Motaleat-e modiriat-e sanati
Vol. 6, No.16, Spring 2010

فصلنامه علمی ـ پژوهشی مطالعات مدیریت
صنعتی سال ششم، شماره ۱٦، بهار ۸۹
صفحات ۵۵ تا ۷٤

انتخاب تأمین‌کننده تحت عدم قطعیت با استفاده از برنامه‌ریزی سازشی بازه‌ای

پیام چینی‌فروشان *
بهروز پورقناد **
روزبه عزیز محمدی***
سید حسین رضوی****

چکیده

امروزه یکی از استراتژی‌ها و سیاست‌های مهم شرکت‌ها، خریداری قطعات از تأمین کنندگان خارجی است. برای تصمیم گیری در باره انتخاب تأمین کنندگان، معیارهای متفاوتی در نظر گرفته می‌شود. ولی به دلیل تغییرات سطوح مدیریتی و استراتژی‌های تأمین کنندگان خارجی نمی‌توان داده‌های ورودی را با دقت تعیین

---

* دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و فرهنگ
** دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و فرهنگ
*** دانشجوی دکترای مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور
**** دانشجوی دکترای مدیریت صنعتی دانشگاه علامه طباطبایی s_Hossein_r@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/٦/۸ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۱۵

کرد. از اینرو در نظر گرفتن مسأله انتخاب تأمین کننده با توجه به معیارهای غیرقطعی ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله یک مدل ترکیبی از روش مشهور برنامه‌ریزی سازشی و برنامه‌ریزی بازه‌ای پیشنهاد خواهد شد که برنامه‌ریزی سازشی بازه‌ای نامیده می‌شود. این مدل می‌تواند برای بهینه‌سازی مسائل بازه‌ای چند هدفه استفاده شود. برای تشریح مدل پیشنهادی، یک مسأله انتخاب تأمین کننده با اهداف می‌نیمم سازی برگشتی‌ها و هزینه خرید و ماکزیمم سازی کیفیت محصولات خریداری شده ارائه می‌شود که پارامترهای ورودی آن به عنوان اعداد بازه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. نتایج به دست آمده باتوجه به مقدار ایده‌آل هر هدف، می‌توانند نمایشی از وضعیت خوش بینانه و بدبینانه مسأله را تحت شرایط عدم قطعیت ارائه کنند.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی سازشی، برنامه‌ریزی بازه‌ای، برنامه‌ریزی سازشی بازه‌ای، انتخاب تأمین کننده.

مقدمه

امروزه به دلیل رقابت گسترده و وجود محیط‌های تولیدی به هم وابسته، عملکرد تأمین کننده عامل موثری در موفقیت یا ناکامی شرکت‌ها محسوب می‌گردد. تصمیم برای انتخاب تأمین کننده[1] نیز یک مولفه مهم در تولید و مدیریت پشتیبانی برای بسیاری از شرکت‌ها به شمار می‌آید. این تصمیم‌گیری به چند دلیل، نوعاً پیچیده است. اول آنکه ممکن است انتخاب‌های بالقوه نیازمند آن باشند تا برای ارزیابی از معیارهای بیشتری استفاده گردد. پیچیدگی دوم آن است که هر یک از تامین کنندگان در مورد معیارهای مختلف، ویژگی‌ها و شاخص‌های عملکردی متفاوتی دارند. پیچیدگی سوم پیرامون محدودیت‌های سیاست داخلی شرکت‌ها و محدودیت‌های خارجی تحمیل شده به آنها است که روی فرایندهای خرید رخ می‌دهند. بطورکلی طبیعت تصمیم‌گیری انتخاب تأمین کننده معمولاً پیچیده، غیر ساختار یافته و بطور ذاتی مسأله‌ای چند معیاره است.

اولین مدل ریاضی در زمینه استفاده و بکارگیری از رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی

1- Supplier selection

در مسائل انتخاب تأمین کننده توسط استنلی و همکاران (۱۹۵۴) و گاینین (۱۹۵۵) ارائه شده است. از آن زمان تاکنون مقالات زیادی در مورد استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای حل مسأله انتخاب تأمین کننده منتشر شده است.

با این وجود در حل مسائل انتخاب تأمین کننده و برنامه ریزی خرید، همواره داد و ستدها با برخی عوامل غیر قطعی مواجه می‌باشند. برای مثال، کیفیت و سطح خدمت تأمین کنندگان می‌توانند به عنوان عوامل احتمالی در نظر گرفته شوند. در مواردی که خطر[1] جزء مهم تصمیم‌گیری به شمار می‌رود، ضروری است که عوامل خطر در یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی در نظر گرفته شوند. پتروویچ و همکاران (۱۹۹۸، ۱۹۹۹) مدلسازی فازی و شبیه‌سازی یک زنجیره تأمین را در محیط غیر قطعی تشریح کردند. هدف آنها تعیین تعداد سفارش برای هر موجودی طی یک افق زمانی محدود و دستیابی به یک عملکرد تحویل قابل قبول تحت یک هزینه تمام شده معقول برای کل زنجیره تأمین بود، بطوری که تقاضای مشتری و عرضه مواد اولیه به صورت فازی در نظر گرفته شده بودند. پتروویچ (۲۰۰۱) یک ابزار شبیه‌سازی را برای تحلیل رفتار و عملکرد زنجیره تأمین با وجود مجموعه‌های فازی توسعه داد.

شیه (۱۹۹۹) مسأله حمل و نقل سیمان در تایوان را با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی فازی ارائه کرد. او از سه رویکرد براساس مسائل زیمرمان (۱۹۷۶) استفاده کرد. هو و همکاران (۲۰۰۱) یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی را برای حل مسائل زنجیره تأمین تحت شرایط عدم قطعیت ارائه کردند. آنها عدم قطعیت را به وسیله یک پارامتر احتمالی (سطوح موجودی محصولات) و یک پارامتر فازی (ماکزیمم درصد فروش‌ها) در نظر گرفتند. ساکاوا و همکاران (۲۰۰۱) یک مسأله واقعی تولید و حمل و نقل مربوط به یک تولید کننده را از طریق مدل برنامه‌ریزی ریاضی قطعی ارائه کردند که هزینه‌های ظرفیت‌ها و تقاضاها را می‌نیمم می‌کرد. در ادامه آنها یک مدل برنامه‌ریزی فازی ریاضی را توسعه دادند. چن و لی (۲۰۰۴a، ۲۰۰۴b) نیز عدم قطعیت مربوط به تقاضای بازار را از طریق تعدادی سناریو با

1- Risk

احتمالاتشان و عدم قطعیت در قیمت محصولات را با بکارگیری تئوری مجموعه‌های فازی در نظر گرفتند. جیانوکارو و همکاران (۲۰۰۳) یک متدولوژی را برای سیاست‌های مدیریت موجودی در یک زنجیره تأمین توسعه دادند که بر اساس تئوری مجموعه فازی مدلسازی گردید. در متدولوژی پیشنهادی آنها، تئوری مجموعه فازی برای مدلسازی عدم قطعیت مربوط به هر دو تقاضا و هزینه‌های موجودی استفاده گردید. کومار و همکاران (۲۰۰۴) یک رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی را برای مسأله انتخاب تأمین کنندگان در یک زنجیره تأمین ارائه کردند. اهداف این مسأله عبارت بودند از: می‌نیمم سازی هزینه خالص شبکه تأمین کنندگان، می‌نیمم سازی تعداد برگشتی‌ها در شبکه و می‌نیمم سازی تأخیر در تحویل‌ها. در این رویکرد، نویسندگان از توابع عضویت فازی مثلثی برای هر هدف فازی استفاده کردند. روش حل بر اساس اشتراک توابع عضویت اهداف فازی با بکارگیری اپراتور می‌نیمم سازی بود. بعداً کومار و همکاران (۲۰۰۶) همان مسأله را با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی فازی چند هدفه که توسط زیمرمان (۱۹۷۸) پیشنهاد شده بود، مجدداً حل کردند.

لیو و کائو (۲۰۰۴) روشی برای به دست آوردن تابع عضویت هزینه حمل و نقل کل را با هدف هزینه حمل در نظر گرفتند که هزینه‌های ارسال و تقاضای محصولات همگی اعداد فازی بودند. روش آنها براساس اصول تعریف شده زاده (۱۹۷۸) برای تبدیل مسأله حمل و نقل فازی به یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی تعریف گردید. آمید و همکاران (۲۰۰۶) مسأله تعیین تأمین کنندگان در یک زنجیره تأمین را مطرح کردند. به همین منظور، آنها یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفه فازی ارائه کردند که به هر هدف، وزن متفاوتی تخصیص می‌یافت. اهداف مدنظر آنها کاهش هزینه‌ها، افزایش کیفیت و افزایش سطح خدمت تأمین کنندگان با توجه به محدودیت‌های حداکثر تقاضای خرید بودند. عناصر غیر قطعی در نظر گرفته شده در مقاله آنها نیز برآورده کردن اهداف و تقاضا بودند. وبر و کارنت (۱۹۹۳) از یک رویکرد چند هدفه برای تحلیل سیستماتیک تبادلات[1] میان اهداف متفاوت در مسائل

1- Trade-offs

انتخاب تأمین کننده استفاده کردند. کارپاک و همکاران (۱۹۹۹) یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی را برای می‌نیمم سازی هزینه‌ها و ماکزیمم سازی اعتبار و کیفیت تحویل در انتخاب تأمین کنندگان پیشنهاد کردند، بطوری که در مدل آنها تخصیص تعداد سفارش‌ها به هر تأمین کننده نیز در نظر گرفته شد. در ادبیات تعداد مقالات اندکی به منظور اجرای اطلاعات غیرقطعی و عدم قطعیت در مدل‌های انتخاب تأمین کننده وجود دارند (ناراسیمهان ۱۹۸۳، سوکوپ ۱۹۸۷، نیدیک و هیل ۱۹۹۲، آمید و همکاران ۲۰۰۶).

یکی از روش‌های بهینه‌سازی مسائل چند هدفه، مدل برنامه‌ریزی سازشی[1] (CP) است. در مدل CP، تصمیم گیرندگان به سهولت و با دقت، قابلیت دستیابی به مقادیر ایده‌آل اهداف مورد نظر را خواهند داشت. مدل CP توسط زلنی (۱۹۷۳ و ۱۹۷۴) برای اولین بار معرفی گردید. از جمله مزایای این مدل می‌توان سادگی و استفاده از آن تحت شرایطی که دسترسی به مقادیر آرمانی اهداف میسر نباشد را عنوان کرد. در این مقاله با استفاده از روش برنامه‌ریزی سازشی، مدلی ارائه خواهد شد که ضرایب و مقادیر ایده‌آل اهداف همگی به عنوان اعداد بازه‌ای[2] در نظر گرفته می‌شوند. برای تشریح مدل پیشنهادی، از یک مسأله بازه‌ای چند هدفه پیرامون تعیین تأمین کنندگان در یک زنجیره تأمین استفاده خواهد شد.

این مقاله بدین صورت ادامه می‌یابد که در بخش ۲، مدل چند هدفه برای مسائل انتخاب تأمین کننده ارائه خواهد شد که در ادامه روش برنامه‌ریزی سازشی برای حل آن تشریح می‌گردد. همچنین برخی تعاریف و نمادها پیرامون اعداد بازه‌ای، در همین بخش مرور خواهند شد. در بخش ۳، ابتدا یک مدل بازه‌ای چند هدفه برای مسائل انتخاب تأمین کننده ارائه می‌شود که در ادامه مدلی برای حل آن پیشنهاد شده است. این مدل پیشنهادی که از ترکیب مدل برنامه‌ریزی سازشی و برنامه‌ریزی بازه‌ای به دست خواهد آمد، مدل برنامه‌ریزی سازشی بازه‌ای[3] (ICP) نامیده می‌شود. برای تشریح مدل پیشنهادی، در بخش ۴ یک مثال عددی پیرامون مسأله انتخاب

1- Compromise Programming
2- Interval numbers
3- Interval Compromise Programming

تأمین کننده با اهداف چندگانه ارائه می‌شود که پارامترهای ورودی مربوط به تأمین کنندگان به صورت اعداد بازه‌ای خواهند بود. بخش ۵ نیز به ارائه مهم‌ترین نتایج به دست آمده در این مقاله می‌پردازد.

مدل چند هدفه برای مسائل انتخاب تأمین کننده

در بازارهای رقابتی امروز، یکی از اهداف اصلی شرکت‌ها انتخاب تأمین کنندگان مناسب و به صرفه بر اساس اهداف و معیارهای مختلف است. برای یک مسأله انتخاب تأمین کننده، می‌توان مدل چند هدفه زیر را در نظر گرفت:

(۱)

$$\begin{aligned}
&\max\ f_k(x)=\sum_{j=1}^{n} c_{kj}x_j \quad \forall k=1,2,\ldots,K\\
&\min\ f_p(x)=\sum_{j=1}^{n} c_{pj}x_j \quad \forall p=1,2,\ldots,P\\
&S.T.\\
&\qquad \sum_{j=1}^{n} x_j = X\\
&\qquad x_j \geq 0 \quad \forall j=1,2,\ldots,n
\end{aligned}$$

بطوری که x_j مقدار تقاضای صادر شده به تأمین کننده j است و X کل تقاضای خرید از تأمین کنندگان می‌باشد. $f_k(x)$ و $f_p(x)$ نیز به ترتیب مجموعه‌ای از توابع هدف ماکزیمم سازی و می نیمم‌سازی می‌باشند. c_{kj} و c_{pj} نیز به ترتیب ضرایب متغیرها در اهداف ماکزیمم سازی و می‌نیمم سازی هستند.

برای حل مسائل چند هدفه‌ای همچون مدل (۱)، تاکنون روش‌های متعددی معرفی شده‌اند. یکی از این روش‌ها، روش برنامه‌ریزی سازشی است که زلنی (۱۹۷۴) آنرا معرفی نمود. در بخش بعدی چگونگی حل مسائل چند هدفه توسط روش برنامه‌ریزی سازشی ارائه شده است.

مدل برنامه‌ریزی سازشی

مدل CP اولین بار توسط زلنی (۱۹۷۴) معرفی گردید. برنامه‌ریزی سازشی یک روش تصمیم‌گیری چندهدفه بر اساس فاصله است که در آن تلاش می‌شود تا حد امکان جواب ایده‌آل به جواب ممکن نزدیک باشد. چنانچه هدف ماکزیمم کردن سطوح موجود $f_k(x)=\sum_{j=1}^{n} c_{kj} x_j$ باشد، آنگاه مقدار ایده‌آل تابع هدف k ام (f_k^*) را می‌توان از طریق مدل (۲) به دست آورد:

$$
\begin{aligned}
& f_k^* = \max\ f_k(\mathrm{x}) \quad \forall k = 1,2,\dots,K \\
& \text{s.t}: \\
& g_i(x) \le b_i \quad \forall i = 1,2,\dots,m \\
& x \in S
\end{aligned}
\tag{۲}
$$

و در نهایت مدل نهایی CP می‌تواند به صورت زیر باشد:

$$
\begin{aligned}
& \min \quad \sum_{k=1}^{K} \delta_k^- \\
& \text{s.t}: \\
& f_k(\mathrm{x}) + \delta_k^- = f_k^* \quad \forall k = 1,2,\dots,K \\
& g_i(x) \le b_i \quad \forall i = 1,2,\dots,m \\
& x \in S \\
& \delta_k^- \ge 0 \quad \forall k = 1,2,\dots,K
\end{aligned}
\tag{۳}
$$

بطوری که متغیر δ_k^- متغیرانحرافی کمبود متعلق به محدودیت مربوط به تابع هدف k ام بوده و S مجموعه فضای جواب را نمایش می‌دهد.$x \ge 0$ بوده و $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ است. همینطور اگر در مدل CP، می‌نیمم کردن اهداف $f_p(x) = \sum_{j=1}^{n} c_{pj} x_j$ مدنظر باشد، آنگاه مقدار ایده‌آل تابع هدف p ام (f_p^*) از طریق مدل (۴) به دست می‌آید:

$$f_p^* = \min\ f_p(\mathrm{x}) \qquad \forall p = 1,2,\dots,P \tag{٤}$$
$$\text{s.t}:$$
$$g_i(x) \le b_i \qquad \forall i = 1,2,\dots,m$$
$$x \in S$$

که در این صورت مدل نهایی CP به صورت زیر خواهد بود:

$$\min \quad \sum_{p=1}^{P} \delta_p^+ \tag{٥}$$
$$\text{s.t}:$$
$$f_p(\mathrm{x}) - \delta_p^+ = f_p^* \qquad \forall p = 1,2,\dots,P$$
$$g_i(x) \le b_i \qquad \forall i = 1,2,\dots,m$$
$$x \in S$$
$$\delta_p^+ \ge 0 \qquad \forall p = 1,2,\dots,P$$

متغیر δ_p^+ متغیر انحرافی مازاد متعلق به محدودیت مربوط به تابع هدف pام است. مدل CP براساس انتخاب جواب‌هایی که به نقاط ایده‌آل (f_k^*یا f_p^*) نزدیکتر می‌باشند، مدلسازی می‌شود (زلنی، ۱۹۷۶، ۱۹۸۲).

در یک حالت واقعی، تصمیم گیرندگان نمی‌توانند اطلاعات کامل و درستی را در مورد اهداف و محدودیت‌های تصمیم‌گیری به دست آورند، از اینرو داده‌های جمع‌آوری شده برای مسائل انتخاب تأمین کننده نوعاً رفتار فازی دارند (آمید و همکاران، ۲۰۰۶). برای پرداختن به این موضوع، یک مدل بازه‌ای چند هدفه برای مسأله انتخاب تأمین کننده پیشنهاد می‌شود. در ابتدا برخی تعاریف و نمادها پیرامون اعداد بازه‌ای تشریح می‌شوند.

تعاریف و نمادها

تعریف ۱: عدد بازه‌ای $\tilde{a}$ در مجموعه R را به صورت زیر در نظر بگیرید:

$$\tilde{a} = [a^L, a^R] = \{x \mid a^L \le x \le a^R, x \in R\}$$

بطوری که a^L و a^R به ترتیب حدود پایین و بالای عدد بازه‌ای $\tilde{a}$ هستند. مرکز و عرض عدد بازه‌ای $\tilde{a}$ نیز به ترتیب با $m(\tilde{a})$ و $w(\tilde{a})$ به صورت زیر نمایش داده

می‌شود (لی و ژو، ۲۰۰۷):

$$m(\tilde{a}) = \frac{a^L + a^R}{2}, \qquad w(\tilde{a}) = \frac{a^R - a^L}{2}$$

تعریف ۲: فرض کنید $\circ \in \{+,-,\times,\div\}$ یک عملیات دوتایی روی R باشند. اگر $\tilde{a} = [a^L, a^R]$ و $\tilde{b} = [b^L, b^R]$ باشند، آنگاه (لی و ژو، ۲۰۰۷):

$$\tilde{a} \circ \tilde{b} = \{z \mid z = x \circ y, x \in \tilde{a}, y \in \tilde{b}\}$$

یک عملیات دوتایی روی مجموعه همه بازه‌های بسته را تعریف می‌کند. با این تعریف می‌توان گفت:

$$\tilde{a}(+)\tilde{b} = [a^L + b^L, a^R + b^R]$$

$$\tilde{a}(-)\tilde{b} = [a^L - b^L, a^R - b^R]$$

$$k\tilde{a} = \begin{cases} [ka^L, ka^R], & k \geq 0 \\ [ka^R, ka^L], & k < 0 \end{cases}$$

بطوری که $\tilde{a}(+)\tilde{b}$ و $\tilde{a}(-)\tilde{b}$ به ترتیب مقدار افزایش ممکن[1] و مقدار کاهش ممکن[2] نامیده می‌شوند.

مدل بازه‌ای انتخاب تأمین کننده و روش حل پیشنهادی

مدل بازه ای چند هدفه برای مسائل انتخاب تأمین کننده

در این بخش یک مدل بازه‌ای چند هدفه برای مسأله انتخاب تأمین کننده پیشنهاد شده است که در بخش بعد، روشی برای حل آن پیشنهاد می‌شود.

در مدل (۱)، اگر ضرایب متغیرها در اهداف ماکزیمم سازی همگی از نوع متغیرهای بازه‌ای باشند (یعنی $\tilde{c}_{kj} = [c_{kj}^L, c_{kj}^R]$، برای $k = 1,2,...,K$) و همچنین اگر ضرایب متغیرها در اهداف می‌نیمم سازی همگی متغیرهای بازه‌ای باشند (یعنی $\tilde{c}_{pj} = [c_{pj}^L, c_{pj}^R]$، برای $p = 1,2,...,P$)، آنگاه می‌توان مدل بازه‌ای چند هدفه

1- Possible addition
2- Possible subtraction

برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده را به صورت زیر در نظر گرفت:

$$\begin{aligned} &\max \quad \tilde{f}_k(x) = \sum_{j=1}^{n} \tilde{c}_{kj} x_j \qquad \forall k = 1,2,\ldots,K \\ &\min \quad \tilde{f}_p(x) = \sum_{j=1}^{n} \tilde{c}_{pj} x_j \qquad \forall p = 1,2,\ldots,P \\ &\text{s.t}: \\ &\sum_{j=1}^{n} x_j = X \\ &x_j \geq 0 \qquad \forall j = 1,2,\ldots,n \end{aligned} \tag{٦}$$

بطوری که $\tilde{f}_k(x)$ و $\tilde{f}_p(x)$ مجموعه‌ای از توابع هدف بازه‌ای هستند که به ترتیب برای اهداف ماکزیمم سازی و می‌نیمم سازی بکار گرفته می‌شوند.

مدل برنامه‌ریزی سازشی بازه‌ای[1]

مسأله بازه‌ای چند هدفه (۶) را در نظر بگیرید. این مسأله را می‌توان توسط روش برنامه‌ریزی سازشی (با رویکرد مین- ماکس) به یک مدل تک هدفه، که مدل برنامه‌ریزی سازشی بازه‌ای ((ICP(min-max) نامیده می‌شود، تبدیل کرد. مدل (۷) شکل کلی این رویکرد پیشنهادی را برای بهینه‌سازی مسائل بازه‌ای چند هدفه پیرامون مسأله انتخاب تأمین کننده نمایش می‌دهد:

$$\begin{aligned} &\min \quad y \\ &\text{s.t}: \\ &\sum_{j=1}^{n} [c_{kj}^{L}, c_{kj}^{R}] x_j + \delta_k^- = [f_k^{*L}, f_k^{*R}] \qquad \forall k = 1,2,\ldots,K \\ &\sum_{j=1}^{n} [c_{pj}^{L}, c_{pj}^{R}] x_j - \delta_p^+ = [f_p^{*L}, f_p^{*R}] \qquad \forall p = 1,2,\ldots,P \\ &\qquad y \geq w_k \delta_k^- \qquad \forall k = 1,2,\ldots,K \\ &\qquad y \geq w_p \delta_p^+ \qquad \forall p = 1,2,\ldots,P \\ &\qquad \sum_{j=1}^{n} x_j = X \\ &\qquad x_j \geq 0 \qquad \forall j = 1,2,\ldots,n \\ &\qquad \delta_k^- \geq 0 \qquad \forall k = 1,2,\ldots,K \\ &\qquad \delta_p^+ \geq 0 \qquad \forall p = 1,2,\ldots,P \\ &\qquad y \geq 0 \end{aligned} \tag{٧}$$

1- Interval Compromise Programming model

بطوری که f_k^{*L} و f_k^{*R} به ترتیب حدود پایین و بالای مقدار ایده‌آل تابع هدف k ام و f_p^{*L} و f_p^{*R} نیز به ترتیب حدود پایین و بالای مقدار ایده‌آل تابع هدف p ام می‌باشند. $0 < w_{k,p}$ بوده و $\sum_{k=1}^{K} w_k + \sum_{p=1}^{P} w_p = 1$ می باشد. w_k و w_p به ترتیب وزن (یا ارزش) نسبی اهمیت تابع هدف k و p را نمایش می‌دهند.

حدود پایین و بالای مقدار ایده‌آل تابع هدف k ام به ترتیب توسط مدل‌های (۸) و (۹) محاسبه می‌شوند:

$$
\begin{aligned}
& f_k^{*L} = \max \quad \sum_{j=1}^{n} c_{kj}^{L} x_j \qquad \forall k = 1,2,\ldots,K \\
& \text{s.t:} \\
& \sum_{j=1}^{n} x_j = X \\
& x_j \geq 0 \qquad \forall j = 1,2,\ldots,n
\end{aligned} \tag{۸}
$$

و:

$$
\begin{aligned}
& f_k^{*R} = \max \quad \sum_{j=1}^{n} c_{kj}^{R} x_j \qquad \forall k = 1,2,\ldots,K \\
& \text{s.t:} \\
& \sum_{j=1}^{n} x_j = X \\
& x_j \geq 0 \qquad \forall j = 1,2,\ldots,n.
\end{aligned} \tag{۹}
$$

همینطور حدود پایین و بالای مقدار ایده‌آل تابع هدف p ام نیز به ترتیب توسط مدل‌های (۱۰) و (۱۱) محاسبه می‌شود:

$$
\begin{aligned}
& f_p^{*L} = \min \quad \sum_{j=1}^{n} c_{pj}^{L} x_j \qquad \forall p = 1,2,\ldots,P \\
& \text{s.t:} \\
& \sum_{j=1}^{n} x_j = X \\
& x_j \geq 0 \qquad \forall j = 1,2,\ldots,n
\end{aligned} \tag{۱۰}
$$

و:

$$f_p^{*R} = \min \quad \sum_{j=1}^{n} c_{pj}^{R} x_j \qquad \forall p = 1,2,\dots,P \tag{۱۱}$$
$$\text{s.t}:$$
$$\sum_{j=1}^{n} x_j = X$$
$$x_j \geq 0 \qquad \forall j = 1,2,\dots,n.$$

مثال عددی

فرض کنید سه مرکز تأمین کننده برای خرید برخی قطعات یک محصول جدید که امکان تولید آن از طریق منابع داخلی شرکت مهیا نیست، در دسترس باشند. معیارهای انتخاب این تأمین کنندگان عبارتند از: تعداد برگشتی‌ها، کیفیت و هزینه خرید. توابع هدف و محدودیت‌های مسأله چند هدفه انتخاب تأمین کننده به صورت زیر تعریف می‌شوند:

توابع هدف

- تابع هدف بازه‌ای برگشتی‌ها[۱]:

$\tilde{R}_j$ = متغیر بازه‌ای درصد برگشتی محصولات خریداری شده از تأمین کننده jام. بطوری که:

$$\tilde{f}_1(x) = \sum_{j=1}^{3} \tilde{R}_j x_j$$

هدف می‌نیمم کردن مجموع کالاهای برگشتی است.

- تابع هدف بازه‌ای کیفیت[۲]:

$\tilde{Q}_j$ = متغیر بازه‌ای درصد کیفیت کالای تولید شده توسط تأمین کننده jام. بطوری که:

$$\tilde{f}_2(x) = \sum_{j=1}^{3} \tilde{Q}_j x_j$$

هدف ماکزیمم کردن مجموع کالاهای خریداری شده با کیفیت از تأمین

1- Rejects
2- Quality

کنندگان است.

- تابع هدف بازه‌ای هزینه خرید[۱]:

$\tilde{C}_j$ = متغیر بازه‌ای هزینه خرید هر واحد کالای خریداری شده از تأمین کننده jام.
بطوری که:

$$\tilde{f}_3(x) = \sum_{j=1}^{3} \tilde{C}_j x_j$$

هدف می‌نیمم کردن کل هزینه خریدکالاهای خریداری شده است.

محدودیت ها

- محدودیت تقاضا[۲]:

x_j = تعداد کالاهای خریداری شده از تأمین کننده j ام ($x_j \geq 0$). بطوری که:

$$\sum_{j=1}^{3} x_j = X$$

X = کل تقاضایی که از سوی همه تأمین کنندگان تأمین خواهد شد.

- محدودیت ظرفیت تأمین تقاضا:

X_j = حداکثر ظرفیت تأمین تقاضا توسط تأمین کننده j ام. بطوری که:

$$x_j \leq X_j \qquad j = 1, 2, 3.$$

بنابراین مسأله بازه‌ای چند هدفه انتخاب تأمین کننده به صورت زیر خواهد بود:

$$
\begin{aligned}
&\min \ \tilde{f}_1(x) = \sum_{j=1}^{3} \tilde{R}_j x_j \\
&\max \ \tilde{f}_2(x) = \sum_{j=1}^{3} \tilde{Q}_j x_j \\
&\min \ \tilde{f}_3(x) = \sum_{j=1}^{3} \tilde{C}_j x_j \\
&\text{s.t:} \\
&\sum_{j=1}^{3} x_j = X \\
&x_1 \leq X_1, x_2 \leq X_2, x_3 \leq X_3 \\
&x_{1,2,3} \geq 0
\end{aligned}
\qquad (۱۲)
$$

1- Cost
2- Demand

در مسأله بازه‌ای چند هدفه بالا، اطلاعات ورودی از تأمین کنندگان یعنی درصد کالای برگشتی، درصد کیفیت هر واحد کالای خریداری شده از تأمین کننده jام و هزینه خرید هر واحدکالای خریداری شده از تأمین کننده jام همگی متغیرهای بازه‌ای با حدود پایین و بالای معلوم در نظر گرفته می‌شوند. همچنین مقادیر ایده‌آل هر یک از اهداف بازه‌ای نیز به عنوان متغیرهای بازه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. جدول (۱) مقادیر پارامترهای قطعی و حدود پایین و بالای متغیرهای بازه‌ای مسأله چند هدفه (۱۲) را ارائه می‌کند:

جدول ۱. داده‌های تحت مطالعه

تأمین کننده (j)	$[R_j^L, R_j^R]$	$[Q_j^L, Q_j^R]$	$[C_j^L, C_j^R]$	X_j
تأمین کننده ۱	[0/05,0/1]	[0/75,0/95]	[4, 6]	۸۰۰
تأمین کننده ۲	[0/05,0/08]	[0/8,0/9]	[4, 9]	۶۵۰
تأمین کننده ۳	[0/04,0/06]	[0/7,0/95]	[5, 6]	۷۰۰

در مسأله (۱۲)، کل تقاضای خرید از تأمین کنندگان ۲۰۰۰ واحد در نظر گرفته می‌شود. مسأله بازه‌ای چند هدفه انتخاب تأمین کننده بر اساس رویکرد ICP(min-max) و داده‌های جدول (۱) می تواند به مسأله معادل تک هدفه زیر تبدیل شود:

$$
\begin{aligned}
&\min \quad y \\
&\text{s.t}: \\
&[0/05, 0/1]x_1 + [0/05, 0/08]x_2 + [0/04, 0/06]x_3 - \delta_1^+ = [f_1^{*L}, f_1^{*R}] \\
&[0/75, 0/95]x_1 + [0/8, 0/9]x_2 + [0/7, 0/95]x_3 + \delta_2^- = [f_2^{*L}, f_2^{*R}] \\
&[4, 6]x_1 + [4, 9]x_2 + [5, 6]x_3 - \delta_3^+ = [f_3^{*L}, f_3^{*R}] \\
&y \geq w_1\delta_1^+ \\
&y \geq w_2\delta_2^- \\
&y \geq w_3\delta_3^+ \\
&x_1 + x_2 + x_3 = 2000 \\
&x_1 \leq 800, x_2 \leq 650, x_3 \leq 700 \\
&x_{1,2,3} \geq 0 \\
&y \geq 0, \delta_1^+ \geq 0, \delta_2^- \geq 0, \delta_3^+ \geq 0
\end{aligned}
\qquad (۱۳
$$

بطوری که $0 < w_{1,2,3}$ بوده و $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ می‌باشد.

حدود پایین و بالای مقادیر ایده‌آل هریک از اهداف را با توجه به فضای جواب مسأله (۱۲)، می‌توان توسط مدل‌های ۸ الی ۱۱ به دست آورد. حل مسأله (۱۳) یک حد پایین و بالا را در مورد هریک از اهداف مسأله سه هدفه با توجه به حدود پایین و بالای مقادیر ایده‌آل اهداف، ارائه می‌کند. بطوری که هدف نزدیکی بیشتر هر یک از اهداف به مقادیر ایده‌آل با توجه به حدود پایین و بالای تعریف شده مسأله است.

مسأله (۱۳) توسط نرم افزار Lingo 8.0 حل گردید. به دلیل اینکه روش CP از جمله روش‌های بدون کسب اطلاعات اولیه[1] از تصمیم گیرنده بوده و در آن از نظرات تصمیم گیرنده استفاده نمی‌شود، بنابراین نتایج به دست آمده در مورد چهار بردار اوزان اهمیت متفاوت در جدول (۲) ارائه شده‌اند:

جدول ۲. نتایج بدست آمده از حل مسأله بازه ای سه هدفه انتخاب تأمین کننده با فرض چهار بردار اوزان اهمیت

اهداف	مقدار ایده آل		$w = (\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3})$		$w = (0/5, 0/25, 0/25)$		$w = (0/25, 0/5, 0/25)$		$w = (0/25, 0/25, 0/5)$	
	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا
f_1	۹۳	۱۵۹	۹۴/۴۸۵	۱۶۱/۹۸	۹۴/۴۷	۱۶۱/۹۶	۹۴/۴۹	۱۶۱/۹۸	۹۴/۴۹	۱۶۱/۹۹
f_2	۱۵۰۵	۱۸۷۵	۱۵۰۴/۹۲۵	۱۸۷۴/۹۵	۱۵۰۴/۸۵۳	۱۸۷۴/۹	۱۵۰۴/۸۵	۱۸۷۴/۹۵	۱۵۰۴/۹۶	۱۸۷۴/۹۷۵
f_3	۸۵۵۰	۱۳۵۰۰	۸۵۵۱/۵	۱۳۵۰۳	۸۵۵۲/۹۴	۱۳۵۰۵/۶۱	۸۵۵۱/۴۹	۱۳۵۰۳	۸۵۵۰/۷۵	۱۳۵۰۱/۵
x_1^*			۷۹۸/۵	۷۹۹	۷۹۷/۰۶	۷۹۸/۰۳	۸۰۰	۷۹۹	۷۹۹/۲۵	۷۹۹/۵
x_2^*			۶۵۰	۵۰۱	۶۵۰	۵۰۱/۹۷	۶۴۸/۵۱	۵۰۱	۶۵۰	۵۰۰/۵
x_3^*			۵۵۱/۵	۷۰۰	۵۵۲/۹۴	۷۰۰	۵۵۱/۴۹	۷۰۰	۵۵۰/۷۵	۷۰۰

در تمامی سطوح تقریباً حداکثر ظرفیت خرید از تأمین کننده اول پیشنهاد می‌شود ولی در مورد نتایج بردار $w = (0/5,0/25,0/25)$ مقدار خرید از این تأمین کننده کمتر از سایر نتایج به دست آمده است. در مورد تأمین کننده دوم نیز در مورد نتایج حد پایین هریک از بردار اوزان اهمیت، تقریباً برابر با حداکثر ظرفیت خرید پیش بینی شده از این تأمین کننده است ولی درباره نتایج حد بالا، این مقدار خرید به کمتر از ۵۰۲ واحد کالا کاهش می‌یابد. دلیل آن را می‌توان در این دانست که هرچند حد

1- No-preference

پایین ضرایب متغیر x_2 در بهینه شدن اهداف موثر می‌باشد ولی حد بالای این ضرایب، روند بهبود اهداف را کاهش می‌دهد. به عنوان مثال، حد بالای ضرایب متغیر x_2 در اهداف برگشتی‌ها، کیفیت و هزینه خرید به ترتیب برابر ۰/۰۸، ۰/۹ و ۹ است که در مقایسه با سایر تأمین کنندگان چندان مطلوب به نظر نمی‌رسد.

در مورد تأمین کننده سوم، روند معکوسی را می‌توان مشاهده کرد. بدین صورت که نتایج حد بالای هریک از بردارهای اوزان اهمیت، حداکثر خرید را برای این تأمین کننده پیشنهاد می‌کنند که در مورد سایر نتایج به دست آمده، این مقدار خرید به کمتر از ۵۵۳ واحد کالا کاهش خواهد یافت. دلیل این وضعیت را می‌توان اینگونه بیان نمود که حد پایین ضرایب x_3 در اهداف برگشتی‌ها، کیفیت و هزینه خرید به ترتیب برابر ۰/۰۴، ۰/۷ و ۵ می‌باشد که به نظر می‌رسد معیارهای چندان مطلوبی را برای انتخاب در اختیار نداشته باشد.

نتایج جدول (۲) در هر بردار اوزان اهمیت، یک حد پایین و بالا را برای هریک از اهداف مسأله بازه‌ای سه هدفه ارائه می‌کنند، بطوری که با تغییر هریک از اطلاعات ورودی تأمین کنندگان در بازه‌های تعریف شده، می‌توان نتایج متغیری را در بازه‌های به دست آمده اهداف مسأله کسب نمود. در حقیقت نتایج حد پایین اهداف می‌نیمم سازی و حد بالای هدف ماکزیمم سازی مؤید وضعیت خوش بینانه[1] و نتایج حد بالای اهداف می‌نیمم سازی و حد پایین هدف ماکزیمم سازی نیز بیانگر وضعیت بدبینانه[2] مسأله بازه‌ای سه هدفه خواهند بود.

نتایج به دست آمده نسبت به مقادیر ایده‌آل هر یک از اهداف بدتر می‌باشند، بطوری که مدل پیشنهادی سعی در کسب نتایج بهینه‌ای دارد که به مقدار ایده‌آل هریک از اهداف نزدیکتر باشند. از اینرو تحت شرایط عدم قطعیت بهترین نتیجه برای تابع هدف برگشتی‌ها در بردار $w = (0/5,0/25,0/25)$، برای تابع هدف کیفیت در بردار $w = (0/25,0/25,0/5)$ و در مورد هدف هزینه خرید در بردار $w = (0/25,0/25,0/5)$ رخ خواهند داد. نتایج به دست آمده در حدود پایین و حدود بالای هریک از بردارهای اوزان اهمیت نوعی تبادل میان اهداف را نیز به نمایش می‌گذارند.

1- Optimistic
2- Pessimistic

نتیجه‌گیری

امروزه شرکت‌ها به دلیل عدم امکانات و منابع کافی نیازمند ارتباط با تأمین کنندگان خارجی هستند تا از این طریق بتوانند نیازهای ضروری خود را برآورده سازند. از اینرو انتخاب تأمین کننده همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین استراتژی‌ها و تصمیمات شرکت‌ها به شمار می‌رود. بطورکلی می‌توان گفت مسأله انتخاب تأمین کننده یکی از مسائل چند معیاره است که شرکت‌های خریدار با توجه به معیارهایی همچون کیفیت، سطح خدمت و قیمت و محدودیت‌های تقاضا سعی در انتخاب مقرون به صرفه‌ترین تأمین‌کنندگان دارند. برخی استراتژی‌های متغیر تأمین‌کنندگان می‌توانند منجر به تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم قطعیت گردند. بنابراین یکپارچه‌سازی شرایط متغیر تأمین کنندگان و معیارهای تصمیم‌گیری شرکت‌های خریدار امری ضروری به نظر می‌رسد.

در این مقاله برای یکپارچه‌سازی معیارهای شرکت‌های خریدار و شرایط غیر قطعی تأمین کنندگان مدلی پیشنهاد گردید که برنامه‌ریزی سازشی بازه‌ای نامیده شد. این مدل که از ترکیب مدل برنامه‌ریزی سازشی و رویکرد برنامه‌ریزی بازه‌ای مدلسازی گردید، قابلیت بهینه‌سازی مسائل چند هدفه تحت شرایط عدم قطعیت را دارد. برای تشریح مدل پیشنهادی یک مسأله انتخاب تأمین کننده با اهداف می‌نیمم سازی برگشتی‌ها و هزینه خرید و ماکزیمم سازی کیفیت مطرح گردید که اطلاعات ورودی تأمین‌کنندگان همگی اعداد بازه‌ای در نظر گرفته شدند.

ابتدا حدود پایین و بالای مقادیر ایده‌آل هریک از اهداف بازه‌ای تحت شرایط عدم قطعیت به دست آمدند. در ادامه مسأله چند هدفه توسط مدل پیشنهادی برنامه‌ریزی سازشی بازه‌ای (با رویکرد مین ـ ماکس) برای چندین بردار اوزان اهمیت بهینه‌سازی شد که نتایج به دست آمده در هر بردار، یک حد پایین و بالا را برای اهداف بازه‌ای ارائه می‌کردند. حدود پایین و بالای اهداف بهینه شده دامنه‌ای از حدود تصمیم‌گیری در شرایط غیرقطعی را ارائه می‌کنند.

مدل پیشنهادی قادر است با توجه به مقدار ایده‌آل هر یک از اهداف بازه‌ای، تصویری از وضعیت خوش بینانه و بدبینانه مسائل بازه‌ای چند هدفه را ارائه نماید. این امر می‌تواند چارچوب مناسبی را برای تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم قطعیت ارائه کند.

منابع و ماخذ

Amid, A., Ghodsypour, S.H., and O'Brien, C. (2006). Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain. ***International Journal of Production Economics***, 104(2), 394–407.

Chen, C.L., and Lee, W.C. (2004a). Optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain sales prices. ***Journal of Chemical Engineering of Japan***, 37(7), 822–834.

Chen, C.L., and Lee, W.C. (2004b). Multi-objective optimization of multiechelon supply chain networks with uncertain product demands and prices**.** ***Computers and chemical engineering***, 28(6–7), 1131–1144.

Gainen, L. (1955). Linear programming in bid evaluations. In ***Proceedings of the 2nd symposium of linear programming*** (pp. 29–38). Washington DC.

Giannoccaro, I., Pontrandolfo, P., and Scozzi, B. (2003). A fuzzy echelon approach for inventory management in supply chains**.** ***European Journal of Operational Research***, 149(1), 185–196.

Hu, Q.H., Kumar, A., and Shuang, Z. (2001). A bidding decision model in multiagent supply chain planning**.** ***International Journal of Production Research***, 39(15), 3291–3301.

Karpak, B., Kumcu, E., and Kasuganti, R. (1999). An application of visual interactive goal programming: a case in vendor selection decisions. ***Journal of Multi-Criteria Decision Analysis***, 8, 93–105.

Kumar, M., Vrat, P., and Shankar, R. (2004). A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain. ***Computers and Industrial Engineering***, 46(1), 69–85.

Kumar, M., Vrat, P., and Shankar, R. (2006). A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain. ***International Journal of Production Economics***, 101(2), 273–285.

Li, J., and Xu, J. (2007). A class of possibilistic portfolio selection model with interval coefficients and its application. ***Fuzzy Optim Decis Making***, 6, 123–137.

Liu, S.T., and Kao, C. (2004). Solving fuzzy transportation problems based on extension principle. ***European Journal of Operational Research***, 153(3), 661–674.

Narasimhan, R. (1983). An analytic approach to supplier selection. ***Journal of Purchasing and Supply Management***, 1, 27–32.

Nydick, R.L., and Hill, R.P. (1992). Using the Analytic Hierarchy Process to structure the supplier selection procedure**.** ***International Journal of Purchasing and Materials Management***, 28 (2), 31–36.

Petrovic, D., Roy, R., and Petrovic, R. (1998). Modelling and simulation of a supply chain in an uncertain environment. ***European Journal of Operational Research***, 109(2), 299–309.

Petrovic, D., Roy, R., and Petrovic, R. (1999). Supply chain modeling using fuzzy sets. ***International Journal of Production Economics***, 59(1–3), 443–453.

Petrovic, D. (2001). Simulation of supply chain behaviour and performance in an uncertain environment. ***International Journal of Production Economics***, 71(1–3), 429–438.

Sakawa, M., Nishizaki, I., and Uemura, Y. (2001). Fuzzy programming and

profit and cost allocation for a production and transportation problem. ***European Journal of Operational Research***, 131(1), 1–15.
Shih, L.H. (1999). Cement transportation planning via fuzzy linear programming. ***International Journal of Production Economics***, 58(3), 277–287.
Soukup, W.R. (1987). Supplier selection strategies. ***Journal of Purchasing and Materials Management***, 23 (3), 7–12.
Stanley, E.D., Honig, D.P., and Gainen, L. (1954). Linear programming in bid evaluation. ***Naval Research Logistics Quarterly***, 1(1), 48–54.
Weber, C.A., and Current, J.R. (1993). A multiobjective approach to vendor selection. ***European Journal of Operational Research***, 68, 173–184.
Zadeh, L.A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. ***Fuzzy Sets and Systems***, 1, 3–28.
Zeleny, M. (1973). ***Compromise programming***. In Cochrane, J.L., and Zeleny, M. (Eds), Multiple Criteria Decision Making (pp. 262–301). Columbia, University of South Carolina Press.
Zeleny, M. (1974). A concept of compromise solutions and the method of the displaced ideal. ***Computers and Operations Research***, 1(3), pp. 479–496.
Zeleny, M. (1976). ***Multiple Criteria Decision Making***. Springer-Verlag, Berlin.
Zeleny, M. (1982). ***Multiple Criteria Decision Making***. McGraw-Hill, New York.
Zimmermann, H.J. (1976). Description and optimization of fuzzy systems. ***International Journal of General Systems***, 2(4), 209–215.
Zimmermann, H.J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. ***Fuzzy Sets and Systems***, 1, 45–55.