

به کارگیری اوزان کاردینال در مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی وزن‌دار به منظور تعیین میزان خرید بهینه از تامین‌کنندگان

حمید شاهین‌درزاده^۱، علیرضا پیکام^{*}

۱- استادیار، دانشگاه خلیج فارس، گروه مدیریت صنعتی، بوشهر، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه خلیج فارس، گروه مدیریت صنعتی، بوشهر، ایران

رسید مقاله: ۷ اسفند ۱۳۹۳

پذیرش مقاله: ۱ مرداد ۱۳۹۴

چکیده

به دلیل نقش اساسی که تامین‌کنندگان در دستیابی به اهداف زنجیره تامین دارند، مساله تخصیص سفارش‌ها خرید به تامین‌کنندگان یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های مدیران خرید در یک زنجیره تامین می‌باشد. در این مقاله سعی شده است با مطالعه ادبیات نظری، شاخص‌های موثر در انتخاب تامین‌کننده شناسایی و پالایش شوند. سپس با استفاده از روش تخصیص خطی این شاخص‌ها اولویت‌بندی و پس از آن با استفاده از روش اصغر پور به اوزان کاردینال این شاخص‌ها دست یافته شود. در ادامه مدل برنامه‌ریزی چندهدفه برای تعیین مقادیر سفارش به تامین‌کنندگان با توجه به محدودیت‌ها و اهداف پژوهش، طراحی و برای حل آن از مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی وزن‌دار استفاده گردیده است. با فرض اینکه تصمیم‌گیرنده از جواب‌های به‌دست‌آمده راضی نشده باشد، از روش توسعه‌یافته‌ی آریخان با در نظر گرفتن ترجیحات تصمیم‌گیرنده و وزن شاخص‌ها (اهداف و محدودیت‌های فازی) استفاده می‌شود تا درنهایت تصمیم‌گیرنده به سطح‌های دستیابی موردنظرش در اهداف و محدودیت‌های فازی برسد و میزان سفارش به تامین‌کنندگان مشخص شود.

کلمات کلیدی: انتخاب تامین‌کننده، سفارش بهینه، تخصیص خطی، اوزان کاردینال، برنامه‌ریزی چندهدفه فازی.

۱ مقدمه

انتخاب تامین‌کننده، تاثیر قابل توجهی بر بهینه‌سازی کیفیت، کمیت، ارسال به موقع و قیمت کالاها و خدمات خریداری شده دارد [۱][۲]. به طور کلی می‌توان گفت که مساله انتخاب تامین‌کننده یک مساله تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM) است. زیرا لازم است تامین‌کنندگان را بر اساس بیش از یک شاخص یا معیار با یکدیگر مقایسه نمود [۳]. در دهه اخیر، مدیریت خرید در زنجیره عرضه چالشی برای بیشتر شرکت‌ها بوده است و نیاز به دستیابی به یک سطح رقابتی جهانی در زمینه‌ی عرضه به طور اساسی افزایش پیدا کرده است [۴]. در بیشتر صنایع،

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: peykam.alireza67@gmail.com

هزینه مواد خام و قطعات، هزینه اصلی یک محصول را تشکیل می‌دهند [۵]. بنابراین، بخش خرید می‌تواند نقش کلیدی را در کارایی و اثربخشی یک سازمان ایفا کرده و اثر مستقیمی روی کاهش هزینه، سودآوری و انعطاف‌پذیری یک شرکت داشته باشد [۶]. علاوه بر این، از آنجایی که هم‌اکنون عرضه کنندگان اثر اساسی را بر روی موقیت یا شکست یک شرکت اعمال می‌کنند، خرید که قبلاً به عنوان یک ابزار تاکتیکی محض در نظر گرفته می‌شد، هم‌اکنون به عنوان یک وظیفه استراتژیک شناخته می‌شود [۷]. در این مقاله به موضوع تخصیص سفارش‌ها به تامین کنندگان پرداخته شده است. این مساله یک مساله تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد. در دنیای واقعی، تصمیم‌گیرندگان اطلاعات دقیق و کاملی در ارتباط با معیارها و محدودیت‌ها ندارند. لذا همواره نوعی عدم قطعیت در مساله وجود دارد. مدل‌های قطعی به راحتی نمی‌توانند، عدم قطعیت را در مساله لحاظ نمایند. در این شرایط تئوری فازی یکی از بهترین ابزارها برای پاسخگویی به این نیاز می‌باشد. یکی از روش‌هایی که در زمینه‌ی مسایل تصمیم‌گیری و مدیریت متداول است، استفاده از مدل‌سازی به صورت عام و بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی به صورت خاص است. هدف از مدل‌سازی به تصویر درآوردن مسایل و مشکلات دنیای واقعی است، به طوری که بتوان با استفاده از یک مدل مجازی از مساله واقعی، تأثیر استراتژی‌ها و تصمیم‌های مختلف را بر روی مساله آزمایش کرد، بدون اینکه متحمل هزینه‌های دنیای خارج شد [۸]. از این‌رو به دلیل اینکه موضوع تخصیص سفارش‌ها به تامین کنندگان یک مساله چندمعیاره می‌باشد که در آن اهمیت معیارها با توجه به استراتژی‌های زنجیره تامین متفاوت است و به دلیل وجود عدم قطعیت در پارامترها، در این مقاله جهت مدل‌سازی مساله از یک مدل چندهدفه فازی که در آن بتوان اهمیت و وزن معیارها را به همراه ارجحیت و نظر تصمیم‌گیرنده اعمال نمود، توسعه داده شده است.

۲ پیشینه پژوهش

مساله‌ی انتخاب تامین کننده از مطالعات ۱۹۶۰ تاکنون مورد تأکید قرار گرفته است. اولین تحقیق در حوزه انتخاب تامین کننده را دیکسون انجام داد که منجر به شناسایی و رتبه‌بندی ۲۳ معیار شد [۹]. ویر و همکارانش [۱۰] در مروری جامع، ۷۴ مقاله را بررسی و آن‌ها را بر حسب معیارهای دیکسون دسته‌بندی کردند. ادبیات نظری فراوانی در حوزه انتخاب تامین کننده و مدل‌های تصمیم‌گیری در مورد آن وجود دارد. مدل‌های تصمیم‌گیری موجود اساساً در صدد پاسخگویی به این سوالات هستند: چه تعداد تامین کننده، مناسب است؟ خطمشی سفارش دهی بهینه چیست؟ و میزان سفارش بهینه به هر کدام از تامین کنندگان به چه میزان است؟ برای پاسخ به این سوالات، مدل‌های قطعی بسیاری ارایه شده‌اند. از جمله محققینی که چنین مدل‌هایی را ارایه کرده‌اند، می‌توان به بتال [۱۱]، هانگ و هایا [۱۲]، قدسی‌پور و ابرایان [۱۳]، داخل [۱۴]، هانگ‌هونگ و همکاران [۱۵] اشاره کرد. آریخان [۱۶] در پژوهش خود مساله‌ی انتخاب تامین کننده چندمنبعه را به صورت یک مساله‌ی برنامه‌ریزی خطی چندهدفه در نظر گرفته است. سه تابع هدف این مدل به ترتیب عبارت‌اند از: کمینه کردن هزینه، بیشینه کردن کیفیت و بیشینه کردن زمان تحویل به موقع. در این پژوهش، از توابع عضویت مثبتی برای اهداف قیمت، کیفیت و تحویل و همچنین محدودیت تقاضا استفاده شده است. آریخان در این پژوهش به منظور حل مساله، یک مدل

برنامه‌ریزی فازی و یک روش حل جدید برای پاسخ به آرمان‌ها و خواسته‌های تصمیم‌گیرنده در مورد اهداف فازی ارایه داده است. سلکوک کلیک [۱۷] در پژوهشی دیگر یک رویکرد یکپارچه شامل تکنیک تاپسیس فازی برای اولویت‌سازی و یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ترکیبی برای انتخاب بهترین تامین‌کننده در یک محیط چند تامین‌کننده‌ای ارایه داده است. در این پژوهش، مقدار اهمیت هر تامین‌کننده برای هر محصول با استفاده از تاپسیس فازی در اولین مرحله به دست می‌آید. در مرحله بعد، این مقادیر به عنوان ورودی در مدل ریاضی که تعداد خرید از هر تامین‌کننده را مشخص می‌کند، استفاده می‌شود. کنان و همکاران [۱۸] در مقاله خود، یک رویکرد یکپارچه از تئوری مطلوبیت چند شاخصه‌ی فازی و برنامه‌ریزی چندهدفه برای رتبه‌بندی و انتخاب بهترین تامین‌کننده سبز مطابق با معیار محیطی و اقتصادی و سپس تخصیص مقدار سفارش بهینه به آن‌ها ارایه کرده‌اند. در ابتدا، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس فازی برای اولویت‌سازی به منظور تحلیل اهمیت معیارهای چندگانه با ترکیب نظر کارشناسان و به منظور تعیین بهترین تامین‌کننده سبز به کاربرده می‌شود. سپس، برنامه‌ریزی خطی چندهدفه برای در نظر گرفتن و فرموله کردن محدودیت‌های مختلف مانند کنترل کیفیت، ظرفیت و اهداف دیگر استفاده می‌گردد. هدف مدل ریاضی این است که به طور هم‌زمان کل ارزش خرید را بیشینه و کل هزینه خرید را کمینه کند. برای کم کردن ذهنیت ترجیحات تصمیم‌گیرنده‌گان، در این پژوهش از منطق فازی استفاده شده است. لین و همکاران [۱۹] در پژوهش خود مدل برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP) را برای انتخاب تامین‌کننده در صنایع الکترونیکی ارایه کردن. برای ایجاد یک محیط خرید به موقع، روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، روش تاپسیس و برنامه‌ریزی خطی (LP) به طور اثربخش در فرآیند انتخاب تامین‌کننده به کار می‌رود. ANP و تاپسیس برای محاسبه وزن و رتبه‌بندی تامین‌کننده‌گان استفاده می‌شوند و LP به طور موثر مقدار سفارش را به هر فروشنده تخصیص می‌دهد. دبلیو و همکاران [۲۰] در مقاله‌ی خود یک فرآیند تصمیم‌گیری چندهدفه ادغامی را با استفاده از ANP و برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی (MIP) برای انتخاب تامین‌کننده‌ی بهینه ارایه داده‌اند. معیارها که با استفاده از روش دلفی از خبرگان جمع‌آوری می‌شوند، برای ایجاد یک مدل ANP استفاده می‌شود و در ادامه با جمع‌آوری داده از خبرگان تحلیل و اهمیت گذاری می‌شوند. نتایج نشان می‌دهد که هزینه هر واحد و هزینه هر واحد محصول معیوب عوامل مهم در انتخاب تامین‌کننده هستند. پس از آن، نتایج ANP به عنوان ضرایب تابع هدف در MIP برای تخصیص مقدار سفارش به تامین‌کننده‌گان استفاده می‌شود. همچنین روح‌بخش معیاری دوم و همکاران [۲۱] نیز در پژوهش خود تلاش کرده‌اند تا با ارایه چارچوبی منسجم و قابل اطمینان، به گردآوری و رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارهای مناسب جهت انتخاب یک تامین‌کننده خدمات لجستیک از میان گزینه‌های موجود دست یابند. در این رویکرد، از تلفیق تکنیک‌های توسعه عملکرد کیفیت، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تئوری فازی برای این رتبه‌بندی بهره برده شده است. شایان ذکر است در این تحقیق، نهایتاً هفت معیار و هجده زیر معیار گردآوری، ارزیابی و رتبه‌بندی شده است.

۳ روش‌شناسی

روش این پژوهش از نوع کاربردی – میدانی است. در اولین گام پژوهش اقدام به شناسایی و پالایش مهم‌ترین شاخص‌های موثر بر انتخاب تامین‌کننده با استفاده از ادبیات نظری و مصاحبه با خبرگان شده است. در مرحله‌ی بعد پرسشنامه‌ی مربوط به رتبه‌بندی شاخص‌ها از نظر میزان تأثیر در انتخاب تامین‌کننده در اختیار ۳ خبره دانشگاهی و ۳ کارشناس صنعت قرار گرفته تا شاخص‌ها را از نظر اهمیت رتبه‌بندی کنند. قبل از انجام این گام، اقدام به وزن دهی به خبرگان بر اساس شاخص‌های تخصص، سابقه‌ی کاری مرتبط و میزان تحصیلات با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌شود. در گام بعد با استفاده از روش تخصیص خطی به تجمعی نظرات افراد در رتبه‌بندی شاخص‌ها با توجه به وزن و اهمیت خبرگان پرداخته شده است. خروجی روش تخصیص خطی اولویت‌بندی شاخص‌های موثر بر انتخاب تامین‌کننده است. در گام بعد از روش اصغر پور برای رسیدن به اوزان کاردینال شاخص‌ها با توجه به میزان ارجحیت شاخص‌ها از نظر خبرگان پرداخته شده است. در مرحله‌ی بعد به طراحی مدل برنامه‌ریزی چنددهدفه با استفاده از مقادیر شاخص‌های کیفی و کمی مربوط به تامین‌کنندگان و محدودیت‌های تقاضای شرکت و عرضه‌ی تامین‌کنندگان پرداخته می‌شود. برای حل مدل برنامه‌ریزی چنددهدفه از مدل برنامه‌ریزی چنددهدفه فازی و روش بیشینه – کمینه با توجه به توابع عضویت اهداف و محدودیت‌های فازی استفاده گردید و خروجی مدل اصغر پور که اوزان شاخص‌هاست در تابع هدف مدل بیشینه – کمینه قرار داده شد. با حل این مدل مقدار سفارش تعیین‌شده برای هر تامین‌کننده و سطح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی راضی نشده باشد، میزان سطح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های موردنظر تصمیم‌گیرنده به اهداف و محدودیت‌های فازی در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌گیرد. با فرض اینکه تصمیم‌گیرنده از سطح‌های دستیابی به موردنظر تصمیم‌گیرنده به صورت محدودیت در مدل ارایه شده در پژوهش که مدل توسعه یافته‌ی آریخان با در نظر گرفتن وزن اهداف و محدودیت‌های فازی داده می‌شود. اگر سطح‌های دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی، موردنظر تصمیم‌گیرنده قرار گرفت، فرآیند حل به پایان می‌رسد، و گرنه مجدداً سطح‌های دستیابی قابل قبول از تصمیم‌گیرنده پرسش می‌شود و مجدداً مدل مذکور اجرا می‌شود. این فرآیند تازمانی که تصمیم‌گیرنده به سطح‌های موردنظرش در اهداف و محدودیت‌ها برسد، ادامه دارد تا درنهایت تصمیم‌گیرنده به سطح‌های دستیابی موردنظرش در اهداف و محدودیت‌های فازی برسد. با اجرای این مدل، میزان سفارش تعیین‌شده برای هر تامین‌کننده با در نظر گرفتن ارجحیت تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود.

۱-۳ روش تخصیص خطی

روش تخصیص خطی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و از زیر مجموع مدل‌های جبرانی است که خروجی آن به صورت یک مجموعه از رتبه‌ها بوده، بهنحوی که هماهنگی لازم را به مناسب‌ترین صورت تامین می‌نماید [۲۲]. در این روش گزینه‌های مفروض از مساله بر حسب امتیازات آن‌ها از هر شاخص موجود رتبه‌بندی شده و سپس، رتبه نهایی گزینه‌ها از طریق فرایند خطی مشخص می‌شود. به‌طور خلاصه، الگوریتم این روش به‌این ترتیب است که:

۱. رتبه هر گزینه (A_i) به ازای هر یک از شاخص‌های موجود (X_j) مشخص می‌شود.
۲. یک ماتریس مرجع $T_{m \times m}$ با عناصر غیر منفی چنان در نظر گرفته می‌شود که هر عنصر آن بیانگر تعداد دفعاتی باشد که گزینه i در رتبه k ام ازنظر شاخص‌های مختلف رتبه‌بندی شده باشد.
۳. رتبه نهایی برای هر گزینه (A_i) محاسبه می‌شود. به این منظور برای هر رتبه k ($k = 1, 2, \dots, m$), A_i پیدا می‌شود که بیشترین اثر را برای آن رتبه داشته باشد و تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی زیر را حداکثر سازد.

$$\begin{aligned} \text{Max } & \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m r_{ij} \cdot h_{ik} \\ \text{s.t. } & \sum_{k=1}^m h_{ik} = 1, \\ & \sum_{i=1}^m h_{ik} = 1, \\ & h_{ik} = 0 \text{ or } 1, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad k = 1, 2, \dots, m. \end{aligned} \quad (1)$$

پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی یک ماتریس مربع $T_{m \times m}$ به گونه‌ای در نظر گرفته می‌شود که A_i به رتبه‌ی نهایی k ام و اگذار شود، در صورتی که $h_{i,k} = 1$ باشد، در غیر این صورت $h_{i,k} = 0$ می‌شود [۲۳].

۳-۲-مشخص کردن امتیازات کاردينال با استفاده از رتبه‌بندی‌های مفروض برای m گزینه
 اکثر الگوریتم‌های گروهی و موجود تاکنون، برای اولویت‌بندی m گزینه (به صورت کاندیدا و یا در مقابل شاخص مفروض) موفق به ارایه رتبه‌بندی از اولویت‌ها می‌گردند. بدون آنکه به شدت ارجحیت ممکن از رتبه‌بندی‌ها توجهی داشته باشند. تعدادی از الگوریتم‌ها در این زمینه به صورت تصمیم‌گیری گروهی مطرح گردیده است. مانند توابع انتخاب دسته‌جمعی (بردا)، «کوک و سیفرد»، «برناردو»... لازم به توضیح است که الگوریتم‌های رتبه‌بندی نیاز به مفروضات کمتری نسبت به الگوریتم‌های کاردينال دارند. الگوریتمی که در ادامه توضیح داده می‌شود (از اصغر پور) با استفاده از اولویت‌بندی از m گزینه و با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی به اوزان کاردينال برای گزینه‌ها می‌رسد. برای استفاده از این مدل فرض می‌شود یک اولویت‌بندی از m گزینه، به طور نمونه به صورت ذیل مفروض باشد:

$$A_1^{(i)} > A_2^{(i')} > \dots > A_j^{(t)} > A_{j+1}^l > \dots > A_{m+1}^{(i'')} > A_m^{(i''')} \quad (2)$$

به طوری که گزینه $A^{(i)}$ در رتبه یکم و گزینه $A^{(i')}$ در آخرین رتبه (m) واقع شده است. از طرفی تنها استباط صحیح از رابطه $A_j^{(t)} > A_{j+1}^{(l)}$ (به ازای برتری گزینه t بر گزینه l) این واقعیت است که می‌بایست $W_j > W_{j+1}$ باشد. بدین لحاظ برای اولویت‌بندی (رابطه ۲) باید داشته باشیم:

$$w_1 > w_2 > \dots > w_j > w_{j+1} > \dots > w_{m-1} > w_m \quad (3)$$

و به بیان دیگر:

$$(w_1 - w_r) > 0, (w_r - w_s) > 0, \dots, (w_j - w_{j+1}) > 0, \dots, (w_{m-1} - w_m) > 0. \quad (4)$$

اما، به منظور رعایت و در نظر گرفتن نظر خبرگان، از پارامتر استفاده می‌نماییم یعنی:

$$j_1(w_1 - w_r) > 0, j_2(w_r - w_s) > 0, \dots, j_n(w_n - w_{n+1}) > 0, \dots, j_{(m-1)}(w_{m-1} - w_m) > 0, j_m(w_m) > 0. \quad (5)$$

پارامتر j ضریبی است که به منظور رعایت شدن شدت ارجحیت در نامعادلات فوق با توجه به نظرات خبرگان اعمال می‌گردد. البته در روش اصغر پور پیشنهادشده است که j به صورت توالی یکنواخت صعودی از اعداد (به عنوان مثال: ۱، ۲، ۳ و الی آخر) قرار داده شود. لکن به نظر می‌رسد بکار بردن توالی یکنواخت از اعداد برای مسایلی با تعداد شاخص یکسان، به اوزان ثابت و همسانی منجر شود که تاثیر نظر خبرگان بر وزن دهی را زیر سوال می‌برد. لذا پیشنهاد می‌شود به جای اعمال اعداد یکنواخت برای j ، با استفاده از امتیازهای تخصیص خطی، و تقسیم این امتیازها بر امتیاز شاخص برتر، به توالی ای صعودی از اعداد دست‌یافته شود که با نظرات خبرگان متناسب است و برای شدت نظرات خبرگان در اولویت دهی به شاخص‌ها اهمیت قابل می‌شود [۲۴].

بنابراین به منظور دسترسی به ارزش‌های مناسب از w های موجود می‌بایست:

$$\begin{aligned} \text{Max } & \{j_1(w_1 - w_r), j_2(w_r - w_s), \dots, j_n(w_n - w_{n+1}), \dots, j_{(m-1)}(w_{m-1} - w_m), j_m(w_m)\} \\ \text{s.t. } & \end{aligned} \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad w_j \geq 0.$$

برای بیشینه‌سازی از مدل چند هدفه فوق (MODM) کافی است کمینه آن اهداف را بیشینه نماییم، بدین صورت:

$$\text{Max } Z$$

s.t.

$$\begin{aligned} Z &\leq j(w_j^{(t)} - w_{j+1}^{(l)}), \\ Z &\leq m w_m^{(i^m)}, \\ \sum_{j=1}^m w_j^{(i)} &= 1, \\ w_j^{(i)} &\geq 0, \\ j &= \{1, 2, 3, \dots, m\}, \quad t, l = \{1, 2, 3, \dots, m\}, \quad i = \{1, 2, 3, \dots, m\}. \end{aligned} \quad (7)$$

Z یک مقدار دلخواه بوده با حل این مدل اوزان کاردینال شاخص‌ها (اوزان نسبی مدل) به دست می‌آید،

همچنین $w_j^{(i)}$ نشان‌دهنده وزن کاردینال برای گزینه i ام واقع در رتبه j ام است [۲۵].

۳-۳ تخصیص سفارش به کمک برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفه

همان‌گونه که اشاره شد مساله انتخاب تامین کننده یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره (چند هدفه) است و غالب مدل‌های برنامه‌ریزی که به این منظور تهیه شده‌اند با رویکرد چند معیاره تهیه شده‌اند. یک مدل عمومی ریاضی

که کمابیش با تغییرات مختصری در بسیاری از تحقیقات از جمله مراجع [۲۶] و [۲۷] به کاررفته است به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}
 M_i n(z_i) &= \sum_{i=1}^n P_i(x_i) \\
 M_a x(z_i) &= \sum_{i=1}^n Q_i(x_i) \\
 M_a x(z_r) &= \sum_{i=1}^n S_i(x_i) \\
 M_a x(z_f) &= \sum_{i=1}^n H_i(x_i) \\
 M_a x(z_s) &= \sum_{i=1}^n R_i(x_i) \\
 M_i n(z_d) &= \sum_{i=1}^n F_i(x_i)
 \end{aligned} \tag{۸}$$

ست.

$$\begin{gathered}
 \sum_{i=1}^n x_i = D, \\
 x_i \leq C_i \quad i = 1, \dots, n \\
 x_i \geq 0 \quad \text{صحیح و}
 \end{gathered}$$

در مدل فوق، i تامین کننده i ام ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)، x_i تعداد واحدهای خریداری شده از تامین کننده i ، D تقاضای کل در طول یک دوره ثابت، n تعداد تامین کننده، P_i هزینه خرید هر واحد از تامین کننده i ام، Q_i درصد واحدهای قابل قبول دریافت شده از تامین کننده i ام، S_i درصد دریافت های به موقع از تامین کننده i ام، H_i سابقه همکاری تامین کننده i ام با کارخانه، R_i درصد خوش نامی و اعتبار تامین کننده i ام در صنعت، F_i فاصله مکانی تامین کننده با کارخانه و C_i ظرفیت تامین کننده i ام است. اگر دقت کنید خواهد دید که تابع هدف اول هزینه مالی کل را کمینه می کند و توابع هدف دوم تا پنجم به ترتیب کیفیت کل واحدهای خریداری شده، نرخ تحویل به موقع محصول، سابقه همکاری با تامین کننده و شهرت و اعتبار تامین کننده گان را بیشینه می کنند و تابع هدف ششم نیز فاصله مکانی کارخانه با تامین کننده گان را کمینه می کند. همچنین محدودیت اول اطمینان می دهد که تقاضای کل برآورده می شود. محدودیت دوم به این معنی است که کمیت سفارش از هر تامین کننده باید برابر یا کمتر از ظرفیت آن باشد و محدودیت سوم سفارش های منفی را حذف می کند. در این مطالعه، سطوح های آرمانی برای اهداف و محدودیت ها فازی در نظر گرفته می شود.

۱-۳-۱ مدل برنامه ریزی چند هدفه فازی برای انتخاب تامین کننده
 مساله برنامه ریزی چند هدفه فازی با L تابع هدف فازی و S محدودیت فازی به صورت زیر در نظر گرفته شده است [۱۶]:

Find x

s.t.

$$\begin{aligned} c_k x &\geq z_k, \quad k \in I_1, \\ c_k x &\leq z_k, \quad k \in I_2, \\ a_r x &= b_r, \quad r \in T \\ x &\in X \end{aligned} \tag{9}$$

که $I_1 \cup I_2 = \{1, 2, \dots, l\}$, $I_1 \cap I_2 = \emptyset$ است.

$$c_k x = \sum_{i=1}^n c_{ki} x_i \quad k = 1, \dots, l \tag{10}$$

$$a_r x = \sum_{i=1}^n a_{ri} x_i \quad r = 1, \dots, s \tag{11}$$

برای $K \in I_1, K \in I_2$, z_K سطح آرمانی نادقيق برای k امين تابع هدف است. $Z_K \in [Z_K^L, Z_K^U]$ به ترتیب مرزهای پایین و بالای آرمانی برای K امين تابع هدف فازی و $b_r \in [b_r^L, b_r^U]$ نیز به ترتیب مرزهای پایین و بالا آرمانی برای r امين محدودیت فازی هستند. بر طبق برنامه ریزی ریاضی فازی، هر هدف و محدودیت فازی در ضوابط زیر مجموعه ها با توابع عضویت مناسب تعریف می شوند، که به ترتیب با μ_K برای $K \in I_{1,2}$ و μ_r برای $r \in T$ مشخص می شوند. با فرض اینکه توابع عضویت خطی هستند، تعاریف ریاضی به صورت زیر خواهد آمد:

$$\mu_k(c_k x) = \begin{cases} 1 & \text{if } c_k x \geq z_K^U \\ \frac{(c_k x) - z_K^L}{z_K^U - z_K^L} & \text{if } z_K^L \leq c_k x \leq z_K^U, \quad \forall k \in I_1 \\ \cdot & \text{if } c_k x \leq z_K^L \end{cases} \tag{12}$$

$$\mu_k(c_k x) = \begin{cases} 1 & \text{if } c_k x \leq z_K^L \\ \frac{z_K^U - (c_k x)}{z_K^U - z_K^L} & \text{if } z_K^L \leq c_k x \leq z_K^U, \quad \forall k \in I_2 \\ \cdot & \text{if } c_k x \geq z_K^U \end{cases} \tag{13}$$

$$\mu_r(a_r x) = \begin{cases} \cdot & \text{if } c_k x \leq z_K^L \\ \frac{a_r x - b_r^L}{b_r^U - b_r^L} & \text{if } b_r^L \leq a_r x \leq b_r^U, \quad \forall r \in T \\ \frac{b_r^U - (a_r x)}{b_r^U - b_r^L} & \text{if } b_r^L \leq a_r x \leq b_r^U \\ \cdot & \text{if } a_r x \geq b_r^U \end{cases} \tag{14}$$

رابطه (۱۲) افزایش خطی یکنواخت تابع عضویت ($C_K X$) برای بیشینه کردن اهداف با سطح‌های آرمانی فازی و رابطه (۱۳) کاهش خطی یکنواخت تابع عضویت ($C_K X$) برای کمینه کردن اهداف با سطح‌های آرمانی فازی را نشان می‌دهد. رابطه (۱۴) نیز تابع عضویت مثلثی ($a_r X$) برای محدودیت‌هاست.

۲-۳-۳ مدل بیشینه - کمینه‌ی وزن دار

چن و تاسی [۲۸] نشان دادند که در برخی موارد، به دلیل وزن زیاد برخی اهداف، سطح‌های دستیابی به اهداف، ممکن است که متناظر با نسبت تعیین شده برای وزن‌ها نباشد. درصورتی که این موضوع برای تصمیم‌گیرنده حائز اهمیت باشد، از روش بیشینه - کمینه‌ی وزن دار استفاده می‌شود. مدل بیشینه - کمینه، رویکردی برای حل مدل چندهدفه فازی (رابطه (۹)) است. در این مدل W_k و β_r به ترتیب وزن اهداف و محدودیت‌های فازی هستند. در این روش همان‌گونه که مشخص شده است، وزن اهداف در تابع هدف لحاظ شده است که به‌گونه‌ای ضریبی برای برآورده شدن اهداف نیز هست. این مدل به صورت رابطه (۱۶) تعریف شده است:

$$\begin{aligned} \max \quad & \lambda + \left\{ \sum_{k=1}^l w_k \mu_k(c_k x) + \sum_{r=1}^s \beta_r \mu_r(a_r x) \right\} / (l+s) \\ \text{s.t.} \quad & \lambda \leq \mu_k(c_k x), \quad k = 1, 2, \dots, l \\ & \lambda \leq \mu_r(a_r x), \quad r = 1, 2, \dots, s \\ & \sum_{j=1}^l w_j + \sum_{r=1}^s \beta_r = 1 \\ & w_k, \beta_r \geq 0 \\ & \lambda \in [0, 1] \\ & x \in X \end{aligned} \tag{۱۵}$$

در معادله‌ی فوق λ کمینه‌ی درجه‌ی رضایت است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$M \underset{k,r}{\min} \{\mu_k(c_k x), \mu_r(a_r x)\}, \quad k = 1, 2, \dots, l; r = 1, 2, \dots, s. \quad \text{به ازای} \tag{۱۶}$$

۳-۳-۳ مدل ارایه‌شده پژوهش

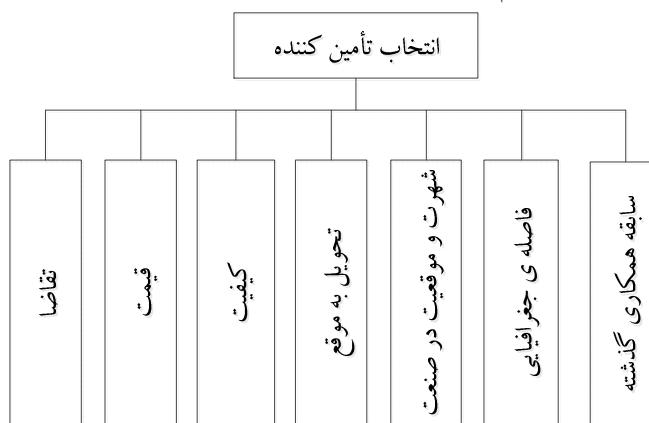
آریخان در مدل خود ارجحیت تصمیم‌گیرنده را نیز در حل مدل برنامه‌ریزی چندهدفه‌ی فازی در نظر می‌گیرد [۱۶]. حال اگر هر کدام از شاخص‌های انتخاب تامین کننده دارای وزن باشند و به عبارت دیگر دارای اولویت باشند، این اوزان باید به‌گونه‌ای در مدل آریخان لحاظ شود که علاوه بر ترجیحات تصمیم‌گیرنده، اولویت اهمیت شاخص‌ها نیز در مدل در نظر گرفته شود. برای رفع این مساله، در این مقاله سعی شده است با ارایه و توسعه‌ی مدل آریخان، مدل وزن داری ارایه داد که علاوه بر در نظر گرفتن ترجیحات تصمیم‌گیرنده، بتواند اولویت و اهمیت شاخص‌ها را نیز در نظر بگیرد. مدل ارایه‌شده به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}
 & M a x \quad \lambda + \left\{ \sum_{k=1}^l w_k \mu_k(c_k x) + \sum_{r=1}^s \beta_r \mu_r(a_r x) \right\} / (l+s) \\
 & s.t. \\
 & \lambda \leq \mu_k(c_k x), \quad k = 1, 2, \dots, l, \\
 & \lambda \leq \mu_r(a_r x), \quad r = 1, 2, \dots, s, \\
 & \mu_k(c_k x) \geq \alpha_k, \quad k = 1, 2, \dots, l, \\
 & \mu_r(a_r x) \geq \alpha_r, \quad r = 1, 2, \dots, s, \\
 & \sum_{k=1}^l w_k + \sum_{r=1}^s \beta_r, \quad w_k, \beta_r \geq 0, \\
 & \alpha_r, \alpha_k, \lambda \in [0, 1], \\
 & x \in X.
 \end{aligned} \tag{17}$$

در رابطه‌ی (17) کمینه‌ی درجه‌ی رضایت (رابطه (16)) و α_k و α_r به ترتیب کمینه‌ی سطح‌های دست‌یابی قابل قبول برای هدف K ام و محدودیت ۲۰۰ هستند که توسط تصمیم گیرنده مشخص می‌گردند.

۴ مطالعه موردی

به منظور نمایش کارایی و سودمندی روش پیشنهادی در یک مثال عددی، از یک مطالعه موردی استفاده شده است. مطالعه‌ی موردی این پژوهش مربوط به کارخانه‌ی صنایع غذایی اصفهان با نام تجارت آیدا بین‌الملل است. این کارخانه در زمینه‌ی تولید مواد غذایی مانند رب گوجه‌فرنگی، ترشی‌جات، سوریجات، مربا، اسپیک و آب‌معدنی فعالیت می‌کند که این پژوهش بر محصول آب‌معدنی تولیدی کارخانه و ماده‌ی اولیه‌ای به نام پریفورم که در واقع همان بطری آب‌معدنی است تمرکز می‌کند. در این پژوهش، در ابتدا با مطالعه‌ی ادبیات نظری شاخص‌های انتخاب تامین کننده استخراج شده است و با استفاده از نظر خبرگان دانشگاهی، این شاخص‌ها پالایش شده تا درنهایت به ۷ شاخص مهم در انتخاب تامین کننده به صورت شکل ۱ دست‌یافته می‌شود.



شکل ۱. شاخص‌های انتخاب تامین کننده

در مرحله‌ی بعد برای تعیین اولویت شاخص‌ها از ۶ صاحب‌نظر دانشگاهی و صنعت که شامل ۳ استاد هیئت علمی و ۳ کارشناس خرید کارخانه است نظرسنجی صورت گرفت که نتایج این نظرسنجی در جدول زیر مشخص شده

است. لازم به ذکر است که برای در نظر گرفتن اولویت و وزن نظر افرادی که چه از نظر اجرایی و چه از نظر تئوریکی بیشتر با امر خرید در ارتباطاند، وزنی از روش AHP برای هر یک از خبرگان با توجه به شاخص‌های تخصص، سابقه‌ی کاری مرتبط و میزان تحصیلات به دست آمد، که در جدول ۱ مشخص شده است.

جدول ۱. رتبه شاخص‌های ۷ گانه انتخاب تامین‌کننده بر اساس نظر خبرگان

J	جمع رتبه‌ها	کارشناس خرید		مدیر خرید			هیئت علمی		شاخص
		D _۶ (۰/۱۵۱)	D _۵ (۰/۱۶۰)	D _۴ (۰/۲۵۴)	D _۳ (۰/۱۳۳)	D _۲ (۰/۱۳۵)	D _۱ (۰/۱۶۷)		
۸÷۸=۱	۸	۲	۱	۱	۱	۲	۱	C _۱	قیمت
۱۱÷۸=۱/۳۷۵	۱۱	۱	۲	۳	۲	۱	۲	C _۲	کیفیت
۱۷÷۸=۲/۱۲۵	۱۷	۳	۳	۲	۳	۳	۳	C _۳	تحویل
۳۰÷۸=۳/۷۵۰	۳۰	۵	۶	۵	۴	۵	۵	C _۴	شهرت
۳۷÷۸=۴/۶۲۵	۳۷	۶	۵	۶	۷	۷	۶	C _۵	فاصله
۲۵÷۸=۳/۱۲۵	۲۵	۴	۴	۴	۵	۴	۴	C _۶	سابقه همکاری
۴۰÷۸=۵	۴۰	۷	۷	۷	۶	۶	۷	C _۷	تقاضا

همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، برای مدیر خرید وزنی برابر ۰/۲۵۳، به دست آمده است که نشان‌دهنده‌ی اهمیت بیشتر نظر مدیر خرید در تعیین اولویت شاخص‌های است. برای اعضای هیئت‌علمی و کارشناسان خرید نیز وزن‌های به دست آمده از روش AHP در جدول ۲ مشخص است. وزن خبرگان در مدل‌سازی ریاضی تخصیص خطی که درنهایت فرموله می‌شود در تابع هدف این مدل قرار می‌گیرد. بر اساس مدل تخصیص خطی که مدل آن به صورت صفر و یک فرموله می‌شود، ضرایب تابع هدف به صورت تعداد تکرارهای شاخص‌ها در رتبه می‌باشد که در جدول ۲ تکرارهای آن آمده است. همچنین ستون مربوط به جمع رتبه‌ها و J به منظور در نظر گرفتن نظرات خبرگان در جدول ۱ مشخص شده است و ستونی برای جمع رتبه‌های به دست آمده برای هر شاخص که توسط خبرگان دریافت شده است، در نظر گرفته شده است. در این ستون، جمع رتبه‌های دریافتی برای شاخص قیمت در وضعیت بهتری نسبت به شاخص‌های دیگر قرار دارد. اگر رتبه‌ی شاخص‌های دیگر را بر رتبه‌ی امتیاز شاخص برتر که امتیاز شاخص قیمت است تقسیم کنیم، J که در مدل برنامه‌ریزی خطی اصغرپور استفاده می‌شود، به دست می‌آید.

جدول ۲. تعداد تکرارهای حضور شاخص‌ها در رتبه‌های ۷ گانه بر حسب نظرات کارشناسان

نام شاخص	رتبه ۱	رتبه ۲	رتبه ۳	رتبه ۴	رتبه ۵	رتبه ۶	رتبه ۷
قیمت	۴	۲	-	-	-	-	-
کیفیت	۲	۳	۱	-	-	-	-
تحویل	-	۱	۵	-	-	-	-
شهرت	-	-	۱	۴	۱	-	-
فاصله	-	-	-	-	-	۳	۲
سابقه همکاری	-	-	۵	-	-	-	-
تقاضا	-	-	-	-	-	۲	۴

جدول ۲ بیان می‌دارد که مثلاً شاخص قیمت ۴ بار از نظر کارشناسان در رتبه ۱ و ۲ بار در رتبه ۲ قرار گرفته است. در تابع هدف مدل تخصیص خطی لازم است مجموع اوزان نظرات هر یک از کارشناسان با توجه به وزن و اهمیت هر یک از آن‌ها و همچنین ساختار جدول ۲ در جدول ۳ قرار بگیرید تا به ازای مجموع وزن نظرات افراد در هر سلول جدول فوق، وزن مرتبط قرار بگیرد. به این ترتیب جدول ۳ برای ساخت مدل ریاضی به صورت زیر ساخته می‌شود که برای فرموله نمودن مدل تخصیص خطی ضروری است.

جدول ۳. مجموع وزن‌های مرتبط با اهمیت نظرات کارشناسان متناظر با تعداد تکرارهای رتبه‌های ۷ گانه

نام شاخص	رتبه ۱	رتبه ۲	رتبه ۳	رتبه ۴	رتبه ۵	رتبه ۶	رتبه ۷
قیمت	۰/۷۱۴	۰/۲۸۶	-	-	-	-	-
کیفیت	۰/۲۸۶	۰/۴۶۰	۰/۲۵۴	-	-	-	-
تحویل	-	۰/۲۵۴	۰/۷۴۶	-	-	-	-
شهرت	-	-	۰/۱۳۳	۰/۷۰۷	۰/۱۶۰	-	-
فاصله	-	-	-	-	۰/۱۶۰	۰/۵۷۲	۰/۲۶۸
سابقه همکاری	-	-	۰/۸۶۷	۰/۱۳۳	۰/۱۶۰	۰/۵۷۲	۰/۲۶۸
تقاضا	-	-	-	-	-	-	۰/۷۳۲

بر اساس جدول ۳، مدل مساله‌ی تخصیص رتبه‌ی تامین کنندگان با استفاده از رابطه‌ی ۱ بر اساس شاخص‌های ۷ گانه فرموله شده و پس از حل مدل رتبه‌ی تامین کنندگان به دست آمده که نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴. رتبه استخراج شده به ازای متغیرهای تصمیم مدل

نام متغیر تصمیم	X _{۷۷}	X _{۵۶}	X _{۴۵}	X _{۶۴}	X _{۳۳}	X _{۲۲}	X _{۱۱}
مقدار متغیر	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
رتبه	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱

در جدول ۴ مشخص است که، شاخص اول که قیمت است در رتبه‌ی اول و شاخص هفتم که تقاضاست در رتبه‌ی آخر قرار گرفته‌اند. پس از مشخص شدن اولویت گزینه‌ها با استفاده از روش تخصیص خطی، از روش اوزان کاردهنال اصغر پور (رابطه (۷)) برای تعیین اوزان کاردهنال شاخص‌ها استفاده می‌شود. با حل مدل اوزان کاردهنال وزن شاخص‌ها به دست می‌آید که در جدول ۵ قابل مشاهده است.

جدول ۵. اوزان کاردهنال شاخص‌های انتخاب تامین‌کننده

نام	وزن	کیفیت	تحویل	سابقه همکاری	شهرت	فاصله	تقاضا
W _۱	W _۲	W _۳	W _۴	W _۵	W _۶	W _۷	W _۸
۰/۳۸۱	۰/۲۴۴	۰/۱۵۶	۰/۱۰۰	۰/۰۶۵	۰/۰۳۷	۰/۰۱۷	W _۷

در جدول ۵ مشخص است، که قیمت که رتبه‌ی اول را در میان شاخص‌ها دارد، وزنی برابر ۰/۳۸۱ و تقاضا که رتبه‌ی آخر را دارد ورنی برابر ۰/۰۱۷ به خود اختصاص می‌دهند.

به منظور دست‌یابی به اطلاعات شاخص‌های کیفی تامین‌کنندگان، مصاحبه‌ای با مدیر خرید کارخانه صورت گرفت و نتایج مصاحبه در جدول ۶ نمایش داده شده است. مقدار شاخص‌های کمی قیمت و سابقه همکاری از اسناد سازمانی و فاصله‌ی جغرافیایی نیز با استفاده از نرم‌افزار Google Direction به دست آمده است. ظرفیت تامین‌کنندگان نیز با تماس به دفاتر رسمی آن‌ها به دست آمده است.

جدول ۶. مشخصات تامین‌کنندگان در شاخص‌های انتخاب تامین‌کننده

تامین‌کننده	نام	قیمت (تومان)	سابقه همکاری (سال)	فاصله همکاری (مايل)	کیفیت	تحویل شهرت	فاصله مکانی	ظرفیت	تامین‌کننده
شفاف شیمی (روDOBار)	A _۱	۸۲	۳	۴۱۵	%۹۰	%۹۰	%۸۵	۸۰۰	
شمშاد نوش (کاشان)	A _۲	۹۴	۶	۱۰۴	%۹۵	%۷۵	%۷۵	۷۰۰	
دانوش پلاستیک (شیراز)	A _۳	۸۶	۶/۵	۳۱۳	%۹۵	%۶۵	%۶۰	۹۰۰	
آریا پت پاور (کرج)	A _۴	۹۷	۵	۲۸۴	%۷۰	%۹۵	%۶۵	۸۵۰	
آماد صنعت (اشتهاрад)	A _۵	۸۴	۴/۵	۲۷۰	%۸۵	%۸۵	%۷۰	۹۰۰	
پولاد پویش (تهران)	A _۶	۸۸	۴	۲۹۱	%۸۰	%۷۰	%۹۰	۱۰۰۰	
فردان آریان (قزوین)	A _۷	۸۷	۵/۵	۳۰۴	%۷۵	%۸۰	%۸۰	۱۰۰۰	

در مرحله‌ی بعد با استفاده از داده‌های جدول ۶ مدل برنامه‌ریزی چنددهدفه فازی نوشته می‌شود. وزن به دست آمده برای هر شاخص وارد تابع هدف مدل برنامه‌ریزی چنددهدفه فازی می‌شود. برای حل این مدل (رابطه (۸)، روش ارایه شده در این پژوهش استفاده از روش بیشینه - کمینه است. با حل مدل بیشینه کمینه تکمیلی (رابطه (۱۵)) مقدار سفارش تخصیصی به هر کدام از تامین‌کنندگان با توجه به محدودیت تقاضای کارخانه و محدودیت عرضه‌ی تامین‌کنندگان به دست می‌آید. حال اگر تصمیم گیرنده با جواب‌های به دست آمده راضی نشده باشد و

خواستار سطح دستیابی بیشتری به اهداف و محدودیت‌های فازی باشد، از مدل ارایه شده در این پژوهش با در نظر گرفتن وزن اهداف می‌توان استفاده کرد.

برای دستیابی به حد های بالا و پایین اهداف فازی، با حل مدل تک‌هدفه بیشینه و کمینه‌ی هر هدف با در نظر گرفتن محدودیت‌های تقاضا و عرضه‌ی تامین کننده برای هر کدام به طور جداگانه، مرز اهداف مشخص و درواقع مرز منطقه‌ی موجه مشخص می‌شود [۲۳]. با حل مدل‌های ۶ گانه‌ی تک‌هدفه به صورت جداگانه، مرزهای اهداف در جدول ۷ آمدند.

جدول ۷. حد بالا و حد پایین اهداف برنامه‌ریزی چندین‌فازی

اهداف						
	Z _۱	Z _۲	Z _۳	Z _۴	Z _۵	Z _۶
Min	۱۶۷۰۰	۱۳۶۰	۷۳۰۰	۱۲۶۷/۵	۱۲۹۴۰۰	۴۲۹۴۰۰
Max	۱۸۷۸۵۰	۱۸۱۰	۱۸۲۵	۱۲۲۵۰	۱۷۴۰	۷۰۴۹۰۰

اعداد فازی مثلثی برای تقاضای فازی نیز به صورت [۱۹۰۰, ۲۰۰۰, ۲۰۵۰] تعریف شده‌اند که بر اساس مصاحبه‌ی صورت گرفته با مدیر خرید کارخانه حاصل شده است. با توجه به جداول ۵ و ۶ و با استفاده از توابع عضویت مشخص شده (رابطه‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴) و مرزهای اهداف (جدول ۷) و تقاضای فازی و با استفاده از رابطه‌ی ۱۶، مدل بیشینه-کمینه وزن دار شکل گرفته و حل می‌شود. با حل مدل، λ_i که برابر تعداد خرید از تامین‌کننده‌ی i ، $c_i(x)$ یا $\mu_i(x)$ که سطح دستیابی به آرمان‌های فازی و $a_i(x)$ که سطح دستیابی به محدودیت فازی است مشخص می‌شود. می‌توان این نتایج را در جداول ۸ تا ۱۰ مشاهده کرد.

جدول ۸. تعداد خرید از هر تامین‌کننده با حل مدل بیشینه - کمینه وزن دار

تعداد خرید از شفاف شیمی	X _۱	۱۹۷
تعداد خرید از شمشاد نوش	X _۲	۳۸۲
تعداد خرید از دانوش پلاستیک	X _۳	۰
تعداد خرید از آریا پت پاور	X _۴	۲
تعداد خرید از آماد صنعت	X _۵	۵۱۶
تعداد خرید از پولاد پویش	X _۶	۰
تعداد خرید از فردان آریان	X _۷	۹۱۷

جدول ۹. سطوح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی با حل مدل بیشینه - کمینه وزن دار

سطح دستیابی به هدف کمینه کردن قیمت	$\mu_1(c_1x)$	۰/۵۹۸
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن کیفیت	$\mu_2(c_2x)$	۰/۶۷۹
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن تحويل به موقع	$\mu_3(c_3x)$	۰/۵۹۷
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن سابقه همکاری	$\mu_4(c_4x)$	۰/۵۹۷
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن شهرت و اعتبار	$\mu_5(c_5x)$	۰/۵۹۷
سطح دستیابی به هدف کمینه کردن فاصله مکانی	$\mu_6(c_6x)$	۰/۵۹۷
سطح دستیابی به محدودیت برآورده کردن تقاضای شرکت	$\mu_7(c_7x)$	۰/۷۲۰

جدول ۱۰. مقدار اهداف و محدودیت‌های فازی با حل مدل بیشینه - کمینه وزن دار

مقدار تابع هدف کمینه کردن قیمت	Min Z _۱ [۱۶۷۰۰, ۱۸۷۸۵]	۱۷۵۳۷۹
مقدار تابع هدف بیشینه کردن کیفیت	Max Z _۲ [۱۳۶۷/۵, ۱۸۱۰]	۱۶۶۷/۹۵
مقدار تابع هدف بیشینه کردن تحويل به موقع	Max Z _۳ [۱۳۶۰, ۱۸۲۵]	۱۶۳۷/۹
مقدار تابع هدف بیشینه کردن سابقه همکاری	Max Z _۴ [۷۳۰۰, ۱۲۲۵۰]	۱۰۲۵۸/۵
مقدار تابع هدف بیشینه کردن شهرت و اعتبار	Max Z _۵ [۱۲۶۷/۵, ۱۷۴۰]	۱۵۵۰/۰۵
مقدار تابع هدف کمینه کردن فاصله مکانی	Min Z _۶ [۴۲۹۴۰۰, ۷۰۴۹۰۰]	۵۴۰۱۳۹
مقدار محدودیت برآورده کردن تقاضا	[۱۹۰۰, ۲۰۰۰, ۲۰۵۰]	۲۰۱۴

در جدول ۸ تعداد خرید از هر تامین‌کننده مشخص شده است که با توجه به آن شرکت باید تعداد ۱۹۷ واحد محصول از شفاف شیمی، ۳۸۲ واحد شمشاد نوش، ۲ واحد از آریا پست پاور، ۵۱۶ واحد از آماد صنعت و ۹۱۷ واحد از فردان آریان خریداری کند. این در حالی است که بر اساس مدل فوق هیچ واحد محصولی نباید از دانوش پلاستیک و پولاد پویش خریداری شود. در این حالت با توجه به جداول ۹ و ۱۰، بودجه‌ای برابر ۱۷۵۳۷۹ واحد برای خرید محصول در نظر گرفته می‌شود که با این بودجه سطح دستیابی به هدف کمینه کردن قیمت محصولات برابر ۰/۵۹۸ می‌شود درحالی که تعداد تقاضای برآورده شده‌ی کارخانه برابر ۲۰۱۴ واحد خواهد بود. با این مقدار تقاضا، سطح دستیابی به محدودیت تقاضای کارخانه برابر ۰/۷۲۰ خواهد شد. به عبارتی حدوداً به اندازه‌ی ۵۹ درصد توانسته‌ایم به هدف کمینه کردن قیمت محصولات رسیده درحالی که ۷۲ درصد محدودیت تقاضای کارخانه برآورده شده است.

حال اگر تصمیم‌گیرنده که در اینجا مدیر خرید کارخانه است، از جواب‌های فوق راضی نشده باشد و خواستار این باشد که سطح دستیابی به آرمان‌ها و محدودیت‌های فازی موردنظرش از یک مقدار خاصی مانند a_k برای اهداف فازی و a_r برای محدودیت فازی بیشتر شود، می‌توان نظرات تصمیم‌گیرنده را به صورت محدودیت وارد مدل کرد. در این صورت مدل به شکل رابطه‌ی ۱۷ فرموله می‌شود. در این پژوهش تصمیم‌گیرنده از جواب‌های به دست آمده از حل مدل بیشینه - کمینه وزن دار راضی نشده و می‌خواهد سطح دستیابی به هدف قیمت برابر $a_k = ۰/۸۰$ و سطح دستیابی به محدودیت تقاضا نیز برابر $a_r = ۰/۸۵$ شود. می‌توان با

اجرای مدل ارایه شده در این پژوهش، علاوه بر در نظر گرفتن وزن شاخص‌ها که خود به نوعی ارجحیتی برای برآورده شدن اهداف و محدودیت‌ها تعريف می‌کنند، محدودیت‌هایی تعريف کرد که به طور مشخص مدل را وادار کنند تا سطح دستیابی به هدف و محدودیت خاصی را از یک مقدار کمتر نکند. مقدار خرید از هر تامین کننده نیز با حل مدل رابطه ۱۷ با در نظر گرفتن ارجحیت تصمیم‌گیرنده به دست می‌آید. نتایج اجرای مدل پژوهش در جداول ۱۱ تا ۱۳ آمده است.

جدول ۱۱. تعداد خرید از هر تامین کننده با حل مدل پژوهش

تعداد خرید از شفاف شیمی	X _۱	۶۶
تعداد خرید از شمشاد نوش	X _۲	۱۳۳
تعداد خرید از دانوش پلاستیک	X _۳	۰
تعداد خرید از آریا پت پاور	X _۴	۰
تعداد خرید از آماد صنعت	X _۵	۷۴۰
تعداد خرید از پولاد پویش	X _۶	۹۱
تعداد خرید از فردان آریان	X _۷	۹۵۵

جدول ۱۲. سطوح دستیابی اهداف و محدودیت‌ها با حل مدل پژوهش

سطح دستیابی به هدف کمینه کردن قیمت	$\mu_1(c_1x)$	۰/۸۰۰
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن کیفیت	$\mu_2(c_2x)$	۰/۵۳۴
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن تحويل به موقع	$\mu_3(c_3x)$	۰/۵۵۰
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن سابقه همکاری	$\mu_4(c_4x)$	۰/۵۳۳
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن شهرت و اعتبار	$\mu_5(c_5x)$	۰/۵۳۳
سطح دستیابی به هدف کمینه کردن فاصله مکانی	$\mu_6(c_6x)$	۰/۵۳۳
سطح دستیابی به محدودیت برآورده کردن تقاضای شرکت	$\mu_7(c_7x)$	۰/۸۵۰

جدول ۱۳. مقدار هدف‌ها و محدودیت‌های فازی با حل مدل پژوهش

مقدار تابع هدف کمینه کردن قیمت	Min Z _۱ [۱۶۷۰۰, ۱۸۷۸۵]	۱۷۱۱۶۷
مقدار تابع هدف بیشینه کردن کیفیت	Max Z _۲ [۱۳۶۷/۵, ۱۸۱۰]	۱۶۰۳/۸
مقدار تابع هدف بیشینه کردن تحويل به موقع	Max Z _۳ [۱۳۶۰, ۱۸۲۵]	۱۶۱۵/۸۵
مقدار تابع هدف بیشینه کردن سابقه همکاری	Max Z _۴ [۷۳۰۰, ۱۲۲۵۰]	۹۹۴۲/۵
مقدار تابع هدف بیشینه کردن شهرت و اعتبار	Max Z _۵ [۱۲۶۷/۵, ۱۷۴۰]	۱۵۱۹/۷۵
مقدار تابع هدف کمینه کردن فاصله مکانی	Min Z _۶ [۴۲۹۴۰, ۷۰۴۹۰]	۵۵۷۸۲۳
مقدار محدودیت برآورده کردن تقاضا	تقاضا [۱۹۰۰, ۲۰۵۰]	۱۹۸۵

با مقایسه جداول ۸ تا ۱۳، مشخص می‌شود که با اعمال نظر تصمیم‌گیرنده چه تفاوتی در مقدار خرید از تامین کنندگان ایجاد می‌شود. همچنین با این تغییرات، مقدار ۸ (سطح دستیابی به آرمان و محدودیت فازی) برای هدف قیمت و محدودیت تقاضا، برابر خواستهٔ تصمیم‌گیرنده می‌شود.

در جداول ۱۰ و ۱۳ ملاحظه می‌شود که مقدار بودجهٔ خرید کارخانه از ۱۷۵۳۷۹ به ۱۷۱۱۶۷ با تغییر سطح دستیابی به هدف کمینه کردن قیمت از ۰/۵۹۸ به ۰/۸۰۰ تغییر کرده است. به عبارتی به هدف کمینه کردن قیمت محصولات، ۸۰ درصد دست یافته شده است. همچنین مقدار تقاضا نیز از ۲۰۱۴ به ۱۹۸۵ تغییر پیدا کرد که نشان‌دهندهٔ برآورده کردن محدودیت تقاضای کارخانه با مقدار کمتری تقاضا از تامین کنندگان است.

در این حال با افزایش سطح دستیابی به هدف و محدودیت خاصی، ممکن است از سطح دستیابی به اهداف دیگر کم شود که در واقع این هزینه‌ای است که تصمیم‌گیرنده در قبال افزایش سطح دستیابی به اهداف موردنظرش باید متحمل شود. در جدول ۱۲ مشخص است که سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن کیفیت از ۰/۶۷۹ به ۰/۵۳۴، سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن تحويل به موقع از ۰/۵۹۷ به ۰/۵۵۰، سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن سابقهٔ همکاری و شهرت و همچنین سطح دستیابی به هدف کمینه کردن فاصلهٔ مکانی از ۰/۵۹۷ به ۰/۵۳۳ تقلیل یافته است. همچنین با این اعمال نظر مقدار خرید از هر تامین کننده نیز تغییر می‌ابد. با مقایسه جداول ۸ و ۱۳ مشخص می‌شود که در مدل بیشینه - کمینه وزن دار مقدار خرید از شفاف شیمی، ۱۹۷ واحد بوده است که با اعمال نظر تصمیم‌گیرنده به ۶۶ واحد، مقدار خرید از شمشاد نوش از ۳۸۲ به ۱۳۳ واحد و مقدار خرید از آریا پت پاور از ۲ به صفر واحد تقلیل پیدا کرده است. این در صورتی است که مقدار خرید از آماد صنعت، پولاد پویش و فردان آریان به ترتیب از ۵۱۶، ۰ و ۹۱۷ واحد به ۷۴۰، ۹۱ و ۹۵۵ واحد تغییر کرده است و مقدار خرید از دانوش پلاستیک نیز بدون تغییر و برابر صفر باقی‌مانده است.

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این پژوهش، با روشنی علمی و هدفمند، در گام اول شاخص‌های انتخاب تامین کننده با مطالعهٔ ادبیات نظری استخراج و با نظر خبرگان دانشگاهی پالایش شد و به شاخص‌های ۷ گانه معرفی شد. در گام دوم به اولویت‌بندی این شاخص‌ها با استفاده از روش تخصیص خطی و استفاده از نظرات خبرگان دانشگاهی و صنعت که این افراد بر اساس روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و بر اساس شاخص‌های تخصص، سابقهٔ کاری مرتبط و میزان تحصیلات مورد ارزیابی قرار گرفته و وزن دهی شده‌اند، دست یافته شد. در گام سوم با استفاده از روش اصغر پور، اوزان کاردینال شاخص‌ها با استفاده از اولویت‌بندی که در گام قبل مشخص شده است، به دست آمد. در گام چهارم این اوزان در داخل مدل برنامه‌ریزی چند‌هدفه قرار داده و با روش حل فازی بیشینه - کمینه تکمیلی و با در نظر گرفتن محدودیت تقاضا و عرضهٔ تامین کنندگان، این مدل اجرا شد. گام پنجم که استفاده از مدل پژوهش است با فرض راضی نشدن تصمیم‌گیرنده از جواب‌ها و سطوح‌های دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی قابل اجرا است. این مدل قادر است نظر و ارجحیت تصمیم‌گیرنده، در صورتی که خواستار دستیابی به سطح بالاتری از مطلوبیت در اهداف و محدودیت‌های فازی باشد را در مدل بیشینه - کمینه لحظه و با در نظر گرفتن

وزن و اهمیت اهداف و محدودیت‌های فازی، سطح بالاتری از دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی را در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار دهد. البته نباید فراموش شود در نظر گرفتن ارجحیت نظر تصمیم‌گیرنده در مدل در مورد هدف و محدودیت خاصی، سطح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های دیگر را کاهش می‌دهد که این به صورت طبیعی هزینه‌ای است که تصمیم‌گیرنده برای رسیدن به مطلوبیت بیشتر در اهداف و محدودیت‌های مورد نظرش، باید برای اهداف و محدودیت‌های دیگر پذیرد.

مدل ارایه شده در این پژوهش، در مقایسه با مدل آریخان، وزن و اهمیت شاخص‌ها که در واقع همان اهمیت اهداف و محدودیت‌های فازی است را در نظر گرفته است که این می‌تواند در سطح دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی و همچنین در مقدار سفارش بهینه به تامین کنندگان تأثیر بگذارد و در نهایت جواب قابل انتکاری به دست دهد. همچنین سعی شده است وزن شاخص‌ها، از یک روش علمی و با اجرای دو مدل ریاضی که یکی روش تخصیص خطی و دیگری روش اصغر پور است، حاصل شده و در مدل ارایه شده لحاظ شود تا بتوان به نتایج بدست آمده از پژوهش، با اطمینان بیشتری اتکا کرد. به عنوان پیشنهاد برای مطالعات آینده، توابع عضویت غیرخطی برای اهداف و محدودیت‌های فازی و در نظر گرفتن شاخص‌های دیگر در انتخاب تامین کننده است. همچنین استفاده از روش‌های دیگری به جز روش تخصیص خطی در اولویت‌بندی شاخص‌های انتخاب تامین کننده نیز می‌تواند در مطالعات دیگر، مورد توجه قرار گیرد.

منابع

- [۱] توکلی مقدم، ر.، مظلومی، ز. (۱۳۸۸). مدل سازی ریاضی مساله مکان‌یابی - مسیریابی چند هدفه در زنجیره تامین سه سطحی. دومین کنفرانس بین‌المللی تحقیق در عملیات ایران.
 - [۲۱] روح بخش معیاری دوم، ا.، مشهدی فراهانی، م. ا.، کاظمی، م. (۱۳۹۴). ارزیابی و رتبه‌بندی مناسب‌ترین معیارهای انتخاب تامین کننده خدمات لجستیک با رویکرد توسعه عملکرد کیفیت و AHP فازی. مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، ۴۵(۲)، ۶۱-۷۶.
 - [۲۲] اصغر پور، م.، (۱۳۸۳). تصمیم‌گیری چند معیاره (جلد چاپ سوم). تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
 - [۲۴] صراف، ح.، نجمی، م.، (۱۳۸۳). معرفی الگویی روشمند جهت ارزیابی گزینه‌های تعیین تکلیف اقلام. اولین کنفرانس ملی لجستیک و زنجیره تامین.
 - [۲۵] اصغر پور، م.، (۱۳۸۲). تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات. دانشگاه تهران.
- [1] Wang, T., Yang, Y., (2009). A fuzzy supplier selection in quantity discount environment. Expert System with Applications, 36, 12179-12187.
 - [2] 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.
 - [3] Kumar , M., Vrat, P., Shankar, R., (2004). A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain. Int. J. Production Economics, 101, 273-285.
 - [4] Karpak, B., Kumcu, E., Kasuganti, R. R., (2001). Purchasing materials in the supply chain: managing a multi-objective task. European Journal Of Purchasing & Supply Management, 7 (3), 10-21.
 - [5] Ghodsypour, S., O'Brien, C., (1998). A decision support system for suppleir selection using onintegrated analytic hierarchy process and linear programing. Internation Journal of Production Economics, 212-122.

- [6] Ghodsypour, S., O'Brien, C., (2001). the total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. *int. j. production economics*, 73 (1), 1-24.
- [7] Goffin, K., Szwejczewski, M., New, C., (1997). managing suppliers: when fewer can mean more. *international journal of physical distribution and logistics management*, 27 (7), 422-434.
- [9] Dickson, G., (1966). An Analysis of Vendor Selection Systems and Management. *Journal of Purchasing*, 2.
- [10] Weber, C., Current, J., Benton, W., (1991). Vendor Selection Criteria and Methods. *E. J. of Operation Research*, 50, 2-18.
- [11] Ben-Tal, A., Nemirovski, A., (2000). Robust solutions of linear programming problems contaminated with uncertain data, *Mathematical Programming*. 88, 411-424.
- [12] Hong, J., Hayya, J., (1992). Just- in time purchasing single or multiple sourcing. *I. J of Production Economics*, 27, 175-181.
- [13] Ghodsypour, S., O'Brien, C., (2005). A decision support system for supplier selection using integrated analytic hierarchy process and linear programming. *I.J. of Production Economics* , 56-57.
- [14] Dahel, N., (2003). Vendor selection and order quantity allocation in volume discount environments. *Supply Chain Management:An International Journal* , 8, 335-342.
- [15] HangHong, G., Chanpark, S., Sikjang, D., MinRho, H., (2005). An effective supplier selection method For constructing a competitive supply relationship. *Expert system with applications*, 1-11.
- [16] Arikan, F., (2013). A fuzzy solution approach for multi objective supplier selection. *Expert Systems with Applications*, 40, 947–952.
- [17] Selcuk Kilic, H., (2013). An integrated approach for supplier selection in multi-item/multi-supplier environment. *Applied Mathematical Modelling* .
- [18] Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., Diabat, A., (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of Cleaner Production* , 1e13.
- [19] Lin, C. T., Chen, C. B., Ting, Y. C., (2011). An ERP model for supplier selection in electronics industry. *Expert Systems with Applications*, 38, 1760–1765.
- [20] Wu, W. Y., Sukoco, B., Li, C. Y., Hui Chen, S. (2009). An integrated multi-objective decision-making process for supplier selection with bundling problem. *Expert Systems with Applications* , 36, 2327–2337.
- [23] Hwang, C., yoon, K., (1987). Multiple attribute decision making. Springer-Verlag , 342
- [26] Weber, C., Current, J., (2002). Theory and Methodology: A multi – objective approach to vendor selection. *European Journal of Operational Reserch* , 68, 173-184.
- [27] Weber, C., Current, J., Desia, (2003). Non_cooperative negotiation strategies for vendor selection. *European Journal of Operational Reserch*, 108.
- [28] Chen, L., Tasi, F., (2001). *European Journal of Operational Research* , 133, 548-556.
- [29] Lin, C.-C. (2004). A weighted max-min model for fuzzy goal programming. *Fuzzy Sets and Systems*, 142, 407–420.
- [30] Lai, Y., Hwang, C., (1993). Possibilistic linear programming for managing interest rate risk. *Fuzzy Sets and Systems*, 49, 121–133.
- [31] Lai, Y., Hwang, C., (1996). *Fuzzy multiple objective decision making-methods and applications*. Germany: Springer-Verlag.