

یک رویکرد تعاملی برای مسایل انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش مبتنی بر قاب مطلوبیت

سید هادی ناصری^{۱*}، پرستو نیک صفت^۲، فرنوش رنگ ریز^۳، زهرا اکبری^۴

۱-دانشیار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۲-دانشجوی دکتری، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۳-دانشجوی دکتری، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

۴-استادیار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

رسید مقاله: ۱۴۰۱ بهمن

پذیرش مقاله: ۲۰ خرداد ۱۴۰۲

چکیده

در مدیریت زنجیره تامین، انتخاب تامین‌کننده مناسب یکی از مهم‌ترین فرآیندهای تصمیم‌گیری برای بهبود رقابت‌پذیری شرکت است. به طور خاص، هنگامی که یک خریدار به انتخاب چندین تامین‌کننده فکر می‌کند، باید موضوع تخصیص سفارش را با انتخاب تامین‌کننده در نظر بگیرد. یکی از رویکردهای متداول در ارزیابی، رتبه‌بندی و انتخاب تامین‌کننده جهت تخصیص سفارش استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها است. هرگاه میزان مطلوبیت همگام با این انتخاب مدنظر باشد، استفاده از رویکرد تعاملی می‌تواند مفید باشد. از این‌رو، در این مطالعه، یک رویکرد بهینه‌سازی چندهدفه تعاملی برای مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش پیشنهاد شده است. همچنین، مفهوم مطلوبیت در مدل بهینه‌سازی گنجانده شده است تا اصول مطلوبیت نهایی نزولی را در نظر بگیرد. نتایج به همراه مقایسه آن‌ها با جواب‌های روش‌های وزن‌دهی ارایه می‌شوند. این مطالعه مزیت روش پیشنهادی را این‌گونه نشان می‌دهد که تصمیم‌گیرنده به طور مستقیم میزان مطلوبیت را بررسی کرده و ساختار ترجیحی خود را از طریق راهکارهای بهبودیافته نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: انتخاب تامین‌کننده، بهینه‌سازی چندهدفه، تابع مطلوبیت، تحلیل پوششی داده‌ها، تخصیص سفارش، رویکرد تعاملی.

۱ مقدمه

امروزه با توسعه اینترنت و فناوری‌های شبکه، شکاف دیجیتالی بین مشاغل در حال ازین‌رفتن است. در این شرایط، چنین پیشرفت‌های سریعی در فناوری اطلاعات، بسیاری از شرکت‌ها را به رقابتی فراتر از زمان و مکان سوق می‌دهد. علاوه بر این، محیط کسب و کار جهانی پیرامون شرکت‌ها، از رقابت بین شرکت‌های وابسته به یک

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: nhadi57@gmail.com

نفر به رقابت بین زنجیره‌های تامین، تغییر می‌کند. بهمنظور حصول اطمینان از مزیت رقابتی زنجیره‌تامین، شرکت‌ها در صدد یافتن تامین‌کنندگان مناسب از نظر کیفیت بالاتر، هزینه‌های کمتر و زمان‌های تحویل کوتاه‌تری هستند؛ بنابراین، در مدیریت زنجیره‌تامین، انتخاب تامین‌کنندگان مناسب یکی از مهم‌ترین فرآیندهای تصمیم‌گیری برای بهبود رقابت‌پذیری شرکت است [۱].

در برخی از موارد، یک واحد تامین‌کننده توانایی فراهم نمودن شرایط خریدار را ندارد. در چنین مواردی، انتخاب تامین‌کننده از میان تامین‌کنندگان منابع متعدد، یک گزینه مناسب خواهد بود [۲]. تهیه منابع غیرمستقیم به طور قابل توجهی خطر اختلال در زنجیره‌تامین را افزایش می‌دهد، و همچنین تامین منابع متعدد، هزینه‌های ثابت شامل هزینه‌های اداری و مذاکره را افزایش می‌دهد [۳، ۴]؛ بنابراین، خرید از چند منبع به طور اجتناب‌ناپذیری شامل مساله تخصیص سفارش می‌شود. علاوه بر این، رابطه بین خریدار و تامین‌کننده تحت تأثیر تصمیمات تخصیص سفارش بر اساس تصمیمات خرید استراتژیک است [۵]. پس مساله کلی انتخاب تامین‌کننده علاوه بر انتخاب تامین‌کننده مناسب، باید تعیین سفارش‌های واگذارشده به تامین‌کننده منتخب را نیز بر اساس اهداف و محدودیت‌های داده شده پوشش دهد [۶]. در زمینه مدیریت زنجیره‌تامین، لازم است یک مدل پشتیبانی تصمیم‌گیری دقیق، برای بررسی هم‌زمان انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش، در نظر گرفته شود.

تحلیل پوششی داده‌ها یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای انتخاب تامین‌کننده است. رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با کارایی متقاطع با درنظر گرفتن شفافیت و الزامات رتبه‌بندی، روشی برای انتخاب تامین‌کننده در یک مناقصه عمومی است. انتخاب تامین‌کننده یک مرحله حیاتی از عملکرد خرید برای هر سازمان است [۷]. مسایل استراتژیک مرتبط با سیستم انتخاب تامین‌کننده شامل شناسایی تامین‌کنندگان برتر و بررسی دوره‌ای آن‌ها است. تصمیمات نادرست در مورد انتخاب تامین‌کننده ممکن است منجر به اختلال در عرضه محصول/خدمات و در نتیجه بروز مشکلات جدی در کارایی سازمان شود [۸]. بنابراین، فرآیند انتخاب تامین‌کننده یا فروشندۀ در ادبیات مدیریت کسب‌وکار، توجه را به خود جلب می‌کند. به‌طور کلی، رویکردهای متعدد تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ای که برای ارایه طرح‌های مختلف مساله ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده پیشنهاد شده است، به رویکردهای فردی و یکپارچه طبقه‌بندی می‌شوند. یکی دیگر از محدودیت‌های مهم تحلیل پوششی داده‌ها، هنگام ارزیابی ویژگی‌های کیفی به وجود می‌آید. برای افزایش قدرت تمایز تحلیل پوششی داده‌ها و واقعی‌کردن نتیجه رتبه‌بندی تامین‌کننده، عموماً از تکنیک کارایی متقاطع تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شود [۹].

خواجه و همکاران [۱۰] با استفاده از رویکرد ترکیبی چندمعیاره فازی یک مدل تصمیم‌گیری برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان پایدار ارایه دادند. در این خصوص از تکنیک ویکور فازی شهودی برای ارزیابی تامین‌کنندگان موجود استفاده، و سپس با رویکرد تاپسیس فازی شهودی، کارایی رویکرد پیشنهادی ارزیابی شد. شاهرودی و تدریس حسنی [۱۱] مساله انتخاب و ارزیابی شرکت‌های تامین‌کننده قطعات خودرو را با استفاده از مفهوم هزینه کل مالکیت مورد مطالعه قرار دادند. در این خصوص برای ارزیابی عملکرد تامین‌کنندگان از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس معیارهای چندگانه جهت مفهوم هزینه کل مالکیت استفاده کردند. قندهاری و همکاران [۱۲] مساله انتخاب تامین‌کننده در فرآیند تولید با استفاده از وزن‌های به‌دست آمده از

روش‌های انتخاب (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی) و قراردادن این وزن‌ها در جدول روش‌های تخصیص منابع به یک تامین‌کننده به کار بردن. در [۱۳] برای حل مسائل انتخاب تامین‌کننده و تخصیص مقدار سفارش در قالب یک مدل جامع به شکل یک برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط چندهدفه مورد مطالعه قرار گرفت. این مطالعه با فرض داده‌های زمان تحویل در دسترس که نمونه‌ای از رفتار واقعی تامین‌کننده است، مفهوم توزیع نمونه‌گیری را برای بهبود جنبه‌ی عملی از مدلسازی مساله نشان می‌دهد.

به طور ذاتی انتخاب تامین‌کننده، یک مساله تصمیم‌گیری چندمعیاره است، زیرا برخی از معیارهای عملکرد متناقض بر انتخاب تامین‌کننده‌گان تاثیر دارند [۱۴]. انتخاب تامین‌کننده، یکی از آشناترین مسائل در مساله تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفته می‌شود. این مساله از منظرهای مختلفی مانند انتخاب تامین‌کننده سبز [۳] و جهانی موردمطالعه قرار گرفته است. به طور کلی، معیارهای عملکرد شامل عواملی مانند هزینه، کیفیت و زمان تحویل کار است. هر تامین‌کننده نقاط قوت و ضعف خود را دارد، بنابراین انتخاب یک تامین‌کننده برتر با درنظر گرفتن تمامی ابعاد معیارها، کار بسیار دشواری است. هو و همکاران [۱۵] بررسی جامعی برای رویکردهای روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای مسائل انتخاب فروشنه بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ ارایه کردند. علاوه بر این، چای و همکاران [۱۶] دستورالعمل‌هایی را برای مدل انتخاب تامین‌کننده مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره ارایه دادند. برای حل یک مساله بهینه‌سازی چندهدفه در روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، تصمیم‌گیرنده به دنبال یک جواب تعاملی با بیشترین رضایت در حضور اهداف متناقض است؛ بنابراین، اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده نقشی اساسی در یافتن جواب ایفا می‌کند. در مطالعه [۱۷] از روش بهترین بدترین برای تعیین وزن معیارهای پایداری و استدلال شواهدی برای ارزیابی تامین‌کننده‌گان در شرایط عدم قطعیت استفاده می‌شود. همچنین در مطالعه [۱۸]، نویسنده‌گان یک مدل ترکیبی چندمرحله‌ای را برای تقسیم‌بندی تامین‌کننده یکپارچه، انتخاب و تخصیص سفارش با در نظر گرفتن ریسک‌ها و اختلالات پیشنهاد می‌کنند. سپس تامین‌کننده‌گان بر اساس مجموعه معیارهای مناسب در محیط صنعت ۴۰٪ با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی می‌شوند.

در ادبیات موضوع، اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده به سه روش مختلف وارد مراحل حل مسائل

بهینه‌سازی چندهدفه می‌شود:

(۱) پیشینی

(۲) پسینی

(۳) مفصل‌بندی پیشرو (تعاملی).

برای یک حالت پیشینی، چندین تابع هدف همراه با اولویت به یک هدف تبدیل می‌شوند. برای یک حالت پسینی، اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده پس از فرآیند بهینه‌سازی با انتخاب اولویت‌دار گزینه‌های پیشنهادی از مجموعه جواب‌های غیرسلط که معمولاً مجموعه بهینه پارتو نامیده می‌شود، بیان می‌شود. برای بهینه‌سازی پیشرو، اولویت تصمیم‌گیرنده در فرآیند جستجوی جواب گنجانده شده است. کنکاش‌های تکراری بین مدل تصمیم‌گیرنده و مدل بهینه‌سازی به یافتن رضایت‌بخش‌ترین جواب در این رویکرد بهینه‌سازی کمک می‌کند. به همین دلیل، از رویکرد مفصل‌بندی پیشرو به عنوان رویکرد تعاملی نیز یاد می‌شود. اکثر مطالعات در انتخاب

تامین‌کننده و تخصیص سفارش، به رویکرد پیشین توسط طبقه‌بندی بهینه‌سازی چندهدفه دسته‌بندی می‌شوند. با این حال، رویکرد پیشین به دلیل فرضیه غیرواقعی، در مورد از قبل مشخص بودن اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده، ممکن است قابلیت اطمینان جواب را کاهش دهد. اگرچه رویکرد تعاملی به طور گسترده در زمینه‌های مختلف به عنوان جایگزینی برای غله بر این محدودیت موجود در اولویت تصمیم‌گیرنده اعمال شده است، اما به ندرت برای حل مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش استفاده می‌شود.

مزیت مدل موردمطالعه، استفاده از مفهوم تابع مطلوبیت برای نمایش واقعی‌تر رضایت تصمیم‌گیرنده و کاهش بار مسئولیت تصمیم‌گیرنده برای بیان اطلاعات ترجیحی است.

باتوجه به پیشنه گفته شده، هدف تحقیق به شرح زیر خلاصه می‌شود. هدف، حل مساله خرید از چند منبع با تخصیص سفارش هم‌زمان با انتخاب تامین‌کننده با رویکرد تعاملی بهینه‌سازی چندهدفه است. برای این مساله سه معیار مهم استفاده می‌شود: هزینه، کیفیت و زمان تحویل. بخش ۲ به انتخاب تامین‌کننده مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها اشاره می‌شود. در بخش ۳، به رویکردهای تعاملی در مسایل بهینه‌سازی چندهدفه پرداخته می‌شود. بخش ۴، به مسایل انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش با استفاده از مفهوم مطلوبیت اختصاص دارد و در نهایت بخش ۵ به نتیجه‌گیری از مطالعه انجام شده اختصاص دارد.

۲ مساله انتخاب تامین‌کننده با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها

۱-۱ داده‌های مساله انتخاب تامین‌کننده

به طور کلی، در زمینه خصوصی و عمومی، مساله انتخاب تامین‌کننده توسط مجموعه‌ای از تامین‌کننگان مناقصه به صورت $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ و معیارهای متمایز $\{C_1, C_2, \dots, C_m\}$ تعریف می‌شود که بر اساس آن تامین‌کننگان رتبه‌بندی می‌شوند. با تعریف مجموعه معیار به صورت $C = C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_m$ که در آن $C_i = \{c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{ik}\}$ و $C_j = \{c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jk}\}$ به ترتیب نشان‌دهنده مجموعه معیارهای ورودی و خروجی و $n = H + K$ تعداد معیار است. به طور کلی ویژگی‌های معیار به عملکرد عرضه کننده یا منابع مورد نیاز تامین‌کننده (معیار ورودی) یا محصول و یا خدمات نهایی ارایه شده (معیار خروجی) مربوط است. به عبارت دیگر، معیارهای ورودی به عنوان ویژگی‌های تامین‌کننده قبل از عرضه (مانند قیمت، فاصله جغرافیایی تامین‌کننده، ادغام فناوری اطلاعات و ارتباطات و غیره) تعریف می‌شود و معیارهای خروجی تامین‌کننده، پس از رسیدن کالا به شرکت مشخص می‌شوند (به عنوان مثال، کیفیت، قابلیت اطمینان، زمان تحویل، و غیره).

۲-۲ مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی با هدف تعیین کارایی واحدهای مختلف باصطلاح تصمیم‌گیرنده است. کارایی، تابعی از برخی مقادیر ورودی (منابع مورداستفاده توسط واحدهای تصمیم‌گیرنده) و مقادیر خروجی (بیان کننده نتایج فعالیت‌های تصمیم‌گیرنده‌ها) است. واحدهای تصمیم‌گیرنده کارا، رئوس یک صورت پارتو هستند. براین اساس، کارایی دیگر واحدهای تصمیم‌گیرنده محاسبه می‌شود. تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان گسترده‌ترین رویکرد برای انتخاب تامین‌کننده در ادبیات مربوط به تدارکات خصوصی شناخته شده است

[۱۹]. در واقع نقطه قوت استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها برای انتخاب تامین‌کننده، تمایز بین معیارهای عملکرد ورودی و خروجی است. عملکرد ورودی نمایانگر مقدار منبع تامین‌کننده برای انجام فرآیند عرضه و پارامترهای خروجی خدمات خوب ارایه شده توسط تامین‌کنندگان به خریدار است [۲۰]. تحلیل پوششی داده‌ها برای تقسیم تامین‌کنندگان منافصه به تامین‌کنندگان کارا و ناکارا استفاده می‌شود. تمایز اغلب در مرحله بهاصطلاح پیش صلاحیت منافصه، بهویژه زمانی که تعداد منافصه‌کنندگان بسیار زیاد است، استفاده می‌شود و هزینه‌های مبادله قابل توجه برای منافصه دربرمی‌دارد [۲۱].

در رویکرد کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی تامین‌کننده عمومی $S_f \in S$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E_f = \frac{\sum_{k=1}^K u_k \cdot y_{kf}}{\sum_{h=1}^H v_h \cdot x_{hf}}; f = 1, \dots, F$$

که در آن y_{kf} (امین) x_{hf} (امین) خروجی (ورودی) مقدار عملکرد برای f امین تامین‌کننده و u_k (v_h) ضریب وزنی آن است.

در روش کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی هر گزینه با تعیین مجموعه ضرایب u_k با $K = 1, \dots, K$ و v_h با $H = 1, \dots, H$ به دست می‌آید و چنین مقداری را به حداکثر می‌رساند. با درنظر گرفتن $S_f \in S$ برای هر تامین‌کننده طبق تعریف $1 \leq E_f$ وجود دارد. از این رو، اندازه‌گیری کارایی تامین‌کننده با حل مساله بهینه‌سازی زیر که برای هر تامین‌کننده درنظر گرفته شده است، به دست می‌آید:

$$\text{Max } E_f$$

$$\text{s.t. } \frac{\sum_{k=1}^K u_k \cdot y_{kf}}{\sum_{h=1}^H v_h \cdot x_{hf}} \leq 1; j = 1, 2, \dots, F,$$

$$u_k, v_h \geq 0; k = 1, 2, \dots, K; h = 1, 2, \dots, H.$$

مساله بهینه‌سازی بالا را می‌توان با به حداکثر رساندن خروجی‌ها و حفظ مقادیر ورودی ثابت، خطی کرد و آن را روش خروجی‌گرا نامید [۲۲].

بنابراین، مساله به صورت زیر به یک مساله برنامه‌ریزی خطی تبدیل می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Max } E_f &= \sum_{k=1}^K u_k \cdot y_{kf}; f = 1, 2, \dots, F \\ \text{s.t. } &\sum_{k=1}^K u_k \cdot y_{kj} - \sum_{h=1}^H v_h \cdot x_{hj} \leq 0; j = 1, 2, \dots, F, \\ &\sum_{h=1}^H v_h \cdot x_{hj} = 1; j = 1, 2, \dots, F, \\ &u_k, v_h \geq 0; k = 1, 2, \dots, K; h = 1, 2, \dots, H. \end{aligned}$$

به طور خلاصه، کارایی تامین‌کنندگان تحلیل شده را می‌توان با حل مساله بالا برای هر تامین‌کننده f با $F = 1, \dots, F$ یافت. تامین‌کننده f در صورتی حداکثر کارایی را دارد که $E_f = 1$ باشد. بنابراین، تامین‌کنندگان را می‌توان بر اساس مقدار کارایی E_f ، آنها رتبه‌بندی کرد.

۳-۲ مدل تحلیل پوششی داده‌ها با کارایی متقطع

بسیاری از نویسنده‌گان در ادبیات مربوط به تدارکات خصوصی، رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها را بهترین روش برای رتبه‌بندی تامین‌کننده‌گان موجود می‌دانند [۱۹]. حتی اگر این رویکرد عموماً به عنوان یک روش پیش صلاحیت استفاده شود، زیرا به سادگی بین تامین‌کننده‌گان کارا و ناکارا تمایز قابل می‌شود [۲۰]. با این حال، برای افزایش قدرت تمایز تحلیل پوششی داده‌ها و به دست آوردن یک نتیجه رتبه‌بندی تامین‌کننده واقع‌بینانه، یعنی انتخاب تنها یک تامین‌کننده در منافصه‌های عمومی، ارزیابی کارایی متقطع پیشنهاد شده است [۲۳]. بر اساس این روش، ضرایب حاصل از به حداقل رساندن کارایی هر تامین‌کننده برای تخمین کارایی همه فروشنده‌گان $CE = \{CE_{fg}\} \in \mathbb{R}^{+^{F \times F}}$ به صورت زیر ساخته شده است.

عنصر قطر اصلی CE_{fg} با عنوان جواب مساله به دست می‌آید. علاوه بر این، هر مقدار غیر-قطری CE_{fg} با

$f \neq g$ و $f, g \in \{1, \dots, F\}$ با حل مساله برنامه‌ریزی خطی زیر تعیین می‌شود:

$$\begin{aligned} CE_{fg} &= \text{Max} \sum_k u_{fgk} \cdot y_{gk} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_k u_{fgk} y_{gk} - \sum_r v_{fgr} y_{gr} \leq 0; \forall g, \\ & \sum_k u_{fgk} y_{gk} - E_{ff} \sum_r v_{fgr} y_{gr} = 0, \\ & \sum_r v_{fgr} y_{gr} = 1, \\ & u_{fgk}, v_{fgr} \geq 0, \forall (f, g), k, r. \end{aligned}$$

با توجه به سکستون^۱ [۲۳]، شاخص کلی کارایی متقطع برای تامین‌کننده با میانگین گیری تامین عنصر سطر ماتریس کارایی متقطع به شرح زیر است:

$$K_f = \frac{1}{F} \sum_{g=1}^F CE_{fg}; f = 1, \dots, F.$$

پیشنهاد اورال^۲ برای جلوگیری از دست‌رفتن اطلاعات تولیدشده، استفاده از شاخص‌های میانگین کارایی متقطع است. ماتریس کارایی متقطع CE موسوم به به ماتریس تطبیق $\{C_{fg}\}$ به شرح زیر است:

$$C_{fg} = \frac{1}{F} \sum_{k=1}^F \phi_{fgk}; f, g \in \{1, \dots, F\}$$

که در آن

$$\phi_{fgk} = \begin{cases} 1 & \text{if } CE_{fk} \geq CE_{gk} \\ 0 & \text{if } CE_{fk} < CE_{gk} \end{cases}$$

با شروع از عناصر ماتریس تطبیق و اتخاذ یک بهینه‌سازی دوستخی به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های موجود، شاخص کلی کارایی متقطع تامین‌کننده تعیین می‌شود. رویکرد دوستخی تحلیل پوششی داده‌های پیشرفته را توسط اورال

¹ Sexton
² Oral

با استفاده از یک بهینه‌سازی دوستخی ساده‌تر، بر اساس سیاست حداکثر حداقلی، اصلاح می‌کنیم. با جزییات بیشتر، امتیاز هر تامین‌کننده مناقصه به شرح زیر اختصاص داده می‌شود:

$$R_f = \underset{g \in \{1, \dots, f-1, f+1, \dots, F\}}{\text{Min}} C_{fg}; f = 1, \dots, F$$

به طور خلاصه، بهترین تامین‌کننده‌ای که توسط اداره دولتی اعطا می‌شود، تامین‌کننده‌ای با ماکسیمم مقدار R_f است. استفاده از حداقل‌سازی در مساله اخیر، منجر به تخصیص مقدار کارایی متقطع صفر به هر f تامین‌کننده‌ای که ارزیابی کارایی بدتری نسبت به g این فروشنده دیگر دارد، می‌شود. براساس ماتریس تطبیق به دست آمده، تعداد تامین‌کنندگان رضایت بخش با توجه به روش کارایی متقطع کاهش و قدرت تهدید رویکرد افزایش می‌یابد.

۳ رویکردهای تعاملی در مسائل بهینه‌سازی چندهدفه

مسائل چندهدفه دارای بیش از یک تابع هدف و توابع آن به دلیل نداشتن متغیر و ضریب مشترک، غیرقابل ترکیب با یکدیگر هستند. در برخی مسائل چندهدفه، تعدادی تابع هدف متناقض با یکدیگر به طور همزمان بهینه می‌شوند. در دنیای واقعی، بهندرت می‌توان مساله‌ای صرفاً با یک هدف یا ارزش پیدا کرد. گاهی این اهداف در یکجهت نیستند و به صورت متضاد عمل می‌کنند. بهینه‌سازی چندهدفه، یکی از زمینه‌های بسیار پرکاربرد تحقیقاتی در میان مباحث بهینه‌سازی است و اهمیت فوق العاده‌ای، در مسائل بهینه‌سازی دنیای واقعی دارد. مشکل اصلی در برخورد با مسائل چندهدفه، وجود مجموعه‌ای از جواب‌های بهینه با دیدگاه‌های مختلف است. عموماً یک مساله چندهدفه، برخلاف مسائل تک‌هدفه، چندین جواب بهینه دارد. تصمیم‌گیرنده برای انتخاب این جواب‌ها می‌تواند به صورت دلخواه یا نظاممند، بر اساس روش‌های موجود همچون روش‌های تعاملی، روش وزنی و... عمل کند.

یک مساله بهینه‌سازی چندهدفه را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

$$\underset{x \in X}{\text{Min}} f(x) = (f_1(x), \dots, f_p(x))$$

$$x \in X$$

که در آن، برای $i = 1, \dots, p$ ، $f_i(x): \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ تابع هدف هستند و x یک بردار n -تایی است.

۱-۱ رویکرد تابع مطلوبیت

رویکرد تابع مطلوبیت در واقع برای حل مساله طراحی فرآیند و محصول (بهینه‌سازی چند پاسخی نیز نامیده می‌شود) بیان شده است. رویکرد تابع مطلوبیت پیشنهادشده توسط درینگر^۱ و سوئیچ^۲ [۲۴]، یکی از پرکاربردترین روش‌ها در طراحی فرآیند و محصول است. این رویکرد یک تابع پاسخ تخمینی را به یک تابع بدون مقیاس به نام تابع مطلوبیت تبدیل می‌کند که در بازه صفر تا یک، متغیر است؛ بنابراین، مقدار تابع مطلوبیت، درجه مطلوبیت یا

¹ Derringer
² Suich

رضایت را برای پاسخ مربوطه نشان می‌دهد. اگر پاسخ هر چه بزرگ‌تر باشد، مقدار تابع هدف ماکسیم‌سازی بهتر می‌شود. تابع مطلوبیت تکی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$d_i = \begin{cases} 0 & \hat{y}_i(x) \leq \hat{y}_i^{\min} \\ \left(\frac{\hat{y}_i(x) - \hat{y}_i^{\min}}{\hat{y}_i^{\max} - \hat{y}_i^{\min}} \right)^r & \hat{y}_i^{\min} < \hat{y}_i(x) < \hat{y}_i^{\max} \\ 1 & \hat{y}_i(x) \geq \hat{y}_i^{\max} \end{cases}$$

۲-۳ رویکرد تعاملی و اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده

رویکرد تعاملی (که به آن رویکرد پیشرو نیز گفته می‌شود) اجازه می‌دهد اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده به صورت تدریجی در حین حل مساله بیان شود. تکرار فرآیند بهینه‌سازی جهت رسیدن تصمیم‌گیرنده به بهترین جواب با روش تعاملی ادامه پیدا می‌کند. به طور خاص، در هر تکرار الگوریتم، از تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود تا برخی از اطلاعات ترجیحی را با توجه به یک یا چند جواب تولیدشده از تکرار قبلی بیان کند. به طور معمول، یک روش تعاملی در حالت کلی دارای سه گام زیر است [۲۵]:

گام ۱: یک جواب اولیه پیدا کنید.

گام ۲: با تصمیم‌گیرنده تعامل کنید.

گام ۳: یک یا چند جواب جدید ایجاد کنید. اگر تصمیم‌گیرنده از جواب فعلی راضی است، متوقف شوید. در غیر این صورت به گام ۲ بروید.

در طول این سال‌ها، تعدادی از روش‌های تعاملی مختلف توسعه یافته است. شناخته شده‌ترین روش‌های تعاملی عبارت‌اند از: روش گام [۳۲]، روش زیونتس و والنیوس (ZW¹) [۲۸] و سیستم بهینه‌سازی مبتنی بر رویکرد چنددهفه تعاملی غیر متمایز [۲۶]. در این مطالعه، یک رویکرد تعاملی مبتنی بر روش² STEAM را با اعمال برخی تغییرات پیشنهاد می‌کنیم.

۳-۳ مدل ریاضی الگوریتم

گام صفر: جدول بازدهی را تشکیل دهید. در این گام، بردار ایده‌آل تابع هدف با به حداقل رساندن هر تابع هدف به صورت جداگانه به دست می‌آید. فرض کنید f^* بردار جواب ایده‌آل K مساله زیر باشد، که در آن:

$$f^* = (f_1^*, f_2^*, \dots, f_K^*)$$

$$f_i^* = \text{Max } f_i(x)$$

s.t.

$$x \in S$$

گام ۱: فرض کنید h شمارنده تکرار باشد و روی مقدار صفر تنظیم شود ($0 = h$). مقادیر π_i را برای استفاده در وزن‌دهی به اهداف محاسبه کنید:

¹ Zonts-Wallenius
² Step Method

$$\pi_i = \begin{cases} \frac{f_i^* - n_i}{f_i^*} \left[\sum_{j=1}^n c_{ij} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} & f_i^* > 0 \\ \frac{n_i - f_i^*}{n_i} \left[\sum_{j=1}^n c_{ij} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} & f_i^* \leq 0 \end{cases}$$

که در آن c_{ij} ضرایب تابع هدف است. منظور از اولین عبارت این است که بیشترین وزن را روی اهدافی با بیشترین دامنه نسبی قرار دهیم. عبارت دوم، گرادیان توابع هدف را نرمالسازی می‌کند.

گام ۲: فرض کنید $h=h+1$ و $S^h = S \cdot S^{h+1} = S$ به این معنی است که فرآیند حل با ناحیه شدنی اولیه آغاز می‌شود. در این گام، مجموعه شاخص آزادسازی تهی است ($J = \emptyset$). وزن‌های نسبی را محاسبه کنید:

$$\lambda_i^h = \begin{cases} 0 & i \in J \\ \frac{\pi_i}{\sum_j \pi_j} & i \notin J \end{cases}$$

گام ۳: مساله حداقل - حداقل وزن دار زیر را حل کنید:

$$\text{Min } \alpha$$

$$\text{s.t. } \alpha \geq \lambda_i^h [f_i^* - f_i(x)], i = 1, 2, \dots, k,$$

$$x \in S^h, \alpha \geq 0.$$

اگر همه مقادیر تابع هدف رضایت‌بخش بود، متوقف شوید. جواب فعلی ممکن است به جواب نهایی ختم شود.

گام ۴: هدف رضایت‌بخش را تعیین کنید و سپس مقدار آزادسازی Δ_i ($i \in J$) را مشخص کنید.

گام ۵: ناحیه شدنی کاهش‌یافته را تشکیل دهید:

$$S^{h+1} = \begin{cases} x \in S \\ f_i(x) \geq f_i(x^h) & i \in J \\ f_i(x) \geq f_i(x^h) - \Delta_i & i \notin J \end{cases}$$

که در آن $h+1$ شمارشگر تکرار افزایش‌یافته است؛ بنابراین، S^{h+1} ناحیه شدنی در تکرار $(h+1)$ است. $f_i(x)$ مقدار تابع هدف در h امین تکرار و Δ_i مقدار آزادسازی تابع هدف خاص است. با ناحیه شدنی کاهش‌یافته به گام ۲ بروید.

۴ تخصیص سفارش با استفاده از مفهوم مطلوبیت

در طول پنجاه سال ارزیابی تامین کنندگان، بسیاری از محققان مجموعه‌های مختلفی از معیارها را پیشنهاد کردند. ایوانز^۱ [۲۵] قیمت، کیفیت و تحويل را به عنوان مهم‌ترین معیار برای ارزیابی تامین کنندگان معرفی کرد. سپس الام^۲ [۲۹] کیفیت را به دو کیفیت محصول و کیفیت خدمات تقسیم کرد و همراه با آن قیمت و زمان تحويل را برای انتخاب تامین کنندگان استفاده کرد. آمید^۳ و همکاران [۳۰] از قیمت، کیفیت و خدمات و همچنین جدیدی^۴

¹ Evans

² Ellram

³ Amid

⁴ Jadidi

و همکاران [۳۱] از قیمت، کیفیت و زمان تحویل برای انتخاب تامین‌کننده و مدل تخصیص سفارش استفاده کردند. همان‌طور که در ادبیات موضوعی نشان‌داده شده است، مهم‌ترین معیار برای مساله انتخاب تامین‌کننده هزینه، کیفیت و تحویل است. در این مقاله از این معیارها با بهره‌گیری از اندازه کل هزینه‌های خرید، تعداد رد شده‌ها، و تعداد تاخیر در تحویل برای هزینه، کیفیت و تحویل استفاده می‌کنیم. فرض می‌کنیم کالای موردنظر خریدار، باید طبق تقاضای کل مشخص شده خریداری شود. همچنین، اطلاعات مربوط به معیارها و ظرفیت تولید از قبل برای مجموعه‌ای از تامین‌کنندگان بالقوه مشخص می‌شود. نمادگذاری مدل پیشنهادی در جدول ۱ ارایه شده است.

۴-۱-مدل پارامتری روش پیشنهادی

جدول ۱. نمادگذاری‌ها

نماد	توضیحات
k	شاخص برای اهداف، n, \dots, n
n	تعداد تامین‌کننده‌ها
x_i	تعداد واحدهای سفارش داده شده به تامین‌کننده i (متغیر تصمیم)
x	بردار متغیرهای تصمیم
V_i	ظرفیت تامین‌کننده i
c_i	قیمت خرید واحد از تامین‌کننده i
q_i	نرخ خرابی مورد انتظار تامین‌کننده i
l_i	درصد اقلام تحویل داده شده با تاخیر توسط تامین‌کننده i
D	تقاضا

سه تابع هدف اصلی وجود دارد: f_1 (کمینه‌سازی کل هزینه خرید)، f_2 (کمینه‌سازی تعداد کل خرابی‌ها) و f_3 (کمینه‌سازی تعداد تاخیر در تحویل).

هر تابع هدف را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$f_1(x) = \sum_i^n c_i x_i$$

$$f_2(x) = \sum_i^n q_i x_i$$

$$f_3(x) = \sum_i^n l_i x_i$$

با استفاده از توابع تعریف شده در بالا، مساله بهینه‌سازی چندهدفه با درنظر گرفتن انتخاب تامین‌کننده با تخصیص سفارش می‌تواند به صورت زیر فرموله شود [۳۲]:

$$\text{Min } f_1(x), f_2(x), f_3(x)$$

s.t.

$$\sum_i^n x_i = D$$

$$x_i \leq V_i$$

$$x_i \geq 0$$

محدودیت اول و دوم به ترتیب رضایت تقاضا و محدودیت ظرفیت هستند و آخرین محدودیت نامنفی بودن متغیرهای تصمیم را تضمین می‌کند. اکنون توابع هدف اصلی را به تابع مطلوبیت تبدیل می‌کنیم. از آنجایی که توابع هدف اصلی باید به حداقل برسد (از نوع STB^1)، مطلوبیت تکی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$d_i = \begin{cases} 1 & f_i(x) \leq f_i^* \\ \left(\frac{f_i(x) - f_i^{\max}}{f_i^* - f_i^{\max}}\right)^r & f_i^* < f_i(x) < f_i^{\max} \\ 0 & f_i(x) \geq f_i^{\max} \end{cases}$$

که در آن f_i^* ها حداکثر مقادیر توابع هدف است که از جدول بازدهی نتیجه می‌شود و (x) نقاط ایده‌آل هستند که با بیشینه کردن توابع هدف به صورت جداگانه به دست می‌آید. جدول بازدهی شامل f_i^* و f_i^{\max} در قالب جدول ۲ ارایه شده است. برای یک تابع نوع STB^1 به عنوان نقاطی با پایین‌ترین حد شناخته می‌شوند که حداکثر مقادیر از هر ستون در جدول بازدهی هستند و مقادیر ایده‌آل نیز مقادیر مورب جدول هستند.

جدول ۲. جدول بازدهی

f_3	f_2	f_1	بازدهی
۷/۳۵	۱۰/۶۵	۱۰۵/۵	f_1
۱۰/۱	۶/۴۵	۱۶۴/۵	f_2
۶/۸۵	۱۰/۱۴	۱۲۲/۵	f_3

مساله انتخاب تامین‌کننده مبتنی بر مطلوبیت را در قالب یک مساله بهینه‌سازی چند‌هدفه نشان می‌دهیم:

$$\text{Max } d_i(f_1(x), f_2(x), f_3(x))$$

$$\text{s.t. } \sum_i^n x_i = D$$

$$X_i \leq V_i$$

$$x_i \geq 0$$

تابع مطلوبیت فردی d_i ($i = 1, \dots, k$) تابع هدفی هستند که باید به طور همزمان بیشینه شوند. فرآیند بهینه‌سازی شامل پنج مرحله اصلی است. علاوه بر این، یک شبکه کد در شکل ۱ برای کمک به درک خوانندگان توضیح داده شده است.

اکنون برای دو حالت $r = 1$ و $r = 2$ تابع مطلوبیت را تشریح می‌کنیم.

حالت ۱

یک روش گام اصلاح شده را برای مساله انتخاب تامین‌کننده اعمال می‌کنیم. به منظور ارایه نحوه عملکرد روش، با تبدیل تابع مطلوبیت از نوع خطی سروکار داریم.

¹ Smaller-The-Better

شکل ۱. شبه کد روش پیشنهادی

شروع
$J = \emptyset$
مقداردهی اولیه:
d^* و n^* را محاسبه کنید
مقادیر π_i را محاسبه کنید
وزن‌های نسبی λ^h را محاسبه کنید
یک جواب اولیه d^h را تخمین بزنید
پرسید آیا یک مقدار تابع مطلوبیت وجود دارد که بخواهد (j) را آزاد کنید
تا هنگامی که جواب ترجیحی پیدا نشده است، انجام بده
$J = \{j\}$
وزن‌های نسبی λ^h را محاسبه کنید
جواب‌های بالقوه را بر اساس اولویت‌های تصمیم‌گیرنده محاسبه کنید
جواب‌ها را به تصمیم‌گیرنده ارایه دهید
اولویت‌دارترین جواب d^{h^*} را از جواب‌های بالقوه بخواهد
پرسید آیا یک مقدار تابع مطلوبیت وجود دارد که بخواهد (j) را آزاد کنید
$h \leftarrow h + 1$
تکرار الگوریتم را تا هنگامی که جواب ترجیحی پیدا شود، ادامه دهید
پایان

- مقداردهی اولیه

گام صفر: جدول بازدهی (جدول ۳) را بر اساس توابع مطلوبیت با $1 = ۲$ بسازید.

جدول ۳. جدول بازدهی

$d_۳$	$d_۲$	$d_۱$	بازدهی
۱/۶۹۲	.	۱	$d_۱$
.	۱	.	$d_۲$
۱	۰/۲۳۸	۱/۷۸۸	$d_۳$

بنابراین، بردار ایده‌آل و بردار مقادیر با پایین‌ترین حد به ترتیب به صورت $(1, 1, 1) = d^*$ و $n^* = (0, 0, 0)$ هستند.

گام ۱: مقادیر π_i را برای استفاده در وزن‌دهی به اهداف محاسبه کنید: ضرایب c_{ij} که گرادیان توابع هدف را در محاسبه وزن معکس می‌کند، ضریب تابع مطلوبیت است، نه تابع هدف اصلی. مقادیر π_i محاسبه شده به صورت زیر نشان داده می‌شوند:

$$\pi_1 = \frac{d_1^* - n_1}{d_1^*} \left[\sum_j c_{1j} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} = 2/1588$$

$$\pi_2 = 2/6158$$

$$\pi_3 = 2/3039$$

گام ۲: فرض کنید h شمارنده تکرار باشد (h را برای اولین تکرار صفر قرار دهید).

برای $\alpha = 0$ ، مجموعه شاخص آزادسازی صفر است ($J = \emptyset$).

$S' = S$ ناحیه شدنی اصلی. وزن‌های نسبی را محاسبه کنید:

$$\lambda_1^{h=0} = \pi_1 / (\pi_1 + \pi_2 + \pi_3) = 0/3050$$

$$\lambda_2^{h=0} = 0/3695$$

$$\lambda_3^{h=0} = 0/3255$$

گام ۳: برنامه‌ریزی حداقل-حداکثر وزن‌دار را فرمول‌بندی کنید:

$$\text{Min } \alpha$$

s.t.

$$\alpha \geq 0/3050(1-d_1)$$

$$\alpha \geq 0/3695(1-d_2)$$

$$\alpha \geq 0/3255(1-d_3)$$

$$\sum_i^n x_i = D$$

$$x_i \leq V_i$$

$$x_i \geq 0$$

$$\alpha \geq 0$$

جواب به دست آمده به صورت $d^{*} = (d_1^{*}, d_2^{*}, d_3^{*}) = (0/4867, 0/5755, 0/5181)$ است. فرض می‌کنیم که تصمیم‌گیرنده از جواب به دست آمده راضی نیست. به گام ۴ بروید.

گام ۴: با درخواست از تصمیم‌گیرنده، اهداف رضایت‌بخش را تعیین کنید. اگر $\alpha = 0$ با قراردادن $h = h + 1$ به گام ۲ بروید. فرض می‌کنیم تصمیم‌گیرنده از d_2 راضی است، بنابراین d_2 را آزاد کنید.

تکرار اول

گام ۲: وزن‌های نسبی ($S' = S, h = 1$) را محاسبه کنید: برای $h = 1$ ،تابع هدفی که باید آزاد شود

به صورت d_2 تعریف شده است، بنابراین $\{J = 2\}$.

براین اساس، وزن‌های محاسبه شده به صورت $\lambda_1' = \pi_1 / (\pi_1 + \pi_3) = 0/4847$

$\lambda_3' = 0/5153$ هستند.

گام ۳: برنامه‌ریزی حداقل - حداکثر وزن دار را فرمول‌بندی کنید:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \alpha \\ \text{s.t. } & \alpha \geq 0 / 5317(1 - d_1(x)) \\ & \alpha \geq 0 / 4683(1 - d_2(x)) \\ & d_1(x) \geq (1 - \delta)d_1^* \\ & d_2(x) \geq d_2^* \\ & \sum_i^n x_i = D \\ & x_i \leq V_i \\ & x_i \geq 0, \alpha \geq 0 \end{aligned}$$

که در آن δ نرخ آزادسازی است.

گام ۴: بردارهای تابع مطلوبیت جدید را همان‌طور که در جدول ۴ نشان‌داده شده است به تصمیم‌گیرنده ارایه دهید که از او خواسته می‌شود نرخ قابل قبولی از آزادی، یعنی d ، را انتخاب کند. برخلاف فرآیند اصلی روش گام، رویکرد پیشنهادی، تصمیم‌گیرنده را مجبور نمی‌کند تا مقدار مشخصی از آزادی را از یک سطح رضایت‌بخش بخواهد. سپس، جواب بهینه مربوط به نرخ انتخاب شده آزادی به بردار جدید مقادیر تابع مطلوبیت تبدیل می‌شود.

جدول ۴. مقادیر تابع مطلوبیت با توجه به میزان آزادی ($h = 1$)

$\delta = 0/60$	$\delta = 0/50$	$\delta = 0/40$	$\delta = 0/30$	$\delta = 0/20$	$\delta = 0/0025$	
1/28	1/228	1/178	1/126	1/74	1/22	d_1
0/806	0/864	0/92	0/978	1/036	1/094	d_2
1/326	1/278	1/23	1/18	1/132	1/084	d_3

اگر تصمیم‌گیرنده با نرخ آزادسازی انتخاب شده (δ^*) از جواب به دست آمده رضایت داشت، در این صورت متوقف شوید. در غیراین صورت، قرار دهید $h = h + 1$ و ناحیه شدنی جدید S^{h+1} را تشکیل دهید. به گام ۲ بروید. فرض کنید تصمیم‌گیرنده ۲۰ درصد آزادسازی d_1 را انتخاب کند.

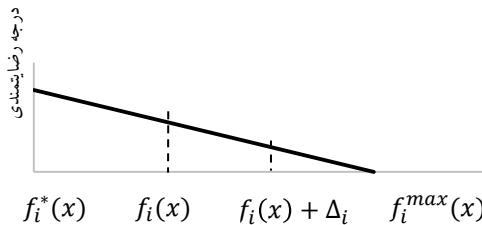
بنابراین، جواب جدید به صورت $f = (61/167, 5/0.83, 3/582)$ با $d_1^* = (0/589, 0/460, 0/615)$ است.

لازم به ذکر است، در اینجا فرض شده است که تصمیم‌گیرنده از d_1 و آزادسازی d_1 راضی است. و تکرار دوم نیز به همین صورت است.

حالت ۲

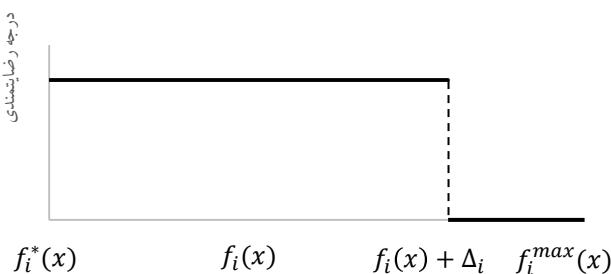
اگر پارامتر ۲ در توابع مطلوبیت برابر با ۱ باشد، این توابع غیرخطی می‌شوند. پارامتر ۳ سهم حاشیه‌ای کاهشی را در حداقل مطلوبیت تجمعی نشان می‌دهد. غیرخطی بودن تابع مطلوبیت، سرنخی برای برخورد موفقیت‌آمیز با اصول کاهش مطلوبیت حاشیه‌ای در مدل پیشنهادی فراهم می‌کند. این ویژگی همچنین در روش گام مبتنی بر تابع

مطلوبیت جثونگ و کیم [۳۲] برجسته شده است. در شکل مثالی از زیر درجه رضایتمندی را برای مشارکت حاشیه‌ای ثابت مشاهده می‌کنید.



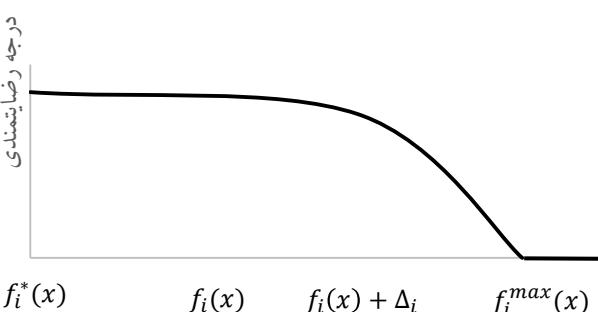
شکل ۲. مشارکت حاشیه‌ای ثابت

در سومین شکل از این بخش به رضایتمندی حاصل شده از روش گام می‌پردازیم.



شکل ۳. رضایتمندی حاصل از روش گام

و همچنین شکل زیر رضایتمندی حاصل از تابع مطلوبیت غیرخطی را نشان می‌دهد.



شکل ۴. تابع مطلوبیت غیرخطی.

- مقداردهی اولیه

گام ۰: جدول بازدهی را بر اساس توابع مطلوبیت با $r = 2$ تشکیل دهید (جدول ۵).

جدول ۵. جدول بازدهی $r = 2$

d_r	d_r	d_1	بازدهی
۱/۵۹۸	.	۱	d_1
۰/۰۲۸	۱	.	d_r
۱	.	۱/۴۳۲	d_r

بنابراین، بردار ایده‌آل و بردار نقاط با پایین‌ترین حد به ترتیب $(1, 1, 0, 0, 0)$ و $d^* = (0, 0, 0, 0, 0)$ هستند.

گام ۱: مقادیر π_i را برای استفاده در وزن‌دهی به اهداف محاسبه کنید که به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$\pi_i = \frac{d_i^* - n_i}{\max\{d_i^*, n_i\}}$$

وزن‌های تعیین شده به صورت $\pi_1 = 0.986$ و $\pi_2 = 0.3349$ هستند.

گام ۲: وزن‌های نسبی را محاسبه کنید: $\lambda_1 = 0.4965$ و $\lambda_2 = 0.5035$

گام ۳: برنامه‌ریزی حداقل - حداقل وزن دار را حل کنید: $(0.2789, 0.2789, 0.3622)$.

گام ۴: فرض می‌کنیم تصمیم‌گیرنده از d_2 راضی است، بنابراین d_2 را آزاد کنید. به گام ۲ بروید.

- تکرار اول

گام ۲: محاسبه وزن‌های نسبی ($S_1 = S_2 = h = 1$): برای $h = 1$ ، $d_1 = d_2$ ، تابع هدف به صورت d_1 ،

تعاریف شده است. بنابراین، وزن‌های محاسبه شده $\lambda_1 = 0.5035$ و $\lambda_2 = 0.4965$ هستند.

گام ۳: برنامه‌ریزی حداقل - حداقل وزنی را حل کنید و بردارهای تابع مطلوبیت جدید را با افزایش δ ارایه دهید.

گام ۴: سپس از تصمیم‌گیرنده نرخ قابل قبول برای آزادی δ را بخواهید. از نتایج محاسباتی که در جدول ۶ نشان داده شده است استفاده کنید.

جدول ۶. تغییرات مقادیر تابع مطلوبیت با توجه به میزان آزادی ($h = 1$)

$\delta = 0/60$	$\delta = 0/50$	$\delta = 0/50$	$\delta = 0/30$	$\delta = 0/20$	$\delta = 0/0025$	
0/732	0/7	0/668	0/638	0/61	0/584	d_1
0/39	0/418	0/446	0/474	0/502	0/53	d_2
0/724	0/724	0/724	0/724	0/724	0/724	d_3

اگرچه فرض کنید تصمیم‌گیرنده ۱۰٪ آزادی d_2 را انتخاب کند. بنابراین، یک جواب جدید

$f = (0/305, 0/251, 0/362) = (0.271, 0.273, 0.072)$ است. حال با فرض اینکه تصمیم‌گیرنده از جواب فعلی راضی است، این روش را خاتمه می‌دهیم.

۵ بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه ابتدا مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی، رتبه‌بندی و انتخاب تامین‌کننده مورد بررسی قرار گرفت، سپس یک رویکرد بهینه‌سازی چندهدفه تعاملی جدید برای مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش با مفهوم مطلوبیت پیشنهاد شد. اهداف چندگانه برای این مساله به صورت هزینه‌های خرید، کیفیت و زمان انجام

کار تعریف شد، سپس یک روش بهینه‌سازی چندهدفه تعاملی مبتنی بر روش گام را برای این مساله اعمال شد. با تشریح مرحله به مرحله فرآیند حل، نشان داده شد که می‌توان از اصول کاهش مطلوبیت حاشیه‌ای برای تعیین سطح رضایت از طریق با استفاده از تابع مطلوبیت بهره برد. دو حالت شامل تابع مطلوبیت خطی و غیرخطی برای توضیح جزئیات دقیق روش پیشنهادی درنظر گرفته شده است. نتایج بدست آمده همراه با نتایج حاصل از روش‌های پیشنهادی ارایه شده و براین اساس مورد بحث قرار گرفته است. این مطالعه سعی کرده تا با بیان مکرر اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده به طور شهودی با مفهوم مطلوبیت مواجه شود. با این حال، مدل از قبل به مقدار پارامتر تابع مطلوبیت نیز برای تعیین شکل آن نیاز دارد؛ بنابراین، لازم است روشی توسعه یابد که به تدریج اطلاعات این پارامتر را منعکس کند، زیرا شکل تابع مطلوبیت نقش مهمی در استخراج جواب ایفا می‌کند. اگر روشی توسعه یابد که بتواند این پارامتر را برای هر تابع هدف مورداستفاده برای مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش تخمین بزند، می‌توان این نقص را نیز تکمیل کرد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود مساله در شرایط انعطاف‌پذیر در بخش موجودی مورد مطالعه قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسنده‌گان از داوران محترم که با ارسال نقطه نظرات خود در بهبود نسخه‌های اصلاحی مقاله همکاری نمودند،
کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

- [1] Piramuthu, S. (2005). Knowledge-based framework for automated dynamic supply chain configuration, *Eur. J. of Operational Research*, 165, 1, 219-230.
- [2] Benayoun, R., De Montgolfier, J., Tergny, J. & Laritchev, O. (1971). Linear programming with multiple objective functions: Step method (STEM). *Math. Program*, 1, 366–375.
- [3] Evans, R.H. (1980). Choice criteria revisited. *J. Mark.*, 44, 55–56.
- [4] Harrington, E.C. (1965). The desirability function. *Ind. Qual. Control*, 21, 494–498.
- [5] Del Castillo, E.; Montgomery, D.C. (1993). A nonlinear programming solution to the dual response problem. *J. Qual. Technol.*, 25, 199–204.
- [6] Del Castillo, E.; Montgomery, D.C.; McCarville, D.R. (1996). Modified desirability functions for multiple response optimization. *J. Qual. Technol.*, 28, 337–345.
- [7] Dotoli, M., Fanti, M.P., Meloni & Zhou, C. M.C. (2006). Design and optimization of integrated e-supply chain for agile and environmentally conscious manufacturing, *IEEE Trans. on Systems Man and Cybernetics, part A*, 36, 1, 62-75.
- [8] Wang, Y.-M., Chin K.-S. (2010). A neutral DEA model for cross-efficiency evaluation and its extension, *ExpertSystems with Applications*, Elsevier, 37, 3666- 3675.
- [9] Xia, W., Wu, Z. (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega*, 35, 494–504.
- [10] Khajeh M, Amiri M, Olfat L, Zandieh M. Assessing and Selecting Sustainable Suppliers in Intuitionistic Fuzzy Set with Hybrid Multi-Criteria Best-Worst and VIKOR Approach. *jor 2020*; 17 (1) :25-48. (In persian)
- [11] Shahroudi, K., Hasani, M. Presenting a mathematical model to select suppliers using the integrated approach of data envelopment analysis and total cost of ownership (case study: value chain in Iran's automobile industry). Operations research in its applications. *jor 2011*; 8 (3). (In persian)
- [12] Ghandehari, M., Khayat Khoshdoz, M., Asgari, F. Presenting a model for increasing the profit in supplier selection using analytic hierarchy process and allocation problem. Operations research in its applications. *jor 2013*; 10 (2). (In persian)

- [13] yakideh K, sorori eshliki Z, pourshikh ahandani T. An Integrated Model for Supplier selection and order allocation by multiple-objective programming and modified TOPSIS. *jor* 2018; 15 (2) :109-123. (In persian)
- [14] Aissaoui, N., Haouari, M., & Hassini, E. (2007). Supplier selection & order lot sizing modeling: A review. *Comput. Oper. Res.*, 34, 3516–3540.
- [15] Ho, W., Xu, X. & Dey, P.K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review, *European J. of Operational Research*, 202, 16-24.
- [16] Chai, J., Liu, J.N., & Ngai, E.W. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Syst. Appl.*, 40, 3872–3885.
- [17] Hosseini, ZS., Flapper, SD. And Pirayesh, M. (2022). Sustainable supplier selection and order allocation under demand, supplier availability and supplier grading uncertainties, *Computers & Industrial Engineering*, 165.
- [18] Kaur, H. And Singh, SP. (2021). Multi-stage hybrid model for supplier selection and order allocation considering disruption risks and disruptive technologies, *International Journal of Production Economics*, 231.
- [19] Jadidi, O., Cavalieri, S. & Zolfaghari, S. (2015). An improved multi-choice goal programming approach for supplier selection problems. *Appl. Math. Model.* (39), 4213–4222.
- [20] de Boer, L., Labro, E. & Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection, *European J. of Purchasing and Supply Management*, 7, 75-89.
- [21] Costantino, N., M. Falagario & G. Iacobellis. (2008). Reducing the costs of public tenders: A modest proposal, *Proceedings of the 3rd International Public Procurement Conference*.
- [22] Charnes, A., Cooper, W.W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, *European J. of Operational Research*, 2, 429–444.
- [23] Sexton, T. R. Silkman, R. H. A.J. Hogan. (1986). Data envelopment analysis: Critique and extensions, in R. H. Silkman (Ed.), *Measuring efficiency: An assessment of data envelopment analysis*, San Francisco, Jossey-Bass.
- [24] Derringer, G.; Suich, R. (1980). Simultaneous optimization of several response variables. *J. Qual. Technol.*, 12, 214–219.
- [25] Ting, S.-C., Cho, D.I. (2008). An integrated approach for supplier selection & purchasing decisions. *Supply Chain Manag. J.*, 13, 116–127.
- [26] Nazari-Shirkouhi, S., Shakouri, H., Javadi, B. & Keramati, A. (2013). Supplier selection & order allocation problem using a two-phase fuzzy multi-objective linear programming. *Appl. Math. Model.* 3(37), 9308–9323.
- [27] Ghodspour, S.H.; O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *Int. J. Prod. Econ.*, 56, 199–212.
- [28] Zionts, S., Wallenius, J. (1976). An interactive programming method for solving the multiple criteria problem. *Manag. Sci.*, 22, 652–663.
- [29] Ellram, L.M. (1990). The supplier selection decision in strategic partnerships. *J. Supply Chain Manag.*, 26, 8–14.
- [30] Amid, A., Ghodspour, S. & O'Brien, C. (2011). A weighted max-min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain. *Int. J. Prod. Econ.*, 131, 139–145.
- [31] Jadidi, O., Zolfaghari, S., & Cavalieri, S. (2014). A new normalized goal programming model for multi-objective problems: A case of supplier selection & order allocation. *Int. J. Prod. Econ.*, 148, 158–165.
- [32] Jeong, I.-J.; Kim, K.-J. (2005). D-STEM: A modified step method with desirability function concept. *Comput. Oper. Res.*, 32, 3175–3190.