مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیستم، شماره چهارم (پیاپی ۷۹)،زمستان ۰۲، ص ص ۱۴۸-۱۳۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

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

**سید هادی ناصری[1*]، پرستو نیک صفت[2]، فرنوش رنگ ریز[3]، زهره اکبری[4]**

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 زنجیره‌تامین، 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 ازبین‌رفتن 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 کسب‌وکار جهانی پیرامون شرکت‌ها، از رقابت بین شرکت‌های وابسته به یک

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: nhadi57@gmail.com



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

نفر به رقابت بین زنجیره‌های‌تامین، تغییر می‌کند. به‌منظور حصول اطمینان از مزیت رقابتی زنجیره‌تامین، شرکت‌ها درصدد 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 قابل‌توجهی 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 تحت‌تأثیر 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 درنظرگرفتن 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 فروشنده در ادبیات مدیریت کسب‌وکار، توجه را به خود جلب می‌کند. به‌طورکلی، 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



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

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 عددصحیح مختلط چندهدفه مورد مطالعه قرارگرفت. این مطالعه با فرض داده‌های زمان تحویل دردسترس 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 موردمطالعه قرار گرفته است. به‌طورکلی، 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 درنظرگرفتن 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 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 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 ۴.۰ 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 به‌عنوان رویکرد تعاملی نیز یاد می‌شود. اکثر مطالعات در انتخاب



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

تامین‌کننده و تخصیص سفارش، به رویکرد پیشین توسط طرح طبقه‌بندی بهینه‌سازی چندهدفه دسته‌بندی می‌شوند. بااین‌حال، رویکرد پیشین به دلیل فرضیه غیرواقعی، در مورد از قبل مشخص‌بودن اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده، ممکن است قابلیت اطمینان جواب را کاهش دهد. اگرچه رویکرد تعاملی به طور گسترده در زمینه‌های مختلف به‌عنوان جایگزینی برای غلبه بر این محدودیت موجود در اولویت تصمیم‌گیرنده اعمال شده است، اما به‌ندرت 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.

باتوجه‌به پیشینه گفته‌شده، 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 بخش۳، به رویکردهای تعاملی در مسایل بهینه‌سازی چندهدفه پرداخته می‌شود. بخش۴، 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

### ۲-۱ داده‌های مساله انتخاب تامین‌کننده

به‌طورکلی، در زمینه خصوصی و عمومی، مساله انتخاب تامین‌کننده توسط مجموعه‌ای از تامین‌کنندگان مناقصه به‌صورت $S = \{s_1,...,s_f\}$ و معیارهای متمایز $C = \{c_1,...,c_m\}$ تعریف می‌شود که بر اساس آن تامین‌کنندگان رتبه‌بندی می‌شوند. با تعریف مجموعه معیار به صورت $C = C_1 \cup C_0$ که در آن $C_1 = \{c_1,c_2,...,c_H\}$ و $C_0 = \{c_{H+1}c_{H+2},...,c_{H+k}\}$ به ترتیب نشان‌دهنده مجموعه معیارهای ورودی و خروجی و $n = H + K$ تعداد معیار است. به‌طورکلی ویژگی‌های معیار به عملکرد عرضه‌کننده یا منابع مورد نیاز تامین‌کننده (معیار ورودی) یا محصول و یا خدمات نهایی ارایه‌شده (معیار خروجی) مربوط است. به عبارت دیگر، معیارهای ورودی به‌عنوان 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 (به‌عنوان‌مثال، 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 به‌اصطلاح تصمیم‌گیرنده است. کارایی، تابعی از برخی مقادیر ورودی (منابع مورداستفاده توسط واحدهای تصمیم‌گیرنده) و مقادیر خروجی (بیان‌کننده نتایج فعالیت‌های تصمیم‌گیرنده‌ها) است. واحدهای تصمیم‌گیرنده کارا، رئوس یک صورت پارتو هستند. براین‌اساس، کارایی دیگر واحدهای تصمیم‌گیرنده محاسبه می‌شود. تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان گسترده‌ترین رویکرد برای انتخاب تامین‌کننده در ادبیات مربوط به تدارکات خصوصی شناخته شده است



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

[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 به‌اصطلاح پیش صلاحیت مناقصه، به‌ویژه زمانی که تعداد مناقصه‌کنندگان بسیار زیاد است، استفاده می‌شود و هزینه‌های مبادله قابل‌توجه برای مناقصه دربرمی‌دارد [۲۱].

در رویکرد کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی تامین‌کننده عمومی $s_f \in S$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

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

که در آن $y_{kf}$، $k$ امین ($h$امین) خروجی (ورودی) مقدار عملکرد برای $f$امین تامین‌کننده و $u_k$ $(v_k)$ ضریب وزنی آن است.

در روش کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی هر گزینه با تعیین مجموعه ضرایب $u_k$ با $k = 1,...,K$ و $v_h$ با $h = 1,...,H$ به‌دست می‌آید و چنین مقداری را به حداکثر می‌رساند. با درنظرگرفتن $s_f \in S$ 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 درنظرگرفته شده است، به دست می‌آید:

$$Max\ E_f$$

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

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

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 به‌صورت زیر به یک مساله برنامه‌ریزی خطی تبدیل می‌شود:

$$Max\ E_f = \sum_{k=1}^{K} u_k . y_{kf}; f = 1,2,...,F$$

$$s.t.\ \sum_{k=1}^{K} u_k . y_{kj} - \sum_{h=1}^{H} v_h . x_{hj} \leq 0; j = 1,2,..,F,$$

$$\sum_{h=1}^{H} v_h . x_{hj} = 1; j = 1,2,..,F,$$

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

به طور خلاصه، کارایی تامین‌کنندگان تحلیل‌شده را می‌توان با حل مساله بالا برای هر تامین‌کننده $f$ با $f = 1,...,F$ 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.



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

## 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 پیش صلاحیت استفاده شود، زیرا به‌سادگی بین تامین‌کنندگان کارا و ناکارا تمایز قایل می‌شود [۲۰]. بااین‌حال، برای افزایش قدرت تمایز تحلیل پوششی داده‌ها و به‌دست‌آوردن 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 باتوجه‌به 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 براین، هر مقدار غیر-قطری $CE_{fg}$ با $f,g \in \{۱,...,F\}$ و $f \neq g$ با حل مساله برنامه‌ریزی خطی زیر تعیین می‌شود:

$$
\begin{aligned}
CE_{fg} &= Max \sum_k u_{fgk}.y_{gk} \\
s.t. \quad & \sum_k u_{fgk}y_{gk} - \sum_r v_{fgr}y_{gr} \le ۰; \forall g, \\
& \sum_k u_{fgk}y_{gk} - E_{ff}\sum_r v_{fgr}y_{gr} = ۰, \\
& \sum_r v_{fgr}y_{gr} = ۱, \\
& u_{fgk}, v_{fgr} \ge ۰, \forall (f,g), k, r.
\end{aligned}
$$

باتوجه‌به سکستون[1] [۲۳]، شاخص کلی کارایی متقاطع برای $f$امین تامین‌کننده با میانگین‌گیری $f$امین عنصر سطر ماتریس کارایی متقاطع به شرح زیر است:

$$K_f = \frac{۱}{F}\sum_{g=۱}^{F} CE_{fg}; f = ۱,...,F.$$

پیشنهاد اورال[2] برای جلوگیری ازدست‌رفتن 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:

$$C_{fg} = \frac{۱}{F}\sum_{k=۱}^{F} \phi_{fgk}; f, g \in \{۱,...,F\}$$

که در آن

$$\phi_{fgh} = \begin{cases} ۱ & if \quad CE_{fk} \ge CE_{gk} \\ ۰ & if \quad CE_{fk} < CE_{gk} \end{cases}$$

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

[1] Sexton
[2] Oral



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

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:

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

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 متقاطع صفر به هر $f$تامین‌کننده‌ای که ارزیابی کارایی بدتری نسبت به $g$امین فروشنده دیگر دارد، می‌شود. براساس ماتریس تطابق به‌دست آمده، تعداد تامین‌کنندگان رضایت بخش باتوجه‌به 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:

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

که در آن، برای $i = 1,\dots,p$، $f_1(x): \mathbb{R} \longrightarrow \mathbb{R}$ 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[1] و سوئیچ[2] [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



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

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

$$d_i = \begin{cases} ۰ & \hat{y}_i(x) \le \hat{y}_i^{\min} \\ \left( \dfrac{\hat{y}_i(x) - \hat{y}_i^{\min}}{\hat{y}_i^{\max} - \hat{y}_i^{\min}} \right)^r & \hat{y}_i^{\min} < \hat{y}_i(x) < \hat{y}_i^{\max} \\ ۱ & \hat{y}_i(x) \ge \hat{y}_i^{\max} \end{cases}$$

## ۳-۲ رویکرد تعاملی و اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده

رویکرد تعاملی (که به آن رویکرد پیشرو نیز گفته می‌شود) اجازه می‌دهد اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده به‌صورت 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 باتوجه‌به یک یا چند جواب تولیدشده از تکرار قبلی بیان کند. به طور معمول، یک روش تعاملی در حالت کلی دارای سه‌گام زیر است [۲۵]:

**گام۱:** یک جواب اولیه پیدا کنید.

**گام۲:** با تصمیم‌گیرنده تعامل کنید.

**گام۳:** یک یا چند جواب جدید ایجاد کنید. اگر تصمیم‌گیرنده از جواب فعلی راضی است، متوقف شوید. در غیر این صورت به گام۲ بروید.

در طول این سال‌ها، تعدادی از روش‌های تعاملی مختلف توسعه‌یافته است. شناخته‌شده‌ترین روش‌های تعاملی عبارت‌اند از: روش گام [۳۲]، روش زیونتس و والنیوس (ZW[1]) [۲۸] و سیستم بهینه‌سازی مبتنی بر رویکرد چندهدفه تعاملی غیر متمایز [۲۶]. در این مطالعه، یک رویکرد تعاملی مبتنی بر روش STEAM[2] 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 به‌صورت جداگانه به‌دست می‌آید. فرض کنید $f^*$ بردار جواب ایده‌آل $K$ مساله زیر باشد، که درآن:

$$f^* = (f_۱^*, f_۲^*, \dots, f_K^*).$$

$$f_i^* = Max\ f_i(x)$$
$$s.t.$$
$$s \in S$$

**گام۱:** فرض کنید $h$ شمارنده تکرار باشد و روی مقدار صفر تنظیم شود $(h = ۰)$. مقادیر $\pi_i$ را برای استفاده در وزن‌دهی به اهداف محاسبه کنید:

[1] Zionts-Wallenius
[2] Step Method



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

$$\pi_i = \begin{cases} \frac{f_i^* - n_i}{f_i^*}\left[\sum_{j=1}^{n} c_{ij}^2\right]^{-1/2} & f_i^* > 0 \\ \frac{n_i - f_i^*}{n_i}\left[\sum_{j=1}^{n} c_{ij}^2\right]^{-1/2} & f_i^* \le 0 \end{cases}$$

که در آن $c_{ij}$ ضرایب $i$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 نرمال‌سازی می‌کند.

**گام۲:** فرض کنید $h=h+1$ و $S^1 = S.S^{h+1} = S$ به این معنی است که فرآیند حل با ناحیه شدنی اولیه آغاز می‌شود. در این گام، مجموعه شاخص آزادسازی تهی است ($J = \varnothing$). وزن‌های نسبی را محاسبه کنید:

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

**گام۳:** مساله حداقل - حداکثر وزن‌دار زیر را حل کنید:

$$\begin{aligned} &Min \ \ \alpha \\ &s.t. \quad \alpha \ge \lambda_i^h [f_i^* - f_i(x)], i = 1,2,...,k, \\ &\quad x \in S^h, \alpha \ge 0. \end{aligned}$$

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

**گام٤:** هدف رضایت‌بخش را تعیین کنید و سپس مقدار آزادسازی $\Delta_i$ ($i \in J$) را مشخص کنید.

**گام٥:** ناحیه شدنی کاهش‌یافته را تشکیل دهید:

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

که در آن $h+1$ شمارشگر تکرار افزایش‌یافته است؛ بنابراین، $S^{h+1}$ ناحیه شدنی در تکرار $(h+1)$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 کاهش‌یافته به گام۲ بروید.

## ٤ تخصیص سفارش با استفاده از مفهوم مطلوبیت

در طول پنجاه سال ارزیابی تامین‌کنندگان، بسیاری از محققان مجموعه‌های مختلفی از معیارها را پیشنهاد کرده‌اند. ایوانز[1] [۲۵] قیمت، کیفیت و تحویل را به‌عنوان مهم‌ترین معیار برای ارزیابی تامین‌کنندگان معرفی کرد. سپس الرام[2] [۲۹] کیفیت را به دو کیفیت محصول و کیفیت خدمات تقسیم کرد و همراه با آن قیمت و زمان تحویل را برای انتخاب تامین‌کنندگان استفاده کرد. آمید[3] و همکاران [۳۰] از قیمت، کیفیت و خدمات و همچنین جدیدی[4]

[1] Evans
[2] Ellram
[3] Amid
[4] Jadidi



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

و همکاران [۳۱] از قیمت، کیفیت و زمان تحویل برای انتخاب تامین‌کننده و مدل تخصیص سفارش استفاده کردند. همان‌طور که در ادبیات موضوعی نشان‌داده‌شده 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 مشخص‌شده 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.

## ٤-۱مدل پارامتری روش پیشنهادی

**جدول۱.** نمادگذاری‌ها

| نماد | توضیحات |
|---|---|
| $k$ | شاخص برای اهداف، $k = ۱,۲, \dots, n$ |
| $n$ | 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: $f_۱$ (کمینه‌سازی کل هزینه خرید)، $f_۲$ (کمینه‌سازی تعداد کل خرابی‌ها) و $f_۳$ (کمینه‌سازی تعداد تاخیر در تحویل).

هر تابع هدف را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:

$$f_۱(x) = \sum_i^n c_i x_i$$
$$f_۲(x) = \sum_i^n q_i x_i$$
$$f_۳(x) = \sum_i^n l_i x_i$$

با استفاده از توابع تعریف‌شده در بالا، مساله بهینه‌سازی چندهدفه بادرنظرگرفتن انتخاب تامین‌کننده با تخصیص سفارش می‌تواند به‌صورت زیر فرموله شود [۳۲]:

$$Min \quad f_۱(x), f_۲(x), f_۳(x)$$
$$s.t.$$
$$\sum_i^n x_i = D$$
$$x_i \le V_i$$
$$x_i \ge ۰$$



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

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 آنجایی‌که توابع هدف اصلی باید به حداقل برسد (از نوع STB[1] [۲۴])، مطلوبیت تکی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$d_i = \begin{cases} ۱ & f_i(x) \le f_i^{*} \\ \left( \dfrac{f_i(x) - f_i^{\max}}{f_i^{*} - f_i^{\max}} \right)^r & f_i^{*} < f_i(x) < f_i^{\max} \\ ۰ & f_i(x) \ge f_i^{\max} \end{cases}$$

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 بیشینه‌کردن توابع هدف به‌صورت جداگانه به‌دست می‌آید. جدول بازدهی شامل $f_i^{max}$ و $f_i^{*}(x)$ در قالب جدول ۲ ارایه شده است. برای یک تابع نوع STB، $f_i^{max}$ به‌عنوان نقاطی با پایین‌ترین حد شناخته می‌شوند که حداکثر مقادیر از هر ستون در جدول بازدهی هستند و مقادیر ایده‌آل نیز مقادیر مورب جدول هستند.

**جدول۲.** جدول بازدهی

| بازدهی | $f_۱$ | $f_۲$ | $f_۳$ |
|---|---|---|---|
| $f_۱$ | ۱۰۵/۵ | ۱۰/۶۵ | ۷/۳۵ |
| $f_۲$ | ۱۶۴/۵ | ۶/۴۵ | ۱۰/۱ |
| $f_۳$ | ۱۲۲/۵ | ۱۰/۱۴ | ۶/۸۵ |

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

$$\begin{aligned} Max \quad & d_۱(f_۱(x), f_۲(x), f_۳(x)) \\ s.t. \quad & \sum_i^n x_i = D \\ & X_i \le V_i \\ & x_i \ge ۰ \end{aligned}$$

توابع مطلوبیت فردی $d_i$ $(i = ۱, \dots, k)$ 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 $r = ۱$ و $r = ۲$ تابع مطلوبیت را تشریح می‌کنیم.

### حالت $r = ۱$

یک روش‌گام اصلاح‌شده را برای مساله انتخاب تامین‌کننده اعمال می‌کنیم. به‌منظور ارایه نحوه عملکرد روش، با تبدیل تابع مطلوبیت از نوع خطی سروکار داریم.

[1] Smaller-The-Better



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

**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 $\underline{\lambda^h}$ 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 هنگامی‌که جواب ترجیحی پیدا نشده است، انجام بده |
| $J = \{j\}$ |
| وزن‌های نسبی $\underline{\lambda^h}$ 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 بخواهید |
| بپرسید آیا یک مقدار تابع مطلوبیت وجود دارد که بخواهید $(j)$ را آزاد کنید |
| $h \leftarrow h + ۱$ |
| 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 $r = ۱$ بسازید.

**جدول۳.** جدول بازدهی

| بازدهی | $d_۱$ | $d_۲$ | $d_۳$ |
|---|---|---|---|
| $d_۱$ | ۱ | ۰ | ۱/۶۹۲ |
| $d_۲$ | ۰ | ۱ | ۰ |
| $d_۳$ | ۱/۷۸۸ | ۰/۲۳۸ | ۱ |

بنابراین، بردار ایده‌آل و بردار مقادیر با پایین‌ترین حد به ترتیب به‌صورت $d^* = (۱,۱,۱)$ و $n^* = (۰,۰,۰)$ 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 به‌صورت زیر نشان داده می‌شوند:



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

$$\pi_1 = \frac{d_1^* - n_1}{d_1^*}[\sum_j c_{1j}^2]^{-1/2} = ۲/۱۵۸۸$$

$$\pi_2 = ۲/۶۱۵۸$$

$$\pi_3 = ۲/۳۰۳۹$$

**گام۲:** فرض کنید $h$ شمارنده تکرار باشد ($h$ را برای اولین تکرار صفر قرار دهید).

برای $h = ۰$، مجموعه شاخص آزادسازی صفر است ($J = \emptyset$).

$S^0 = S$ ناحیه شدنی اصلی. وزن‌های نسبی را محاسبه کنید:

$$\lambda_1^{h=0} = \pi_1/(\pi_1 + \pi_2 + \pi_3) = ۰/۳۰۵۰$$

$$\lambda_2^0 = ۰/۳۶۹۵$$

$$\lambda_3^0 = ۰/۳۲۵۵$$

**گام۳:** برنامه‌ریزی حداقل-حداکثر وزن‌دار را فرمول‌بندی کنید:

$$Min \quad \alpha$$

$$s.t.$$

$$\alpha \geq ۰/۳۰۵۰(۱ - d_1)$$

$$\alpha \geq ۰/۳۶۹۵(۱ - d_2)$$

$$\alpha \geq ۰/۳۲۵۵(۱ - d_3)$$

$$\sum_i^n x_i = D$$

$$x_i \leq V_i$$

$$x_i \geq ۰$$

$$\alpha \geq ۰$$

جواب به‌دست‌آمده به‌صورت $d^{0*} = \left(d_1^{0*}, d_2^{0*}, d_3^{0*}\right) = \left(۰/۴۸۶۷, ۰/۵۷۵۵, ۰/۵۱۸۱\right)$ است. فرض می‌کنیم که تصمیم‌گیرنده از جواب به‌دست‌آمده راضی نیست. به گام۴ بروید.

**گام٤:** با درخواست از تصمیم‌گیرنده، اهداف رضایت‌بخش را تعیین کنید. اگر $h = ۰$، با قراردادن $h = h + ۱$ به گام۲ بروید. فرض می‌کنیم تصمیم‌گیرنده از $d_2$ راضی است، بنابراین $d_2$ را آزاد کنید.

**تکرار اول**

**گام۲:** وزن‌های نسبی ($h = ۱, S^1 = S$) را محاسبه کنید: برای $h = ۱$، تابع هدفی که باید آزاد شود به‌صورت $d_2$ تعریف‌شده است، بنابراین $J = \{۲\}$.

براین‌اساس، وزن‌های محاسبه‌شده به‌صورت $\lambda_1^1 = \pi_1/\left(\pi_1 + \pi_3\right) = ۰/۴۸۴۷$، $\lambda_2^1 = ۰$ و $\lambda_3^1 = ۰/۵۱۶۳$ هستند.



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

**گام۳:** برنامه‌ریزی حداقل - حداکثر وزن‌دار را فرمول‌بندی کنید:

$$
\begin{aligned}
&Min \quad \alpha \\
&s.t. \quad \alpha \geq ۰/۵۳۱۷(۱-d_۲(x)) \\
&\quad \alpha \geq ۰/۴۶۸۳(۱-d_۳(x)) \\
&\quad d_۱(x) \geq (۱-\delta)d_۱^{۱*} \\
&\quad d_۲(x) \geq d_۲^{۱*} \\
&\quad d_۳(x) \geq d_۳^{۱*} \\
&\quad \sum_i^n x_i = D \\
&\quad x_i \leq V_i \\
&\quad x_i \geq ۰, \alpha \geq ۰
\end{aligned}
$$

که در آن $\delta$ نرخ آزادسازی است.

**گام٤:** بردارهای تابع مطلوبیت جدید را همان‌طور که در جدول ۴ نشان‌داده‌شده است به تصمیم‌گیرنده ارایه دهید که از او خواسته می‌شود نرخ قابل قبولی از آزادی، یعنی $d$، را انتخاب کند. برخلاف فرآیند اصلی روش‌گام، رویکرد پیشنهادی، تصمیم‌گیرنده را مجبور نمی‌کند تا مقدار مشخصی از آزادی را از یک سطح رضایت‌بخش بخواهد. سپس، جواب بهینه مربوط به نرخ انتخاب‌شده آزادی به بردار جدید مقادیر تابع مطلوبیت تبدیل می‌شود.

**جدول٤.** مقادیر تابع مطلوبیت باتوجه‌به میزان آزادی ($h = ۱$)

| $\delta = ۰/۶۰$ | $\delta = ۰/۵۰$ | $\delta = ۰/۴۰$ | $\delta = ۰/۳۰$ | $\delta = ۰/۲۰$ | $\delta = ۰/۰۰۲۵$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱/۲۸ | ۱/۲۲۸ | ۱/۱۷۸ | ۱/۱۲۶ | ۱/۰۷۴ | ۱/۰۲۲ | $d_۱$ |
| ۰/۸۰۶ | ۰/۸۶۴ | ۰/۹۲ | ۰/۹۷۸ | ۱/۰۳۶ | ۱/۰۹۴ | $d_۲$ |
| ۱/۳۲۶ | ۱/۲۷۸ | ۱/۲۳ | ۱/۱۸ | ۱/۱۳۲ | ۱/۰۸۴ | $d_۳$ |

اگر تصمیم‌گیرنده با نرخ آزادسازی انتخاب‌شده ($\delta^*$) از جواب به‌دست‌آمده رضایت داشت، در این صورت متوقف شوید. در غیراین‌صورت، قرار دهید $h = h + ۱$ و ناحیه شدنی جدید $S^{h+۱}$ را تشکیل دهید. به گام۲ بروید. فرض کنید تصمیم‌گیرنده ۲۰ درصد آزادسازی $d_۲$ را انتخاب کند.

بنابراین، جواب جدید به‌صورت $d^{۱*} = \left(۰/۵۸۹,۰/۴۶۰,۰/۶۱۵\right)$ با $f = \left(۶۱/۱۶۷,۵/۰۸۳,۳/۵۸۲\right)$ است.

لازم به ذکر است، در اینجا فرض شده است که تصمیم‌گیرنده از $d_۱$ و آزادسازی $d_۱$ راضی است.

و تکرار دوم نیز به همین صورت است.

### حالت $r = ۲$

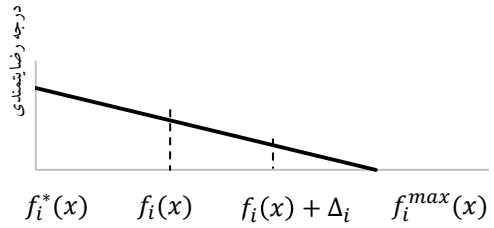
اگر پارامتر $r$ در توابع مطلوبیت برابر با ۱ نباشد، این توابع غیرخطی می‌شوند. پارامتر $r$ سهم حاشیه‌ای کاهشی را در حداکثر مطلوبیت تجمعی نشان می‌دهد. غیرخطی‌بودن تابع مطلوبیت، سرنخی برای برخورد موفقیت‌آمیز با اصول کاهش مطلوبیت حاشیه‌ای در مدل پیشنهادی فراهم می‌کند. این ویژگی همچنین در روش گام مبتنی بر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



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

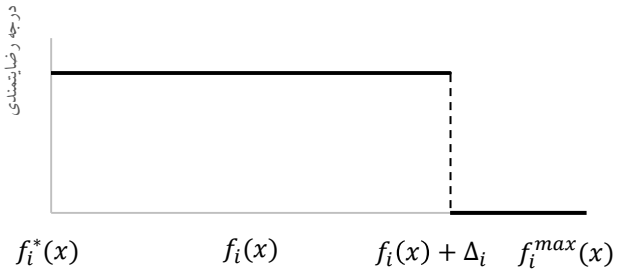
[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

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



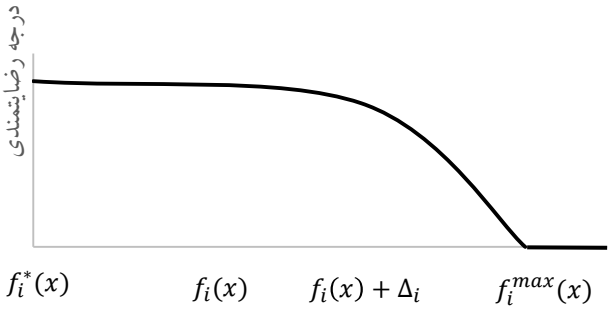

**شکل ۲.** مشارکت حاشیه‌ای ثابت

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.




**شکل٤.** تابع مطلوبیت غیرخطی.

## - مقداردهی اولیه

**گام۰:** جدول بازدهی را بر اساس توابع مطلوبیت با $r = ۲$ تشکیل دهید (جدول ۵).

**جدول۵.** جدول بازدهی $r = ۲$

| بازدهی | $d_۱$ | $d_۲$ | $d_۳$ |
|---|---|---|---|
| $d_۱$ | ۱ | ۰ | ۱/۵۹۸ |
| $d_۲$ | ۰ | ۱ | ۰/۰۲۸ |
| $d_۳$ | ۱/۴۳۲ | ۰ | ۱ |



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

بنابراین، بردار ایده‌آل و بردار نقاط با پایین‌ترین حد به ترتیب $d^* = (۱ ,۱, ۱)$ و $n^* = (۰ ,۰, ۰/۰۱۴)$ هستند.

**گام۱:** مقادیر $\pi_i$ را برای استفاده در وزن‌دهی به اهداف محاسبه کنید که به‌صورت زیر استفاده می‌شود:

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

وزن‌های تعیین‌شده به‌صورت $\pi_۱ = \pi_۲ = ۱$ و $\pi_۳ = ۰/۹۸۶$ هستند.

**گام۲:** وزن‌های نسبی را محاسبه کنید: $\lambda_۱^{'} = \lambda_۲^{'} = ۰/۳۳۴۹$ و $\lambda_۳^{'}$.

**گام۳:** برنامه‌ریزی حداقل - حداکثر وزن‌دار را حل کنید: $d^{'*} = \left(۰/۲۷۸۹,۰/۲۷۸۹,۰/۳۶۲۲\right)$.

**گام٤:** فرض می‌کنیم تصمیم‌گیرنده از $d_۲$ راضی است، بنابراین $d_۲$را آزاد کنید. به گام۲ بروید.

**- تکرار اول**

**گام۲:** محاسبه وزن‌های نسبی ($S_۱ = S$ ،$h = ۱$): برای $h = ۱$، تابع هدف به‌صورت $d_۲$، $J = \{۲\}$ تعریف‌شده است. بنابراین، وزن‌های محاسبه‌شده $\lambda_۱^{'} = ۰/۵۰۳۵$ ، $\lambda_۲^{'} = ۰$ و $\lambda_۳^{'} = ۰/۴۹۶۵$ هستند.

**گام۳:** برنامه‌ریزی حداقل - حداکثر وزنی را حل کنید و بردارهای تابع مطلوبیت جدید را با افزایش $\delta$ ارایه دهید.

**گام٤:** سپس از تصمیم‌گیرنده نرخ قابل‌قبول برای آزادی $\delta$ را بخواهید. از نتایج محاسباتی که در جدول ۶ نشان‌داده‌شده است استفاده کنید.

**جدول ٦.** تغییرات مقادیر تابع مطلوبیت باتوجه‌به میزان آزادی ($h = ۱$)

| | $\delta = ۰/۰۰۲۵$ | $\delta = ۰/۲۰$ | $\delta = ۰/۳۰$ | $\delta = ۰/۵۰$ | $\delta = ۰/۵۰$ | $\delta = ۰/۶۰$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $d_۱$ | ۰/۵۸۴ | ۰/۶۱ | ۰/۶۳۸ | ۰/۶۶۸ | ۰/۷ | ۰/۷۳۲ |
| $d_۲$ | ۰/۵۳ | ۰/۵۰۲ | ۰/۴۷۴ | ۰/۴۴۶ | ۰/۴۱۸ | ۰/۳۹ |
| $d_۳$ | ۰/۷۲۴ | ۰/۷۲۴ | ۰/۷۲۴ | ۰/۷۲۴ | ۰/۷۲۴ | ۰/۷۲۴ |

اکنون فرض کنید تصمیم‌گیرنده ۱۰٪ آزادی $d_۲$را انتخاب کند. بنابراین، یک جواب جدید $d^{'*} = (۰/۳۰۵, ۰/۲۵۱, ۰/۳۶۲)$ با $f = \left(۶۹/۲۷۱, ۴/۲۷۳, ۴/۰۷۲\right)$ 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 به‌صورت هزینه‌های خرید، کیفیت و زمان انجام



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

کار تعریف شد، سپس یک روش بهینه‌سازی چندهدفه تعاملی مبتنی بر روش گام را برای این مساله اعمال شد. با تشریح مرحله‌به‌مرحله 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 درنظرگرفته‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده همراه با نتایج حاصل از روش‌های پیشینی ارایه‌شده و براین‌اساس موردبحث قرار گرفته است. این مطالعه سعی کرده تا با بیان مکرر اطلاعات ترجیحی تصمیم‌گیرنده به طور شهودی با مفهوم مطلوبیت مواجه شود. بااین‌حال، مدل از قبل به مقدار پارامتر تابع مطلوبیت نیز برای تعیین شکل آن نیاز دارد؛ بنابراین، لازم است روشی توسعه یابد که به‌تدریج 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

نویسندگان از داوران محترم که با ارسال نقطه‌نظرات 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 foragile 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] 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. *jor 2013*; 10 (2). (In persian)



[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]
[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]

[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 systematicreview 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 supplierselection 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 problemusing a two-phase fuzzy multi-objective linear programming.*Appl. Math. Model*. 3(37), 9308–9323.
[27] Ghodsypour, 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., Ghodsypour, 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-objectiveproblems: 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.

[ Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-29 ]

[ DOI: 10.22034/20.4.131 ]