چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۱۸ ـ تابستان ۱۳۹۴
ص‌ص ۱۵۲ ° ۱۲۹

به‌کارگیری مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی وزن‌دار به‌منظور تعیین میزان خرید بهینه از تأمین‌کنندگان

حمید شاهبندرزاده*، علیرضا پیکام**

چکیده

در دهه اخیر، مدیریت خرید در زنجیره تأمین و انتخاب تأمین‌کننده مناسب، چالشی برای شرکت‌ها در یک زنجیره عرضه بوده است؛ بنابراین در این مطالعه یک مسئله انتخاب تأمین‌کننده که به‌طورکلی یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره است، به‌صورت یک مسئله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه در نظر گرفته شده است؛ در ادامه مدل برنامه‌ریزی چندهدفه برای تعیین مقادیر سفارش بهینه به تأمین‌کنندگان با توجه به محدودیت‌ها و اهداف پژوهش، طراحی و برای حل آن از «مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی وزن‌دار» و از روش «بیشینه کمینه» استفاده شده و اوزان اهداف و محدودیت‌های فازی که از روش «تحلیل سلسله-مراتبی فازی» به‌دست می‌آیند در تابع هدف مدل بیشینه کمینه قرار داده شده و مدل اجرا می‌شود. با فرض اینکه تصمیم‌گیرنده از جواب‌های به‌دست‌آمده راضی نباشد، از «مدل آریخان» با در نظر گرفتن وزن اهداف و محدودیت‌های فازی در این مدل، استفاده می‌شود تا درنهایت تصمیم‌گیرنده به سطح‌های دستیابی موردنظر خود در اهداف و محدودیت‌های فازی برسد و میزان سفارش بهینه به تأمین‌کنندگان، مشخص شود.

کلیدواژه‌ها: انتخاب تأمین‌کننده؛ برنامه‌ریزی چندهدفه فازی وزن‌دار؛ خرید بهینه؛ تحلیل سلسله مراتبی فازی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱/۱۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۴/۲۴.

* استادیار، دانشگاه خلیج فارس.
** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه خلیج فارس (نویسنده مسئول).
E-mail: peykam.alireza67@gmail.com

۱. مقدمه

هزینهٔ تأمین مواد اولیه و قطعات ترکیبی از طریق فروشندگان، بخش قابل‌توجهی از هزینهٔ تمام‌شدهٔ کالاها را تشکیل می‌دهد. به‌طور متوسط ۷۰ درصد ارزش محصول نهایی کارخانه‌ها را هزینهٔ خرید مواد خام و خدمات دریافتی از بیرون تشکیل می‌دهد [۱۶]. این نسبت در شرکت‌هایی با فناوری بالا، حتی به ۸۰ درصد نیز می‌رسد [۹]؛ ازاین‌رو انتخاب فروشندگان برای شرکت‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. انتخاب تأمین‌کننده، تأثیر قابل‌توجهی بر بهینه‌سازی کیفیت، کمیت، ارسال به‌موقع و قیمت کالاها و خدمات خریداری‌شده دارد [۱۴، ۲۹]. به‌طورکلی می‌توان گفت که مسئله انتخاب تأمین‌کننده یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM) است [۲۴]. زیرا لازم است تا تأمین‌کنندگان بر اساس بیش از یک شاخص یا معیار با یکدیگر مقایسه شوند؛ از سویی دیگر به‌منظور رعایت اهداف چندگانه در این نوع مسائل که مدیران را درگیر پاسخگویی به سهام‌داران و هیئت‌مدیره می‌کند، می‌توان اهداف متعددی را برای آنها در نظر گرفت [۱۹]. در این مقاله سعی شده بااستفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه، مقدار مناسب خرید از هر تأمین‌کننده مشخص شود. از طرفی در شرایط واقعی، ارزیابی تأمین‌کننده با استفاده از اعداد دقیق و قطعی، در همه شاخص‌ها به دلیل ادراکات، قضاوت‌ها، بینش و ترجیحات انسانی [۱۰] و نیز نبود اطلاعات دقیق و کامل همواره ممکن نیست؛ بنابراین یکی از راهکارهای مناسب، ارزیابی با داده‌های فازی است. در این مقاله با استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه فازی به تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان، پرداخته شده است.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مبانی نظری فراوانی در حوزه انتخاب تأمین‌کننده و مدل‌های تصمیم‌گیری در مورد آن وجود دارد. در میان روش‌های کمی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به‌طوروسیع برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده استفاده می‌شوند. این مطالعه بر مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه فازی برای انتخاب تأمین‌کننده تأکید دارد. بعد از اینکه وبر وکورنت[1] (۱۹۹۳) «مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه» را برای انتخاب تأمین‌کننده معرفی کرده و بااستفاده از آن به تأمین‌کنندگان تخصیص سفارش کردند، چندی دیگر از پژوهشگران نیز مدل‌های برنامه‌ریزی چندهدفه را برای این مسئله ارائه دادند [۳۳]. رضایی و داوودی (۲۰۱۰) دو مدل غیرخطی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه را برای مسائل اندازه انباشته چنددوره‌ای شامل چند محصول و چند تأمین‌کننده، توسعه دادند. هر مدل شامل سه تابع هدف اصلی [هزینه، کیفیت و سطح خدمت] و یک مجموعه از محدودیت‌ها است. هزینه‌های کلی شامل هزینه‌های خرید، سفارش، نگهداری [و برگشت

1. Weber & Current

سفارش] و حمل‌ونقل است. هزینه سفارش به نظر، یک تابع وابسته «فراوانی سفارش» است. درحالی‌که کیفیت و سطح سرویس کل به‌عنوان توابع وابسته به زمان دیده می‌شوند. آنها با درنظرگرفتن پیچیدگی این مدل‌ها از یک‌سو و قابلیت الگوریتم ژنتیک از سوی دیگر، برای دستیابی به یک مجموعه جواب بهینه پارتو، یک الگوریتم ژنتیک با رویکردی نوآورانه برای حل مدل‌ها به‌کار بردند. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که در یک حل برگشت سفارش، خریداران قادرند اهدافشان را در مقایسه با حل‌هایی که در آن کمبودی وجود ندارد، بهتر بهینه کنند [۲۸]. آمید[1] و همکاران (۲۰۱۰) یک مدل چندهدفه فازی بیشینه ° کمینه وزن‌دار برای تکمیل مدلی که خود برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش در سال ۲۰۰۹ ارائه داده بودند، پیشنهاد کردند. مدل فعلی آنها عدم دقت داده‌ها و اهمیت تفاوت داده‌های کمی / کیفی را در نظر می‌گیرد [۴]. امین[2] و همکاران (۲۰۱۰) یک مدل استراتژیک برای انتخاب تأمین‌کننده ارائه داده‌اند که شامل دو مرحله است. در مرحله اول، منطق فازی با الگوریتم SWOT اندازه‌گیری و ادغام شده است و در مرحله دوم، خروجی الگوریتم SWOT به‌عنوان ورودی برای یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی به‌منظور تعیین مقدار سفارش به‌کاربرده شده است [۵]. کیو[3] و همکاران (۲۰۱۰) در مسئله انتخاب تأمین‌کننده، از روش «برنامه‌ریزی آرمانی فازی» استفاده کردند که در آن، استراتژی‌های زنجیره تأمین تولید برای این مسئله در نظر گرفته شده است [۱۸]. جولایی و همکاران (۲۰۱۰) از روش برنامه‌ریزی آرمانی برای ایجاد یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ترکیبی چندهدفه به‌منظور تعیین مقدار سفارش به هر تأمین‌کننده انتخاب‌شده، استفاده کردند [۱۷]. سونرکارا[4](۲۰۱۱) روش TOPSIS فازی را برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان در محیط نامعین به‌کاربرده و سپس با استفاده از «مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای»، مقدارهای سفارش تحت شرایط عدم‌اطمینان در تقاضا را برای هرکدام از تأمین‌کنندگان تعیین کرده است [۳۰]. در جدول ۱ تعدادی از مدل‌های فازی برنامه‌ریزی چندهدفه برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده در مبانی نظری مشاهده می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Amid
2. Amin
3. Ku
4. Soner Kara

جدول ۱. پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه برنامه‌ریزی چندهدفه فازی

ردیف	رویکردها	منبع فازی سازی	مراجع
۱	رویکرد بیشینه ° کمینه زیمرمن[1]	سطح‌های آرمانی فازی برای توابع هدف و یا مقدارهای فروشنده به‌عنوان اعداد سمت راست	[۱۹، ۲۰، ۲۷، ۳۲]
۲	مدل جمعی وزن‌دار تیواری[2] و همکاران	سطح‌های آرمانی فازی برای توابع هدف و/ یا تقاضای فازی به‌عنوان یک ثابت سمت راست یا مقادیر فروشنده به‌عنوان اعداد سمت راست	[۲، ۳، ۱۵، ۳۱، ۳۲، ۱۸، ۳۷]
۳	برنامه‌ریزی هدف فازی با وزن‌دهی (نمایش سنتی)	سطح‌های آرمانی فازی برای توابع هدف	[۲۳]
۴	برنامه‌ریزی فازی با عملگر اصلاح‌شده	سطح‌های آرمانی فازی برای توابع هدف، بیشینه ظرفیت فروشنده و مقدار بودجه تخصیص داده‌شده به فروشندگان به‌عنوان عدد سمت راست	[۱۳]
۵	برنامه‌ریزی غیرخطی متوالی	پارامترهای مدل فازی به‌عنوان ضرایب تابع هدف و ثابت‌های سمت راست	[۳۶]
۶	مدل بیشینه °کمینه تکمیلی لای و هوانگ[3]	سطح‌های آرمانی فازی برای توابع هدف و سطح تقاضا به‌عنوان اعداد سمت راست	[۷]

۳. روش‌شناسی پژوهش

با توجه به اینکه شیوه پژوهش حاضر کاربردی - میدانی است، از یک مطالعه موردی استفاده شده است؛ به این منظور، پس از درنظرگرفتن اهداف فازی کمینه‌کردن قیمت و بیشینه‌کردن کیفیت و تحویل به‌موقع و محدودیت تقاضای شرکت به‌عنوان محدودیت فازی و محدودیت ظرفیت تأمین‌کننده به‌عنوان محدودیت قطعی، اقدام به توزیع پرسش‌نامه مرسوم AHP بین شش خبره دانشگاهی صاحب‌نظر در این زمینه شده و پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) و رویکرد تجزیه‌وتحلیل توسعه‌ای چانگ، به‌منظور دستیابی به اوزان شاخص‌ها استفاده می‌شود. در مرحله بعد به طراحی مدل برنامه‌ریزی چندهدفه بااستفاده از مقادیر شاخص‌های کیفی و کمی مربوط به تأمین‌کنندگان و محدودیت‌های تقاضای شرکت و عرضه تأمین‌کنندگان پرداخته می‌شود.

برای حل مدل برنامه‌ریزی چندهدفه در این پژوهش از مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی و روش بیشینه ° کمینه با توجه به توابع عضویت اهداف و محدودیت‌های فازی استفاده شده و خروجی FAHP که اوزان شاخص‌هاست در تابع هدف مدل بیشینه ° کمینه قرار داده می‌شود و

1. Zimmerman
2. Tivari
3. Lai & Hwang

به عبارتی ضریبی برای برآورده شدن اهداف و محدودیت‌ها در تابع هدف مدل فازی تعریف می‌شود. با حل این مدل مقدار سفارش تعیین‌شده برای هر تأمین‌کننده و سطح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌گیرد. با فرض اینکه تصمیم‌گیرنده از سطح‌های دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی راضی نشده باشد، میزان سطح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های موردنظر تصمیم‌گیرنده به‌صورت محدودیت در مدل ارائه شده در پژوهش که مدل آریخان با در نظر گرفتن وزن اهداف و محدودیت‌هاست، قرار داده می‌شود. اگر سطح‌های دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی موردقبول تصمیم‌گیرنده قرار گرفت، فرآیند حل به پایان می‌رسد در غیر این صورت سطح‌های دستیابی قابل‌قبول مجدداً از تصمیم‌گیرنده پرسش شده و مدل مجدداً اجرا می‌شود. این فرآیند تا زمانی که تصمیم‌گیرنده به سطح‌های موردنظرش در اهداف و محدودیت‌ها برسد، ادامه دارد. با اجرای این مدل، میزان سفارش تعیین‌شده برای هر تأمین‌کننده با در نظر گرفتن ارجحیت تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود. مراحل انجام پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱. مراحل انجام پژوهش

فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP). روش FAHP با ترکیب AHP ساعتی و «نظریه مجموعه فازی» توسعه داده شد. این روش برای انتخاب یک گزینه و تصدیق مسائل به‌وسیله ادغام مفاهیم مجموعه فازی و تجزیه‌وتحلیل ساختار سلسله‌مراتبی طراحی شد. ایده اساسی AHP، دریافت دانش خبرگان نسبت به پدیده موردمطالعه است. کاربرد روش فازی به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد، داده‌های کمی و کیفی را در مدل تصمیم ادغام کند. باوجوداین AHP سنتی قادر به انعکاس درست فرآیندها نیست؛ به‌ویژه در شرایطی که مسائل تعریف نشده‌اند یا حل آن مستلزم عدم‌اطمینان در داده است. برای جبران این نقص، چانگ (۱۹۹۶) روشی باعنوان «روش تحلیل توسعه‌ای برای فرآیند تحلیل سلسه‌مراتبی فازی» پیشنهاد کرد. در این پژوهش از دیدگاه FAHP مطابق با روش تجزیه‌وتحلیل توسعه‌ای چانگ برای ارائه قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان استفاده می‌شود تا عوامل مؤثر بر انتخاب تأمین‌کننده اولویت‌بندی و وزن دهی شوند. در این بررسی، مقایسات تصمیم‌گیرنده با واژه‌های زبان‌شناسی توصیف‌شده و با اعداد فازی بیان می‌شود که اعداد مربوط به آن برای بیان مقایسات زوجی بین زیرمعیارها استفاده شده است (جدول ۲).

جدول ۲. تابع عضویت متغیرهای زبانی تعیین وزن معیارها [۱۲]

ارجحیت سطر به ستون				**ارجحیت ستون به سطر**			
متغیر زبانی	عدد فازی معادل			متغیر زبانی	عدد فازی معادل		
اهمیت یکسان	۱	۱	۱	اهمیت یکسان	۱	۱	۱
یکسان تا نسبتاً مهم‌تر	۲/۶۷	۲	۱/۳۳	یکسان تا نسبتاً مهم‌تر	۰/۷۵	۰/۵	۰/۳۷
نسبتاً مهم‌تر	۳/۶۷	۳	۲/۳۳	نسبتاً مهم‌تر	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۲۷
نسبتاً تا بسیار مهم‌تر	۴/۶۷	۴	۳/۳۳	نسبتاً تا بسیار مهم‌تر	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۲۱
بسیار مهم‌تر	۵/۶۷	۵	۴/۳۳	بسیار مهم‌تر	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۸

به‌منظور استفاده از روش FAHP، برای تجمیع نظرات خبرگان باید از عناصر ماترس مقایسه، میانگین هندسی گرفته شود؛ سپس برای به‌کارگیری روش تحلیل توسعه‌ای چانگ، برای هر یک از سطرهای ماتریس زوجی، ارزش S_k که خود یک عدد فازی مثلثی است، به‌صورت زیر محاسبه شود.

رابطه (۱)
$$S_K = \sum_{j=1}^{n} M_{ij} \otimes [\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} M_{ij}]^{-1}$$

که در آن k نشان‌دهنده شماره سطر و i و j به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها هستند. در این روش پس از محاسبه S_kها باید درجه بزرگی آنها نسبت به یکدیگر را به‌دست آورد؛ به‌طورکلی اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 بر M_2 به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

اگر $M_1 \geq M_2$ باشد:

رابطه (۲) $$V(M_1 \geq M_2) = 1$$

رابطه (۳) $$V(M_1 < M_2) = hgt(M_1 \cap M_2)$$

در غیر این صورت:

رابطه (۴) $$hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{U_1 - L_2}{(U_1 - L_2) + (m_2 - m_1)}$$

میزان بزرگی (V) یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

رابطه (۵) $$V(M_1 \geq M_2, \ldots, M_k) = Min[V(M_1 \geq M_2), \ldots, V(M_1 \geq M_k)]$$

همچنین برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسات زوجی به‌صورت زیر عمل می‌شود:

رابطه (۶) $$w'(x_i) = \min\{V(S_i \geq S_k)\}, k = 1, 2, 3, \ldots, n, k \neq i$$

بنابراین بردار وزن شاخص‌ها به‌صورت زیر خواهد بود:

رابطه (۷) $$w' = [w'(x_1), w'(x_2), \ldots, w'(x_n)]^t$$

که همان بردار ضرایب غیربهنجار است. برای به دست آوردن بردار هنجار:

رابطه (۸) $$w(x_k) = \frac{w'(x_k)}{\sum_{k=1}^{n} w'(x_k)}$$

این مراحل برای تمام جدول‌ها انجام‌شده تا وزن‌های بهنجارشده آنها نیز به‌دست آید [۱].

تعیین سفارش بهینه به کمک برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه. مسئله انتخاب تأمین‌کننده یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره [چندهدفه] است و بیشتر مدل‌های برنامه‌ریزی که به این منظور تهیه شده‌اند، رویکردی چندمعیاره دارند. یک مدل عمومی ریاضی که با تغییرات مختصری در بسیاری از پژوهش‌ها [۳۴، ۳۵] به‌کار رفته، به‌صورت زیر است:

$$Min(z_1) = \sum_{i=1}^{n} p_i(x_i)$$ رابطه (۹)

$$Max(z_2) = \sum_{i=1}^{n} F_i(x_i)$$ رابطه (۱۰)

$$Max(z_3) = \sum_{i=1}^{n} S_i(x_i)$$ رابطه (۱۱)

$S.t.$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = D$$ رابطه (۱۲)

$$x_i \le C_i \quad for\,all \quad i = 1,..,n$$ رابطه (۱۳)

$$x_i \ge 0 \quad and\ \text{int}\,eger$$ رابطه (۱۴)

در مدل بالا، i تأمین‌کننده iام (i = 1, 2, 3, ...، n) Xi تعداد واحدهای خریداری‌شده از تأمین‌کننده i، D تقاضای کل در طول یک دوره ثابت، n تعداد تأمین‌کننده، P_i هزینه خرید هر واحد از تأمین‌کننده i ام،Fi درصد واحدهای قابل‌قبول دریافت شده از تأمین‌کننده iام، Si در صدد دریافت‌های به‌موقع از تأمین‌کننده iام و Ci ظرفیت تأمین‌کننده iام است. در روابط بالا تابع هدف اول (۹) هزینه مالی کل را کمینه می‌کند و توابع هدف دوم (۱۰) و سوم (۱۱) به ترتیب کیفیت کل واحدهای خریداری‌شده و سطح خدمت واحدهای خریداری‌شده و نرخ تحویل به‌موقع محصول از تأمین‌کنندگان را بیشینه می‌کنند. همچنین محدودیت اول (۱۲) اطمینان می‌دهد که تقاضای کل برآورده می‌شود. محدودیت دوم (۱۳) به این معنی است که کمیت سفارش از هر تأمین‌کننده باید برابر یا کمتر از ظرفیت آن باشد و محدودیت سوم (۱۴) سفارش‌های منفی را حذف می‌کند. در این مطالعه، سطح‌های آرمانی برای اهداف و محدودیت‌های فازی در نظر گرفته می‌شود. برای حل مسئله بالا می‌توان از روش‌های حل مدل‌های برنامه‌ریزی چندهدفه مانند روش‌های «نظریه مطلوبیت»، «برنامه‌ریزی آرمانی»، «برنامه‌ریزی فازی» و یا «روش‌های تعاملی» استفاده کرد که در این مقاله به روش‌های برنامه‌ریزی فازی اشاره می‌شود. در حالت کلی اهداف تعریف‌شده در رابطه با یکدیگر در تعارض هستند؛ به‌عبارت‌دیگر نمی‌توان جوابی برای

مسئله پیدا کرد که در آن همه اهداف بهینه شوند. برای حل چنین مسائلی از روش‌های «تصمیم‌گیری چندمعیاره پیوسته» (MODM) می‌توان استفاده کرد [اگر جواب‌های قابل‌قبول مسئله غیرقابل‌شمارش باشند، مسئله چندهدفه پیوسته نامیده می‌شوند].

مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی لای و هوانگ. لای و هوانگ (۱۹۹۳) فرض کردند که ضرایب غیرقطعی، توزیع مثلثی دارند. در این حالت مدل عمومی عبارت است از: L تابع هدف فازی و S محدودیت فازی [۲۱].

رابطه (۱۵)
$$Find\ x$$
$$S.t.$$

رابطه (۱۶)
$$c_k x \tilde{\geq} z_{k,} \quad k \in I_1$$

رابطه (۱۷)
$$c_k x \tilde{\leq} z_{k,} \quad k \in I_2$$

رابطه (۱۸)
$$a_r x \cong b_{r,} \quad r \in T$$

رابطه (۱۹)
$$x \in X$$

که $I_1 \cup I_2=\{1, 2, .., l\}$, $I_1 \cap I_2=\emptyset$ و X مجموعه‌ای از محدودیت‌های خطی قطعی و قیدهای علامت است.

رابطه (۲۰)
$$c_k x = \sum_{i=1}^{n} c_{ki} x_i \quad k = 1, \ldots, l$$

رابطه (۲۱)
$$a_r x = \sum_{i=1}^{n} a_{ri} x_i \quad r = 1, .., s$$

برای $k \in I_{1,2}$، Z_K سطح آرمانی نادقیق برای kامین تابع هدف است. $Z_K \in [Z_K^L, Z_K^U]$ به ترتیب مرزهای پایین و بالای آرمانی برای Kامین تابع هدف فازی و $b_r \in [b_r^L, b_r^U]$ نیز به ترتیب مرزهای پایین و بالای آرمانی برای rامین محدودیت فازی هستند. طبق برنامه‌ریزی ریاضی فازی، هر هدف و محدودیت فازی در ضوابط زیرمجموعه‌ها و با توابع عضویت مناسب تعریف می‌شوند که به ترتیب با $\mu_K(C_K X)$ برای $K \in I_{1,2}$ و $\mu_r(\alpha_r X)$ برای $r \in T$ مشخص می‌شوند. در این مدل تمامی ضرایب، چه در تابع هدف و چه در ضرایب فنی و منابع، غیرقطعی هستند. برای حل مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی، رهیافت‌های مختلفی وجود دارد که در این مقاله به مدل‌های جمعی، مدل بیشینه- کمینه لای و وانگ و مدل آریخان اشاره شده و مطلوبیت

به‌دست‌آمده از حل مدل‌های جمعی فازی و بیشینه – کمینه با مطلوبیت مدل آریخان [با درنظرگرفتن نظر تصمیم‌گیرنده] مقایسه می‌شود.

با فرض اینکه توابع عضویت خطی هستند، تعریف‌های ریاضی به‌صورت زیر خواهند بود:

$$\mu_k(c_k x)=\begin{cases}1 & if \quad c_k x \ge z_K^U \\ \dfrac{(c_k x)-z_K^L}{z_K^U-z_K^L} & if \quad z_K^L \le c_k x \le z_K^U, \quad \forall k \in I_1 \\ 0 & if \quad c_k x \le z_K^L\end{cases}$$ رابطه (۲۲)

$$\mu_k(c_k x)=\begin{cases}1 & if \quad c_k x \le z_K^L \\ \dfrac{z_K^U-(c_k x)}{z_K^U-z_K^L} & if \quad z_K^L \le c_k x \le z_K^U, \quad \forall k \in I_2 \\ 0 & if \quad c_k x \ge z_K^L\end{cases}$$ رابطه (۲۳)

$$\mu_r(a_r x)=\begin{cases}0 & if \quad c_k x \le z_K^L \\ \dfrac{a_r x-b_r^L}{b_r-b_r^L} & if \quad b_r^L \le a_r x \le b_r \\ \dfrac{b_r^u-(a_r x)}{b_r^u-b_r} & if \quad b_r \le a_r x \le b_r^U \\ 0 & if \quad a_r x \ge b_r^u\end{cases} \quad \forall r \in T$$ رابطه (۲۴)

معادله (۲۲) افزایش خطی یکنواخت تابع عضویت $\mu_K(C_K X)$ برای بیشینه‌کردن اهداف با سطح‌های آرمانی فازی و معادله (۲۳) کاهش خطی یکنواخت تابع عضویت $\mu_K(C_K X)$ برای کمینه کردن اهداف با سطح‌های آرمانی فازی را نشان می‌دهد. معادله (۲۴) نیز تابع عضویت مثلثی $\mu_r(\alpha_r X)$ برای محدودیت‌هاست. Z_K^U برای توابع هدف بیشینه و Z_K^L برای توابع کمینه با حل مسئله چندهدفه به‌صورت یکسری مسائل تک‌هدفه [مسائل برنامه‌ریزی خطی معمولی] بااستفاده از یک هدف و حذف دیگر اهداف در هر بار حل به‌دست آورده خواهد شد [بهترین مقادیر] و سپس با تبدیل تابع هدف بیشینه به کمینه و همچنین کمینه به بیشینه و حل مجدد مدل‌ها به‌صورت مستقل، بدترین جواب برای توابع هدف به‌دست می‌آید. درواقع با این کار مرز منطقه موجه مشخص می‌شود [۲۶].

مدل بیشینه – کمینه وزن‌دار. چن و تاسی (۲۰۰۱) نشان دادند که گاهی، به دلیل وزن زیاد برخی اهداف، سطح‌های دستیابی به اهداف، ممکن است متناظر با نسبت تعیین‌شده برای وزن‌ها نباشد؛ اگر این موضوع برای تصمیم‌گیرنده حائز اهمیت باشد، از روش بیشینه کمینه وزن‌دار

استفاده می‌شود [۱۱]. مدل بیشینه کمینه وزن‌دار، رویکردی برای حل مدل چندهدفه فازی است. در این مدل W_k و r به ترتیب وزن اهداف و محدودیت‌های فازی هستند. در این روش وزن اهداف در تابع هدف لحاظ شده که ضریبی برای برآورده‌شدن اهداف نیز هست. این مدل به‌صورت زیر تعریف می‌شود [۲۱، ۲۲، ۲۵]:

رابطه (۲۵)
$$\max \lambda + \{\sum_{k=1}^{l} w_k \mu_k(c_k x) + \sum_{r=1}^{s} \beta_r \mu_r(a_r x)\} / (l+S)$$

$S.t$

رابطه (۲۶)
$$\lambda \le \mu_k(c_k x), \quad k = 1, 2, \ldots, l$$

رابطه (۲۷)
$$\lambda \le \mu_r(a_r x), \quad r = 1, 2, \ldots, s$$

رابطه (۲۸)
$$\sum_{j=1}^{l} w_k + \sum_{r=1}^{s} \beta_r = 1$$

رابطه (۲۹)
$$w_k, \beta_r \ge 0$$

رابطه (۳۰)
$$\lambda \in [0,1]$$

رابطه (۳۱)
$$x \in X$$

در معادله بالا λ کمینه درجه رضایت است و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه (۳۲)
$$\min_{k,r} \{\mu_k(c_k x), \mu_r(a_r x)\}, \quad for\ k = 1, 2, \ldots, l;\ r = 1, 2, \ldots, s.$$

مدل فازی آریخان. آریخان (۲۰۱۳) در مدل خود نظرات و ارجحیت تصمیم‌گیرنده را نیز در حل مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی لای و وانگ در نظر می‌گیرد. مدل ارائه‌شده توسط او به‌صورت زیر است [۶]:

رابطه (۳۳)
$$\max \lambda + \{\sum_{k=1}^{l} \mu_k(c_k x) + \sum_{r=1}^{s} \mu_r(a_r x)\} / (l+S)$$

$S.t$

رابطه (۳۴)
$$\lambda \le \mu_k(c_k x), \quad k = 1, 2, \ldots, l$$

رابطه (۳۵)
$$\lambda \le \mu_r(a_r x), \quad r = 1, 2, \ldots, s$$

رابطه (۳۶)
$$\mu_k(c_k x) \ge \alpha_{k,} \quad k = 1, 2, \ldots, l$$

$$\mu_r(a_r x) \geq \alpha_r, \quad r = 1, 2, \ldots, s$$ رابطه (۳۷)

$$\alpha_r, \alpha_k, \lambda \in [0,1]$$ رابطه (۳۸)

$$x \in X$$ رابطه (۳۹)

λ کمینه درجه رضایت (۱۹) و k و r به ترتیب کمینه سطح‌های دستیابی قابل‌قبول برای هدف Kام و محدودیت rام هستند که توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شوند. درواقع حدی برای اهداف و محدودیت‌ها مشخص می‌شود.

مدل ارائه‌شده پژوهش. ایراد مدل آریخان این است که این مدل وزنی برای اهداف و محدودیت‌ها، قبل از حل مدل، در نظر نمی‌گیرد؛ به‌عبارت‌دیگر این مدل اولویتی برای برآورده‌شدن اهداف در نظر نگرفته و اهداف و محدودیت‌ها را دارای وزن و اهمیت یکسان در نظر می‌گیرد. در این مقاله با ارائه و توسعه مدل آریخان، مدل وزن‌داری ارائه می‌شود که علاوه بر در نظر گرفتن ترجیحات تصمیم‌گیرنده، بتواند اولویت و اهمیت شاخص‌ها را نیز در نظر بگیرد. مدل ارائه‌شده پژوهش به‌صورت زیر است:

$$\max \lambda + \{\sum_{k=1}^{l} w_k \mu_k(c_k x) + \sum_{r=1}^{s} \beta_r \mu_r(a_r x)\} / (l + S)$$ رابطه (۴۰)

S.t.

$$\lambda \leq \mu_k(c_k x), \quad k = 1, 2, \ldots, l$$ رابطه (۴۱)

$$\lambda \leq \mu_r(a_r x), \quad r = 1, 2, \ldots, s$$ رابطه (۴۲)

$$\mu_k(c_k x) \geq \alpha_{k,} \quad k = 1, 2, \ldots, l$$ رابطه (۴۳)

$$\mu_r(a_r x) \geq \alpha_r, \quad r = 1, 2, \ldots, s$$ رابطه (۴۴)

$$\sum_{k=1}^{l} w_k + \sum_{r=1}^{s} \beta_r = 1, w_k, \beta_r \geq 0$$ رابطه (۴۵)

$$\alpha_r, \alpha_k, \lambda \in [0,1]$$ رابطه (۴۶)

$$x \in X$$ رابطه (۴۷)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

در مدل پژوهش λ کمینه درجه رضایت (رابطه ۳۳)، k و r به ترتیب کمینه سطح‌های دستیابی قابل‌قبول برای هدف Kام و محدودیت rام و W_k و r به ترتیب وزن اهداف و محدودیت‌های فازی هستند که توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شوند.

با نگاهی به راهبرد این‌گونه مدل‌ها مشخص می‌شود که چگونه یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه به یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی تبدیل شده و هر تابع هدف فازی به‌وسیله تابع عضویت آن مشخص و به‌صورت یک محدودیت تعریف می‌شود. بهینه‌کردن تابع هدف به‌صورت محدودیت در یک محیط فازی، درست همانند یک محیط غیرفازی است که در آن، تابع هدف با توجه به محدودیت‌ها بهینه می‌شود. تصمیم در محیط فازی، فصل مشترک محدودیت‌های فازی و توابع هدف فازی است؛ بنابراین رابطه بین محدودیت‌ها و هدف‌ها در یک محیط فازی کاملاً متقارن است [۸].

مورد مطالعه. به‌منظور نمایش کارایی و سودمندی روش پیشنهادی در یک مثال عددی، از یک مطالعه موردی استفاده شده است. مورد مطالعه در این مقاله یک کارخانه سازنده در و پنجره‌های دو و سه‌جداره در شهر بوشهر است. کارخانه، مواد اولیه موردنیاز خود را از سه تأمین‌کننده به نام «هونام» (A_1)، «زیگینیا آلمان» (A_2) و «یراق گستر» (A_3) خریداری می‌کند. در این مقاله با در نظر گرفتن معیارهای قیمت، کیفیت و تحویل به‌موقع و با توجه به محدودیت‌های تقاضای کارخانه و ظرفیت تأمین‌کنندگان، مقدار خرید از هر تأمین‌کننده مشخص می‌شود. اطلاعات تأمین‌کنندگان کارخانه در جدول ۳ نشان داده شده است [اعداد مرزی برای اهداف، با حل مدل بیشینه و مدل کمینه معمولی به دست می‌آید].

جدول ۳. اطلاعات تأمین‌کنندگان

تأمین‌کنندگان	قیمت	کیفیت (٪)	تحویل به‌موقع (٪)	ظرفیت تأمین‌کننده
هونام ($\mathbf{A_1}$)	۸۰	۷۰	۹۰	۲۵۰۰
زیگینیا ($\mathbf{A_2}$)	۹۰	۹۰	۷۰	۳۰۰۰
یراق گستر ($\mathbf{A_3}$)	۷۰	۸۰	۸۰	۳۵۰۰

در پژوهش حاضر، وزن شاخص‌های قیمت، کیفیت، تحویل به‌موقع و تقاضای تأمین‌کننده که به‌عنوان اهداف و محدودیت‌های مدل برنامه‌ریزی چندهدفه پژوهش هستند، از طریق روش FAHP و با رویکرد روش تجزیه‌وتحلیل توسعه‌ای چانگ به‌دست می‌آید. به‌منظور دستیابی به وزن اهداف و محدودیت‌های فازی، پرسش‌نامه مرسوم AHP بین شش خبره دانشگاهی و صنعت توزیع شد. پس از انجام محاسبات روش FAHP، وزن شاخص‌ها به‌صورت جدول ۴ گزارش می‌شود.

جدول ۴. وزن اهداف و محدودیت‌های فازی (وزن شاخص‌ها)

شاخص	قیمت	کیفیت	تحویل به‌موقع	تقاضای تأمین‌کننده
وزن	۰/۴۱۵	۰/۳۸۰	۰/۱۳۰	۰/۰۷۵

حال اگر شرکت مایل باشد بداند با توجه به تقاضای خود و ظرفیت تأمین‌کنندگان، به چه میزان از هر تأمین‌کننده خریداری کند تا مطلوبیتش بیشینه شود؛ برای حل، گام‌های زیر باید طی شود.

گام ۱: مدل انتخاب تأمین‌کننده چندهدفه فازی با توجه به رابطه (۱۴) به‌صورت زیر است

$$Find\ x_1, x_2, x_3$$ رابطه (۴۸)

S.t.

$$80x_1 + 90x_2 + 70x_3 \tilde{\leq} z_1$$ رابطه (۴۹)

$$0.7x_1 + 0.9x_2 + 0.8x_3 \tilde{\geq} z_2$$ رابطه (۵۰)

$$0.9x_1 + 0.7x_2 + 0.8x_3 \tilde{\geq} z_3$$ رابطه (۵۱)

$$x_1 + x_2 + x_3 \tilde{=} 5000$$ رابطه (۵۲)

$$x_1 \leq 2500$$ رابطه (۵۳)

$$x_2 \leq 3000$$ رابطه (۵۴)

$$x_3 \leq 3500$$ رابطه (۵۵)

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$ رابطه (۵۶)

گام ۲: در این مرحله مدل‌های تک‌هدفه با استفاده از یک هدف و حذف دیگر اهداف به‌صورت بیشینه و کمینه به‌منظور دستیابی به مرزهای اهداف فازی حل می‌شود. مرز اهداف در جدول ۵ مشخص شده است؛ همچنین اعداد فازی مثلثی برای تقاضای فازی نیز به‌صورت [۴۵۰۰، ۵۰۰۰، ۵۷۵۰] تعریف‌شده‌اند که بر اساس مصاحبه‌ای که با مدیر خرید کارخانه انجام شد به‌دست آمده است.

جدول ۵. منطقه موجه اهداف فازی

اهداف		قیمت	کیفیت	تحویل
		Z_1	Z_2	Z_3
مرزها	Min	۳۶۵۰۰۰	۳۷۵۰	۳۸۴۰
	Max	۱۶۷۰۰۰	۴۳۰۰	۴۴۲۰

گام ۳: توابع عضویت مربوط بااستفاده از توابع عضویت معرفی‌شده (رابطه‌های ۲۲، ۲۳ و ۲۴) و با توجه به مرز اهداف ذکرشده در جدول ۵ ایجاد می‌شوند.

گام ۴: مدل بیشینه- کمینه وزن‌دار برای مثال توضیحی با استفاده از نرم‌افزار لینگو حل‌شده و حل بهینه فازی به‌دست‌آمده است. خلاصه نتایج در جداول ۴ ارائه شده است.

رابطه (۵۷) $\max \lambda + (0.415\lambda_1 + 0.380\lambda_2 + 0.130\lambda_3 + 0.075\lambda_4)/4$

رابطه (۵۸) $S.t.$

رابطه (۵۹) $\lambda \le \lambda_1$

رابطه (۶۰) $\lambda \le \lambda_2$

رابطه (۶۱) $\lambda \le \lambda_3$

رابطه (۶۲) $\lambda \le \lambda_4$

رابطه (۶۳) $\lambda_1 \le (430000 - (80x_1 + 90x_2 + 70x_3))/65000$

رابطه (۶۴) $\lambda_2 \le ((0.7x_1 + 0.9x_2 + 0.8x_3) - 3750)/550$

رابطه (۶۵) $\lambda_3 \le ((0.9x_1 + 0.7x_2 + 0.8x_3) - 3840)/580$

رابطه (۶۶) $\lambda_4 \le (5750 - (x_1 + x_2 + x_3))/750$

رابطه (۶۷) $\lambda_4 \le ((x_1 + x_2 + x_3) - 4500)/500$

رابطه (۶۸) $x_1 \le 2500$

رابطه (۶۹) $x_2 \le 3000$

رابطه (۷۰) $x_3 \le 3500$

$\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4 \in [0,1]$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتایج حل مدل بیشینه کمینه وزن‌دار در جدول‌های ۶، ۷ و ۸ نشان داده شده است.

جدول ۶. تعداد خرید از هر تأمین‌کننده با حل مدل بیشینه ـ کمینه وزن‌دار

تعداد خرید از هونام (A_1)	X_1	۱۱۲۸
تعداد خرید از زیگینیا (A_2)	X_2	۵۸۰
تعداد خرید از یراق گستر (A_3)	X_3	۳۴۹۹

جدول ۷. سطوح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی با حل مدل بیشینه – کمینه وزن‌دار

سطح دستیابی به هدف قیمت	$\mu_1(c_1x)$	۰/۶۵۶
سطح دستیابی به هدف کیفیت	$\mu_2(c_2x)$	۰/۶۵۶
سطح دستیابی به هدف تحویل به‌موقع	$\mu_3(c_3x)$	۰/۶۵۶
سطح دستیابی به محدودیت تقاضا	$\mu_1(\ _1x)$	۰/۷۲۴

جدول ۸. مقادیر اهداف و محدودیت‌های فازی با حل مدل بیشینه – کمینه وزن‌دار

مقدار تابع هدف کمینه کردن قیمت	۳۸۷۳۷۰
مقدار تابع هدف بیشینه کردن کیفیت	۴۱۱۰/۸
مقدار تابع هدف بیشینه کردن تحویل به‌موقع	۴۲۲۰/۴
مقدار محدودیت برآورده کردن تقاضا	۵۲۰۷

در جدول ۶ تعداد خرید از هر تأمین‌کننده مشخص شده است که تعداد ۱۱۲۸ واحد محصول ازA_1 ، ۵۸۰ واحد از A_2 و ۳۴۹۹ واحد از A_3 است. در این حالت همان‌طور که در جدول‌های۷ و ۸ مشخص است، بودجه‌ای برابر ۳۸۷۳۷۰ واحد برای خرید محصول در نظر گرفته می‌شود که با این بودجه، سطح دستیابی به هدف کمینه‌کردن قیمت محصولات برابر ۰/۶۵۶ می‌شود درحالی‌که تعداد تقاضای برآورده شده کارخانه برابر ۵۲۰۷ واحد خواهد بود که با این مقدار تقاضا، سطح دستیابی به محدودیت تقاضای کارخانه برابر ۰/۷۲۴ خواهد شد. به‌عبارتی پژوهشگران حدوداً ۶۵ درصد به هدف کمینه‌کردن قیمت محصولات و ۷۲ درصد برآوردن محدودیت تقاضای کارخانه، نائل شده‌اند

گام ۵ و ۶: حال اگر تصمیم‌گیرنده با سطح‌های به‌دست‌آمده از مدل بیشینه کمینه وزن‌دار راضی نشده و خواهان این باشد که سطح دستیابی به تابع هدف قیمت و محدودیت تقاضا کمتر از ۰/۸۰۰ نشود، برای حل این مسئله می‌توان از مدل فازی ارائه‌شده پژوهش با درنظرگرفتن وزن اهداف و محدودیت‌های فازی در مدل آریخان، استفاده کرد.

رابطه (۷۱) $\max \lambda + (0.415\lambda_1 + 0.380\lambda_2 + 0.130\lambda_3 + 0.075\lambda_4)/4$

S.t.

رابطه (۷۲) $\lambda \le \lambda_1$

رابطه (۷۳) $\lambda \le \lambda_2$

رابطه (۷۴) $\lambda \le \lambda_3$

رابطه (۷۵) $\lambda \le \lambda_4$

رابطه (۷۶) $\lambda_1 \le (430000 - (80x_1 + 90x_2 + 70x_3)) / 65000$

رابطه (۷۷) $\lambda_2 \le ((0.7x_1 + 0.9x_2 + 0.8x_3) - 3750) / 550$

رابطه (۷۸) $\lambda_3 \le ((0.9x_1 + 0.7x_2 + 0.8x_3) - 3840) / 580$

رابطه (۷۹) $\lambda_4 \le (5750 - (x_1 + x_2 + x_3)) / 750$

رابطه (۸۰) $\lambda_4 \le ((x_1 + x_2 + x_3) - 4500) / 500$

رابطه (۸۱) $x_1 \le 2500$

رابطه (۸۲) $x_2 \le 3000$

رابطه (۸۳) $x_3 \le 3500$

رابطه (۸۴) $\lambda, \lambda_2, \lambda_3, \in [0,1]$

رابطه (۸۵) $\lambda_1, \lambda_4 \in [0.80,1]$

نتایج حل مدل پژوهش در جدول‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است.

جدول ۹. خرید از هر تأمین‌کننده با حل مدل پژوهش

تعداد خرید از هونام (A_1)	X_1	۱۰۶۴
تعداد خرید از زیگینیا (A_2)	X_2	۵۳۲
تعداد خرید از یراق گستر (A_3)	X_3	۳۵۰۰

جدول ۱۰. سطوح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی با حل مدل پژوهش

سطح دستیابی به هدف قیمت	$\mu_1(c_1x)$	۰/۸۰۰
سطح دستیابی به هدف کیفیت	$\mu_2(c_2x)$	۰/۴۹۷
سطح دستیابی به هدف تحویل به‌موقع	$\mu_3(c_3x)$	۰/۵۰۰
سطح دستیابی به محدودیت تقاضا	$\mu_1(\ _1x)$	۰/۸۷۲

جدول ۱۱. مقدار اهداف و محدودیت‌های فازی با حل مدل پژوهش

مقدار تابع هدف کمینه کردن قیمت	۳۷۸۰۰۰
مقدار تابع هدف بیشینه‌کردن کیفیت	۴۰۲۳/۶
مقدار تابع هدف بیشینه‌کردن تحویل به‌موقع	۴۱۳۰
مقدار محدودیت برآورده کردن تقاضا	۵۰۹۶

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

الگوریتم با فرض اینکه تصمیم‌گیرنده راضی شده، با حل بهینه فعلی پایان یافته است. با مقایسه جدول‌های ۶ تا ۱۱، مشخص می‌شود که با اعمال‌نظر تصمیم‌گیرنده چه تفاوتی در مقدار خرید از تأمین‌کنندگان ایجاد می‌شود؛ همچنین مشخص است که مقدار λ [سطح دستیابی به اهداف و محدودیت فازی] برای هدف کمینه‌کردن قیمت و محدودیت برآوردن تقاضا برابر خواسته تصمیم‌گیرنده شده است. همان‌طورکه در جدول ۱۰ و ۱۱ ملاحظه می‌شود، با تغییر سطح دستیابی به هدف کمینه‌کردن قیمت از ۰/۶۵۶ به ۰/۸۰۰، مقدار بودجه خرید کارخانه از ۳۸۷۳۷۰ به ۳۷۸۰۰۰ تغییر کرده است که نشان می‌دهد پژوهشگران حدود ۸۰ درصد به هدف کمینه‌کردن قیمت محصولات دست یافته‌اند؛ همچنین مقدار تقاضا نیز از ۵۲۰۷ به ۵۰۹۶ تغییر پیدا کرد که نشان‌دهنده برآورده کردن محدودیت تقاضای کارخانه با مقدار کمتری تقاضا از تأمین‌کنندگان است.

با افزایش سطح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی ممکن است از سطح دستیابی به اهداف دیگر فازی کم شود که درواقع این هزینه‌ای است که تصمیم‌گیرنده در قبال افزایش سطح دستیابی به اهداف موردنظرش باید متحمل شود. در جدول ۱۰ مشخص است که سطح دستیابی به هدف بیشینه‌کردن کیفیت از ۰/۶۵۶ به ۰/۴۹۷ و سطح دستیابی به هدف بیشینه‌کردن تحویل به‌موقع از ۰/۶۵۶ به ۰/۵۰۰ کاهش یافته است؛ همچنین با این اعمال‌نظر مقدار خرید از هر تأمین‌کننده تغییر می‌یابد. با مقایسه جدول‌های ۶ و ۹ مشخص می‌شود که در مدل بیشینه کمینه وزن‌دار مقدار خرید از A_1، ۱۱۲۸ واحد بوده است که با اعمال‌نظر تصمیم‌گیرنده به ۱۰۶۴ واحد، مقدار خرید از A_2 از ۵۸۰ به ۵۳۲ واحد و مقدار خرید از A_3 از ۳۴۹۹ به ۳۵۰۰ واحد تغییر پیدا کرده است.

اعتبارسنجی مدل ارائه‌شده. به‌منظور اعتبارسنجی مدل ارائه‌شده در این پژوهش، مدل ارائه‌شده با داده‌هایی که آریخان مدل خود را با آن آزموده است، آزمون و اعتبارسنجی می‌شود. داده‌های استفاده‌شده توسط آریخان در جدول ۱۲ آورده شده است:

جدول ۱۲. داده‌های مورداستفاده برای آزمایش مدل پژوهش

تأمین‌کنندگان	قیمت	کیفیت (٪)	تحویل به‌موقع (٪)	ظرفیت تأمین‌کننده
A_1	۵	۸۰	۹۰	۴۰۰
A_2	۷	۹۰	۸۰	۴۵۰
A_3	۴	۸۵	۸۵	۴۵۰

منطقه موجه اهداف نیز با حل مدل‌های تک‌هدفه بااستفاده از یک هدف و حذف دیگر اهداف به‌صورت بیشینه و کمینه به‌صورت جدول ۱۳ نشان داده شده است.

جدول ۱۳. منطقه موجه اهداف فازی در مدل آریخان

اهداف		قیمت	کیفیت	تحویل
		Z_1	Z_2	Z_3
مرزها	Min	۳۵۵۰	۶۶۰	۶۷۵/۵
	Max	۴۹۰۰	۷۰۲/۵	۷۰۰

در مدل آریخان، تصمیم‌گیرنده تعیین کرده است که سطح دستیابی به هدف کمینه‌کردن قیمت و سطح دستیابی به برآوردن محدودیت تقاضا از ۰/۷۵ کمتر نشود؛ همچنین مقدار تقاضای فازی نیز برابر با [۷۵۰, ۸۰۰, ۸۷۵] است. نتایج حل مدل ارائه‌شده پژوهش با وزنی که از روش FAHP به‌دست آمد و بااستفاده از داده‌های مدل آریخان، در جدول ۱۴ نشان شده است.

جدول ۱۴. مقایسه نتایج حل مدل آریخان و مدل ارائه‌شده پژوهش با داده‌های یکسان

مدل آریخان	مدل پژوهش	
۴۵۰	۴۵۰	تعداد خرید از هونام (A_1)
۱۲۶	۱۲۳	تعداد خرید از زیگینیا (A_2)
۲۴۱	۲۴۵	تعداد خرید از یراق گستر (A_3)
۰/۷۵۱	۰/۷۵۰	سطح دستیابی به هدف قیمت
۰/۶۷۵	۰/۶۸۷	سطح دستیابی به هدف کیفیت
۱/۰۰	۱/۰۰	سطح دستیابی به هدف تحویل به‌موقع
۰/۷۵۳	۰/۷۶۰	سطح دستیابی به محدودیت تقاضا
۳۸۸۷	۳۸۸۶	مقدار تابع هدف کمینه کردن قیمت
۶۸۸/۷	۶۹۸/۲	مقدار تابع هدف بیشینه‌کردن کیفیت
۷۰۰/۲	۷۰۱/۴	مقدار تابع هدف بیشینه‌کردن تحویل به‌موقع
۸۱۷	۸۱۸	مقدار محدودیت برآورده کردن تقاضا

با مقایسه نتایج حل مدل‌های آریخان و مدل ارائه‌شده پژوهش، مشخص شد که با درنظرگرفتن وزن اهداف و محدودیت‌های فازی در تابع هدف مدل آریخان، تعداد تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان تغییر پیدا می‌کند. ممکن است این تغییر در این مثال کوچک، قابل‌توجه نباشد؛ اما وقتی هدف صنعتی بزرگ بوده و هر واحد خرید از هر تأمین‌کننده مستلزم صرف هزینه‌های بالایی برای شرکت باشد، اهمیت این تغییرات مشخص می‌شود؛ بنابراین با درنظرگرفتن وزن اهداف و محدودیت‌های فازی و به‌نوعی تعریف اولویتی برای برآورده‌شدن این اهداف و محدودیت‌ها، نتایج به واقعیت نزدیک‌تر خواهد شد و می‌توان مدل را دارای اعتبار و قابل‌به‌کارگیری برای صنایع مختلف معرفی کرد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه یک مسئله انتخاب تأمین‌کننده به‌عنوان مسئله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه در نظر گرفته شده است. در مدل انتخاب تأمین‌کننده چندهدفه عمومی، سه تابع هدف به‌عنوان کمینه قیمت، بیشینه کیفیت و بیشینه دریافت به‌موقع به ترتیب با سطح‌های آرمانی و تقاضای فازی برای ساخت مدل ریاضی در نظر گرفته‌شده و هر پارامتر فازی به‌صورت ریاضی با استفاده از یک تابع عضویت خطی مناسب نشان داده شده است. در این پژوهش از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به‌منظور رسیدن به وزن و اهمیت اهداف و محدودیت‌های فازی استفاده شده است. در گام بعدی این اوزان در مدل برنامه‌ریزی چندهدفه قرار داده‌شده و با روش حل فازی بیشینه کمینه وزن‌دار و با در نظر گرفتن محدودیت تقاضا و عرضه تأمین‌کنندگان، مدل اجرا شد. با فرض راضی‌نشدن تصمیم‌گیرنده از جواب‌ها و سطح‌های دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی، مدل ارائه‌شده پژوهش که مدل توسعه‌یافته آریخان است، قادر است نظر و ارجحیت تصمیم‌گیرنده درصورتی‌که خواستار دستیابی به سطح بالاتری از مطلوبیت در اهداف و محدودیت‌های فازی باشد را در مدل بیشینه کمینه لحاظ و با درنظرگرفتن وزن و اهمیت اهداف و محدودیت‌های فازی، سطح بالاتری از دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی را در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار دهد؛ البته درنظرگرفتن ارجحیت نظر تصمیم‌گیرنده در مدل در مورد هدف و محدودیت خاصی، سطح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های دیگر را کاهش می‌دهد که به‌صورت طبیعی این هزینه‌ای است که تصمیم‌گیرنده برای رسیدن به مطلوبیت بیشتر در اهداف و محدودیت‌های موردنظرش، باید برای اهداف و محدودیت‌های دیگر بپذیرد.

درنهایت می‌توان گفت، مدل ارائه‌شده در این پژوهش در مقایسه با مدل آریخان، وزن و اهمیت شاخص‌ها که درواقع همان اهمیت اهداف و محدودیت‌های فازی است را در نظر گرفته است که می‌تواند در سطح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی و همچنین در مقدار سفارش

بهینه به تأمین‌کنندگان تأثیر بگذارد و درنهایت جواب قابل‌اتکاتری به‌دست آید؛ همچنین سعی شده وزن شاخص‌ها، از یک روش علمی به‌دست آورده شود تا بتوان با اطمینان بیشتری به نتایج پژوهش، اتکا کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. آذر، ع؛ رجب‌زاده، ع. (۱۳۸۹). تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد MADM. تهران: نگاه دانش، چاپ چهارم.

2. Amid, A, Ghodsypour, S, & O Brien, C. (2009). A weighted additive fuzzy multi-objective model for the supplier selection problem under price breaks in a supply chain. *International Journal of Production Economics, 121*, 323-332.

3. Amid, A, Ghodsypour, S, & O Brien, 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, & O'Brien, C. (2010). A Weighted max-min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*.

5. Amin, S, Razmi, J, & Zhang, G. (2010). Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming. *Expert Systems with Applications* .

6. Arikan, F. (2013). A fuzzy solution approach for multi objective supplier selection. *Expert Systems with Applications*.

7. Arikan, F. (2011). An Augmented Max˚min Model For Multiple Objective Supplier Selection. *9th International Congress on Logistics and Supply Chain Management*.

8. Burton, T. (1988). JIT/Repetitive sourcing strategies: tying the knot with your suppliers. *Production and Inventory Management Journal*, 38-41.

9. Carrera, D, & Mayorga, R. (2008). Supply chain management: a modular Fuzzy Inference System approach in supplier selection for new product development. *Journal of Intelligent Manufacturing, 19(1)*, 1-12.

10. Chen, L, & Wang, T-C. (2009). Optimizing partners choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. *Int. J.Production Economics, 12*, 233-242.

11. Chen, L. & Tasi, F. (2001). Fuzzy Goal Programming with Different Importance and Priorities. *European Journal of Operational Research, 133*, 548-556.

12. Chang, D.Y. (1992). "Extent Analysis and Synthetic Decision, Optimization Techniques and Applications" .WorldScientific, Singapore.

13. Díaz-Madroñero, M, Peidro, D, Mula, J, & Ferriols, F. (2010). Fuzzy Multiobjective Mathematical Programming Approaches for Operational Transport Planninlg. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa, 44(9)*.

14. Dulmin, R, & Mininno, V. (2003)". Supplier selection using a multi-criteria decision aid method. *Journal of Purchasing and Supply Management, 9*, 177-187.

15. Faez, F, Ghodsypour, S, & O Brien, C. (2009). Vendor selection and order allocation using an integrated fuzzy case-based reasoning and mathematical programming model. *International Journal of Production Economics*, 395-408.

16. Ghobadian, A, Stainer, A, & Kiss, T. (1993). A computerized vendor rating system. *Proceedings of the First International Symposium on Logistics*, 321-328.

17. Jolai, F, Yazdian, S, Shahanaghi, K, & Azari Khojasteh, M. (2010). Integrating fuzzy TOPSIS and multi-period goal programming for purchasing

multiple products from multiple suppliers."Journal of Purchasing and Supply Management .

18. Ku, C, Chang, C, & Ho, H. (2010). Global supplier selection using fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy goal programming. *Quality and Quantity, 44(4),* 623 - 640.

19. Kumar, M, Vrat, P, & Shankar, R. (2006)". A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *Int. J. Production Economic,* 273-285.

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

21. Lai, Y, & Hwang, C. (1993). "Possibilistic linear programming for managing interest rate risk. *Fuzzy Sets and Systems, 49,* 121˚133.

22. Lai, Y, & Hwang, C. (1996). Fuzzy multiple objective decision making-methods and applications"

23. Lee, A, Kang, H, & Chang, C. (2009). Fuzzy multiple goal programming applied to TFT-LCD supplier selection by downstream manufacturers. *Expert System with Applications,36,* 6318-6325.

24. Lin, Y-T, Lin, C-L, Yu, H-C, & Tzeng, G. (2010). A novel hybrid MCDM approach for outsourcing vendor selection:A case study for a semiconductor company in Taiwan. *Expert Systems with Applications, 37,* 4796-4804.

25. Lin, C.-C. (2004). A weighted max˚min model for fuzzy goal programming. *Fuzzy Sets and Systems, 142,* 407˚420.

26. Hwang, C., & Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Springer-Verlag, Heidelberg.

27. Özgen, D, Önüt, S, Gülsün, B, Tuzkaya, U, & Tuzkaya, G. (2008). A two-phase possibilistic linear programming methodology for multi-objective supplier evaluation and order allocation problems. *Information Sciences,178,* 485-500.

28. Rezaei, J,Davoodi, M. (2010). Multi-objective models for lot-sizing with supplier selection. *Int. J. Production Economics, 130.*

29. Sarkis, J, Talluri, S, & Gunasekaran, A. (2007). A strategic model for agile virtual enterprise partner selection. *International Journal of Operations and Production Management, 27,* 1213-1234.

30. Soner Kara, S. (2011). Supplier selection with an integrated methodology in unknown environment. *Expert Systems with Applications, 38,* 2133-2139.

31. Wang, T, Chen, Y, Wang, W, & Su, T. (2010). Analysis of outsourcing cost effectiveness using a linear programming model with fuzzy multiple goals. *International Journal of Production Research, 48(2),* 501-523.

32. Wang, T, & Yang, Y. (2009). A fuzzy supplier selection in quantity discount environment. Expert System with Applications, 36, 12179-12187.

33. Weber, C, & Current, J. (1993). A multi-objective approach to vendor selection. *European Journal of Operations Research, 68.*

34. Weber, C, & Current, J. (2002). Theory and Methodology: A multi ˚ objective approach to vendor selection. *European Journal of Operational Reserch, 68,* 173-184

35. Weber, C, Current, J, & Desia. (2003). Non_cooperative negotiation strategies for vendor selection. *European Journal of Operational Reserch, 108.*

36. Wu, D, Zhang, Y, Wu, D, & Olson, D. (2010). Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modeling: A possibility approach. *European Journal of Operations Research, 200,* 774-787.

37. Yucel, A, Guneri, A. (2010). A weighted additive fuzzy programming approach for multi-criteria supplier selection. *Expert Systems with Application.*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی