

مدل ریاضی چندهدفه انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش در شرایط چندمحصولی

محمد صادق حری*، آسیه انجم شعاع**

چکیده

تأمین‌کنندگان، نقش مهمی در کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت محصولات تولیدی ایفا می‌کنند. بر همین اساس ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان با توجه به معیارهای مطلوب، به یکی از ارکان اساسی تصمیم‌گیری در مدیریت زنجیره تأمین تبدیل شده است. از آنجاکه هم‌اکنون تأمین‌کنندگان تأثیر بسزایی بر موفقیت و شکست یک شرکت دارند، خرید که قبلاً به‌عنوان یک ابزار تاکتیکی محض، در نظر گرفته می‌شد، هم‌اکنون به‌عنوان یک وظیفه استراتژیک شناخته می‌شود؛ بنابراین با توجه به اهمیت موضوع هدف از این پژوهش، انتخاب تأمین‌کننده در شرایط چند محصولی و برنامه‌ریزی مقدار سفارش‌های اقتصادی در زنجیره تأمین است. اهداف در نظر گرفته شده در مدل بالا شامل کمینه‌کردن هزینه کل که مشتمل بر هزینه خرید، هزینه محصولات مرجوعی، هزینه کنترل و هزینه سفارش؛ بیشینه‌کردن کیفیت که دربرگیرنده کیفیت محصول و خدمات ارائه شده از طرف تأمین‌کنندگان و بیشینه‌کردن به‌موقع تعداد محصولات دریافتی توسط تأمین‌کنندگان است که در این مقاله با رویکرد فازی بررسی می‌شوند. این پژوهش برای سه تأمین‌کننده و سه محصول مهم یکی از شرکت‌های ماشین‌سازی در کشور ایران در نظر گرفته شد. نتایج نشان‌دهنده بهترین تأمین‌کنندگان برای خریداری محصولات و نیز میزان تخصیص بهینه به هر یک از تأمین‌کنندگان منتخب است.

کلیدواژه‌ها: انتخاب تأمین‌کننده؛ اهداف چندگانه؛ برنامه‌ریزی سفارش؛ رویکرد فازی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۱/۳، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۳/۲۶.

* استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک (نویسنده مسئول).

E-mail: Ms-horri@iau-arak.ac.ir

** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک.

۱. مقدمه

امروزه سازمان‌ها دیگر به‌عنوان یک واحد تولیدی یا خدماتی به‌طور مجزا نمی‌توانند موفق به کسب مزیت‌های رقابتی و افزایش سهم بازار خود شوند و نیازمند مشارکت برنامه‌ریزی‌شده و اصولی با تأمین‌کنندگان و مشتریان خود هستند. این مشارکت نیازمند نظارت دقیق و نظام‌مند است که در صورت بی‌توجهی به آن، سازمان روبه‌زوال می‌رود و سهم رقابتی خود را به رقبا و یا تازه‌واردان به صنعت موجود می‌دهد.

در دهه اخیر، مدیریت خرید در زنجیره تأمین و انتخاب تأمین‌کننده مناسب، چالشی برای شرکت‌ها در یک زنجیره عرضه بوده است [۱۸].

از آنجا که تأمین‌کنندگان قابل‌اعتماد، تولیدکنندگان را قادر می‌سازند تا هزینه موجودی کالا را کاهش و کیفیت کالا را بهبود دهند، این مسئله قابل‌درک است که تولیدکنندگان نسبت به انتخاب تأمین‌کننده به‌طور فزاینده‌ای نگران باشند. انتخاب تأمین‌کننده مناسب و مدیریت مؤثر روابط با تأمین‌کننده، عامل مهمی در افزایش رقابت‌پذیری شرکت‌ها است. در راستای اجرای این فلسفه، انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین به‌عنوان یک مسئله مهم موردتوجه است و تصمیم‌گیران را به این سمت سوق می‌دهد که از فنون و روش‌های معتبر برای انتخاب تأمین‌کننده استفاده کنند.

در بسیاری از سازمان‌ها، مواد خریداری‌شده از تأمین‌کنندگان بیشتر هزینه محصول را تشکیل می‌دهد. اثر هزینه‌ای که یک تأمین‌کننده خواهد داشت، تنها به هزینه مستقیم محصول محدود نمی‌شود. یک سازمان ممکن است در برخی موارد هزینه‌ای را به خاطر اشتباهات پرداخت کند که یکی از این اشتباهات می‌تواند در انتخاب تأمین‌کننده رخ دهد. انتخاب تأمین‌کننده نامناسب می‌تواند منشأ بسیاری از مسائل و مشکلات باشد. از این مشکلات می‌توان به تعویق تحویل محصول، محصول بی‌کیفیت و بسته‌بندی نامناسب و امثالهم اشاره کرد. نواقص موجود در یک تأمین‌کننده ممکن است صدمه‌ها و هزینه‌های جبران‌ناپذیر به شرکت خریدار تحمیل کند [۵].

انتخاب تأمین‌کننده یک مسئله چندمعیاره است که معیارهای کیفی و کمی را دربرمی‌گیرد. برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده باید بین معیارهای کمی و کیفی که ممکن است در تضاد باشند، نوعی بده و بستان صورت گیرد. با ظهور محدودیت‌های ظرفیت، این مشکل پیچیده‌تر می‌شود؛ به‌طوری‌که در این وضعیت مدیران باید در مورد دو مسئله تصمیم بگیرند: کدام تأمین‌کننده بهترین است؟ و چه مقدار از هر تأمین‌کننده باید خریداری شود؟ مسئله مهم در یک زنجیره تأمین، مدیریت و کنترل هماهنگ تمامی این فعالیت‌ها است. مدیریت زنجیره تأمین پدیده‌ای است که این کار را به طریقی انجام می‌دهد که مشتریان بتوانند خدمت قابل‌اطمینان و سریع را با محصولات باکیفیت و حداقل هزینه دریافت کنند. امروزه مدیریت زنجیره تأمین به‌عنوان یکی از مبانی زیرساختی اجرای کسب‌وکار الکترونیک در دنیا مطرح است. در این مقاله سعی بر آن است تا یک مدل خطی چندهدفه فازی برای انتخاب تأمین‌کننده چندمحصولی و تعیین مقدار سفارش‌های اقتصادی در زنجیره تأمین ارائه شود. اهداف در نظر گرفته‌شده در مدل عبارت‌اند از: کمینه‌کردن هزینه کل که شامل هزینه خرید، هزینه محصولات مرجوعی، هزینه کنترل و هزینه سفارش است؛ بیشینه‌کردن کیفیت که دربرگیرنده کیفیت محصول و خدمات ارائه‌شده از

طرف تأمین کنندگان است و در نهایت هدف سوم بیشینه کردن تعداد محصولاتی است که به موقع از طرف تأمین کنندگان دریافت می شود؛ همچنین محدودیت های ظرفیت، تقاضا، مقدار بازگشتی، بودجه، تحویل، ظرفیت انبار و تعداد تأمین کنندگان منتخب در مدل در نظر گرفته شده است.

در نهایت مدل با استفاده از توسعه مدل ریاضی، مدل سازی شده و سپس با بهره گیری از توابع هدف فازی و روش های حل مسائل چندهدفه تأمین کنندگان و نیز مقدار بهینه تخصیص به هر یک از آن ها سعی در حل این گونه مسائل شد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ارزیابی و انتخاب تأمین کننده. در حوزه مدیریت زنجیره تأمین (SCM)^۱، تصمیم گیری در مورد انتخاب تأمین کنندگان، نقش کلیدی دارد. در محیط رقابتی امروز، شرکت ها توجه زیادی به انتخاب درست تأمین کنندگان دارند و موفقیت و شکست زنجیره تأمین به این انتخاب بستگی زیادی دارد؛ زیرا به کاهش هزینه های خرید، بهبود کیفیت محصول نهایی، بهبود خدمات و غیره منجر می شود [۱۹].

از آنجاکه امروزه در شرایط رقابتی موجود در بازار که فشار زیادی بر سازمان ها برای دستیابی به هزینه های کمتر است، دستیابی به محصولی با قیمت پایین و کیفیت بالا بدون اتخاذ تصمیم های مناسب در فرآیند تأمین و همچنین رضایت مندی تأمین کنندگان ناممکن به نظر می رسد [۶]. مسلماً هدف اصلی خرید، بهترین کیفیت (با توجه به مقدار بهینه)، منبع مناسب (در زمان مناسب) و قیمت معقول است [۲۹]. ماهیت فرآیند انتخاب تأمین کنندگان شامل یک مسئله تصمیم گیری چندهدفه پیچیده است که به وسیله عوامل متعدد کیفی و کمی تحت تأثیر قرار می گیرد [۱۰]. به طور کلی اهداف مدل های ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان، ارائه یک روش کمی برای کمک به مدیران به منظور نیل به تولید ناب و کاهش تعداد تأمین کنندگان است.

مسئله انتخاب تأمین کننده (فروشنده) در چند دهه اخیر به طور چشم گیری در مبانی نظری کسب و کار مورد توجه بوده است [۱۲]. فرآیند ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان نباید فقط متکی به معیار هزینه باشد و سایر معیارها نظیر: کیفیت، تجهیزات تولید، ظرفیت تولید، قابلیت تکنیکی و مکان جغرافیایی نیز در این فرآیند باید دخالت داده شوند. [۱۵] در این شرایط خریداران با دو مسئله مواجه خواهند شد: از کدام تأمین کنندگان خریداری شود؟ و چه میزان سفارش به تأمین کنندگان انتخاب شده اختصاص داده شود؟ [۷]

برای بسیاری از بخش های خرید و تدارکات، فرآیند انتخاب تأمین کننده در پنج گام انجام می شود: گام اول با نیاز به انتخاب تأمین کننده شروع می شود؛ در گام بعد معیارهای تصمیم گیری تعیین و فرموله می شوند؛ در گام سوم تأمین کنندگان موجود غربال شده و فهرست کوتاهی از تأمین کنندگان بالقوه تهیه می شود؛ در گام چهارم تأمین کننده انتخاب می شود و در آخرین گام نظارت و ارزیابی مستمر بر کار تأمین کنندگان انتخاب شده انجام می شود [۲۹].

انتخاب تأمین‌کننده فرآیندی است که طی آن از میان تأمین‌کنندگان بالقوه موجود، بهترین ترکیب برای رفع نیازهای شرکت انتخاب می‌شود. طی این فرآیند، ابتدا باید منابع بالقوه تأمین موجود شناسایی و پس از بررسی صلاحیت و توانایی آن‌ها، تأمین‌کنندگان برتر انتخاب شوند [۱۶].

معیارهای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده. دسته اول، تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره (MCDM)^۱

است که هم معیارهای کمی و هم معیارهای کیفی را شامل می‌شود. دیکسون (۱۹۶۶)، برای نخستین بار با استفاده از پرسشنامه‌هایی که به ۲۷۳ مرکز خرید داد، اهمیت ۲۳ معیار متفاوت که به‌طور معمول در زمینه انتخاب تأمین‌کننده استفاده می‌شوند را بر اساس مطالعه روی مدیران خرید شناسایی و تجزیه و تحلیل کرد و به این نتیجه رسید که سه عامل: کیفیت استاندارد، تحویل به‌موقع و سابقه عملکرد، عوامل ضروری و بسیار مهمی در زمینه انتخاب تأمین‌کننده هستند [۹]. وبر و همکاران (۱۹۹۱) نیز به استناد بررسی ۷۴ مقاله در رابطه با روش‌ها و معیارهای انتخاب تأمین‌کننده بین سال‌های ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۰، دریافتند که بیش از ۶۳ درصد مقالات (۴۷ مقاله مرتبط) موضوع انتخاب تأمین‌کننده را در محیط چندمعیاره مدنظر قرار داده‌اند. زانگ و همکاران (۲۰۰۴)، ۴۹ مقاله از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۳ را جمع‌آوری کردند و بر اساس روش وبر و همکاران (۱۹۹۱) موردبررسی قرار دادند. آن‌ها معیارهای انتخاب تأمین‌کننده را در ۲۳ معیار معرفی شده توسط دیکسون (۱۹۶۶) و همچنین با معیارهای جدید موردبررسی قرار دادند و با نتایج مطالعه وبر (۱۹۹۱)، مقایسه کردند. مطالعه آن‌ها همانند پژوهش وبر (۱۹۹۱)، نشان داد که قیمت خالص، کیفیت و تحویل به‌موقع مهم‌ترین معیارهای انتخاب تأمین‌کننده است.

ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده بر اساس اهداف چندگانه. دسته دوم، تصمیم‌گیری‌های چندهدفه (MODM)^{۲۵} است که بر اساس شرایط مسئله توابع هدف و محدودیت‌ها ساخته می‌شود و در حالت کلی اهداف تعریف شده با یکدیگر در تعارض هستند؛ به عبارت دیگر نمی‌توان جوابی برای مسئله پیدا کرد که همه اهداف در آن بهینه شوند.

در حالت کلی مسئله چندهدفه تخصیص سفارش‌ها به تأمین‌کنندگان را می‌توان به‌صورت رابطه (۱) تعریف کرد:

رابطه (۱)

$$\min Z_1, Z_2, \dots, Z_k$$

$$\min Z_{k+1}, Z_{k+2}, \dots, Z_p$$

S. t:

$$x \in X_\alpha, X_\alpha = \{x | g(x) \leq b_r, r = 1, \dots, m\}$$

۱. Z_1, Z_2, \dots, Z_k اهداف منفی هستند که باید آن‌ها را کمینه کرد مانند هزینه، دیرکرد و غیره؛
 ۲. $Z_{k+1}, Z_{k+2}, \dots, Z_p$ اهداف مثبت می‌باشند که باید آن‌ها را بیشینه نمود مانند کیفیت، خدمات پس از فروش [۱۹].

در اینجا به بررسی اهداف و محدودیت‌هایی پرداخته می‌شود که در مقالات در زمینه انتخاب تأمین کننده استفاده شده است.

کارنت و وبر (۲۰۰۰)، برای نخستین بار یک مدل چندهدفه را در شرایطی که اهداف با یکدیگر در تعارض هستند برای تحلیل سیستماتیک مسئله تخصیص سفارش به تأمین کنندگان ارائه کردند. آن‌ها از سه تابع هدف کمینه کردن مجموع هزینه خرید و کمینه کردن تعداد اقلامی که دیر تحویل داده می‌شوند و کمینه کردن اقلام مرجوعی استفاده کردند و محدودیت‌های ظرفیت و تقاضا را در مدل خود در نظر گرفتند [۲۶].

اهداف وبر (۲۰۰۰)، در بیشتر پژوهش‌ها با اندکی تغییرات در هدف استفاده شد؛ در نهایت وبر تخفیف‌ها را نیز در هزینه کل اعمال و محدودیت‌های تخفیف، کیفیت و تحویل را به مدل اضافه کرد. لیا او و ریتچر (۲۰۰۷)، علاوه بر اهداف وبر و کارنت (۲۰۰۰) بیشینه کردن انعطاف‌پذیری را نیز در مدل در نظر گرفتند [۱۷].

دمیرتاس و آستون (۲۰۰۸) از دو هدف کمینه کردن هزینه خرید و کمینه کردن معیوبی‌ها استفاده کردند [۸]. آن‌ها به جای بیشینه کردن تحویل به‌موقع در مدل وبر (۲۰۰۰) از هدف بیشینه کردن مقدار خرید استفاده کردند.

سرفراز^۱ (۲۰۱۱)، مشابه دمیرتاس (۲۰۰۸) از دو هدف کمینه کردن هزینه خرید و ماکزیمم کردن تعداد اقلام خریداری شده استفاده کرد [۲۱]؛ ولی از هدف کمینه کردن معیوبی‌ها استفاده نکرد و محدودیت کیفیت را نیز در نظر گرفت.

قدسی‌پور^۲ و همکاران (۲۰۰۱) در مدل خود از سه تابع هدف کمینه کردن هزینه، بیشینه کردن کیفیت و بیشینه کردن خدمات با محدودیت ظرفیت و تقاضا استفاده کردند [۱۳]. باقری (۲۰۱۰) و امید (۲۰۰۶) نیز از این مدل در پژوهش خود استفاده کردند [۳ و ۴].

لیا او و ریتچر (۲۰۰۷)، یک مدل انتخاب تأمین کننده چندهدفه تحت تقاضای اتفاقی (تغییرپذیر) ارائه دادند. [۱۷] مدل آن‌ها متشکل از چهار هدف هزینه کل، مقدار بازگشتی، نرخ دیرکرد تحویل و نرخ انعطاف‌پذیری و دو محدودیت تقاضا و ظرفیت است. آن‌ها برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند.

رضایی و آرت (۲۰۱۱)، دو مدل خطی عدد صحیح مختلط برای مسائل تعیین اندازه محموله در چندین دوره که شامل چندین محصول و چندین تأمین کننده است، ارائه دادند [۲۰]. آن‌ها در مدل خود سه تابع هدف هزینه، کیفیت و سطح خدمت و مجموعه‌ای از محدودیت‌ها را در نظر گرفتند. هزینه کلی در نظر گرفته شده در مدل آن‌ها شامل هزینه خرید، سفارش، نگهداری و حمل و نقل است. به دلیل پیچیدگی

1. Sarfras
 2. Ghodsipour

مدل از یک سو و توانایی الگوریتم ژنتیک برای به‌دست‌آوردن مجموعه‌ای از راه‌حل‌های بهینه از سوی دیگر از الگوریتم ژنتیک در یک رویکرد ابتکاری برای حل مدل استفاده شد.

کاربرد منطق فازی در انتخاب تأمین‌کننده. مسئله انتخاب تأمین‌کننده می‌تواند یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره یا چندهدفه باشد که در آن اهمیت معیارها و اهداف با توجه به استراتژی‌های زنجیره تأمین متفاوت است و می‌تواند با یکدیگر در تعارض بوده و بسته به موقعیت خرید دارای اهمیت و اولویتی متفاوت باشند؛ همچنین انتخاب تأمین‌کننده در صنایع یک فرآیند تصمیم‌گیری جمعی است؛ یعنی سطوح و گروه‌های مختلف سازمان در این فرآیند مشارکت دارند [۲۴].

در دنیای واقعی، تصمیم‌گیرندگان اطلاعات دقیق و کاملی در ارتباط با معیارها و محدودیت‌ها ندارند؛ به‌طوری‌که نتایج را به‌صورت عدم قطعیت و ابهام و با داده‌های نامحدود و ذهنی مواجه می‌کنند و فرآیند تصمیم‌گیری را چالشی و پیچیده می‌سازند. یکی از مؤثرترین راه‌ها برای مدلسازی عدم قطعیت استفاده از نظریه فازی است [۷].

۳. روش‌شناسی پژوهش

هدف پژوهش

- انتخاب بهینه تأمین‌کنندگان بر اساس چندین هدف و تعیین نحوه تخصیص‌دهی به تأمین‌کنندگان منتخب؛

- استراتژی انتخاب بهینه با در نظر گرفتن هزینه‌های مرجوعی، کنترل و سفارش.

پرسش‌های پژوهش. بر اساس آنچه در مبانی و چارچوب پژوهش مطرح شد، پرسش پژوهش عبارت‌اند از:

- چطور می‌توان هزینه‌های خرید، مرجوعی، کنترل و سفارش را در مسائل انتخاب تأمین‌کننده لحاظ کرد؟ و چه تأثیری بر هزینه کل خواهد داشت؟

- کیفیت محصول و خدمات ارائه‌شده از طرف تأمین‌کنندگان چه تأثیری بر روی نحوه تصمیم‌گیری دارد؟

- چطور می‌توان مدل را طوری اجرا کرد تا میزان کالاهایی که به‌موقع از طرف تأمین‌کنندگان منتخب دریافت می‌شوند، افزایش یابد؟

مدل پژوهش. در این مقاله برای پاسخ‌دادن به پرسش‌های پژوهش، یک مدل چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کننده با چندین محصول و تعیین مقدار سفارش‌های اقتصادی در زنجیره تأمین ارائه خواهد شد.

ساختار مدل. مدل ارائه شده در این پژوهش یک مدل سه هدفه با محدودیت‌هایی از جمله: تقاضا، ظرفیت تأمین کننده، مقدار بازگشتی، بودجه و تحویل است، برای تشریح ساختار مدل باید به مفروضات، شمارنده‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل اشاره شود.

مفروضات^۱ مدل. پیش فرض هایی که در مدل ارائه شده عبارت‌اند از:

- تعداد محصولی که می‌تواند از هر تأمین کننده خریداری شود
- کمبود محصول‌ها برای هیچ یک از تأمین کنندگان مجاز نیست.

شمارنده‌های مدل

$i=1,2,\dots,n$: شمارنده تأمین کننده

$s=1,2,\dots,r$: شمارنده محصول‌ها

$k=1,2,\dots,q$: شمارنده اهداف

پارامترهای^۲ مدل. پارامترهای مدل معرفی شده در جدول ۱، معرفی شده‌اند.

جدول ۱. پارامترهای مدل پژوهش

قیمت ارائه‌شده از طرف تأمین‌کننده λ م برای محصول S	P_{is}
هزینه کنترل هر واحد از محصول S	t_s
مقدار هزینه سفارش محصول S م از طرف تأمین‌کننده λ م	b_{is}
درصد سطح کیفیت محصول S م از طرف تأمین‌کننده λ م	$r_{is}(\%)$
درصدی از سطح کیفیت خدمات ارائه‌شده از طرف تأمین‌کننده λ م برای محصول S م	$k_{is}(\%)$
هزینه مرجوع‌کردن محصول S م که از طرف تأمین‌کننده λ م ارائه می‌شود	q_{is}
درصد محصول S م که از طرف تأمین‌کننده λ م به‌موقع تحویل داده می‌شود	$O_{is}(\%)$
درصدی از محصول S م که از تأمین‌کننده λ م به‌موقع تحویل داده نمی‌شود	$e_{is}(\%)$
ظرفیت انبار برای محصول S م	W_s
حد بالا قابل‌قبول از مقدار محصول S م که به‌موقع تحویل داده نمی‌شود.	E_s
حداکثر تعداد تأمین‌کنندگان منتخب موردنظر خریدار برای هر محصول	M_s
مقدار تقاضای موردنیاز از محصول S	D_s
حداکثر مقدار از محصول S که از طرف تأمین‌کننده λ می‌تواند تأمین شود	C_{is}
درصد مقدار مرجوعی از محصول S م برای تأمین‌کننده λ م	$f_{is}(\%)$
حد بالا قابل‌قبول از مقدار مرجوعی برای محصول S م	F_s
بودجه تخصیص داده‌شده به محصول S	B_s
تعداد تأمین‌کنندگانی که برای انتخاب‌شدن با هم رقابت می‌کنند	n
تعداد محصولات موردنیاز خریدار که باید از طرف تأمین‌کنندگان تأمین شود	r
تعداد اهداف موجود در تصمیم‌گیری	q
حداقل مقدار برای تابع هدف k م	Z_k^-
حداکثر مقدار برای تابع هدف k م	Z_k^+

متغیر تصمیم^۱. متغیر تصمیم مسئله عبارت است از:

x_{is} : تعداد کالای خریداری‌شده از طرف تأمین‌کننده λ م برای محصول S م.

توابع هدف^۲. هدف از این بخش ارائه ساختار تشکیل‌دهنده توابع هدف موجود در مسئله انتخاب

تأمین‌کننده چندهدفه با چندین محصول است.

اهداف در نظر گرفته‌شده در مدل عبارت‌اند از: کمینه‌کردن هزینه کل که مشتمل بر هزینه خرید، هزینه مرجوعی، هزینه سفارش و هزینه کنترل است؛ بیشینه‌کردن کیفیت که این کیفیت مشتمل بر

-
1. Decision Variable
 2. Objective Function

کیفیت خدمات ارائه شده از طرف تأمین کنندگان و کیفیت محصولات ارائه شده از طرف تأمین کنندگان است و در نهایت بیشینه کردن تعداد محصولاتی که به موقع از طرف تأمین کنندگان به خریدار تحویل داده می شوند.

کمیینه سازی هزینه کل. از مهم ترین عوامل مؤثر در مسئله خرید و نیز انتخاب تأمین کننده، قیمت و هزینه است. از دید بسیاری از پژوهشگران، عامل قیمت مهم ترین معیار در مسئله خرید است. در این پژوهش، نخستین تابع هدف مدل به این مسئله می پردازد. در این مدل هزینه ای که خریدار متحمل می شود، شامل قیمت محصول، هزینه مرجوع کردن محصولات، هزینه های کنترل و سفارش است. در رابطه ۲، تابع هزینه ارائه شده است که در این رابطه به ترتیب هزینه های خرید، مرجوعی، کنترل و سفارش مدل سازی شده است.

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{Min } Z_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r p_{is} x_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r (f_{is} x_{is}) q_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r t_{s} x_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r b_{is} x_{is}$$

بیشینه سازی سطح کیفیت. بیشینه سازی سطح کیفیت مشتمل بر کیفیت خدمات ارائه شده و کیفیت محصول دریافتی ارائه شده توسط تأمین کنندگان به ازای خرید کلیه محصولات در دوره های زمانی گوناگون است.

در رابطه ۳، قسمت اول نشان دهنده سطح کیفیت خدمات و قسمت دوم، سطح کیفیت محصول است. برای به دست آوردن آن باید به ترتیب سطح کیفیت خدمات و سطح کیفیت محصول ارائه شده از طرف هر تأمین کننده در هر دوره زمانی برای هر محصول (که در کلیه سطوح تخفیف از آن محصول یکسان است) در تعداد کل خریداری شده از آن محصول ضرب شود.

$$\text{رابطه (۳)} \quad \text{Max } Z_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r k_{is} x_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r r_{is} x_{is}$$

حداکثر سازی تعداد محصولاتی که به موقع تحویل داده می شوند. در دنیای واقعی خریداران تمایل دارند، محصولاتی که سفارش می دهند را به موقع دریافت کنند؛ زیرا عدم دریافت به موقع محصولات، ضررهایی را بر آن ها تحمیل می کند.

برای بیشینه سازی این هدف باید درصد محصولات ارائه شده از طرف تأمین کننده α_m (در دوره زمانی t) برای محصول s ام، (که در کلیه سطوح تخفیف یکسان است) را در تعداد خریداری شده از آن تأمین کننده برای آن محصول در آن دوره زمانی ضرب کرد (رابطه ۴).

$$\text{Max } Z_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r O_{is} x_{is} \quad \text{رابطه (۴)}$$

محدودیت‌ها^۱. همواره در دنیای واقعی محدودیت‌هایی برای خریدار و تأمین‌کنندگان وجود دارد که لازم است برآورد شوند. در واقع محدودیت‌های مسئله فضای حل را به وجود می‌آورند.

محدودیت تقاضا^۲. از آنجاکه تضمین تقاضای خریدار اهمیت زیادی دارد؛ بنابراین مجموع تعداد محصولی که از هر تأمین‌کننده خریداری می‌شود باید بزرگ‌تر یا مساوی با میزان تقاضای خریدار باشد. رابطه (۵) نشان‌دهنده این محدودیت است.

$$\sum_{i=1}^n x_{is} \geq D_s \quad \forall s \quad \text{رابطه (۵)}$$

محدودیت ظرفیت^۳. چون تأمین‌کنندگان با توجه به نیروی کار، ابزار و تجهیزات، ساعت‌های کاری و غیره توانایی تولید تعدادی از هر محصول را دارند، باید این محدودیت در مدل لحاظ شود تا با توجه به ظرفیت تولید تأمین‌کنندگان از آن‌ها خریداری شود و اگر تأمین‌کننده‌ای قادر به پاسخگویی همه نیازهای خریدار نباشد؛ در این صورت از سایر تأمین‌کنندگان موجود بقیه نیاز خریدار تأمین می‌شود. این محدودیت به صورت رابطه (۶) ارائه می‌شود.

$$x_{is} \leq C_{is} \quad \forall i, s \quad \text{رابطه (۶)}$$

محدودیت مقدار بازگشتی^۳. محدودیت مقدار بازگشتی به این مفهوم است که خریدار مایل نیست، تعداد محصولات معیوبی که در بسته‌های خریداری شده از تأمین‌کنندگان مختلف وجود دارد، بیشتر از یک نرخ مشخص باشد؛ به عبارت دیگر اگر $f_{is}(\%)$: درصد مقدار مرجوعی از طرف تأمین‌کننده i ام و F_s : حد بالا از مقدار مرجوعی قابل قبول باشد، در این صورت رابطه ۷ به صورت زیر خواهد بود:

$$\sum_{i=1}^n f_{is} x_{is} \leq F_s \quad \forall s \quad \text{رابطه (۷)}$$

-
1. Constraints
 2. Demand
 3. Rejected Quantity

محدودیت بودجه^۱. خریداران همواره برای خرید هر محصول یک حد بالا از بودجه را تخصیص می‌دهند و مایل هستند، طوری خرید کنند که هزینه کل خرید آن محصول کمتر یا مساوی بودجه تخصیص داده شده توسط خریدار برای محصول موردنظر باشد. این محدودیت به صورت رابطه ۸، نشان داده می‌شود.

$$\sum_{i=1}^n p_{is} x_{is} + \sum_{i=1}^n (f_{is} x_{is}) q_{is} + \sum_{i=1}^n t_s x_{is} + \sum_{i=1}^n b_{is} x_{is} \leq B_s \quad \forall s \quad (8) \text{ رابطه}$$

محدودیت ظرفیت انبار. خریدار می‌تواند حداکثر به میزان ظرفیت انبار خود برای هر محصول، خرید کند؛ بنابراین باید تعداد کل خریداری از کلیه تأمین کنندگان برای آن محصول کمتر از حد بالای ظرفیت انبار در نظر گرفته شده برای آن محصول از طرف خریدار باشد (رابطه ۹).

$$\sum_{i=1}^n x_{is} \leq W_s \quad \forall s. \quad (9) \text{ رابطه}$$

محدودیت دیرکرد تحویل. با توجه به پیشینه تولید، هر تأمین کننده برای هر محصول، درصدی از مقدار محصولی که به موقع تحویل نداده است را ارسال می‌کند و از آنجا که برای خریدار، یک حد بالا از مقدار محصول در هر دوره که به موقع تحویل داده نمی‌شوند، قابل قبول است؛ بنابراین لازم است از تأمین کنندگانی خرید انجام شود که نیاز خریدار را برآورده سازد (رابطه ۱۰).

$$\sum_{i=1}^n e_{is} x_{is} \leq E_s \quad \forall s \quad (10) \text{ رابطه}$$

محدودیت تعداد تأمین کنندگان منتخب. سازمان‌ها برای جلوگیری از ریسک تک تأمین کنندگی و به دلیل داشتن محدودیت، به انتخاب چند تأمین کننده روی می‌آورند؛ ولی سیاست‌های کلی سازمان برای جلوگیری از پیچیدگی بیش از حد روابط بین سازمان و تأمین کنندگان به اتخاذ تصمیمی در خصوص حداکثر تعداد تأمین کنندگان منتخب منجر می‌شود؛ بنابراین رابطه ۱۱، نشان‌دهنده محدودیت بالا است.

$$y_{is} = \begin{cases} 0 & \text{if } x_{is} = 0 \\ 1 & \text{if } x_{is} > 0 \end{cases} \quad \forall i, s \quad (11) \text{ رابطه}$$

$$\sum_{i=1}^n y_{is} \leq M_s \quad \forall s$$

نمای کلی مدل.

بر اساس آنچه تاکنون مطرح شد، نمای کلی مدل به صورت زیر است:

$$\text{Min } Z_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r p_{is} x_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r (f_{is} x_{is}) q_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r t_s x_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r b_{is} x_{is}$$

$$\text{Max } Z_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r k_{is} x_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r r_{is} x_{is}$$

$$\text{Max } Z_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r O_{is} x_{is}$$

Subject to :

$$\sum_{i=1}^n x_{is} \geq D_s \quad \forall s$$

$$x_{is} \leq C_{is} \quad \forall i, s$$

$$\sum_{i=1}^n x_{is} \leq W_s \quad \forall s$$

$$\sum_{i=1}^n f_{is} x_{is} \leq F_s \quad \forall s$$

$$\sum_{i=1}^n p_{is} x_{is} + \sum_{i=1}^n (f_{is} x_{is}) q_{is} + \sum_{i=1}^n t_s x_{is} + \sum_{i=1}^n b_{is} x_{is} \leq B_s \quad \forall s$$

$$\sum_{i=1}^n e_{is} x_{is} \leq E_s \quad \forall s$$

$$y_{is} = \begin{cases} 0 & \text{if } x_{is} = 0 \\ 1 & \text{if } x_{is} > 0 \end{cases} \quad \forall i, s$$

$$\sum_{i=1}^n y_{is} \leq M_s \quad \forall s$$

$$x_{is} \geq 0 \quad \forall i, s$$

روش و ابزار گردآوری داده‌ها. روش پژوهش در این مقاله، روش توسعه‌ای از شاخه ریاضی است. برای گردآوری داده‌ها از روش داده‌های تجربی استفاده شده است.

روایی و پایایی ابزار پژوهش. از آنجاکه داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از اسناد و مدارک معتبر شرکت مورد مطالعه (شرکت ماشین‌سازی) استخراج شده است؛ بنابراین داده‌ها هم از نظر روایی و هم اعتبار مورد تأیید پژوهشگر است.

مورد مطالعه. مورد مطالعه در این پژوهش یکی از شرکت‌های مهم صنعتی است که در استان مرکزی فعالیت می‌کند و نقش مهمی در اقتصاد صنعتی کشور دارد. این شرکت در حال حاضر با سه تأمین‌کننده مهم برای هر محصول خود (شامل سه محصول مهم) در ارتباط است. در این پژوهش داده‌های مربوط به هزینه‌های خرید، مرجوعی، کنترل و سفارش مربوط به هر سه محصول با هر سه تأمین‌کننده بررسی می‌شوند؛ بنابراین از روش‌های متداول نمونه‌گیری به دلیل بهره‌گیری از کل داده‌ها استفاده نخواهد شد.

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

در این بخش برای حل مدل ارائه شده در بخش قبل، از دو روش استفاده می‌شود. ابتدا برای حل مدل با استفاده از نرم‌افزار LINGO، مدل چندهدفه با روش معیار-جامع یا L_p -metric به مدل تک‌هدفه تبدیل می‌شود. از آنجاکه ممکن است برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده نتوان به‌طور هم‌زمان همه اهداف را تحت محدودیت‌های سیستم ارضا کرد، در این شرایط تصمیم‌گیرنده یک حدی از تلورانس و تابع عضویت $(\mu(Z_k(x)))$ را برای هر هدف فازی k در مدل تعریف می‌کند. [۱]؛ بنابراین از رویکرد فازی زیمرمن برای این منظور استفاده می‌شود. روش کار هر یک از این روش‌ها به تفصیل در سه بخش زیر ارائه شده است:

روش معیار-جامع یا L_p -Metric. برای یکپارچه‌سازی توابع هدف، روش معیار جامع L_p -Metric استفاده شده است [۲۵]. در این روش کمینه‌سازی انحرافات توابع هدف از مقدار بهینه

آن‌ها مدنظر است. در روش معیار جامع ابتدا جواب‌های انفرادی برای بهینگی هر تابع هدف محاسبه و سپس تابع هدف کمینه می‌شود (رابطه ۱۲).

$$\text{Minimize} \left(\sum_{k=1}^q \left[\omega_k \left| \frac{f_k^* - f_k(x)}{f_k^*} \right| \right]^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (\text{رابطه ۱۲})$$

Subject to:

$$X_{\alpha}, X_{\alpha} = \{x / g(x) \leq b_h, h = 1, 2, \dots, g\}$$

ω_k ، درجه اهمیت (وزن) برای هدف λ ام است و $1 \leq p < \infty$ پارامتر مشخص‌کننده خانواده Lp است. ارزش p مشخص‌کننده درجه تأکید بر انحرافات موجود است؛ به طوری که هر چه مقدار p بزرگ‌تر باشد، تأکید بیشتری بر بزرگ‌ترین انحراف خواهد بود. معمولاً ارزش‌های $p=1$ ، $p=2$ و $p=\infty$ در محاسبات به کار گرفته می‌شوند. $P=1$ نشان می‌دهد که اهمیت یکسانی برای تمامی انحرافات در نظر گرفته می‌شود. $P=2$ نشان‌دهنده آن است که هر یک از انحرافات، وزن متناسب با خود را دارند؛ به طوری که بزرگ‌ترین انحراف بیشترین وزن را به خود اختصاص می‌دهد. وقتی p به سمت بی‌نهایت میل می‌کند، بزرگ‌ترین انحراف نشان‌دهنده فاصله است [۱۴]. برای مقدار $p=\infty$ این روش به رویکرد Min-Max تبدیل می‌شود. متغیر λ به صورت رابطه ۱۳، تعریف می‌شود.

$$\lambda = \text{Maximize} \left(\sum_{k=1}^q \left[\omega_k \left| \frac{f_k^* - f_k(x)}{f_k^*} \right| \right] \right) \quad (\text{رابطه ۱۳})$$

بنابراین می‌توان مدل چندهدفه را به صورت یک مدل تک‌هدفه، به صورت روابط ۱۴ نوشت:

$$\text{Min}Z = \lambda$$

Subject to :

$$\lambda \geq W_1 \left| \frac{Z_1 - Z_1^*}{Z_1^*} \right| \quad \text{روابط (۱۴)}$$

$$\lambda \geq W_2 \left| \frac{Z_2 - Z_2^*}{Z_2^*} \right|$$

·
·
·

$$\lambda \geq W_q \left| \frac{Z_q - Z_q^*}{Z_q^*} \right|$$

$$X_\alpha, X_\alpha = \{x / g(x) \leq b_h, h = 1, 2, \dots, g\}$$

در این پژوهش از $p = \infty$ استفاده شده است.

رویکرد فازی زیمرمن. دومین روش مورد استفاده برای حل مدل چندهدفه ذکر شده در بالا، استفاده از رویکرد فازی زیمرمن (۱۹۷۸) است [۲۸].

در این صورت، مسئله برنامه‌ریزی خطی با اهداف فازی به صورت روابط ۱۵، نشان داده می‌شود [۱].
روابط (۱۵)

$$\tilde{Z}_k = \sum_{i=1}^n c_{ki} x_i \lesssim Z_k^0 \quad k = 1, 2, \dots, q \quad (\text{for negative function})$$

$$\tilde{Z}_k = \sum_{i=1}^n c_{ki} x_i \gtrsim Z_k^0 \quad k = 1, 2, \dots, q \quad (\text{for positive function})$$

Subject to :

$$g_h(x) = \sum_{i=1}^n a_{hi} x_i \leq b_h \quad h = 1, 2, \dots, g$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

در این مدل پارامترهای c_{ki}, a_{hi}, b_h مقادیر قطعی هستند، و علامت \sim محیط فازی را نشان می‌دهد. علامت \lesssim در محدودیت‌ها، نشان‌دهنده فازی بودن محدودیت‌ها است. علامت \leq نشان‌دهنده این است که کمتر یا مساوی مقدار بهینه برای توابع هدف (از نوع منفی) تا مقدار Z_k^- (بدترین جواب) هر چند مطلوبیت کمتر در پی دارد؛ ولی می‌تواند برای تصمیم‌گیرنده قابل قبول باشد؛ همچنین \gtrsim

نشان‌دهنده فازی بودن محدودیت است و نشان می‌دهد که برای اهداف از نوع مثبت نیز تا مقدار Z_k^+ (بدترین جواب) برای تصمیم‌گیرنده قابل قبول است؛ اما با دور شدن از مقدار بهینه از مطلوبیت آن کاسته شده و به صفر نزدیک‌تر می‌شود.

در یک مسئله چندهدفه با اهداف فازی، بهینه‌سازی تقریبی از اهداف به این معنا است که توابع عضویت هر تابع هدف باید حداکثر شود [۲۲].

مدل برنامه‌ریزی فازی. زیمرمن (۱۹۷۸) با استفاده از توابع عضویت خطی، یک رویکرد فازی (مدل عملگر Min-Max) برای مسائل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی، به صورت رابطه ۱۶ ارائه داد [۲۸].

$$\text{Max}_x \text{Min}_k \mu_k(Z_k(x))$$

رابطه (۱۶) *Subject to:*

$$x \in X_\alpha$$

معادله ۱۶ با استفاده از تعریف یک متغیر کمکی λ می‌تواند به رابطه ۱۷ تبدیل شود:

$$\text{Max} \lambda$$

Subject to:

$$\mu_k(Z_k(x)) \geq \lambda, \quad k = 1, 2, \dots, q \quad \text{معادله (۱۷)}$$

$$x \in X_\alpha,$$

$$0 \leq \lambda \leq 1$$

آزمون پرسش‌های پژوهش. در این قسمت با به‌کارگیری روش‌های Lp-Metric و فازی زیمرمن، مدل چندهدفه معرفی شده به مدلی تک‌هدفه تبدیل می‌شود. این مدل با کمک نرم‌افزار Lingo نسخه ۸ حل می‌گردد.

شرکت ماشین‌سازی موردنظر، نیاز به خرید سه محصول از بهترین تأمین‌کنندگان و تخصیص مقدار بهینه به هر یک از آن‌ها دارد. این شرکت با سه تأمین‌کننده برای هر محصول مواجه است. پارامترهای مربوط به قیمت تمام‌شده برای محصول شامل قیمت خرید محصول S ارائه شده از طرف تأمین‌کننده \bar{A}_m ، هزینه کنترل هر واحد از محصول S، هزینه سفارش‌دهی به تأمین‌کننده \bar{A}_m برای محصول S، هزینه مرجوع کردن هر واحد محصول S به تأمین‌کننده \bar{A}_m در جدول ۲، نشان داده شده است؛ همچنین سایر پارامترهای مدل بالا شامل درصد سطح کیفیت محصول S از طرف تأمین‌کننده \bar{A}_m ($r_{is}(\%)$)، درصد سطح کیفیت خدمات ارائه شده از طرف تأمین‌کننده \bar{A}_m برای محصول S

$(k_{is}(\%))$ ، درصدی از محصول s ام که از طرف تأمین کننده i ام به موقع تحویل داده می‌شود، درصد مقدار مرجوعی محصول s ام از تأمین کننده i ام $(f_{is}(\%))$ ، بودجه تخصیص داده شده به محصول s ام (B_s) و حد بالا از مقدار مرجوعی برای محصول s ام (F_s) ، حد بالا از میزان عدم تحویل به موقع قابل قبول از نظر خریدار برای محصول s ام (E_s) ، ظرفیت تأمین کنندگان برای هر محصول (C_{is}) ، مقدار تقاضا برای هر محصول (D_s) ، ظرفیت انبار برای هر محصول (W_s) و حداکثر تعداد تأمین کنندگان منتخب مورد نظر خریدار برای هر محصول (M_s) در جدول ۳، ارائه شده است.

جدول ۲. پارامترهای مربوط به قیمت تمام شده

محصول (s)	تأمین کننده (i)	p_{is}	t_s	b_{is}	q_{is}
۱	۱	۱۵	۰/۷	۵	۰/۶
	۲	۱۸		۴	۰/۴
	۳	۲۰		۵	۰/۳
۲	۱	۱۲	۰/۵	۴	۰/۲
	۲	۱۳		۵	۰/۲
	۳	۱۰		۳	۰/۴
۳	۱	۲۶	۰/۸	۵	۰/۷
	۲	۳۰		۷	۰/۸
	۳	۲۷		۶	۰/۶

جدول ۳. مقادیر سایر پارامترهای مدل

محصول (s)	تأمین کننده (i)	$r_{is}(\%)$	$k_{is}(\%)$	$O_{is}(\%)$	$f_{is}(\%)$	B_s	F_s
۱	۱	۸۵	۹۰	۹۱	۵	۲۰۰۰۰	۸۵
	۲	۸۶	۹۶	۸۸	۴		۸۶
	۳	۹۰	۹۵	۹۲	۳		۹۰
۲	۱	۹۲	۹۴	۹۱	۴	۲۲۰۰۰	۹۲
	۲	۹۰	۹۵	۹۴	۳		۹۰
	۳	۸۸	۹۰	۹۰	۶		۸۸
۳	۱	۸۸	۹۰	۹۰	۴	۳۰۰۰۰	۸۸
	۲	۹۵	۹۳	۹۵	۲		۹۵
	۳	۹۱	۹۲	۹۲	۳		۹۱

ادامه جدول ۳. مقادیر سایر پارامترهای مدل

محصول (s)	تأمین کننده (i)	E_s	$e_{is} (\%)$	D_s	C_{is}	M_s	B
۱	۱	۹۰	۹۱	۴۰۰	۶۰۰	۲	۸۰۰
	۲	۹۶	۸۸		۹۰۰		
	۳	۹۵	۹۲		۷۰۰		
۲	۱	۹۴	۹۱	۸۰۰	۱۲۰۰	۲	۱۲۰۰
	۲	۹۵	۹۴		۱۱۰۰		
	۳	۹۰	۹۰		۱۲۰۰		
۳	۱	۹۰	۹۰	۶۰۰	۱۰۰۰	۲	۱۱۰۰
	۲	۹۳	۹۵		۱۲۰۰		
	۳	۹۲	۹۲		۸۰۰		

با جایگذاری پارامترها در مدل و حل تک‌تک اهداف با کلیه محدودیت‌های مدل با استفاده از نرم‌افزار Lingo نسخه ۸ مقادیر حد بالا و پایین برای هر هدف و همچنین مقادیر تخصیص محاسبه شد. نتایج در جدول (۴) الی (۹) نشان داده شده است.

جدول ۴. مقدار حد پائین هدف هزینه

Z_1^-	x_{11}	x_{13}	x_{32}
۳۸۱۹۸/۴	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰

جدول ۵. مقدار حد بالا هدف هزینه

Z_1^+	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{31}	x_{33}
۶۶۶۵۵/۰۶	۱۳۸	۹۰۰	۷۷۹	۶۵۶	۱۶

جدول ۶. مقدار حد پائین هدف کیفیت

Z_2^-	x_{11}	x_{13}	x_{32}
۳۱۹۲	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰

جدول ۷. مقدار حد بالا هدف کیفیت

Z_2^+	x_{12}	x_{21}	x_{23}	x_{31}	x_{33}
۴۶۴۹/۱	۹۰۰	۱۹۰	۷۳۶	۶۱۰	۶۴

جدول ۸. مقدار حد پائین هدف تحویل به موقع

Z_3^-	x_{21}	x_{32}	x_{13}
۱۶۱۲	۴۰۰	۸۰۰	۶۰۰

جدول ۹. مقدار حد بالا هدف تحویل به موقع

Z_3^+	x_{11}	x_{31}	x_{22}	x_{23}	x_{33}
۲۳۳۸/۹۴	۱۱۴	۶۸۶	۹۰۰	۷۳۶	۶۴

حل مدل ارائه شده با استفاده از روش **Lp-Metric** با جایگذاری مقادیر بهینه به دست آمده برای هر هدف از جدول ۴ تا ۹ به روش **Lp-Metrics** رابطه ۱۸ به صورت زیر خواهد بود:

$$\text{Min } \lambda$$

S.t :

رابطه (۱۸)

$$\lambda \geq \left(\frac{1}{3}\right) \left(\frac{Z_1 - 38198.4}{38198.4}\right)$$

$$\lambda \geq \left(\frac{1}{3}\right) \left(\frac{4649.1 - Z_2}{4649.1}\right)$$

$$\lambda \geq \left(\frac{1}{3}\right) \left(\frac{2338.94 - Z_3}{2338.94}\right)$$

$$x \in X_\alpha, X_\alpha = \{x / g(x) \leq b_h, h = 1, 2, \dots, g\}$$

نتایج حل مدل با استفاده از نرم افزار **Lingo** نسخه ۸ در جدول ۱۰ نشان داده شده است:

جدول ۱۰. نتایج حل مدل با استفاده از روش **Lp-Metric**

λ	Z_1^*	Z_2^*	Z_3^*	x_{11}	x_{21}	x_{32}	x_{13}
۰/۰۵۹۲۵	۴۴۹۸۸/۵۷	۳۸۲۲/۶۳	۱۹۴۵/۰۲	۵۹۱	۶۵	۸۹۹	۶۰۰

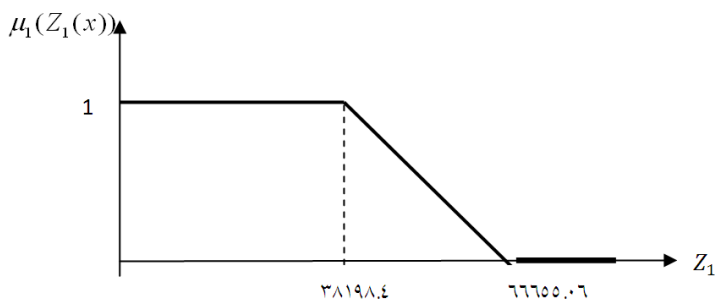
با توجه به جدول ۱۰، تأمین کنندگان شرکت موردنظر برای هر محصول و نحوه تخصیص دهی به آن‌ها به این صورت است که محصول اول به دو تأمین کننده اول و دوم با مقادیر تخصیص متفاوت تخصیص داده شده است؛ به طوری که ۵۹۱ واحد کالا به تأمین کننده اول و ۶۵ واحد به تأمین کننده دوم اختصاص داده شده است. محصول دوم فقط به تأمین کننده سوم و با مقدار ۸۹۹ واحد تخصیص داده شده

است. در نهایت در مورد محصول سوم نیز حداقل تقاضا از این محصول برآورده شده است؛ به طوری که این مقدار تقاضا از تأمین‌کننده اول خریداری شده است.

حل مدل ارائه شده با استفاده از رویکرد فازی زیمرمن. ابتدا برای حل با استفاده از روش فازی زیمرمن مقادیر تابع عضویت برای هر هدف به دست آورده می‌شود. مقدار تابع عضویت خطی برای هدف اول که به صورت حداقل‌سازی هزینه خرید است با استفاده از جدول‌های ۴ و ۵ به صورت رابطه ۱۹، نشان داده شده است:

$$\mu_1(Z_1(x)) = \begin{cases} 1 & \text{for } Z_1(x) \leq 38198.4 \\ \frac{(66655.06 - Z_1(x))}{(66655.06 - 38198.4)} & \text{for } 38198.4 \leq Z_1(x) < 66655.06 \\ 0 & \text{for } Z_1(x) \geq 66655.06 \end{cases} \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

تابع عضویت خطی برای هدف اول ($\mu_1(Z_1(x))$) در شکل ۱، نشان داده شده است.

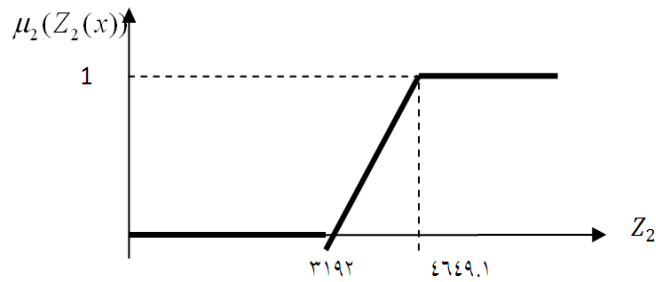


شکل ۱. تابع عضویت خطی برای هدف هزینه

مقدار تابع عضویت خطی برای هدف دوم که به صورت حداکثرسازی سطح کیفیت است با استفاده از جدول ۶ و ۷ به صورت رابطه ۲۰، نشان داده شده است:

$$\mu_2(Z_2(x)) = \begin{cases} 1 & \text{for } Z_2(x) \geq 4649.1 \\ \frac{(Z_2(x) - 3192)}{(4649.1 - 3192)} & \text{for } 3192 \leq Z_2(x) < 4649.1 \\ 0 & \text{for } Z_2(x) \leq 3192 \end{cases} \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

تابع عضویت خطی برای هدف دوم $(\mu_2(Z_2(x)))$ نیز در شکل ۲، نشان داده شده است.

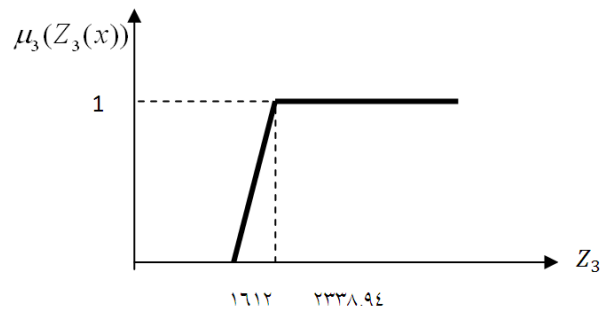


شکل ۲. تابع عضویت خطی برای هدف کیفیت

تابع عضویت خطی برای هدف سوم که به صورت حداکثرسازی محصولاتی است که به موقع تحویل داده می‌شوند با استفاده از جدول‌های ۸ و ۹ به صورت رابطه ۲۱، نشان داده شده است:

$$\mu_3(Z_3(x)) = \begin{cases} 1 & \text{for } Z_3(x) \geq 2338.94 \\ \frac{(Z_3(x) - 1612)}{(2338.94 - 1612)} & \text{for } 1612 \leq Z_3(x) < 2338.94 \\ 0 & \text{for } Z_3(x) < 1612 \end{cases} \quad \text{رابطه (۲۱)}$$

تابع عضویت خطی برای هدف سوم $(\mu_3(Z_3(x)))$ در شکل ۳، نشان داده شده است.



شکل ۳. تابع عضویت خطی برای هدف تحویل به موقع

پس از به دست آوردن توابع عضویت خطی برای هر هدف، مدل فازی زیرمن به صورت رابطه ۲۲، توسعه داده شده است. [۲۸]

Max λ

S.t :

$$\left(\frac{Z_1 - 38198.4}{66655.06 - 38198.4}\right) \geq \lambda$$

رابطه (۲۲)

$$\left(\frac{4649.1 - Z_2}{4649.1 - 3192}\right) \geq \lambda$$

$$\left(\frac{2338.94 - Z_3}{2338.94 - 1612}\right) \geq \lambda$$

$$x \in X_\alpha, X_\alpha = \{x / g(x) \leq b_h, h = 1, 2, \dots, g\}$$

(۱۱) با استفاده از حل مدل فازی زیمنن و با استفاده از نرم‌افزار Lingo نسخه ۸، جدول (۱۱) به دست می‌آید.

جدول ۱۱. نتایج حل مدل با استفاده از رویکرد فازی زیمنن

λ	Z_1^*	Z_2^*	Z_3^*	x_{11}	x_{21}	x_{32}	x_{13}
۰/۶۳۰۳	۴۸۷۱۶/۲۲	۴۱۱۰/۷	۲۰۸۵/۵	۶۰۰	۲۰۰	۹۰۰	۶۱۵

با توجه به جدول (۱۱) تأمین‌کنندگان شرکت مورد مطالعه برای هر محصول و نحوه تخصیص دهی به آن‌ها به این صورت است که محصول اول به دو تأمین‌کننده اول و دوم با مقادیر تخصیص متفاوت، تخصیص داده شده است؛ به طوری ۶۰۰ واحد به تأمین‌کننده اول و ۲۰۰ واحد به تأمین‌کننده دوم اختصاص داده شده است. محصول دوم فقط از تأمین‌کننده سوم و در مقدار ۹۰۰ واحد خریداری شده است. در مورد محصول سوم نیز مقدار ۶۱۵ واحد به تأمین‌کننده اول اختصاص داده شده است.

یافته‌های پژوهش. بر اساس مدل تشریح شده در این قسمت پرسش‌های پژوهش و نتایج بررسی می‌شوند.

پرسش اول پژوهش: چطور می‌توان هزینه‌های مرجوعی، کنترل و سفارش را در مسائل انتخاب تأمین‌کننده لحاظ کرد و چه تأثیری بر هزینه کل دارد؟

اهداف در نظر گرفته شده در مدل عبارت‌اند از: کمینه‌کردن هزینه کل که مشتمل بر هزینه خرید، هزینه مرجوعی، هزینه سفارش و هزینه کنترل و بیشینه‌کردن کیفیت که این کیفیت مشتمل بر کیفیت

خدمات ارائه شده از طرف تأمین کنندگان و کیفیت محصولات ارائه شده از طرف تأمین کنندگان و در نهایت بیشینه کردن تعداد محصولاتی که به موقع از طرف تأمین کنندگان به خریدار تحویل داده می شوند. از مهم ترین عواملی که در مسئله خرید و انتخاب تأمین کننده مؤثر است، موضوع قیمت و هزینه است که هر خریدار مایل است تا حد امکان هزینه ها را کاهش دهد. از دید بسیاری از پژوهشگران، عامل قیمت مهم ترین معیار در مسئله خرید است. در این پژوهش اولین تابع هدف مدل به این مسئله می پردازد.

در این مدل هزینه ای که خریدار متحمل می شود، شامل قیمت محصول، هزینه مرجوع کردن محصولات، هزینه های کنترل و سفارش است. در رابطه ۲۳، تابع هزینه ارائه شده است که در این رابطه به ترتیب هزینه خرید، مرجوعی، کنترل و سفارش مدل سازی شده است.

$$\text{رابطه (۲۳)} \quad \text{Min } Z_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r p_{is} x_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r (f_{is} x_{is}) q_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r t_{s} x_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r b_{is} x_{is}$$

پرسش دوم پژوهش: کیفیت محصول و خدمات ارائه شده توسط تأمین کنندگان چه تأثیری بر نحوه تصمیم گیری دارد؟

برای پاسخ به این پرسش رابطه ۲۴، تشکیل شد. قسمت اول این رابطه نشان دهنده سطح کیفیت خدمات و قسمت دوم آن سطح کیفیت محصول است. این رابطه با مجموع سایر اهداف مدل در نظر گرفته شد که نتایج تحلیل آن در جدول های ۶ و ۷ مشخص شده است.

$$\text{رابطه (۲۴)} \quad \text{Max } Z_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r k_{is} x_{is} + \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r r_{is} x_{is}$$

پرسش سوم پژوهش: چطور می توان مدل را طوری اجرا کرد که میزان کالاهایی که به موقع توسط تأمین کنندگان منتخب دریافت می شوند، افزایش یابد؟

در رابطه با این پرسش نیز هدفی به صورت رابطه ۲۵، تشکیل شد. برای بیشینه سازی این هدف نیاز است تا درصد محصولاتی که از طرف تأمین کننده t ام در دوره زمانی t ام برای محصول s ام، (که در کلیه سطوح تخفیف یکسان است) در تعداد خریداری شده از آن تأمین کننده برای آن محصول در آن دوره زمانی ضرب شود؛ همان طور که تحلیل نتایج آن در جدول ۸ و ۹ ارائه شد.

$$\text{رابطه (۲۵)} \quad \text{Max } Z_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{s=1}^r O_{is} x_{is}$$

در نهایت مدل با استفاده از توسعه مدل ریاضی، مدل‌سازی شد و سپس با توابع هدف فازی از رویکرد فازی و روش‌های حل مسائل چندهدفه تأمین‌کنندگان انتخابی و نیز مقدار بهینه تخصیص به هر یک از آن‌ها مشخص شد و می‌توان ادعا کرد، چنین رویکردی تاکنون در پژوهش‌های گذشته انجام نشده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در دهه اخیر، نحوه تأمین مواد اولیه و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین، چالشی برای بیشتر سازمان‌ها بوده است. از آنجا که عملکرد تأمین‌کنندگان، اثر اساسی بر موفقیت یا شکست زنجیره تأمین دارد، انتخاب تأمین‌کننده، یک وظیفه راهبردی شناخته می‌شود. [۲۳] انتخاب تأمین‌کننده مناسب و مدیریت آن، ابزاری است که از آن می‌توان برای افزایش رقابت‌پذیری زنجیره تأمین استفاده کرد؛ بنابراین انتخاب تأمین‌کننده، تصمیمی مهم و استراتژیک در زنجیره تأمین است.

مسئله انتخاب تأمین‌کننده یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره، شامل معیارهای کیفی و کمی است که در فرایند انتخاب، ممکن است تعداد زیادی از این معیارها با هم متناقض باشند؛ بنابراین روند تصمیم‌گیری را پیچیده‌تر می‌کند. این پژوهش سعی بر آن داشت تا برای انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان و تخصیص مقدار بهینه به آن‌ها برای خرید چندین محصول از آن‌ها یک مدل چندهدفه با اهداف کمینه‌کردن هزینه، بیشینه‌کردن سطح کیفیت خدمات و بیشینه‌کردن سطح کیفیت محصولات با در نظر گرفتن محدودیت‌های ظرفیت، تقاضا، تخفیف، مقدار بازگشتی و بودجه ارائه دهد؛ همچنین برای انعطاف‌پذیرتر کردن جواب‌ها از رویکردهای فازی به منظور حل مدل استفاده شد؛ بنابراین از دو رویکرد فازی زیرمن برای حل مدل استفاده شده است.

پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی. با توجه به نتایج و یافته‌های این پژوهش و مواردی که مورد بررسی قرار گرفت، می‌توان پیشنهادهایی را برای پژوهش‌های آتی و در ارتباط با مسئله انتخاب تأمین‌کننده ارائه داد. برخی از این پیشنهادها به شرح زیر هستند:

- در این پژوهش فرض بر این بود که تمام پارامترها به صورت قطعی هستند؛ می‌توان برای پژوهش‌های آتی، پارامترهای مدل برای مثال تقاضا و قیمت را به صورت فازی در نظر گرفت؛

- مدل به کار گرفته شده برای انتخاب تأمین‌کننده در این پژوهش برای حالتی بود که تنها یک دوره زمانی مدنظر خریدار قرار گرفته است؛ بنابراین می‌توان حالتی که خریدار قصد خرید در چندین دوره زمانی مختلف را دارد، مورد پژوهش و بررسی قرار داد؛

- می‌توان مدل را طوری توسعه داد که کمبود محصول برای هر تأمین‌کننده مجاز باشد؛ همچنین می‌توان اهداف و محدودیت‌های دیگری نظیر هدف کاهش سطح ریسک و غیره را نیز به مدل اضافه کرد؛

- در این پژوهش فرض بر آن بود که وزن‌های اهمیت نسبی اهداف و محدودیت توسط تصمیم‌گیرنده عنوان شده و وارد مدل می‌شوند. به عنوان پژوهشی جامع، می‌توان معیارهای تصمیم‌گیری در امر انتخاب

تأمین‌کننده را با هم در نظر گرفت و با استفاده از روش‌های وزن‌دهی مناسب مانند ANP، وزن‌های این معیارها را به‌دست آورد و وارد مدل کرد.

منابع

1. Amid, A., Ghodsypour, S.H., & O'Brien, C. (2009). A weighted additive fuzzy multi-objective model for the supplier selection problem under price breaks in a supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 121, 323-332.
2. Amid, A., Ghodsypour, S.H., & O'Brien, C. (2012). A weighted max-min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 139-145.
3. Amid, A., Ghodsypour, S.H., & O'Brien, Ch. (2006). Fuzzy multi-objective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 104, 394-407.
4. Bagheri, F., & Tarokh, M.J. (2010). A fuzzy approach for multi-objective supplier selection. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 21(1), 1-9.
5. Chang, C. T. Ho, H. P. (2009). *Global supplier selection using fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy goal programming*. Quality and Quantity, Online Version.
6. Chopra, S., & Meindel, P. (2007). *Supply chain Management – Strategy, Planning & Operation*. 3rd, chapter 1, Pearson Prentice Hall.
7. Dalalah, D., Hayajneh, M., Batieha, F. (2011). A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. *Expert Systems with Applications*. 38, 8384-8391.
8. Demirtas, E.A., & Üstün, Ö. (2008). An integrated multi objective decision making process for supplier selection and order allocation. *Omega*, 36, 76 – 90.
9. Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing*, 2(1), 5-17.
10. Elahi, B., Seyed-Hosseini, S.M., & Makui, A. (2011). A Fuzzy Compromise Programming Solution for Supplier Selection in Quantity Discounts Situation. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, 22(2), 107-114.
11. Ghodsypour, S.H., O'Brien, C. (1997). An integrated method using the analytical hierarchy process with goal programming for multiple sourcing with discounted prices. In: *Proceedings of 14th International Conference on Production Research (ICPR)*, Osaka, Japan.
12. Ghodsypour, S.H., & O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytical hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56-57, 199-212.
13. Ghodsypour, S.H., & O'Brien, C. (2001). The total cost of logistic in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraints. *International Journal of Production Economics*, 73, 15-27.
14. Hwang, C. L., Masud, A. S. Md. (1995). *Multiple Objective Decision Making Methods and Applications*. Springer, Berlin.
15. Ho, W., Xu, X., & Dey, P.K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 22, 16-24.
16. Leenders / Fearon. (1997). *Purchasing and supply management*. IRWIN. Liao, Z., Rittscher, J. (2007). A multi-objective supplier selection model under stochastic

- demand conditions. *International Journal of Production Economics*, 105(1), 150–159.
17. Liao, J., & Rittscher, J. (2007). Integration of supplier selection, procurement lot sizing and carrier selection under dynamic demand conditions. *International Journal of Production Economics* 107(2), 502-510.
18. Mollatayefeh, F., Talebi, D. (2012). Suppliers Selection and Evaluation during Supply Chain by using Integrated Method of FAHP and Multi-Objectives Linear Programming. *Journal of Industrial Management Perspective*, 1(2), 27-42.
19. Ozkok, B. A., & Tiryaki, F. (2011). A compensatory fuzzy approach to multi-objective linear supplier selection problem with multiple-item. *Expert Systems with Applications*, 38, 11363–11368.
20. Rezaei, J. & Ortt, R. (2013) Supplier Segmentation Usage Fuzzy Logic. *International Marketing Management*, 42(4), 507 -517.
21. Sarfraz, A. (2011). An integrated multi objective decision making process for supplier selection with volume discounts. Proceedings on Industrial Engineering and Operations Management Kuala Lumpur, Malaysia, January, 22-24.
22. Seifbarghi, M., Pourebrahim, A., & Alidoost, M. (2011). A Comprehensive Fuzzy Multiobjective Supplier Selection Model under Price Brakes and Using Interval Comparison Matrices. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 4(4), 224-244.
23. Shahbandarzade, H., Paykam, A. (2015). Employment of a Weighted Fuzzy Multi-Objective Programming Model Method to Determine the Amount of Optimum Purchasing from Suppliers. *Journal of Industrial Management Perspective*, 5(18), 129-152.
24. Sharafi masole, A., (2007) Select and Evaluate of supplier with MCDM method, Car engineering and depended industries (6), 1
25. Stadler, H., & Kilger, Ch. (2005). *Supply chain management and advanced planning*. Springer publications, Berlin.
26. Weber, C.A., Current, J.R., & Desai, A. (2000). An optimization approach to determining the number of vendors to employ. *Supply Chain Management: an International Journal*, 5(2), 90-98.
27. Zhang, Zhi., Lei, J., Cao, N., To, K., & Ng, K. (2004). Evaluation of supplier selection criteria and methods. Available at: [[http://www.globelics-beijing.cn/paper/Zhiming %20](http://www.globelics-beijing.cn/paper/Zhiming%20)]
28. Zimmermann, H.-J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 45–55.
29. Zougari, A., & Benyoucef, L. (2012). Simulation based fuzzy TOPSIS approach for group multi-criteria supplier selection problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25, 507-519.