ارایه یک مدل جدید چندهدفه فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیرهٔ تأمین

پرهام صوفی[۱،*]، مقصود امیری[۲]

[۱]کارشناسی ارشد مهندسی صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، قزوین، ایران (عهده‌دار مکاتبات)

[۲]دانشیار دانشکده مدیریت وحسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۱، اصلاحیه: فروردین ۱۳۹۲، پذیرش: شهریور ۱۳۹۲

چکیده

امروزه، تأمین منابع شرکت از بیرون، تبدیل به یک رویکرد تجاری مهم شده است. برای حل مسئله انتخاب تأمین‌کننده، مدل‌های زیادی توسعه داده شده‌اند. در این میان، مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، توسط نویسندگان زیادی مورد استفاده قرار گرفته‌اند که به راه‌حل‌های خوبی نیز منجر گشته‌اند. مروری بر ادبیات انتخاب تأمین‌کننده نشان می‌دهد که اگرچه موضوع انتخاب تأمین‌کننده یک مسئله چندهدفه است، اما ماهیت چندهدفه آن تا حدود زیادی ناشناخته باقی مانده است. در موارد زیادی پارامترهای مهم دیگری غیر از هزینه مانند کیفیت، زمان تحویل و ریسک، در نظر گرفته نمی‌شوند. همچنین در عمل، ماهیت مبهم و غیردقیق عوامل تصمیم‌گیری مانند اهداف، محدودیت‌ها و پارامترها قابل چشم‌پوشی نیست. در این تحقیق، به منظور درنظر گرفتن این ابهامات، از نظریه مجموعه‌های فازی استفاده شده است. همچنین به طور همزمان تخفیف و هزینه نگهداری موجودی در تابع هدف مدنظر قرار گرفته شده است. همچنین در این تحقیق اهداف کاهش میزان قطعات معیوب و تأخیر در تحویل مورد توجه قرار گرفته شده است.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چندهدفه فازی، زنجیره تأمین، انتخاب تأمین‌کننده، الگوریتم ژنتیک.

۱- مقدمه

انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب در راستای اهداف شرکت یا سازمان است. با توسعهٔ روش‌های علمیِ تأمین طی دههٔ گذشته، فرآیند انتخاب تأمین‌کنندگان نیز با تحولاتی روبرو بوده است. توسعه سیستم‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان، انتخاب بر اساس معیارهای علمی، کاهش تعداد تأمین‌کنندگان و توسعهٔ روابط با تأمین‌کنندگان، نمونه‌ای از این تحولات می‌باشند [۲۱]. انتخاب تأمین‌کنندهٔ مناسب، به طور قابل توجهی هزینه‌های خرید مواد اولیه و نیز زمان انتظار تا رسیدن محموله سفارش داده شده[۱] را کاهش می‌دهد. به عقیدهٔ بسیاری از متخصصان، انتخاب تأمین‌کننده، مهم‌ترین فعالیت دپارتمان خرید است [۲۹]. مسئله انتخاب تأمین کننده یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره متأثر از عوامل و فاکتورهای متفاوت است [۱۵].

در شرایط واقعی برای مسئله انتخاب تأمین کننده، اطلاعات ورودی زیادی به طور دقیق مشخص نیستند. مدل‌های قطعی در شرایطی که بسیاری از معیارها به صورت عبارات مبهم و غیر دقیق همچون کیفیت خیلی مطلوب یا قیمت پایین بیان می‌شوند، نمی‌توانند به آسانی این عبارات مبهم را مورد محاسبه قرار دهند. در این موارد تئوری مجموعه‌های فازی یکی از بهترین ابزارها برای بررسی شرایط غیر قطعی است [۳]. تصمیمات انتخاب تأمین‌کننده به این علت که توابع هدف مختلفی باید به طور همزمان در نظر گرفته شوند، پیچیده‌اند. از طرف دیگر در دنیای واقعی، در اکثر موارد این توابع هدف با یکدیگر در تعارض خواهند بود، بنابراین در فرآیند انتخاب تأمین‌کننده، تبادلات میان معیارها باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[۲]، تصمیم‌گیرندگان را در ارزیابی یک مجموعه از گزینه‌ها[۳] یاری می‌کنند. با توجه به موقعیت‌ها و وضعیت‌های خرید، اهمیت معیارها متفاوت است و لذا نیاز به وزن‌دهی معیارها وجود دارد [۱۵]. بلمن و زاده در ۱۹۷۰ مدل برنامه‌ریزی فازی را برای تصمیم‌گیری در شرایط فازی مطرح نمودند [۷]. زیمرمن در سال ۱۹۷۸ برای اولین بار از روش زاده و بلمن برای حل مسئله برنامه‌ریزی خطی چند هدفه استفاده نمود [۳۲]. محمد ابراهیم و همکاران در سال ۲۰۰۹ در پژوهش خود مدلی را فرموله نمودند که در آن تابع هدف هزینه حالات مختلف تخفیف را در نظر می گرفت و همچنین دو تابع هدف قطعات معیوب و تأخیر در تحویل را نیز مد نظر قرار می‌داد [۲۰]. در تحقیق حاضر مدل ارایه شده توسط محمدابراهیم و همکاران به منظور در نظرگرفتن هزینه نگهداری موجودی در حالت چند محصولی و چند دوره‌ای به صورت تصمیم‌گیری

* parham_soofi@yahoo.com

1. Lead Time

2.Multiple Criteria Decision Making(MCDM)

3. Alternatives

فازی و مدنظر قراردادن فقط حالت تخفیف نموی تابع هزینه توسعه داده شده است. همچنین برای حل حداقل و حداکثرسازی مسئله تابع هدف هزینه و مسئله نهایی از الگوریتم ژنتیک استفاده گردیده است.

۲- مرور ادبیات

به دلایل مختلف مدیریت فرآیند خرید از اهمیت بالایی برخوردار است. تحت شرایط مختلف فنی- اقتصادی تولید یا برون سپاری و یا استراتژی ترکیبی از آن دو می‌تواند در کاهش هزینه‌ها تأثیر بسزایی داشته باشد. این مسئله در سازمان‌هایی که هزینه‌های برون سپاری بخش عمده‌ای از هزینه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند دارای اهمیت بسیاری است. به عنوان مثال هزینه‌های برون سپاری در بعضی سازمان‌ها بالغ بر ۸۰٪ هزینه محصول نهایی را در بر می‌گیرد[۲۲]. چپرا و میندل (۲۰۰۷) بیان می‌دارند که به جز قیمت، فاکتورهای مهم دیگری هم وجود دارد که در هزینه‌های تأمین مؤثر است و هنگام تصمیم‌گیری درباره فرآیند تأمین باید آن‌ها را در نظر گرفت. در میان این فاکتورها کیفیت[۴] و مدت زمان تحویل[۵] از مهم‌ترین این فاکتورها می‌باشند [۹]. اولین مقالات در این حوزه، در اوایل دههٔ ۱۹۵۰ منتشر شد، در زمانی که کاربردهای برنامه‌ریزی خطی و محاسبات علمی در اول راه خود قرار داشت [۲]. گابالا اولین کسی بود که برنامه‌ریزی ریاضی را برای تخصیص سفارشات به تأمین کنندگان در یک فعالیت واقعی به کار برد [۱۶]. دیکسون برای اولین بار، اهمیت ۲۳ معیار را بر اساس مطالعه روی مدیران خرید برای مسئلهٔ انتخاب تأمین‌کننده، شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و به این نتیجه رسید که سه عامل کیفیت استاندارد، تحویل به موقع کالا و سابقه عملکرد[۶]، عوامل ضروری و بسیار مهمی هستند که در در امر انتخاب تأمین‌کننده مطرح است [۱۳]. روا و کیسر۶۰، شاخص را برای مسئله انتخاب تأمین کننده در نظر گرفتند [۲۵]. باخ و همکاران در سال ۱۹۸۷، ۵۱ شاخص را برای مسئله انتخاب تأمین کننده در نظر گرفته اند [۵]. بندر و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح یک هدفه را برای کمینه کردن هزینه خرید، حمل و نقل و هزینه‌های موجودی در شرایط چند محصولی و چند دوره‌ای با محدودیت‌های کیفیت فروشنده، شرایط تحویل و ظرفیت فرموله نمودند [۸]. وبر و همکاران ۷۴ مقاله را در مورد معیارهای تأمین کنندگان بررسی نمودند و نشان دادند که قیمت، مهم‌ترین معیار برای انتخاب تأمین کننده است. آن‌ها همچنین نشان دادند که انتخاب تأمین کننده یک مسئله چند معیاره بوده که اهمیت شاخص‌ها به موقعیت و وضعیت خرید بستگی دارد [۲۸]. وبر و کارنت برای اولین بار یک مدل چند هدفه در شرایطی که اهداف با هم در تعارض هستند را برای تخصیص سفارشات به تأمین کنندگان ارائه نمودند [۲۷]. در مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای انتخاب تأمین کننده روسندال و همکاران، خریدار باید اقلام مختلفی را از تأمین کنندگان مختلف خریداری نماید. ظرفیت تأمین کنندگان محدود و کیفیت و زمان تحویل نیز متفاوت بود. در این مدل تأمین کننده محصولات را در بسته‌هایی برای مدل تخفیف ارایه می‌دهد [۲۶]. دگریو و همکاران علاوه بر مروری بر مدل‌های به‌کار رفته در انتخاب تأمین‌کننده، استفاده از مفهوم هزینهٔ کل مالکیت[۷] را به‌عنوان پایه و اساسی جهت مقایسهٔ مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد دادند [۱۲]. دی بویر و همکاران در سال ۲۰۰۱ مروری را بر مطالعات انجام شده در زمینهٔ انتخاب تأمین‌کننده انجام دادند و در آن تحقیق، چارچوبی را ارایه دادند که مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده را از تعریف مسئله و فرموله‌کردن معیارها و کیفیت تأمین‌کنندگان بالقوه تا انتخاب نهایی تأمین‌کننده شامل می‌شد [۱۱]. باسنت و لونگ در پژوهشی که در سال ۲۰۰۵ انجام دادند طرح اندازه انباشته موجودی چند دوره‌ای را ارایه نمودند که در شرایط چند محصولی و چند تأمین‌کننده بررسی می‌گردید. در این طرح هر کدام از محصولات می توانند به واسطه مجموعه‌ای از تأمین کنندگان معتبر تأمین گردند. هزینه سفارش وابسته به تأمین کننده در هر دوره زمانی که به آن تأمین کننده سفارش داده شود، اختصاص می‌یابد. هزینه نگهداری وابسته به محصول نیز برای هر محصول به ازای موجودی که در قالب افق برنامه‌ریزی شده از دوره‌ای به دوره بعد منتقل می‌گردد، محاسبه می‌گردید [۶]. گوسن و همکاران مسئله تأمین خرید چند کالایی از مجموعه‌ای از تأمین کنندگان را با در نظر گرفتن فقط مینیمم کردن تابع هزینه خرید مطرح نمودند به صورتی که سایر معیارهای مؤثر در مدل ریاضی خطی آن‌ها وجود نداشت. آن‌ها در تحقیق خود فرض نمودند همه تأمین کنندگان فقط طرح تخفیف کلی را پیشنهاد نموده‌اند [۱۷]. رضایی و داوودی شرایطی از زنجیره تأمین در حالت چند محصولی و چند تأمین کننده را در نظر گرفتند که همه آن‌ها دارای محدودیت ظرفیت بودند. در این پژوهش فرض گردید الزاماً همه کالاهای دریافتی از تأمین کنندگان در سطح کیفیت ایده‌آل نمی‌باشند. همچنین همه اقلام با کیفیت غیر مطلوب معیوب نمی‌باشند [۲۴]. ویلیام هو و همکاران نیز در سال ۲۰۰۹، مروری بر رویکردهای[۸] تصمیم‌گیری چند معیاره مورد استفاده در ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ داشتند. آن‌ها این رویکردها را به دو دستهٔ ترکیبی[۹] و غیرترکیبی[۱۰] تقسیم نمودند. تحقیق ارزشمند آن‌ها به این نتیجه نیز رسید که رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره، بهتر از رویکردهای مبتنی بر هزینه[۱۱] است [۳۰]. عمید و همکاران در سال ۲۰۰۶ یک مدل چند هدفهٔ خطی فازی را برای مسئلهٔ انتخاب تأمین‌کننده توسعه دادند. ابهام و عدم قطعیت موجود در داده‌های ورودی مدل آن‌ها لحاظ شده بود [۳]. عمید و همکاران یک مدل فازی چند هدفه وزن‌دار را برای انتخاب تأمین کننده در حالت تخفیف کلی ارایه دادند. در مدل مذکور همزمان هم عدم دقت اطلاعات (تئوری فازی) و هم تعیین میزان سفارش به هر یک از تأمین کنندگان در حالت تخفیف در نظر گرفته شده است [۴]. محمد

4.Quality
5. Lead Time
6 . Performance history

7 . Total Cost of Ownership (TCO)
8 . Approach
9 . Integrated Approaches
10 . Individual Approaches
11 . Cost-based Approaches

ابراهیم و همکاران برای اولین بار مدل‌های مختلف تخفیف با یکدیگر را در قالب برنامه‌ریزی چند هدفه بررسی نمودند [۲۰]. حاله و حمیدی یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای تخصیص سفارش به تأمین کننده در حالت عدم قطعیت و در بازه‌های زمانی مختلف ارایه داده‌اند. در این مدل برای غلبه بر عدم اطمینان بر اطلاعات از مدل فازی و از تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت مشخص کردن بهترین میزان تخصیص سفارش به هر یک از تأمین کنندگان استفاده شده است [۱۸]. ژیا و وو مسئله انتخاب تأمین کننده چند هدفه‌ای را تحت شرایط تخفیف مقدار اقتصادی[12] مطرح نمودند [۳۱]. کراما و همکاران در تحقیق خود استراتژی‌های خرید را در مورد یک شرکت که دارای کارخانه‌های متعددی است شرح می‌دهند. مدل تخفیف تأمین کنندگان به صورت تخفیف کلی می‌باشد و برنامه‌ریزی‌ها هم سفارش گروهی و هم سفارش تکی را مد نظر قرار می‌دهند [۱۰]. دینگو همکاران در سال ۲۰۰۵ یک روش بهینه‌سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک را معرفی کردند. مدل پیشنهادی آن‌ها ساختارهای تأمین کنندگان منتخب را فراهم می‌آورد [۱۴].

در ادامه به بیان مفاهیم به کار رفته در این تحقیق پرداخته می‌شود.

۳- تعاریف مورد نیاز

۳-۱ مجموعه‌های فازی

یک مجموعه فازی مانند A به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A = \left\{ (x, \mu_A(x)) \,\middle|\, x \in A, \mu_A(x) \in [\text{۰و۱}] \right\} \qquad (۱)$$

که $\mu_A(x)$ تابع عضویت نامیده می‌شود. $\mu_A(x)$ میزان یا درجهٔ عضویت x را به مجموعهٔ A مشخص می‌کند. تعریف فوق، برای هر عضوی مانند x عددی حقیقی متعلق به [۰و۱] را مربوط می‌سازد. هرچقدر مقدار تابع عضویت بزرگتر و نزدیکتر به یک باشد، به معنای تعلق بیشتر عضو به مجموعه است.

۳-۲ عدد فازی مثلثی

عدد فازی مثلثی[13] A یا به‌طور خلاصه عدد مثلثی A بر روی مجموعه اعداد حقیقی به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$A \triangleq \mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_M-a_1} & \text{for } a_1 \le x \le a_M \\ \frac{a_2-x}{a_2-a_M} & \text{for } a_M \le x \le a_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (۲)$$

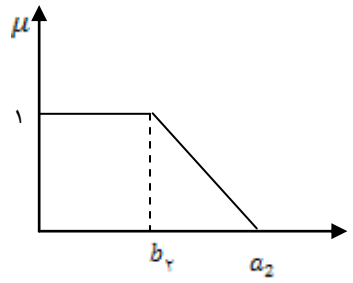
۳-۳ عدد فازی ذوزنقه‌ای

یک عدد فازی ذوزنقه‌ای[14] و یا به‌طور خلاصه عدد ذوزنقه‌ای بر روی مجموعهٔ اعداد حقیقی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} \frac{x-a_1}{b_1-a_1} & \text{for } a_1 \le x \le b_1 \\ 1 & \text{for } b_1 \le x \le b_2 \\ \frac{a_2-x}{a_2-b_2} & \text{for } b_2 \le x \le a_2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \qquad (۳)$$

در دو حالت خاص، عدد ذوزنقه‌ای فوق، به عدد ذوزنقه‌ای یک‌طرفه تبدیل می‌شود یکی زمانی که $a_1 = b_1$ و دیگری زمانی است که $b_2 = a_2$.

هر دوی این حالات و شکل مربوط به عدد فازی در شکل (۱) آورده شده است. [۲۳]



شکل شماره (۱): اعداد فازی ذوزنقه‌ای یک‌طرفه

۳-۴ برنامه ریزی چند هدفه خطی فازی[15]

مسئله بهینه سازی همزمان چندین تابع هدف متعارض با یکدیگر را در صورت خطی بودن تمام محدودیت‌ها، برنامه‌ریزی چند هدفه خطی می‌نامند و به صورت زیر نشان داده می شود:

مقادیر $[x_1, x_2 .. x_n]$ را به گونه‌ای پیدا کنید که توابع Z_k را کمینه و توابع Z_l را بیشینه نماید:

$$z_k = \sum_{i=1}^{n} c_{ki} x_i \quad , k = 1,2..p$$

$$z_l = \sum_{i=1}^{n} c_{li} x_i \quad , l = p+1, p+2..q \qquad (۴)$$

$$subject\,to:$$

$$x \in X_d, X_d = \left\{ x \,|\, g(x) = \sum_{i=1}^{n} c_{ri} x_i \le b_r, \; r = 1,2..m, \; x \ge 0 \right\}$$

در حالیکه b_r و a_{ri}, c_{ki}, c_{li} مقادیر فازی یا قطعی دارند.

مجدداً می‌توان مسئله فوق را به صورت روابط فازی به شرح زیر نشان داد:

$$\tilde{z}k = \sum_{i=1}^{n} c_{ki} x_i \lesssim z_k^o, \; k = 1,2..p$$

$$\tilde{z}l = \sum_{i=1}^{n} c_{li} x_i \gtrsim z_l^o, l = p+1, p+2..q$$

$$subject\,to: \qquad (۵)$$

$$\tilde{g}_i(x) = \sum_{i=1}^{n} a_{ri} x_i \lesssim b_r, \; r = 1,2..h$$

$$g_p(x) = \sum_{i=1}^{n} a_{pi} x_i \le b_p, \; p = 1,2..m$$

$$x_i \ge 0 \;, i = 1,2..n$$

12 .Business volume discount
13. Triangular Fuzzy Number
14. Trapezoidal Fuzzy Number
15.Fuzzy Multiobjective Linear Programming

در این مدل علامت ~ محیط فازی را نشان می‌دهد. سمبل ~ قرار داده شده در محدودیتها تفسیر فازی از $\leq$ و معنای آن تقریبا کوچکتر و مساوی با و Z_k^o حد مطلوبی است که تصمیم گیرنده می خواهد تقریبا Z_k از آن کوچکتر یا مساوی باشد. Z_l^o حد مطلوبی است که تصمیم گیرنده می خواهد تقریبا Z_l از آن بزرگتر یا مساوی باشد.

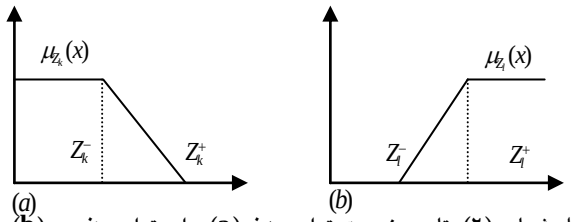
زیمرمن[16] مسئله برنامه ریزی چند هدفه خطی فازی را با جدا سازی کلیه اهداف به مقادیر حداکثر (Z_j^+) و حداقل (Z_j^-) به صورت زیر فرموله نمود:

$$z_k^- = \max z_k, \quad x \in x_a \qquad z_k^+ = \min z_k, \quad x \in x_d$$
$$z_l^+ = \max z_l, \quad x \in x_d \qquad z_l^- = \min z_l, \quad x \in x_a \qquad (۶)$$

در ابتدا Z_k^- و Z_l^+ با حل مسئله چند هدفه بصورت یک سری مسائل تک هدفه (مسائل برنامه‌ریزی خطی معمولی) با استفاده از یک هدف و حذف دیگر اهداف در هر بار حل به دست آورده خواهد شد (بهترین مقادیر) و سپس با قرار دادن مقادیر بهینه $x^{*T}=(x^*)$ ، $[x_1, x_2 .. x_n]$ به دست آمده در بهینه‌سازی Z_l و Z_k در کلیه توابع هدف و یافتن بیشترین مقادیر برای Z_k ها و یافتن کمترین مقادیر برای Z_l ها، بدترین مقادیر توابع هدف بدست می‌آید.

برای به دست آوردن مقادیر حداکثر و حداقل توابع هدف به طریق دیگر می‌توان با بیشینه سازی تمام توابع هدف و کمینه سازی تمام توابع هدف بصورت تک هدفه نیز اقدام نمود.

با توجه به مقادیر حداکثر و حداقل به دست آمده برای توابع هدف، مقادیر توابع هدف را می‌توان به صورت اعداد فازی نشان داد به طوری‌که مقدار تابع عضویت آن‌ها به صورت خطی بین صفر و یک تغییر نماید. در شکل زیر نمایش این توابع عضویت ارایه شده است.



شکل شماره (۲): تابع عضویت توابع هدف(a) برای توابع منفی و (b) برای توابع مثبت

روابط ریاضی برای نشان دادن توابع عضویت خطی اهداف Z_k که باید کمینه و اهداف Z_l که باید بیشینه شوند به صورت زیر فرموله شده است:

$$\mu_{Z_k}(x)=\begin{cases}1 & Z_k \leq Z_k^- \\ (Z_k^+ - Z_k(x))/(Z_k^+ - Z_k^-) & Z_k^- \leq Z_k(x) \leq Z_k^+, \ k=1,2,...,p \\ 0 & Z_k \geq Z_k^+\end{cases} \quad (۷)$$

$$\mu_{Z_l}(x)=\begin{cases}1 & Z_l \geq Z_l^+ \\ (Z_l(x) - Z_l^-)/(Z_l^+ - Z_l^-) & Z_l^- \leq Z_l(x) \leq Z_l^+, \quad l=p+1,...,q \\ 0 & Z_l \leq Z_l^-\end{cases}$$

16.Zimmermann

و به صورت مشابه توابع عضویت خطی برای محدودیت‌های فازی را می‌توان بصورت زیر نشان داد:

(۸)

$$\mu_{gr}(x)=\begin{cases}1 & for\ g_r(x) \leq b_r \\ f_{\mu_{gr}}=(1-(g_r(x)-b_r)/d_r) & for\ b_r \leq g_r(x) \leq b_r+d_r \\ 0 & for\ g_r(x) \geq b_r+d_r\end{cases} \quad ,r=1,2..h$$

d_r تلرانس یا فاصله قابل قبول از مقدار b_r است.

برای اولین بار زیمرمن با استفاده از مفهوم اشتراک بین مجموعه‌های فازی اهداف و محدودیت‌های فازی مسئله چند هدفه فوق را حل نمود. تابع عضویت مجموعه جواب را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$\mu_D(x)=\left\{ \left\{ \bigcap_{j=1}^{q} \mu_{Z_j}(x) \right\} \cap \left\{ \bigcap_{r=1}^{h} \mu_{gr}(x) \right\} \right\} \quad (۹)$$

جواب بهینه x^* مسئله فوق از رابطه زیر به دست می‌آید:

(۱۰)

$$\mu_D(x^*)=\max_{x \in x_d} \mu_D(x) = \max_{x \in x_d} \min[\min_{j=1,..q} \mu_{Z_j}(x), \min_{r=1,..h} \mu_{g_r}(x)]$$

در این متد که روش حداکثر – حداقل دستیابی توابع عضویت نیز نامیده می‌شود، برای پیدا نمودن جواب بهینه می‌توان از مسئله معادل خطی زیر استفاده نمود:

(۱۱)

$$\text{Max } \lambda$$
$$\text{s.t}$$
$$\lambda \leq \mu_{Z_j}(x), \quad j=1,2,...,q \qquad \text{(برای تمام توابع هدف)}$$
$$\lambda \leq \mu_{g_r}(x), \quad r=1,2,...,h \qquad \text{(برای محدودیت‌های فازی)}$$
$$g_p(x) \leq b_p, \quad p=h+1,...,m \qquad \text{(برای محدودیت‌های قطعی)}$$
$$x_i \geq 0, \quad i=1,2,...,n \quad \text{and} \quad \lambda \in [0,1]$$

در این روش همان‌طور که مشخص است بین اهداف با یکدیگر و محدودیت‌های فازی هیچ‌گونه تفاوت و تمایزی وجود ندارد. به عبارت دیگر ترجیحات تصمیم‌گیرنده در تصمیم‌سازی قابل لحاظ شدن نمی‌باشد. لذا در مسائلی مانند تخصیص سفارشات به تامین کنندگان که در آن اهمیت معیارها با توجه به استراتژی‌های خرید متفاوت است باید از دیگر متدهای تصمیم‌سازی که در آن بتوان ترجیحات تصمیم‌گیرنده را لحاظ نمود، استفاده شود [۳].

مدل جمع‌پذیر وزنی می‌تواند برای حل این مشکل به کار آید که به شرح زیر است:

مدل جمع‌پذیر وزنی به‌طور گسترده در مسائل بهینه‌سازی هدف– بردار[17] مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مفهوم پایه‌ای، به‌کاربردن یک تابع مطلوبیت انفرادی[18] است که بیان‌کننده عملکرد کلی تصمیم‌گیرنده به منظور استخراج اهمیت نسبی معیارهاست [۱۹]. در این مورد، با ضرب کردن هر

17 . vector-objective
18 . single utility function

تابع عضویت اهداف فازی در وزن‌های متناظرشان و سپس افـزودن نتـایج به یکدیگر، یک تابع مطلوبیت وزنی خطی را به دنبال خواهد داشت.
مدل جمع‌پذیر وزنی پیشنهاد شده توسط بلمن و زاده (۱۹۷۰) و ساکاوا (۱۹۹۳) و تیواری و همکاران (۱۹۸۷) به صورت روابط زیر است:

$$\mu_D(x) = \sum_{j=1}^{q} w_j \mu_{Z_j}(x) + \sum_{r=1}^{h} \beta_r \mu_{g_r}(x) \qquad (۱۲)$$

$$\sum_{j=1}^{q} w_j + \sum_{r=1}^{h} \beta_r = 1\,, \quad w_j, \beta_r \geq 0$$

که در آن w_j و β_r ضرایب وزنی هستند که بیانگر اهمیت نسبی مابـین اهداف فازی و محدودیت‌های فازی می‌باشند. به‌منظور حـل مـدل فـوق، یک مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی را که از نظر مفهـومی، معـادل بـا ایـن مدل است، می‌سازیم. در ادبیات موضوع، دو مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی که معادل با این مدل فازی هستند، معرفی شده است. مدل اول(۱۳) کـه بـر اسـاس تحقیـق بلمـن و زاده (۱۹۷۰)، سـاکاوا (۱۹۹۳) و تیـواری و همکاران (۱۹۸۷) و مدل دوم(۱۴) که توسط لین (۲۰۰۴) معرفی شده به ترتیب در زیر آورده شده‌اند.

$$\begin{aligned}
&\max \lambda \\
&\text{s.t.} \\
&w_j \lambda \leq \mu_{Z_j}(x), \quad j = 1,2,\dots,q \\
&\beta_r \lambda \leq \mu_{g_r}(x), \quad r = 1,2,\dots,h \qquad (۱۳) \\
&g_p(x) \leq b_p, \quad p = h+1,\dots,m \\
&\lambda \in [0,1], \quad j = 1,2,\dots,q \ \text{ and } \ r = 1,2,\dots,h \\
&\sum_{j=1}^{q} w_j + \sum_{r=1}^{h} \beta_r = 1 \\
&x_i \geq 0, \quad i = 1,2,\dots,n \ \text{ and } \ \lambda \in [0,1]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\max \sum_{j=1}^{q} w_j \lambda_j + \sum_{r=1}^{h} \beta_r \gamma_r \\
&\text{S.t.} \\
&\lambda_j \leq \mu_{Z_j}(x), \quad j = 1,2,\dots,q \\
&\gamma_r \leq \mu_{g_r}(x), \quad r = 1,2,\dots,h \qquad (۱۴) \\
&g_p(x) \leq b_p, \quad p = h+1,\dots,m \\
&\lambda_j \in [0,1], \gamma_r \in [0,1] \quad j = 1,2,\dots,q \ \text{ and } \ r = 1,2,\dots,h \\
&\sum_{j=1}^{q} w_j + \sum_{r=1}^{h} \beta_r = 1 \\
&x_i \geq 0, \quad i = 1,2,\dots,n
\end{aligned}$$

۳-۵ تخفیف نموی

در این مدل تخفیف، تامین کننده i طرح تخفیف واحدهای نموی سـنتی را که به مقدار X_i خریداری شده از تامین کننده i وابسته است، در نظـر می گیرد.
این مدل تخفیف برای مازاد هر نقطه انفصال پی در پـی از یـک قیمـت واحد پایین‌تر برای اقلام خریداری شده اسـتفاده مـی‌کنـد. $k=1,\dots,k_i$ اندیسی است برای فواصل تخفیف پیشنهاد شده توسط تـامین کننـده i. متناظر با هر فاصله تخفیف k، برای هـر تـامین کننـده i، $[l_{ik} \quad u_{ik}]$ بـه عنوان یک منیمم و مـاکزیمم مقـدار از آن فاصـله و p_{ik} بعنـوان قیمـت واحددر فاصله k تعریف می‌شود.
تابع هزینه در سیاست تخفیف نموی می‌تواند به صورت زیر مدل گردد.
(۱۵)

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{k_1} \left(p_{ik}\left(x_{ik} - y_{ik} u_{ik-1}\right) + y_{ik} \sum_{j=1}^{k-1} p_{ij}\left(u_{ij} - u_{ij-1}\right) \right)$$

جایی که حداکثر تنها یک متغیر x_{ik} برای $K=1,\dots,k$ می توانـد مثبـت باشد و مابقی می بایست برابر صفر باشند و فرض بر اینست که : [۷]

$$p_{i1} > p_{i2} > \cdots > p_{ik_i}$$

۳-۶ موجودی

موجودی‌ها عبارتند از: اجناس، مصالح، مواد و قطعاتی که در امر تولیـد و فروش و اداره صنعت مورد مصرف قرار می‌گیرند.
موجودی‌ها را می‌توان بنا به شرایطی که در مسیر تولید در بـر دارنـد بـه پنج گروه تقسیم نمود:
مواد اولیه، قطعات مربوط به تولید (آماده مونتاژ)، قطعـات نیمـه تمـام در مسیر تولید (قطعـات بـین کارگـاهی)، محصـولات تمـام شـده (فـرآورده نهایی)، سایر مواد و قطعات (مواد غیر مستقیم).
عمده‌ترین هزینه‌های موجودی عبارتند از: هزینه قیمـت مـواد یـا هزینـه مواد، هزینه سفارش دهی، هزینه‌های نگهداری (انبـارداری)، هزینـه‌هـای مواجهه با کمبود کالا.
با توجه به در نظر گرفتن هزینه نگهداری در این پژوهش، مـوارد تحمیـل این هزینه‌ها به شرح زیر بیان می‌گردد.
برای نگهـداری کالا در انبار عمدتاً هزینه‌هـای زیـر بـه سـازمان تحمیـل می‌گردند. هزینه‌های سرمایه، راکد، هزینه‌های فضـا، هزینـه‌هـای نیـروی انسانی، هزینه‌های بیمه و مالیات، هزینه‌های متروکه شـدن و فسـاد کـالا [۱].

٤- مدل پیشنهادی تحقیق

همان‌طور که اشاره شد، مـدل پیشـنهادی ایـن تحقیـق از توسـعه مـدل محمدابراهیم و همکاران با در نظر گرفتن توابع هدف و نـوع تـابع هـدف هزینه به صورت تخفیف نموی و محاسبه هزینـه نگهـداری موجـودی در حالت چند محصولی و در بازه‌های زمانی مختلف ارایه می‌شود. همچنـین مقدار تقاضا نیز به صورت عدد فازی مثلثی تعریف می‌گردد.

۴-۱ مفروضات

۱- تأمین کننده به دنبال سفارش بهینه بـرای محصـولات مـورد نیـاز خود در بازه‌های زمانی مختلف می‌باشد.
۲- نوع تخفیف در این مدل، تخفیف نموی می‌باشد.
۳- الزامی وجود ندارد که تأمین کنندگان همه محصـولات را در همـه دوره‌های زمانی همراه با بازه‌های تخفیف مختلف ارایه دهند.

۴- توابع هدف فازی بوده و محدودیت تقاضا نیز به صورت عدد فازی مثلثی مشخص تعریف می‌گردد. سایر محدودیت‌ها نیز به صورت قطعی تعریف می‌گردد.

۵- موجودی مجاز و کمبود غیرمجاز می‌باشد. هزینه تحمیلی به واسطه موجودی انتقال یافته به دوره بعد فقط هزینه نگهداری موجودی می‌باشد.

۴-۲ تعریف پارامترها و نمادهای مسئله

i : اندیس تأمین کننده

n : تعداد کل تأمین کنندگان

t : اندیس دوره زمانی

m : تعداد کل بازه‌های زمانی

v : اندیس نوع محصول

o : تعداد کل انواع محصول

K: اندیس بازه تخفیف

P_{itvk} : قیمت پیشنهادی تأمین‌کننده i در بازه زمانی t برای محصول v در بازه تخفیف k

X_{itvk} : تعداد سفارش به تأمین کننده i در بازه زمانی t برای محصول v در بازه تخفیف k

Y_{itvk} : اگر به تأمین کننده i در بازه زمانی t برای محصول v در بازه تخفیف k سفارش داده شود y_{itvk}=۱ در غیر اینصورت y_{itvk} = ۰

K_{itv}: آخرین بازه تخفیف تأمین‌کننده i در بازه زمانی t برای محصول v

U_{itvk} : حد بالای بازه تخفیف تأمین کننده i در بازه زمانی t برای محصول v

L_{itvk} : حد پایین بازه تخفیف تأمین کننده i در بازه زمانی t برای محصول v

d_{iv} : درصد معیوب تأمین کننده i برای محصول v

h_{iv} : تأخیر تأمین کننده i برای محصول v

D_{tv} : تقاضای محصول v در بازه زمانی t

C_{iv} : ظرفیت تولید تأمین کننده i برای محصول v

H_v : هزینه نگهداری کالای v در انتقال از یک دوره زمانی

I_{tv} : موجودی انتقال یافته از دوره t به دوره t+1

۴-۳ تابع هزینه

نوع تخفیفی که در این مدل ارایه می‌شود فقط تخفیف نموی می‌باشد. تابع توسعه یافته تابع هزینه مبتنی بر تخفیف نموی با در نظر گرفتن حالت چند محصولی و چند دوره‌ای و همچنین هزینه نگهداری موجودی به شکل زیر است.

$$\min Z_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{m}\sum_{v=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_{itv}} P_{itvk}\left(x_{itvk} - y_{itvk}U_{itv(k-1)}\right) + y_{itvk}\sum_{j=1}^{k-1}P_{itvj}\left(U_{itvj} - U_{itv(j-1)}\right) + \sum_{v}^{o}\sum_{t}^{m}H_v(I_{tv}) \qquad (۱۶)$$

۴-۴ تابع قطعات معیوب

با توجه به هزینه‌های جانبی که قطعات معیوب بر خریدار تحمیل می‌کند از جمله هزینه عدم امکان برنامه‌ریزی صحیح و هزینه استفاده از قطعات ناسالم در تولید و مونتاژ، هزینه دوباره‌کاری و هزینه گارانتی، خریداران علاقمندند تا به تأمین کنندگانی با قابلیت تولید قطعات سالم بیشتر در حجم محموله‌های خریداری شده سفارش دهند. تابع زیر می‌تواند این خواسته خریدار را بیان نماید .

$$\min Z_2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{m}\sum_{v=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_{itv}} d_{iv}x_{itvk} \qquad (۱۷)$$

۴-۵ تابع تاخیر در تحویل اقلام[19]

با توجه به هزینه‌های تأخیر در تحویل قطعات سفارش داده شده برای شرکت‌های تولیدی که عمده این هزینه‌ها ناشی از عدم امکان تحقق برنامه‌ریزی‌ها جهت تحویل به موقع محصول به مشتری و متعاقب آن هزینه‌های تأخیر سفارش و هزینه فروش از دست رفته و همچنین هزینه‌های نامریی چون از دست دادن مشتری و از بین رفتن اعتبار سازمان یا برند محصول تولیدی در کنار هزینه تغییر برنامه خط تولیدی می‌باشد بسیاری از شرکت‌ها تمایل دارند خرید را از تأمین کنندگانی صورت دهند که تأخیر در تحویل اقلام سفارشی آن‌ها کمینه باشد. تابع زیر این هدف را میسر می‌نماید.

$$\min Z_3 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{m}\sum_{v=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_{itv}} h_{iv}x_{itvk} \qquad (۱۸)$$

۴-۶ محدودیت‌ها

محدودیت‌های مختلفی برای مدل پیشنهادی انتخاب تأمین کننده وجود دارد که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۴-۶-۱ محدودیت موجودی و تقاضا[20]

برای هر محصول v در هر بازه زمانی t یک محدودیت تقاضا وجود دارد. این محدودیت بیان می‌کند که در حالت قطعی مجموع میزان سفارش محصول v در بازه t به ازای تأمین کنندگان مختلف به علاوه موجودی انتقال یافته از دوره قبل منهای موجودی انتقال یافته به دوره بعد باید برابر تقاضای آن محصول در دوره مورد نظر (D_{tv}) باشد . در مدل پیشنهادی تحقیق حاضر، محدودیت تقاضا بصورت فازی بیان می‌شود.

مقدار تقاضا به ازای هر محصول در دوره‌های زمانی متفاوت به صورت یک عدد فازی مثلثی بیان می‌گردد.

$$\sum_{i=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_i} x_{itvk} + I_{(t-1)v} - I_{tv} \cong D_{tv} \text{ forall t\&v}$$

$$I_{T\,v} = 0 \qquad \text{for all v} \qquad (۱۹)$$

۴-۶-۲ محدودیت‌های بازه تخفیف

19. late delivered item
20Demand constraint

تعداد سفارش به تأمین کننده i در بازه زمانی t برای محصول v در بازه تخفیف k باید بین حد بالا و حد پایین آن بازه تخفیف باشد.

$$L_{itvk}y_{itvk} \le x_{itvk} \le U_{itvk}y_{itvk} \qquad (۲۰)$$

همچنین به تأمین کننده i در بازه زمانی t و محصول v فقط در یکی از بازه‌های تخفیف، سفارش تعلق می‌گیرد.

$$\sum_{v=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_i} y_{itvk} \le 1 \forall i = 1, \dots, n \& t = 1, \dots, m. \qquad (۲۱)$$

۴-۶-۳محدودیت‌های ظرفیت[21]

این محدودیت بیان می‌کند مقدار سفارش ارسالی به تأمین کننده i برای کالای v باید کوچکتر مساوی ظرفیت تولید آن تأمین کننده برای تولید کالای v باشد.

$$\sum_{v=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_i} x_{itvk} \le C_{iv} \forall i = 1, \dots, n \& t = 1, \dots, m.$$

۴-۷ فرم کلی تابع هدف

در نهایت مدل کلی تابع هدف به شکل زیر می‌باشد.

$$\min \tilde{Z}_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{m}\sum_{v=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_{itv}} P_{itvk}(x_{itvk} - y_{itvk}U_{itv(k-1)}) + y_{itvk}\sum_{j=1}^{k-1} P_{itvj}(U_{itvj} - U_{itv(j-1)}) + \sum_{v}^{o}\sum_{t}^{m} H_v(I_{tv}) < Z_k^o$$

$$\min \tilde{Z}_2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{m}\sum_{v=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_{itv}} d_{itvk}x_{itvk} < Z_k^o$$

$$\min \tilde{Z}_3 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{m}\sum_{v=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_{itv}} h_{itvk}x_{itvk} \le Z_k^o$$

St.

$$\sum_{i=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_i} x_{itvk} + I_{tv} - I_{(t+1)v} \cong D_{tv} \quad \text{for all } t \& v$$

$$I_{Tv} = 0 \text{forall} v$$

(۲۲)

$$L_{itvk}y_{itvk} \le x_{itvk} \le U_{itvk}y_{itvk}$$

$$\sum_{v=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_i} y_{itvk} \le 1 \qquad \forall i = 1, \dots, n \& t = 1, \dots, m.$$

$$\sum_{v=1}^{o}\sum_{k=1}^{K_i} x_{itvk} \le C_{iv} \forall i = 1, \dots, n \& t = 1, \dots, m.$$

در ادامه با ذکر یک مثال عددی چگونگی حل مدل با استفاده از مباحثی که در بخش‌های قبل تشریح گردیده است، بیان می‌گردد.

۴-۸ مثال عددی

یک شرکت تولیدی قصد دارد جهت رفع نیازمندی‌های خود سیاست بهینه صدور سفارش جهت دو قلم کالا در دو بازه زمانی متفاوت را بین دو تأمین کننده معتبر اتخاذ نماید. کلیه اطلاعات مورد نیاز در جداول زیر آمده است.

جدول شماره (۱): قیمت ارایه شده توسط تأمین کنندگان در بازه‌های تخفیف

p	v=1		v=2	
	i=1	i=2	i=1	i=2
t=1	[۰۳٤۱۸) ٦/۱۹	[۰٦٤۰۱) ۵/۳۷	[۰٦۳۷۹) ۸/٤۷	[۰٤۷۳٤) ۷/۳۵
	[۳٤۱۸٦۸۳۵] ٦/۰٦	[٦٤۰۱۱۲۸۰۲] ۵/۱۷	[٦۳۷۹۱۲۷۵۲] ۸/۳۹	[٤۷۳٤۹٤٦۸] ۷/۱۱
t=2	[۰۳٤۱۸) ٦/۲	[۰٦٤۰۱) ۵/۳۸	[۰٦۳۷۹) ۸/٤۸	[۰٤۷۳٤) ۷/۳٦
	[۳٤۱۸٦۸۳۵] ۵/۹۹۸	[٦٤۰۱۱۲۸۰۲] ۵/۲٤	[٦۳۷۹۱۲۷۵۲] ۸/۳	[٤۷۳٤۹٤٦۸] ۷/۲٦

جدول شماره (۲): درصد قطعات معیوب d_{iv} و میزان تأخیر در ارسال سفارش h_{iv} تأمین کننده i برای کالای v

d_{iv}	v=1		v=2	
	i=1	i=2	i=1	i=2
	۰.۰۷۱	۰.۰۸۶	۰.۰۶۲	۰.۰۶۵
h_{iv}	v=1		v=2	
	i=1	i=2	i=1	i=2
	۰.۱	۰.۰۸۵	۰.۱۱	۰.۰۹۸

جدول شماره (۳): تقاضای کالای v در بازه زمانی t

$\tilde{D}_{tv}$	۱۲۳۱۷	۷۹۶۳
	۹۵۰۹	۶۸۹۰

جدول شماره (٤): ظرفیت تأمین‌کننده i برای تولید کالای v

C_{iv}	۶۸۳۵	۱۲۷۵۷
	۱۲۸۰۲	۹۴۶۸

جدول شماره (۵): هزینه نگهداری موجودی کالای v از بازه زمانی t به دوره t+1

H_{tv}	H_{11} ۰.۱۰۲	H_{12} ۰.۱۰۹
	H_{21}	H_{22}

با توجه به این‌که در این مسئله تعداد بازه‌های زمانی مسئله ۲ می‌باشد، انتقال موجودی فقط از دوره اول به دوره دوم قابل قبول است. بنابراین هزینه انتقال موجودی از دوره دوم دارای مفهوم نمی‌باشد.

مدل مسئله بالا به صورت زیر فرموله می‌گردد.

21.Capacity constraint

$$\text{Min } z1 = 6.06*(x_{1112}-y_{1112}3418)+y_{1112}*6.19(3418)+6.19*(x_{1111})+5.17*(x_{2112}-y_{2112}6401)+y_{2112}*5.37(6401)+5.37*(x_{2111})+5.998*(x_{1212}-y_{1212}3418)+y_{1212}*6.2(3418)+6.2*(x_{1211})+5.24*(x_{2212}-y_{2212}6401)+y_{2212}*5.38(6401)+5.38*(x_{2211})+8.39*(x_{1122}-y_{1122}6379)+y_{1122}*8.47(6379)+8.47*(x_{1121})+7.11*(x_{2222}-y_{2122}4734)+y_{2122}*7.35(4734)+7.35*(x_{2121})+8.3*(x_{1222}-y_{1222}6379)+y_{1222}*8.48(6379)+8.48*(x_{1221})+7.26*(x_{2222}-y_{2222}4734)+y_{2222}*7.36(4734)+7.36*(x_{2221})+0.102*I_{11}+0.1091_{12}$$

$$\text{Min } Z2 = .071*(x_{1111}+x_{1112}+x_{1211}+x_{1212})+.086*(x_{2111}+x_{2112}+x_{2211}+x_{2212})+.062*(x_{1121}+x_{1122}+x_{1221}+x_{1222})+.065*(x_{2121}+x_{2122}+x_{2221}+x_{2222})$$

$$\text{Min } Z3 = .10*(x_{1111}+x_{1112}+x_{1211}+x_{1212})+.085*(x_{2111}+x_{2112}+x_{2211}+x_{2212})+.11*(x_{1122}+x_{1122}+x_{1221}+x_{1222})+.098*(x_{2121}+x_{2122}+x_{2221}+x_{2222})$$

St.

$$x_{1111}+x_{1112}+x_{2111}+x_{2112}-I_{11}\cong 12317$$
$$x_{1211}+x_{1212}+x_{2211}+x_{2212}+I_{11}-I_{21}\cong 7963$$
$$x_{1121}+x_{1122}+x_{2121}+x_{2122}-I_{12}\cong 9509$$
$$x_{1221}+x_{1222}+x_{2221}+x_{2222}+I_{12}-I_{22}\cong 8011$$
$$I_{21}=0$$
$$I_{22}=0$$
$$x_{1111}+x_{1112}\le 6835$$
$$x_{2111}+x_{2112}\le 12802$$
$$x_{1121}+x_{1122}\le 12757$$
$$x_{2121}+x_{1122}\le 9468$$
$$x_{1211}+x_{1212}\le 6835$$
$$x_{2211}+x_{2212}\le 12802$$
$$x_{1221}+x_{1222}\le 12757$$
$$x_{2221}+x_{1222}\le 9468$$
$$y_{1111}+y_{1112}\le 1$$
$$y_{2111}+y_{2112}\le 1$$
$$y_{1121}+y_{1122}\le 1$$
$$y_{2121}+y_{2222}\le 1$$
$$y_{1211}+y_{1212}\le 1$$
$$y_{2211}y_{2212}+\le 1$$
$$y_{1221}+y_{1222}\le 1$$
$$y_{2221}+y_{2222}\le 1$$
$$0y_{1111}\le x_{1111}\le 3418y_{1111}$$
$$3418y_{1112}\le x_{1112}\le 6835y_{1112}$$
$$0y_{2111}\le x_{2111}\le 6401y_{2111}$$
$$6401y_{2112}\le x_{2112}\le 12802y_{2112}$$
$$0y_{1121}\le x_{1121}\le 6379y_{1121}$$
$$6379y_{1122}\le x_{1122}\le 12757y_{1122}$$
$$0y_{2121}\le x_{2121}\le 4734y_{2121}$$
$$4734y_{2122}\le x_{2122}\le 9468y_{2122}$$
$$0y_{1211}\le x_{1211}\le 3418y_{1211}$$
$$3418y_{1212}\le x_{1212}\le 6835y_{1212}$$
$$0y_{2211}\le x_{2211}\le 6401y_{2211}$$
$$6401y_{2212}\le x_{2212}\le 12802y_{2212}$$
$$0y_{1221}\le x_{1221}\le 6379y_{1221}$$
$$6379y_{1222}\le x_{1222}\le 12757y_{1222}$$
$$0y_{2221}\le x_{2221}\le 4734y_{2221}$$
$$4734y_{2222}\le x_{2222}\le 9468y_{2222}$$

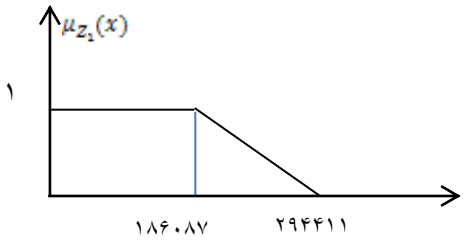
در جدول زیر حدود فازی توابع هدف و محدودیت‌های چهارگانه تقاضا آمده است.

جدول شماره (٦): مقادیر تابع عضویت توابع هدف و محدودیت‌های فازی تقاضا

	$\mu=.$	$\mu=.1$	$\mu=.$
Z_1 (تابع هزینه)	--	۱۸۶۰۸۷	۲۹۴۴۱۱
Z_2 (تابع قطعات معیوب)	--	۱۹۳۰	۳۲۵۹
Z_3 (تابع تاخیر در تحویل اقلام)	--	۲۳۰۰	۴۴۴۰
محدودیت تقاضا	۱۰۲۱۸	۱۲۳۱۷	۱۴۴۱۶
محدودیت تقاضا	۶۷۶۰	۷۹۶۳	۹۱۶۶
محدودیت تقاضا	۷۶۹۷	۹۵۰۹	۱۱۳۲۱
محدودیت تقاضا	۵۷۶۹	۶۸۹۰	۸۰۱۱

در ادامه می‌بایست توابع عضویت برای توابع هدف و محدودیت‌ها با استفاده از اطلاعات جدول فوق به دست آید. به عنوان نمونه برای تابع هدف هزینه و یکی از محدودیت‌های فازی تقاضا فرمول و شکل تابع عضویت آمده است.

$$\mu_{Z_1}(x)=\begin{cases}1 & Z_1\le 186087\\ \dfrac{294411-Z_1}{108324} & 186087\le Z_1\le 294411\\ 0 & Z_1\ge 294411\end{cases}$$

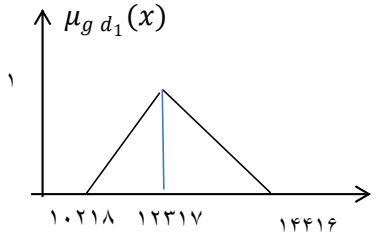


شکل شماره (۳): تابع عضویت تابع هدف هزینه

تابع عضویت محدودیت اول تقاضا در مدل اولیه بصورت زیر تعریف می گردد.

$$\mu_{g\,d_1}(x)=\begin{cases}\dfrac{d_1(x)-10218}{2099} & 10218<d_1(x)<12317\\ \dfrac{14416-d_1(x)}{2099} & 12317<d_1(x)<14416\\ 0 & d_1(x)\le 10218\ \ \&d_1(x)\ge 14416\end{cases}$$

$$d_1(x)=x_{1111}+x_{1112}+x_{2111}+x_{2112}-I_{11}\cong 12317$$



شکل شماره (٤): تابع عضویت محدودیت تقاضای D_{11}

در نهایت با تبدیل مدل اولیه به مدل خطی تک هدفه زیر و در نظرگرفتن محدودیت های قطعی به همان صورت مدل اولیه، مسئله حل می گردد.

$$\max = 0.103\lambda_1 + 0.155\lambda_2 + 0.359\lambda_3 + 0.007\gamma^{\gamma}_1 + 0.074\gamma^{\gamma}_2 + 0.019\gamma^{\gamma}_3 + 0.284\gamma^{\gamma}_4$$

St.

$$\lambda_1 \le \frac{294411 - Z_1}{108324}$$

$$\lambda_2 \le \frac{3259 - Z_2}{1329}$$

$$\lambda_3 \le \frac{4440 - Z_3}{1540}$$

$$\gamma_1 \le \frac{14416 - [x_{1111} + x_{1112} + x_{2111} + x_{2112} - I_{11}]}{2099}$$

$$\gamma_1 \le \frac{x_{1111} + x_{1112} + x_{2111} + x_{2112} - I_{11} - 10218}{2099}$$

$$\gamma_2 \le \frac{9166 - [x_{1211} + x_{1212} + x_{2211} + x_{2212} + I_{11}]}{1203}$$

$$\gamma_2 \le \frac{x_{1211} + x_{1212} + x_{2211} + x_{2212} + I_{11} - 6760}{1203}$$

$$\gamma_3 \le \frac{11321 - [x_{1121} + x_{1122} + x_{2121} + x_{2122} - I_{12}]}{1812}$$

$$\gamma_3 \le \frac{x_{1121} + x_{1122} + x_{2121} + x_{2122} - I_{12} - 7697}{1812}$$

$$\gamma_4 \le \frac{8011 - [x_{1221} + x_{1222} + x_{2221} + x_{2222} + I_{12}]}{1121}$$

$$\gamma_4 \le \frac{x_{1221} + x_{1222} + x_{2221} + x_{2222} + I_{12} - 5769}{1121}$$

مقادیر Z_1، Z_2و Z_3 بیان‌گر عبارت‌های متناظر توابع هدف سه‌گانه می‌باشند.

با حل مدل خطی فوق، مقدار ۰.۸۶۶ برای تابع هدف نهایی و مقادیر زیر برای سایر متغیرها به دست آمده است.

X_{2112}= ۱۲۳۱۷

X_{2212}= ۹۵۰۹

x_{2122}= ۷۹۶۳

x_{2222}= ۶۸۹۰

Z^* =۰.۸۶۶

۴-۸- ارایه الگوریتم ژنتیک جهت حل مدل

با توجه به کاهش قابل ملاحظه توانایی لینگو در حل تابع هدف هزینه و تابع هدف نهایی ($\max \sum \lambda + \sum \gamma$) به واسطه افزایش سایز مسئله، امکان حل این‌گونه مسایل با نرم افزار لینگو میسر نمی‌باشد. جهت حل این مشکل استفاده از الگوریتم ژنتیک انتخاب گردید. به این صورت که مقادیر حد بالا و پایین تابع هدف مربوط به هزینه با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارایه شده محاسبه می‌گردد. برای دو تابع هدف دیگر نیز با استفاده از لینگو مقادیر حدی محاسبه گردیده و نتایج در مدل نهایی قرار داده می‌شود تا تابع هدف نهایی نیز با استفاده از الگوریتم ژنتیک مربوطه بهینه گردد. در ادامه ضمن تشریح چگونگی استفاده از الگوریتم ژنتیک در این پژوهش، به بررسی کارایی الگوریتم‌های ارایه شده برای حل توابع مذکور پرداخته می‌شود.

۴-۸-۱ بررسی کارایی الگوریتم های ژنتیک

در این بخش کارایی الگوریتم‌های ژنتیک توسعه داده شده برای مسائل حداقل‌سازی، حداکثرسازی هزینه و چند معیاره نهایی مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرد. مبنای مقایسه مقدار تابع هدف به ازای جواب بهینه نهایی است که توسط نرم‌افزار لینگو حاصل می‌شود. بدیهی است که نسبت مقدار تابع هدف جواب نهایی الگوریتم ژنتیک به مقدار تابع هدف جواب بهینه داده شده توسط نرم‌افزار لینگو برای مسئله حداقل‌سازی هزینه همواره از یک بزرگتر است و هر چه این مقدار به یک نزدیکتر باشد یا در واقع کوچکتر باشد نشان دهنده کارایی بیشتر الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله حداقل‌سازی هزینه است. شاخص دیگری که به طور موازی و برای بررسی کارایی الگوریتم ژنتیک در حل مسئله حداقل‌سازی هزینه محاسبه می‌شود درصد افزایش مقدار تابع هدف در جواب داده شده توسط الگوریتم ژنتیک نسبت به مقدار تابع هدف در جواب بهینه داده شده توسط نرم‌افزار لینگو است.

همچنین بسیار واضح است نسبت مقدار تابع هدف جواب نهایی الگوریتم ژنتیک به مقدار تابع هدف جواب بهینه داده شده توسط نرم‌افزار لینگو برای مسئله حداکثرسازی هزینه همواره از یک کوچکتر است و هر چه این مقدار به یک نزدیکتر باشد یا درواقع بزرگتر باشد نشان دهنده کارایی بیشتر الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله حداکثرسازی هزینه است. شاخص دیگری که به طور موازی و برای بررسی کارایی الگوریتم ژنتیک در حل مسئله حداکثر سازی هزینه محاسبه می‌شود درصد کاهش مقدار تابع هدف در جواب داده شده توسط الگوریتم ژنتیک نسبت به مقدار تابع هدف در جواب بهینه داده شده توسط نرم‌افزار لینگو است.

در دو جدول شماره (۷) و (۸) که در انتهای مقاله آمده است، آماره‌های مربوط به هر دو شاخص فوق برای الگوریتم ژنتیک توسعه داده شده در حل مسئله حداکثر سازی و حداقل سازی هزینه برای ۳۰ مسئله و در ۳ اندازه مختلف ارایه گردیده است.

در ادامه نتایج حاصل از مقایسه جواب‌های به دست آمده برای مسئله چند هدفه نهایی توسط الگوریتم ژنتیک و نرم‌افزار لینگو مقایسه می‌گردد. واضح است که نسبت مقدار تابع هدف جواب نهایی الگوریتم ژنتیک به مقدار تابع هدف جواب بهینه داده شده توسط نرم‌افزار لینگو برای مسئله چند هدفه همواره از یک کوچکتر است و هر چه این مقدار به یک نزدیکتر باشد یا درواقع بزرگتر باشد نشان دهنده کارایی بیشتر الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله چند هدفه نهایی است. شاخص دیگری که به طور موازی و برای بررسی کارایی الگوریتم ژنتیک در حل مسئله چند هدفه نهایی محاسبه می شود درصد کاهش مقدار تابع هدف در جواب داده شده توسط الگوریتم ژنتیک نسبت به مقدار تابع هدف در جواب بهینه داده شده توسط نرم‌افزار لینگو است. در جدول شماره (۹) در انتهای مقاله آماره‌های مربوط به شاخص‌ها برای ۳۰ مسئله در سه بعد و نیز آماره‌های مربوط به شاخص‌ها بر حسب ابعاد مسئله آمده است.

۵- نتیجه‌گیری

همان‌گونه که ملاحظه شد در این پژوهش مسئله انتخاب تأمین کننده که اصولاً یک مسئله چند هدفه‌در شرایط تصمیم‌گیری فازی با درنظر گرفتن هزینه موجودی و تخفیف نموی در بازه‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار گرفت. این مدل در موارد زیر دارای کاربرد می‌باشد:

برطرف‌سازی ابهام و عدم قطعیت موجود در مقادیر ورودی به واسطه رویکرد فازی.

مناسب برای سازمان‌هایی که به کیفیت اقلام سفارش اهمیت می‌دهند به واسطه تابع هدف نسبت اقلام معیوب.

مناسب برای سازمان‌هایی که برنامه‌ریزی دقیقی دارند به واسطه تابع هدف تأخیر در تحویل.

در نظر گرفتن مفاهیمی چون کاهش سطح ریسک و یا خرید ترکیبی

وزن‌دهی به معیارها بر اساس روش هایی چون ANP

مجاز شمردن کمبود

ارزیابی و تحلیل پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم

جدول شماره (۷): مقایسه مجموعه مسایل حل‌شده حداقل‌سازی تابع هدف هزینه به وسیله الگوریتم ژنتیک و لینگو

ابعاد مسائل	نسبت تابع هدف الگوریتم به تابع هدف لینگو				درصد کاهش تابع هدف در الگوریتم نسبت به لینگو			
	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
(۲,۵,۳,۲)	۰.۹۷۶	۰.۰۱۵	۰.۹۴۸	۱.۰۰۰	۲.۴۴٪	۰.۰۱۵	۰.۰۰٪	۵.۱۹٪
(۳,۱۰,۵,۴)	۰.۹۵۴	۰.۰۲۲	۰.۹۱۳	۱.۰۰۰	۴.۶۰٪	۰.۰۲۲	۰.۰۰٪	۸.۶۶٪
(۶,۲۰,۱۰,۶)	۰.۹۱۰	۰.۰۱۱	۰.۸۹۲	۰.۹۳۰	۹.۰۳٪	۰.۰۱۲	۷.۰۳٪	۱۰.۷۶٪

جدول شماره (۸): مقایسه آماری مجموعه مسایل حل شده تابع هدف هزینه به وسیله الگوریتم ژنتیک و لینگو

ابعاد مسائل	نسبت تابع هدف الگوریتم به تابع هدف لینگو				درصد افزایش تابع هدف در الگوریتم نسبت به لینگو			
	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
(۲,۵,۳,۲)	۱.۱۳۴	۰.۲۳۸	۱.۰۱۳	۱.۸۴۷	۵.۱۴٪	۰.۰۲۴	۱.۳۳٪	۱۰.۲۴٪
(۳,۱۰,۵,۴)	۱.۰۹۷	۰.۰۲۴	۱.۰۴۹	۱.۱۲۴	۹.۶۹٪	۰.۰۲۴	۴.۸۶٪	۱۲.۳۹٪
(۶,۲۰,۱۰,۶)	۱.۱۷۳	۰.۰۲۱	۱.۱۵۰	۱.۲۱۵	۱۷.۳۴٪	۰.۰۲۱	۱۴.۹۶٪	۲۱.۵۴٪

جدول شماره (۹): مقایسه آماری مجموعه مسایل حل شده تابع هدف نهایی به وسیله الگوریتم ژنتیک و لینگو در سه سایز

ابعادمسائل	نسبت تابع هدف الگوریتم به تابع هدف لینگو				درصد کاهش تابع هدف در الگوریتم نسبت به لینگو			
	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
(۳,۵,۲,۲)	۰.۹۷۸	۰.۰۰۶	۰.۹۷۰	۰.۹۸۹	۲.۱۸٪	۰.۰۰۶	۱.۰۷٪	۳.۰۳٪
(۵,۱۰,۳,۴)	۰.۹۸۸	۰.۰۰۳	۰.۹۸۴	۰.۹۹۴	۱.۱۷٪	۰.۰۰۳	۰.۶۳٪	۱.۵۶٪
(۱۰,۲۰,۶,۶)	۰.۹۹۵	۰.۰۰۳	۰.۹۸۸	۰.۹۹۹	۰.۴۴٪	۰.۰۰۳	۰.۰۵٪	۱.۱۷٪

٦- منابع و مآخذ

[۱] دلدار، مسعود(۱۳۸۹)؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد" **توسعهٔ یک مدل چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کننده در زنجیرهٔ تأمین با رویکرد فازی** "، به راهنمایی سید ابوالفضل کاظمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین.

[۲] حاج شیرمحمدی، علی(۱۳۸٤)، **"اصول برنامه ریزی و کنترل تولید و موجودی ها"**، انتشارات ارکان.

[3] Amid. A, Ghodsypour. S.H, O'Brein. C (2006),"**Fuzzy Multi-objective Linear Model for Supplier Selection in a Supply Chain**". International Journal of Production Economics, 104, 394-407,

[4] 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 Production Economics, 323-332,

[5] Bache, j., Carr, R., Parnaby, j (1987)., **Tobias, A.M.,"Supplier Development Systems**" .International Journal of Technology Management 2 (2), 219-228.

[6] Basnet, C., Leung, J (2005). **M.Y."Invetory Lot-sizing With Supplier Selectioon**". Computer & Operation Research 32 1-14,.

[7] Bellman. R.G, Zadeh. L (1970).A**,"Decision Making a Fuzzy Environment"**. Management Sciences", 17, B141–B164.

[8] Bender, P.s., Brawn, R.W., Isaac, H., Shapiro, J.F (1985)."**Improving Purchasing at IBM with a Normative, Decision Support System Interfac"e**, vol.15, no.3.May-June 1985, 106-115,.

[9] Chopra. S, and Meindel. P (2007), **"Supply Chain Management - Strategy, Planning & Operation**", 3rd. Chapter 1, Pearson Prentice Hall.

[10] Crama, Y., Pascual, R ., Torres, A**,"Optimal Procurement Decesions in the Presence of Total Quantity Discounts and Alternative Product Reprice"**. European Journal of Operational Research, 159,3, 64-78.

[11] De Boer. L, Labro. E, Morlacchi. P (2001)**."A Review of Methods Supporting Supplier Selection"**. European Journal of Purchasing and Supply Management 7 (2), 75–89.

[12] Degraeve. Z, Roodhooft. F (2000),"**A Mathematical Programming Approach for Procurement Using Activity Based**

Selection: A Literature Review". European Journal of Operational Research, 202, 16–24.

[31] Xia, W., Wu, Zh (2007)., "**Supplier Selection with Multiple Criteria in Volume Discount Environments**". Omega, 35: 494-5.

[32] Zimmermann. H.J (1978),"**Fuzzy Programming and Linear Programming with Several Objective Functions"**. Fuzzy Sets and Systems 1, 45–55.

Costing". Journal of Business Finance and Accounting 27 (1–2), 69–9.

[13] Dickson. GW (1966), "**An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions**". Journal of Purchasing 2(1), 5–17.

[14] Ding. H, Benyoucef. L, Xie. X (2005), "**A Simulation Optimization Methodology for Supplier Selection Problem**". International Journal Computer Integrated Manufacturing 18 (2–3), 210–224.

[15] Dulmin. R, Mininno. V (2003),"**Supplier Selection Using a Multi-Criteria Decision Aid Method**". Journal of Purchasing and Supply Management 9 , 177–187.

[16] Gaballa, A.A. (1974**),"Minimum cost allocation of tenders. Operational Research Quarterly**". 25 (3), 389-398.

[17] Gossen, D.R., Mass, A.J. , Spieksma, F.C.R., Klundert, J.J., **"Exact Algorithms for Procurement Problems Under a Total Quantity Discount Structure"**. European Journal of Operation Ressearch, 178. 60. 3-26.

[18] [Hleh. H, Hamidi. H (2011), "**A Fuzzy MCDM Model for Allocating Orders to Suppliers in a Supply Chain Under Uncertainty Over a Multi-Period Time Horizon**", Expert Systems With Application 38 9076-9083.

[19] Lai. Y.J, Hawang. C.L (1994). "**Fuzzy Multiple Objective Decision Making, Methods and Applications"**. Springer, Berlin.

[20] Mohammad Ebrahim, R. (2009), Razmi, J., Haleh, H, "**Scatter Search Algorithm for Supplier Selection and Order Lot Sizing Under Multiple Price Discount Envirinment**". Advances in Engeneering Software 40. 766-776.

[21] Monczka Robert M., Hanfield Robert B. (2008), **Giunipero Larry, "Purchasing and Supply Chain Management**", 236.

[22] Nahmias, S (2005), "**Production and Operation Analysis (fifth edition)",** New York, McGrow-Hill, Irwan.

[23] Narasimhan. R (2006), **Talluri. S, Mahapatra. S.K, "Multiproduct**, Multiclriteria Model for Supplier Selection with Product Life-Cycle Considerations". Decision Sciences 37 (4), 577–603.

[24] Rezaei, J., Davoodi, M. , "**A Deterministic Multi-item Inventory Model with Supp;ier Selection and Impact Quality".** Applied Mathematical Modeling 32 2106-2116.

[25] Roa, C.P., Kiser, G.E (1980**).,"Educational Buyers' Perceptions of Vendor Attributes**". Journal of Purchasing and material management 16, 25-30.

[26] Rosenthal, E.C., Zydiac, J.I. (1995), Chaudhry, S.S,**"Vendor Selection with Bundling"**. Decision Sciences 26 (1), 35-48,.

[27] Weber, C.A., Current, J.R (1993),"**A multiobjective approach to vendor selection"**. European Journal of Operational Research 68, 173–184.

[28] Weber. C.A, Current. J.R, Benton. W.C,(1991)"**Vendor Selection Criteria and Methods**". European Journal of Operational Research 50, 2–18,.

[29] Weijun Xia, ZhimingWu (2007),"**Supplier Selection with Multiple Criteria in Volume Discount environments**". The International Journal of Management Science. Omega 35, 494 – 504.

[30] William Ho, Xiaowei Xu, Prasanta K. Dey (2009), **Multi-Criteria Decision Making Approaches for Supplier Evaluation and**