

مدل یکپارچه‌ی چند هدفه رضایت‌بخش فازی برای مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده با اقلام چندگانه و تخصیص بهینه‌ی سفارش

رضا علیخانی^{*}، محسن صادق عمل نیک^۱

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران، پردیس البرز، گروه مدیریت صنعتی، کرج، ایران

۲- دانشیار، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشکده مهندسی صنایع، تهران، ایران

رسید مقاله: ۲ اردیبهشت ۱۳۹۳

پذیرش مقاله: ۱۰ شهریور ۱۳۹۳

چکیده

در محیط رقابتی امروز، انتخاب تامین‌کننده مناسب یکی از تصمیمات بسیار مهم در مدیریت زنجیره‌ی تامین به شمار می‌رود. انتخاب تامین‌کننده مساله تصمیم‌گیری چند معیاره‌ای است که بسیاری از ورودی‌های آن به صورت دقیق و صریح قابل بیان نیست. در این مقاله، به کمک روش‌های برنامه‌ریزی آرمانی فازی و برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی رویکردی یکپارچه برای بهینه‌سازی رضایت‌بخش ارایه شده است. روش‌های مذکور با هدف غلبه بر عدم اطمینان و ابهامات موجود در ورودی‌های مدل و اولویت‌بندی توابع و محدودیت‌های فازی مدل به کار رفته است. از مدل پیشنهادی در حل مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده‌گان با اقلام چندگانه و تخصیص بهینه‌ی سفارش استفاده شده است. خروجی مدل مبین تخصیص سفارش به هر یک از تامین‌کننده‌گان با در نظر گرفتن معیارهای هزینه، کیفیت خدمات و کیفیت محصول است.

کلمات کلیدی: انتخاب تامین‌کننده، برنامه‌ریزی آرمانی فازی، برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی، بهینه‌سازی رضایت‌بخش، تخصیص سفارش.

۱ مقدمه

آن چه در دنیای رقابتی امروز بیش از هر مقوله‌ی دیگری در مدیریت زنجیره‌ی تامین خودنمایی می‌کند، انتخاب تامین‌کننده مناسب است. حجم بالای تحقیقات صورت گرفته در این حوزه مovid این ادعا است [۲۱ و ۲]. انتخاب تامین‌کننده نقشی کلیدی در مدیریت زنجیره‌ی تامین ایفا می‌کند و فعالیت‌هایی چون ارزیابی، رتبه‌بندی و انتخاب از بین گزینه‌های موجود و در مواقعي تخصیص سفارش به این گزینه با توجه به معیارهای بعضًا متعارض را شامل می‌شود. مدیران خرید باید تحلیلی دقیق از معیارهای مؤثر بر مساله داشته باشند. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، مدیران را در ارزیابی گزینه‌های موجود یاری می‌کند. بسته به شرایط خرید، معیارها از درجات اهمیت

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: Reza.Alikhani@ut.ac.ir

گوناگونی برخوردار بوده، باید وزن داده شود [۳]. در دنیای واقعی، تعیین دقیق اطلاعات و پارامترهای مساله ای انتخاب تامین کننده امکان پذیر نیست. به طوری که هنگام تصمیم گیری مقادیر بعضی از معیارها به صورت مبهم یا کیفی ابراز می شود. برای مثال، گفته می شود کیفیت این محصول بالا است یا نحوه خدمت دهی این تامین کننده ضعیف است و یا قیمت این کالا مناسب است [۴]. از این رو، مدل های قطعی به سادگی قادر به مقابله با این ابهامات نیست. تحت این شرایط، استفاده از نظریه های فازی یکی از بهترین راهکارهای موجود است. این نظریه یکی از کاراترین رویکردهای غلبه بر ابهامات، اطلاعات نادرست و پیچیده در حل مساله ای انتخاب تامین کننده به شمار می رود.

اساساً مسایل انتخاب تامین کننده به دو نوع کلی منبع یابی منفرد و منبع یابی چندگانه تقسیم می شود [۵]. در منبع یابی منفرد، محدودیت ها در فرایند انتخاب تامین کننده لحاظ نمی شود و خریدار تنها به تعیین بهترین (ارجح ترین) تامین کننده می پردازد. این در حالی است که در منبع یابی چندگانه، محدودیت هایی نظریه ای، کیفیت و تحويل به موقع در فرایند انتخاب تامین کننده لحاظ می شود. این باعث می گردد تا ناتوانی یک تامین کننده در پاسخ گویی کامل به تقاضای خریدار، وی را ناچار به تامین نیاز خود از چندین تامین کننده کند. تحت این شرایط، خریدار با دو نوع تصمیم مواجه است: (۱) کدام تامین کننده بهترین است و (۲) از هر تامین کننده چه مقدار باید خرید.

در این مقاله، مساله ای منبع یابی چندگانه و تخصیص مناسب اقلام چندگانه به تامین کننده در قالب مدل تصمیم گیری چندمعیاره با داده ها و پارامترهای مبهم و نادرست بررسی می شود. در این مدل، سطوح مطلوب توابع هدف که شامل هزینه، کیفیت خدمات و کیفیت قطعات است، به صورت فازی لحاظ می شود. فراهم بودن امکان تعیین قطعی اوزان توابع هدف باعث شده تا از برنامه ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی برای این منظور استفاده شود. ضمن آن که عدم امکان تعیین دقیق اوزان محدودیت های فازی باعث شده تا از متغیرهای زبانی در قالب برنامه ریزی بهینه های فازی برای محاسبه آنها استفاده شود. در واقع، مدل به صورت رویکرد فازی بدیعی که قابلیت استفاده از راه حل های کیفی و کمی را دارد، یکپارچه می گردد. در ادامه، مقاله بدین شرح سازماندهی شده است.

در بخش دوم، مروی مختصر بر پیشینه تحقیق خواهیم داشت. بخش سوم به توضیح روش برنامه ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی پرداخته به دلایل برتری آن نسبت به روش های مرسوم برنامه ریزی ترجیحی فازی اشاره می کند. بخش چهارم به معرفی برنامه ریزی آرمانی فازی رضایت بخش، نحوه تفهیم متغیرهای زبانی به مدل و سازوکار بهینه سازی می پردازد. در بخش پنجم گام های حل مدل پیشنهادی توضیح داده می شود. بخش ششم به حل مدل بر اساس داده های واقعی و بخش هفتم به بحث درباره نتایج مدل و تحلیل حساسیت می پردازد. در نهایت، مقاله با یک نتیجه گیری به پایان می رسد.

۲ مروری بر تحقیقات مشابه

چنان که پیشتر اشاره شد، مساله‌ی انتخاب و ارزیابی تامین کننده به شکلی گستردۀ مورد مطالعه قرار گرفته و روش‌های متعددی برای حل این نوع مساله ارایه شده است. طبق بررسی‌های صورت گرفته توسط هو و همکاران [۶] و دیبوئر و همکاران [۷]، محققان در حل مساله‌ی انتخاب تامین کننده‌گان عمدتاً از روش‌های استدلار مورد گرا، سیستم‌های تصمیم‌یار، هوش مصنوعی [۸]، مدل‌های آماری [۶]، تحلیل پوششی داده‌ها [۹]، فرایند تحلیل سلسۀ مراتبی [۱۰]، هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت [۱۱]، برنامه‌ریزی ریاضی [۱۲] و مدل‌های یکپارچه [۱۳] استفاده می‌کنند. با توجه به کثرت روش‌ها و رویکردهای مورد استفاده، در این مقاله اشاره‌ای مختصر به مطالعاتی می‌شود که از برنامه‌ریزی فازی و رویکردهای تصمیم‌گیری چند معیاره سود برده‌اند.

ایروول و فرل [۱۴] با توجه به توابع هدف متناقض و معیارهای کمی و کیفی، روشی را برای انتخاب تامین کننده‌گان ارایه دادند. کومار و همکاران [۱۵] از مدل برنامه‌ریزی چند هدفه‌ی فازی عدد صحیح برای انتخاب تامین کننده در یک زنجیره‌ی تامین سود برداشتند. عمید و دیگران [۴]، به توسعه‌ی مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه‌ی فازی برای مساله‌ی انتخاب تامین کننده مبادرت ورزیدند. مدل پیشنهادی آنان ضمن فائق آمدن بر مشکل ابهام و نادقيق بودن داده‌ها، تصمیم‌گیرنده را در یافتن بهترین شیوه‌ی تخصیص سفارش به تامین کننده‌گان یاری می‌کند. همچنین عمید و همکاران [۱۶] در مقاله‌ی دیگر به ارایه‌ی مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح برای مساله‌ی انتخاب تامین کننده پرداختند. این مدل شباهت زیادی با مدل ارایه شده در [۴] داشت و تنها تفاوت آن لحاظ نمودن تخفیف قیمتی در مدل است. در این مدل، تخفیف قیمتی نقش به سزاوی در مقدار سفارش داشته است. در تحقیقی دیگر عمید و همکاران [۱۷]، مدل ماکسی-مین موزونی را با هدف‌های چندگانه‌ی فازی برای مساله‌ی انتخاب تامین کننده ارایه دادند. این مدل شامل سه تابع هدف هزینه، کیفیت خدمات و کیفیت محصول بوده و اوزان هر تابع هدف با استفاده از فرایند تحلیل سلسۀ مراتبی به دست آمده است. اوزکوک و تیریاکی [۱۸] رویکرد جبرانی فازی برای حل مساله‌ی چند هدفه‌ی انتخاب تامین کننده با اقلام چندگانه را ارایه دادند. مدل آن‌ها ضمن بررسی مساله‌ی تخصیص، به تعیین سهم سفارش برای هر تامین کننده می‌پردازد. وو و همکاران [۱۹] با در نظر گرفتن ریسک موجود در مساله‌ی انتخاب تامین کننده، به توسعه‌ی یک مدل چندهدفه‌ی فازی پرداختند. نتایج تحقیق آسان نشان داد که اعمال معیارهای کیفی در مساله‌ی انتخاب تامین کننده احتمال انتخاب تامین کننده‌ای خاص را تحت تاثیر قرار می‌دهد. شمشادی و همکاران [۲۰] انتخاب تامین کننده را به عنوان مساله‌ی تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی گروهی بررسی کرده، نظرات خبرگان را در قالب واژه‌های زبانی برآورد نمودند. سپس به مدد روش ویکور فازی و آنتروپی اوزان توابع هدف را به دست آوردند. یوسل و گونری [۲۰] برای غله بر ابهامات و عدم اطمینان در مساله‌ی انتخاب تامین کننده، رویکرد برنامه‌ریزی فازی تجمیعی موزون را ارایه دادند. برای تعیین اوزان معیارهای مساله از اعداد فازی ذوزنقه‌ای استفاده شده است. نهایتاً مدل برنامه‌ریزی با هدف‌ها و محدودیت‌های فازی حل شده و مقدار بهینه سفارش برای هر تامین کننده مشخص شده است. آریکان [۲۱] مساله‌ی منبع‌یابی چندگانه را در قالب مدل برنامه‌ریزی خطی با هدف‌های چندگانه بررسی کرد و برای حل آن از مدل برنامه‌ریزی فازی سود برداشتند [۲۲]. با بررسی اثر وابستگی بین معیارهای ارزیابی به کمک روش‌های

فرایند تحلیل شبکه‌ای، برنامه‌ریزی ترجیحی فازی و برنامه‌ریزی خطی چند هدفه در قالب یک مدل یکپارچه‌ی تصمیم به شناسایی تامین کننده‌گان برجسته پرداخت. مدل وی قادر به تخصیص بهینه‌ی مقادیر سفارش به هر یک از تامین کننده‌گان منتخب است.

مرور پیشینه، حکایت از ناتوانی پژوهش‌های پیشین در ارائه‌ی مدلی منعطف و قوی دارد که بتواند شرایط عدم اطمینان و توازن بین اهداف متعارض را بررسی کند و همزمان به سطحی از رضایتمندی برای اهداف و همچنین محدودیت‌های فازی نایل آید. مدل برنامه‌ریزی فازی رویکرد کارایی برای غلبه بر شرایط عدم اطمینان پیرامون مساله‌ی انتخاب تامین کننده به شمار می‌آید؛ اما نتایج حاصل از مدل یکپارچه باید برای مدیر یا تصمیم‌گیرنده، رضایت‌بخش بوده، مطابق با ترجیحات وی باشد که این موضوع شکاف تحقیقاتی مساله‌ی مورد بررسی است. از این‌رو، در پژوهش حاضر برنامه‌ریزی فازی به کار گرفته شده است و توازن بین بهینه کردن مدل و ترجیحات اهمیتی تصمیم گیرنده کاملاً برای مدل قابل فهم است. از سویی دیگر، تعیین یک بردار اهمیت توابع در برنامه‌ریزی چند هدفه از موضوعات چالشی مساله‌ی انتخاب تعیین کننده می‌باشد که مدل این پژوهش به شایستگی در برآورد آن موفق بوده است. در این مقاله سعی بر آن است که چارچوبی کارا برای مساله‌ی انتخاب تامین کننده با اقلام چندگانه توسعه داده شود. در شرایطی که مواجهه‌ی تصمیم گیرنده با هدف‌ها و محدودیت‌های فازی گزینناید است، با اتکا به روش‌های برنامه‌ریزی آرمانی فازی و ترجیحی فازی لگاریتمی، مدل رضایت‌بخش ترکیبی برای حل مساله‌ی منبع‌یابی چندگانه با تخصیص اقلام چندگانه در شرایط فازی پیشنهاد شده است. بررسی نتایج حاصل از مدل، حکایت از کارایی، صحت و دقت بالای آن دارد.

۱-۳ برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی

میخایلف [۲۳] برای به دست آوردن بردار اوزان از یک مجموعه‌ی قطعی و مقایسه‌ای، رویکرد برنامه‌ریزی ترجیحی فازی را ارایه کرد. تعیین درجه‌ی اهمیت‌ها نوعاً مساله‌ای بهینه‌سازی است که با هدف افزایش رضایت تصمیم گیرنده به تعیین برداری قطعی می‌کوشد [۲۴].

فرض کنید به جای مقایسات زوجی قطعی، تصمیم گیرنده قضاوت‌های خود را با استفاده از ماتریس مقایسه با مقادیر فازی انجام دهد. برای مثال، بسیار محتمل است که معیار i به اندازه m_{ij} برابر مهم‌تر از معیار j باشد و این در حالی است که m_{ij} بین دو مقدار l_{ij} و u_{ij} قرار دارد؛ لذا ماتریس مقایسه‌ی زوجی فازی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} & (l_{12}, m_{12}, u_{12}) & \dots & (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ (l_{11}, m_{11}, u_{11}) & & 1 & \dots & (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (l_{nn}, m_{nn}, u_{nn}) & (l_{n2}, m_{n2}, u_{n2}) & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

که در آن $u_{ij} = 1/l_{ji}$ و به ازای تمامی $i, j = 1, \dots, n$ ($i \neq j$) همواره داریم $l_{ij} \leq m_{ij} \leq u_{ij}$. همچنین بردار اولویت قطعی $\tilde{a}_i = (\tilde{a}_j, \dots, \tilde{a}_1)$ آنگاه $i = j$ اگر $l_{ij} = 1/u_{ji}$ و $m_{ij} = 1/m_{ji}$ باشد. $\sum_{i=1}^n w_i$ که از $\tilde{A} = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ حاصل شده و در آن w_i / w_j با توجه به طرفین نامعادله (۲) تابع عضویت جدیدی در رابطه‌ی فوق $\tilde{\lambda}$ به معنی «کوچک‌تر یا مساوی فازی» و به ازای $j \neq i$ همواره $w_i / w_j > 1$ برای اندازه‌گیری درجه رضایت نسبت‌های قطعی w_i / w_j با توجه به طرفین نامعادله (۲) تابع عضویت جدیدی به شرح زیر ارایه کرد:

$$\mu_{ij}\left(\frac{w_i}{w_j}\right) = \begin{cases} \frac{(w_i/w_j) - l_{ij}}{m_{ij} - l_{ij}}, & \frac{w_i}{w_j} \leq m_{ij} \\ \frac{u_{ij} - (w_i/w_j)}{u_{ij} - m_{ij}}, & \frac{w_i}{w_j} \geq m_{ij} \end{cases} \quad (3)$$

در روش برنامه‌ریزی ترجیحی فازی، بردار اهمیت را با بالاترین درجه‌ی عضویت، می‌توان به شرح زیر ارایه داد:

$$\lambda = \max \left[\min \left\{ \mu_{ij}(w_i / w_j) \mid i = 1, \dots, n-1; j = i+1, \dots, n \right\} \right] \quad (4)$$

انتظار می‌رود، بردار اولویت حاصل بهترین جواب ممکن باشد. از این رو، میخایلف [۲۶] برنامه‌ریزی ترجیحی فازی زیر را بر اساس مدل اولویت‌بندی غیرخطی ارایه کرد. این مدل توسعه‌ی روش برنامه‌ریزی ترجیحی فازی برای ماتریس مقایسات زوجی با مقادیر قطعی در محیط فازی است.

$$\begin{aligned} \text{Max } & \lambda \\ \text{s.t. } & \mu_{ij}(w_i / w_j) \geq \lambda, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad j = i+1, \dots, n, \\ & \sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad w_i > 0, \quad i = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (5)$$

مدل فوق را می‌توان به شرح زیر بازنویسی کرد:

$$\begin{aligned} \text{Max } & \lambda \\ \text{s.t. } & -w_i + l_{ij}w_j + \lambda(m_{ij} + l_{ij})w_j \leq 0, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad j = i+1, \dots, n, \\ & w_i + u_{ij}w_j + \lambda(u_{ij} + m_{ij})w_j \leq 0, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad j = i+1, \dots, n, \\ & \sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad w_i > 0, \quad i = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (6)$$

با حل مساله برنامه ریزی غیر خطی فوق، بردار (λ^*, w^*) به دست می آید که مولفه نخست آن بردار اولویت با بالاترین درجه تابع عضویت در ناحیه موجه فازی و مولفه دوم مقدار بالاترین سطح رضایت است و به عنوان «شاخص سازگاری» تلقی می شود [۲۵]. اگر $\lambda^* \geq 0$ در معادله (۲) دارای جواب باشد، بدان معنی است که قضاوت های فازی در مجموعه اولیه نسبتاً سازگار است. در غیر این صورت، ناسازگاری شدیدی بین قضاوت های فازی وجود داشته و جواب بهینه حاصل تنها تا حدی ماتریس مقایسه زوجی را برآورده خواهد ساخت و به عبارت دیگر بهترین جواب ممکن را در ماتریس ناسازگار مقایسه زوجی ارایه خواهد داد.

$$\mu_{ij} \left(\frac{w_i}{w_j} \right) \in (-\infty, 0), \text{ if } \frac{w_i}{w_j} < l_{ij} \text{ or } \frac{w_i}{w_j} > u_{ij} \quad (7)$$

$$\mu_{ij} \left(\frac{w_i}{w_j} \right) \in [0, 1], \text{ if } l_{ij} \leq \frac{w_i}{w_j} \leq u_{ij} \quad (8)$$

بررسی ها نشان می دهد معادله (۶) تقارن و غیرخطی بودن را در طرفین اعداد فازی کاملاً در نظر نمی گیرد و برای به دست آوردن جواب بهینه نیاز به کنکاش های بیشتری است [۲۷]. هم چنین وانگ و چین [۲۸] یافته های مبنی بر عدم توانایی معادله (۶) را به صورت زیر ارایه دادند:

۱. درجه عضویت منفی بی معنی است.
۲. وقتی بین قضاوت های فازی ناسازگاری شدید وجود داشته باشد، مدل، جواب های بهینه چندگانه خواهد داشت.
۳. بردار اهمیت یا اوزان به دست آمده از درایه های بالا و پایین قطر اصلی یکسان نیست و دارای جواب های کاملاً متفاوت است (برای مشاهده مثال های عددی به مرجع [۲۸] مراجعه کنید). از این رو، برای غلبه بر کاستی های مدل برنامه ریزی ترجیحی فازی و یافتن بردار اهمیتی منحصر به فرد، وانگ و چین [۲۸] مدل برنامه ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی را به شرح زیر ارایه کردند. لگاریتم معادله (۱) به شکل معادله تقریبی زیر نشان داده می شود:

$$\ln \tilde{a}_{ij} \approx (\ln l_{ij}, \ln m_{ij}, \ln u_{ij}), i, j = 1, \dots, n \quad (9)$$

بنابراین، لگاریتم قضاوت فازی مثلثی ماتریس \tilde{a}_{ij} یک عدد فازی مثلثی با تابع عضویت زیر خواهد بود.

$$\mu_{ij} \left(\ln \frac{w_i}{w_j} \right) = \begin{cases} \frac{\ln(w_i/w_j) - \ln l_{ij}}{\ln m_{ij} - \ln l_{ij}}, & \ln \left(\frac{w_i}{w_j} \right) \leq \ln m_{ij} \\ \frac{\ln u_{ij} - \ln(w_i/w_j)}{\ln u_{ij} - \ln m_{ij}}, & \& \ln \left(\frac{w_i}{w_j} \right) \geq \ln m_{ij} \end{cases} \quad (10)$$

که در آن $(\ln w_i / \ln w_j) \mu_{ij}$ درجه عضویت است؛ بنابراین، بردار اهمیت با بالاترین درجه عضویت به صورت زیر توصیف می شود:

$$\lambda = \text{Min} \left\{ \mu_{ij} \left(\ln \frac{w_i}{w_j} \right) \mid i = 1, \dots, n-1; j = i+1, \dots, n \right\} \quad (11)$$

معادله (11) به مساله زیر قابل تبدیل است:

$$\text{Max} \quad \lambda$$

s.t.

$$\begin{aligned} \mu_{ij} \left(\ln \frac{w_i}{w_j} \right) &\geq \lambda, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad j = i+1, \dots, n, \\ w_i > 0, \quad i &= 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (12)$$

یا

$$\text{Max} \quad 1 - \lambda$$

s.t.

$$\begin{aligned} \ln w_i - \ln w_j - \lambda \ln \left(\frac{m_{ij}}{l_{ij}} \right) w_j &\geq \ln l_{ij}, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad j = i+1, \dots, n, \\ -\ln w_i + \ln w_j + \lambda \ln \left(\frac{u_{ij}}{m_{ij}} \right) w_j &\geq -\ln l_{ij}, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad j = i+1, \dots, n, \\ w_i > 0, \quad i &= 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (13)$$

برای اجتناب از پیچیدگی محاسبات دو معادله فوق، محدودیت نرمال‌سازی موقتاً حذف می‌شود. البته پس از حل معادله (13) می‌توان اولویت‌ها یا اهمیت‌ها را نرمال کرد. فرض بر این است که $w_i \geq 1$, $i = 1, \dots, n$. اگر چه نیازی به فرض غیر منفی بودن $\ln w_i \geq 0$, $i = 1, \dots, n$ نیست، برای ساده سازی نتایج، این محدودیت اضافه شده است.

در برخی موارد، معادله (13) مقادیر منفی برای درجه عضویت λ تولید می‌کند. علت این است که

$$\text{همهی نامعادلهای } -\ln w_i + \ln w_j + \lambda \ln \left(\frac{u_{ij}}{m_{ij}} \right) w_j \geq -\ln l_{ij} \text{ و } \ln w_i - \ln w_j - \lambda \ln \left(\frac{m_{ij}}{l_{ij}} \right) w_j \geq \ln l_{ij} - \lambda \ln \left(\frac{m_{ij}}{l_{ij}} \right) w_j \text{ را}$$

نمی‌توان هم‌زمان حل کرد. برای فایق آمدن بر این مشکل، متغیرهای انحرافی غیر منفی δ_{ij} و η_{ij} برای تمامی $j = i+1, \dots, n$ و $j = i+1, \dots, n$ به مدل اضافه می‌شود. حال با توجه به آنچه گفته شد، نامعادلات زیر قابلیت حل هم‌زمان خواهد یافت:

$$\ln w_i - \ln w_j - \lambda \ln \left(\frac{m_{ij}}{l_{ij}} \right) + \delta_{ij} \geq \ln l_{ij}, \quad i = 1, \dots, n-1; j = i+1, \dots, n \quad (14)$$

علیجانی و صادق علی‌نیک، ملک‌پارچی چندین‌فرصه‌یت بخش فازی برای مساله انتخاب تامین‌کننده با اقلام پنگاژه و تخصیص بهینه‌ی سارش

$$-\ln w_i + \ln w_j + \lambda \ln \left(\frac{u_{ij}}{m_{ij}} \right) + \eta_{ij} \geq -\ln l_{ij}, \quad i = 1, \dots, n-1; j = i+1, \dots, n \quad (15)$$

کمینه کردن متغیرهای انحرافی تا بیشترین حد ممکن بسیار مطلوب است. از این‌رو، مدل برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی با اولویت‌های غیرخطی به شکل زیر فرموله می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & (\lambda - \lambda^*)^r + M \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (\delta_{ij}^r + \eta_{ij}^r) \\ \text{s.t.} \quad & y_i - y_j - \lambda \ln(m_{ij} / l_{ij}) + \delta_{ij}^r \geq \ln l_{ij}, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad j = i+1, \dots, n, \\ & -y_i + y_j - \lambda \ln(u_{ij} / m_{ij}) + \eta_{ij}^r \geq -\ln u_{ij}, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad j = i+1, \dots, n, \\ & \lambda, y_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n \\ & \delta_{ij}^r, \eta_{ij}^r \geq 0, \quad i = 1, \dots, n-1, \quad j = i+1, \dots, n. \end{aligned} \quad (16)$$

که در آن $y_i = \ln w_i$ برای $i = 1, \dots, n$ و M عدد ثابت بسیار بزرگ معینی (برای مثال $M = 10^3$) است. از جریمه‌ی M برای یافتن اوزان با کم‌ترین مقدار تخطی ممکن در قضاوت‌های فازی استفاده شده است. جواب‌های بهینه برای مدل (16) به ازای $i = 1, \dots, n$ است؛ بنابراین، همان‌طور که پیش‌تر به آن اشاره شد، اولویت‌های نرمال شده برای $\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})_{n \times n}$ به مانند زیر قابل حصول است:

$$w_i^* = \frac{\exp(y_i^*)}{\sum_{i=1}^n \exp(y_i^*)} \quad i = 1, \dots, n \quad (17)$$

که در آن $\exp(y_i^*) = e^{y_i^*}$ به ازای $i = 1, \dots, n$ است. قابل توجه است که مطلوب به دست آوردن مقادیر مثبت برای λ^* می‌باشد. اگر $\lambda^* = 0$ ، می‌توان نتیجه گرفت که ناسازگاری شدیدی در ماتریس مقایسه‌ی زوجی وجود دارد مگر آن که $\gamma = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (\delta_{ij}^r + \eta_{ij}^r) = 0$. هر اندازه مقدار $\gamma \geq 0$ کم‌تر باشد، ناسازگاری مشاهده شده در ماتریس مقایسات زوجی فازی کم‌تر خواهد بود. همچنین γ می‌تواند به عنوان شاخص ناسازگاری برای ماتریس مقایسه‌ی زوجی فازی لحاظ شود.

۲-۳ برنامه‌ریزی آرمانی فازی

تصمیم‌گیری در شرایط ابهام و عدم قطعیت بسیار خطیر و پیچیده است. نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی برای غلبه بر این مشکلات ابزار بسیار مناسبی است [۲۹]. لطفی زاده [۳۰] نخستین بار مجموعه‌ی فازی با حدود غیر دقیق را ارایه کرد. بی‌گمان ابهام و عدم قطعیت دو جزء لاینفک اغلب مسایل تصمیم‌گیری محاسبه می‌شود که با افزایش انعطاف‌پذیری مدل می‌توان بر آن‌ها چیره شد [۳۱]. هر اندازه در یک مساله تصمیم‌گیری ابهام و عدم قطعیت

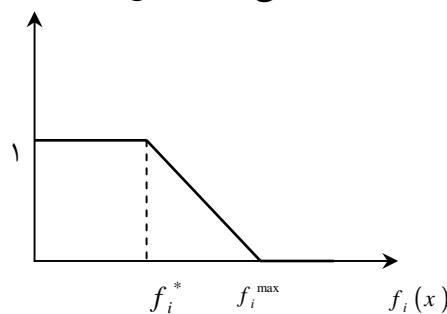
بیشتر مورد توجه قرار گیرد، نتایج حاصل کمتر موجب سردرگمی تصمیم گیرنده شده، به واقعیت بیشتر نزدیک خواهد بود. مجموعه‌ای فازی A به مانند زیر تعریف می‌شود:

$$A = \{x, \mu_A(x) | x \in A\} \quad (18)$$

که $\rightarrow [0,1]$ تابع عضویت A و (x, μ_A) که در آن $x \in A$ درجه‌ی عضویت نامیده می‌شود. تابع عضویت به شکل‌های گوناگون مانند خطی، هذلولی معکوس، نمایی، و خطی منقطع است [۳۲]. تابع عضویت شبه مثلثی برای مساله‌ی چند هدفه، بیشترین کاربرد را در پیشینه‌ی تحقیق داشته است. بر اساس تعریف تابع عضویت تیواری [۳۳]، هر تابع بین کمترین و بیشترین سطوح تمایل خود محدود شده، کمینه یا بیشینه بودن تابع مد نظر است. اگر تابع از نوع کمینه باشد، تابع عضویت آن به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{f_i}(x) = \begin{cases} 1 & f_i(x) \leq f_i^* \\ 1 - \frac{f_i(x) - f_i^*}{f_i^{\max} - f_i^*} & f_i^* \leq f_i(x) \leq f_i^{\max} \\ 0 & f_i(x) \geq f_i^{\max} \end{cases} \quad (19)$$

که در آن f_i^* سطح مطلوبیت برای تابع هدف (f_i^*, f_i^{\max}) حد مجاز برای $f_i(x)$ ، و $f_i(x)$ فاصله‌ی مجاز برای تابع هدف فازی (x, f_i) است. شکل (۱) تابع هدف از نوع کمینه را به عنوان یک عدد فازی نشان می‌دهد.



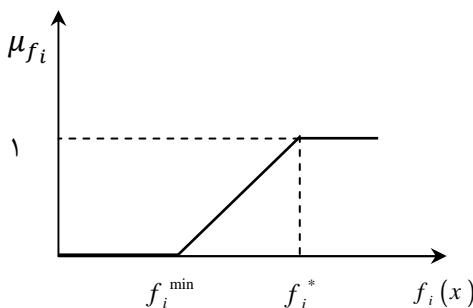
شکل ۱. تابع عضویت برای تابع هدف از نوع مینیمم

هم‌چنین اگر تابع هدف از نوع بیشینه باشد، تابع عضویت آن به شکل زیر خواهد بود:

$$\mu_{f_i}(x) = \begin{cases} 1 & f_i(x) \geq f_i^* \\ 1 - \frac{f_i^* - f_i(x)}{f_i^* - f_i^{\min}} & f_i^{\min} \leq f_i(x) \leq f_i^* \\ 0 & f_i(x) \leq f_i^{\min} \end{cases} \quad (20)$$

علمی و صادق علیک، ملک پارچی چند هدف رضایت بخش فازی برای مساله انتخاب تامین کننده با اقلام چندگانه تخصیص بهینه سازش

که در آن (f_i^{\min}, f_i^*) فاصله‌ی مجاز قابل پذیرش برای تصمیم گیرنده خواهد بود (شکل ۲).



شکل ۲. تابع عضویت برای تابع هدف از نوع ماکسیمم

در نهایت مساله‌ی چند هدفه‌ی زیر قابلیت حل خواهد داشت:

$$\begin{aligned} \max & \left[\min \left(\mu_{f_i}(x) \right) \right] \\ \text{s.t.} & \\ & x \in A. \end{aligned} \quad (21)$$

۳-۳ روش بهینه‌سازی رضایت‌بخش برنامه‌ریزی آرمانی فازی

برای یافتن بردار بهینه‌ی این مساله‌ی چند هدفه‌ی فازی با محدودیت‌های فازی به صورت زیر بررسی می‌شود:

Find x

$$\left\{ \begin{array}{ll} St. & \\ f_j(x) \leq f_j^* & \text{برای تابع هدف فازی} \\ g_r(x) \leq b_r & \text{برای محدودیت‌های فازی} \\ g_k(x) \leq b_k & \text{برای مقادیر قطعی} \\ x \geq 0 & \end{array} \right. \quad (22)$$

مدل موزون جمع‌پذیر پیشنهاد شده توسط تیواری [۳۳] در پیشینه تحقیق بسیار رایج است. به ویژه در موقعی که تصمیم گیرنده ترجیح می‌دهد برای هر تابع هدف به صورت مجزا اهمیت خاصی قابل باشد.

$$\begin{aligned} \max V(\mu) &= \sum_{j=1}^J w_j \mu_j(x) + \sum_{h=1}^H w_h \mu_h(x) \\ \mu_j(x) &\leq \mu_{f_j}(x) && \text{برای تابع هدف فازی} \\ \mu_h(x) &\leq \mu_{g_h}(x) && \text{برای محدودیت‌های فازی} \\ g_k(x) &\leq b_k && \text{برای مقادیر قطعی} \\ x_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ \mu_j, \mu_h &\in [0, 1] \end{aligned} \quad (23)$$

که در آن w_j و w_h ضرایب اوزان بوده، به ترتیب اهمیت توابع هدف و محدودیت‌های فازی را نشان می‌دهد.

در دنیای واقعی، تصمیم‌گیرنده به ویژه در شرایط ابهام و عدم صراحة در مورد توابع هدف، محدودیت‌ها و محیط اطراف، به ندرت قادر به ارایه‌ی دقیق اوزان مد نظر خود است. از این رو، برخی محققین برای نمایش اهمیت توابع هدف از واژه‌های زبانی کمک گرفته‌اند [۳۴]، درجه‌ی عضویت بالاتر به توابع مهم‌تر اختصاص داده‌اند [۳۵] یا برای واژه‌های زبانی روابط دودویی فازی تعریف کرده‌اند [۳۶]. از آنجا که مطالعات ذکر شده، دارای نواقص و یا مشکلاتی در تعیین اهمیت توابع هدف است، در این مقاله مدلی برای بهینه‌سازی رضایت بخش برنامه‌ریزی آرمانی فازی بر اساس مدل لی و هو ارایه شده است که حتی در شرایطی که تصمیم‌گیرنده قادر به تعیین اوزان توابع هدف و محدودیت‌های فازی نباشد، قابل استفاده است. به علاوه، برای بیان اهمیت توابع هدف یا محدودیت‌هایی که امکان تعیین دقیق اهمیت آن‌ها وجود ندارد، از واژه‌های زبانی به شرح جدول (۱) استفاده شده است. به عنوان مثال، محدودیت $(x) g_q$ «تا حدی مهم» و محدودیت $(x) g_h$ «بسیار مهم» است و ضمن آن که اشتراک بین مجموعه‌ها تهی است.

جدول ۱. واژه‌های زبانی برای بیان اهمیت مجموعه‌های فازی

واژه‌های زبانی	مخفف نام مجموعه
خیلی بی اهمیت	S_{vu}
تا حدی بی اهمیت	S_{su}
بی اهمیت	S_u
متوسط	S_g
با اهمیت	S_i
تا حدی با اهمیت	S_{si}
خیلی با اهمیت	S_{vi}

در صورت به کارگیری واژه‌های زبانی به جای اوزان دقیق، مدل (۲۳) قادر به حل مساله نخواهد بود. از این رو، لی و هو [۳۷] از واژه‌های زبانی برای بیان تفاوت اهمیت توابع هدف استفاده کردند. در این مقاله، از رویکرد مذبور برای بیان تفاوت اهمیت محدودیت‌های فازی استفاده شده است. اگر محدودیت $(x) g_q$ «تا حدی با اهمیت» و محدودیت $(x) g_h$ «بسیار با اهمیت» و $h \in \{1, \dots, H\}, q \neq h$ باشد، خواهیم داشت:

$$g_q(x) \in S_{si}, \quad g_h(x) \in S_{vi}, \quad S_{si}, S_{vi} \subset \{1, \dots, H\}, \quad S_{si} \cap S_{vi} = \emptyset$$

نامعادله‌ی (۲۴) بیانگر مقایسه‌ی نسبت کلاسیک بین محدودیت q و h است.

$$\mu_q \leq \mu_h \tag{۲۴}$$

که در آن μ_q و μ_h به ترتیب درجات رضایت بخش برای (x) و (μ_{gq}) است. متغیر اختلاف اهمیت بین محدودیت‌ها (λ) به مدل (۱۴) اضافه شده تا وجود جواب و ناحیه‌ی موجه را برای مدل تضمین کند.

$$\mu_q - \mu_h \leq \lambda \quad (25)$$

μ_q و μ_h متعلق به بازه $[0, 1]$ است. در نتیجه، λ متعلق به بازه $[-1, 1]$ خواهد بود. مثبت بودن مقدار λ حکایت از رضایت‌بخش نبودن جواب حاصل دارد و منفی بودن λ نشان می‌دهد نتایج حاصل بازه ترجیحی و اهمیت فازی مورد نظر را دربر گرفته است. با توجه به توضیحات داده شده، مدل بهینه‌سازی به شرح زیر ارایه می‌گردد:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{j=1}^J w_j \mu_j(x) + \sum_{h=1}^H \mu_h(x) / h - \omega \lambda \\ & \mu_j(x) \leq \mu_{f_j}(x) \quad \text{برای توابع هدف فازی} \\ & \mu_h(x) \leq \mu_{g_h}(x) \quad \text{برای محدودیت‌های فازی} \\ & g_k(x) \leq b_k \quad \text{برای محدودیت‌های قطعی} \\ & \mu_q - \mu_h \leq \lambda \quad q, h \in \{1, \dots, H\}, q \neq h \\ & x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ & \mu_j, \mu_h \in [0, 1], \quad \lambda \in [-1, 1] \end{aligned} \quad (26)$$

که در آن ω ضریب وزن متغیر تفاوت اهمیت (λ) است. با افزایش ω اختلاف اهمیت شدت یافته و λ کاهش می‌یابد. به بیان دیگر، تصمیم گیرنده با تغییر مقدار پارامتر ω امکان تحقق نتایج دلخواه را برای خود فراهم می‌سازد. ضمناً هنگامی که $\omega > 0$ باشد، جواب بهینه نهایی بدون تغییر خواهد ماند (ω^* کمترین مقداری است که در آن جواب بهینه به دست آمده است).

تابع هدف مدل بهینه‌سازی (۲۶) دارای سه جزء است: ۱- مجموع درجات عضویت مطلوب برای توابع هدف فازی، ۲- مجموع درجات عضویت مطلوب برای محدودیت‌های فازی و ۳- اختلاف اهمیت‌ها برای محدودیت‌های فازی. متغیرهای مدل شامل درجات رضایت بخش μ و μ_h ، اختلاف اهمیت محدودیت‌های فازی λ ، و متغیر تصمیم x است. مدل پیشنهادی قادر به بیشینه‌سازی جداگانه‌ی هر یک از درجات عضویت توابع و محدودیت‌های فازی است، بسته به نظر تصمیم گیرنده قادر به تعیین تفاوت اهمیت بین محدودیت‌های فازی بوده، آن‌ها را مد نظر قرار می‌دهد.

۴ فرمول‌بندی مساله

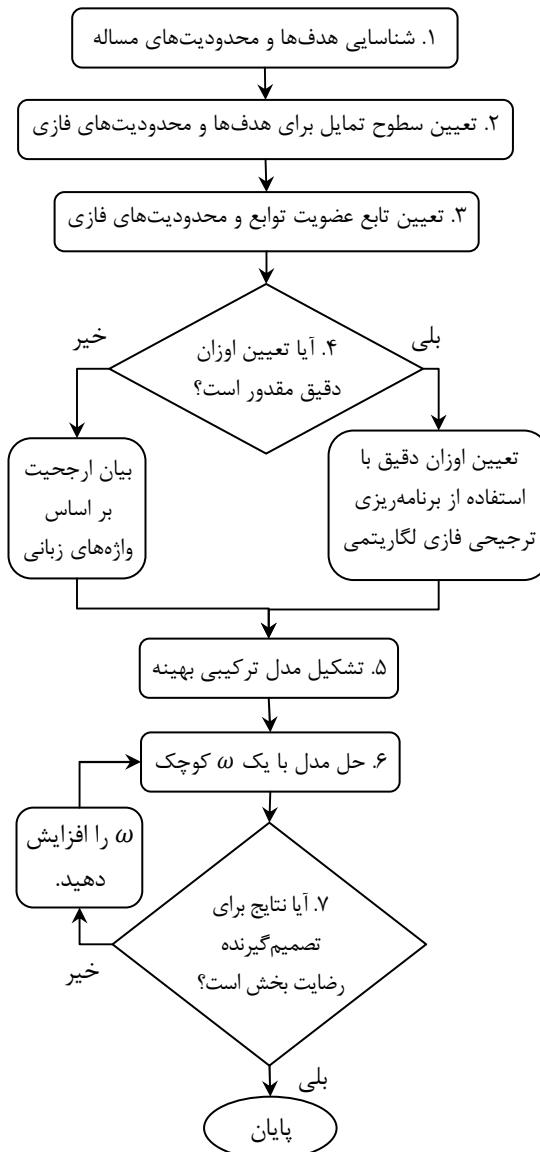
با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی فازی و برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی، روش بهینه‌سازی رضایت‌بخش پیشنهادی طی الگوی هفت مرحله‌ای زیر ارایه شده است (شکل ۳).

گام ۱. اهداف و محدودیت‌های مساله را شناسایی کنید.

گام ۲. سطوح تمایل برای اهداف و محدودیت‌های فازی را تعیین کنید.

گام ۳. با توجه به بیشینه یا کمینه بودن، تابع عضویت توابع و محدودیت‌های فازی را مشخص نمایید.

- گام ۴. از تصمیم گیرنده بخواهید اوزان دقیق خود را برای μ_m و μ_L با استفاده از برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی مشخص کند. در غیر این صورت، ارجحیت خود را بر اساس واژه‌های زبانی بیان دارد.
- گام ۵. مدل ترکیبی بهینه مناسب را با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه‌ریزی ترجیحی فازی شکل دهد.
- گام ۶. ابتدا مدل را با یک ω کوچک حل کنید.
- گام ۷. در صورت رضایت بخش بودن نتایج برای تصمیم گیرنده توقف کنید (جواب بهینه است). در غیر این صورت، با افزایش ω به گام ۶ باز گردید.



شکل ۳. مراحل اجرای مدل پیشنهادی تحقیق

۴-۱ مدل برنامه‌ریزی چند هدفه انتخاب تامین‌کننده با اقلام چندگانه مدل کلی انتخاب تامین‌کننده به صورت زیر است [۱۵]:

علمی و صادق علیک، ملکی پارچی چند بفرضایت بخش فازی برای مساله انتخاب تامین کننده با اقلام چندگانه تخصیص بینی سارش

$$\begin{aligned} \text{Min } & Z_1, Z_2, \dots, Z_k, \\ \text{Max } & Z_{k+1}, Z_{k+2}, \dots, Z_j \\ \text{s.t. } & x \in X_d, X_d = \{x | g(x) \leq b_k, k = 1, \dots, k\}. \end{aligned} \quad (27)$$

که در آن Z_k هدف‌هایی است که قصد کمینه کردن آنها را داریم، مانند هزینه و $Z_{k+1}, Z_{k+2}, \dots, Z_j$ هدف‌هایی است که قصد بیشینه کردن آنها را داریم، مانند سود و کیفیت. X_d مجموعه جواب‌های موجه است که در آن محدودیت‌های مدل برآورده می‌شود. مفروضات، اندیس‌ها، متغیرهای تصمیم و پارامترهای مدل برای توسعه‌ی مدل چندهدفه‌ی انتخاب تامین کننده با اقلام چندگانه به شرح زیر است:

مفروضات:

- ۱- تخفیف در مدل بررسی نمی‌شود.
- ۲- قصور در ارایه‌ی محصول از سوی تامین کننده معجاز نیست.
- ۳- اقلام چندگانه توسط هر تامین کننده ارایه می‌شود.
- ۴- کاربرد هر یک از اقلام در محصول نهایی دارای اهمیت‌های غیر یکسان است.

اندیس‌ها:

i اندیس تامین کننده $i = 1, 2, \dots, n$

s اندیس اقلام (قطعات) $s = 1, 2, \dots, S$

j اندیس توابع هدف $j = 1, 2, \dots, J$

h اندیس محدودیت‌های فازی $h = 1, 2, \dots, H$

k اندیس محدودیت‌های قطعی $k = 1, 2, \dots, K$

متغیر تصمیم:

$x_{i,s}$ مقدار سفارش قطعه s از تامین کننده i

پارامترها:

D_s مقدار تقاضا برای قطعه s

$c_{i,s}$ حد بالای تعداد قطعه s اخذ شده از تامین کننده i

n تعداد تامین کننده‌ان

$p_{i,s}$ قیمت واحد قطعه s خریداری شده از تامین کننده i

$k_{i,s}$ درصد سطح کیفیت ارایه قطعه s خریداری شده از تامین کننده i

$r_{i,s}$ درصد سطح کیفیت قطعه s خریداری شده از تامین کننده i

$f_{i,s}$ درصد تعداد برگشتی قطعه s خریداری شده از تامین کننده i

F_s بیشترین حد تعداد برگشتی برای قطعه‌ی s

B_s محدودیت بودجه‌ی تخصیص داده شده به قطعه‌ی s

تابع هدف

- کمینه کردن هزینه خرید کل: خریدار قصد دارد هزینه خرید کل را به کمترین حد ممکن رساند. از این رو، تابع هدف آن به شکل زیر خواهد بود:

$$\text{Min } Z_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^S p_{i,s} x_{i,s} \quad (28)$$

- بیشینه کردن کیفیت خدمات دهی ارایه‌ی محصول. نرخ کیفیت سرویس دهی در ارایه‌ی محصول یکی از معیارهای مهم انتخاب تامین‌کننده است. این نرخ مواردی چون خدمات پس از فروش، تحویل به موقع، سهولت ارایه‌ی محصول و ... را شامل می‌شود. این تابع کیفیت خدمات کل را بیشینه کرده که به شکل زیر نشان داده می‌شود:

$$\text{Max } Z_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^S k_{i,s} x_{i,s} \quad (29)$$

- بیشینه کردن کیفیت محصول. خریدار بر آن است که کیفیت قطعات را به بیشترین حد خود رساند. در این صورت تابع هدف آن به شکل زیر خواهد بود:

$$\text{Max } Z_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^S r_{i,s} x_{i,s} \quad (30)$$

- لازم به ذکر است، از میان معیارهای مورد بررسی برای مساله انتخاب تامین‌کننده در پیشینه تحقیق، سه تابع هدف فوق بیشترین کاربرد را داشته و تقریباً در تمامی مقالات مورد استفاده قرار گرفته است.

محدودیت‌ها:

$$\sum_{i=1}^n x_{i,s} \geq D_s, \quad s = 1, 2, \dots, S \quad (31)$$

$$x_{i,s} \leq C_{i,s}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad s = 1, 2, \dots, S \quad (32)$$

$$\sum_{i=1}^n f_{i,s} x_{i,s} \leq F_s, \quad s = 1, 2, \dots, S \quad (33)$$

$$\sum_{i=1}^n p_{i,s} x_{i,s} \leq B_s, \quad s = 1, 2, \dots, S \quad (34)$$

$$x_{i,s} \geq 0 \quad (35)$$

- محدودیت (۳۱) مربوط به تقاضای قطعه‌ی s بوده و محدودیت (۳۲) بیانگر بیشترین مقدار قطعه‌ی s ارایه شده توسط تامین‌کننده‌ی i است. محدودیت (۳۳) مربوط به قطعات برگشتی قطعه‌ی s بوده و محدودیت (۳۴) مربوط به بودجه‌ی تخصیص یافته برای خرید قطعه‌ی s است. در نهایت، محدودیت (۳۵) فرض غیر منفی بودن متغیر تصمیم را تضمین می‌کند.

۵ مثال عددی و نتایج محاسباتی

گام ۱. در این بخش حل مدل پیشنهادی با مثال عددی ارایه می‌شود. برای حل مدل از داده‌های (ونه مفروضات) مقاله‌ی اوزکوک و تیریاکی [۱۸] استفاده شده است. شرکت در صدد خرید چهار قطعه از سه تامین‌کننده است که هر یک قادر به تولید قطعات مورد نظر هستند. داده‌های مورد نیاز برای انتخاب مساله‌ی تامین‌کننده در جدول‌های (۲) و (۳) منعکس شده است. طبق روابط توضیح داده شده در بخش‌های پیشین، مدل عددی مساله‌ی برنامه‌ریزی رضایت‌بخش فازی انتخاب تامین‌کننده با اقلام چندگانه به صورت زیر خواهد بود:

$$Z_1 =$$

$$\begin{aligned} & 8/28x_{11} + 6/43x_{12} + 10x_{13} + 7/77x_{14} + 11/6x_{15} + 9/3x_{16} + 16/71x_{17} + 11/81x_{18} \\ & + 24/63x_{19} + 11/74x_{20} + 17/84x_{21} + 10/79x_{22} \end{aligned}$$

$$Z_2 =$$

$$\begin{aligned} & 0/75x_{11} + 0/80x_{12} + 0/90x_{13} + 0/83x_{14} + 0/73x_{15} + 0/90x_{16} + 0/84x_{17} + 0/93x_{18} \\ & + 0/92x_{19} + 0/88x_{20} + 0/74x_{21} + 0/96x_{22} \end{aligned}$$

$$Z_3 =$$

$$\begin{aligned} & 0/94x_{11} + 0/75x_{12} + 0/88x_{13} + 0/85x_{14} + 0/90x_{15} + 0/85x_{16} + 0/90x_{17} + 0/80x_{18} \\ & + 0/97x_{19} + 0/85x_{20} + 0/75x_{21} + 0/80x_{22} \end{aligned}$$

s.t.

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} \geq 1500$$

$$x_{11} + x_{12} + x_{14} \geq 600$$

$$x_{12} + x_{13} + x_{15} \geq 500$$

$$x_{13} + x_{14} + x_{16} \geq 1000$$

$$x_{11} \leq 500, \quad x_{12} \leq 300, \quad x_{13} \leq 250, \quad x_{14} \leq 400,$$

$$x_{12} \leq 650, \quad x_{13} \leq 300, \quad x_{15} \leq 200, \quad x_{16} \leq 100$$

$$x_{11} \leq 550, \quad x_{12} \leq 250, \quad x_{13} \leq 400, \quad x_{14} \leq 500,$$

$$0.05x_{11} + 0.06x_{12} + 0.03x_{13} \leq F_1$$

$$0.02x_{12} + 0.01x_{13} + 0.02x_{14} \leq F_2$$

$$0.01x_{13} + 0.04x_{15} + 0.01x_{16} \leq F_3$$

$$0.06x_{14} + 0.02x_{15} + 0.02x_{16} \leq F_4$$

$$8/28x_{11} + 11/6x_{12} + 14/63x_{13} \leq 25000$$

$$6/43x_{12} + 9/3x_{13} + 11/74x_{14} \leq 5400$$

$$10x_{13} + 16/71x_{15} + 17/84x_{16} \leq 7000$$

$$7/77x_{14} + 11/81x_{15} + 10/79x_{16} \leq 7500$$

$$x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24} \geq 0$$

گام ۲ و ۳. مقادیر مطلوب و بدترین حالت ممکن برای هر یک از سه تابع هدف و محدودیت‌های فازی در جدول‌های (۴) و (۳) ارایه شده است. در این مثال، فرض بر این است که کاربرد قطعات در محصول نهایی دارای اهمیت یکسان نیست. از این رو، انتظار داریم قطعات با اهمیت‌تر کیفیت بالاتری را دارا باشد. حال با توجه به

موارد ذکر شده و داده های مورد نیاز، توابع عضویت فازی برای توابع هدف و محدودیت های فازی به شکل زیر خواهد بود:

$$\mu_{Z_1}(x) = \left(\frac{45126}{5} - Z_1(x) \right) \div \left(\frac{45126}{5} - 39177 \right)$$

$$\mu_{Z_2}(x) = \left(Z_2(x) - 2799 \right) \div \left(3080 - 2799 \right)$$

$$\mu_{Z_3}(x) = \left(Z_3(x) - 2861 \right) \div \left(3152 - 2861 \right)$$

$$\mu_{g_1}(x) = \left(120 - g_1(x) \right) \div \left(120 - 80 \right)$$

$$\mu_{g_2}(x) = \left(60 - g_2(x) \right) \div \left(60 - 40 \right)$$

$$\mu_{g_3}(x) = \left(40 - g_3(x) \right) \div \left(40 - 20 \right)$$

$$\mu_{g_4}(x) = \left(60 - g_4(x) \right) \div \left(60 - 40 \right)$$

جدول ۲. داده های مساله ای انتخاب تامین کننده

تامین کننده ۳				تامین کننده ۲				تامین کننده ۱				محصول
۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱	
۱۰/۷۹	۱۷/۸۴	۱۱/۷۴	۲۴/۶۳	۱۱/۸۱	۱۶/۷۱	۹/۳	۱۱/۶	۷/۷۷	۱۰	۶/۴۳	۸/۲۸	(قطعه) $p_{i,s}$
۸۰	۷۵	۸۵	۹۷	۸۰	۹۰	۸۵	۹۰	۶۵	۸۸	۷۵	۹۴	(٪) $r_{i,s}$
۹۶	۷۴	۸۸	۹۲	۹۳	۸۴	۹۰	۷۳	۸۳	۹۰	۸۰	۷۵	(٪) $k_{i,s}$
۵۰۰	۴۰۰	۲۵۰	۵۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۶۵۰	۴۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۵۰۰	(قطعه) $C_{i,s}$
۲	۱	۲	۳	۲	۴	۱	۶	۶	۱	۲	۵	(٪) $f_{i,s}$

جدول ۳. داده های مساله ای انتخاب تامین کننده

۴	۳	۲	۱	محصول
۸۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۱۵۰۰	(قطعه) D_s
۴۰	۲۰	۴۰	۸۰	g_h^*
۶۰	۴۰	۶۰	۱۲۰	g_h^{max}
۷۵۰۰	۷۰۰۰	۵۴۰۰	۲۵۰۰۰	(\\$) B_s

جدول ۴. مقدار مطلوب برای توابع هدف فازی

Z_1	Z_2	Z_3	
۳۱۵۲/۱۲	۳۰۸۰/۳۴	۳۹۱۷۷/۵	Z_j^*
۲۸۶۱/۳۴	۲۷۹۹/۴۵	۴۵۱۲۶/۵	$Z_j^{min/max}$

گام ۴. از تصمیم گیرنده خواسته شد تا اوزان توابع هدف و محدودیت های فازی را مشخص کند. تعیین اوزان دقیق برای توابع هدف فازی امری ممکن بود؛ اما از آن جا که نسبت دادن اوزان دقیق به محدودیت های فازی مقدور نبود، از متغیرهای زبانی استفاده شد. بر این اساس، قطعه ای اول بسیار با اهمیت، قطعه ای دوم تا حدی با اهمیت، قطعه ای سوم با اهمیت و قطعه ای چهارم با اهمیت متوسط در نظر گرفته شد. برای تعیین اوزان اهمیت سه

علمی و صادق علیک، ملک پارچی چندین رضایت بخش فازی برای مساله انتخاب تامین کننده با اقلام پنگاهه و تخصیص بهینه سازش

تابع هدف مدل ماتریس مقایسه زوجی به شرح جدول (۵) از طرف تصمیم‌گیرنده ارایه شد. هم‌چنین اوزان توابع هدف با استفاده از برنامه‌ریزی ارجحیت فازی لگاریتمی و جدول (۵) در نرم افزار آکسل کد نویسی و نتایج مطابق جدول (۶) حاصل شد. شاخص ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی برابر با (12×10^{-8}) است که بیانگر سازگاری بالای ماتریس مذکور است.

جدول ۵. ماتریس مقایسه زوجی توابع هدف

ج	هزینه	هزینه	هزینه
کیفیت قطعه	کیفیت خدمات	هزینه	کیفیت خدمات
$\left(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}\right)$	$\left(\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}\right)$	$\left(\frac{1}{1}, \frac{1}{1}, \frac{1}{1}\right)$	هزینه
$\left(\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{3}\right)$	$\left(\frac{1}{1}, \frac{1}{1}, \frac{1}{1}\right)$	$\left(\frac{2}{3}, \frac{2}{3}, \frac{9}{3}\right)$	کیفیت خدمات
$\left(\frac{1}{1}, \frac{1}{1}, \frac{1}{1}\right)$	$\left(\frac{2}{2}, \frac{3}{2}, \frac{6}{2}\right)$	$\left(\frac{2}{1}, \frac{3}{1}, \frac{5}{1}\right)$	کیفیت قطعه

$$Min \quad (1-\lambda)^r + \dots + \sum_{i=1}^r \sum_{j=i+1}^r (\delta_{ij}^r + \eta_{ij}^r)$$

s.t.

$$\begin{aligned} y_1 - y_r - \lambda \ln\left(\frac{r}{2}\right) + \delta_{1r} &\geq \frac{\ln 1}{3}, \\ -y_1 + y_r - \lambda \ln\left(\frac{4}{3}\right) + \eta_{1r} &\geq -\frac{\ln r}{3}, \\ y_1 - y_r - \lambda \ln\left(\frac{5}{3}\right) + \delta_{1r} &\geq \frac{\ln 1}{5}, \\ -y_1 + y_r - \lambda \ln\left(\frac{3}{2}\right) + \eta_{1r} &\geq -\frac{\ln 1}{2}, \\ y_r - y_{rr} - \lambda \ln\left(\frac{2}{1}\right) + \delta_{rr} &\geq \frac{\ln 1}{3}, \\ -y_r + y_{rr} - \lambda \ln\left(\frac{3}{2}\right) + \eta_{rr} &\geq -\frac{\ln r}{3}, \\ \lambda, y_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, \\ \delta_{ij}, \eta_{ij} &\geq 0, \quad i = 1, 2, \quad j = 2, 3. \end{aligned}$$

جدول ۶. اوزان مربوط به هر یک از توابع هدف فازی

w	y	تابع هدف
۰/۱۷	۲/۳۲	هزینه
۰/۳۳	۴/۳۹	کیفیت خدمات
۰/۵۰	۶/۹۶	کیفیت قطعه

گام ۵. مدل ترکیبی بهینه برای انتخاب تمامی کنده با اقلام چندگانه با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی فازی و برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی به شکل زیر خواهد بود:

$$\text{Max} \quad \cdot / ۱۷\mu_1 + \cdot / ۳۳\mu_2 + \cdot / ۵\mu_3 + \frac{\sum_{h=۱}^4 \mu_h}{۴} - ۴ / ۷۲۲\lambda$$

s.t.

$$\mu_j(x) \leq \mu_{Z_j}(x), \quad j = 1, 2, 3,$$

$$\mu_h(x) \leq \mu_{g_h}(x), \quad h = 1, 2, 3, 4,$$

$$\mu_{h=۱}(x) - \mu_{h=۲}(x) \leq \lambda,$$

$$\mu_{h=۲}(x) - \mu_{h=۳}(x) \leq \lambda,$$

$$\mu_{h=۳}(x) - \mu_{h=۴}(x) \leq \lambda,$$

$$x_{۱۱} + x_{۱۲} + x_{۱۳} \geq ۱۵۰۰,$$

$$x_{۱۲} + x_{۱۳} + x_{۱۴} \geq ۶۰۰,$$

$$x_{۱۳} + x_{۱۴} + x_{۱۵} \geq ۵۰۰,$$

$$x_{۱۴} + x_{۱۵} + x_{۱۶} \geq ۱۰۰,$$

$$x_{۱۱} \leq ۵۰۰, \quad x_{۱۲} \leq ۳۰۰, \quad x_{۱۳} \leq ۲۵۰, \quad x_{۱۴} \leq ۴۰۰,$$

$$x_{۱۲} \leq ۶۵۰, \quad x_{۱۳} \leq ۳۰۰, \quad x_{۱۴} \leq ۲۰۰, \quad x_{۱۵} \leq ۱۰۰$$

$$x_{۱۳} \leq ۵۵۰, \quad x_{۱۴} \leq ۲۵۰, \quad x_{۱۵} \leq ۴۰۰, \quad x_{۱۶} \leq ۵۰۰,$$

$$۸ / ۲۸x_{۱۱} + ۱۱ / ۶x_{۱۲} + ۱۴ / ۶۳x_{۱۳} \leq ۲۵۰۰,$$

$$۶ / ۴۳x_{۱۲} + ۹ / ۳x_{۱۳} + ۱۱ / ۷۶x_{۱۴} \leq ۵۴۰۰,$$

$$۱۰x_{۱۳} + ۱۶ / ۷۱x_{۱۴} + ۱۷ / ۸۴x_{۱۵} \leq ۷۰۰۰,$$

$$۷ / ۷۷x_{۱۴} + ۱۱ / ۸۱x_{۱۵} + ۱۰ / ۷۹x_{۱۶} \leq ۷۵۰۰,$$

$$\{g_r(x) \leq r = ۱ \in S_{vi}, ۲ \in S_{si}, ۳ \in S_i, ۴ \in S_g\},$$

$$S_{vi} \cap S_{si} = \emptyset, S_{si} \cap S_i = \emptyset, S_i \cap S_g = \emptyset,$$

$$x_{۱۱}, x_{۱۲}, x_{۱۳}, x_{۱۴}, x_{۱۵}, x_{۱۶}, x_{۱۷}, x_{۱۸}, x_{۱۹}, x_{۱۱}, x_{۱۲}, x_{۱۳}, x_{۱۴}, x_{۱۵}, x_{۱۶} \geq 0,$$

$$\mu_j, \mu_h \in [0, 1], \lambda \in [-1, 1].$$

گام ۶ و ۷. مدل ترکیبی برنامه‌ریزی آرمانی فازی با نرم‌افزار لینگو حل و نتایج رضایت‌بخش طبق جدول (۷) حاصل شد. نهایتاً طبق آنچه مورد انتظار بود، مقادیر تامین قطعه از هر یک از تامین کنندگان به دست آمد.

جدول ۷. میزان سفارش تخصیص یافته از هر قطعه به هر تامین کننده

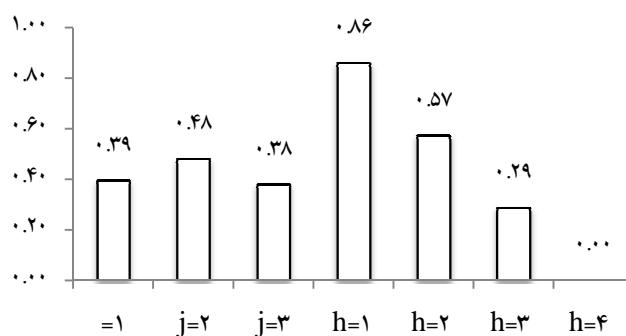
$x_{۱۱}$	$x_{۱۲}$	$x_{۱۳}$	$x_{۱۴}$	$x_{۱۵}$	$x_{۱۶}$	$x_{۱۷}$	$x_{۱۸}$	$x_{۱۹}$	$x_{۱۱}$	$x_{۱۲}$	$x_{۱۳}$	$x_{۱۴}$
۴۰۷	۶۴	۵۸	۵۵۰	۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۵۰	۴۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۵۰۰	

۶ بحث

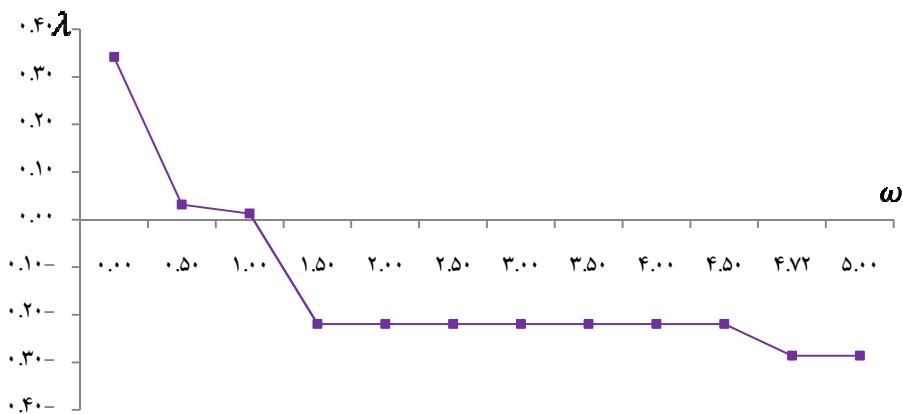
در این تحقیق، مدل برنامه ریزی آرمانی فازی ارایه شده با یکپارچه نمودن برنامه ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی و برنامه ریزی چندگاهی با محدودیت‌های فازی و استفاده از متغیرهای زبانی به دنبال راه حلی بهینه برای مساله انتخاب تامین کننده با اقلام چندگانه و تخصیص سفارش به هر یک از تامین کنندگان بود. مدل ترکیبی مذکور تا حد زیادی قابلیت غلبه بر عدم اطمینان همراه با اوزان و ارجحیت‌های مربوط به مساله را داشته و در قالب چارچوبی بهینه قادر به یکپارچه‌سازی مساله است. مدل‌های آرمانی فازی مرسوم که در بخش پیشینه تحقیق به بحث گذاشته شد اغلب قادر به فرموله کردن مسائل با محدودیت‌ها و ضرایب تابع هدف معلوم بوده است. به بیان دیگر، در این مدل‌ها فرض بر این است که ضرایب معلوم و قطعی صریحاً قابل محاسبه است و عوامل خارجی بر مساله اثر نمی‌گذارد. این در حالی است که در دنیای واقعی، به ندرت می‌توان ادعا کرد که ابهام و عدم اطمینان از مساله حذف شده و بر آن اثر نمی‌گذارد. از این رو، مدل ارایه شده به خوبی قابلیت مواجه با مسائلی را دارد که به میزان قابل توجهی متأثر از ابهامات ناشی از عوامل خارجی است.

مقادیر λ و ω

شکل (۴) بیانگر مقادیر رضایت‌بخش مطلوب برای هر کدام از توابع و محدودیت‌های فازی در سطح جواب بهینه است. مقدار λ هنگامی که ω بین بازه $[0, 4/722]$ است، در حال کاهش است (شکل ۵). از این رو، همان طور که پیشتر نیز اشاره شد، $\omega = 4/722$ می‌تواند به عنوان کمترین مقداری که در آن جواب بهینه حاصل می‌شود، تلقی گردد. همچنین λ در بازه $[0/333, 0/341]$ قرار دارد که طبق انتظار، مقادیر منفی خود را نیز به دست آورده است. به همین دلیل، تصمیم گیرنده کاملاً متقادع شده، نتایج به دست آمده در برگیرنده حدود اهمیت فازی است.



شکل ۴. درجات رضایت‌بخش برای توابع هدف و محدودیت‌های فازی

شکل ۵. مقادیر تفاوت اهمیت با افزایش مقدار ضریب ω

تحلیل حساسیت

از دو رویکرد برای نمایش حساسیت مدل استفاده می‌شود. نخست، وزن یک یا برعی توابع هدف تغییر یابد. دوم، اهمیت محدودیت‌های فازی تغییر یابد. بر این اساس، ابتدا با تغییر وزن تابع هدف دوم (دو برابر شدن وزن آن) مدل حل شد؛ سپس اهمیت کاربرد قطعات چنین در نظر گرفته شد که قطعه‌ی چهارم بسیار با اهمیت، قطعه‌ی دوم و سوم تا حدی با اهمیت و قطعه‌ی اول با اهمیت است. جدول‌های (۸) و (۹) نتایج حاصل را از حل دو رویکرد نشان می‌دهند.

جدول ۸. میزان شفارش تخصیص یافته از هر قطعه به هر تامین‌کننده (با تغییر وزن تابع هدف دوم)

X_{34}	X_{33}	X_{32}	X_{31}	X_{24}	X_{23}	X_{22}	X_{21}	X_{14}	X_{13}	X_{12}	X_{11}
۴۰۷	۶۴	۵۸	۵۵۰	۰	۲۰۰	۳۰۰	۶۵۰	۴۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۵۰۰

جدول ۹. میزان شفارش تخصیص یافته از هر قطعه به هر تامین‌کننده (با تغییر اهمیت قطعات)

X_{34}	X_{33}	X_{32}	X_{31}	X_{24}	X_{23}	X_{22}	X_{21}	X_{14}	X_{13}	X_{12}	X_{11}
۴۲۵	۶۴	۵۸	۵۵۰	۰	۲۰۰	۳۰۰	۶۵۰	۳۷۵	۲۵۰	۳۰۰	۵۰۰

۷ نتیجه و جمع‌بندی

انتخاب تامین‌کننده یک مساله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی پیچیدگی آن با بیان نادقيق پارامترهای مدل، تشدید می‌شود. در دنیای واقعی، امکان بیان دقیق بسیاری از ورودی‌های مدل وجود ندارد. در مدل ارایه شده توسط این مقاله، ابهامات و تفاوت اهمیت‌ها مورد توجه قرار گرفته است. این مدل با یکپارچه کردن برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی و برنامه‌ریزی آرمانی فازی با هدف‌ها و محدودیت‌های فازی به حل مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده با اقلام چندگانه پرداخت و مقادیر تخصیص بهینه‌ی سفارش را برای هر تامین‌کننده با در نظر گرفتن معیارهای هزینه، کیفیت خدمات و کیفیت قطعات مشخص کرد. استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای

مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره نیازمند برآورد اوزان دقیق برای توابع هدف است. برای غلبه بر نارساوی‌های وارد بر روش‌های مرسوم در استخراج اوزان از مقایسات زوجی فازی، در این تحقیق از برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی استفاده شد. پیروی از این رویکرد موجب گردید تا از هر ماتریس مقایسات زوجی فازی فقط یک بردار بهینه قطعی منحصر به فرد حاصل شود. اهمیت محدودیت‌های فازی که توسط تصمیم‌گیرنده به صورت کیفی بیان شده بود، به کمک مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی رضایت‌بخش قابل فهم گردید و در قالب مدل بهینه سازی کمی شد. مدل ارایه شده، در قالب مساله‌ای واقعی اجرا شد. از آنجا که مدل حاضر یکی از جدیدترین رویکردها برای مساله‌ی انتخاب تامین کننده، به عنوان مساله‌ی تصمیم‌گیری چند معیاره تلقی می‌شود، پیشنهاد می‌گردد این روش برای دیگر حوزه‌های زنجیره‌ی تامین مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- [1] آذر، ع.، موسوی، ع.، (۱۳۹۳). طراحی مدل احتمالی و استوار یکپارچه سه مرحله‌ای برای انتخاب تامین کننده با رویکرد عدم قطعیت. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۴۰(۱)، ۱-۱۸.
- [2] Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M., Tarokh, M. J., (2011). A fuzzy VIKOR for supplier selection based on entropy measure for objective weighting. *Expert Systems with Applications*, 38: 12160-12167.
- [3] Dulmin, R., Mininno, V., (2003). Supplier selection using a multi-criteria decision aid method. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 9: 177-187.
- [4] Amid, A., Ghodspour, S. H., O'Brien, C., (2006). A fuzzy multi-objective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 104: 394-407.
- [5] Xia, W., Wu, Z., (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega the International Journal of Management Science*, 35: 494-504.
- [6] Ho, W., Xu, X., Dey, P. K., (2010). Multi- criteria Decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202: 16-24.
- [7] De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P., (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7: 75-89.
- [8] Choy, K.L., Lee, W.B., Lo, V., (2003). Design of a case based intelligent supplier relationship management system- the integration of supplier rating system and product coding system. *Expert Systems with Applications*, 25: 87-100.
- [9] Talluri, S., (2002). A buyer-seller game model for selection and negotiation of purchasing bids. *European Journal of Operational Research*, 143: 171-180.
- [10] Tam, M. C. Y., Tummala, V. M. R., (2001). An application of AHP in vendor selection of telecommunications systems. *Omega*, 29: 171-182.
- [11] Roodhooft, F., Konings, J., (1997). Vendor selection and evaluation an activity based costing approach. *European Journal of Operational Research*, 96: 97-102.
- [12] Zhu, J., (2004). A buyer-seller game model for selection and negotiation of purchasing bids: extensions and new models. *European Journal of Operational Research*. 154: 150-156.
- [13] Lin, R. H., (2012). An integrated model for supplier selection under fuzzy situation. *International Journal of Production Economics*, 138: 55-61.
- [14] Erol, I., Ferrell, W., (2003). A methodology for selection problems with multiple conflicting objectives and both qualitative and quantitative criteria. *International Journal of Production Economics*, 86, 187-199.
- [15] Kumar, M., Vart, P., Shankar, R., (2006). A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 101: 273-285.
- [16] Amid, A., Ghodspour, S. H., O'Brien, C., (2009). A weighted Additive fuzzy multi-objective model for supplier selection problem under price breaks in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 121: 323-332.

- [17] Amid, A., Ghodsypour, S. H., O'Brien, C., (2011). A weighted max-min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 131: 139-145.
- [18] Ozkok, B. A., Tiryaki, F., (2011). A compensatory fuzzy approach to multi-objective linear supplier selection problem with multiple-item. *Expert Systems with Applications*, 38: 11363-11368.
- [19] Wu, D. F., Zhang, Y., Wu, D., Olson, D. L., (2010). Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modeling: A possibility approach. *European Journal of Operational Research*, 200: 774-787.
- [20] Yücel, A., Güneri, A. F., (2011). A weighted additive fuzzy programming approach for multi-criteria supplier selection. *Expert Systems with Applications*, 38: 6281-6286.
- [21] Arikán, F., (2013). A fuzzy solution approach for multi objective supplier selection. *Expert Systems with Applications*, 40: 947-952.
- [22] Lin, R. H., (2009). An integrated FANP-MOLP for supplier evaluation and order allocation. *Applied Mathematical Modelling*, 33: 2730-2736.
- [23] Mikhailov, L., (2002). Fuzzy analytical approach to partnership selection in formation of virtual enterprise. *Omega*, 30: 393-401.
- [24] Wang, T. C., Chen, Y. H., (2007). Applying consistent fuzzy preference relations to partnership selection. *Omega*, 35: 384-388.
- [25] Mikhailov, L., (2003). Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgments. *Fuzzy Set and Systems*, 134: 365-385.
- [26] Mikhailov, L., (2000). A fuzzy programming method for deriving priorities in analytic hierarchy process. *Journal of Operational Research Society*, 51: 341- 349.
- [27] Rezaei, J., Ortt, R., Scholten, V., (2013). An improved fuzzy preference programming to evaluate entrepreneurship orientation. *Applied Soft Computing*, 13: 2749-2758.
- [28] Wang, Y. M., Chin, K. S., (2011). Fuzzy analytical hierarchy process: A logarithmic fuzzy preference programming methodology. *International Journal of Approximate Reasoning*, 52: 541-553.
- [29] Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S. S., Thakur, L. S., (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain. *Expert Systems with Applications*, 39: 8182-8192.
- [30] Zadeh, L. A., (1965). Information and control. *Fuzzy Sets*, 8: 338-353.
- [31] Yu, C. S., (2002). A GP-AHP method for solving group decision-making fuzzy AHP problems. *Computer and Operations Researches*, 29: 1969-2001.
- [32] Sakawa, M., Yano, H., Yumine, T., (1987). An interactive fuzzy satisficing method for multi-objective linear programming problems and its application. *IEEE Transactions on SCM*, 17: 654-661.
- [33] Tiwari, R. N., Dharmar, S., Rao, J. R., (1987). Fuzzy goal programming – an additive model. *Fuzzy Sets and Systems*, 24: 27-34.
- [34] Narsimhan, R., (1980). Goal programming procedure in fuzzy environment. *Decision Sciences*. 11: 246-325.
- [35] Chen, L. H., Tsai, F. C., (2001). Fuzzy goal programming with different importance and priorities. *European Journal of Operational Research*, 133: 548-556.
- [36] Aköz, O., Petrović, D., (2007). A fuzzy goal programming method with imprecise goal hierarchy. *European Journal of Operational Research*. 1819: 1427-1433.
- [37] Li, S., Hu, C., (2009). Satisfying optimization method based on goal programming for fuzzy multiple objective optimization problem. *European Journal of Operational Research*, 197: 657-684.