

## یک رویکرد تعاملی برای مسایل انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش مبتنی بر تابع مطلوبیت

سید هادی ناصری<sup>۱\*</sup>، پرستو نیک صفت<sup>۲</sup>، فرنوش رنگ ریز<sup>۳</sup>، زهره اکبری<sup>۴</sup>

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: ۱۰ بهمن ۱۴۰۱

پذیرش مقاله: ۲۰ خرداد ۱۴۰۲

### چکیده

در مدیریت زنجیره تامین، انتخاب تامین کننده مناسب یکی از مهم ترین فرآیندهای تصمیم گیری برای بهبود رقابت پذیری شرکت است. به طور خاص، هنگامی که یک خریدار به انتخاب چندین تامین کننده فکر می کند، باید موضوع تخصیص سفارش را با انتخاب تامین کننده در نظر بگیرد. یکی از رویکردهای متداول در ارزیابی، رتبه بندی و انتخاب تامین کننده جهت تخصیص سفارش استفاده از مدل های تحلیل پوششی داده ها است. هرگاه میزان مطلوبیت همگام با این انتخاب مدنظر باشد، استفاده از رویکرد تعاملی می تواند مفید باشد. از این رو، در این مطالعه، یک رویکرد بهینه سازی چندهدفه تعاملی برای مساله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش پیشنهاد شده است. همچنین، مفهوم مطلوبیت در مدل بهینه سازی گنجانده شده است تا اصول مطلوبیت نهایی نزولی را در نظر بگیرد. نتایج به همراه مقایسه آن ها با جواب های روش های وزن دهی ارایه می شوند. این مطالعه مزیت روش پیشنهادی را این گونه نشان می دهد که تصمیم گیرنده به طور مستقیم میزان مطلوبیت را بررسی کرده و ساختار ترجیحی خود را از طریق راهکارهای بهبود یافته نشان می دهد.

**کلمات کلیدی:** انتخاب تامین کننده، بهینه سازی چندهدفه، تابع مطلوبیت، تحلیل پوششی داده ها، تخصیص سفارش، رویکرد تعاملی.

### ۱ مقدمه

امروزه با توسعه اینترنت و فناوری های شبکه، شکاف دیجیتالی بین مشاغل در حال از بین رفتن است. در این شرایط، چنین پیشرفت های سریعی در فناوری اطلاعات، بسیاری از شرکت ها را به رقابتی فراتر از زمان و مکان سوق می دهد. علاوه بر این، محیط کسب و کار جهانی پیرامون شرکت ها، از رقابت بین شرکت های وابسته به یک

\* عهده دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: nhadi57@gmail.com

نفر به رقابت بین زنجیره های تامین، تغییر می کند. به منظور حصول اطمینان از مزیت رقابتی زنجیره تامین، شرکت ها درصدد یافتن تامین کنندگان مناسب از نظر کیفیت بالاتر، هزینه های کمتر و زمان های تحویل کوتاه تری هستند؛ بنابراین، در مدیریت زنجیره تامین، انتخاب تامین کنندگان مناسب یکی از مهم ترین فرآیندهای تصمیم گیری برای بهبود رقابت پذیری شرکت است [۱].

در برخی از موارد، یک واحد تامین کننده توانایی فراهم نمودن شرایط خریدار را ندارد. در چنین مواردی، انتخاب تامین کننده از میان تامین کنندگان منابع متعدد، یک گزینه مناسب خواهد بود [۲]. تهیه منابع غیرمستقیم به طور قابل توجهی خطر اختلال در زنجیره تامین را افزایش می دهد، و همچنین تامین منابع متعدد، هزینه های ثابت شامل هزینه های اداری و مذاکره را افزایش می دهد [۳، ۴]؛ بنابراین، خرید از چند منبع به طور اجتناب ناپذیری شامل مساله تخصیص سفارش می شود. علاوه بر این، رابطه بین خریدار و تامین کننده تحت تأثیر تصمیمات تخصیص سفارش بر اساس تصمیمات خرید استراتژیک است [۵]. پس مساله کلی انتخاب تامین کننده علاوه بر انتخاب تامین کننده مناسب، باید تعیین سفارش های واگذار شده به تامین کننده منتخب را نیز بر اساس اهداف و محدودیت های داده شده پوشش دهد [۶]. در زمینه مدیریت زنجیره تامین، لازم است یک مدل پشتیبانی تصمیم گیری دقیق، برای بررسی هم زمان انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش، در نظر گرفته شود.

تحلیل پوششی داده ها یکی از رایج ترین روش ها برای انتخاب تامین کننده است. رویکرد تحلیل پوششی داده ها با کارایی متقاطع با در نظر گرفتن شفافیت و الزامات رتبه بندی، روشی برای انتخاب تامین کننده در یک مناقصه عمومی است. انتخاب تامین کننده یک مرحله حیاتی از عملکرد خرید برای هر سازمان است [۷]. مسایل استراتژیک مرتبط با سیستم انتخاب تامین کننده شامل شناسایی تامین کنندگان برتر و بررسی دوره ای آنها است. تصمیمات نادرست در مورد انتخاب تامین کننده ممکن است منجر به اختلال در عرضه محصول/خدمات و در نتیجه بروز مشکلات جدی در کارایی سازمان شود [۸]. بنابراین، فرآیند انتخاب تامین کننده یا فروشنده در ادبیات مدیریت کسب و کار، توجه را به خود جلب می کند. به طور کلی، رویکردهای متعدد تصمیم گیری چندمعیاره ای که برای ارایه طرح های مختلف مساله ارزیابی و انتخاب تامین کننده پیشنهاد شده است، به رویکردهای فردی و یکپارچه طبقه بندی می شوند. یکی دیگر از محدودیت های مهم تحلیل پوششی داده ها، هنگام ارزیابی ویژگی های کیفی به وجود می آید. برای افزایش قدرت تمایز تحلیل پوششی داده ها و واقعی کردن نتیجه رتبه بندی تامین کننده، عموماً از تکنیک کارایی متقاطع تحلیل پوششی داده ها استفاده می شود [۹].

خواجه و همکاران [۱۰] با استفاده از رویکرد ترکیبی چندمعیاره فازی یک مدل تصمیم گیری برای ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان پایدار ارایه دادند. در این خصوص از تکنیک ویکور فازی شهودی برای ارزیابی تامین کنندگان موجود استفاده، و سپس با رویکرد تاپسیس فازی شهودی، کارایی رویکرد پیشنهادی ارزیابی شد. شاهرودی و تدریس حسنی [۱۱] مساله انتخاب و ارزیابی شرکت های تامین کننده قطعات خودرو را با استفاده از مفهوم هزینه کل مالکیت مورد مطالعه قرار دادند. در این خصوص برای ارزیابی عملکرد تامین کنندگان از رویکرد تحلیل پوششی داده ها بر اساس معیارهای چندگانه جهت مفهوم هزینه کل مالکیت استفاده کردند. قندهاری و همکاران [۱۲] مساله انتخاب تامین کننده در فرآیند تولید با استفاده از وزن های به دست آمده از

روش‌های انتخاب (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی) و قراردادن این وزن‌ها در جدول روش‌های تخصیص منابع به یک تامین‌کننده به کار بردند. در [۱۳] برای حل مسایل 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 تامین‌کنندگان تاثیر دارند [۱۴]. انتخاب تامین‌کننده، یکی از آشناترین مسایل در مساله تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفته می‌شود. این مساله از منظرهای مختلفی مانند انتخاب تامین‌کننده سبز [۳] و جهانی مورد مطالعه 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 در نظر گرفتن تمامی ابعاد معیارها، کار بسیار دشواری است. هو و همکاران [۱۵] بررسی جامعی برای رویکردهای روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای مسایل انتخاب فروشنده بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ ارائه کردند. علاوه بر این، چای و همکاران [۱۶] دستورالعمل‌هایی را برای مدل انتخاب تامین‌کننده مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه 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 تامین‌کنندگان در شرایط عدم قطعیت استفاده می‌شود. همچنین در مطالعه [۱۸]، نویسندگان یک مدل ترکیبی چندمرحله‌ای را برای تقسیم‌بندی تامین‌کننده یکپارچه، انتخاب و تخصیص سفارش با در نظر گرفتن ریسک‌ها و اختلالات پیشنهاد می‌کنند. سپس تامین‌کنندگان بر اساس مجموعه معیارهای مناسب در محیط صنعت ۴۰۰ با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی می‌شوند.

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

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 غیرمسلط 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

تامین کننده و تخصیص سفارش، به رویکرد پیشین توسط طرح طبقه بندی بهینه سازی چندهدفه دسته بندی می شوند. با این حال، رویکرد پیشین به دلیل فرضیه غیرواقعی، در مورد از قبل مشخص بودن اطلاعات ترجیحی تصمیم گیرنده، ممکن است قابلیت اطمینان جواب را کاهش دهد. اگرچه رویکرد تعاملی به طور گسترده در زمینه های مختلف به عنوان جایگزینی برای غلبه بر این محدودیت موجود در اولویت تصمیم گیرنده اعمال شده است، اما به ندرت برای حل مساله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش استفاده می شود.

مزیت مدل مورد مطالعه، استفاده از مفهوم تابع مطلوبیت برای نمایش واقعی تر رضایت تصمیم گیرنده و کاهش بار مسئولیت تصمیم گیرنده برای بیان اطلاعات ترجیحی است.

با توجه به پیشینه گفته شده، هدف تحقیق به شرح زیر خلاصه می شود. هدف، حل مساله خرید از چند منبع با تخصیص سفارش هم زمان با انتخاب تامین کننده با رویکرد تعاملی بهینه سازی چندهدفه است. برای این مساله سه معیار مهم استفاده می شود: هزینه، کیفیت و زمان تحویل. بخش ۲ به انتخاب تامین کننده مبتنی بر تحلیل پوششی داده ها اشاره می شود. در بخش ۳، به رویکردهای تعاملی در مسایل بهینه سازی چندهدفه پرداخته می شود. بخش ۴، به مسایل انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش با استفاده از مفهوم مطلوبیت اختصاص دارد و در نهایت بخش ۵ به نتیجه گیری از مطالعه انجام شده اختصاص دارد.

## ۲ مساله انتخاب تامین کننده با رویکرد تحلیل پوششی داده ها

### ۲-۱ داده های مساله انتخاب تامین کننده

به طور کلی، در زمینه خصوصی و عمومی، مساله انتخاب تامین کننده توسط مجموعه ای از تامین کنندگان مناقصه به صورت  $S = \{S_1, \dots, S_f\}$  و معیارهای متمایز  $C = \{C_1, \dots, C_m\}$  تعریف می شود که بر اساس آن تامین کنندگان رتبه بندی می شوند. با تعریف مجموعه معیار به صورت  $C = C_1 \cup C_2$  که در آن  $C_1 = \{C_1, C_2, \dots, C_H\}$  و  $C_2 = \{C_{H+1}, C_{H+2}, \dots, C_{H+K}\}$  به ترتیب نشان دهنده مجموعه معیارهای ورودی و خروجی و  $n = H + K$  تعداد معیار است. به طور کلی ویژگی های معیار به عملکرد عرضه کننده یا منابع مورد نیاز تامین کننده (معیار ورودی) یا محصول و یا خدمات نهایی ارایه شده (معیار خروجی) مربوط است. به عبارت دیگر، معیارهای ورودی به عنوان ویژگی های تامین کننده قبل از عرضه (مانند قیمت، فاصله جغرافیایی تامین کننده، ادغام فناوری اطلاعات و ارتباطات و غیره) تعریف می شود و معیارهای خروجی تامین کننده، پس از رسیدن کالا به شرکت مشخص می شوند (به عنوان مثال، کیفیت، قابلیت اطمینان، زمان تحویل، و غیره).

### ۲-۲ مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده ها

تحلیل پوششی داده ها یک روش مبتنی بر برنامه ریزی خطی با هدف تعیین کارایی واحدهای مختلف به اصطلاح تصمیم گیرنده است. کارایی، تابعی از برخی مقادیر ورودی (منابع مورد استفاده توسط واحدهای تصمیم گیرنده) و مقادیر خروجی (بیان کننده نتایج فعالیت های تصمیم گیرنده ها) است. واحدهای تصمیم گیرنده کارا، رئوس یک صورت پارتو هستند. بر این اساس، کارایی دیگر واحدهای تصمیم گیرنده محاسبه می شود. تحلیل پوششی داده ها به عنوان گسترده ترین رویکرد برای انتخاب تامین کننده 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 ارایه‌شده توسط تامین‌کنندگان به خریدار است [۲۰]. تحلیل پوششی داده‌ها برای تقسیم تامین‌کنندگان مناقصه به تامین‌کنندگان کارا و ناکارا استفاده می‌شود. تمایز اغلب در مرحله به اصطلاح پیش صلاحیت مناقصه، به‌ویژه زمانی که تعداد مناقصه‌کنندگان بسیار زیاد است، استفاده می‌شود و هزینه‌های مبادله قابل توجه برای مناقصه‌دربرمی‌دارد [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  $y_{kf}$ ،  $x_{hf}$ ،  $k$  امین ( $h$  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 در نظر گرفتن  $S_f \in S$  برای هر تامین‌کننده طبق تعریف  $E_f \leq 1$  وجود دارد. از این رو، اندازه‌گیری کارایی تامین‌کننده با حل مساله بهینه‌سازی زیر که برای هر تامین‌کننده در نظر گرفته شده است، به دست می‌آید:

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

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 تحلیل‌شده 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.

## ۲-۳ مدل تحلیل پوششی داده‌ها با کارایی متقاطع

بسیاری از نویسندگان در ادبیات مربوط به تدارکات خصوصی، رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها را بهترین روش برای رتبه‌بندی تامین‌کنندگان موجود می‌دانند [۱۹]. حتی اگر این رویکرد عموماً به‌عنوان یک روش پیش‌صلاحیت استفاده شود، زیرا به‌سادگی بین تامین‌کنندگان کارا و ناکارا تمایز قایل می‌شود [۲۰]. با این حال، برای افزایش قدرت تمایز تحلیل پوششی داده‌ها و به‌دست آوردن یک نتیجه رتبه‌بندی تامین‌کننده واقع‌بینانه، یعنی انتخاب تنها یک تامین‌کننده در مناقصه‌های عمومی، ارزیابی کارایی متقاطع پیشنهاد شده است [۲۳]. بر اساس این روش، ضرایب حاصل از به حداکثر رساندن کارایی هر تامین‌کننده برای تخمین کارایی همه فروشندگان با توجه به هر تامین‌کننده هدف استفاده می‌شود. ماتریس کارایی متقاطع به‌دست آمده  $CE = \{CE_{fg}\} \in \mathbb{R}^{+F \times F}$  به‌صورت زیر ساخته شده است.

عنصر قطر اصلی  $CE$  با  $CE_{ff}$ ، به‌عنوان جواب مساله به دست می‌آید. علاوه بر این، هر مقدار غیر-قطری  $CE_{fg}$  با  $f \neq g, f, g \in \{1, \dots, F\}$  با حل مساله برنامه‌ریزی خطی زیر تعیین می‌شود:

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

با توجه به سکستون<sup>۱</sup> [۲۳]، شاخص کلی کارایی متقاطع برای  $f$ امین تامین‌کننده با میانگین‌گیری  $f$ امین عنصر سطر ماتریس کارایی متقاطع به شرح زیر است:

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

پیشنهاد اورال<sup>۲</sup> برای جلوگیری از دست‌رفتن اطلاعات تولیدشده، استفاده از شاخص‌های میانگین کارایی متقاطع است. ماتریس کارایی متقاطع  $CE$  موسوم به به ماتریس تطابق  $C = \{C_{fg}\}$  به شرح زیر است:

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

که در آن

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

با شروع از عناصر ماتریس تطابق و اتخاذ یک بهینه‌سازی دوسطحی به‌منظور رتبه‌بندی گزینه‌های موجود، شاخص کلی کارایی متقاطع تامین‌کننده تعیین می‌شود. رویکرد دوسطحی تحلیل پوششی داده‌های پیشرفته را توسط اورال

<sup>1</sup> Sexton

<sup>2</sup> Oral

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

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

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

### ۳ رویکردهای تعاملی در مسایل بهینه‌سازی چندهدفه

مسایل چندهدفه دارای بیش از یک تابع هدف و توابع آن به دلیل نداشتن متغیر و ضریب مشترک، غیرقابل ترکیب با یکدیگر هستند. در برخی مسایل 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 به‌صورت متضاد عمل می‌کنند. بهینه‌سازی چندهدفه، یکی از زمینه‌های بسیار پرکاربرد تحقیقاتی در میان مباحث بهینه‌سازی است و اهمیت فوق‌العاده‌ای، در مسایل بهینه‌سازی دنیای واقعی دارد. مشکل اصلی در برخورد با مسایل چندهدفه، وجود مجموعه‌ای از جواب‌های بهینه با دیدگاه‌های مختلف است. معمولاً یک مساله چندهدفه، برخلاف مسایل تک‌هدفه، چندین جواب بهینه دارد. تصمیم‌گیرنده برای انتخاب این جواب‌ها می‌تواند به‌صورت دلخواه یا نظام‌مند، بر اساس روش‌های موجود همچون روش‌های تعاملی، روش وزنی و... عمل کند.

یک مساله بهینه‌سازی چندهدفه را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود:

$$\begin{aligned} \text{Min } f(x) &= (f_1(x), \dots, f_p(x)) \\ x &\in X \end{aligned}$$

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

### ۳-۱ 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<sup>۱</sup> و سوئیچ<sup>۲</sup> [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

<sup>1</sup> Derringer

<sup>2</sup> 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:

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

### ۳-۲ 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 باتوجه 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. شناخته‌شده‌ترین روش‌های تعاملی عبارت‌اند از: روش گام [۳۲]، روش زیونتس و والنیوس (ZW) [۲۸] و سیستم بهینه‌سازی مبتنی بر رویکرد چندهدفه تعاملی غیر متمایز [۲۶]. در این مطالعه، یک رویکرد تعاملی مبتنی بر روش STEAM<sup>۲</sup> 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 حداکثر 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.

$$s \in S$$

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

<sup>1</sup> Zionts-Wallenius

<sup>2</sup> Step Method

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

که در آن  $c_{ij}$  ضرایب  $\lambda$  امین 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 نرمال سازی می کند.

**گام ۲:** فرض کنید  $h = h+1$  و  $S^1 = S$  به این معنی است که فرآیند حل با ناحیه شدنی اولیه آغاز می شود. در این گام، مجموعه شاخص آزادسازی تهی است ( $J = \emptyset$ ). وزن های 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 - حداکثر وزن دار زیر را حل کنید:

Min  $\alpha$

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 رضایت بخش بود، متوقف شوید. جواب فعلی ممکن است به جواب نهایی ختم شود.

**گام ۴:** هدف رضایت بخش را تعیین کنید و سپس مقدار آزادسازی  $\Delta_i$  ( $i \in J$ ) را مشخص کنید.

**گام ۵:** ناحیه شدنی کاهش یافته 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 افزایش یافته است؛ بنابراین،  $S^{h+1}$  ناحیه شدنی در تکرار  $(h+1)$  ام است.  $f_i(x)^h$  مقدار تابع هدف در  $h$  امین تکرار و  $\Delta_i$  مقدار آزادسازی تابع هدف خاص است. با ناحیه شدنی کاهش یافته به گام ۲ بروید.

#### ۴ تخصیص سفارش با استفاده از مفهوم مطلوبیت

در طول پنجاه سال ارزیابی تامین کنندگان، بسیاری از محققان مجموعه های مختلفی از معیارها را پیشنهاد کرده اند. ایوانز<sup>۱</sup> [۲۵] قیمت، کیفیت و تحویل را به عنوان مهم ترین معیار برای ارزیابی تامین کنندگان معرفی کرد. سپس الرام<sup>۲</sup> [۲۹] کیفیت را به دو کیفیت محصول و کیفیت خدمات تقسیم کرد و همراه با آن قیمت و زمان تحویل را برای انتخاب تامین کنندگان استفاده کرد. آمید<sup>۳</sup> و همکاران [۳۰] از قیمت، کیفیت و خدمات و همچنین جدیدی<sup>۴</sup>

<sup>1</sup> Evans

<sup>2</sup> Ellram

<sup>3</sup> Amid

<sup>4</sup> Jadidi

و همکاران [۳۱] از قیمت، کیفیت و زمان تحویل برای انتخاب تامین‌کننده و مدل تخصیص سفارش استفاده کردند. همان‌طور که در ادبیات موضوعی نشان داده 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 ارائه شده است.

#### ۴-۱ مدل پارامتری روش پیشنهادی

جدول ۱. نمادگذاری‌ها

| نماد  | توضیحات                                                       |
|-------|---------------------------------------------------------------|
| $k$   | شاخص برای اهداف، $k = 1, 2, \dots, n$                         |
| $n$   | 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 بادر نظر 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 توابع مطلوبیت تبدیل می‌کنیم. از آنجایی که توابع هدف اصلی باید به حداقل برسد (از نوع STB<sup>۱</sup> [۲۴])، 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  $f_i^{\max}$  ها حداکثر مقادیر توابع هدف است که از جدول بازدهی نتیجه می‌شود و  $f_i^*(x)$  نقاط ایده‌آل هستند که با بیشینه کردن توابع هدف به صورت جداگانه به دست می‌آید. جدول بازدهی شامل  $f_i^{\max}$  و  $f_i^*(x)$  در قالب جدول ۲ ارائه شده است. برای یک تابع نوع STB،  $f_i^{\max}$  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

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

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

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

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n x_i = D$$

$$X_i \leq V_i$$

$$x_i \geq 0$$

توابع مطلوبیت فردی  $d_i$  ( $i = 1, \dots, k$ ) توابع هدفی هستند که باید به طور هم‌زمان بیشینه شوند. فرآیند بهینه‌سازی شامل پنج مرحله اصلی است. علاوه بر این، یک شبه 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 $r = 1$

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

<sup>1</sup> Smaller-The-Better

### شکل ۱. شبه کد روش پیشنهادی

|                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|
| شروع                                                                       |
| مقداردهی اولیه: $J = \emptyset$                                            |
| $d^*$ و $n^*$ را محاسبه کنید                                               |
| مقادیر $\pi_i$ را محاسبه کنید                                              |
| وزن‌های نسبی $\lambda^h$ را محاسبه کنید                                    |
| یک جواب اولیه $d^h$ را تخمین بزنید                                         |
| بپرسید آیا یک مقدار تابع مطلوبیت وجود دارد که بخواهید ( $j$ ) را آزاد کنید |
| تا هنگامی که جواب ترجیحی پیدا نشده است، انجام بده                          |
| $J = \{j\}$                                                                |
| وزن‌های نسبی $\lambda^h$ را محاسبه کنید                                    |
| جواب‌های بالقوه را بر اساس اولویت‌های تصمیم‌گیرنده محاسبه کنید             |
| جواب‌ها را به تصمیم‌گیرنده ارائه دهید                                      |
| اولویت‌دارترین جواب $d^{h*}$ را از جواب‌های بالقوه بخواهید                 |
| بپرسید آیا یک مقدار تابع مطلوبیت وجود دارد که بخواهید ( $j$ ) 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  $r = 1$  بسازید.

### جدول ۳. جدول بازدهی

| بازدهی | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ |
|--------|-------|-------|-------|
| $d_1$  | ۱     | ۰     | ۱/۶۹۲ |
| $d_2$  | ۰     | ۱     | ۰     |
| $d_3$  | ۱/۷۸۸ | ۰/۲۳۸ | ۱     |

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

**گام ۱:** مقادیر  $\pi_i$  را برای استفاده در وزن‌دهی به اهداف محاسبه کنید: ضرایب  $C_{ij}$  که گرادیان توابع هدف را در محاسبه وزن منعکس می‌کند، ضریب تابع مطلوبیت است، نه تابع هدف اصلی. مقادیر  $\pi_i$  محاسبه‌شده به صورت زیر نشان داده می‌شوند:

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

$$\pi_2 = 2/6158$$

$$\pi_3 = 2/3039$$

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

برای  $h = 0$ ، 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:

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

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

### تکرار اول

**گام ۲:** وزن‌های نسبی ( $h = 1, S' = S$ ) 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  $\lambda_1^1 = 0$ ،  $\lambda_2^1 = \pi_2 / (\pi_1 + \pi_2) = 0/4847$  و  $\lambda_3^1 = 0/5163$  هستند.

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

Min  $\alpha$

$$s.t. \alpha \geq 0 / 5317(1 - d_r(x))$$

$$\alpha \geq 0 / 4683(1 - d_r(x))$$

$$d_l(x) \geq (1 - \delta)d_l^*$$

$$d_r(x) \geq d_r^*$$

$$d_r(x) \geq d_r^*$$

$$\sum_i^n x_i = D$$

$$x_i \leq V_i$$

$$x_i \geq 0, \alpha \geq 0$$

که در آن  $\delta$  نرخ آزادسازی است.

**گام ۴:** بردارهای تابع مطلوبیت جدید را همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است به تصمیم‌گیرنده ارائه 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 باتوجه به میزان آزادی ( $h = 1$ )

|                 |                 |                 |                 |                 |                  |       |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------|
| $\delta = 0/60$ | $\delta = 0/50$ | $\delta = 0/40$ | $\delta = 0/30$ | $\delta = 0/20$ | $\delta = 0/025$ |       |
| ۱/۲۸            | ۱/۲۲۸           | ۱/۱۷۸           | ۱/۱۲۶           | ۱/۰۷۴           | ۱/۰۲۲            | $d_1$ |
| ۰/۸۰۶           | ۰/۸۶۴           | ۰/۹۲            | ۰/۹۷۸           | ۱/۰۳۶           | ۱/۰۹۴            | $d_r$ |
| ۱/۳۲۶           | ۱/۲۷۸           | ۱/۲۳            | ۱/۱۸            | ۱/۱۳۲           | ۱/۰۸۴            | $d_r$ |

اگر تصمیم‌گیرنده با نرخ آزادسازی انتخاب شده ( $\delta^*$ ) از جواب به دست آمده رضایت داشت، در این صورت متوقف شوید. در غیر این 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  $d_r$  را انتخاب کند.

بنابراین، جواب جدید به صورت  $d^{1*} = (0/589, 0/460, 0/615)$  با  $f = (61/167, 5/083, 3/582)$  است.

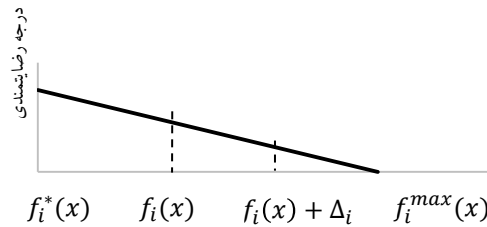
لازم به ذکر است، در اینجا فرض شده است که تصمیم‌گیرنده از  $d_1$  و آزادسازی  $d_1$  راضی است.

و تکرار دوم نیز به همین صورت است.

### حالت ۲ $r = 2$

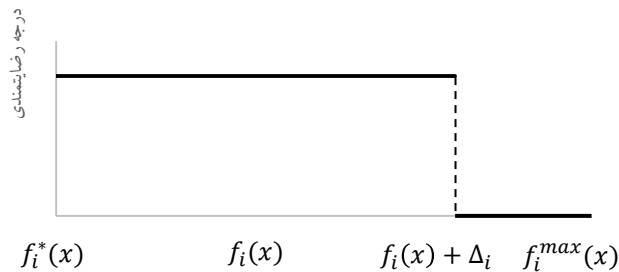
اگر پارامتر  $r$  در توابع مطلوبیت برابر با ۱ نباشد، این توابع غیرخطی می‌شوند. پارامتر  $r$  سهم حاشیه‌ای کاهش را در حداکثر مطلوبیت تجمعی نشان می‌دهد. غیرخطی بودن تابع مطلوبیت، سرخشی برای برخورد موفقیت‌آمیز با اصول کاهش مطلوبیت حاشیه‌ای در مدل پیشنهادی فراهم می‌کند. این ویژگی همچنین در روش گام مبتنی بر تابع

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



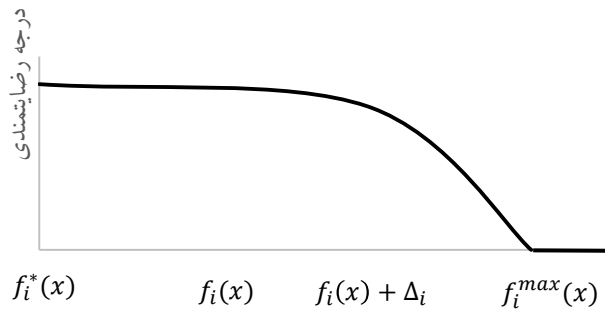
شکل ۲. مشارکت حاشیه‌ای ثابت

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  $r = ۲$  تشکیل دهید (جدول ۵).

جدول ۵. جدول بازدهی  $r = ۲$

| بازدهی | $d_1$ | $d_2$ | $d_3$ |
|--------|-------|-------|-------|
| $d_1$  | ۱     | ۰     | ۱/۵۹۸ |
| $d_2$  | ۰     | ۱     | ۰/۰۲۸ |
| $d_3$  | ۱/۴۳۲ | ۰     | ۱     |

بنابراین، بردار ایده آل و بردار نقاط با پایین ترین حد به ترتیب  $d^* = (1, 1, 1)$  و  $n^* = (0, 0, 0/014)$  هستند.

**گام ۱:** مقادیر  $\pi_i$  را برای استفاده در وزن دهی به اهداف محاسبه کنید که به صورت زیر استفاده می شود:

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

وزن های تعیین شده به صورت  $\pi_1 = \pi_2 = \pi_3 = 0/986$  هستند.

**گام ۲:** وزن های نسبی را محاسبه کنید:  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0/3349$

**گام ۳:** برنامه ریزی حداقل - حداکثر وزن دار را حل کنید:  $d^* = (0/2789, 0/2789, 0/3622)$

**گام ۴:** فرض می کنیم تصمیم گیرنده از  $d_p$  راضی است، بنابراین  $d_p$  را آزاد کنید. به گام ۲ بروید.

- تکرار اول

**گام ۲:** محاسبه وزن های نسبی  $(S_1 = S, h = 1)$ : برای  $h = 1$ ، تابع هدف به صورت  $d_p$ ،  $J = \{2\}$

تعریف شده است. بنابراین، وزن های محاسبه شده  $\lambda_1 = 0/5035$ ،  $\lambda_2 = 0$  و  $\lambda_3 = 0/4965$  هستند.

**گام ۳:** برنامه ریزی حداقل - حداکثر وزنی را حل کنید و بردارهای تابع مطلوبیت جدید را با افزایش  $\delta$  ارائه دهید.

**گام ۴:** سپس از تصمیم گیرنده نرخ قابل قبول برای آزادی  $\delta$  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 ( $h = 1$ )

| $\delta = 0/60$ | $\delta = 0/50$ | $\delta = 0/50$ | $\delta = 0/30$ | $\delta = 0/20$ | $\delta = 0/025$ |       |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------|
| 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            | $d_3$ |

اکنون فرض کنید تصمیم گیرنده ۱۰٪ آزادی  $d_p$  را انتخاب کند. بنابراین، یک جواب جدید

$$d^1 = (0/305, 0/251, 0/362) \text{ با } f = (69/271, 4/273, 4/072) \text{ است. حال با فرض اینکه}$$

تصمیم گیرنده از جواب فعلی راضی است، این روش را خاتمه می دهیم.

## ۵ بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه ابتدا مدل های تحلیل پوششی داده ها برای ارزیابی، رتبه بندی و انتخاب تامین کننده مورد بررسی قرار گرفت، سپس یک رویکرد بهینه سازی چندهدفه تعاملی جدید برای مساله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش با مفهوم مطلوبیت پیشنهاد شد. اهداف چندگانه برای این مساله به صورت هزینه های 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 جزییات دقیق روش پیشنهادی در نظر گرفته شده است. نتایج به دست آمده همراه با نتایج حاصل از روش‌های پیشینی ارائه شده و بر این اساس مورد بحث قرار گرفته است. این مطالعه سعی کرده تا با بیان مکرر اطلاعات ترجیحی تصمیم گیرنده 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 مورد استفاده برای مساله انتخاب تامین کننده و تخصیص سفارش تخمین بزند، می‌توان این نقص را نیز تکمیل کرد. در نهایت، پیشنهاد می‌شود مساله در شرایط انعطاف پذیر در بخش موجودی مورد مطالعه قرار گیرد.

### سپاسگزاری

نویسندگان 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 fragile 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, *Expert Systems 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. *for 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. for 2011*; 8 (3). (In persian)
- [12] Ghandahari, 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. for 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] Ghodssypour, 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., Ghodssypour, 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.