

ارائه و حل یک مدل چندهدفه‌ی فازی کامل برای مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده

مقصود امیری (دانشیار)

دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی

امیر علی‌می* (دانشجوی دکتری)

دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد

مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده یکی از مراحل مهم مدیریت زنجیره‌ی تأمین است و به دلیل برخورداری از ماهیت چندشاخصه بودن، ذهن دانشمندان زیادی را به خود مشغول کرده است. از آنجا که در دنیای واقعی متغیرها غالباً غیرقطعی‌اند این پژوهش به استفاده از نظریه‌ی فازی در مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده می‌پردازد. بدین منظور مدلی با سه هدف کمینه‌کردن هزینه، بیشینه‌کردن کیفیت و بیشینه‌کردن تحویل به‌موقع با پارامترهای فازی مثلثی پیشنهاد شده است. به دلیل وجود محدودیت تأمین تقاضای فازی، متغیرهای اندازه‌ی سفارش نیز به‌صورت فازی تعریف شده‌اند که در نتیجه مسئله حالت فازی کامل پیدا کرده است. برای حل این مسئله‌ی چندهدفه‌ی فازی کامل از روش برنامه‌ریزی فازی استفاده شده است. با حل این مدل در یک مثال عددی، الگوریتم حل مسئله به خوبی تبیین شده است.

واژگان کلیدی: مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده، عدد فازی مثلثی، مدل فازی کامل و روش برنامه‌ریزی فازی.

۱. مقدمه

«زنجیره‌ی تأمین» شبکه‌ی است متشکل از تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و کانال‌های توزیع که وظیفه‌ی آن تهیه‌ی مواد اولیه، تبدیل آن به محصولات نهایی، و توزیع این محصولات بین مشتریان است.^[۱] بخش مهمی از این زنجیره به تهیه‌ی مواد اولیه از تأمین‌کنندگان اختصاص دارد. به دلیل رقابتی بودن بازارهای تجاری امروز انتخاب تأمین‌کننده‌ی مناسب برای تولیدکننده از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. به همین دلیل مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان در سال‌های اخیر ذهن دانشمندان زیادی را به خود جلب کرده است.

دسته‌ی از دانشمندان به استخراج شاخص‌های یک تأمین‌کننده‌ی خوب و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با استفاده از روش‌های چندمعیاره پرداخته‌اند. برخی با تعریف پنج شاخص کیفیت، تحویل به‌موقع، قیمت، سطح تکنولوژی و انعطاف‌پذیری، اعداد فازی دوزنقه‌ی را از متغیرهای بیانی استخراج کردند؛^[۲] آن‌ها از روش VIKOR در حالت فازی برای رتبه‌بندی استفاده کردند. برخی دیگر مدلی مرکب از روش‌های DEMATEL و TOPSIS را با بهره‌گیری از اعداد فازی مثلثی پیشنهاد،^[۳] و از ۱۷ شاخص مختلف استفاده کردند. عده‌ی دیگر نیز از روش DEMATEL در محیط فازی برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بهره جستند.^[۴]

در مطالعه‌ی دیگر،^[۵] پژوهش‌گران با استفاده از روش TOPSIS فازی، نظریه‌ی دمپستر - شیفر،^[۶] شاخص‌های تحویل دیر هنگام، هزینه، عامل ریسک،

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۰/۱۱/۱۱، اصلاحیه ۱۳۹۱/۸/۲۳، پذیرش ۱۳۹۱/۱۰/۱۸.

و سطح عملکرد پژوهش خود را به انجام رسانند. محققان دیگر نیز با استفاده از روش TOPSIS فازی یک مدل برنامه‌ریزی تصادفی پیشنهاد کرد.^[۱] در همین زمینه، نتایج حاصل از به‌کارگیری روش ANP فازی مورد تحلیل حساسیت قرار گرفت.^[۶]

پژوهش‌گران از روش AHP فازی و شاخص‌های متعدد برای انتخاب تأمین‌کنندگان بهره برده‌اند.^[۷] ایرادی که به اغلب مطالعات مذکور وارد است بسنده کردن انجام‌دهندگان آن‌ها به رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان است. با انجام رتبه‌بندی مشخص نمی‌شود که یک تولیدکننده نیاز خود را باید از کدام‌یک از تأمین‌کنندگان و از هر یک به چه میزان تأمین کند. به عبارت دیگر با انجام رتبه‌بندی تعداد زیادی تأمین‌کننده مشخص نمی‌شود که آیا باید فقط با بهترین آن‌ها کار کرد یا باید به دیگر تأمین‌کنندگان نیز توجه کرد. بنابراین دسته‌ی دیگری از دانشمندان از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی استفاده کرده‌اند تا میزان دقیق اندازه‌ی سفارش به هر تأمین‌کننده را مشخص کنند.

در همین راستا، محققان ابتدا با استفاده از روش‌های چندشاخصه معیارهای خود را ارزیابی،^[۸] و سپس مدلی تک‌هدفه طراحی کردند. در مدل آن‌ها معیارهایی چون بودجه و کیفیت در محدودیت‌ها قرار گرفته و تابع هدف «بیشینه‌سازی ارزش کلی خرید» بود. آنان مدلی با سه تابع هدف کمینه‌سازی پیشنهاد کردند^[۹] و با قراردادن مواردی چون هزینه، اقلام تأخیری و برگشتی در توابع هدف، مدل خود را به روش min-max حل کردند. در پژوهشی دیگری یک مدل چندهدفه با متغیرهای قطعی طراحی^[۱۰] و به روش برنامه‌ریزی فازی حل شد.^[۱۰] عده‌ی دیگر نیز در

چند پژوهش به این موضوع پرداختند.^[۱۳-۱۱] آن‌ها ابتدا در سال ۲۰۰۶ مدلی با سه هدف کمیته‌سازی هزینه، بیشینه‌سازی کیفیت و بیشینه‌سازی سطح خدمت و محدودیت تقاضا و ظرفیت پیشنهاد کردند و آن را به روش برنامه‌ریزی فازی حل کردند. در سال ۲۰۰۹ عمید و همکارانش با هم مدلی سه‌هدفه پیشنهاد کردند و آن را به روش پژوهش گذشته‌شان حل کردند؛ با این تفاوت که توابع هدف دوم و سوم را کمیته‌سازی اقلام برگشتی و تأخیری در نظر گرفته و محدودیت‌هایی نیز اضافه کردند. آن‌ها در پژوهش دیگری در سال ۲۰۱۱ مدل پژوهش سال ۲۰۰۶ را مجدداً در نظر گرفته و آن را به روش max-min وزنی حل کردند. در تمامی پژوهش‌های مذکور، پارامترها و متغیرها در شرایط قطعی تعریف شد^[۱۴، ۱۲، ۱۱] و فقط یک پارامتر (تقاضا) به صورت فازی تعریف شد. اما سؤالی که وجود دارد این است که چگونه با متغیر اندازه‌ی سفارش قطعی به تقاضای فازی جواب دهیم؟

در این پژوهش برآنیم تا مدلی پیشنهاد دهیم که تمامی پارامترها و متغیرهای آن به صورت فازی تعریف می‌شوند. این نوع مدل‌ها در نظریه‌ی فازی «مدل فازی کامل» نام دارند. در مدل پیشنهادی که یک مدل چندهدفه‌ی فازی کامل است متغیر اندازه‌ی سفارش نیز به صورت یک عدد فازی مثلثی تعریف می‌شود که می‌توانیم با به دست آوردن آن یک تقاضای فازی را برآورده کنیم. این مدل با استفاده از روش برنامه‌ریزی فازی حل خواهد شد. کلیه‌ی مراحل کار مدل‌سازی و حل مدل در یک مثال عددی نشان داده خواهد شد.

۲. نظریه‌ی فازی

در سال ۱۹۶۵ پروفیسور زاده برای اولین بار نظریه‌ی مجموعه‌های فازی را مطرح کرد.^[۱۵] این نظریه که در مقابل نظریه‌ی مسائل قطعی مطرح شده است در بسیاری از زمینه‌ها جای خود را باز کرده است. در این بخش چند تعریف اولیه از این نظریه ارائه می‌شود:

تعریف ۱: اگر مجموعه‌ی X را مجموعه‌ی جهانی تعریف کنیم مجموعه‌ی فازی \tilde{A} از X را می‌توان با تابع عضویت خود تعریف کرد:

$$\mu_{\tilde{A}} : X \rightarrow [0, 1]$$

که در آن به ازای هر $x \in X$ تابع عضویت مجموعه‌ی فازی، یعنی $\mu_{\tilde{A}}$ ، یک عدد حقیقی در بازه‌ی $[0, 1]$ است. تابع عضویت نشان‌دهنده‌ی درجه‌ی عضویت x در \tilde{A} است. یک مجموعه‌ی فازی مانند \tilde{A} را می‌توان در قالب یک زوج مرتب متشکل از x و $\mu_{\tilde{A}}(x)$ نمایش داد:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X\}$$

تعریف ۲: مجموعه‌ی برش α از یک مجموعه‌ی فازی مانند \tilde{A} با نمادی مانند $[\tilde{A}]_{\alpha}$ نمایش داده می‌شود و شامل کلیه‌ی عناصر \tilde{A} است که درجه‌ی عضویت آن‌ها بزرگ‌تر یا مساوی α است:

$$[\tilde{A}]_{\alpha} = \{x \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha, \alpha \in [0, 1]\}$$

تعریف ۳: یک مجموعه‌ی فازی مانند \tilde{A} در $X = R^n$ محدب است اگر و فقط اگر تمامی مجموعه‌های برش α آن محدب باشند.

تعریف ۴: یک مجموعه‌ی فازی مانند \tilde{A} را نرمال می‌نامیم اگر یک $x \in X$ وجود

داشته باشد به طوری که $\mu_{\tilde{A}} = 1$.

تعریف ۵: یک عدد فازی یک مجموعه‌ی فازی است که پیوسته، محدب و نرمال باشد.^[۱۶]

تعریف ۶: یک عدد فازی مانند $\tilde{A} = (f, g, h)$ را یک عدد فازی مثلثی می‌نامیم اگر تابع عضویت آن چنین تعریف شده باشد:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-f}{g-f}, & f \leq x \leq g \\ \frac{x-h}{g-h}, & g \leq x \leq h \\ 0, & \text{Otherwise.} \end{cases}$$

تعریف ۷: دو عدد فازی مثلثی $\tilde{A} = (f, g, h)$ و $\tilde{B} = (p, q, r)$ مساوی‌اند اگر و فقط اگر $r = h$ و $q = g$ ، $f = p$.

تعریف ۸: یک عدد فازی مانند L را مثبت گوییم اگر به ازای هر $x < 0$ تابع عضویت آن مساوی با صفر باشد یعنی: $\mu_L(x) = 0$.

تعریف ۹: یک تابع مانند $\mathcal{R} : F(R) \rightarrow R$ یک تابع رتبه‌بندی است که شامل یک مجموعه از اعداد فازی است که روی مجموعه‌ی اعداد حقیقی تعریف شده‌اند. این تابع رتبه‌بندی یک عدد فازی را به یک عدد حقیقی تبدیل می‌کند. برای مثال اگر $\tilde{A} = (f, g, h)$ یک عدد فازی مثلثی باشد آن‌گاه تابع رتبه‌بندی عبارت است از: $R(\tilde{A}) = \frac{f+g+h}{3}$.

تعریف ۱۰: مابین اعداد فازی عملیات‌های ریاضی نیز تعریف می‌شوند. اگر $\tilde{A} = (f, g, h)$ و $\tilde{B} = (p, q, r)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، آن‌گاه این عملیات عبارت‌اند از:

الف) عملیات جمع:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (f, g, h) \oplus (p, q, r) = (f + p, g + q, h + r)$$

ب) قرینه:

$$-\tilde{B} = -(p, q, r) = (-r, -q, -p)$$

ج) عملیات تفریق:

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (f, g, h) - (p, q, r) = (f - r, g - q, h - p)$$

د) عملیات ضرب: اگر $\tilde{A} = (f, g, h)$ یک عدد فازی مثلثی $\tilde{B} = (x, y, z)$ یک عدد فازی مثلثی غیرمنفی باشند، آن‌گاه داریم.^[۱۷]

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} \cong \begin{cases} (fx, gy, hz), & f \geq 0 \\ (fz, gy, hz), & f < 0, h \geq 0 \\ (fz, gy, hx), & h < 0. \end{cases}$$

۳. مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده

۱.۳. مدل پایه

مطالعات درخصوص «مدیریت زنجیره‌ی تأمین» از دهه‌ی ۱۹۹۰ آغاز شد. بخش مهمی از این مطالعات مربوط به تعاملات تأمین‌کننده و تولیدکننده است. مسئله‌ی

که در برخی از پژوهش‌ها به صورت فازی تعریف شده است متغیر تقاضا (D) است که به دلیل تعریف اندازه‌ی سفارش به صورت قطعی مشخص نشده است که به چه صورت تقاضای فازی با اندازه‌ی سفارش قطعی پاسخ داده می‌شود. با فازی در نظر گرفتن تمامی متغیرها و پارامترها در مدل پایه‌ی انتخاب تأمین‌کننده به مدلی مانند مدل ۲ می‌رسیم:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \tilde{z}_1 = \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \otimes \tilde{p}_i \\ \text{Max} \quad & \tilde{z}_2 = \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \otimes \tilde{q}_i \\ \text{Max} \quad & \tilde{z}_3 = \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \otimes \tilde{d}_i \\ \text{Subject To :} \quad & \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i = \tilde{D} \\ & \tilde{x}_i \leq \tilde{c}_i \quad i = 1, 2, \dots, n \\ & \tilde{x}_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2)$$

تفاوت مدل ۲ با مدل ۱ فازی شدن تمامی متغیرها و پارامترهای مدل است. چنین مدلی را «مدل فازی کامل» می‌نامند. در یک مدل فازی کامل تمامی اجزای فازی‌اند و بالطبع نتایج مسئله نیز فازی خواهد بود. مدل ۲ یک مدل چندهدفه‌ی فازی کامل است و حل آن به سادگی صورت نمی‌پذیرد.

۴. روش حل

۴.۱. روش حل مسائل فازی کامل

مطالعات انجام شده^[۲۱] نشان داده است که حل یک مسئله با ضرایب فاصله‌ی NP-hard است. در نتیجه به سادگی می‌توان فهمید که حل یک مسئله‌ی فازی کامل به دلیل داشتن ابعاد بیشتر بسیار پیچیده خواهد بود. برای حل مسائل فازی کامل دانشمندان از روش‌های ابتکاری خود بهره گرفته‌اند.^[۲۳,۲۲,۱۶] برای حل مدل ۲ در این پژوهش از روش پیشنهادی کومار و همکاران^[۲۳,۱۷] استفاده شده است. این دانشمندان در پژوهش سال ۲۰۱۰ خود روشی برای حل مسائل دارای محدودیت‌های نامساوی و در پژوهش سال ۲۰۱۱ خود همین روش را برای حل مسائل فازی کامل دارای محدودیت تساوی به کار گرفته‌اند. برای حل یک مدل فازی کامل مانند مدل ۲ ابتدا تمامی متغیرهای مسئله را به صورت اعداد فازی مثلثی تعریف می‌کنیم:

$$\left\{ \begin{aligned} \tilde{x}_i &= (x_i, y_i, z_i) \\ \tilde{p}_i &= (p_i, r_i, s_i) \\ \tilde{q}_i &= (q_i, k_i, h_i) \\ \tilde{d}_i &= (d_i, e_i, f_i) \\ D &= (D, G, J) \\ \tilde{c}_i &= (c_i, b_i, a_i) \end{aligned} \right.$$

با جای‌گذاری هر یک از اعداد فازی مثلثی در مدل ۲ به مدلی مانند مدل ۳ می‌رسیم.

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \tilde{z}_1 = \sum_{i=1}^n (x_i, y_i, z_i) \otimes (p_i, r_i, s_i) \\ \text{Max} \quad & \tilde{z}_2 = \sum_{i=1}^n (x_i, y_i, z_i) \otimes (q_i, k_i, h_i) \end{aligned}$$

همیشه‌گی یک تولیدکننده این است که نیازش به مواد اولیه مناسب را از کدام یک از تأمین‌کنندگان تأمین کند؟ برای پاسخ به این سؤال دانشمندان زیادی دست به کار شده‌اند و مطالعات متعددی راجع به این مسئله داده‌اند. نکته‌ی مهم موجود در این زمینه، تک‌شاخصه نبودن مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده است. در مورد شاخص‌هایی که برای این مسئله باید منظور شود اتفاق نظری وجود ندارد و در پژوهش‌های مختلف معیارهای متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. معیارهای هزینه، کیفیت و تحویل به موقع معیارهایی هستند که در پژوهش اغلب دانشمندان مورد نظر قرار گرفته‌اند.^[۲۰-۱۸] مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)^۲ به دو دسته‌ی تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM)^۳ و تصمیم‌گیری چندهدفه (MODM)^۴ تقسیم می‌شوند. در این پژوهش برای به دست آوردن میزان دقیق اندازه‌ی سفارش از رویکردی چندهدفه بهره برده‌ایم. با در نظر گرفتن معیارهای هزینه، کیفیت و تحویل به موقع می‌توانیم مدلی پایه نظیر مدل ۱ داشته باشیم.^[۱۴]

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & z_1 = \sum_{i=1}^n x_i p_i \\ \text{Max} \quad & z_1 = \sum_{i=1}^n x_i p_i \\ \text{Max} \quad & z_2 = \sum_{i=1}^n x_i d_i \\ \text{Subject To :} \quad & \sum_{i=1}^n x_i = D \\ & x_i \leq c_i \quad i = 1, 2, \dots, n \\ & x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (1)$$

در مدل ۱، x_i متغیر تصمیم مسئله است و تعریف آن عبارت است از: تعداد واحدهای محصول که از i تأمین‌کننده خریداری می‌شود؛ p_i هزینه‌ی خرید هر واحد محصول از تأمین‌کننده‌ی i ام است و تابع هدف اول به دنبال کمینه‌سازی مجموع هزینه‌ی خرید است. در این مدل q_i درصد سطح کیفیت تأمین‌کننده‌ی i ام است و دومین تابع هدف به دنبال بیشینه‌سازی کل کیفیت اقلام خریداری شده است. d_i درصد اقلامی است که توسط i امین تأمین‌کننده به موقع تحویل می‌شوند و سومین تابع هدف به دنبال بیشینه‌سازی مجموع درصد اقلامی است که به موقع تحویل می‌شوند. D مجموع تقاضای موجود برای تولیدکننده است و مسئله باید به دنبال برآورده کردن آن باشد. c_i ظرفیت تأمین i امین تأمین‌کننده، و n تعداد تأمین‌کنندگان است. پیش‌فرض این مدل آن است که مجموع ظرفیت تأمین‌کنندگان از تقاضای محصول بیشتر است، مدل تحت این فرض دارای جواب است.

۳.۲. مدل فازی کامل

از آنجا که در دنیای واقعی اغلب مسائل به صورت غیرقطعی بیان می‌شوند تصمیم‌گیری در شرایط غیرقطعی جایگاه ویژه‌ی در علوم امروز دارد. نظریه‌ی فازی یکی از راه‌هایی است که می‌توان به کمک آن مسائل را در حالت غیرقطعی مطرح کرد. در مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده نیز استفاده از نظریه‌ی فازی جایگاه ویژه‌ی دارد و بسیاری از پژوهش‌ها با بهره‌گیری از این مفهوم به انجام رسیده‌اند. در مورد متغیرهای مدل ۱ در پژوهش صنایعی و همکاران^[۲] متغیرهای هزینه، کیفیت و تحویل به موقع، در پژوهش عمید و همکاران^[۱۲] متغیر تقاضا و در پژوهش وینود^[۶] متغیر ظرفیت به صورت فازی تعریف شده‌اند. اما فازی کردن متغیرها اغلب در مطالعاتی کاربرد دارد که از روش چندشاخصه استفاده کرده‌اند؛ و در مطالعاتی که مدل برنامه‌ریزی ریاضی پیشنهاد داده‌اند اغلب متغیرها به صورت قطعی تعریف شده‌اند. تنها متغیری

برای حل مسئله چندهدفه مدل ۵ از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد که در این پژوهش از روش برنامه‌ریزی فازی استفاده شده است.

۲.۴. روش برنامه‌ریزی فازی

برای حل مسائل چندهدفه روش‌های متعددی وجود دارد که یکی از کامل‌ترین این روش‌ها روش برنامه‌ریزی فازی است. این روش که توسط زیرمن [۲۵] پیشنهاد شده، کارایی خود را در حل مسائل مختلف چندهدفه نشان داده است. در مسئله انتخاب تأمین‌کننده نیز از این روش در پژوهش‌های متعددی استفاده شده است. [۱۴، ۱۳، ۱۱] اولین گام برای حل یک مسئله به روش برنامه‌ریزی فازی به دست آوردن حدود توابع هدف است. برای این کار می‌توان هر یک از توابع هدف را به‌طور جداگانه و در یک مسئله تک‌هدفه یک بار کمینه و یک‌بار بیشینه کرد. برای مسئله پیشنهادی در مدل ۵ که دارای ۳ تابع هدف است باید ۶ مدل مجزا حل کرد. یکی از این مدل‌ها در مدل ۶ ارائه شده است:

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & \tilde{z}_r = \Re\left(\sum_{i=1}^n (x_i d_i, y_i e_i, z_i f_i)\right) \\
 \text{S.T:} \quad & \sum_{i=1}^n x_i = D, \quad \sum_{i=1}^n y_i = G, \quad \sum_{i=1}^n z_i = J \\
 & x_i + t_i = c_i, \quad y_i + v_i = b_i, \quad z_i + m_i = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & y_i - x_i \geq 0, \quad z_i - y_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & v_i - t_i \geq 0, \quad m_i - v_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)
 \end{aligned}$$

مسائل کمینه‌سازی حدود پایین توابع هدف را به ما می‌دهند که آن‌ها را برای توابع هدف اول تا سوم l_1, l_2, l_3 می‌نامیم. مسائل بیشینه‌سازی حدود بالای توابع هدف را به ما می‌دهند که آن‌ها را برای توابع هدف اول تا سوم u_1, u_2, u_3 می‌نامیم. بعد از دست‌یابی به حدود توابع هدف، دومین گام تعریف تابع عضویت آن‌هاست. توابع عضویت توابع هدف به صورت رابطه‌های زیر تعریف شده‌اند:

$$\mu(\tilde{z}_1) = \begin{cases} 0, & \tilde{z}_1 \geq u_1 \\ \frac{u_1 - \tilde{z}_1}{u_1 - l_1}, & l_1 < \tilde{z}_1 < u_1 \\ 1, & \tilde{z}_1 \leq l_1. \end{cases}$$

$$\mu(\tilde{z}_2) = \begin{cases} 0, & \tilde{z}_2 \leq l_2 \\ \frac{\tilde{z}_2 - l_2}{u_2 - l_2}, & l_2 < \tilde{z}_2 < u_2 \\ 1, & \tilde{z}_2 \geq u_2. \end{cases}$$

$$\mu(\tilde{z}_3) = \begin{cases} 0, & \tilde{z}_3 \leq l_3 \\ \frac{\tilde{z}_3 - l_3}{u_3 - l_3}, & l_3 < \tilde{z}_3 < u_3 \\ 1, & \tilde{z}_3 \geq u_3. \end{cases}$$

سومین گام مربوط به تعریف متغیر α_i است. این متغیر به‌عنوان درصد دست‌یابی تابع هدف نام به مقدار همیشه‌اش تعریف می‌شود. برای توابع هدف مسئله مدل ۵ متغیرهای $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ تعریف می‌شوند. رابطه‌ی این متغیرها با هر تابع هدف چنین بیان شده است:

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & \tilde{z}_r = \sum_{i=1}^n (x_i, y_i, z_i) \otimes (d_i, e_i, f_i) \\
 \text{Subject To:} \quad & \sum_{i=1}^n (x_i, y_i, z_i) = (D, G, J) \\
 & (x_i, y_i, z_i) \leq (c_i, b_i, a_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & y_i - x_i \geq 0, \quad z_i - y_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)
 \end{aligned}$$

مدل ۲ و مدل ۳ تفاوتی با یکدیگر ندارند و در مدل ۳ بسط مثلثی هر یک از پارامترها و متغیرها نوشته شده است. در نظر گرفتن $z_i - y_i \geq 0$ و $y_i - x_i \geq 0$ به دلیل حفظ تابع عضویت مثلثی در نتایج مسئله است. چنان‌که در مدل ۳ ملاحظه می‌شود محدودیت دوم مسئله به صورت نامساوی است. برای تبدیل این محدودیت به تساوی متغیر کمبودی مانند \tilde{s}_i را به سمت چپ آن اضافه و تعریف می‌کنیم:

$$\begin{aligned}
 \tilde{s}_i &= (t_i, v_i, m_i) \\
 (x_i, y_i, z_i) &= (c_i, b_i, a_i) \text{ می‌توانیم به جای آن، سه محدودیت مجزای زیر را بنویسیم:} \\
 & x_i = c_i, \quad y_i = b_i, \quad z_i = a_i.
 \end{aligned}$$

با در نظر گرفتن تابع رتبه‌بندی (که در تعریف ۹ در بخش قبل به آن اشاره شد) برای توابع هدف، نوشتن محدودیت اول به‌صورتی که در رابطه‌ی فوق به آن اشاره شد و جایگزینی شکل مثلثی متغیر کمبود، مدل ۳ بازنویسی شده و مدل ۴ به دست می‌آید:

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & \tilde{z}_1 = \Re\left(\sum_{i=1}^n (x_i, y_i, z_i) \times (p_i, r_i, s_i)\right) \\
 \text{Max} \quad & \tilde{z}_2 = \Re\left(\sum_{i=1}^n (x_i, y_i, z_i) \times (q_i, k_i, h_i)\right) \\
 \text{Max} \quad & \tilde{z}_3 = \Re\left(\sum_{i=1}^n (x_i, y_i, z_i) \times (d_i, e_i, f_i)\right) \\
 \text{S.T:} \quad & \sum_{i=1}^n x_i = D, \quad \sum_{i=1}^n y_i = G, \quad \sum_{i=1}^n z_i = J \\
 & (x_i, y_i, z_i) + (t_i, v_i, m_i) = (c_i, b_i, a_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & y_i - x_i \geq 0, \quad z_i - y_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & v_i - t_i \geq 0, \quad m_i - v_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)
 \end{aligned}$$

با استفاده از عملیات ضرب در اعداد فازی مثلثی (که در تعریف ۱۰ بخش قبل به آن اشاره شد) برای توابع هدف و جایگزینی محدودیت دوم با محدودیت‌های معادل، مدل مسئله به صورت مدل ۵ بازنویسی می‌شود:

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & \tilde{z}_1 = \Re\left(\sum_{i=1}^n (x_i p_i, y_i r_i, z_i s_i)\right) \\
 \text{Max} \quad & \tilde{z}_2 = \Re\left(\sum_{i=1}^n (x_i q_i, y_i k_i, z_i h_i)\right) \\
 \text{Max} \quad & \tilde{z}_3 = \Re\left(\sum_{i=1}^n (x_i d_i, y_i e_i, z_i f_i)\right) \\
 \text{S.T:} \quad & \sum_{i=1}^n x_i = D, \quad \sum_{i=1}^n y_i = G, \quad \sum_{i=1}^n z_i = J \\
 & x_i + t_i = c_i, \quad y_i + v_i = b_i, \quad z_i + m_i = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & y_i - x_i \geq 0, \quad z_i - y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 & v_i - t_i \geq 0, \quad m_i - v_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 z_1 + z_2 + z_3 &= 900 \\
 (x_1, y_1, z_1) + (t_1, v_1, m_1) &= (300, 350, 400) \\
 (x_2, y_2, z_2) + (t_2, v_2, m_2) &= (500, 525, 550) \\
 (x_3, y_3, z_3) + (t_3, v_3, m_3) &= (600, 630, 650) \\
 x_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, 3 \\
 y_i - x_i &\geq 0, \quad z_i - y_i \geq 0 \quad i = 1, 2, 3 \\
 v_i - t_i &\geq 0, \quad m_i - v_i \geq 0, \quad i = 1, 2, 3
 \end{aligned} \tag{9}$$

۵. مثال عددی

شرکتی قصد دارد سه تأمین‌کننده‌ی موجود را ارزیابی کرده و اندازه‌ی سفارش از هر کدام از آن‌ها را تعیین کند. برای این کار سه شاخص هزینه، کیفیت و تحویل به موقع در نظر گرفته شده است. اطلاعات مندرج در جدول ۱ بیان‌گر اندازه‌ی فازی هر یک از پارامترهای مدل است که می‌توان آن‌ها را از متغیرهای بیانی که تصمیم‌گیرنده‌ها منظور می‌کنند به دست آورد.

برای حل مدل چندهدفه‌ی ۹ به روش برنامه‌ریزی فازی حدود تابع هدف باید محاسبه شود که برای این کار هر تابع هدف باید به طور جداگانه یک بار کمینه و یک بار بیشینه شود. حدود تابع هدف اول عبارت‌اند از: [۱۳۸۳۹, ۱۲۶۷۰]. حدود تابع هدف دوم عبارت‌اند از: [۶۴۰/۷۵, ۷۰۴/۷۵]. حدود تابع هدف سوم نیز عبارت‌اند از: [۶۸۹/۶, ۶۵۵/۶]. با جای‌گذاری حدود در مدل ۷ و استفاده از مدل ۹، مدل ۱۰ به دست خواهد آمد.

$$\begin{aligned}
 Max \quad P &= w_1\alpha_1 + w_2\alpha_2 + w_3\alpha_3 \\
 S.T : \\
 1/4(14/5x_1 + 15/1x_2 + 13/2x_3 + \dots) &\leq 13839 - 1169\alpha_1 \\
 1/4(0/62x_1 + 0/72x_2 + 0/68x_3 + \dots) &\geq 640/75 + 64\alpha_2 \\
 1/4(0/79x_1 + 0/7x_2 + 0/68x_3 + \dots) &\geq 655/6 + 33/4\alpha_3 \\
 x_1 + x_2 + x_3 &= 850 \\
 y_1 + y_2 + y_3 &= 875 \\
 z_1 + z_2 + z_3 &= 900
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_1 + t_1 &= 300, \quad y_1 + v_1 = 350, \quad z_1 + m_1 = 400 \\
 x_2 + t_2 &= 500, \quad y_2 + v_2 = 525, \quad z_2 + m_2 = 550 \\
 x_3 + t_3 &= 600, \quad y_3 + v_3 = 630, \quad z_3 + m_3 = 650 \\
 x_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, 3 \\
 y_i - x_i &\geq 0, \quad z_i - y_i \geq 0, \quad i = 1, 2, 3 \\
 v_i - t_i &\geq 0, \quad m_i - v_i \geq 0 \quad i = 1, 2, 3 \\
 0 &\leq \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \leq 1
 \end{aligned} \tag{10}$$

وزن تابع هدف را می‌توان متفاوت منظور کرد که این امر بستگی به نظر تصمیم‌گیرنده دارد. در این مسئله وزن‌های (۰/۴۶, ۰/۳۵, ۰/۱۹) برای توابع هدف هزینه، کیفیت

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= \min(\mu(\tilde{z}_1)) \rightarrow \alpha_1 \leq \mu(\tilde{z}_1) \rightarrow \alpha_1 \leq \frac{u_1 - \tilde{z}_1}{u_1 - l_1} \\
 \alpha_2 &= \min(\mu(\tilde{z}_2)) \rightarrow \alpha_2 \leq \mu(\tilde{z}_2) \rightarrow \alpha_2 \leq \frac{\tilde{z}_2 - l_2}{u_2 - l_2} \\
 \alpha_3 &= \min(\mu(\tilde{z}_3)) \rightarrow \alpha_3 \leq \mu(\tilde{z}_3) \rightarrow \alpha_3 \leq \frac{\tilde{z}_3 - l_3}{u_3 - l_3}
 \end{aligned}$$

با قرار دادن نامساوی‌های مذکور در محدودیت‌ها و بیشینه ساختن مجموع وزنی متغیرهای α_i به مدلی مانند مدل ۷ می‌رسیم:

$$\begin{aligned}
 Max \quad P &= w_1\alpha_1 + w_2\alpha_2 + w_3\alpha_3 \\
 S.T : \quad \mathfrak{R}(\sum_{i=1}^n (x_i p_i, y_i r_i, z_i s_i)) &\leq u_1 - \alpha_1(u_1 - l_1) \\
 \mathfrak{R}(\sum_{i=1}^n (x_i q_i, y_i k_i, z_i h_i)) &\geq l_2 + \alpha_2(u_2 - l_2) \\
 \mathfrak{R}(\sum_{i=1}^n (x_i d_i, y_i e_i, z_i f_i)) &\geq l_3 + \alpha_3(u_3 - l_3) \\
 \sum_{i=1}^n x_i &= D, \quad \sum_{i=1}^n y_i = G, \quad \sum_{i=1}^n z_i = J \\
 x_i + t_i &= c_i, \quad y_i + v_i = b_i, \quad z_i + m_i = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 x_i &\geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 y_i - x_i &\geq 0, \quad z_i - y_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 v_i - t_i &\geq 0, \quad m_i - v_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 0 &\leq \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \leq 1
 \end{aligned} \tag{7}$$

در مدل ۷ متغیر w_i وزن تابع هدف نام است و P درصدی است که توابع هدف مجموعاً به مقدار بهینه‌ی خود رسیده‌اند. این مدل توسط نرم‌افزارهای پژوهش عملیاتی از جمله Lingo قابل حل است. برای این مسئله مقدار تقاضای فازی (۸۷۵, ۹۰۰) (۸۵۰ منظور شده است. با وارد کردن پارامترها در مدل ۳ مدلی مانند مدل ۸ به وجود خواهد آمد:

$$\begin{aligned}
 Min \quad \tilde{z}_1 &= (14/5x_1 + 15/1x_2 + 13/2x_3, \dots, \dots) \\
 Max \quad \tilde{z}_2 &= (0/62x_1 + 0/72x_2 + 0/68x_3, \dots, \dots) \\
 Max \quad \tilde{z}_3 &= (0/79x_1 + 0/7x_2 + 0/68x_3, \dots, \dots) \\
 S.T : \quad (x_1, y_1, z_1 \oplus \dots \oplus \dots) &= (850, 875, 900) \\
 (x_1, y_1, z_1) &\leq (300, 350, 400) \\
 (x_2, y_2, z_2) &\leq (500, 525, 550) \\
 (x_3, y_3, z_3) &\leq (600, 630, 650) \quad x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, 3 \\
 y_i - x_i &\geq 0, \quad z_i - y_i \geq 0 \quad i = 1, 2, 3
 \end{aligned} \tag{8}$$

با لحاظ کردن تابع رتبه‌بندی برای توابع هدف و روش ابتکاری شرح داده شده، مدل ۹ به دست خواهد آمد:

$$\begin{aligned}
 Min \quad \tilde{z}_1 &= 1/4(14/5x_1 + 15/1x_2 + 13/2x_3 + \dots) \\
 Max \quad \tilde{z}_2 &= 1/4(0/62x_1 + 0/72x_2 + 0/68x_3 + \dots) \\
 Max \quad \tilde{z}_3 &= 1/4(0/79x_1 + 0/7x_2 + 0/68x_3 + \dots) \\
 S.T : \quad x_1 + x_2 + x_3 &= 850 \\
 y_1 + y_2 + y_3 &= 875
 \end{aligned}$$

جدول ۱. پارامترهای فازی مدل.

ظرفیت	تحويل به موقع	کیفیت	هزینه	تأمین کننده
(۳۰۰,۳۵۰,۴۰۰)	(۰,۷۹,۰,۸۳,۰,۹۱)	(۰,۶۲,۰,۷۰,۰,۷۵)	(۱۴,۵,۱۵,۱۶)	تأمین کننده ۱
(۵۰۰,۵۲۵,۵۵۰)	(۰,۷۰,۰,۷۹,۰,۸۵)	(۰,۷۲,۰,۸۶,۰,۹)	(۱۵,۱,۱۶,۲,۱۷,۸)	تأمین کننده ۲
(۶۰۰,۶۳۰,۶۵۰)	(۰,۶۸,۰,۷۶,۰,۷۷)	(۰,۶۹,۰,۷۵,۰,۸)	(۱۳,۲,۱۴,۳,۱۵)	تأمین کننده ۳

۶. نتیجه گیری

در دنیای امروز هر چه رقابت برای یک سازمان بیشتر باشد اهمیت فرایند خرید بیشتر می شود. انتخاب تأمین کننده یکی از مهم ترین مسائل فرایند خرید است و این پژوهش درصدد بررسی این مسئله بوده است. مسئله انتخاب تأمین کننده به دنبال تعیین مقدار خرید از هر یک از تأمین کنندگان موجود یا به عبارتی تعیین اندازه سفارش است.

مدل پیشنهادی این پژوهش یک مدل چندهدفه است که سه هدف کمینه سازی مجموع هزینه خرید، بیشینه سازی کل کیفیت اقلام خریداری شده و بیشینه سازی مجموع درصد اقلامی که به موقع تحويل می شوند را دنبال می کند. در دنیای واقعی اغلب پارامترها ماهیت غیرقطعی دارند. یکی از راه های مواجهه با عدم قطعیت استفاده از نظریه فازی است. در این پژوهش با استفاده از این نظریه تمامی متغیرها و پارامترهای مدل به صورت اعداد فازی مثلثی تعریف شده اند و یک مدل فازی کامل شکل گرفته است. در نظر گرفتن تمامی اجزای مدل به صورت فازی نتایج مسئله را نیز به صورت فازی درمی آورد. به دست آوردن متغیر اندازه سفارش به صورت فازی حوزه تصمیم گیری وسیع تری را پیش روی سازمان قرار می دهد و نیز می تواند پاسخ گوی متغیر تقاضایی باشد که ماهیت آن فازی است. مهم ترین مزیت مدل پیشنهادی واقعی تر کردن مدل های موجود و تسهیل در امر تصمیم گیری است. مطالعات آینده به تکمیل مدل پیشنهادی، استفاده از الگوریتم های حل دیگر برای آن و مقایسه ی نتایج خواهند پرداخت.

و تحويل به موقع در نظر گرفته شده است. با حل مدل ۱۰ در نرم افزار ۱۱/۷ Lingo جواب های مسئله عبارت خواهد بود از:

$$\begin{cases} \tilde{x}_1 = (0, 0, 25) \\ \tilde{x}_2 = (250, 275, 275) \\ \tilde{x}_3 = \tilde{0} \\ \tilde{z}_1 = (11695, 13035, 14295) \\ \tilde{z}_2 = (594, 686, 746, 25) \\ \tilde{z}_3 = (583, 673, 25, 718, 5) \\ P = 76\% \end{cases}$$

چنان که ملاحظه می شود نتایج به صورت فازی هستند. برای به دست آوردن مقادیر توابع هدف می توانیم اندازه ی سفارش را در روابط توابع هدف مدل جایگزین کنیم. یکی از مزایای استفاده از نظریه فازی این است که با تعریف متغیرها به صورت فازی، مسئله به طور قطعی نیز حل شده است. برای پی بردن به این مزیت می توان فقط نقاط مرکزی هر عدد فازی مثلثی را منظور کرد. عدد نشان می دهد که در مجموع اهداف مسئله ۶۰ درصد به مقدار بهینه ی خود نزدیک شده اند. مشخص کردن این درصد از مزایای روش برنامه ریزی فازی است.

پانویس ها

1. Dempster-Shafe
2. multi criteria decision making
3. multi attribute decision making
4. multi objective decision making

منابع (References)

1. Kara, S.S. "Supplier selection with an integrated methodology in unknown environment", *Expert Systems With Applications*, **38**, pp. 2133-2139 (2011).
2. Sanayei, A., Farid-Mousavi, S. and Yazdankhah, A. "Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment", *Expert Systems With Applications*, **37**, pp. 24-30 (2010).
3. Dalalah, D., Hayajneh, M. and Batieha, F. "A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection", *Expert Systems With Applications*, **38**, pp. 8384-8391 (2011).
4. Chang, B., Chang, C.W. and Wu, C.H. "Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria", *Expert Systems With Applications*, **38**, pp. 1850-1858 (2011).
5. Deng, Y. and Chan, F.T.S. "A new fuzzy dempster MCDM method and its application in supplier selection", *Expert Systems With Applications*, **38**, pp. 9854-9861 (2011).
6. Vinodh, S., Ramiya, R.A. and Gautham, S.G. "Application of fuzzy analytic network process for supplier selection in a manufacturing organization", *Expert Systems With Applications*, **38**, pp. 272-280 (2011).

7. Chen, Y.H. and Chao, R.J. "Supplier selection using consistent fuzzy preference relations", *Expert Systems With Applications*, **39**, pp. 3233-3240 (2012).
8. Guneri, A.F., Yucel, A. and Ayyildiz, G. "An integrated fuzzy-lp approach for a supplier selection problem in supply chain management", *Expert Systems with Applications*, **36**(5), pp. 9223-9228 (2009).
9. Wu, D.D., Zhang, Y., Wu, D. and Olson, D.L. "Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modeling: A possibility approach", *European Journal of Operational Research*, **200**(3), pp. 774-787 (2010).
10. Ozkok, B.A. and Tiryaki, F. "A compensatory fuzzy approach to multi-objective linear supplier selection problem with multiple item", *Expert Systems With Applications*, **38**, pp. 11363-11368 (2011).
11. Amid, A., Ghodsypour, S.H. and O'Brien, C. "A fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain", *International Journal of Production Economics*, (104), pp. 394-407 (2006).
12. Amid, A., Ghodsypour, S.H. and O'Brien, C. "A weighted additive fuzzy multiobjective model for supplier selection in a supply chain under price breaks", *International Journal of Production Economics*, **121**, pp. 323-332 (2009).
13. Amid, A., Ghodsypour, S.H. and O'Brien, C. "A weighted max-min model for multi-objective supplier selection in a supply chain", *International Journal of Production Economics*, **131**, pp. 139-145 (2011).
14. Yucel, A. and Guneri, A.F. "A weighted additive fuzzy programming approach for multi-criteria supplier selection", *Expert Systems With Applications*, **38**, pp. 6281-6286 (2011).
15. Zadeh, L. A. "Fuzzy sets", *Information and Control*, **8**, pp. 338-353 (1965).
16. Dehghan, M., Hashemi, B. and Ghatee, M. "Computational methods for solving fully fuzzy linear systems", *Applied Mathematics and Computations*, **179**, pp. 328-343 (2006).
17. Kumar, A., Kaur, J. and Singh, P. "A new method for solving fully fuzzy linear programming problems", *Applied Mathematical Modelling*, **35**, pp. 817-823 (2011).
18. Liao, C.N. and Kao, H.P. "An integrated fuzzy TOPSIS and MCGP approach to supplier selection in supply chain management", *Expert Systems With Applications*, **38**, pp. 10803-10811 (2011).
19. Chen, Y.J. "Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain", *Information Sciences*, **181**, pp. 1651-1670 (2011).
20. Mafakheri, F., Breton, M. and Ghoniem, M. "Supplier selection-order allocation: A two-stage multiple criteria dynamic programming approach", *International Journal of Production Economics*, **132**, pp. 52-57 (2011).
21. Kreinovich, V., Lakeyev, A.V., Rohn, J. and Kahl, P.T. "Computational complexity and feasibility of data processing and interval computations", Kluwer, Dordrecht (1998).
22. Dehghan, M. and Hashemi, B. "Solution of the fully fuzzy linear systems using the decomposition procedures", *Applied Mathematics and Computation*, **182**, pp. 1568-1580 (2006).
23. Dehghan, M., Hashemi, B. and Ghatee, M. "Solution of the fully fuzzy linear systems using iterative techniques", *Chaos, Solitons and Fractals*, **34**, pp. 316-336 (2007).
24. Kumar, A., Kaur, J. and Singh, P. "Fuzzy optimal solution of fully fuzzy linear programming problems with inequality constraints", *International Journal of Mathematical and Computer Sciences*, **6**, pp. 37-41 (2010).
25. Zimmermann, H.J. "Fuzzy programming and linear programming with several Objective Functions", *Fuzzy Sets and Systems*, **1**, pp. 45-55 (1978).