4 ، حدهای پایین، حدهای بالا و مقدار قطعی محاسبه می‌شود.

نتایج مربوط به محاسبه اولویت‌های جمعی برای معیارها با توجه به رابطه (۱۹) در زیر آورده شده است:

$$CP = \begin{bmatrix} 0.1269 & 0.1306 & 0.1568 & 0.1641 & 0.1330 & 0.1597 & 0.1780 & 0.2165 \\ 0.2487 & 0.2321 & 0.2048 & 0.2077 & 0.3404 & 0.2640 & 0.2781 & 0.2165 \\ 0.2487 & 0.2745 & 0.2768 & 0.2564 & 0.2606 & 0.2261 & 0.2090 & 0.2165 \\ 0.2487 & 0.2321 & 0.2048 & 0.2077 & 0.1330 & 0.1751 & 0.1675 & 0.1753 \\ 0.1269 & 0.1306 & 0.1568 & 0.1641 & 0.1330 & 0.1751 & 0.1675 & 0.1753 \end{bmatrix}$$

طبق رابطه (۲۰) برای همه مقادیر ماتریس تصمیم، ماتریس درجه نزدیکی محاسبه می‌شود:

$$DP = \begin{bmatrix} 0.492 & 0.593 & 0.691 & 0.792 & 0.492 & 0.691 & 0.790 & 0.988 \\ 0.682 & 0.785 & 0.787 & 0.888 & 0.774 & 0.882 & 0.982 & 0.988 \\ 0.682 & 0.851 & 0.911 & 0.984 & 0.681 & 0.819 & 0.855 & 0.988 \\ 0.682 & 0.785 & 0.787 & 0.888 & 0.492 & 0.723 & 0.767 & 0.891 \\ 0.492 & 0.593 & 0.691 & 0.792 & 0.492 & 0.723 & 0.767 & 0.891 \end{bmatrix}$$

مطابق رابطه (۲۱)، میانگین ماتریس درجه نزدیکی محاسبه می‌شود:

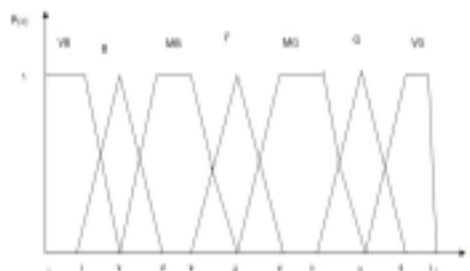
۳-۱- ارزیابی مدل پیشنهادی

برای پیاده‌سازی مدل پیشنهادی بعد از این که معیارهای کیفی به کمی تبدیل شدند، هر تعداد گزینه یا شاخص را در ماتریس تصمیم می‌توانیم وارد کنیم. تعداد گزینه‌ها را در ماتریس تصمیم $m=5$ در نظر می‌گیریم یک گروه از تصمیم‌گیرندگان ارزیابی‌های خود را برای هر تأمین‌کننده با توجه به معیارها و همچنین وزن اهمیت نسبی معیارها را مطابق جدول (۱) و شکل (۲) به صورت متغیرهای کیفی بیان می‌کنند.

(جدول-۱): متغیرهای زبانی فازی دوزنقه‌ای و محدوده آن‌ها [25]

(Table-1): Trapezoidal fuzzy lingual values and their ranges [25]

Very Bad	VB	(۰,۰,۱,۲)
Bad	B	(۱,۲,۲,۳)
Medium Bad	MB	(۲,۳,۴,۵)
Fair	F	(۴,۵,۵,۶)
Medium Good	MG	(۵,۶,۷,۸)
Good	G	(۷,۸,۸,۹)
Very Good	VG	(۸,۹,۱۰,۱۰)



(شکل-۲): تابع عضویت اعداد فازی دوزنقه‌ای برای

متغیرهای زبانی [25]

(Figure-2): Trapezoidal membership function for linguistic variables [25]

در بستر فازی شهودی بازه‌ای مقدار ماتریس مقایسات زوجی به جای (a,b,c,d) مجموعه $\{e,f,g\}$ است. که e و g همان دو بازه موردنظر هستند.

(جدول-۲): ماتریس تصمیم و وزن‌های اهمیت نسبی معیارها

برای مقایسات زوجی دوتایی

(Table-2): Decision matrix and relative weights for criterion in double pair comparisons.

اوزان اهمیت نسبی معیارها	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۸	۱	۱
	c_1	c_2	c_3	c_4	c_1	c_2	c_3
	c_1	c_2	c_3	c_4	c_1	c_2	c_3
معیارها	C_1	C_2	C_3	C_4			
A_1	۵	۶	۷	۸	۵	۷	۸
A_2	۷	۸	۸	۹	۸	۹	۱۰

نتایج مربوط به مرحله سوم گام سوم یعنی به دست آوردن گزینه‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی، طبق روابط (۲۵) و (۲۶)، با توجه به ماتریس تصمیم نرمال وزن‌دهی شده مرحله قبل محاسبه می‌شود.

$$FIRS = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0/8000 & 0/8000 & 0/9000 & 0/9000 & 0/9000 & 0/9000 \end{bmatrix}$$

$$FARS = \begin{bmatrix} 0/7760 & 0/7760 & 0/4444 & 0/4444 & 0/5600 & 0/5600 \\ 0/4023 & 0/4023 & 0/5600 & 0/5600 & 0/4444 & 0/4444 \end{bmatrix}$$

در این مرحله با استفاده از فاصله گفته شده در رابطه (۲۹)، (۳۰) نتایج مربوط به محاسبه فاصله هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (DF) و ایده‌آل منفی (DN) مطابق رابطه (۲۷) و (۲۸) محاسبه و سپس با استفاده از رابطه (۳۱) ضریب نزدیکی (CC_i) محاسبه می‌شود.

$$DF = \begin{bmatrix} 0/7755 \\ 0/3547 \\ 0/4058 \\ 0/6255 \\ 0/17920 \end{bmatrix} \quad DN = \begin{bmatrix} 0/3951 \\ 0/7386 \\ 0/7423 \\ 0/5226 \\ 0/3610 \end{bmatrix} \quad CC = \begin{bmatrix} 0/3951 \\ 0/7386 \\ 0/7423 \\ 0/5226 \\ 0/3610 \end{bmatrix}$$

در ادامه نتایج مربوط به مرحله آخر که در واقع همان رتبه‌بندی نهایی بین پنج گزینه است آورده شده است. طبق رابطه (۳۲) تابع هدف محاسبه می‌شود و نتیجه در زیر آورده شده است:

$$f = \begin{bmatrix} 0/7002 & 0/7802 & 0/7925 & 0/9109 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

برای نوشتن محدودیت‌ها، ابتدا ماتریس تصمیم محاسبه می‌شود؛ نتایج به صورت زیر است:

$$M.C = \begin{bmatrix} 0/0183 & 0/0250 & 0/0200 & 0/0300 \\ 0/0495 & 0/0566 & 0/0559 & 0/0666 \\ 0/0496 & 0/0613 & 0/0485 & 0/0596 \\ 0/0334 & 0/0381 & 0/0276 & 0/0377 \\ 0/0170 & 0/0232 & 0/0190 & 0/0260 \end{bmatrix}$$

بعد از محاسبه ماتریس تصمیم، نتایج مربوط به محاسبه محدودیت‌ها در زیر مشاهده می‌شود. ماتریس Aeq نتایج مربوط به سمت چپ محدودیت‌ها است:

$$Aeq = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0/0183 & 0/0495 & 0/0496 & 0/0334 & 0/0170 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0/0253 & 0/0566 & 0/0613 & 0/0381 & 0/0232 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0/0200 & 0/0559 & 0/0485 & 0/0276 & 0/0190 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0/0300 & 0/0666 & 0/0596 & 0/0377 & 0/0260 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Mean DP=

$$\begin{bmatrix} 0/0606 & 0/0721 & 0/0773 & 0/0869 & 0/0586 & 0/0767 & 0/0832 & 0/0949 \end{bmatrix}$$

مطابق رابطه (۲۲)، ماتریس درجه توافق محاسبه می‌شود:

$$DC = \begin{bmatrix} 0/0606 & 0/9279 & 0/9226 & 0/9131 & 0/9414 & 0/9233 & 0/9168 & 0/9051 \end{bmatrix}$$

همان‌طور که در قبل گفته شد، چون ماتریس مقایسات زوجی دو تایی است و در نهایت باید به یک ماتریس تصمیم رسید که به عنوان ورودی برنامه‌ریزی خطی است، در ماتریس DC حاصل از مرحله قبل میانگین معیارها و همچنین میانگین وزن‌های معیارها را محاسبه و آن‌ها را در ماتریس DCC و WW قرار می‌دهیم.

$$DCC = \begin{bmatrix} 0/9336 & 0/9179 & 0/9323 & 0/9109 \end{bmatrix}$$

$$WW = \begin{bmatrix} 0/1750 & 0/1850 & 0/1850 \end{bmatrix}$$

برای هر گزینه میانگین معیارها، در ماتریس DP محاسبه می‌شوند و در ماتریس M قرار می‌گیرد.

$$M = \begin{bmatrix} 0/0543 & 0/0741 & 0/0591 & 0/0889 \\ 0/0733 & 0/0838 & 0/0828 & 0/0985 \\ 0/0767 & 0/0948 & 0/0750 & 0/0921 \\ 0/0733 & 0/0838 & 0/0607 & 0/0829 \\ 0/0543 & 0/0741 & 0/0607 & 0/0829 \end{bmatrix}$$

در گام سوم مرحله نخست نتایج نرمال سازی ماتریس تصمیم به صورت زیر است:

$$N = \begin{bmatrix} 0/5747 & 0/6897 & 0/7000 & 0/8000 & 0/5556 & 0/7778 & 0/8000 & 1 & 1 & 1 \\ 0/8046 & 0/9195 & 0/8000 & 0/9000 & 0/8889 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0/8046 & 1 & 0/9300 & 1 & 0/7778 & 0/9256 & 0/8670 & 1 & 1 & 1 \\ 0/8046 & 0/9195 & 0/8000 & 0/9000 & 0/5556 & 0/8144 & 0/7760 & 0/9000 & 0/9000 & 0/9000 \\ 0/5747 & 0/6897 & 0/7000 & 0/8000 & 0/5556 & 0/8144 & 0/7760 & 0/9000 & 0/9000 & 0/9000 \end{bmatrix}$$

نتایج مرحله دوم گام سوم یعنی وزن‌دهی به ماتریس تصمیم در ماتریس NW با توجه به روابط (۲۳)، (۲۴) آورده شده است.

$$NW = \begin{bmatrix} 0/4023 & 0/5517 & 0/5600 & 0/7200 & 0/4444 & 0/7000 & 0/8000 & 1 & 1 & 1 \\ 0/5632 & 0/7356 & 0/6400 & 0/8100 & 0/7111 & 0/9000 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0/5632 & 0/8100 & 0/7440 & 0/9000 & 0/6222 & 0/8330 & 0/8670 & 1 & 1 & 1 \\ 0/5632 & 0/7356 & 0/6400 & 0/8100 & 0/4444 & 0/7330 & 0/7760 & 0/9000 & 0/9000 & 0/9000 \\ 0/4023 & 0/5517 & 0/5600 & 0/7200 & 0/4444 & 0/7330 & 0/7760 & 0/9000 & 0/9000 & 0/9000 \end{bmatrix}$$

رسیدن به یک توافق جمعی در رابطه با اولویت‌ها از الگوریتم تجمیعی میانگین وزنی استفاده شده است. بعد از محاسبه میزان توافق جمعی، درجه نزدیکی محاسبه شده و به کمک این درجه، میزان نزدیکی نظر فرد با نظر جمعی مشخص شده که هدف مسأله، بیشینه‌سازی درجه نزدیکی است؛ سپس با استفاده از روش تاپسیس برای هر گزینه ضریب نزدیکی محاسبه شده است، گزینه‌ای با بیشترین ضریب نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل نزدیک‌تر است و چون هدف نهایی مدل پیشنهادی، رتبه‌بندی بهینه تأمین‌کنندگان است به شرطی که فاکتورهای اصلی مورد نیاز برای تصمیم‌گیری برآورده شود. از این‌رو از مدل برنامه‌ریزی خطی هدف‌دار با توابع رضایت‌بخش در آخر استفاده شد.

از مزایای روش می‌توان به استفاده از بستر فازی شهودی بازه‌ای مقدار برای نمایش بهتر ابهام و غیر قطعی بودن و استفاده از روش تاپسیس برای ارزیابی گزینه‌ها، که روشی پر کاربرد با محاسبات کم برای ارزیابی گزینه‌هاست و همچنین استفاده از روش میانگین وزنی OWA برای محاسبه اولویت‌های جمعی، که به صورت تحلیلی محاسبه می‌شود و نسبت به روش‌های دیگر انعطاف‌پذیری بیشتری دارد و یک عمل‌گر خطی است، اشاره کرد. از معایب روش نیز می‌توان به عدم تشخیص میزان دقیق بودن روش‌های MCDM به دلیل متفاوت بودن منطق‌های ریاضی استفاده‌شده در مدل‌ها اشاره کرد. به‌منظور بهبود عملکرد این مدل درآینده، می‌توان از الگوریتم‌های تکاملی برای یافتن بیشترین مقدار بهینه تابع هدف استفاده و حل مدل برنامه‌ریزی خطی با روش‌هایی مثل سیمپلکس، استفاده از توابع متریک دیگر مثل همینگ برای محاسبه فاصله گزینه‌ها تا ایده‌آل مثبت و منفی اشاره کرد. با توجه به این که داده‌های این مسأله، فازی شهودی بازه‌ای مقدار هستند و تا کنون برای حل این مسأله با این داده‌ها روشی ارائه نشده است، لذا امیدواریم روش ارائه‌شده در این مقاله در پژوهش‌های آینده به‌عنوان مبنایی برای کارهای آینده باشد.

5- References

- [1] S. H. Ghodsypour and C. O'Brien, "A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming", *International Journal of Production Economics*, vol. 56, pp. 199-212, 1998.
- [2] V. Thiagarasu and R. Dharmarajan, "An intuitionistic fuzzy topsis DSS model with

Bcq مربوط به سمت راست محدودیت‌ها می‌باشد. طبق محدودیت (۳۳)، Beq به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$Bcq(c) = DCC(c) * (1 - WW(c))$$

$$Bcq = \begin{bmatrix} 0.234 & 0.1377 & 0.1398 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

حال با دادن توابع هدف و محدودیت‌ها، به مدل G.P.S.F. مدل حل می‌شود؛ که نتایج در زیر نشان داده شده است:

$$Z = f \text{ val} = 0.3955$$

$$X = \begin{bmatrix} 0.1065 \\ 0.93922 \\ 0.93913 \\ 0.93899 \\ 0.1923 \end{bmatrix}$$

حال مقادیر X را به صورت نزولی مرتب کرده و گزینه‌ها به صورت زیر رتبه‌بندی می‌شوند:

$$\text{Rank} = 1 \quad \text{Alter} = 5 \quad \text{Score} = 0.1923$$

$$\text{Rank} = 2 \quad \text{Alter} = 1 \quad \text{Score} = 0.1065$$

$$\text{Rank} = 3 \quad \text{Alter} = 2 \quad \text{Score} = 0.93922$$

$$\text{Rank} = 4 \quad \text{Alter} = 3 \quad \text{Score} = 0.93913$$

$$\text{Rank} = 5 \quad \text{Alter} = 4 \quad \text{Score} = 0.93899$$

۴- نتیجه

در عصر حاضر شرکت‌ها برای کسب موفقیت در عرصه رقابت و بالطبع دستیابی به سود بیشتر و کسب رضایت مشتری، توجه بیشتری به مدیریت زنجیره تأمین دارند. در این بین، انتخاب تأمین‌کننده یک مسأله اساسی در زنجیره تأمین است که نقش بسیار مهمی در جهت ارتقا و یا رکود یک شرکت دارد. به همان اندازه که انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب، در تقلیل هزینه‌ها مؤثر است و باعث افزایش قدرت رقابت شرکت‌ها می‌شود، انتخاب تأمین‌کنندگان نامناسب نیز می‌تواند باعث تنزل موقعیت مالی و عملیاتی شرکت‌ها شود. به‌طور کلی، در صحنه رقابت امروزی، تولید محصولاتی با کیفیت بالا و هزینه کم، بدون تأمین‌کنندگانی مناسب و رضایت‌بخش امکان‌پذیر نیست. در این مقاله برای حل مسأله انتخاب تأمین‌کننده، از رویکردی ترکیبی به‌دست‌آوردن توافق با استفاده از روش‌های میانگین وزنی و استفاده از روش تاپسیس و مدل برنامه‌ریزی هدفمند استفاده شده است. در واقع در این مدل برای هر گزینه از اعداد فازی شهودی بازه‌ای مقدار استفاده شده است. تا محیطی نزدیک به واقعیت و بستری غیرقطعی در مسأله، فراهم شود و برای

۵- مراجع

- [1] S. H. Ghodsypour and C. O'Brien, "A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming", *International Journal of Production Economics*, vol. 56, pp. 199-212, 1998.
- [2] V. Thiagarasu and R. Dharmarajan, "An intuitionistic fuzzy topsis DSS model with

- [14] C. Yu, Y. Shao, K. Wang, L. Zhang, "A group decision making sustainable supplier selection approach using extended TOPSIS under interval-valued Pythagorean fuzzy environment", *Expert Systems with Applications*, vol. 121, pp. 1-17, 2019.
- [15] S. E. Omosigbo and D. E. Omorogbe, "Supplier selection using different metric functions", *Yugoslav Journal of Operations Research*, vol. 25, no.3, pp. 413-423, 2015.
- [16] J. Chai, J. N. Liu, and A. Li, "A new intuitionistic fuzzy rough set approach for decision support", *Proceedings of the International Conference on Rough Sets and Knowledge Technology*, Chengdu, China, August 17-20, 2012, pp. 71-80.
- [17] D. Liang and Z. Xu, "The new extension of TOPSIS method for multiple criteria decision making with hesitant Pythagorean fuzzy sets," *Applied Soft Computing*, vol. 60, pp. 167-179, 2017.
- [18] A. C. Pan, "Allocation of order quality among suppliers", *Journal of Purchasing and Materials Management*, vol. 25, no.3, pp. 36-39, 1989.
- [19] A. A. Gaballa, "Minimum cost allocation of tenders", *Journal of the Operational Research Society*, vol. 25, no. 3, pp. 389-398, 1974.
- [20] C. L. Hwang and K. Yoon, "Multiple Attribute Decision Making: methods and applications: A State-of-the-Art Survey", *Springer Science & Business Media*, vol. 186, 2012.
- [21] I. Igoulalene, L. Benyoucef and M. K. Tiwari, "Novel fuzzy hybrid multi-criteria group decision making approaches for the strategic supplier selection problem", *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 7, pp. 3342-3356, 2015.
- [22] J. A. Goguen, "L-fuzzy sets", *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, vol. 18, no. 1, pp. 145-174, 1967.
- [23] A. Chaudhuri, D. Kajal, "Fuzzy multi-objective linear programming for traveling salesman problem", *African Journal of Mathematics and Computer Science Research*, vol. 4, no. 2, pp. 64-70, 2011.
- [24] A. Keufman and M. Gupta, "Introduction to fuzzy arithmetic: Theory and application", NY: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [25] N. E. Alam, A. A. Hasin, "Algorithms for fuzzy multi expert multi criteria decision making (ME-MCDM)", *Knowledge-Based Systems*, vol. 24, no. 3, pp. 367-377, 2011.
- weight determining methods", *International Journal of Engineering and Computer Science*, vol. 6, pp. 20354-20361, 2017.
- [3] C. T. Lin, C. B. Chen, and Y. C. Ting, "An ERP model for supplier selection in electronics industry", *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 3, pp. 1760-1765, 2011.
- [4] A. K. Kar, "Revisiting the supplier selection problem: An integrated approach for group decision support", *Expert systems with applications*, vol. 41, no. 6, pp. 2762-2771, 2014.
- [5] A. Aamodt and E. Plaza, "Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches", *Artificial Intelligence Communications*, vol. 7, no. 1, pp. 39-59, 1994.
- [6] A. Amid, S. Ghodsypour, and C. O'Brien, "A weighted max-min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain", *International Journal of Production Economics*, vol. 131, no. 1, pp. 139-145, 2011.
- [7] R.-H. Lin, "An integrated model for supplier selection under a fuzzy situation", *International Journal of Production Economics*, vol. 138, no. 1, pp. 55-61, 2012.
- [8] F. Arikan, "A fuzzy solution approach for multi objective supplier selection", *Expert Systems with Applications*, vol. 40, no. 3, pp. 947-952, 2013.
- [9] J. Rezaei, P. B. M. Fahim and L. Tavasszy, "Supplier Selection in the airline retail industry using a funnel methodology: Conjunctive screening method and fuzzy AHP", *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no. 18, pp. 679-693, 2014.
- [10] J. Chai, J. N. Liu, and Z. Xu, "A new rule-based SIR approach to supplier selection under intuitionistic fuzzy environments", *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, vol. 20, no. 03, pp. 451-471, 2012.
- [11] A. Makui, M. R. Gholamian, and E. Mohammadi, "A hybrid intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision making approach for supplier selection", *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, vol. 9, no. 20, pp. 61-73, 2016.
- [12] M. Izadikhah, "Group decision making process for supplier selection with TOPSIS method under interval-valued intuitionistic fuzzy numbers", *Advances in Fuzzy Systems*, vol. 12, p. 2, 2012.
- [13] Z. Y. Bai, "An interval-valued intuitionistic fuzzy TOPSIS method based on an improved score function", *The Scientific World Journal*, vol. 13, no.1, 2013.



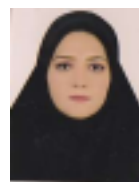
مرجان کوچکی رفسنجان دکترای خود را در رشته مهندسی رایانه گرایش نرم‌افزار در سال ۱۳۸۷ دریافت کرده است. ایشان هم‌اکنون دانشیار بخش علوم رایانه دانشکده ریاضی و رایانه در دانشگاه شهید باهنر کرمان است. نامبرده تا کنون بیش از ۱۷۰ مقاله علمی در مجلات و کنفرانس‌های معتبر داخلی و خارجی به چاپ رسانده است. زمینه‌های پژوهشی وی شبکه‌های رایانه‌ای (شبکه‌های ویژه سیار، شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، شبکه‌های ویژه خودرویی)، تجارت الکترونیک، هوش مصنوعی و رایانش گرید و ابری است. نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

kuchaki@uk.ac.ir



ارشام برومند سعید دکترای خود را در رشته ریاضی در سال ۱۳۸۳ دریافت کرده است. ایشان هم‌اکنون استاد بخش ریاضی دانشکده ریاضی و رایانه در دانشگاه شهید باهنر کرمان است. نامبرده تا کنون بیش از سیصد مقاله علمی در مجلات و کنفرانس‌های معتبر داخلی و خارجی به چاپ رسانده است. زمینه‌های پژوهشی وی منطق، سامانه‌های فازی و کاربردهای آنها است. نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

arsham@uk.ac.ir



فرزانه میرزاپور کارشناس ارشد علوم رایانه از دانشگاه شهید باهنر کرمان است. زمینه‌های پژوهشی وی شبکه‌های رایانه‌ای و سامانه‌های فازی است. نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

farzane.mirzapour@gmail.com

