

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 فراهم کردن نیاز خریدار از نظر محصولات باکیفیت با قیمت مناسب و در یک زمان و حجم مناسب باشد، یکی از ضروری ترین 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، ضرب نزدیکی (شاخص شباهت) محاسبه و سپس تأمین‌کننده‌ها بر اساس این مقدار ارزیابی می‌شوند. در انتها از روش برنامه‌ریزی هدفمند باتابع رضایت‌بخش برای رتبه‌بندی نهایی به تأمین‌کننده‌ها استفاده می‌شود. مدل پیشنهادی به وسیله نرمافزار متلب پیاده‌سازی شده و با طرح سناپیوی 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





۱- مقدمه

زنگیره تأمین، مجموعه عواملی است که خالق ارزش افزوده در اقتصاد هستند. اقدامات نادرست در این زنگیره مانع برای خلق ارزش افزوده در نگاه کلان اقتصادی خواهد بود. در همین اواخر مدیریت زنگیره تأمین هم در مراکز دانشگاهی و هم در صنعت مورد توجه خاصی قرار گرفته است. هدف اصلی مدیریت زنگیره تأمین، کاهش ریسک زنگیره تأمین، کاهش هزینه‌های تولید، افزایش درآمد، بهبود خدمات به مشتری، بهینه‌کردن سطوح موجودی و فرآیندهای کسب و کار و زمان و درنتیجه 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 با تجربه بر این باورند که انتخاب تأمین‌کننده مهم‌ترین فعالیت یک شرکت به شمار می‌آید؛ درنتیجه تصمیم‌گیری‌های نادرست در زمینه انتخاب تأمین‌کننده پیامدهای منفی و زیان‌های بسیاری را برای شرکت در پی خواهد داشت. بنابراین در طول سال‌های اخیر انتخاب تأمین‌کننده مناسب در زنگیره 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 [۱]، یک سامانه

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 تیاگاراسو^۴ و دهارماراجان^۵ برای داده‌های فازی شهری تعمیم داده شده است [۲]. لین^۶ و همکارانش [۳]، برای انتخاب تأمین‌کننده، از مدل برنامه‌ریزی متتابع سازمانی (ERP)^۷ استفاده کردند که صنعت الکترونیک به عنوان مطالعه موردی آن‌ها انتخاب شده بود؛ در این مدل یک‌پارچه از روش‌های تحلیل شبکه (ANP)^۸ و روش تاپسیس^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} [۴]، 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 فراهم کردن سامانه تصمیم‌گیری استفاده

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 بهمود توابع هدف برای حل مسأله تأمین کننده ارائه کرده است؛ این روش از بهمود 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 اوموروگبی^{۱۴} [15]، با استفاده از توابع متربیک متفاوت در بستر اعداد فازی شهودی، تأمین کننده 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 مبهم اقلیدسی حل کرده‌اند [17]. امروزه کمتر تأمین کننده‌ای قادر به تأمین همه نیازهای خردیاران هستند. روش‌های گوناگونی بهمنظور کمک به تصمیم‌گیرندگان برای روبه‌روشدن با پیچیدگی‌های انتخاب یک تأمین کننده مناسب پیشنهاد شده است؛ اما این روش‌ها اغلب نگاهی تک‌بعدی و منفرد به فرآیند انتخاب تأمین کننده دارند. همچنین، این روش‌ها به‌طورمعمول، ابهام و عدم اطمینان موجود در مسأله انتخاب تأمین کننده را در نظر نمی‌گیرند. روش‌های انتخاب چند تأمین کننده 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 بسته فازی، بستر فازی شهودی بازه‌ای مقدار به کار گرفته می‌شود. درواقع در این مقاله، برای حل مسأله انتخاب تأمین کننده، از رویکرد ترکیبی به‌همراه تصمیم‌گیری گروهی در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره در بستر فازی شهودی بازه‌ای مقدار ارائه شده که از جمله روش‌های

¹⁰ Hamming distance¹¹ Bai¹² Yu¹³ Omosigho¹⁴ Omorogbe¹⁵ Rough Set¹⁶ Liang¹⁷ Xu

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

امید^۳ و همکارانش [6]، یک مدل کمینه‌بیشینه وزن‌دار برای انتخاب تأمین کننده معرفی کردند. در این مدل از تابع عضویت و مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای انتخاب تأمین کننده استفاده کردند. لین [7]، یک مدل یک‌پارچه تحلیل شبکه فازی (FANP^۴) را برای انتخاب تأمین کننده مناسب ارائه داد. اریکان^۵ [8]، از روش برنامه‌ریزی خطی برای مسائل انتخاب تأمین کننده بهره گرفته که توابع هدف را کاهش هزینه، افزایش کیفیت، افزایش تحويل بهموقع در نظر گرفته است؛ درواقع این روش یک مدل فازی ریاضی و یک راه حل جدید را برای اینکه تصمیم‌گیرنده‌ها به سطح رضایت از توابع هدف برسند ارائه کرده است. رضایی و همکارانش [9]، برای انتخاب تأمین کننده در محیط فازی روش فازی تحلیل سلسه مراتبی را بیان کرده‌اند که در آن تأمین کننده‌ها با توجه به معیارهای اصلی و معیارهای فرعی ارزیابی می‌شوند و از یک روش غربال‌گری برای کاهش تعداد تأمین کننده‌ها استفاده می‌شود. چای^۶ و همکارانش [10]، برای انتخاب تأمین کننده در محیط فازی شهودی، از روش ترکیبی بهترین-بدترین رتبه‌بندی فازی شهودی بازه‌ای SIR مقدار (IF-SIR)^۷ و روش تاپسیس بهره گرفته‌اند، 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 به صورت 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 به عنوان یک ابزار برای پیاده‌سازی طرح‌های چندمعیاره پیشنهاد شده است که از بین مجموعه‌های از بینهایت گزینه جواب را می‌یابد. ایزدی‌خواه

¹ Aamodt² Plaza³ Amid⁴ Fuzzy Analytic Network Process (FANP)⁵ Arikhan⁶ Chai⁷ Intuitionistic Fuzzy-Superiority Inferiority Ranking (IF-SIR)⁸ Preference Ranking Organization METhod for Enrichment Evaluations (PROMETHEE)⁹ Grey Relational Analysis (GRA)

مرحله سوم: تعیین راه حل 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، راه حل گزینه ایدهآل مثبت (A^+) و راه حل ایدهآل منفی (A^-) به صورت زیر به دست می آیند:

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

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

I مجموعه معیارهای مثبت و J مجموعه معیارهای منفی است.

مرحله چهارم: محاسبه اندازه فاصله گزینه ها تا ایدهآل مثبت و منفی

با استفاده از فاصله اقلیدسی فاصله گزینه i ام از راه حل ایدهآل مثبت و منفی محاسبه می شود:

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

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i=1, \dots, m \\ 0 \leq \mu_A + \nu_A \leq 1 \quad (7)$$

فاصله گزینه i ام از راه حل ایدهآل مثبت و d_i^- فاصله گزینه i ام از راه حل ایدهآل منفی است. v_{ij} مقدار نرمال موزون گزینه i نسبت به معیار C_j است. v_j^+ مقدار ایدهآل مثبت معیار j -ام و v_j^- مقدار ایدهآل منفی معیار j -ام می باشدند.

مرحله پنجم: محاسبه ضریب نزدیکی^۱ به راه حل ایدهآل مثبت

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

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

مرحله ششم: رتبه بندی اولویت ها: بر اساس ترتیب نزولی R_i می توان گزینه های موجود را رتبه بندی کرد.

^۱ Relative Coefficient

چند منبعی برای انتخاب و رتبه بندی مناسب تأمین کننده ها است که درنهایت مجموعه ای از تأمین کننده ها انتخاب می شوند؛ مسائل تصمیم گیری چند شاخصه خود از دسته تصمیم گیری های چند معیاره هستند.

۲- تعاریف پایه

۲-۱- روش تاپسیس (TOPSIS)

یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره، در ماتریسی به صورت زیر بیان می شود:

$$A_1 \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}, \quad C_1, C_2, \dots, C_n \quad (1)$$

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

در ماتریس بالا، A_m, A_1, \dots, A_n گزینه های هستند که تصمیم گیرندگان باید انتخاب خود را از بین آنها انجام دهند، C_1, C_2, \dots, C_n معیارهای هستند که عملکرد گزینه ها با توجه به آنها اندازه گیری می شود. x_{ij} رتبه گزینه i نسبت به معیار C_j و w_j وزن معیار C_j است. روش تاپسیس، نخستین بار توسط هوانگ^۲ و یون^۳ [20] ارائه شده و یکی از بهترین مدل های تصمیم گیری چند معیاره است. تاپسیس یک روش چند معیاره برای تعیین راه حل های یک مجموعه متناهی از گزینه ها است، این تروش بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایدهآل مثبت (PIS)^۴ و بیشترین فاصله را با راه حل ایدهآل منفی (NIS)^۵ داشته باشد. مراحل روش تاپسیس در زیر بیان می شود:

مرحله نخست: محاسبه ماتریس نرمال شده به روش N-نرم^۶

هر درایه x_{ij} از ماتریس تصمیم گیری گفته شده در (1)، بر حد وسط (نرم) موجود از ستون زام (به ازای معیار C_j) تقسیم می شود. مقدار درایه ماتریس نرمال شده (n_{ij}) به صورت زیر محاسبه می شود:

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

مرحله دوم: وزن دهی به ماتریس تصمیم نرمال

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

¹ IIwang

² Yoon

³ Positive Ideal Solution (PIS)

⁴ Negative Ideal Solution (NIS)

⁵ Calculation normalized decision matrix with N-norm



۲-۳-۲- برنامه‌ریزی خطی چند هدفه فازی
 برنامه‌ریزی خطی، توسط زلنی^۲، معرفی شد [23]. مسئله برنامه‌ریزی خطی برای پیدا کردن کمینه یا بیشینه مقادیر بک تابع خطی تحت محدودیت‌هایی است که به صورت نساوی یا نامساوی‌هایی بیان شده‌اند. برنامه‌ریزی خطی چند هدفه (MOLP^۳)، توسعه‌یافته مدل برنامه‌ریزی خطی است. برنامه‌ریزی چند هدفه، 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 موقیت^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 موقیت سطوح واقع‌گرا برای رسیدن به هدف هستند.

برای هر معیار_j, داریم [21]:
 اگر برای هدف_j g_j سطح موقیت از سطح آرمانی بیشتر باشد در مدل GP خطأ منطبق است $\delta_j^+ < 0$.
 اگر برای هدف_j g_j سطح موقیت از سطح آرمانی کمتر باشد، در مدل GP خطأ منفی است $\delta_j^- < 0$.
 اگر برای هدف_j g_j سطح موقیت با سطح آرمانی برابر باشد، آن گاه در مدل GP خطأ صفر است.

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

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

مجموعه‌ای از راه حل‌های ممکن است.

$$\begin{aligned} 0 < \delta_j^- & \quad j=1, \dots, n \\ 0 < \delta_j^+ & \quad j=1, \dots, n \end{aligned}$$

به طور معمول، در مسائل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه، 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

² Zeleny

³ Multi-Objective Linear Programming (MOLP)

⁴ Keufman

⁵ Gupta

⁶ Goal Programming(GP)

⁷ Aspiration level

⁸ Achievement level

⁹ Deviation

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 $[0,1] \rightarrow \mu_A$ تعریف می‌شود. میزان درجه عضویت عنصر x در مجموعه فازی A است.

تعریف: فرض کنید $U \neq \emptyset$ یک مجموعه مرجع و $[0,1] \rightarrow \mu_A$ است؛ آن‌گاه 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 $L[0,1] M_A \rightarrow U$: تابعی است به صورت:

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

$(x) M_A$ درجه عضویت x نامیده می‌شود.
 مجموعه تمام مجموعه‌های فازی بازه‌ای مقدار روی مجموعه‌ای U به صورت $IVFS(U)$ نمایش داده می‌شود.
 مجموعه فازی شهودی A در U عبارت است از:

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

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

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

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 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)



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

۳- مدل پیشنهادی

روش‌های متفاوتی برای حل مسئله 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 انتهای 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 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 موقع ضرایب مختلف اهداف و محدودیت‌ها به وسیله اعداد فازی تعریف می‌شوند چاودری^۱ و کاجال^۲ [۲۳]. یک روش سودمند برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی برای مسائل بیشینه‌سازی توسط دانتزینگ به صورت زیر است:

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

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

مدل ریاضی GP به همراه توابع رضایت‌بخش [۲۱] در زیر آمده است. (۱۱) تابع هدف و (۱۲) محدودیت‌ها هستند:

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

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

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:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z_i = & \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j, \quad i=1, \dots, k \\ \text{Subject to} \\ \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i &\leq b_j \quad j=1, \dots, m \end{aligned} \quad (13)$$

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

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

¹ Chaudhuri

² Kajal

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

$$CP_{ij} = \text{neat OWA}\{IP_{ij}\} \\ = \sum_{t=1}^k \Psi_t |IP_{ij}| \quad \Psi_t = \frac{(IP_{ij})^\beta}{\sum_{l=1}^k (IP_{lj})^\beta} \quad (19)$$

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

مرحله دوم: محاسبه ماتریس درجه نزدیکی^۴
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 به دست آمده از مرحله دوم میانگین گرفته می‌شود.

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

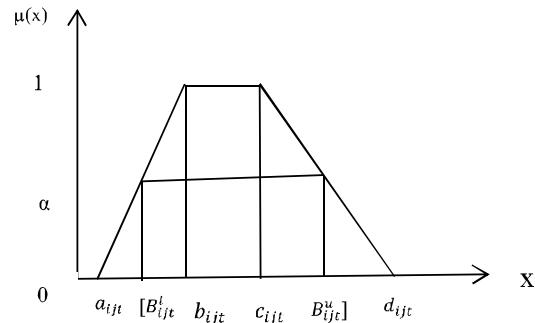
$j=1, \dots, n$

مرحله چهارم: محاسبه ماتریس درجه توافق^۵
در این مرحله با استفاده از رابطه زیر، تصمیم‌گیرنده‌ان درجه توافق را برای هر گزینه محاسبه می‌کنند:

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

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 به صورت یک عدد که نماینده اعداد دیگر است به مدل برنامه‌ریزی خطی ارائه داد.

ذوزنقه‌ای (a, b, c, d) است. یعنی معیارهای مورد نظر چهارتایی هستند.



(شکل-۱): تابع عضویت ذوزنقه‌ای و برش- α [24]

(Figure-1): Trapezoidal membership function and α -cut [24]

برای ایجاد مجموعه فازی شهودی بازه‌ای مقدار، ماتریس مقایسات زوجی ذوزنقه‌ای در نظر گرفته شده، به حای $\{e, f, g, h\}$ است و همچنین پارامتر جدید Z را تعریف کرده که $e=0.5$ و همان دو بازه موردنظر در مجموعه‌های فازی شهودی بازه‌ای مقدار هستند و f و g به پارامتر Z بستگی دارد اگر $Z=0.5$ باشد $f=0.5$ و $g=0.5$ همچنان Z از 0.5 بزرگ‌تر باشد f و g به طور 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^۶ و حد بالا^۷ و مقدار قطعی (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]
 $\alpha = 0.7$ و $\gamma = 0.4$ است.

گام دوم: به دست آوردن توافق گروهی با استفاده از الگوریتم تجمیعی

مرحله نخست: محاسبه اولویت‌های جمعی (CP)

¹ Lower Bound (LB)

² Upper Bound (UB)

³ Collective Preference (CP)

⁴ Individual Preference (IP)

⁵ Degree of Proximity (DP)

⁶ Degree of Consensus (DC)

مرحله پنجم: محاسبه ضریب نزدیکی^۴

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

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 ایده‌آل مثبت نزدیکتر و از راه حل ایده‌آل منفی دورتر است. گزینه‌ای که بیشترین CC_i دارد، بهترین انتخاب است.

گام چهارم: حل مدل GPSF^۵

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

مرحله نخست: نوشتن توابع هدف و محدودیت‌ها

در مدل GPSF، برای هر معیار تابع هدف و محدودیت‌ها نوشته می‌شود. تابع هدف در (۳۰) 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 w_j هاست. همان میانگین وزن‌های مربوط به هر معیار در ماتریس درجه توافق هستند. زوایا میانگین مقادیر معیارها در ماتریس تصمیم درجه توافق هستند. در این مرحله بهازای 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 برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی، مدل پیشنهادی کامل می‌شود. در این مدل، همان‌گونه که مشخص است، از آنجایی که مدل برنامه‌ریزی خطی برای گام آخر استفاده شده است، درنهایت یک تأمین‌کننده انتخاب نمی‌شود؛ بلکه بینه‌ترین پیشنهاد برای رتبه‌بندی تأمین‌کننده‌ها 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)

گام سوم: ارزیابی گزینه‌ها به کمک ضریب نزدیکی در

روش تاپسیس

مرحله نخست: نرم‌السازی 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: وزن‌دهی به ماتریس تصمیم نرم‌الساز

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

\tilde{x}_{ij} ماتریس تصمیم نرم‌الساز شده است. \tilde{w}_{ij} بیان‌کننده اهمیت معیار C_j است. بنابراین ماتریس تصمیم وزن‌دار 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 ایده‌آل مثبت و

ایده‌آل منفی در ماتریس تصمیم نرم‌الساز وزن‌دهی شده (FIRP, A^+)^۱ گزینه ایده‌آل یا (ایده‌آل مثبت) و نشان‌دهنده بهترین ارزش موجود از یک معیار است و (FARP, A^-)^۲ گزینه ضد ایده‌آل یا (ایده‌آل منفی) و نشان‌دهنده بدترین ارزش موجود از یک معیار است و به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

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

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

مرحله چهارم: محاسبه فاصله گزینه‌ها تا ایده‌آل مثبت و ایده‌آل 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 اقلیدسی^۳ و غیره که در اینجا از فاصله اقلیدسی استفاده شده که رایج‌تر است.

¹ Fuzzy Ideal Reference Point (FIRP)

² Fuzzy Anti- Ideal Reference Point (FARP)

³ Euclidean distance



A_3	۷	۸/۷	۹/۳	۱۰	۷	۸/۳۳	۸/۶۷	۱۰
A_4	۷	۸	۸	۹	۵	۷/۲۳	۷/۷۶	۹
A_5	۵	۶	۷	۸	۵	۷/۲۳	۷/۷۶	۹

حال با استفاده از رابطه (۱۵)، برای هر گزینه در ماتریس مقایسات زوجی دوتایی، مقدار M_{ij} 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 مطمن $[L_B, U_B]$ برای هر گزینه با توجه به معیارها محاسبه می‌شود.

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

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

$$UB = \begin{bmatrix} 6 & 8 & 8/7 & 8 & 6 \end{bmatrix}$$

$$Ir = \begin{bmatrix} 5/8800 & 7/8800 & 8/4960 & 7/8800 & 5/8800 \end{bmatrix}$$

برای همه گزینه‌ها با توجه به معیارهای C_1, C_2, C_3, C_4 ، حدای پایین، حدای 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:

$$DP = \begin{bmatrix} 0/0492 & 0/0593 & 0/0691 & 0/0792 & 0/0492 & 0/0691 & 0/0790 & 0/0987 \\ 0/0682 & 0/0785 & 0/0888 & 0/0774 & 0/0882 & 0/0982 & 0/0982 & 0/0988 \\ 0/0682 & 0/0851 & 0/0911 & 0/0984 & 0/0681 & 0/0819 & 0/0855 & 0/0988 \\ 0/0682 & 0/0785 & 0/0787 & 0/0888 & 0/0492 & 0/0723 & 0/0767 & 0/0891 \\ 0/0492 & 0/0593 & 0/0691 & 0/0792 & 0/0492 & 0/0723 & 0/0767 & 0/0891 \end{bmatrix}$$

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

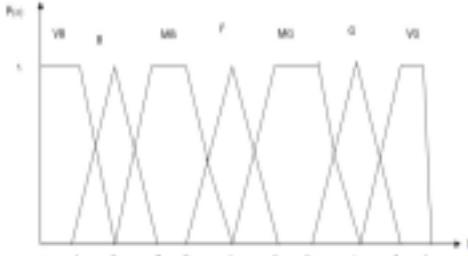
۱-۳- ارزیابی مدل پیشنهادی

برای پیاده‌سازی مدل پیشنهادی بعد از این که معیارهای کیفی به کمی تبدیل شدن، هر تعداد گزینه‌ها شاخص را در ماتریس تصمیم می‌توانیم وارد کنیم. تعداد گزینه‌ها را در ماتریس گیرندگان 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 ذوزنقه‌ای و محدوده آن‌ها [25]

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

Very Bad	VB	(., ., 1, 2)
Bad	B	(1, 2, 2, 3)
Medium Bad	MB	(2, 2, 4, 5)
Fair	F	(4, 5, 5, 6)
Medium Good	MG	(5, 6, 7, 8)
Good	G	(7, 8, 8, 9)
Very Good	VG	(8, 9, 10, 10)



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

متغیرهای زبانی [25]

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

در بستر فازی شهودی بازاری مقدار ماتریس مقایسات زوجی به جای $\{a, b, c, d\}$ مجموعه $\{e, f, g, h, i, j\}$ است. که e و g همان دو بازه مورد نظر هستند.

(جدول-۲): ماتریس تصمیم و وزن‌های اهمیت نسبی معیارها برای مقایسات زوجی دوتایی

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

وزن	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۸	۰/۹	۱	۱
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	۵	۶	۷	۸	۵	۷	۸	۱۰
A_2	۷	۸	۸	۹	۸	۹	۱۰	۱۰

نتایج مربوط به مرحله سوم گام سوم یعنی به دست آوردن گزینه های ایده آل مشتب و ایده آل منفی، طبق روابط (۲۵) و (۲۶)، با توجه به ماتریس تصمیم نرمال وزن دهنده شده مرحله قبل محاسبه می شود.

FARS=

[./F•YY . , F•YY . /Δε... . /Δε... . /FFFF . /FFF . /VVθ . . /VVθ]

در این مرحله با استفاده از فاصله گفته شده در رابطه (۲۹)، 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 می شود.

$$DF = \begin{bmatrix} \cdot 7755 \\ \cdot 13545 \\ \cdot 14.558 \\ \cdot 19255 \\ \cdot 17920 \end{bmatrix}, DN = \begin{bmatrix} \cdot 13951 \\ \cdot 17318 \\ \cdot 17423 \\ \cdot 52226 \\ \cdot 1361 \end{bmatrix}, CC = \begin{bmatrix} \cdot 13951 \\ \cdot 17318 \\ \cdot 17423 \\ \cdot 52226 \\ \cdot 1361 \end{bmatrix}$$

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:

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

$$M.C^* = \begin{bmatrix} \cdot/\cdot 183 & \cdot/\cdot 250 & \cdot/\cdot 200 & \cdot/\cdot 300 \\ \cdot/\cdot 495 & \cdot/\cdot 599 & \cdot/\cdot 559 & \cdot/\cdot 899 \\ \cdot/\cdot 498 & \cdot/\cdot 613 & \cdot/\cdot 480 & \cdot/\cdot 596 \\ \cdot/\cdot 334 & \cdot/\cdot 381 & \cdot/\cdot 276 & \cdot/\cdot 377 \\ \cdot/\cdot 170 & \cdot/\cdot 232 & \cdot/\cdot 190 & \cdot/\cdot 280 \end{bmatrix}$$

بعد از محاسبه ماتریس تصمیم، نتایج مربوط به محاسبه محدودیت‌ها در زیرمشاهده می‌شود. ماتریس Aeq نتایج مربوط به سمت جای محدودیت‌ها است:

$$Aeq = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.0183 & 0.0495 & 0.0498 & 0.0334 & 0.0170 \\ 0.0253 & 0.0566 & 0.0613 & 0.0381 & 0.0232 \\ 0.0200 & 0.0559 & 0.0480 & 0.0276 & 0.0190 \\ 0.0300 & 0.0666 & 0.0598 & 0.0377 & 0.0260 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Mean DP=

[+0.808 +0.721 +0.773 +0.899 +0.588 +0.797 +0.832 +0.949]

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

DC=

همان طور که در قبیل گفته شد، چون ماتریس مقایسات زوجی دوتایی است و در نهایت باید به یک ماتریس تصمیم رسید که به عنوان ورودی برنامه ریزی 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 فرار می‌دهیم.

$$DCC = \begin{bmatrix} .93338 & .9179 & .93223 & .9109 \end{bmatrix}$$

$$WW = \begin{bmatrix} \cdot / \nabla \Delta \cdot & \cdot / \Delta \Delta \cdot & \cdot / \Delta \Delta \cdot & \cdot / \Delta \Delta \cdot \end{bmatrix}$$

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

$$M = \begin{bmatrix} \cdot/\cdot 543 & \cdot/\cdot 741 & \cdot/\cdot 591 & \cdot/\cdot 889 \\ \cdot/\cdot 733 & \cdot/\cdot 838 & \cdot/\cdot 828 & \cdot/\cdot 985 \\ \cdot/\cdot 947 & \cdot/\cdot 948 & \cdot/\cdot 750 & \cdot/\cdot 921 \\ \cdot/\cdot 733 & \cdot/\cdot 838 & \cdot/\cdot 647 & \cdot/\cdot 829 \\ \cdot/\cdot 543 & \cdot/\cdot 741 & \cdot/\cdot 647 & \cdot/\cdot 829 \end{bmatrix}$$

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

N=						
•/ΔΥΦΥ •/ΣΛΨΥ •/Υ... •/Λ... •/ΔΔΔΔ •/ΥΥΥΛ •/Λ... 1						
•/Λ.ΦΦ •/Ι1ΙΔ •/Λ... •/Ι... •/ΑΛΛΑ 1 1 1						
•/Λ.ΦΦ 1 •/ΙΙΙ... 1 •/ΥΥΥΛ •/ΙΙΙΔ •/ΛΦΥ. 1						
•/Λ.ΦΦ •/Ι1ΙΔ •/Λ... •/Ι... •/ΔΔΔΔ •/Λ1ΛΦ •/ΥΥΦ... •/Ι...						
•/ΔΥΦΥ •/ΣΛΨΥ •/Υ... •/Λ... •/ΔΔΔΔ •/Λ1ΛΦ •/ΥΥΦ... •/Ι...						

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

NW=

./4.23./0517./05... ./V2... ./4444./V... ./A... 1
./0512./V306./94... ./A1... ./V111./9... 1
./0512./A... ./V44... ./9... ./S222./A333... ./A8V. 1
./0512./V306./94... ./A1... ./4444./V333... ./V79... ./9... 1
./4.23./0517./05... ./V2... ./4444./V333... ./V79... ./9... 1

رسیدن به یک توافق جمعی در رابطه با اولویت‌ها از الگوریتم تجمعی 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 راه حل 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 قطعی‌بودن 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 دقیق‌بودن روش‌های MCDM بهدلیل متفاوت‌بودن منطق‌های ریاضی استفاده شده در مدل‌ها اشاره کرد. به‌منظور بهبود عملکرد این مدل درآینده، می‌توان از الگوریتم‌های نکاملی برای یافتن بیشترین مقدار بهینه تابع هدف استفاده و حل مدل برنامه‌ریزی خطی با روش‌هایی مثل سیمپلکس، استفاده از توابع متريک دیگر مثل همينگ 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 اميدواریم روش ارائه‌شده در این مقاله در پژوهش‌های آینده به عنوان مبنای 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

5- مراجع

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

$$Beq(c) = DCC(c)*(I-WW(c))$$

$$Beq = \begin{bmatrix} .0\cdot 234 & .0\cdot 1377 & .0\cdot 1398 & .0\cdot 1 \end{bmatrix}$$

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

$$Z=fval=0\cdot 3955$$

$$X = \begin{bmatrix} .0\cdot 10065 \\ .0\cdot 93922 \\ .0\cdot 93913 \\ .0\cdot 93899 \\ .0\cdot 9423 \end{bmatrix}$$

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

$$\text{Rank} = 1 \quad \text{Alter} = 5 \quad \text{Score} = 0\cdot 1923$$

$$\text{Rank} = 2 \quad \text{Alter} = 1 \quad \text{Score} = 0\cdot 10065$$

$$\text{Rank} = 3 \quad \text{Alter} = 2 \quad \text{Score} = 0\cdot 93922$$

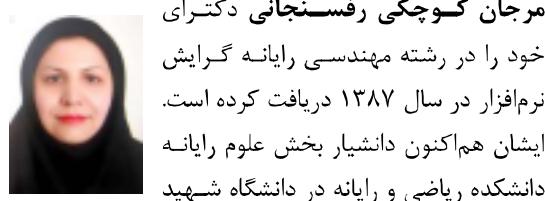
$$\text{Rank} = 4 \quad \text{Alter} = 3 \quad \text{Score} = 0\cdot 93913$$

$$\text{Rank} = 5 \quad \text{Alter} = 4 \quad \text{Score} = 0\cdot 93899$$

4- نتیجه

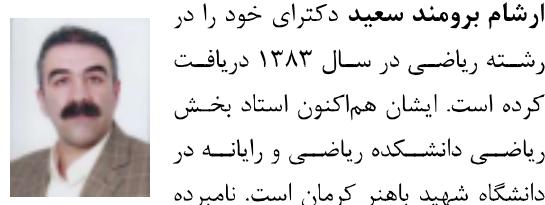
در عصر حاضر شرکت‌ها برای کسب موقوفیت در عرصه رقابت و بالطبع دستیابی به سود بیشتر و کسب رضایت مشتری، توجه بیشتری به مدیریت زنجیره تأمین دارند. در این بین، انتخاب تأمین‌کننده یک مسأله اساسی در زنجیره تأمین است که نقش بسیار مهمی در جهت ارتقا و یا رکود یک شرکت دارد. به همان اندازه که انتخاب تأمین‌کنندگان 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 صحنۀ 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 به دست‌آوردن توافق با استفاده از روش‌های میانگین وزنی و استفاده از روش تاپسیس و مدل برنامه‌ریزی هدفمند استفاده شده است. درواقع 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

- [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. Omosigho 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. Igoualene, 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. Rezaci, 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 رفسنجانی دکترای خود را در رشته مهندسی رایانه گراییش 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 رایانمه ایشان عبارت است از:
kuchaki@uk.ac.ir



ارشم 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 رایانمه 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 رایانمه ایشان عبارت است از:
farzane.mirzapour@gmail.com

