

مدل تصمیم‌گیری چندهدفه‌ی فازی جهت تخصیص سفارش به تأمین‌کننده در زنجیره‌ی تأمین چند دوره‌ی با در نظر گرفتن نرخ تورم در پارامترهای مالی

امید پورسبزی (دانشجوی کارشناسی ارشد)

علیرضا ارشادی خمسه* (استادیار)

گروه مهندسی صنایع، دانشکده‌ی فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، زمستان ۱۳۹۳ (دوره‌ی ۱ - ۳۰، شماره‌ی ۲، ص. ۱۱۹-۱۳۱)، (پادداشت‌نویس)

انتخاب تأمین‌کننده‌ی مناسب و تخصیص سفارش به آن در مدیریت زنجیره‌ی تأمین اهمیت زیادی دارد. تاکنون در مقالات علمی مختلف موارد زیادی از مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش به آنها مورد بررسی قرار گرفته که اکثر آنها به صورت تک‌پریودی بوده‌اند. تصمیم‌گیری به صورت افق زمانی چندپریودی فواید زیادی از جمله صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از تخفیف‌های ناشی از خرید در انباشت‌های بزرگ را به دنبال خواهد داشت. مدل ارائه شده برای مسئله‌ی مورد بحث به صورت چندپریودی ارائه شده که ترکیب این موضوع با نرخ تورم پریودهایی که خرید در آنها انجام می‌گیرد، باعث نزدیکی هرچه بیشتر مدل به دنیای واقعی می‌شود. آنچه در مدل چندهدفه‌ی فازی به‌عنوان معیارهای ارزیابی تأمین‌کننده ارائه شده عبارت است از هزینه، کیفیت، سطح سرویس ارائه شده و مدت زمان تحویل، که در دوران کنونی و با توجه به رقابت شدید میان سازمان‌های مختلف و بی‌ثباتی بازارهای اقتصادی، مهم‌ترین معیارهای انتخاب تأمین‌کننده هستند.

واژگان کلیدی: زنجیره‌ی تأمین، تخصیص سفارش به تأمین‌کننده، تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فازی، نرخ تورم، چنددوره‌ی.

omid.poursabzi@gmail.com
ar_arshadi@khu.ac.ir

۱. مقدمه

به دلیل تأثیر کلیدی عملکرد تأمین‌کننده‌ها بر هزینه، کیفیت، سطح سرویس‌دهی، زمان تحویل و...، در نتیجه به منظور دستیابی زنجیره‌ی تأمین به اهداف از پیش تعیین شده، «انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارشات به آنها» فعالیتی بحرانی در مدیریت تأمین‌کننده‌های یک زنجیره‌ی تأمین محسوب می‌شود. انتخاب تأمین‌کننده یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره^۱ است که تحت تأثیر چندین فاکتور ناسازگار کمی و کیفی قرار دارد. مسئول خرید باید تأمین‌کننده‌ها را براساس معیارهای مورد نظر، مورد تحلیل و بررسی جدی قرار دهد.

بسته به شرایط انجام خرید، میزان اهمیت معیارهای ارزیابی تغییر می‌کند. احساس نیاز به وزن‌دهی به معیارها نیز به همین دلیل شکل گرفته است. در یک نمونه‌ی واقعی، تصمیم‌گیرنده اطلاعات دقیق و کاملی از معیارهای تصمیم‌گیری و محدودیت‌ها در دست ندارد. در این موارد نظریه‌ی مجموعه‌های فازی یکی از بهترین ابزارها برای رویارویی با این ابهامات است. در واقع نظریه‌ی مجموعه‌های فازی به دلیل اطلاعات مبهم و غیرصریحی که در مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده وجود دارد، به کار گرفته می‌شود. تعدادی از محققین در سال ۱۹۷۰ برای تصمیم‌گیرنده

در این نوشتار وزن‌دهی به معیارها به‌گونه‌ی صورت گرفته که، بسته به شرایط و فضای حاکم بر بازار در زمان صدور سفارش، هرچه بیشتر نظر تصمیم‌گیرنده را تأمین کند.

در بخش ۲ این نوشتار به مرور ادبیات مربوطه می‌پردازیم و در بخش ۳، مدل چندهدفه‌ی فازی و شکل فرموله‌شده‌ی قطعی مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده -- که در آن اهداف اهمیت یکسان ندارند و اوزان متفاوتی به خود می‌گیرند -- ارائه می‌شود. در بخش ۴ یک مثال عددی داده شده که نتایج حاصل از آن مورد بحث قرار می‌گیرد. و در نهایت، نکات منتج از این مقاله در بخش ۵ ارائه شده است.

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۱/۹/۶، اصلاحیه ۱۳۹۲/۲/۲۳، پذیرش ۱۳۹۲/۵/۵.

۲. مرور ادبیات موضوع

در ادبیات بحث‌هایی حول موضوع انتخاب تأمین‌کننده، معیارها یا روش‌های انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش به آنها شکل می‌گیرد. ابتدا در سال ۱۹۶۶، بر پایه‌ی بررسی نظرات مدیران خرید، اهمیت ۲۳ معیار برای تأمین‌کننده شناسایی و تحلیل شد.^[۲] سپس ۷۴ ماده‌ی بحث‌برانگیز انتخاب تأمین‌کننده مورد بازبینی قرار گرفت و نشان داده شد که هزینه‌ی نگهداری و تعمیرات مهم‌ترین معیار در انتخاب تأمین‌کننده است.^[۳] همچنین نشان داده شد که مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده یک مسئله‌ی چندمعیاره است و اولویت‌بندی معیارها به شرایط انجام خرید بستگی دارد.

در سال‌های بعد، دیگر محققین در ادامه‌ی مطالعات پیشین به ترتیب ۵۱ و ۶۰ معیار برای انتخاب تأمین‌کننده شناسایی کردند.^[۴] یک بازبینی مقایسه‌ی معیارهای انتخاب تأمین‌کننده نشان داد که تعداد و وزن معیارها به استراتژی‌های مأخوذه برای انجام خرید بستگی دارد.^[۵] در سال ۱۹۷۴، برای اولین بار یک برنامه‌ریزی ریاضی برای انتخاب تأمین‌کننده در یک مورد واقعی ارائه شد.^[۶] این مدل با استفاده از برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح، قیمت تخفیف یافته کل را برای موارد تخصیص یافته به تأمین‌کننده، کمینه می‌کرد. طی این مدل یک برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح تک‌هدفه فرموله شد تا مجموع هزینه‌های موجودی، حمل و نقل و خرید را با توجه به موارد متعدد، دوره‌های زمانی متعدد، کیفیت و ظرفیت کمینه کند. سپس برای تحلیل سیستمی ارزیابی بین معیارهای ناسازگار در مسائل انتخاب تأمین‌کننده، یک رویکرد چندهدفه ارائه شد.^[۷] دیری نباید که برای کاهش تعداد تأمین‌کنندگان، طبق استراتژی بهینه‌سازی پایه‌ی تأمین، یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری توسعه داده شد.^[۸] محققین در این پژوهش از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی جامع^۲ و برنامه‌ریزی عدد صحیح استفاده کردند و محدودیت ظرفیت تأمین‌کننده و محدودیت‌های کیفیت، بودجه و... خریدار را لحاظ کردند. آنان به منظور لحاظ کردن پارامترهای کمی و کیفی همزمان در فعالیت خرید، یک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی جامع و مدل برنامه‌ریزی خطی را توسعه دادند.^[۹] عده‌ی دیگری از پژوهش‌گران به منظور کمینه‌کردن هزینه‌ها و بیشینه‌کردن قابلیت اطمینان تحویل و کیفیت در انتخاب تأمین‌کننده هنگام تخصیص مقادیر سفارش به هر تأمین‌کننده، از یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی بهره گرفتند.^[۱۰] در سال ۲۰۰۰ رویکردی مبتنی بر هزینه‌ی کل با برنامه‌ریزی ریاضی توسعه داده شد، تا انتخاب تأمین‌کننده را از دیدگاه اطلاعات هزینه‌ی فعالیت‌ها مورد بحث قرار دهند.^[۱۱] یک سال بعد یک رویکرد برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط عدد صحیح، برای کمینه‌کردن هزینه‌ی کل لجستیک که شامل هزینه‌های خرید، انبار، سفارش‌دهی و حمل و نقل می‌شد، توسعه داده شد.^[۱۲] به دلیل ابهامات موجود در اطلاعات مرتبط با پارامترها، این مدل‌های قطعی برای تعیین یک جواب مؤثر برای مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده، مناسب نیستند. در مرور ادبیات این موضوع تعداد کمی از مقالات به منظور سروکار داشتن با اطلاعات مبهم و نامشخص در مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده وجود دارند.^[۱۳-۱۷] در این مقالات برای یافتن بهترین رتبه‌بندی تأمین‌کننده‌ها، به منظور رویارویی با ابهامات ناشی از اطلاعات ناقص و اطلاعات کیفی در شرایط خرید، مدل‌های وزن‌دهی خطی ساده با شرایط فوق تطبیق داده شده است. در سال ۱۹۹۷، در مطالعه‌ی مبتنی بر رویکردهای منطق فازی،^[۱۸] مدلی توسعه داده شد که نظریه‌ی مجموعه‌های فازی را با AHP ترکیب، و برای ارزیابی تأمین‌کننده‌ها در بخش ماشین و مهندسی پیاده‌سازی کرد. در سال ۲۰۰۶ یک رویکرد مدل‌سازی بهینه‌سازی دومرحله‌ی برای حل مسائل انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش به

آنها توسعه داده شد.^[۱۹] عده‌ی براین باورند که مسئله‌ی چگونگی تخصیص مناسب سفارشات به تأمین‌کنندگان در محیط‌های دارای چندتأمین‌کننده، بسیار پیچیده‌تر از ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده در محیط‌های تک‌منبعی هستند.^[۲۰] در سال ۲۰۰۴، این موضوع مطرح شد که هم مسائل تخصیص سفارش و هم ارزیابی تأمین‌کننده هردو از جمله مسائل انتخابی‌اند.^[۲۱] ارزیابی تأمین‌کننده و روش انتخاب می‌تواند برای مسائل تخصیص سفارش با تعیین وابستگی‌های بین فعالیت‌ها، به‌ویژه در شکل محدودیت‌هایی که حق تقدم را تعریف می‌کنند، تطبیق داده شود. برخی از محققین^[۲۲] برای حل توأم مسئله‌ی تخصیص سفارش و انتخاب تأمین‌کننده، یک مدل ریاضی پیشنهاد کردند. در سال ۲۰۰۸ سه مدل هماهنگی با اثرات هماهنگی متفاوت در یک زنجیره‌ی تأمین نامتمرکز -- شامل یک سازنده‌ی تجهیزات اصلی (OEM)، یک سازنده و یک توزیع‌کننده -- که هم در تقاضا و هم در عرضه عدم قطعیت وجود داشت، توسعه داده شد.^[۲۳] در این مقاله نشان داده شد که هماهنگی با OEM چه در مدل هماهنگی OEM و سازنده، چه در مدل هماهنگی OEM و سازنده و توزیع‌کننده، احتمال برآورده سازی تقاضای رو به پایین در زنجیره^۳ تولیدکننده را بهبود بخشیده و موجب کاهش عدم قطعیت تأمین‌کننده می‌شود. مدل تجمعی مبتنی بر رویکرد استدلالی مبتنی بر مورد (CBR)^۴ که برای یک مسئله‌ی تک‌آیتم انتخاب فروشنده و تخصیص مقدار سفارش به آن در یک محیط فازی و برنامه‌ریزی ریاضی ارائه شد، مدلی بود که به بهبود عملکرد سیستم‌های معمول CBR در پوشش پارامترهای فازی در مسئله‌ی تصمیم‌گیری انتخاب فروشنده، کمک می‌کرد.^[۲۴] به منظور گنجاندن بحث پایداری در مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده، در سال ۲۰۱۰ رویکردی مبتنی بر به کارگیری سیستم خاکستری^۵ و نظریه‌ی مجموعه‌ی ناهنجار^۶ معرفی شد.^[۲۵] به منظور بررسی جزئیات بیشتر از روش‌ها و سازوکارهای مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش به آن در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰ مقالات مروری ارائه شده است.^[۲۶،۲۷]

برای مسائل چندهدفه در زنجیره‌ی تأمین، از یک مدل وزن‌دهی max-min فازی استفاده شد که نتیجه‌ی آن نشان داد که این نوع وزن‌دهی موجب تطبیق سطح دسترسی تابع هدف‌ها با اهمیت نسبی آنها می‌شود.^[۲۸] در سال ۲۰۱۱ یک مدل چندهدفه‌ی چندبرودی فازی برای تخصیص مقادیر مناسب از هر محصول به بهترین تأمین‌کننده‌های موجود در سیستم زنجیره‌ی تأمین مورد بحث، ارائه شد. مدل ارائه شده در این تحقیق به‌طور همزمان تأمین‌کننده را انتخاب و سفارش را به وی تخصیص می‌داد.^[۲۹]

در سال‌های اخیر مدل‌های زنجیره‌ی تأمین به پارامترهای زیست‌محیطی نیز توجه نشان داده‌اند. مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش به آن(ها) نیز از این رویداد مستثنی نبوده است. در سال ۲۰۱۲ گروهی از محققین هندی مدلی برای مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده ارائه کردند که علاوه بر معیارهای معمول این مسئله، پارامتری مربوط به آلودگی محیط زیست را نیز وارد این مسئله کردند و آن را به‌عنوان معیاری در گزینش تأمین‌کننده دخالت دادند. آنها در تحقیق مذکور ابتدا از AHP فازی برای وزن‌دهی به معیارها و سپس از برنامه‌ریزی خطی فازی برای یافتن جواب‌های بهینه‌ی مسئله استفاده کردند.^[۳۰]

بدیهی است وقتی بحث چندبرودی بودن و بحث‌های مالی به‌طور همزمان مطرح می‌شود، ناگزیر برای نزدیکی هرچه بیشتر مدل به واقعیت، باید بحث ارزش زمانی پارامترهای مالی را نیز به نوعی وارد مسئله کرد و این که پارامترهای مالی در طول زمان ثابت فرض شوند فرضی خلاف واقع است. با توجه به ادبیات مربوط به موضوع مورد بررسی مسائل چندبرودی بررسی شده در این حوزه، بحثی از سازوکاری که بتواند پارامترهای مالی را طی زمان به‌روز کند نبوده است. از طرفی با

\tilde{C}_{ijk} : ظرفیت فازی تأمین‌کننده j برای انواع محصولات تأمین شده در دوره k از افق برنامه‌ریزی؛

M_{jk} : هزینه‌ی که هر سازمان مشتری باید بابت صدور هر بار سفارش در دوره k به تأمین‌کننده j بپردازد؛

\tilde{R}_{ijk} : درصد ریسک فازی هر واحد محصول نوع i که از تأمین‌کننده j در دوره k از افق برنامه‌ریزی تهیه می‌شود؛

$\tilde{T}R_{ijk}$: کل ریسک فازی مورد قبول برای هر واحد محصول نوع i در دوره k از افق برنامه‌ریزی؛

FR_{jk} : نرخ تورم تأمین‌کننده j در دوره k از افق برنامه‌ریزی؛

α, β : مقدار عددی بزرگ؛

N : تعداد تأمین‌کننده‌ها؛

M : انواع محصول موجود در زنجیره‌ی تأمین مورد بررسی؛

T : طول افق برنامه‌ریزی ($k = 1, \dots, T$).

ب) متغیرهای تصمیم

X_{ijk} : تعداد واحد محصول نوع i که از تأمین‌کننده j در دوره k از افق برنامه‌ریزی تأمین می‌شود.

Z_{ijk} : اگر محصول نوع i در دوره k از تأمین‌کننده j تأمین شود، مقدار یک را به خود می‌گیرد.

Y_{jk} : اگر در دوره k محصولی از تأمین‌کننده j تهیه شود مقدار ۱ گرفته و در غیر این صورت صفر است.

ج) فرضیات مدل

در مدل پیشنهادی در این مطالعه، فرضیات اصلی عبارت‌اند از:

-- معیارهای مالی در دوره‌های مختلف متناسب با نرخ تورم دوره تغییر خواهد یافت؛

-- در طول افق زمانی تقاضاها باید برآورده شوند بدون هرگونه کمبود یا تخطی از ظرفیت تأمین‌کننده‌ها؛

-- هزینه‌ی سفارش‌دهی یک بار در هر پریود پرداخت می‌شود (در واقع به‌ازای کل محصولات تأمین‌شده از یک تأمین‌کننده در هر بار صدور سفارش، یک بار هزینه‌ی سفارش‌دهی پرداخت می‌شود)؛

-- تقاضای مربوط به هر کالا در هر پریود می‌تواند از چند تأمین‌کننده تأمین شود (البته اگر با توجه به پارامترهای مالی از نظر مدل تصمیم‌گیری این کار مقرون به صرفه باشد).

یک مدل پیشنهادی برای خرید چند نوع محصول از یک شبکه‌ی چندمنبعی عبارت است از:

$$\min z_1 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^T \tilde{P}_{ij} \prod_{t=1}^k (1 + FR_{jt}) X_{ijk} + \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^T M_{jk} \prod_{t=1}^k (1 + FR_{jt}) \gamma_{jk} \quad (4)$$

$$\max z_2 = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^T \sum_{i=1}^M \tilde{F}_{ijk} X_{ijk} \quad (5)$$

$$\max z_3 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^T \tilde{S}_{ijk} X_{ijk} \quad (6)$$

توجه به ویژگی‌های پارامتر تورم و تأثیرات ملموس آن در اقتصاد هر جامعه، به نظر می‌رسد آنچه که می‌تواند این به‌روزرسانی را به‌خوبی هرچه تمام‌تر انجام دهد، «نرخ تورم» است که در این مقاله مورد بحث قرار می‌گیرد.

۳. مدل چندهدفه‌ی انتخاب تأمین‌کننده

یک مدل عمومی چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کننده می‌تواند چنین بیان شود: [۹]

$$\text{Min } Z_1, Z_2, \dots, Z_k \quad (1)$$

$$\text{Max } Z_{k+1}, Z_{k+2}, \dots, Z_p \quad (2)$$

$$x \in X_d, \quad X_d = \{x | g_s(x) \leq b_s, \quad s = 1, 2, \dots, m\} \quad (3)$$

به‌طوری که تابع هدف‌های Z_1, \dots, Z_p از نوع هدف‌های منفی یا معیارهایی است که باید کمینه شوند، مانند: هزینه، مدت زمان تحویل و... توابع Z_{k+1}, \dots, Z_p نیز از نوع هدف‌های مثبت یا معیارهایی هستند که باید بیشینه شوند، مانند: کیفیت، سود، خدمات پس از فروش و... X_d مجموعه‌ی از جواب‌های شدنی مسئله است که مجموعه محدودیت‌های سیستمی و خط مشی را ارضا می‌کند.

روشن است که مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده، یک مسئله‌ی بهینه‌سازی است که در آن می‌توان معیارهایی کمی یا کیفی در نظر گرفت. در نهایت یادآور می‌شویم که تعداد و وزن معیارهای مورد نظر در مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده کاملاً به استراتژی اتخاذ شده برای انجام فرایند خرید و برهه‌ی زمانی که در آن خرید انجام می‌گیرد وابسته است.

در سال ۲۰۱۱ یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط چندهدفه‌ی چندپریودی فازی برای تخصیص مقادیر مناسب از هر محصول به بهترین تأمین‌کننده‌های موجود در سیستم زنجیره‌ی تأمین مورد بحث، ارائه شد که اهداف مد نظر آن هزینه، سطح کیفیت و ریسک سیستم بود. [۹] آنچه در این مقاله به‌عنوان معیارهای انتخاب تأمین‌کننده مورد بررسی قرار گرفته عبارت است از: هزینه‌ی شبکه، کیفیت، سطح سرویس و زمان تحویل، که با توجه به شرایط خاص حاکم بر فضای بازارهای اقتصادی دنیای امروز و رقابت شدید موجود بین سازمان‌های فعال در این بازارها انتخاب شده‌اند.

۱.۳. معرفی پارامترها و فرضیات مسئله

الف) پارامترهای مدل

\tilde{D}_i : تقاضای فازی محصول نوع i در افق برنامه‌ریزی؛

\tilde{d}_{ik} : تقاضای فازی محصول نوع i در دوره k از افق برنامه‌ریزی؛

\tilde{P}_{ijk} : هزینه‌ی فازی تهیه‌ی هر واحد محصول نوع i از تأمین‌کننده j در دوره k از افق برنامه‌ریزی؛

\tilde{F}_{ijk} : درصدی از سطح کیفیت فازی محصول نوع i که از تأمین‌کننده j در دوره k از افق برنامه‌ریزی تأمین می‌شود؛

\tilde{S}_{ijk} : سطح سرویس فازی ارائه‌شده توسط تأمین‌کننده j در دوره k برای هر واحد محصول نوع i (سطح سرویس مواردی نظیر قابلیت اطمینان محموله، مسئول بودن در قبال تعویض، توسعه‌ی تولیدات و توانایی و صلاحیت سازمان‌دهی و مالی)؛

\tilde{T}_{ijk} : زمان تحویل فازی تأمین‌کننده j برای هر محموله از محصول نوع i در دوره k از افق برنامه‌ریزی (این زمان مربوط به کل محموله‌ی محصول نوع i است که از تأمین‌کننده j تهیه شده، نه هر واحد از محصول نوع i)؛

شده‌اند و برای تصمیم‌گیرنده‌ی که مجبور به انتخاب یکی از گزینه‌هاست آن‌ها را با هم مقایسه کرده و نتایج این مقایسه را ارائه می‌دهد. روش‌های متعددی برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره وجود دارد، نظیر: وزن‌دهی نمایی متعدد (MEW)، تکنیک ترتیب‌بندی سفارش‌دهی به‌وسیله‌ی شبیه‌سازی جواب ایده‌آل (TOPSIS)، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و... در این روش‌ها برای قضاوت در مورد یک موضوع، عددی غیر واقعی تعیین می‌شود (عدد معرفی‌شده توسط این روش‌ها به‌عنوان عدد آخر، قضاوت را غیر واقعی می‌کند)، به‌خصوص زمانی که اطلاعات مبهم و غیر صریح باشند. در یک نمونه‌ی واقعی، ما معمولاً اطلاعات دقیق و کامل مرتبط با معیار(های) تصمیم یا محدودیت‌ها در اختیار نداریم، به‌عبارت دیگر اطلاعات جمع‌آوری شده نمی‌تواند به‌صورت قطعی رفتار کنند و این اطلاعات در عالم واقعیت ذاتاً ماهیت فازی دارند.

در میان تکنیک‌های مختلف موجود برای تصمیم‌گیری چندمعیاره، برنامه‌ریزی خطی فازی (FLP) برای فرمول‌بندی مدل پیشنهادی انتخاب شده است؛ چرا که مدل‌های برنامه‌ریزی خطی علاوه بر ساده بودن، احتمال فرمول‌کردن سریع مسائل در اندازه‌های متفاوت را بالا می‌برند و جواب حاصل از آن نیز بهینه است. مسائل برنامه‌ریزی خطی ۱-۳ با اهداف فازی، چنین نشان داده می‌شوند:

$$\tilde{z}_k = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N C_{kij} \cdot X_{ij} \leq \sim Z_k^0, \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (15)$$

$$\tilde{z}_l = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N C_{lij} \cdot X_{ij} \geq \sim Z_l^0, \quad l = p + 1, 2, \dots, q \quad (16)$$

Subject to :

$$g_s(x) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a_{sij} \cdot X_{ij} \leq b_s, \quad s = 1, 2, \dots, w \quad (17)$$

$$X_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, M, \quad j = 1, \dots, N \quad (18)$$

پارامترهای، C_{kij} ، C_{lij} ، a_{sij} و b_s مقادیر قطعی به خود می‌گیرند. علامت \sim اشاره به محیط فازی دارد. علامت‌های $\leq \sim$ و $\geq \sim$ اشاره به نوع فازی علائم \leq و \geq دارند. Z_k^0 و Z_l^0 مقادیری آرمانی‌اند که تصمیم‌گیرنده خواهان دست‌یابی به آنهاست.

با توجه به آنچه که در رویکرد برنامه‌ریزی فازی برای حل مسائل برنامه‌ریزی چندمعیاره‌ی فازی توسعه داده شده (همانند آنچه که در روابط ۱۵ تا ۱۸ مشاهده می‌شود)، تابع هدف‌های Z_j ، $j = 1, \dots, q$ از طریق مجموعه‌های فازی (شکل ۱) تابع عضویت‌شان به‌طور خطی از صفر تا ۱ افزایش می‌یابد. در این رویکرد تابع عضویت اهداف با جداسازی هر یک از توابع در بین مقادیر کمینه و بیشینه خود، فرمول‌بندی شده است. تابع عضویت اهداف مثبت -- یعنی اهدافی که بیشینه می‌شوند (Z_k^0) -- و اهداف منفی -- یعنی اهدافی که کمینه می‌شوند (Z_l^0) -- به ترتیب به‌صورت روابط ۱۹ و ۲۰ نشان داده می‌شوند.

$$\mu_{zk}(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } z_k < z_k^{\min} \\ f_{\mu_{zk}} = \frac{z_k(x) - z_k^{\min}}{z_k^{\max} - z_k^{\min}} & \text{for } z_k^{\min} \leq z_k(x) < z_k^{\max} \\ 1 & \text{for } z_k \geq z_k^{\max} \end{cases} \quad (19)$$

$$\min z_\tau = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^T \tilde{T}_{ijk} Z_{ijk} \quad (7)$$

Subject to :

$$\sum_{j=1}^N X_{ijk} \leq \tilde{d}_{ik}, \quad i = 1, \dots, M, \quad k = 1, \dots, T \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^M X_{ijk} \leq \tilde{C}_{jk}, \quad j = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, T \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^N \tilde{R}_{ijk} X_{ijk} \leq \widehat{TR}_i * \tilde{d}_{ik} \quad i = 1, \dots, M, \quad k = 1, \dots, T \quad (10)$$

$$X_{ijk} \leq \alpha \cdot Z_{ijk}, \quad i = 1, \dots, M, \quad j = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, T \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^M Z_{ijk} \leq \beta \cdot Y_{jk}, \quad j = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, T \quad (12)$$

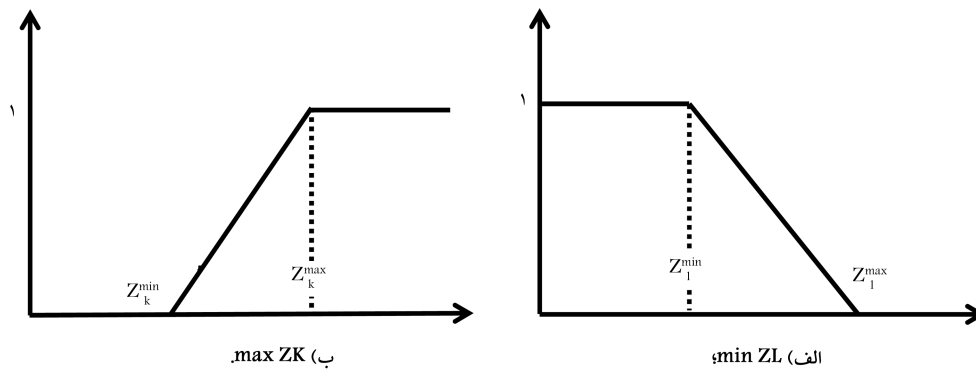
$$X_{ijk} \geq 0, \quad i = 1, \dots, M, \quad j = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, T \quad (13)$$

$$Y_{jk}, Z_{ijk} = \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, M, \quad j = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, T \quad (14)$$

تابع هدف‌های این مسئله به ترتیب عبارت‌اند از: رابطه ۴ هزینه‌ی شبکه (آنچه در هدف اول دیده می‌شود و در واقع یکی از نکات اصلی تفاوت این مدل با سایر مدل‌های موجود در بحث تخصیص سفارش به تأمین‌کننده شده است، به دلیل نگاه چندپرویی به این مسئله است که در نتیجه چنین دیدی از مسئله‌ی ورود نرخ تورم به‌عنوان یک عامل بسیار مهم و به نوعی می‌توان گفت که مهم‌ترین عامل، امری منطقی بوده مدل را هرچه بیشتر به واقعیات موجود در مورد مسئله‌ی تخصیص چندپرویی نزدیک‌تر می‌کند)، رابطه ۵ کیفیت، رابطه ۶ سطح سرویس، رابطه‌ی ۷ زمان تحویل به‌گونه‌ی فرمول‌بندی شده‌اند که، هزینه‌های پولی و مدت زمان تحویل محموله در زنجیره را کمینه، و کیفیت و سطح سرویس کل را بیشینه کنند. مجموعه محدودیت‌های ۸ متضمن ارضای تقاضای مشتری در هر دوره است و مجموعه محدودیت‌های ۹ بدان معناست که کل تقاضای ارضا شده برای انواع محصولات توسط تأمین‌کننده‌ی Z در هر دوره، نباید متجاوز از ظرفیت آن در دوره‌ی مورد نظر باشد. محدودیت‌های ۱۰ برای اطمینان خاطر مشتری از ارضای خواسته‌ی او مبنی بر کم‌تر بودن ریسک محموله‌های دریافتی از حد مجاز مورد قبول وی، در مدل گنجانده شده است. محدودیت‌های ۱۱ با توجه به این که مدت زمان تحویل برای محموله‌هایی از هر نوع محصول است نه هر واحد محصول، در مدل گنجانده شده است. محدودیت‌های ۱۲ بدان معناست که تأمین حتی یک واحد از هر کدام از انواع محصولات مورد نظر از هر کدام از تأمین‌کننده‌ها، مستلزم پرداخت هزینه‌ی سفارش‌دهی است. محدودیت‌های ۱۳ مانع از پذیرش مقادیر سفارشی منفی شده و محدودیت‌های ۱۴ بیانگر صفر و ۱ بودن متغیر Y_{jk} است، بدین معنی که یا برای تهیه محصول(هایی) به تأمین‌کننده‌ی Z سفارش صادر می‌شود ($Y_{jk} = 1$) یا هیچ محصولی از تأمین‌کننده‌ی Z تهیه نمی‌شود ($Y_{jk} = 0$). حالت سوم وجود ندارد.

۲.۳. مفهوم تصمیم‌گیری چندمعیاره

تصمیم‌گیری چندمعیاره نمایانگر مجموعه‌ی متناهی از گزینه‌هایی است که براساس مجموعه‌ی متناهی از معیارها و مشخصه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و رتبه‌بندی



شکل ۱. تابع هدف به عنوان عدد فازی.

$$\sum_{j=1}^q W_j = 1, \quad W_j \geq 0 \quad (30)$$

بازنویسی مدل اصلی این مسئله براساس روابط ۲۵ تا ۳۰ عبارت خواهد بود از:

$$\max z = w_1 \cdot \lambda_1 + w_2 \cdot \lambda_2 + w_3 \cdot \lambda_3 + w_4 \cdot \lambda_4 \quad (31)$$

Subject to :

$$\lambda_1 \leq f_{\mu_{z_1}} \quad (32)$$

$$\lambda_2 \leq f_{\mu_{z_2}} \quad (33)$$

$$\lambda_3 \leq f_{\mu_{z_3}} \quad (34)$$

$$\lambda_4 \leq f_{\mu_{z_4}} \quad (35)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ijk} \geq \tilde{d}_{ik}, \quad i = 1, \dots, M, \quad k = 1, \dots, T \quad (36)$$

$$\sum_{i=1}^M X_{ijk} \leq \tilde{C}_{jk}, \quad j = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, T \quad (37)$$

$$\sum_{j=1}^N \tilde{R}_{ijk} X_{ijk} \leq \tilde{TR}_i * \tilde{d}_{ik} \quad i = 1, \dots, M, \quad k = 1, \dots, T \quad (38)$$

$$X_{ijk} \leq \alpha \cdot \gamma_{ijk}, \quad j = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, T \quad (39)$$

$$\sum_{i=1}^M Z_{ijk} \leq \alpha \cdot Y_{jk}, \quad j = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, T \quad (40)$$

$$X_{ijk} \geq 0, \quad i = 1, \dots, M, \quad j = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, T \quad (41)$$

$$Y_{jk} = \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, T \quad (42)$$

$$\lambda_j \in [0, 1], \quad j = 1, \dots, 4 \quad (43)$$

۳.۳. محاسبه وزن تابع هدفها

اینک یافتن اوزان اهداف مسئله ضروری است. برای تخصیص وزنهایی به اهداف، روشهای مختلفی وجود دارد که در اینجا برای انجام این کار نوعی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) به کار رفته است. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) چارچوبی برای رویارویی با شرایط چندمعیاری فراهم می‌کند که هم جنبه‌های کیفی و هم جنبه‌های کمی را در بر می‌گیرد. این فرایند برای مدیران به‌آسانی قابل فهم و

$$\mu_{z_l}(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } z_l < z_l^{\min} \\ f_{\mu_{z_l}} = \frac{z_l^{\max} - z_l(x)}{z_l^{\max} - z_l^{\min}} & \text{for } z_l^{\min} \leq z_l(x) < z_l^{\max} \\ 0 & \text{for } z_l \geq z_l^{\max} \end{cases} \quad (20)$$

مقادیر (Z_k^{\min}, Z_k^{\max}) و (Z_l^{\min}, Z_l^{\max}) از حل مسئله‌ی چندهدفه به صورت یک مسئله‌ی تک‌هدفه و هر بار با یک هدف خاص، برای تابع هدفهای مختلف به دست می‌آید. (Z_k^{\min}, Z_k^{\max}) به ترتیب مقدار بهینه‌ی تابع هدف مثبت و بدترین مقدار مورد انتظار برای آن است. همچنین (Z_k^{\min}, Z_k^{\max}) به ترتیب بدترین مقدار مورد انتظار (بیشترین مقدار) و مقدار بهینه (کمترین مقدار) را برای تابع هدف منفی، به خود اختصاص می‌دهند.

حال که توابع عضویت اهداف را داریم، مدلی که در قالب روابط ۱۵ تا ۱۸ نوشته شده بود، به صورت روابط ۲۱ الی ۲۴ بازنویسی است:

$$\max \sum_{j=1}^q w_j \cdot \mu_{z_j}(x) \quad (21)$$

Subject to :

$$g_r(x) = b_r, \quad r = 1, \dots, w \quad (22)$$

$$X_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, M, \quad j = 1, \dots, N \quad (23)$$

$$\sum_{j=1}^q W_j = 1, \quad W_j \geq 0 \quad (24)$$

W_j در مدل فوق، اهمیت نسبی هدف z_j را در میان اهداف فازی نشان می‌دهد. مدل برنامه‌ریزی تک‌هدفه‌ی زیر (روابط ۲۵ تا ۳۰) که در آن λ_j درجه ارضای محدودیت مربوط به معیار z_j نشان داده شده است، معادل با مدل ارائه شده فوق است:

$$\max \sum_{j=1}^q w_j \cdot \lambda_j \quad (25)$$

Subject to :

$$\lambda_j \leq \mu_{z_j}(x), \quad j = 1, \dots, q \quad (26)$$

$$g_r(x) = b_r, \quad r = 1, \dots, w \quad (27)$$

$$\lambda_j \in [0, 1], \quad j = 1, \dots, q \quad (28)$$

$$X_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, M, \quad j = 1, \dots, N \quad (29)$$

جدول ۱. جدول تصمیم‌گیری دربارهی تابع هدف‌ها.

ردیف	هزینه	کیفیت	سرویس	زمان تحویل	تصمیم
۱	۱	۲	۲	۱	۱
۲	۱	۲	۲	۲	۱
۳	۱	۲	۲	۳	۰
۴	۱	۲	۳	۱	۱
۵	۱	۲	۳	۲	۰
۶	۱	۲	۳	۳	۰
۷	۱	۳	۲	۱	۱
۸	۱	۳	۲	۲	۰
۹	۱	۳	۲	۳	۰
۱۰	۱	۳	۳	۱	۰
۱۱	۱	۳	۳	۲	۰
۱۲	۱	۳	۳	۳	۰
۱۳	۲	۲	۲	۱	۱
۱۴	۲	۲	۲	۲	۱
۱۵	۲	۲	۲	۳	۰
۱۶	۲	۲	۳	۱	۱
۱۷	۲	۲	۳	۲	۰
۱۸	۲	۲	۳	۳	۰
۱۹	۲	۳	۲	۱	۱
۲۰	۲	۳	۲	۲	۰
۲۱	۲	۳	۲	۳	۰
۲۲	۲	۳	۳	۱	۰
۲۳	۲	۳	۳	۲	۰
۲۴	۲	۳	۳	۳	۰
۲۵	۳	۱	۱	۱	۱
۲۶	۳	۱	۱	۲	۱
۲۷	۳	۱	۱	۳	۰
۲۸	۳	۱	۲	۱	۱
۲۹	۳	۱	۲	۲	۱
۳۰	۳	۱	۲	۳	۰
۳۱	۳	۲	۲	۱	۰
۳۲	۳	۲	۲	۲	۰
۳۳	۳	۲	۲	۳	۰
۳۴	۳	۲	۳	۱	۰
۳۵	۳	۲	۳	۲	۰
۳۶	۳	۲	۳	۳	۰
۳۷	۳	۳	۲	۱	۰
۳۸	۳	۳	۲	۲	۰
۳۹	۳	۳	۲	۳	۰

پیاده‌سازی در تصمیم‌گیری هاست. ساختار سلسله‌مراتبی به کار رفته در فرمول‌بندی مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، می‌تواند همهی اعضای تیم ارزیابی را قادر به تجسم مسئله به صورت سیستمی در شرایط معیارها و زیرمعیارهای مربوطه سازد. بنابراین با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، تیم ارزیابی می‌تواند به صورت سیستمی معیارها و زیرمعیارها را مقایسه، و اوزان آنها را تعیین کند. لذا اطلاعات تیم می‌تواند ضمن ارزیابی و مقایسه‌ی مؤثر چندین تأمین‌کننده، تأمین‌کننده(های) مناسب را برای تخصیص سفارش به آنها انتخاب کند. اندازه‌های مربوط به مقایسات زوجی که مبتنی بر درک شخصی افراد است، بر اساس مقیاس ۱-۹ ساعتی است. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) می‌تواند مشخصه‌های تصمیم‌گیرنده را در مسائل واقعی تصمیم‌گیری منعکس کند. اما مقایسات زوجی ممکن است بر اساس نظرات مغرضانه‌ی ارزیاب باشد. ارزیابی مغرضانه، باعث تناقض تصمیمات اتخاذشده از ماتریس مقایسه‌ی برای قضاوت می‌شود. در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، وزن گزینه‌ها به وسیله‌ی روش بردار ویژه (EV)^۶ از ماتریس مقایسات زوجی محاسبه می‌شود. یکی از خصوصیات روش EV، تعیین شاخص ثبات (CI)^۸ است که بیانی عددی از اختلاف بین روش EV و ماتریس مقایسه‌ی داده شده است. اگر مقدار CI نسبتاً بزرگ باشد، توصیه می‌شود نرخ‌های مقایسات زوجی داده شده توسط تصمیم‌گیرنده تعدیل شود. برای حل مشکل ارزیابی مغرضانه در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، می‌توان از مفهوم اهمیت مشخصه در نظریه‌ی مجموعه‌های ناهنجار استفاده کرد.^۹ برای این کار می‌توان یک جدول تصمیم مانند جدول ۱ برای تصمیم‌گیری تیم ارزیابی تنظیم کرد. ابتدا معیارها در یک مقیاس سه‌نقطه‌ی رتبه‌بندی می‌شوند، مثلاً مقادیر ۱، ۲ و ۳ که برای هزینه و زمان تحویل به ترتیب مربوط به «زیاد»، «متوسط» و «کم» هستند و برای اهداف کیفیت و سطح سرویس، به ترتیب به «ضعیف»، «متوسط» و «خوب» مربوط است. حال جدولی وجود دارد که در آن ترکیبات مختلف نرخ معیارها لیست شده است. در جدول مذکور ۳۹ حالت ذکر شده که برای تصمیم‌گیری به تیم ارزیابی داده می‌شود. عدد «۱» در ستون تصمیم به پذیرش شرایط انجام این خرید توسط تیم ارزیابی اشاره دارد، و عدد صفر در ستون مذکور، به معنی غیرقابل پذیرش بودن شرایط برای تیم ارزیابی جهت انجام خرید است. از این رو ضریب اهمیت معیارها برای مسئله‌ی موجود چنین تعیین می‌شود:

جدول در اصل ۶۴ حالت دارد $(the\ number\ of\ objectives^{state} = 64)$ ولی می‌توان قبل وارد شدن برخی از این حالات به فضای حل مسئله و انجام محاسبات آن، آنها را با توجه به دلایل منطقی و کاملاً روشن حذف کرد، مثلاً حالتی که همهی اهداف در حالت سوم خود هستند. واضح است که هزینه‌ی سطح سرویس و کیفیت بالاتر و زمان تحویل کم‌تر پرداخت می‌شود و در این حالت هزینه بیشینه است، ولی بقیه‌ی معیارها بدترین مقادیر خود را اختیار کرده‌اند که امکان وقوع چنین حالتی معادل صفر است. روابط و مراحل مربوط به محاسبات وزن اهداف در پیوست به‌طور کامل بررسی شده است. با توجه به محاسبات مندرج در پیوست، وزن‌های مربوط به اهداف مسئله عبارت‌اند از: $w_1 = 0.20$ ، $w_2 = 0.25$ ، $w_3 = 0.15$ و $w_4 = 0.40$ که به ترتیب به هزینه، کیفیت، سطح سرویس و مدت زمان تحویل مربوط می‌شوند.

شرکت واسطی را در نظر بگیرید که برای پاسخ‌گویی به تقاضای مشتریان خود مبنی بر تأمین برخی از اقلام مورد نیازشان، می‌خواهد بعد از انتخاب تأمین‌کننده‌های مناسب از بین چهار تأمین‌کننده‌ی موجود، تأمین اقلام مورد نیاز مشتریان را -- که در واقع شکل‌دهنده‌ی تقاضای خود شرکت است -- به آنها محول کند. تأمین‌کننده‌های این شرکت از ۴ کشور مختلف‌اند که این موضوع باعث تفاوت در نرخ‌های تورم

۴. مثال عددی

به‌منظور تعیین اعتبار مدل پیشنهادی در مقاله، یک مثال طراحی و اجرا شده است:

براساس نرخ تورم سال سپری شده به‌روزرسانی شده و سپس در روش حل موجود به کار گرفته شود. این در حالی است که اگر قرار بود مطابق فرضیات مسائلی که تاکنون حل شده عمل شود باید همان قیمت برای تصمیم‌گیری در سال(های) آینده نیز به کار رود. نرخ تورم برای تأمین‌کننده‌های مختلف برابر است با:

$$FR_1 = 7.5\%, \quad FR_2 = 6.3\%, \quad FR_3 = 8.2\%, \\ FR_4 = 9.4\%$$

مقادیر مورد نیاز برای محاسبه‌ی تابع عضویت برای اهداف مختلف -- که از حل

و مدت زمان تحویل برای تأمین‌کننده‌های مذکور شده است. معیارهای مورد نظر برای ارزیابی تأمین‌کنندگان به‌منظور انتخاب بهترین‌ها و تخصیص سفارشات به آنها عبارت است از: هزینه‌ی شبکه، کیفیت، سطح سرویس‌دهی و مدت زمان تحویل سفارشات و ریسک محصولات که مقادیر مربوط به آنها و سایر اطلاعات مورد نیاز مسئله در جداول ۲ تا ۸ به صورت اعداد فازی مثلثی ارائه شده است. قیمت‌های موجود (اطلاعات جدول ۲ و اطلاعات مربوط به مقادیر M_jk در جدول ۸) مربوط به سال قبل است که آخرین خرید در آن انجام شده است. چنانچه بخواهیم برای تصمیم‌گیری در سال جاری از این اطلاعات استفاده کنیم، طبق فرض مسئله باید

جدول ۲. هزینه‌ی فازی تأمین‌کننده‌ی محصول از زامین تأمین‌کننده.

محصول	تأمین‌کننده			
	$j = 4$	$j = 3$	$j = 2$	$j = 1$
$i = 1$	(۲, ۲, ۴)	(۲, ۲, ۴)	(۲, ۲, ۴)	(۲, ۲۵, ۲, ۲۵, ۴, ۲۵)
$i = 2$	(۲, ۲, ۴)	(۱, ۷۵, ۱, ۷۵, ۳, ۷۵)	(۱, ۵, ۱, ۵, ۳, ۵)	(۱, ۵, ۱, ۵, ۳, ۵)
$i = 3$	(۱, ۱, ۳)	(۱, ۱, ۳)	(۱, ۱, ۳)	(۱, ۱, ۳)
$i = 4$	(۱, ۵, ۱, ۵, ۳, ۵)	(۲, ۵, ۲, ۵, ۴, ۵)	(۲, ۵, ۲, ۵, ۴, ۵)	(۲, ۲, ۴)
$i = 5$	(۱, ۲۵, ۱, ۲۵, ۳, ۲۵)	(۱, ۱, ۳)	(۱, ۱, ۳)	(۱, ۲۵, ۱, ۲۵, ۳, ۲۵)

جدول ۳. کیفیت فازی تأمین‌کننده‌ی z برای محصول i .

محصول	تأمین‌کننده			
	$j = 4$	$j = 3$	$j = 2$	$j = 1$
$i = 1$	(۰, ۴, ۰, ۶, ۰, ۸)	(۰, ۷, ۰, ۹, ۱)	(۰, ۳, ۰, ۵, ۰, ۷)	(۰, ۵, ۰, ۷, ۰, ۹)
$i = 2$	(۰, ۴, ۰, ۶, ۰, ۸)	(۰, ۷, ۰, ۹, ۱)	(۰, ۵, ۰, ۷, ۰, ۹)	(۰, ۶, ۰, ۸, ۰, ۸)
$i = 3$	(۰, ۶, ۰, ۸, ۰, ۸)	(۰, ۲, ۰, ۲, ۰, ۴)	(۰, ۷, ۰, ۹, ۱)	(۰, ۵, ۰, ۷, ۰, ۹)
$i = 4$	(۰, ۵, ۰, ۷, ۰, ۹)	(۰, ۳, ۰, ۵, ۰, ۷)	(۰, ۱, ۰, ۳, ۰, ۵)	(۰, ۴, ۰, ۶, ۰, ۸)
$i = 5$	(۰, ۷, ۰, ۹, ۱)	(۰, ۲, ۰, ۴, ۰, ۶)	(۰, ۶, ۰, ۸, ۰, ۸)	(۰, ۴, ۰, ۶, ۰, ۸)

جدول ۴. سطح سرویس ارائه شده توسط تأمین‌کننده‌ی z در تأمین محصول i .

محصول	تأمین‌کننده			
	$j = 4$	$j = 3$	$j = 2$	$j = 1$
$i = 1$	(۰, ۶۵, ۰, ۷, ۰, ۷۵)	(۰, ۷۵, ۰, ۸۵, ۰, ۹۵)	(۰, ۷۰, ۰, ۸۰, ۰, ۹۰)	(۰, ۷۵, ۰, ۸۰, ۰, ۸۵)
$i = 2$	(۰, ۷۵, ۰, ۸۰, ۰, ۸۵)	(۰, ۶۰, ۰, ۶۵, ۰, ۷۰)	(۰, ۶۵, ۰, ۷۰, ۰, ۷۵)	(۰, ۶۵, ۰, ۷۵, ۰, ۸۵)
$i = 3$	(۰, ۸۰, ۰, ۸۵, ۰, ۹۰)	(۰, ۶۵, ۰, ۷۵, ۰, ۸۵)	(۰, ۷۰, ۰, ۸۰, ۰, ۹۰)	(۰, ۸۰, ۰, ۸۵, ۰, ۹۰)
$i = 4$	(۰, ۷۲, ۰, ۷۵, ۰, ۷۸)	(۰, ۷۲, ۰, ۸۰, ۰, ۸۸)	(۰, ۷۲, ۰, ۷۷, ۰, ۸۲)	(۰, ۶۹, ۰, ۷۹, ۰, ۸۹)
$i = 5$	(۰, ۸۵, ۰, ۹۰, ۰, ۹۵)	(۰, ۸۵, ۰, ۹۰, ۰, ۹۵)	(۰, ۷۵, ۰, ۸۰, ۰, ۸۵)	(۰, ۸۰, ۰, ۸۵, ۰, ۹۰)

جدول ۵. زمان تحویل فازی تأمین‌کننده‌ی z برای تأمین محصول i .

محصول	تأمین‌کننده			
	$j = 4$	$j = 3$	$j = 2$	$j = 1$
$i = 1$	(۰, ۷۵, ۰, ۸۰, ۰, ۸۵)	(۰, ۷۰, ۰, ۷۵, ۰, ۸۰)	(۰, ۷۵, ۰, ۸۰, ۰, ۸۵)	(۰, ۸۰, ۰, ۸۵, ۰, ۹۰)
$i = 2$	(۰, ۷۵, ۰, ۸۰, ۰, ۸۵)	(۱, ۱, ۳, ۱, ۶)	(۱, ۱, ۲, ۱, ۵)	(۱, ۱, ۱, ۱, ۵)
$i = 3$	(۱, ۵, ۱, ۷۵, ۲)	(۱, ۲۵, ۱, ۵, ۱, ۷۵)	(۱, ۲۵, ۱, ۵, ۱, ۷۵)	(۱, ۲۵, ۱, ۵, ۱, ۷۵)
$i = 4$	(۰, ۸۰, ۰, ۸۵, ۰, ۹۰)	(۰, ۷۰, ۰, ۷۵, ۰, ۸۰)	(۰, ۷۰, ۰, ۸۰, ۰, ۹۰)	(۰, ۷۰, ۰, ۷۵, ۰, ۸۰)
$i = 5$	(۱, ۱, ۱, ۲, ۱, ۳)	(۱, ۱, ۲, ۱, ۴)	(۱, ۱, ۱, ۲, ۱, ۳)	(۰, ۹۵, ۱, ۰, ۵, ۱, ۱)

جدول ۶. درصد ریسک فازی زامین تأمین‌کننده برای تأمین محصول i .

محصول	تأمین‌کننده			
	$j = ۴$	$j = ۳$	$j = ۲$	$j = ۱$
$i = ۱$	(۰٫۰۲، ۰٫۰۲، ۰٫۰۴)	(۰٫۰۳، ۰٫۰۵، ۰٫۰۷)	(۰٫۱۰، ۰٫۳۰، ۰٫۵۰)	(۰٫۱۰، ۰٫۱۰، ۰٫۳۰)
$i = ۲$	(۰٫۱۰، ۰٫۱۰، ۰٫۳۰)	(۰٫۰۳، ۰٫۰۵، ۰٫۰۷)	(۰٫۲۰، ۰٫۲۰، ۰٫۴۰)	(۰٫۱۰، ۰٫۱۰، ۰٫۳۰)
$i = ۳$	(۰٫۰۱، ۰٫۰۱، ۰٫۰۳)	(۰٫۲۰، ۰٫۲۰، ۰٫۴۰)	(۰٫۱۰، ۰٫۱۰، ۰٫۳۰)	(۰٫۲۰، ۰٫۲۰، ۰٫۴۰)
$i = ۴$	(۰٫۱۰، ۰٫۱۰، ۰٫۳۰)	(۰٫۰۲، ۰٫۰۴، ۰٫۰۶)	(۰٫۲۰، ۰٫۴۰، ۰٫۶۰)	(۰٫۲۰، ۰٫۲۰، ۰٫۴۰)
$i = ۵$	(۰٫۰۲، ۰٫۰۳، ۰٫۰۴)	(۰٫۰۷، ۰٫۰۸، ۰٫۰۹)	(۰٫۰۲، ۰٫۰۲، ۰٫۰۴)	(۰٫۰۱، ۰٫۰۳، ۰٫۰۵)

جدول ۷. اعداد فازی مربوط به مقادیر RHS مدل.

مقدار i	$i = ۵$	$i = ۴$	$i = ۳$	$i = ۲$	$i = ۱$	
\bar{d}_{ik}	(۱۵۰۰۰، ۳۰۰۰۰، ۴۵۰۰۰)	(۳۰۰۰۰، ۶۰۰۰۰، ۹۰۰۰۰)	(۱۰۰۰۰، ۲۰۰۰۰، ۳۰۰۰۰)	(۴۰۰۰۰، ۸۰۰۰۰، ۱۲۰۰۰۰)	(۵۰۰۰۰، ۱۰۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰۰)	
$\bar{T}R_{ik}, \bar{d}_{ik}$	(۳۹۰۰، ۷۸۰۰، ۱۱۷۰۰)	(۷۶۰۰، ۱۷۶۰۰، ۲۷۶۰۰)	(۳۷۵۰، ۴۷۵۰، ۵۷۵۰)	(۱۵۲۰۰، ۲۵۲۰۰، ۳۵۲۰۰)	(۱۴۰۰۰، ۲۴۰۰۰، ۳۴۰۰۰)	

جدول ۸. مقادیر پارامتر زامین تأمین‌کننده.

محصول	تأمین‌کننده			
	$j = ۴$	$j = ۳$	$j = ۲$	$j = ۱$
M_j	۵۷۰۰	۶۰۰۰	۴۵۰۰	۵۵۰۰
\bar{C}_{jk}	(۱۱۰۰۰۰، ۲۷۰۰۰۰، ۴۳۰۰۰۰)	(۱۲۰۰۰۰، ۲۶۰۰۰۰، ۴۰۰۰۰۰)	(۴۰۰۰۰، ۲۸۰۰۰۰، ۴۲۰۰۰۰)	(۸۰۰۰۰، ۲۴۰۰۰۰، ۴۰۰۰۰۰)

$$\begin{aligned}
 &+ ۰٫۲۳x_{۲۲۱} + ۰٫۷۷x_{۲۲۱} + ۰٫۶۰x_{۲۱۱} + ۰٫۳۰x_{۲۲۱} + ۰٫۵۰x_{۲۲۱} \\
 &+ ۰٫۷۰x_{۲۲۱} + ۰٫۶۰x_{۵۱۱} + ۰٫۷۷x_{۵۲۱} + ۰٫۴۰x_{۵۲۱} + ۰٫۸۸x_{۵۲۱} \\
 &- ۷۰۰۵۵۸,۴\lambda_2 \geq ۱۳۸۳۲۲ \\
 &۰٫۸۰x_{۱۱۱} + ۰٫۸۰x_{۱۲۱} + ۰٫۸۵x_{۱۲۱} + ۰٫۷۰x_{۱۲۱} + ۰٫۷۵x_{۲۱۱} \\
 &+ ۰٫۷۰x_{۲۲۱} + ۰٫۶۵x_{۲۲۱} + ۰٫۸۰x_{۲۲۱} + ۰٫۸۵x_{۲۱۱} + ۰٫۸۰x_{۲۲۱} \\
 &+ ۰٫۷۵x_{۲۲۱} + ۰٫۸۵x_{۲۲۱} + ۰٫۷۹x_{۲۱۱} + ۰٫۷۷x_{۲۲۱} + ۰٫۸۰x_{۲۲۱} \\
 &+ ۰٫۷۵x_{۲۲۱} + ۰٫۸۵x_{۵۱۱} + ۰٫۸۰x_{۵۲۱} + ۰٫۹۰x_{۵۲۱} + ۰٫۹۰x_{۵۲۱} \\
 &- ۶۵۹۷۳۹\lambda_3 \geq ۲۰۶۰۰۰ \\
 &۰٫۸۵x_{۱۱۱} + ۰٫۸۰x_{۱۲۱} + ۰٫۷۵x_{۱۲۱} + ۰٫۸۰x_{۱۲۱} + ۱٫۸۰x_{۲۱۱} \\
 &+ ۱٫۲۵x_{۲۲۱} + ۱٫۳۰x_{۲۲۱} + ۰٫۸۰x_{۲۲۱} + ۱٫۰۵x_{۲۱۱} + ۱٫۵۰x_{۲۲۱} \\
 &+ ۱٫۵۰x_{۲۲۱} + ۱٫۷۵x_{۲۲۱} + ۰٫۷۵x_{۲۱۱} + ۰٫۸۰x_{۲۲۱} + ۰٫۷۵x_{۲۲۱} \\
 &+ ۰٫۸۵x_{۲۲۱} + ۱٫۰۵x_{۵۱۱} + ۱٫۲۰x_{۵۲۱} + ۱٫۲۰x_{۵۲۱} + ۱٫۲۰x_{۵۲۱} \\
 &+ ۱۶,۸۳\lambda_4 \leq ۲۱,۶۸ \\
 &x_{۱۱۱} + x_{۱۲۱} + x_{۱۲۱} + x_{۱۲۱} \geq ۱۰۰۰۰۰ \\
 &x_{۲۱۱} + x_{۲۲۱} + x_{۲۲۱} + x_{۲۲۱} \geq ۸۰۰۰۰ \\
 &x_{۲۱۱} + x_{۲۲۱} + x_{۲۲۱} + x_{۲۲۱} \geq ۲۰۰۰۰ \\
 &x_{۲۱۱} + x_{۲۲۱} + x_{۲۲۱} + x_{۲۲۱} \geq ۶۰۰۰۰ \\
 &x_{۵۱۱} + x_{۵۲۱} + x_{۵۲۱} + x_{۵۲۱} \geq ۳۰۰۰۰
 \end{aligned}$$

مدل چندهدفه به صورت یک مدل تک هدفه و هر بار با یکی از هدف‌های موجود به دست آمده -- عبارت است از:

$$\begin{aligned}
 Z_1^{\max} &= ۲۵۴۵۳۴۱ & Z_1^{\min} &= ۶۰۶۶۹۷ \\
 Z_2^{\max} &= ۸۳۸۸۸۰,۴ & Z_2^{\min} &= ۱۳۸۳۲۲ \\
 Z_3^{\max} &= ۸۶۵۷۳۹ & Z_3^{\min} &= ۲۰۶۰۰۰ \\
 Z_4^{\max} &= ۲۱,۶۸ & Z_4^{\min} &= ۴,۸۵
 \end{aligned}$$

برای مدل کردن مسئله، ابتدا از روش GMIR اعداد فازی به اعداد غیرفازی تبدیل شده و سپس در مدل کردن با آنها همانند اعداد قطعی برخورد می‌شود:

$$A = (a, b, c) \xrightarrow{GMIR} A' = \frac{a + ۴b + c}{۶}$$

$$\text{MAXIMIZE } Z = ۰٫۲\lambda_1 + ۰٫۲۵\lambda_2 + ۰٫۱۵\lambda_3 + ۰٫۴۰\lambda_4$$

Subject to :

$$\begin{aligned}
 &۲,۷۷۳۵x_{۱۱۱} + ۲,۴۷۶۸x_{۱۲۱} + ۲,۵۲۱۱x_{۱۲۱} + ۲,۵۴۹x_{۱۲۱} \\
 &+ ۱,۹۶۷۲x_{۲۱۱} + ۱,۹۴۵۳x_{۲۲۱} + ۲,۲۵۰۵x_{۲۲۱} + ۲,۲۴۹x_{۲۲۱} \\
 &+ ۱,۴۲۹۷x_{۲۱۱} + ۱,۴۱۳۸x_{۲۲۱} + ۲,۵۰۴۷x_{۲۲۱} + ۳,۰۰۸۳x_{۲۲۱} \\
 &+ ۳,۰۶۲۱x_{۲۲۱} + ۲,۰۰۲x_{۲۲۱} + ۱,۶۹۸۵x_{۵۱۱} + ۱,۴۱۳۸x_{۵۲۱} \\
 &+ ۱,۴۳۹۱x_{۵۲۱} + ۱,۷۲۸۵x_{۵۲۱} + ۱,۸۶۵۹۲۹\lambda_1 \leq ۲۴۴۷۶۲۹ \\
 &۰٫۷۰x_{۱۱۱} + ۰٫۵۰x_{۱۲۱} + ۰٫۸۸x_{۱۲۱} + ۰٫۶۰x_{۱۲۱} + ۰٫۷۷x_{۲۱۱} \\
 &+ ۰٫۷۰x_{۲۲۱} + ۰٫۸۸x_{۲۲۱} + ۰٫۶۰x_{۲۲۱} + ۰٫۷۰x_{۲۲۱} + ۰٫۸۸x_{۲۲۱}
 \end{aligned}$$

جدول ۹. مقادیر $X(i, j)$.

محصول	تأمین‌کننده							
	با در نظر گرفتن تورم				بدون در نظر گرفتن تورم			
	$j = 4$	$j = 3$	$j = 2$	$j = 1$	$j = 4$	$j = 3$	$j = 2$	$j = 1$
$i = 1$	۰	۱۰۰۰۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰۰۰۰	۰	۰
$i = 2$	۰	۰	۰	۸۰۰۰۰	۸۰۰۰۰	۰	۰	۰
$i = 3$	۰	۰	۲۰۰۰۰	۰	۰	۰	۲۰۰۰۰	۰
$i = 4$	۶۰۰۰۰	۰	۰	۰	۶۰۰۰۰	۰	۰	۰
$i = 5$	۰	۰	۰	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۰	۰	۰

جدول ۱۰. مقادیر $Z(i, j)$.

محصول	تأمین‌کننده							
	با در نظر گرفتن تورم				بدون در نظر گرفتن تورم			
	$j = 4$	$j = 3$	$j = 2$	$j = 1$	$j = 4$	$j = 3$	$j = 2$	$j = 1$
$i = 1$	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰
$i = 2$	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰
$i = 3$	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰
$i = 4$	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
$i = 5$	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰

-- ۲/۱ درصد افزایش در هزینه‌ها.

-- افزایش ۲/۳۴ درصدی در سطح کیفیت ارائه شده توسط تأمین‌کننده‌ها.

-- کاهش ۲/۳۲ درصدی در سطح سرویس.

-- افزایش ۲/۵۵ درصدی در مدت زمان تحویل کالاها.

با نگاهی به جواب‌های به دست آمده از حل مدل با در نظر گرفتن نرخ تورم، و حل مدل بدون در نظر گرفتن نرخ تورم، مشاهده می‌شود که نتایج با توجه به خاصیت تورم کاملاً منطقی است و با ورود نرخ تورم، مطابق انتظار، به‌طور کلی از جذابیت تأمین‌کننده‌ها کاسته شده است. اگرچه کیفیت جواب حاصل از مدل با نرخ تورم از جواب حاصل از مدل بدون نرخ تورم کیفیت پایین‌تری دارد، ولی به‌دلیل پارامتر جدیدی (تورم) که به مدل ارائه شده اضافه شده است، جواب حاصل به واقعیت نزدیک‌تر بوده و از پایداری بیشتری برخوردار خواهد بود.

۵. نتیجه‌گیری

انتخاب تأمین‌کننده یک مسئله‌ی چندمعیاره است که هم معیارهای کمی و هم معیارهای کیفی را در بر می‌گیرد. این پارامترها همواره اهمیت یکسانی در ارزیابی ندارند، و با در نظر داشتن شرایط متغیر حاکم بر فرایند خرید، اطلاعات ورودی دقیقاً و صریحاً در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار ندارد. از این رو این مدل به‌گونه‌ی تنظیم شده که هم ابهامات اطلاعات اولیه و هم ضرایب اهمیت غیرهمسان متغیرها (کمی و کیفی) در آن در نظر گرفته شود. برای محاسبه‌ی وزن‌های مربوط به معیارها از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شده، که با به‌کارگیری مبانی نظری مجموعه‌های ناهنجار در آن، سعی شده اثرات ارزیابی‌های مغرضانه در آن کاسته شود که در نتیجه، کیفیت قضاوت انجام شده ارتقاء خواهد یافت. از طرفی با نگاهی به جواب‌های به دست آمده از حل مدل با در نظر گرفتن نرخ تورم نسبت به مدل بدون در نظر گرفتن نرخ تورم، مشاهده می‌شود که نتایج با توجه به خاصیت تورم کاملاً منطقی است و با

جدول ۱۱. مقادیر Y_{ij} .

j	با در نظر گرفتن تورم				بدون در نظر گرفتن تورم			
	۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱
Y	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰

$$x_{111} + x_{211} + x_{311} + x_{411} + x_{511} \leq 240000$$

$$x_{121} + x_{221} + x_{321} + x_{421} + x_{521} \leq 280000$$

$$x_{131} + x_{231} + x_{331} + x_{431} + x_{531} \leq 260000$$

$$x_{141} + x_{241} + x_{341} + x_{441} + x_{541} \leq 270000$$

$$0.13x_{111} + 0.30x_{121} + 0.05x_{131} + 0.023x_{141} \leq 24000$$

$$0.13x_{211} + 0.23x_{221} + 0.05x_{231} + 0.13x_{241} \leq 25200$$

$$0.23x_{311} + 0.13x_{321} + 0.023x_{331} + 0.13x_{341} \leq 4750$$

$$0.23x_{411} + 0.40x_{421} + 0.04x_{431} + 0.13x_{441} \leq 17600$$

$$0.03x_{511} + 0.023x_{521} + 0.11x_{531} + 0.03x_{541} \leq 7800$$

$$\sum_{i=1}^M X_{ij1} \leq (Big \alpha) * Y_{ij}, \quad j = 1, \dots, 4$$

$$Y_{ij1} \in \{0, 1\}, \quad \forall i = 1, \dots, 5, \quad j = 1, \dots, 4$$

$$X_{ij1} \geq 0, \quad \forall i = 1, \dots, 5, \quad j = 1, \dots, 4$$

$$\lambda_j \in [0, 1], \quad \forall j = 1, \dots, 4$$

برای حل این مسئله از نرم‌افزار بهینه‌سازی لینگو استفاده شده که مقادیر متغیرها بعد از حل مسئله در جداول ۹ تا ۱۲ ارائه شده است.

برای مقایسه‌ی دو مدل، خلاصه‌ی اثرات ورود تورم در مسئله به صورت درصدی

عبارت است از:

جدول ۱۲. مقادیر λ/k و تابع هدف قطعی.

با در نظر گرفتن تورم				بدون در نظر گرفتن تورم				λ/k
۴	۳	۲	۱	۴	۳	۲	۱	
۰٫۹۷۷۴۲۱۴	۰٫۳۸۶۵۱۶۵	۰٫۱۲۶۸۶۷۴	۰٫۹۹۴۹۰۸۷	۰٫۹۸۵۱۴۵۶	۰٫۴۶۹۸۸۲۸	۰٫۱۱۹۴۴۴۷	۰٫۹۹۳۴۴۷۵	
۰٫۶۲۹۶۵۷				۰٫۶۲۹۶۵۹				crisp objective function

آنچه مدل ارائه شده برای تصمیم‌گیری در اختیار مدیر سازمان قرار می‌دهد، مواجهه با شرایط واقعی تر نسبت به مدل‌های دیگر است، که او را در برنامه‌ریزی برای آینده‌ی سازمان تحت مدیریت خود و همچنین کاهش درصد انحراف از برنامه‌ی تدوین شده یاری می‌کند. ترکیب این دو عامل سرعت سازمان را در پیمودن هرچه بهتر مسیر موفقیت به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد.

ورود نرخ تورم، به‌طور کلی از جذابیت تأمین‌کننده‌ها کاسته شده است. اگرچه کیفیت جواب حاصل از مدل با مدل با نرخ تورم در مقایسه با جواب حاصل از مدل بدون نرخ تورم از کیفیت پایین‌تری برخوردار است، به‌دلیل پارامتر جدیدی (تورم) که به مدل ارائه شده اضافه شده است، جواب حاصل جوابی نزدیک‌تر به واقعیت بوده و از پایداری بیشتری برخوردار خواهد بود.

پانوشته‌ها

- multiple criteria decision making
- integrated AHP
- meeting downstream demand
- case-based reasoning approach (CBR)
- grey system
- rough set theory
- Eigen Vector (EV)
- constant index (CI)

منابع (References)

- Bellman, R.G. and Zadeh, L.A. "Decision making a fuzzy environment", *Management Sciences*, **17**, pp. B141-B164 (1970).
- Zimmermann, H.J. "Fuzzy programming and linear programming with several objective functions", *Fuzzy Sets and Systems*, **1**, pp. 45-55 (1978).
- Dickson, G.W. "An analysis of vendor selection systems and decisions", *Journal of Purchasing*, **2**(1), pp. 5-17 (1966).
- Weber, C.A., Current, J.R. and Benton, W.C. "Vendor selection criteria and methods", *European Journal of Operational Research*, **50**, pp. 2-18 (1991).
- Roa, C.P. and Kiser, G.E. "Educational buyers' perceptions of vendor attributes", *Journal of Purchasing and Materials Management*, **16**, pp. 25-30 (1980).
- Bache, J., Carr, R., Parnaby, J. and Tobias, A.M. "Supplier development systems", *International Journal of Technology Management*, **2**(2), pp. 219-228 (1987).
- Ghodspour, S.H. and O'Brien, C. "A decision support system for supplier selection using an integrated analytical hierarchy process and operations research methods", Ph.D. Thesis University of Nottingham, Nottingham, UK (1996).
- Gaballa, A.A. "Minimum cost allocation of tenders", *Operational Research Quarterly*, **25**(3), pp. 389-398 (1974).
- Weber, C.A. and Current, J.R. "A multiobjective approach to vendor selection", *European Journal of Operational Research*, **68**, pp. 173-184 (1993).
- Ghodspour, S.H. and O'Brien, C. "An integrated method using the analytical hierarchy process with goal programming for multiple sourcing with discounted prices", *In Proceedings of the International Conference on Production Research (ICPR)*, Osaka, Japan (1997).
- Ghodspour, S.H. and O'Brien, C. "A decision support system for supplier selection using an integrated analytical hierarchy process and linear programming", *International Journal of Production Economics*, **56-57**, pp. 199-212 (1998).
- Karpak, B., Kumcu, E. and Kasuganti, R. "An application of visual interactive goal programming: a case in vendor selection decisions", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, **8**, pp. 93-105 (1999).
- Degraeve, Z. and Roodhooft, F. "A mathematical programming approach for procurement using activity based costing", *Journal of Business Finance and Accounting*, **27**(1-2), pp. 69-98 (2000).
- Ghodspour, S.H. and O'Brien, C. "The total cost of logistic in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint", *International Journal of Production Economics*, **73**, pp. 15-27 (2001).
- Narasimhan, R. "An analytic approach to supplier selection", *Journal of Purchasing and Supply Management*, **1**, pp. 27-32 (1983).
- Nydick, R.L. and Hill, R.P. "Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure", *International Journal of Purchasing and Materials Management*, **28**(2), pp. 31-36 (1992).
- Soukup, W.R. "Supplier selection strategies", *Journal of Purchasing and Materials Management*, **23**(3), pp. 7-12 (1987).

18. Morlacchi, P. "Small and medium enterprises in supply chain: A supplier evaluation model and some empirical results", *In Proceedings IFPMM Summer School, Salzburg* (August 1997).
19. Choi, J.H. and Chang, Y.S. "A two-phased semantic optimization modeling approach on supplier selection in eProcurement", *Expert Systems with Application*, **31**, pp. 137-144 (2006).
20. Kawtummachai, R. and Van Hop, N. "Order allocation in a multiple-supplier environment", *International Journal of Production Economics*, **93-94**, pp. 231-238 (2004).
21. Talluri, S. and Narasimhan, R. "A methodology for strategic sourcing", *European Journal of Operational Research*, **154**, pp. 236-250 (2004).
22. Hammami, A., Burlat, P. and Campagne, J.P. "Evaluating orders allocation within networks of firms", *International Journal of Production Economics*, **86**, pp. 233-249 (2003).
23. Hsieh, C.-C. and Wu, C.-H. "Capacity allocation, ordering, and pricing decisions in a supply chain with demand and supply uncertainties", *European Journal of Operational Research*, **184**, pp. 667-684 (2008).
24. Faez, F., Ghodsypour, S.H. and O'Brien, C. "Vendor selection and order allocation using an integrated fuzzy case-based reasoning and mathematical programming model", *International Journal of Production Economics*, **121**, pp. 395-408 (2009).
25. Bai, C. and Sarkis, J. "Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies", *International Journal of Production Economics*, **124**(1), pp. 252-264 (2010).
26. Ho, W., Xu, X. and Dey, P.K. "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review", *European Journal of Operational Research*, **202**(1), pp. 16-24 (2010).
27. De Boer, L., Labro, E. and Morlacchi, P. "A review of methods supporting supplier selection", *European Journal of Purchasing and Supply Management*, **7**(2), pp. 75-89 (2001).
28. Amid, A., Ghodsypour, S.H. and O'Brien, C. "A weighted max-min [3]model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain", *International Journal of Production Economics*, **131**, pp. 139-145 (2011).
29. Haleh, H. and Hamidi, A. "A fuzzy MCDM model for allocating orders to suppliers in a supply chain under uncertainty over a multi-period time horizon", *International Journal of Expert System With Applications*, **38**, pp. 9076-9083 (2011).
30. Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S.S. and Thakur, L.S. "Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain", *Expert Systems with Applications*, **39**(9), pp. 8182-8192 (2012).

پیوست

به طور قراردادی $S = U, R, V, f$ یک جدول شامل اطلاعاتی به شرح زیر است:
 مجموعه‌ی متاهی از اهداف است:
 $R : R = C \cup D$
 مجموعه‌ی مشخصه‌ی از مشخصه‌ها و مجموعه‌های D و C به ترتیب
 مجموعه‌ی مشخصه‌ی وضعیت و مجموعه‌ی مشخصه‌ی تصمیم هستند.
 V_r ناحیه‌ی مشخصه‌ی r است: $V_r = r \in RV_r$
 $f : U \times R \rightarrow V$ یک تابع کلی همچون $f(x, r) \in V_r$
 است که «تابع اطلاعات» نام دارد.
 برای هر زیرمجموعه‌ی ناتهی از مشخصه‌ی R ، یک رابطه‌ی نامحسوس مرتبط وجود دارد که با $IND(B)$ مشخص می‌شود:

$$IND(B) = \left\{ \begin{array}{l} (x, y) | (x, y) \in U \times U, \\ \forall b \in B(b(x) = b(y)) \end{array} \right\}$$

رابطه‌ی نامحسوس یک رابطه‌ی هم‌ارزی است. مجموعه‌ی تمام کلاس‌های هم‌ارزی از رابطه‌ی $IND(B)$ با $U|IND(B)$ نشان داده می‌شود.

تعریف ۱

$H(p)$ برای اطلاعات p عبارت است از:

$$H(p) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_2 p(x_i), p(x_i) = |x_i| / |U|$$

تعریف ۲

$H(Q|P)$ برای زمانی است که $Q(U|IND(Q)) = \{Y_1, \dots, Y_m\}$ به $P(U|IND(P)) = \{X_1, \dots, X_n\}$ مربوط می‌شود:

$$H(Q|P) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) - \sum_{i=1}^m p(Y_i|X_i) \log_2(Y_i|X_i)$$

تعریف ۳

چنانچه A زیرمجموعه‌ی C فرض شود، مشخصه‌ی اهمیت $SGF(a, A, D)$ برای $a(a \in C \setminus A)$ که بزرگ‌ترین مقدار $SGF(a, A, D)$ مربوط به مهم‌ترین مشخصه a برای تصمیم D است، چنین تعریف می‌شود:

$$SGF(a, A, D) = H(D|A) - H(D|A \cup \{a\})$$

مراحل محاسبات مربوط به تابع هدفها مطابق مراحل زیر و بر اساس جدول ۱ انجام می‌گیرد:

$$U|IND\{P, Q, S, T\} = \{1, 2, \dots, 38, 39\}$$

$$U|IND\{d\} =$$

$$\left\{ \left\{ \begin{array}{l} 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23 \\ , 24, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 \\ , \{1, 2, 4, 7, 13, 14, 16, 19, 25, 26, 28, 29\} \end{array} \right\} \right\}$$

$$= \{Y_1, Y_2\}$$

$$p(x_{11}) = p(x_{1r}) = \dots = p(x_{1v}) = 2/39$$

$$p(x_{1r}) = p(x_{1v}) = p(x_{1\delta}) = 1/39$$

$$p(x_{1\epsilon}) = p(x_{1\eta}) = p(x_{1\lambda}) = 2/39$$

$$p(x_{1\iota}) = p(x_{1\theta}) = p(x_{1\kappa}) = 2/39$$

$$p(Y_1|X_{11}) = 0 \quad p(Y_1|X_r) = 1/2$$

$$p(Y_1|X_{1r}) = 1 \quad p(Y_1|X_v) = 1/2$$

$$p(Y_1|X_{1\delta}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1\epsilon}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\eta}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1\lambda}) = 1/2$$

$$p(Y_1|X_{1\iota}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1\theta}) = 1/2$$

$$p(Y_1|X_{1\kappa}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1r}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1v}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1\delta}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1\epsilon}) = 2/3 \quad p(Y_1|X_{1\eta}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\lambda}) = 2/3 \quad p(Y_1|X_{1\iota}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\theta}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1\kappa}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1r}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1v}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\delta}) = 1/2 \quad p(Y_1|X_{1\epsilon}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1\eta}) = 1/2 \quad p(Y_1|X_{1\lambda}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1\iota}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1\theta}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\kappa}) = 1/2 \quad p(Y_1|X_{1r}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1v}) = 1/2 \quad p(Y_1|X_{1\delta}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1\epsilon}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1\eta}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1\lambda}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\iota}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1\theta}) = 1/3$$

$$p(Y_1|X_{1\kappa}) = 1/3$$

$$p(Y_1|X_{1r}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1v}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1\delta}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1\epsilon}) = 0$$

$$SGF_r(Q, \{P, S, T\}, \{d\}) =$$

$$H(\{d\} | \{P, S, T\}) - H(\{d\} | \{P, Q, S, T\}) =$$

$$-2/39 (1/2 * \log 1/2) * 8$$

$$-3/39 (2/3 * \log 2/3 + 1/3 * \log 1/3) * 4 = 0/10426$$

$$U|IND\{P, Q, T\} =$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \{1, 4\}, \{2, 5\}, \{3, 6\}, \{7, 10\}, \{8, 11\} \\ \{9, 12\}, \{13, 16\}, \{14, 17\}, \{15, 18\} \\ \{19, 22\}, \{20, 23\}, \{21, 24\}, \{25, 28\} \\ \{26, 29\}, \{27, 30\}, \{31, 34\}, \{32, 35\} \\ \{33, 36\}, \{37\}, \{38\}, \{39\} \end{array} \right\}$$

$$= \{X_1, X_r, \dots, X_{r\theta}, X_{r1}\}$$

$$U|IND\{Q, S, T\} =$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \{25\}, \{26\}, \{27\}, \{28\}, \{29\}, \{30\}, \{1, 13, 31\}, \\ \{2, 14, 32\}, \{3, 15, 33\}, \{4, 16, 34\}, \{5, 17, 35\}, \\ \{6, 18, 36\}, \{7, 19, 37\}, \{8, 20, 38\}, \{9, 21, 39\}, \\ \{10, 22\}, \{11, 23\}, \{12, 24\} \end{array} \right\}$$

$$= \{X_1, X_r, \dots, X_{1v}, X_{1\lambda}\}$$

$$p(x_{11}) = p(x_{1r}) = \dots = p(x_{1\epsilon}) = 1/39$$

$$p(x_{1v}) = p(x_{1\lambda}) = \dots = p(x_{1\delta}) = 2/39$$

$$p(x_{1\epsilon}) = p(x_{1v}) = p(x_{1\lambda}) = 2/39$$

$$p(Y_1|X_{11}) = 0 \quad p(Y_1|X_r) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1r}) = 1 \quad p(Y_1|X_v) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1\delta}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1\epsilon}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\eta}) = 1/3 \quad p(Y_1|X_{1\lambda}) = 1/3$$

$$p(Y_1|X_{1\iota}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1\theta}) = 1/3$$

$$p(Y_1|X_{1\kappa}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1r}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1v}) = 1/3 \quad p(Y_1|X_{1\delta}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\epsilon}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1\eta}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\lambda}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1\iota}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\theta}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1\kappa}) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1r}) = 0 \quad p(Y_1|X_v) = 1$$

$$p(Y_1|X_{1\delta}) = 1 \quad p(Y_1|X_{1\epsilon}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1\eta}) = 2/3 \quad p(Y_1|X_{1\lambda}) = 2/3$$

$$p(Y_1|X_{1\iota}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1\theta}) = 2/3$$

$$p(Y_1|X_{1\kappa}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1r}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1v}) = 2/3 \quad p(Y_1|X_{1\delta}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1\epsilon}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1\eta}) = 0$$

$$p(Y_1|X_{1\lambda}) = 0 \quad p(Y_1|X_{1\iota}) = 0$$

$$SGF_1(P, \{Q, S, T\}, \{d\}) =$$

$$H(\{d\} | \{Q, S, T\}) - H(\{d\} | \{P, Q, S, T\}) =$$

$$-2/39 (1/3 * \log 1/3) * 4 - 3/39 (2/3 * \log 2/3) * 4$$

$$= 0/8492$$

$$U|IND\{P, S, T\} =$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \{1, 7\}, \{2, 8\}, \{3, 9\}, \{4, 10\}, \{5, 11\}, \{6, 12\}, \\ \{13, 19\}, \{14, 20\}, \{15, 21\}, \{16, 22\}, \{17, 23\}, \\ \{18, 24\}, \{25\}, \{26\}, \{27\}, \{28, 31, 37\}, \\ \{29, 32, 38\}, \{30, 33, 39\}, \{34\}, \{35\}, \{36\} \end{array} \right\}$$

$$= \{X_1, X_r, \dots, X_{r\theta}, X_{r1}\}$$

$$\begin{aligned}
 p(Y_1|X_1) &= 1/3 & p(Y_1|X_7) &= 2/3 \\
 p(Y_1|X_2) &= 2/3 & p(Y_1|X_8) &= 1 \\
 p(Y_1|X_3) &= 1/3 & p(Y_1|X_9) &= 2/3 \\
 p(Y_1|X_4) &= 1/3 & p(Y_1|X_{10}) &= 1/3 \\
 p(Y_1|X_{11}) &= 1 & p(Y_1|X_{12}) &= 1 \\
 p(Y_1|X_{13}) &= 1 & & \\
 p(Y_7|X_1) &= 2/3 & p(Y_7|X_7) &= 1/3 \\
 p(Y_7|X_2) &= 1/3 & p(Y_7|X_8) &= 0 \\
 p(Y_7|X_3) &= 2/3 & p(Y_7|X_9) &= 1/3 \\
 p(Y_7|X_4) &= 1/3 & p(Y_7|X_{10}) &= 0 \\
 p(Y_7|X_5) &= 2/3 & p(Y_7|X_{11}) &= 2/3 \\
 p(Y_7|X_{11}) &= 0 & p(Y_7|X_{12}) &= 0 \\
 p(Y_7|X_{13}) &= 0 & & \\
 \end{aligned}$$

$$SGF_7(T, \{P, Q, S\}, \{d\}) =$$

$$H(\{d\} | \{P, Q, S\}) - H(\{d\} | \{P, Q, S, T\}) =$$

$$-3/39 (2/3 * \log 2/3 + 1/3 * \log 1/3) * \lambda = 0,16984$$

$$J = \begin{bmatrix} w_1/w_1 \dots w_1/w_n \\ \vdots \\ w_n/w_1 \dots w_n/w_n \end{bmatrix} \approx$$

$$\begin{bmatrix} SGF_1/SGF_1 \dots SGF_1/SGF_n \\ \vdots \\ SGF_n/SGF_1 \dots SGF_n/SGF_n \end{bmatrix}$$

$$J = \begin{bmatrix} 1 & 0,8145 & 1,3741 & 0,5 \\ 1,2277 & 1 & 1,6870 & 0,6139 \\ 0,7277 & 0,5927 & 1 & 0,3639 \\ 2,0000 & 1,6290 & 2,7482 & 1 \end{bmatrix}$$

با توجه به ماتریس به دست آمده و بعد از نرمالیزه کردن آن، وزن مربوط به اهداف مسئله محاسبه می شود که عبارت انداز: $w_3 = 0,20$ ، $w_2 = 0,25$ ، $w_1 = 0,15$ و $w_4 = 0,40$ که به ترتیب به هزینه، کیفیت، سطح سرویس و مدت زمان تحویل اشاره دارند.

$$\begin{aligned}
 p(x_1) &= p(x_2) = \dots = p(x_{13}) = 2/39 \\
 p(x_{14}) &= p(x_{15}) = p(x_{16}) = 1/39 \\
 p(Y_1|X_1) &= 0 & p(Y_1|X_7) &= 1/2 \\
 p(Y_1|X_2) &= 1 & p(Y_1|X_8) &= 1/2 \\
 p(Y_1|X_3) &= 1 & p(Y_1|X_9) &= 1 \\
 p(Y_1|X_4) &= 1 & p(Y_1|X_{10}) &= 1 \\
 p(Y_1|X_5) &= 0 & p(Y_1|X_{11}) &= 1/2 \\
 p(Y_1|X_6) &= 1 & p(Y_1|X_{12}) &= 1 \\
 p(Y_1|X_{11}) &= 1 & p(Y_1|X_{13}) &= 1 \\
 p(Y_1|X_{12}) &= 0 & p(Y_1|X_{14}) &= 0 \\
 p(Y_1|X_{15}) &= 1 & p(Y_1|X_{16}) &= 0 \\
 p(Y_1|X_{16}) &= 1 & p(Y_1|X_{18}) &= 1 \\
 p(Y_1|X_{17}) &= 1 & p(Y_1|X_{19}) &= 1 \\
 p(Y_1|X_{18}) &= 1 & p(Y_1|X_{20}) &= 1 \\
 p(Y_1|X_{19}) &= 1 & p(Y_1|X_{21}) &= 1 \\
 p(Y_7|X_1) &= 1 & p(Y_7|X_7) &= 1/2 \\
 p(Y_7|X_2) &= 0 & p(Y_7|X_8) &= 1/2 \\
 p(Y_7|X_3) &= 0 & p(Y_7|X_9) &= 0 \\
 p(Y_7|X_4) &= 1 & p(Y_7|X_{10}) &= 1/2 \\
 p(Y_7|X_5) &= 0 & p(Y_7|X_{11}) &= 0 \\
 p(Y_7|X_{11}) &= 0 & p(Y_7|X_{12}) &= 0 \\
 p(Y_7|X_{12}) &= 1 & p(Y_7|X_{13}) &= 1 \\
 p(Y_7|X_{15}) &= 0 & p(Y_7|X_{16}) &= 0 \\
 p(Y_7|X_{17}) &= 0 & p(Y_7|X_{18}) &= 0 \\
 p(Y_7|X_{19}) &= 0 & p(Y_7|X_{20}) &= 0 \\
 p(Y_7|X_{21}) &= 0 & & \\
 \end{aligned}$$

$$SGF_7(S, \{P, Q, T\}, \{d\}) =$$

$$H(\{d\} | \{P, Q, T\}) - H(\{d\} | \{P, Q, S, T\}) =$$

$$-2/39 (1/2 * \log 1/2) * \lambda = 0,06175$$

$$U|IND \{P, Q, S\} =$$

$$\left\{ \{1, 2, 3\}, \{4, 5, 6\}, \{7, 8, 9\}, \{10, 11, 12\}, \{13, 14, 15\}, \{16, 17, 18\}, \{19, 20, 21\}, \{22, 23, 24\}, \{25, 26, 27\}, \{28, 29, 30\}, \{31, 32, 33\}, \{34, 35, 36\}, \{37, 38, 39\} \right\}$$

$$= \{X_1, X_2, \dots, X_{12}, X_{13}\}$$

$$p(x_1) = p(x_2) = \dots = p(x_{12}) = 2/39 = 1/13$$