

انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از ترکیب AHP و نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی، و ارائه‌ی مدلی برای تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان منتخب

علیرضا علی‌نژاد (استادیار)

امین امینی (کارشناس ارشد)

ابوالفضل کاظمی* (استادیار)

دانشکده‌ی مهندسی صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (تابستان ۱۳۹۵)
دوره‌ی ۱ - ۳۲، شماره‌ی ۱/۱، ص. ۹۸-۸۹

انتخاب تأمین‌کننده یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره است که هم عوامل کمی و هم عوامل کیفی را شامل می‌شود. همچنین تصمیمات انتخاب تأمین‌کننده، به‌علت لزوم در نظرگیری توابع هدف مختلف به‌طور هم‌زمان، دارای پیچیدگی خاصی است. از سوی دیگر در عالم واقع، غالباً این توابع هدف با یکدیگر در تعارض خواهند بود؛ بنابراین در فرایند انتخاب تأمین‌کننده، تبادلات میان معیارها باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. هنگامی که شرایط تخفیف حجمی مطرح باشد، این مسئله قدری پیچیده‌تر می‌شود. در این تحقیق مدلی ترکیبی از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی ارائه شده است. همچنین یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه، برای تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان منتخب ارائه شده است. الگوریتم حل مدل چندهدفه‌ی پیشنهادی با استفاده از یک مثال عددی نشان داده شده است.

واژگان کلیدی: انتخاب تأمین‌کننده، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، تخفیف حجمی، نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی، چندمعیاره، چندهدفه.

۱. مقدمه

انتخاب تأمین‌کنندگان یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره است که هم عوامل کمی و هم عوامل کیفی را شامل می‌شود. به‌منظور انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان، موازنه و مبادله‌ی عوامل محسوس و نامحسوس، که بعضی از آنها ممکن است با هم در تضاد باشند، ضروری است. در حضور شرایط تخفیف حجمی، این مسئله پیچیده‌تر می‌شود طوری که در این شرایط، خریدار باید در مورد دو مسئله تصمیم‌گیری کند: الف) کدام یک از تأمین‌کنندگان بهترین‌اند؟ ب) میزان خرید از تأمین‌کنندگان منتخب چقدر است؟

یکی از مؤلفه‌های مهم تولید و مدیریت لجستیک برای بسیاری از بنگاه‌های اقتصادی، تصمیم‌گیری در مورد انتخاب تأمین‌کنندگان است. چنین تصمیماتی به انتخاب تأمین‌کنندگان جداگانه برای به‌کارگیری و تعیین مقدار سفارشی که باید به هر یک از آنها تخصیص داد می‌انجامد. انتخاب درست تأمین‌کنندگان تا حد زیادی هزینه‌ی خرید مواد را کاهش می‌دهد و رقابت‌پذیری شرکت را بهبود می‌بخشد. به همین دلیل بسیاری از کارشناسان معتقدند که انتخاب تأمین‌کنندگان مهم‌ترین فعالیت بخش خرید است.^[۱] مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان با این واقعیت که انواع معیارها را باید

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۳/۲/۱۳، اصلاحیه ۱۳۹۳/۵/۹، پذیرش ۱۳۹۳/۶/۳۰

alinezhad_ir@yahoo.com
eng.amini131@yahoo.com
abkaazemi@gmail.com

در فرایند تصمیم‌گیری در نظر گرفت، پیچیده‌تر می‌شود. همچنین در این نوع مسائل، تأمین‌کنندگان ممکن است ویژگی‌های عملکردی متفاوتی برای معیارهای مختلف داشته باشند. مثلاً تأمین‌کننده‌ی بی که می‌تواند کالایی را با کم‌ترین قیمت واحد ارائه کند، ممکن است در بین تأمین‌کنندگان رقابتی دارای بهترین کیفیت یا عملکرد خدماتی نباشد. بنابراین انتخاب تأمین‌کنندگان، ذاتاً یک تصمیم چندمنظوره است که به دنبال کمینه‌سازی هزینه‌های تدارکاتی و بیشینه‌سازی همزمان کیفیت و عملکرد خدماتی است. دشواری این مسئله در نزد خریدار بیشتر به دلیل تخفیفات قیمتی است که توسط تأمین‌کننده ارائه می‌شود. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)^۲ در مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان می‌تواند مفید واقع شود ولی این روش از بیانیه‌های شفاهی و کیفی در خصوص اهمیت نسبی یک معیار نسبت به دیگری استفاده می‌کند (ماتریس مقایسات زوجی) و این امر ممکن است دقت مقایسه را که براساس قضاوت کیفی صورت می‌گیرد، کاهش دهد.

با ارتقاء AHP به‌وسیله‌ی نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی که اخیراً در تحلیل تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره کاربرد وسیعی یافته، می‌توان خطای ارزیابی در فرایند مقایسات زوجی را زدود. در AHP توسعه‌یافته با نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی، برای به دست آوردن ماتریس Z از مفهوم معناداری (SGF)^۲ معیارها به جای مقایسات زوجی استفاده می‌شود. با استفاده از این روش، نرخ ناسازگاری ماتریس Z در تمامی

مراحل برابر صفر است و این خود نشانگر دقت قضاوت کیفی در مقایسات و حذف خطای ارزیابی در فرایند مقایسات زوجی است. این نوشتار در پنج بخش تنظیم شده است. پس از مقدمه، در بخش دوم به بررسی اجمالی ادبیات موضوع انتخاب تأمین‌کنندگان، ارزیابی آن‌ها و مدل‌های تخصیص سفارش اجمالاً می‌پردازیم. در بخش سوم، AHP توسعه یافته با نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی ارائه می‌شود و چارچوب کلی انتخاب تأمین‌کنندگان به‌وسیله‌ی این روش، با یک مثال موردی تشریح می‌شود. در بخش چهارم مدل پیشنهادی برای تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان منتخب، با روش حل ارائه می‌شود. در نهایت، نتیجه‌گیری در بخش پنجم ارائه می‌شود.

۲. مروری بر ادبیات موضوع

در سال ۱۹۶۶، برای اولین بار با استفاده از روش نظرسنجی از مدیران، ۲۳ معیار برای انتخاب تأمین‌کننده شناسایی و اهمیت آنها تحلیل و بررسی شد. نتیجه این تحلیل نشان داد که «کیفیت» مهم‌ترین معیار است، و «تحويل به‌موقع» و «سابقه‌ی عملکرد» پس از آن از اولویت برخوردارند.^[۳]

در سال‌های ۱۹۸۳ و ۱۹۹۲ محققین برای نخستین بار فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) را برای مسائل مربوط به انتخاب تأمین‌کننده به کار گرفتند. از دلایل عمده‌ی استفاده از AHP می‌توان اشاره کرد به: الف) هر دو گروه معیارهای کمی و کیفی را شامل می‌شود. ب) به‌آسانی قابل فهم است و توسط پرسنل مربوطه قابل اجراست.^[۴] این روش فاقد یکپارچگی لازم برای انتخاب تأمین‌کنندگان بود؛ اما در سال ۱۹۹۸ یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای کاهش تعداد تأمین‌کنندگان و مدیریت روابط با آنان ایجاد شد^[۵] که در آن با بهره‌گیری از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکپارچه با برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط، محدودیت‌های ظرفیت تأمین‌کنندگان، قیمت و کیفیت لحاظ شد.^[۶] در سال ۱۹۷۴ نیز محققین برای نخستین بار از برنامه‌ریزی ریاضی در مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان بهره گرفتند. آن‌ها از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط، برای فرموله کردن مسئله‌ی تصمیم‌گیری در دفتر پست استرالیا استفاده کردند. تابع هدف این مدل، کمینه‌سازی قیمت مشمول تخفیف است که به‌همراه محدودیت‌های ظرفیت فروشنده ارائه شده است.^[۷] این مدل تک‌هدفه بود، در صورتی که در مدل برنامه‌ریزی آرمانی خطی (ارائه شده در سال ۱۹۸۳) که دو تابع هدف «کاهش قیمت» و «افزایش کیفیت» را شامل می‌شود، دو مجموعه از معیارها در نظر گرفته شده است.^[۸]

الف) خصوصیات تأمین‌کننده شامل کیفیت، قیمت، تجربه، سطح خدمت، تحويل به‌موقع؛

ب) مشخصه‌های شرکت خریدار شامل احتیاجات مواد و موجودی اطمینان.

در تحقیقات مذکور، توجهی به هزینه‌های ارسال به‌عنوان تابع هدف نشده بود ولی بعدها، در سال ۱۹۸۶ از یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط تک‌هدفه در یک شرکت تولیدی بزرگ به‌منظور تخصیص یک گروه تأمین‌کننده استفاده شد؛ تابع هدف این مدل کمینه‌سازی هزینه‌های ارسال است.^[۹] در سال ۲۰۰۰ مدل‌های برنامه‌ریزی چندمنظوره (MOP)^۳ و تحلیل مبتنی بر داده (DEA)^۴ در مورد استراتژی‌های مذاکره با تأمین‌کننده‌های غیرمشارکتی -- که طی آن انتخاب یک تأمین‌کننده باعث خارج شدن بقیه از مذاکره می‌شد -- برای نخستین بار ترکیب شد.^[۱۰] همچنین یک سیستم مدیریتی مبتنی بر تحلیل سلسله‌مراتبی براساس تکنیک‌های شبکه‌ی

حس مصنوعی، در مورد انتخاب هوشمند تأمین‌کنندگان طراحی شد تا از این طریق تأمین‌کننده‌های بالقوه انتخاب شوند.^[۱۱]

در سال ۲۰۰۴ جنبه‌های مختلف چندملمیتی تأثیرگذار بر انتخاب استراتژی ارتباط بین‌المللی برای بزرگترین شرکت‌های الکترونیکی جهان بررسی شد که در نوع خود بی‌سابقه بود، ولی از هیچ‌کدام از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بهره نمی‌برد، تا این که در سال ۲۰۰۵ یک روش AHP نوین ارائه شد که در آن AHP و DEA با یکدیگر ترکیب شده بودند. از این روش برای بیان انتخاب تأمین‌کننده از طریق مقایسه‌ی مجموع انتخابات بعد از تعیین مقادیر در یک طبقه‌ی انتخابی، استفاده شد.^[۱۲] ضعف این مدل، در نظر نگرفتن مسئله‌ی تخصیص سفارش بین تأمین‌کنندگان بود، ولی محققین در سال ۲۰۰۴ مطرح کردند که مسئله‌ی تخصیص سفارش بین تأمین‌کنندگان در محیط‌هایی با چند تأمین‌کننده پیچیده‌تر است؛ زیرا فعالیت‌های تخصصی سفارش و منبع‌یابی بسیار به هم وابسته‌اند. البته ارزیابی تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش، هر دو موضوعات انتخاب هستند.^[۱۳] همچنین در سال ۲۰۰۸ یک رویکرد جامع برنامه‌ریزی خطی چندمنظوره^۵ - فرایند تحلیل شبکه‌ی فازی (FANP-MOLP)^۶ برای ارزیابی تأمین‌کننده و تخصیص سفارش ارائه شد. نگرش محققان در این مطالعه، بعد شبکه‌ی مسئله بوده و فرایند تحلیل شبکه‌ی (ANP)^۷ به‌صورت فازی (FANP) به‌عنوان هسته‌ی اصلی و مبنای این تحقیق مطرح شده است. معیارهای قیمت، موعد تحويل و کیفیت، که در قدیمی‌ترین مرجع به دست آمده نیز ذکر شده، در این نوشتار مورد تحلیل واقع شده‌اند که این نشانگر اهمیت این معیارهاست.^[۱۴] در سال ۲۰۰۹ نیز روش AHP فازی برای مسائل ارزیابی عملکرد، از جمله ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان مطرح شد. محققین دیگری نیز همین رویکرد را برای انتخاب تأمین‌کنندگان در یک شرکت خودروسازی به کار بردند.^[۱۵] در سال ۲۰۱۰ رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان پیشنهاد شد.^[۱۶] همچنین برای اولین بار در این سال محققین ترکیب AHP و نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی را برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان مطرح کردند ولی ماتریس استفاده شده در این روش سازگار نبود. آنها از مفاهیم کلاس‌بندی در نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی، به‌عنوان روشی نوین در انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده کردند.^[۱۸] در سال ۲۰۱۲ ترکیب نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی و تحلیل گری به‌منظور انتخاب تأمین‌کنندگان مطرح شد.^[۱۹] در تحقیق دیگری در سال ۲۰۱۴، روش پرومته فازی پیشنهاد شد که مزیت اصلی آن استفاده از معیارهای مختلف در مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان بود.^[۲۰] در نهایت، محققین یک رویکرد ANP فازی برای تأمین‌کنندگان مطرح کردند که با به‌کار بردن مفهوم سطح اهمیت برای تعیین وزن، روشی متفاوت با کارهای مشابه قبلی بود.^[۲۱]

۳. بهینه‌سازی روش AHP توسط نظریه‌ی

مجموعه‌های تقریبی

در سال ۱۹۸۲ نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی توسعه داده شد. این دیدگاه برای بیان و بررسی مسائلی است که در آنها عدم قطعیت و ابهام وجود دارد و معمولاً برای یافتن ناهمگونی‌ها و ارتباطات در اطلاعات به کار می‌رود. مهم‌ترین ویژگی‌های این نظریه عبارت است از:^[۲۲]

۱. برخورداری از الگوریتم بهینه برای یافتن الگوها؛
۲. جست‌وجوی روابطی که توسط روش‌های آماری کشف نمی‌شود؛
۳. امکان استفاده از اطلاعات کمی و کیفی؛

۴. یافتن مجموعه‌ی مینی‌مال از داده‌ها که برای کلاس‌بندی مفید است (مانند کم‌کردن ابعاد و تعداد اطلاعات)؛

۵. ارزیابی معناداری معیارها (در این تحقیق استفاده می‌شود)؛

۶. تولید قوانین تصمیم‌گیری از روی داده‌ها.^[۲۲]

برخی از مفاهیم مهم نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی چنین شرح داده شده است: به‌طور کلی هر جدول داده می‌تواند چنین باشد:

$$S = \langle U, R_i, V, f \rangle \quad (۱)$$

که در آن U مجموعه‌ی محدود از هر شیء است. مثلاً در رابطه‌ی $R = P \cup Q$ ، R مجموعه‌ی از معیارهاست و زیرمجموعه‌های P و Q به ترتیب مجموعه معیارهای شرطی و مجموعه معیارهای تصمیم‌اند. V_r دامنه‌ی مشخصه (معیار) r است و داریم:

$$V = \bigcup_{r \in R} V_r \quad (۲)$$

r عضوی از R است. همچنین برای هر r عضو R و هر x عضو U داریم:

$$f : U \times R \rightarrow V \quad (۳)$$

که تابع کامل f ، تابع اطلاعات است. برای هر زیرمجموعه غیرتهی مثل B از مجموعه معیارهای R ، یک رابطه‌ی همسانی (غیر قابل تمیز) با $IND(B)$ مشخص می‌شود و خواهیم داشت:

$$IND(B) = \{ (x, y) \mid (x, y) \in U \times U, \forall b \in B (b(x) = b(y)) \} \quad (۴)$$

واضح است که این رابطه‌ی همسانی یک رابطه‌ی هم ارزی (بازتابی، متقارن و غیرمستقیم) است. مجموعه‌ی تمامی کلاس‌های هم‌ارزی رابطه‌ی $IND(B)$ را با $U \mid IND(B)$ مشخص می‌کنند و نمایش می‌دهند.^[۲۳]

تعریف ۱. آنتروپی $H(P)$ از مجموعه معیارهای P را چنین تعریف می‌کنند:

$$H(P) = - \sum_{i=1}^n p(X_i) \log_2 p(X_i) \quad (۵)$$

که در آن:

$$p(X_i) = \frac{|X_i|}{|U|}$$

در واقع $p(X_i)$ احتمال X_i را مشخص می‌کند وقتی که P در ناحیه‌ی $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ از مرجع U افراز شده باشد.

تعریف ۲. آنتروپی شرطی $H(Q|P)$ با توجه به اطلاعات Q :

$$Q(U \mid IND(Q)) = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}$$

که وابسته به اطلاعات P :

$$P(U \mid IND(P)) = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$$

است، چنین تعریف می‌شود:

$$H(Q|P) = - \sum_{i=1}^n p(X_i) \sum_{j=1}^m p(Y_j|X_i) \log_2 p(Y_j|X_i) \quad (۶)$$

که در آن Q مجموعه معیارهای تصمیم و P مجموعه معیارهای شرطی است و $p(Y_j|X_i)$ احتمال شرطی است.

تعریف ۳. اگر جدول تصمیم $S = \langle U, R_i, V, f \rangle$ موجود باشد، و $R = P \cup Q$ (که در آن R مجموعه‌ی از مشخصات یا معیارهاست و زیرمجموعه‌های P و Q به ترتیب مجموعه معیارهای شرطی و مجموعه معیارهای تصمیم‌اند) باشد، و زیرمجموعه‌ی مشخصه‌ی A که زیرمجموعه‌ی مجموعه‌ی P است نیز مفروض باشد، آنگاه می‌توان اهمیت مشخصه‌ی a (عضو P است ولی عضو A نیست) را که به صورت $SGF(a, A, Q)$ نشان داده می‌شود، براساس رابطه‌ی \forall محاسبه کرد:^[۲۴]

$$SGF(a, A, Q) = H(Q|A) - H(Q|A \cup \{a\}) \quad (۷)$$

با داشتن زیرمجموعه‌ی مشخصه‌ی A ، هرچه مقدار $SGF(a, A, Q)$ بیشتر باشد، مشخصه‌ی a برای تصمیم Q مهم‌تر است (معناداری معیار a بیشتر است).

در AHP از تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود تا نسبت مقایسات زوجی را با در نظر گرفتن شدت اولویت بین موارد مورد مقایسه، تخمین بزند. بنابراین AHP در اصل به قضاوت انسان مربوط می‌شود. برای کاستن از مفهوم ذهنی قضاوت انسان، رویکرد جدول تصمیم‌گیری مطابق نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی، برای به دست آوردن وزن‌های عینی‌تر پیشنهاد می‌شود. آنتروپی شرطی و مفهوم معناداری معیارها در نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی، در روش AHP مورد استفاده قرار می‌گیرد تا سازگاری قضاوت را بهبود بخشد.^[۲۵،۲۶] گام‌های اصلی فرایند بهبود یافته عبارت‌اند از:

۱. تعریف معیارهایی برای انتخاب تأمین‌کننده؛

۲. محاسبه‌ی وزن معیارها با روش AHP بهبود یافته؛

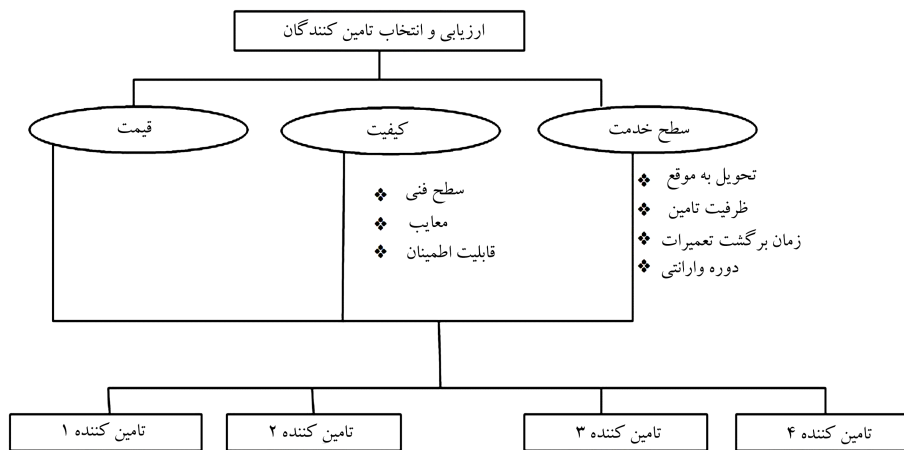
۳. محاسبه‌ی امتیاز کلی هر تأمین‌کننده.

۱.۳. تعریف معیارها برای انتخاب تأمین‌کننده

با داشتن تعداد زیادی از عوامل تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری انتخاب تأمین‌کننده، تصمیم‌گیری باید براساس دنباله‌ی مرتبی از این مراحل به وجود آید. در واقع اکثر تصمیم‌گیرنده‌ها نمی‌توانند به‌طور همزمان تعداد زیادی از عوامل را هنگام تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار دهند. بنابراین، این مسئله‌ی پیچیده باید از طریق سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری چندسطحی، به زیرمسئله‌های قابل کنترل تجزیه شود. ساختار سلسله‌مراتبی توسعه یافته در این تحقیق، یک سلسله‌مراتب چهارمرحله‌ی است که در آن سطح بالا هدف مسئله را نشان می‌دهد و سطح آخر شامل تأمین‌کنندگان متفاوت است. سطح دوم این ساختار شامل معیارهای کلی است که معمولاً در انتخاب تأمین‌کنندگان در نظر گرفته می‌شود؛ این معیارها عبارت‌اند از: قیمت، کیفیت و سطح خدمت. در سطح سوم، این معیارها به زیرمعیارهای مختلفی تجزیه می‌شوند که ممکن است انتخاب تأمین‌کننده را تحت تأثیر قرار دهد. سلسله‌مراتب کلی AHP در شکل ۱ نشان داده شده است.

۲.۳. محاسبه‌ی وزن معیارها و زیرمعیارها

در AHP وزن هرکدام از گزینه‌ها توسط ماتریس مقایسات زوجی و با استفاده از روش بردار ویژه محاسبه می‌شود. یکی از مشخصه‌های روش بردار ویژه، توانایی آن



شکل ۱. سلسله مراتب انتخاب تأمین‌کننده.

جدول ۱. جدول تصمیم برای قیمت، کیفیت و سطح خدمت.

گزینه	قیمت (a)	کیفیت (b)	سطح خدمت (c)	تصمیم (d)
۱	۲	۱	۱	۱
۲	۳	۱	۱	۰
۳	۱	۲	۲	۱
۴	۲	۲	۲	۰
۵	۳	۲	۱	۰
۶	۱	۲	۳	۰
۷	۱	۳	۱	۰
۸	۱	۱	۳	۱
۹	۲	۲	۱	۱
۱۰	۲	۲	۳	۰
۱۱	۳	۳	۱	۰
۱۲	۳	۲	۲	۰
۱۳	۲	۳	۱	۰
۱۴	۲	۱	۳	۰

در به دست آوردن شاخص پیوستگی (CI) است.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

در این رابطه n رتبه ماتریس مقایسات زوجی و λ_{\max} میانگین مقادیر ویژه این ماتریس است. اگر مقدار CI بیشتر از ۰٫۱ باشد، توصیه می‌شود تصمیم‌گیرنده مجدداً ماتریس مقایسات زوجی را تنظیم کند. استفاده از مفهوم معناداری معیارها در نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی، که در این تحقیق پیشنهاد شده است، مشکل خطای ارزیابی در روش AHP را حل می‌کند. برای سطح دوم از شکل ۱، یک جدول تصمیم‌گیری شبیه جدول ۱ طراحی شده (البته این جدول مقادیر ستون تصمیم را شامل نمی‌شود)، تا تیم ارزیابی پس از تصمیم‌گیری نتیجه‌ی تصمیم را در ستون تصمیم درج کند. ابتدا معیارهای قیمت، کیفیت و سطح خدمت در سه سطح، با مقادیر ۱، ۲ و ۳ ارزش‌گذاری می‌شود که به ترتیب معادل کم، متوسط و زیاد برای معیار قیمت، و همچنین معادل خوب، متوسط و ضعیف برای معیارهای کیفیت و سطح خدمت است که وزن این معیارها محاسبه شده و در جدول ۲ نشان

جدول ۲. نتایج محاسباتی در باره‌ی معیارهای قیمت، کیفیت و سطح خدمت.

CI	λ_{\max}	وزن (W)	SGF
۰	۳٫۰۰۰۰	۰٫۴۳۲۱	۰٫۱۸۸۲ (a) قیمت
		۰٫۲۳۴۶	۰٫۱۰۲۲ (b) کیفیت
		۰٫۳۳۳۳	۰٫۱۴۵۲ (c) سطح خدمت

داده می‌شود. نمونه‌ی همین ارزش‌گذاری برای زیرمعیارها، که در سه سطح ۱، ۲ و ۳ انجام شده در جدول ۳ ارائه می‌شود. سپس یک جدول تصمیم‌گیری مطابق جدول ۱ طراحی می‌شود که در آن گزینه‌های مختلف به همراه ترکیبات مختلف از امتیاز معیارها، قبل از فرایند ارزیابی فهرست می‌شود. در جدول ۱، چهارده ترکیب مختلف فهرست شده است. لازم به ذکر است که چهارده گزینه‌ی فهرست شده در جدول ۱ لزوماً نشان‌گر تعداد تأمین‌کنندگان مورد استفاده نیست، بلکه بیان‌گر حالت‌های مختلف امتیاز معیارهاست. برای مثال گزینه‌ی ۲ در جدول ۱ نشان‌گر تأمین‌کننده‌ی خاصی نیست، بلکه حالتی را بیان می‌دارد که تأمین‌کننده قیمت زیاد، کیفیت خوب و سطح خدمت خوب ارائه کرده است. سپس این جدول به منظور تصمیم‌گیری، به تیم ارزیابی داده می‌شود. عدد ۱ در ستون تصمیم‌گیری نشان‌گر این است که با امتیاز معیارهای مشخص شده در جدول ۱ تأمین‌کننده انتخاب می‌شود و عدد صفر نشان می‌دهد که با این امتیاز معیارها، تأمین‌کننده انتخاب نمی‌شود. برای مثال، ترکیب دوم در سطر دوم توصیف می‌کند که اگر تأمین‌کننده‌ی قیمت بالا ارائه دهد انتخاب نمی‌شود حتی اگر کیفیت و سطح خدمت تأمین‌کننده خوب باشد.

با استفاده از جدول تصمیم‌گیری و روابط ۱ الی ۷، معناداری معیارهای قیمت، کیفیت و سطح خدمت با استفاده از روابط ۹ تا ۱۳ محاسبه می‌شود: [۱۶]

$$U|IND\{a, b, c\} = \left\{ \begin{array}{l} \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{5\}, \\ \{16\}, \{7\}, \{8\}, \{9\}, \\ \{10\}, \{11\}, \{12\}, \{13\}, \{14\} \end{array} \right\} \quad (9)$$

$$U|IND\{d\} = \left\{ \begin{array}{l} \{2, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14\}, \\ \{1, 3, 4, 8, 9\} \end{array} \right\} \\ = \{Y_1, Y_2\} \quad (10)$$

جدول ۳. معانی مقادیر ۱ تا ۳ برای زیرمعیارهای مختلف.

مقدار	سطح فنی	معایب	قابلیت اطمینان	تحویل به موقع	ظرفیت تأمین	زمان برگشت تعمیرات	دورهی وارانتی	تصمیم
۱	زیاد	کم	زیاد	خوب	بالا	کوتاه	بلند	خوب
۲	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
۳	کم	زیاد	کم	ضعیف	پایین	بلند	کوتاه	ضعیف

می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3 - 3}{3 - 1} = 0 \quad (16)$$

این نتیجه نشان می‌دهد که ماتریس مقایسات زوجی تشکیل شده با روش مجموعه‌های تقریبی، یک ماتریس کاملاً سازگار است. سپس ماتریس J به دست آمده از روش نرم خطی بی‌مقیاس شده و ماتریس نرمالیزه (N) به دست می‌آید.

$$N = \begin{bmatrix} 0,4321 & 0,4321 & 0,4321 \\ 0,2346 & 0,2346 & 0,2346 \\ 0,3333 & 0,3333 & 0,3333 \end{bmatrix} \quad (17)$$

در این مرحله کافی است از هر سطر ماتریس N میانگین سطری بگیریم؛ بدین ترتیب بردار وزن نیز حاصل می‌شود:

$$\begin{aligned} W_a &= \frac{0,4321 \times 3}{3} = 0,4321 \\ W_b &= \frac{0,2346 \times 3}{3} = 0,2346 \\ W_c &= \frac{0,3333 \times 3}{3} = 0,3333 \end{aligned} \quad (18)$$

بنابراین وزن (اولویت) معیارهای قیمت، کیفیت و سطح خدمت به ترتیب $0,4321$ ، $0,2346$ و $0,3333$ است. نتایج محاسبه شده به صورت جدول ۲ قابل مشاهده است.

در جدول ۳ مقادیر ۱، ۲، ۳ و ۴ حامل معانی متفاوت برای زیرمعیارهای ذکر شده در شکل ۱ است. جدول ۴ یک جدول تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی زیرمعیارهای کیفیت است که عبارت‌اند از: سطح فنی، معایب و قابلیت اطمینان (سطح ۳ از شکل ۱) و همچنین جدول ۵ یک جدول تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی زیرمعیارهای سطح خدمت است که عبارت‌اند از: تحویل به موقع، ظرفیت تأمین، زمان برگشت

جدول ۴. جدول تصمیم درباره‌ی زیرمعیارهای کیفیت.

گزینه	سطح فنی	معایب	قابلیت اطمینان	تصمیم
۱	۱	۱	۲	خوب
۲	۱	۲	۱	خوب
۳	۱	۲	۲	متوسط
۴	۲	۱	۲	خوب
۵	۲	۲	۱	متوسط
۶	۲	۲	۲	متوسط
۷	۱	۱	۳	متوسط
۸	۳	۱	۲	متوسط
۹	۳	۳	۲	ضعیف
۱۰	۲	۳	۲	ضعیف

$$U|IND\{b, c\} = \left\{ \{1, 2\}, \{3, 4, 12\}, \{5, 9\}, \{6, 10\}, \{7, 11, 13\}, \{8, 14\} \right\} \\ = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6\} \quad (11)$$

$$P(X_1) = \frac{2}{14}, \quad P(Y_1|X_1) = \frac{1}{2}, \quad P(Y_2|X_1) = \frac{1}{2} \\ P(X_2) = \frac{3}{14}, \quad P(Y_1|X_2) = \frac{1}{3}, \quad P(Y_2|X_2) = \frac{2}{3}$$

$$P(X_3) = \frac{2}{14}, \quad P(Y_1|X_3) = \frac{1}{2}, \quad P(Y_2|X_3) = \frac{1}{2} \\ P(X_4) = \frac{2}{14}, \quad P(Y_2|X_4) = 1, \quad P(Y_1|X_4) = 0 \quad (12)$$

$$P(X_5) = \frac{3}{14}, \quad P(Y_1|X_5) = 1, \quad P(Y_2|X_5) = 0 \\ P(X_6) = \frac{2}{14}, \quad P(Y_1|X_6) = \frac{1}{2}, \quad P(Y_2|X_6) = \frac{1}{2}$$

$$SGF(a, \{b, c\}, \{d\}) = H(\{d\}|\{b, c\}) - H(\{d\}|\{a, b, c\}) \\ = -\frac{2}{14} \left(\frac{1}{2} \log \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \log \frac{1}{2} \right) \times 3 \\ - \frac{3}{14} \left(\frac{1}{3} \log \frac{1}{3} + \frac{2}{3} \log \frac{2}{3} \right) = 0,1882 \quad (13)$$

معناداری مشخصه a (معیار قیمت) محاسبه شد و عدد $0,1882$ به دست آمد. مشابه همین فرایند، برای معناداری مشخصه b (معیار کیفیت) عدد $0,1022$ حاصل شد. همچنین معناداری مشخصه c (معیار سطح خدمت) با استفاده از این فرایند برابر $0,1452$ است. اگر مقدار اهمیت (معناداری)، برای گزینه‌ی a و b به ترتیب W_a و W_b باشد، اولویت گزینه‌ی a نسبت به گزینه‌ی b برابر است با $\frac{W_a}{W_b}$. بنابراین ماتریس مقایسات زوجی چنین تعریف می‌شود:

$$J = \begin{pmatrix} \frac{W_1}{W_1} & \dots & \frac{W_1}{W_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{W_n}{W_1} & \dots & \frac{W_n}{W_n} \end{pmatrix} \quad (14)$$

برای معیارهای قیمت، کیفیت و سطح خدمت، ماتریس قضاوت J مطابق معناداری معیارها به دست می‌آید:

$$J = \begin{bmatrix} 1 & 1,8415 & 1,2961 \\ 0,5430 & 1 & 0,7039 \\ 0,7715 & 1,4207 & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

با محاسبه‌ی λ_{\max} برای ماتریس فوق می‌توان نشان داد که $\lambda_{\max} = 3$. همچنین داریم $n = 3$. طبق رابطه‌ی ۸ شاخص سازگاری (CI) برای ماتریس J محاسبه

جدول ۵. جدول تصمیم دربارۀ زیرمعیارهای سطح خدمت.

گزینه	تحويل به موقع	ظرفیت تأمین	زمان برگشت تعمیرات	دورهی وارانتی	تصمیم
۱	۱	۱	۲	۲	خوب
۲	۱	۲	۲	۱	خوب
۳	۱	۲	۳	۳	متوسط
۴	۲	۲	۲	۲	متوسط
۵	۲	۱	۱	۳	متوسط
۶	۳	۲	۱	۱	ضعیف
۷	۳	۱	۲	۲	متوسط
۸	۱	۳	۲	۳	متوسط
۹	۳	۲	۲	۱	ضعیف
۱۰	۳	۱	۱	۱	متوسط
۱۱	۲	۲	۱	۱	متوسط
۱۲	۲	۳	۲	۲	ضعیف
۱۳	۲	۲	۲	۳	متوسط
۱۴	۲	۲	۳	۲	ضعیف
۱۵	۱	۱	۳	۳	متوسط
۱۶	۲	۳	۱	۳	ضعیف
۱۷	۱	۱	۱	۳	خوب
۱۸	۱	۱	۳	۱	خوب

جدول ۶. نتایج محاسباتی دربارۀ زیرمعیارهای کیفیت.

SGF	وزن (W)	λ_{max}	CI
سطح فنی	۰٫۴۳۱	۰٫۲۷۱۵	۰
معایب	۰٫۲۶۳۵	۰٫۵۰۰۰	۰
قابلیت اطمینان	۰٫۱۲۰۴	۰٫۲۲۸۵	۰

تعمیر و دورهی وارانتی (سطح ۳ از شکل ۱). در جدول ۶ نتایج محاسبه شده برای وزن زیرمعیارهای کیفیت داده شده است. با استفاده از نتایج به دست آمده، همانند روابط ۱۵ و ۱۶، می‌توان فهمید که ماتریس مقایسات زوجی در این مرحله نیز کاملاً سازگار است ($CI = 0$)؛ زیرا برای این ماتریس نیز داریم: $\lambda_{max} = 3$ (ماتریس مقایسات زوجی در این مرحله نیز توسط SGF معیارها و طبق رابطه‌ی ۱۴ تشکیل می‌شود). در جدول ۵ نیز تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی زیرمعیارهای سطح خدمت ثبت شده است. زیرمعیارهای سطح خدمت عبارت‌اند از: تحويل به موقع، ظرفیت تأمین، زمان بازگشت تعمیرات و دورهی وارانتی (سطح ۳ از شکل ۱). نتایج محاسبه شده برای وزن زیرمعیارهای سطح خدمت نیز در جدول ۷ آمده است. از نتایج حاصله در جدول ۷ (نظیر $CI = 0$)، می‌توان پی برد که ماتریس مقایسات زوجی در این مرحله نیز کاملاً سازگار است. وزن‌های کلی و وزن‌های موضعی برای تمامی معیارها و زیرمعیارها تعیین شده و در جدول ۸ ثبت شده است. آخرین ستون جدول ۸ ترتیب تقدم معیارهاست؛ چنان که مشاهده می‌شود معیار قیمت دارای بالاترین امتیاز در جدول است. با این فرض که چهار تأمین‌کننده در فرایند ارزیابی تأمین‌کنندگان مد

جدول ۷. نتایج محاسباتی دربارۀ زیرمعیارهای سطح خدمت.

SGF	وزن (W)	λ_{max}	CI
تحويل به موقع	۰٫۱۳۳۷	۰٫۴۰۰۰	۰
ظرفیت تأمین	۰٫۱۰۰۳	۰٫۳۰۰۰	۰
زمان برگشت تعمیرات	۰٫۰۶۶۹	۰٫۲۰۰۰	۰
دوره وارانتی	۰٫۰۳۳۴	۰٫۱۰۰۰	۰

جدول ۸. وزن‌های اولویت ترکیبی برای معیارها و زیر معیارها.

معیار	وزن‌های موضعی	زیرمعیار	وزن‌های موضعی	وزن‌های کلی	ترتیب اولویت
قیمت	۰٫۴۳۲۱	-	-	۰٫۴۳۲۱	۱
سطح فنی	۰٫۲۷۱۵	سطح فنی	۰٫۲۷۱۵	۰٫۰۶۳۷	۶
کیفیت	۰٫۲۳۴۶	معایب	۰٫۵۰۰۰	۰٫۱۱۷۳	۳
قابلیت اطمینان	۰٫۲۲۸۵	قابلیت اطمینان	۰٫۲۲۸۵	۰٫۰۵۳۶	۷
تحويل به موقع	۰٫۴۰۰۰	تحويل به موقع	۰٫۴۰۰۰	۰٫۱۳۳۳	۲
ظرفیت تأمین	۰٫۳۰۰۰	ظرفیت تأمین	۰٫۳۰۰۰	۰٫۱۰۰۰	۴
زمان برگشت تعمیرات	۰٫۰۶۶۹	زمان برگشت تعمیرات	۰٫۰۶۶۹	۰٫۰۶۶۷	۵
دوره وارانتی	۰٫۰۳۳۴	دوره وارانتی	۰٫۰۳۳۴	۰٫۰۳۳۳	۸

نظر قرار گرفته است، اگر اطلاعات کمی مربوط به معیارهای قیمت، کیفیت و سطح خدمت معلوم باشد، مطابق داده‌های واقعی موجود رتبه‌ی تأمین‌کنندگان مشخص می‌شود.

با تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و محاسبه‌ی بردار ویژه روی معیارها و زیرمعیارهای مختلف، رتبه‌ی تأمین‌کنندگان به دست می‌آید. به منظور محاسبه‌ی وزن نهایی تأمین‌کنندگان، باید وزن‌های کلی معیارها و زیرمعیارها و رتبه‌ی تأمین‌کنندگان با هم ترکیب شود. محاسبات انجام شده در این قسمت، مطابق محاسبات نهایی AHP، برای پیدا کردن وزن نهایی گزینه‌هاست.

۳.۳. محاسبه‌ی امتیاز کلی هر تأمین‌کننده

برای محاسبه‌ی وزن نهایی تأمین‌کنندگان، دسترسی به اطلاعات کمی تأمین‌کنندگان برای معیارها و زیرمعیارهای مختلف کافی است. در این صورت با تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و محاسبه‌ی بردار ویژه روی معیارها و زیرمعیارهای مختلف، رتبه‌ی تأمین‌کنندگان به دست می‌آید.

۴.۳. مثال عددی

به منظور اعتباربخشی به مدل، یک مثال عددی به وسیله‌ی داده‌های واقعی طراحی و اجرا شده است. فرض کنیم که چهار تأمین‌کننده در فرایند ارزیابی وجود دارد. اطلاعات کمی مربوط به تمامی معیارها و زیرمعیارها برای تأمین‌کنندگان مختلف در جدول ۹ داده شده است.

۱.۴.۳. به دست آوردن وزن نهایی تأمین‌کنندگان

از آنجا که وزن‌های کلی معیارها و زیرمعیارها با استفاده از نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی به دست آمد، کافی است با یک مثال واقعی (که در آن اطلاعات کمی

جدول ۹. اطلاعات کمی تأمین‌کنندگان.

تأمین‌کننده	قیمت (تومان)	سطح فنی (درجه)	معايب (نرخ)	قابليت اطمینان (%)	تحويل به موقع (نرخ)	ظرفيت تأمين (عدد)	زمان برگشت تعمیرات (هفته)	دورهی وارانتي (ماه)
۱	۵۵	۲	۰/۰۴	۸۰	۰/۸۵	۴۰۰	۲	۴
۲	۴۰	۱	۰/۰۱	۹۵	۰/۹۵	۷۰۰	۱	۳
۳	۴۵	۱	۰/۰۲	۹۰	۰/۹۸	۶۰۰	۱	۳
۴	۵۰	۳	۰/۰۶	۷۰	۰/۹۰	۵۰۰	۳	۴

جدول ۱۰. وزن نهایی تأمین‌کنندگان.

تأمین‌کننده	قیمت	سطح فنی	معايب	قابليت اطمینان	تحويل به موقع	ظرفيت تأمين	زمان برگشت تعمیرات	دورهی وارانتي	وزن تأمين‌کنندگان
۱	۵۵	۲	۰/۰۴	۸۰	۰/۸۵	۴۰۰	۲	۴	۰/۲۰۱۶
۲	۴۰	۱	۰/۰۱	۹۵	۰/۹۵	۷۰۰	۱	۳	۰/۳۲۲۲
۳	۴۵	۱	۰/۰۲	۹۰	۰/۹۸	۶۰۰	۱	۳	۰/۲۷۳۴
۴	۵۰	۳	۰/۰۶	۷۰	۰/۹۰	۵۰۰	۳	۴	۰/۲۰۲۸

مربوط به معیارهای قیمت، کیفیت و سطح خدمت برای هر تأمین‌کننده معلوم است)، محاسبات روش AHP برای مشخص کردن وزن نهایی تأمین‌کنندگان انجام گیرد. یعنی با تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و محاسبه‌ی بردار ویژه روی معیارها و زیرمعیارهای مختلف، رتبه‌ی تأمین‌کنندگان محاسبه می‌شود. در نهایت، حاصل ضرب رتبه‌های تأمین‌کنندگان و وزن‌های کلی، با هم جمع می‌شود (مطابق محاسبات نهایی روش AHP در تعیین وزن گزینه‌ها). نتایج حاصله در جدول ۱۰ ثبت شده است.

۴. ارائه‌ی مدل برای تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان

۱.۴. مفروضات مدل

قبل از تصمیم‌گیری در مورد انتخاب تأمین‌کنندگان، خریدار باید معیارهای خرید را مشخص کند و عملکرد تأمین‌کننده را بسنجد. در این تحقیق از معیارهای قیمت، معايب و تحويل به موقع، به‌عنوان معیارهای خرید در مدل استفاده شده است. فرض کنیم که I محصول ($i = 1, 2, \dots$) محصول از J تأمین‌کننده ($j = 1, 2, \dots$) خریداری می‌شود که هرکدام از این تأمین‌کنندگان برای هر محصولی که می‌فروشند، سطوح مختلفی از قیمت، کیفیت تولید، عملکرد تحويل به موقع، و ظرفیت تأمین ارائه می‌دهند.

۲.۴. نمادها، پارامترها و متغیرهای تصمیم

i : کالا یا محصول؛

j : تأمین‌کننده؛

S_i : مجموعه تأمین‌کنندگانی که کالای i را ارائه می‌دهند؛

K_j : مجموعه کالاهایی که توسط تأمین‌کننده‌ی j ارائه می‌شود؛

W_j : وزن نهایی تأمین‌کننده‌ی j ؛

R_j : مجموعه‌ی از فواصل تخفیف تأمین‌کننده‌ی j ؛

m_j : تعداد فواصل تخفیف در جدول تخفیف تأمین‌کننده‌ی j ؛

r : فاصله‌ی تخفیف $1 \leq r \leq m_j$ ؛
 b_{jr} : حد بالا در فاصله‌ی تخفیف r از جدول تخفیف تأمین‌کننده‌ی j ؛
 $b_{j,1} < \dots < b_{j,m_j} < \infty$ ؛
 d_{jr} : ضریب تخفیف مربوط به سطح تخفیف r از جدول تخفیف تأمین‌کننده‌ی j ؛
 P_{ij} : قیمت واحد کالای i که به‌وسیله‌ی تأمین‌کننده‌ی j ارائه شده است؛
 q_{ij} : نرخ معیوبات کالای i که توسط تأمین‌کننده‌ی j ارائه شده است؛
 Q_i : حداکثر نرخ معیوب کالای i که برای خریدار قابل قبول است؛
 t_{ij} : نرخ تحويل به موقع کالای i که توسط تأمین‌کننده‌ی j پیشنهاد شده است؛
 T_i : حداقل نرخ تحويل به موقع کالای i که برای خریدار قابل قبول باشد؛
 C_{ij} : حداکثر ظرفیت تأمین کالای i که توسط تأمین‌کننده‌ی j ارائه شده است؛
 D_i : تقاضای کل کالای i ؛
 X_{ij} : مقدار کالای i که از تأمین‌کننده‌ی j خریداری می‌شود؛
 V_{jr} : حجم معامله‌ی خرید از تأمین‌کننده‌ی j در سطح تخفیف r ؛
 Y_{jr} : متغیر صفر یا ۱ (اگر حجم معامله‌ی خریداری شده از تأمین‌کننده‌ی j ، در سطح تخفیف r از جدول تخفیف قرارگیرد آنگاه $Y_{jr} = 1$ ، و در غیر این صورت داریم: $Y_{jr} = 0$).

جدول ۱۱. برنامه‌ریزی تخفیف حجمی چهار تأمین‌کننده.

r	حجم معامله (۱۰۰۰ تومان)	درصد تخفیف
۱	۰ تا زیر ۱۰	۰
۲	۱۰ تا زیر ۲۰	۵
۳	۲۰ و ۲۰ به بالا	۱۰

جدول ۱۲. نتایج بهینه.

Z	X_1	X_2	X_3	X_4
حل بهینه	۰	۷۰۰	۵۰۰	۰

۳.۴. مدل چندمنظوره برای تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان

$$\text{Max } Z_1 = \sum_{i \in K_j} \sum_{j \in S_i} W_j X_{ij} \quad (19)$$

$$\text{Min } z_r = \sum_{j \in S_i} \sum_{r \in R_j} (1 - d_{jr}) V_{jr} \quad (20)$$

$$\sum_{r \in R_j} V_{jr} = \sum_{i \in K_j} P_{ij} X_{ij} \quad j \in S_i$$

$$\text{Min } Z_r = \sum_{i \in K_j} \sum_{j \in S_i} q_{ij} X_{ij} \quad (21)$$

$$\text{Max } Z_r = \sum_{i \in K_j} \sum_{j \in S_i} t_{ij} X_{ij} \quad (22)$$

S.t. :

$$\sum_{i \in K_j} X_{ij} \leq C_{ij} \quad j \in S_i \quad (23)$$

$$\sum_{j \in S_i} X_{ij} = D_i \quad i \in K_j \quad (24)$$

$$\sum_{i \in K_j} \sum_{j \in S_i} q_{ij} X_{ij} \leq Q_i D_i \quad \sum_{i \in K_j} \sum_{j \in S_i} (1 - t_{ij}) X_{ij} \leq (1 - T_i) D_i \quad (25)$$

$$b_{j,r-1} Y_{jr} \leq V_{jr} \leq b_{jr} Y_{jr} \quad j \in S_i \quad r \in R_j \quad (26)$$

$$\sum_{r \in R_j} Y_{jr} \leq 1 \quad j \in S_i$$

$$X_{ij} \geq 0, \quad i \in K_j, \quad j \in S_i$$

تابع هدف اول در رابطه‌ی ۱۹ مربوط به وزن تأمین‌کنندگان است، یعنی از تأمین‌کننده‌ی بی‌که وزن بیشتری دارد باید خرید بیشتری انجام شود. خریدار، تصمیم‌گیری‌های خرید را در جهت کمینه‌کردن کل هزینه‌ی خرید انجام می‌دهد. این تابع هدف به صورت رابطه‌ی ۲۰ بیان می‌شود. خریدار انتظار دارد که تعداد کالاهای معیوب i در بافتی از تأمین‌کننده‌ی r کم‌ترین تعداد ممکن باشد. این تابع هدف نیز به صورت رابطه‌ی ۲۱ نشان داده شده است. تابع هدف چهارم (رابطه‌ی ۲۲) نشان‌گر این است که خریدار انتظار دارد تعداد کالاهایی که به موقع از طرف تأمین‌کننده ارسال شده به بیشترین مقدار خود برسد. محدودیت اول در رابطه‌ی ۲۳، مربوط به ظرفیت تأمین‌کننده است. محدودیت دوم نشان‌دهنده‌ی تقاضاست که در رابطه‌ی ۲۴ بیان شده است. رابطه‌ی ۲۵ محدودیت کیفیت را نشان می‌دهد (کالاهای معیوب). ارسال یا تحویل به موقع در محدودیت ۲۶ بیان شده است و در نهایت محدودیت ۲۷ مربوط به شرایط تخفیف است.

۴.۴. اعتبارسنجی مدل

در مثال ۴.۳ فرض می‌شود که خریدار می‌خواهد محصولی را از بهترین تأمین‌کنندگان خریداری کند و مقادیر سفارش بهینه را به آن‌ها اختصاص دهد. کل تقاضای آن محصول ۱۲۰۰ واحد است و بیشترین نرخ معیوبی قابل قبول ۰/۰۲ و کم‌ترین نرخ تحویل به موقع قابل قبول ۰/۹۲ است. همچنین چهار تأمین‌کننده‌ی برنامه تخفیف حجمی مشابهی با ۳ فاصله تخفیف (جدول ۱۱) به کار می‌برند.

۱.۴.۴. تخصیص سفارش بهینه به تأمین‌کنندگان منتخب

با جایگذاری داده‌های بخش ۴.۴ در مدل ارائه شده و حل آن به وسیله‌ی نرم افزار Lingo، نتایج بهینه مطابق جدول ۱۲ به دست می‌آید.

۵. نتیجه‌گیری

با مرور ادبیات موضوع مشخص می‌شود که در مورد ترکیب انتخاب تأمین‌کنندگان و مشخص کردن مقدار سفارش بهینه، به تأمین‌کنندگان منتخب توجه کمی صورت گرفته است. در حالی که در این تحقیق، مدل جامعی ارائه شده است که هم انتخاب تأمین‌کنندگان را به وسیله‌ی روشی نوین و با سازگاری کامل با ذهنیت تصمیم‌گیرنده انجام می‌دهد و هم مقدار سفارش بهینه را که باید به تأمین‌کنندگان منتخب تخصیص داده شود، در شرایط تخفیف حجمی تعیین می‌کند. توجه روزافزون به سمت مشارکت تأمین‌کننده، نه تنها انتخاب تأمین‌کننده را بهینه می‌سازد، بلکه معنی‌داری عوامل کیفی مورد توجه را در فرایند تصمیم‌گیری بالا می‌برد. AHP می‌تواند در گنجاندن چندین تصمیم‌گیرنده با اهداف مختلف متضاد، برای رسیدن به یک تصمیم قاطع بسیار مفید باشد.

با ارتقاء AHP به وسیله‌ی نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی در این تحقیق، می‌توان قضاوت کیفی را در انجام مقایسات دقیق‌تر کرد. همچنین با به کار بردن این نظریه می‌توان خطاهای ارزیابی را در فرایند مقایسات زوجی از بین برد. با داشتن محدودیت‌های ظرفیت تأمین‌کننده و لحاظ کردن تخفیف حجمی، مسئله پیچیده‌تر می‌شود. در این تحقیق مدل برنامه‌ریزی چندمنظوره‌ی برای اتخاذ تصمیم‌های بهینه‌ی انتخاب تأمین‌کننده، میان عوامل ملموس و غیرملموس متضاد، معرفی شده است. مدل مبتنی بر AHP، رویکردی ارزشمند برای انتخاب تأمین‌کننده با شرایط تخفیف حجمی ارائه می‌کند. نتایج مثال عددی مدلی را پیشنهاد می‌دهد که می‌تواند به خریدار در تعیین مجموعه‌ی بهینه از تأمین‌کنندگان برای استفاده و اجرای تخصیص سفارش میان آنها کمک کند. استفاده از مدل مطرح شده نشان می‌دهد که می‌توان این مدل را برای ارتقاء تصمیم‌گیری گروهی در انتخاب تأمین‌کنندگان به کار برد. ترکیب روش AHP و نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی که در این مدل برای انتخاب تأمین‌کنندگان پیشنهاد شده، بسیاری از معایب روش AHP را از بین برده است. برخورداری از ذهنیت بالا، تأثیرپذیری بسیار از نظر شخصی تصمیم‌گیرنده و پیچیدگی زیاد، مواردی از این معایب اند. همچنین نتایج روش AHP از ذهنیت بالایی برخوردار است و ممکن است ماتریس مقایسات زوجی در این روش، دارای ناسازگاری بالایی باشد. این در حالی است که نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی روش و ابزاری مؤثر برای بررسی مسائل احتمالی و مبهم است و از نتایج بسیار عینی در حل مسائل برخوردار است. ترکیب کردن این نظریه با روش AHP، ناسازگاری روش AHP را بهبود می‌بخشد. برای این منظور، رویکرد جدول تصمیم‌گیری، برای به دست آوردن وزن‌های عینی‌تر پیشنهاد شده است. همچنین آثروبوی شرطی و معناداری مشخصه‌ها (معیارها) که از مفاهیم نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی هستند، در روش AHP مورد استفاده قرار گرفته‌اند تا ناسازگاری قضاوت را بهبود ببخشند.

مدل چندهدفه‌ی به منظور تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان در این تحقیق ارائه شده، با در نظر گرفتن شرایط تخفیف حجمی مطرح شده است. به کارگیری ترکیبی از محدودیت‌ها مانند ظرفیت، تحویل به موقع، معایب و قیمت، در نظر گرفتن شرایط تخفیف حجمی و حالت چندمحصولی، لحاظ کردن وزن تأمین‌کنندگان را

و محدودیت‌های مدل، می‌توان پی برد که نتایج به دست آمده کاملاً منطقی است. مدل ارائه شده در این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید در خدمت سازمان‌ها باشد، به طوری که هم بهترین تأمین‌کنندگان انتخاب شود و هم مقدار سفارش بهینه‌ی که قرار است به تأمین‌کنندگان منتخب تخصیص یابد، تعیین شود.

تخصیص سفارش (که در قسمت اول تحقیق، نحوه‌ی به دست آوردن آن با نظریه‌ی مجموعه‌های تقریبی تشریح شد) و تجمیع این موارد با یکدیگر، تحقیق فعلی را کاملاً منحصر به فرد کرده است. در انتها نیز یک مثال عددی برای اعتبارسنجی مدل ارائه شده و با استفاده از نرم افزار Lingo این مثال عددی حل شده است. با مقایسه‌ی اجمالی توابع هدف

پانویس‌ها

1. analytic hierarchy process
2. significance
3. multi objective programming
4. data envelopment analysis
5. multi objective linear programming
6. fuzzy analytic network process
7. analytic network process

منابع (References)

1. Willis, H.T., Huston, R.C. and Pohlkamp, F. "Evaluation measures of just in time supplier performance", *Production and Inventory Management Journal*, **34**(2), pp. 1-5 (1993).
2. Dobler, D.W., Lee, L. and Burt, N., *Purchasing and Materials Management: Text and Cases*, New York, McGraw-Hill (1990).
3. Dickson, G.W. "An analysis of vendor selection systems and decisions", *Journal of Purchasing*, **2**(1), pp. 5-17 (1966).
4. Narasimhan, R. "An analytic approach to supplier selection", *Journal of Purchasing and Supply Management*, **1**, pp. 27-32 (1983).
5. Nydick, R.L. and Hill, R.P. "Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure", *International Journal of Purchasing and Materials Management*, **28**(2), pp. 31-6 (1992).
6. Ghodsypour, S.H., O'Brien, C. "A decision support system for supplier selection using an integrated analytical hierarchy process and linear programming", *International Journal of Production Economics*, **56-57**, pp. 199-212 (1998).
7. Gaballa, A.A. "Minimum cost allocation of tenders", *Operational Research Quarterly*, **25**(3), pp. 389-98 (1974).
8. Buffa, F.P. and Jackson, W.M. "A goal programming model for purchase planning", *Journal of Purchasing and Materials Management*, **19**(3), pp. 27-34 (1983).
9. Narasimhan, R. and Stoynoff, K. "Optimizing aggregate procurement allocation decisions", *Journal of Purchasing and Materials Management*, **22**(1), pp. 23-30 (1986).
10. Weber, C.A. and Current, J.R. "A multiobjective approach to vendor selection", *European Journal of Operational Research*, **68**, pp. 173-84 (2000).
11. Petroni, A. and Braglia, M. "Vendor selection using principal component analysis", *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply*, **36**(2), pp. 63-9 (2000).
12. Holt, G.D. "Which contractor selection methodology", *International Journal of Project Management*, **16**(3), pp. 153-64 (2005).
13. Narasimhan, R. "An analytic approach to supplier selection", *Journal of Purchasing and Supply Management*, **1**, pp. 27-32 (2004).
14. Li, C.C., Fun, Y.P. and Hung, J.S. "A new measure for supplier performance evaluation", *IIE Transactions on Operations Engineering*, **29**, pp. 753-758 (2008).
15. Lin, C., Lee, C. and Chen, W. "Using fuzzy analytic hierarchy process to evaluate service performance of a travel intermediary", *The Service Industries Journal*, **29**, pp. 281-296 (2009).
16. Kilincci, O. and Onal, S.A. "Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company", *Expert Systems with Applications*, **38**, pp. 9656-9664 (2011).
17. Ho, W., Xu, X. and Dey, P.K. "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review", *European Journal of Operational Research*, **202**, pp. 16-24 (2010).
18. Lei, W., Jun, Y. and Tianrui, L. "Supplier selection based on rough sets and analytic hierarchy process", *IEEE International Conference*, pp. 787-790 (2010).
19. Samantra, C., Datta, S. and Mahapatra, S. "Multi-attribute group decision making for supplier selection using grey analysis and rough sets theory", *International Journal of Business Insights & Transformation*, **5**(1), p. 60 (2012).
20. Ozlem, S., Gulfem, T. and Cengiz, K. "Multi criteria supplier selection using fuzzy promethee method", *Supply Chain Management Under Fuzziness Recent Developments and Techniques*, **313**, pp. 21-34 (2014).

21. Ahmad, D. and Ali, A. "Supplier selection: A fuzzy-ANP approach", *2nd International Conference on Information Technology and Quantitative Management*, **31**, pp. 691-700 (2014).
22. Pawlak, Z. "Rough sets", *International Journal of Computer and Information Sciences*, **11**(5) pp. 341.356 (1982).
23. Liu Q., *Rough Set and Rough Reasoning*, Chinese Science Press, Beijing, pp. 11-1 (2001).
24. Guoyin, W., *Theory and Knowledge Acquisition of Rough Sets*, Xi'an Jiao Tong University Publication (2001) (in Chines).
25. Jiayang, W. and Zujian, W. "Algorithm study based on rough entropy for gene analysis and selection", *International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering* (2007).