

به کارگیری اوزان کاردینال در مدل برنامه ریزی چندهدفه فازی وزن دار به منظور تعیین میزان خرید بهینه از تامین کنندگان

حمید شاهبندرزاده^۱، علیرضا پیکام^{۲*}

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 تامین کنندگان در دستیابی به اهداف زنجیره تامین دارند، مساله تخصیص سفارش ها خرید به تامین کنندگان یکی از مهم ترین فعالیت های مدیران خرید در یک زنجیره تامین می باشد. در این مقاله سعی شده است با مطالعه ادبیات نظری، شاخص های موثر در انتخاب تامین کننده شناسایی و پالایش شوند. سپس با استفاده از روش تخصیص خطی این شاخص ها اولویت بندی و پس از آن با استفاده از روش اصغر پور به اوزان کاردینال این شاخص ها دست یافته شود. در ادامه مدل برنامه ریزی چندهدفه برای تعیین مقادیر سفارش به تامین کنندگان با توجه به محدودیت ها و اهداف پژوهش، طراحی و برای حل آن از مدل برنامه ریزی چندهدفه فازی وزن دار استفاده گردیده است. با فرض اینکه تصمیم گیرنده از جواب های به دست آمده راضی نشده باشد، از روش توسعه یافته ی آریخان با در نظر گرفتن ترجیحات تصمیم گیرنده و وزن شاخص ها (اهداف و محدودیت های فازی) استفاده می شود تا در نهایت تصمیم گیرنده به سطح های دستیابی مورد نظرش در اهداف و محدودیت های فازی برسد و میزان سفارش به تامین کنندگان مشخص شود.

کلمات کلیدی: انتخاب تامین کننده، سفارش بهینه، تخصیص خطی، اوزان کاردینال، برنامه ریزی چندهدفه فازی.

۱ مقدمه

انتخاب تامین کننده، تاثیر قابل توجهی بر بهینه سازی کیفیت، کمیت، ارسال به موقع و قیمت کالاها و خدمات خریداری شده دارد [۱] [۲]. به طور کلی می توان گفت که مساله انتخاب تامین کننده یک مساله تصمیم گیری چندمعیاره (MADM) است. زیرا لازم است تامین کنندگان 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 شرکت ها بوده است و نیاز به دستیابی به یک سطح رقابتی جهانی در زمینه ی عرضه به طور اساسی افزایش پیدا کرده است [۴]. در بیشتر صنایع،

* عهده دار 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 عرضه‌کنندگان اثر اساسی را بر روی موفقیت یا شکست یک شرکت اعمال می‌کنند، خرید که قبلاً به‌عنوان یک ابزار تاکتیکی محض در نظر گرفته می‌شد، هم‌اکنون به‌عنوان یک وظیفه استراتژیک شناخته می‌شود [۷]. در این مقاله به موضوع تخصیص سفارش‌ها به تامین‌کنندگان 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 به‌راحتی نمی‌توانند، عدم قطعیت را در مساله لحاظ نمایند. در این شرایط تئوری فازی یکی از بهترین ابزارها برای پاسخگویی به این نیاز می‌باشند. یکی از روش‌هایی که در زمینه‌ی مسایل تصمیم‌گیری و مدیریت متداول است، استفاده از مدل‌سازی به‌صورت عام و بهره‌گیری از مدل‌های ریاضی به‌صورت خاص است. هدف از مدل‌سازی به‌تصویر در آوردن مسایل و مشکلات دنیای واقعی است، به‌طوری 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 تامین‌کنندگان 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 تامین‌کننده از مطالعات ۱۹۶۰ تاکنون مورد تأکید قرار گرفته است. اولین تحقیق در حوزه انتخاب تامین‌کننده را دیکسون انجام داد که منجر به شناسایی و رتبه‌بندی ۲۳ معیار شد [۹]. وبر و همکارانش [۱۰] در مروری جامع، ۷۴ مقاله را بررسی و آن‌ها را برحسب معیارهای دیکسون دسته‌بندی کردند. ادبیات نظری فراوانی در حوزه انتخاب تامین‌کننده و مدل‌های تصمیم‌گیری در مورد آن وجود دارد. مدل‌های تصمیم‌گیری موجود اساساً درصدد پاسخگویی به این سوالات هستند: چه تعداد تامین‌کننده، مناسب است؟ خط‌مشی سفارش دهی بهینه چیست؟ و میزان سفارش بهینه به هر کدام از تامین‌کنندگان 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 بنتال [۱۱]، هانگ و هایا [۱۲]، قدسی‌پور و ابرایان [۱۳]، داهل [۱۴]، هانگ‌هونگ و همکاران [۱۵] اشاره کرد. آریخان [۱۶] در پژوهش خود مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده چندمنبعه را به‌صورت 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 به‌موقع. در این پژوهش، از توابع عضویت مثلثی برای اهداف قیمت، کیفیت و تحویل و همچنین محدودیت تقاضا استفاده شده است. آریخان در این پژوهش به‌منظور 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. سلکو ک کلیک [۱۷] در پژوهشی دیگر یک رویکرد یکپارچه شامل تکنیک تاپسیس فازی برای اولویت سفارش 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 به‌عنوان 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 شاخصه 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 اولویت سفارش به‌منظور تحلیل اهمیت معیارهای چندگانه با ترکیب نظر کارشناسان و به‌منظور تعیین بهترین تامین‌کننده سبز به‌کاربرده 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 به‌طور هم‌زمان کل ارزش خرید را بیشینه و کل هزینه خرید را کمینه کند. برای کم کردن ذهنیت ترجیحات تصمیم‌گیرندگان، 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 کردند. برای ایجاد یک محیط خرید به‌موقع، روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، روش تاپسیس و برنامه‌ریزی خطی (LP) به‌طور اثربخش در فرآیند انتخاب تامین‌کننده به کار می‌رود. ANP و تاپسیس برای محاسبه وزن و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان استفاده می‌شوند و LP به‌طور موثر مقدار سفارش را به هر فروشنده تخصیص می‌دهد. دلیو 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 اهمیت‌گذاری 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 به‌عنوان ضرایب تابع هدف در MIP برای تخصیص مقدار سفارش به تامین‌کنندگان استفاده می‌شود. همچنین روح‌بخش معیاری دوم و همکاران [۲۱] نیز در پژوهش خود تلاش کرده‌اند تا با ارایه چارچوبی منسجم و قابل‌اطمینان، 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 بهره‌برده شده است. شایان‌ذکر است در این تحقیق، نهایتاً هفت معیار و هجده زیر معیار گردآوری، ارزیابی و رتبه‌بندی شده است.

۳ روش شناسی

روش این پژوهش از نوع کاربردی - میدانی است. در اولین گام پژوهش اقدام به شناسایی و پالایش مهم ترین شاخص های موثر بر انتخاب تامین کننده با استفاده از ادبیات نظری و مصاحبه با خبرگان شده است. در مرحله ی بعد پرسشنامه ی مربوط به رتبه بندی شاخص ها از نظر میزان تأثیر در انتخاب تامین کننده در اختیار ۳ خبره دانشگاهی و ۳ کارشناس صنعت قرار گرفته تا شاخص ها را از نظر اهمیت رتبه بندی کنند. قبل از انجام این گام، اقدام به وزن دهی به خبرگان بر اساس شاخص های تخصص، سابقه ی کاری مرتبط و میزان تحصیلات با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می شود. در گام بعد با استفاده از روش تخصیص خطی به جمع نظرات افراد در رتبه بندی شاخص ها با توجه به وزن و اهمیت خبرگان پرداخته شده است. خروجی روش تخصیص خطی اولویت بندی شاخص های موثر بر انتخاب تامین کننده است. در گام بعد از روش اصغر پور برای رسیدن به اوزان کاردینال شاخص ها با توجه به میزان ارجحیت شاخص ها از نظر خبرگان پرداخته شده است. در مرحله ی بعد به طراحی مدل برنامه ریزی چندهدفه با استفاده از مقادیر شاخص های کیفی و کمی مربوط به تامین کنندگان و محدودیت های تقاضای شرکت و عرضه ی تامین کنندگان پرداخته می شود. برای حل مدل برنامه ریزی چندهدفه از مدل برنامه ریزی چندهدفه ی فازی و روش بیشینه - کمینه با توجه به توابع عضویت اهداف و محدودیت های فازی استفاده گردید و خروجی مدل اصغر پور که اوزان شاخص هاست در تابع هدف مدل بیشینه - کمینه قرار داده شد. با حل این مدل مقدار سفارش تعیین شده برای هر تامین کننده و سطح دستیابی به اهداف و محدودیت های فازی در اختیار تصمیم گیرنده قرار می گیرد. با فرض اینکه تصمیم گیرنده از سطح های دستیابی به اهداف و محدودیت های فازی راضی نشده باشد، میزان سطح دستیابی به اهداف و محدودیت های مورد نظر تصمیم گیرنده به صورت محدودیت در مدل ارایه شده در پژوهش که مدل توسعه یافته ی آریخان با در نظر گرفتن وزن اهداف و محدودیت هاست قرار داده می شود. اگر سطح های دستیابی به اهداف و محدودیت های فازی، مورد قبول تصمیم گیرنده قرار گرفت، فرآیند حل به پایان می رسد، و گرنه مجدداً سطح های دستیابی قابل قبول از تصمیم گیرنده پرسش می شود و مجدداً مدل مذکور اجرا می شود. این فرآیند تا زمانی که تصمیم گیرنده به سطح های مورد نظرش در اهداف و محدودیت ها برسد، ادامه دارد تا در نهایت تصمیم گیرنده به سطح های دستیابی مورد نظرش در اهداف و محدودیت های فازی برسد. با اجرای این مدل، میزان سفارش تعیین شده برای هر تامین کننده با در نظر گرفتن ارجحیت تصمیم گیرنده مشخص می شود.

۳-۱ روش تخصیص خطی

روش تخصیص خطی یکی از روش های تصمیم گیری چند شاخصه و از زیر مجموع مدل های جبرانی است که خروجی آن به صورت یک مجموعه از رتبه ها بوده، به نحوی که هماهنگی لازم را به مناسب ترین صورت تامین می نماید [۲۲]. در این روش گزینه های مفروض از مساله برحسب امتیازات آن ها از هر شاخص موجود رتبه بندی شده و سپس، رتبه نهایی گزینه ها از طریق فرآیند خطی مشخص می شود. به طور خلاصه، الگوریتم این روش به این 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 از نظر 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.

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

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 واگذار شود، در صورتی که $h_{i,k} = 1$ باشد، در غیر این صورت $h_{i,k} = 0$ می‌شود [۲۳].

۳-۲ مشخص کردن امتیازات کاردینال 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 m 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» و... لازم به توضیح است که الگوریتم‌های رتبه‌بندی نیاز به مفروضات کمتری نسبت به الگوریتم‌های کاردینال 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 کاردینال برای گزینه‌ها می‌رسد. برای استفاده از این مدل فرض می‌شود یک اولویت‌بندی از m گزینه، به طور نمونه به صورت ذیل مفروض باشد:

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

به طوری که گزینه $A^{(i)}$ در رتبه یکم و گزینه $A^{(i')}$ در آخرین رتبه (m) واقع شده است. از طرفی تنها استنباط 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:

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

و به بیان دیگر:

$$(w_1 - w_2) > 0, (w_2 - w_3) > 0, \dots, (w_j - w_{j+1}) > 0, \dots, (w_{m-1} - w_m) > 0 \quad (4)$$

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

$$j_1(w_1 - w_2) > 0, j_2(w_2 - w_3) > 0, \dots, j_n(w_n - w_{n+1}) > 0, \dots, j_{(m-1)}(w_{m-1} - w_m) > 0, j_m(w_m) > 0 \quad (5)$$

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 پیشنهاد شده است که ز 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 دست یافته شود که با نظرات خبرگان متناسب است و برای شدت نظرات خبرگان در اولویت دهی به شاخص‌ها اهمیت قایل می‌شود [۲۴]. بنابراین به منظور دسترسی به ارزش‌های مناسب از w های موجود می‌بایست:

$$\begin{aligned} Max \quad & \{j_1(w_1 - w_2), j_2(w_2 - w_3), \dots, j_n(w_n - w_{n+1}), \dots, j_{(m-1)}(w_{m-1} - w_m), j_m(w_m)\} \\ st. \quad & \end{aligned} \quad (6)$$

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

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

$$\begin{aligned} Max \quad & Z \\ st. \quad & Z \leq j(w_j^{(t)} - w_{j+1}^{(t)}), \\ & Z \leq m w_m^{(i^m)}, \end{aligned} \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j^{(i)} = 1,$$

$$w_j^{(i)} \geq 0,$$

$$j = \{1, 2, 3, \dots, m\}, \quad t, l = \{1, 2, 3, \dots, m\}, \quad i = \{1, 2, 3, \dots, m\}.$$

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 برنامه ریزی ریاضی چندهدفه

همان‌گونه که اشاره شد مساله انتخاب تامین کننده یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره (چندهدفه) است و غالب مدل‌های برنامه ریزی 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:

$$\begin{aligned}
 \text{Min}(z_\gamma) &= \sum_{i=1}^n P_i(x_i) \\
 \text{Max}(z_\nu) &= \sum_{i=1}^n Q_i(x_i) \\
 \text{Max}(z_\mu) &= \sum_{i=1}^n S_i(x_i) \\
 \text{Max}(z_\rho) &= \sum_{i=1}^n H_i(x_i) \\
 \text{Max}(z_\tau) &= \sum_{i=1}^n R_i(x_i) \\
 \text{Min}(z_\delta) &= \sum_{i=1}^n F_i(x_i)
 \end{aligned} \tag{۸}$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^n x_i = D,$$

$$x_i \leq C_i \quad i = 1, \dots, n \quad \text{و به ازای هر}$$

$$x_i \geq 0 \quad \text{صحیح و}$$

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 خواهید 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 کنندگان را بیشینه می کنند و تابع هدف ششم نیز فاصله مکانی کارخانه با تامین کنندگان 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 کم تر از ظرفیت آن باشد و محدودیت سوم سفارش های منفی را حذف می کند. در این مطالعه، سطح های آرمانی برای اهداف و محدودیت ها فازی در نظر گرفته می شود.

۳-۳-۱ مدل برنامه ریزی چندهدفه فازی برای انتخاب تامین کننده

مساله برنامه ریزی چندهدفه فازی با L تابع هدف فازی و S محدودیت فازی به صورت زیر در نظر گرفته شده است [۱۶]:

Find x

s.t.

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

که $I_1 \cup I_2 = \{1, 2, \dots, l\}$, $I_1 \cap I_2 = \emptyset$ و X مجموعه‌ای از محدودیت‌های خطی قطعی و قیده‌های علامت 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 $K \in I_{1,2}$ سطح آرمانی نادقیق برای k امین تابع هدف است. $Z_K \in [Z_K^L, Z_K^U]$ به ترتیب مرزهای پایین و بالای آرمانی برای K امین تابع هدف فازی و $b_r \in [b_r^L, b_r^U]$ نیز به ترتیب مرزهای پایین و بالا آرمانی برای r امین محدودیت فازی هستند. بر طبق برنامه‌ریزی ریاضی فازی، هر هدف و محدودیت فازی در ضوابط زیر مجموعه‌ها با توابع عضویت مناسب تعریف می‌شوند، که به ترتیب با $\mu_K(C_K X)$ برای $K \in I_{1,2}$ و $\mu_r(a_r X)$ برای $r \in T$ مشخص می‌شوند. با فرض اینکه توابع عضویت خطی هستند، تعاریف ریاضی به صورت زیر خواهند آمد:

$$\mu_k(c_k x) = \begin{cases} 1 & \text{if } c_k x \geq z_K^U \\ \frac{(c_k x) - z_K^L}{z_K^U - z_K^L} & \text{if } z_K^L \leq c_k x \leq z_K^U, \quad \forall k \in I_1 \\ 0 & \text{if } c_k x \leq z_K^L \end{cases} \tag{12}$$

$$\mu_k(c_k x) = \begin{cases} 1 & \text{if } c_k x \leq z_K^L \\ \frac{z_K^U - (c_k x)}{z_K^U - z_K^L} & \text{if } z_K^L \leq c_k x \leq z_K^U, \quad \forall k \in I_2 \\ 0 & \text{if } c_k x \geq z_K^U \end{cases} \tag{13}$$

$$\mu_r(a_r x) = \begin{cases} 0 & \text{if } c_k x \leq z_K^L \\ \frac{a_r x - b_r^L}{b_r^U - b_r^L} & \text{if } b_r^L \leq a_r x \leq b_r^U \\ \frac{b_r^U - (a_r x)}{b_r^U - b_r^L} & \text{if } b_r \leq a_r x \leq b_r^U \\ 0 & \text{if } a_r x \geq b_r^U \end{cases}, \forall r \in T \tag{14}$$

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

۳-۳-۲ مدل بیشینه - کمینه‌ی وزن‌دار

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. در صورتی که این موضوع برای تصمیم‌گیرنده حایز اهمیت باشد، از روش بیشینه - کمینه‌ی وزن‌دار 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 به گونه‌ای ضریبی برای برآورده شدن اهداف نیز هست. این مدل به صورت رابطه (۱۶) تعریف شده است: [۲۹] [۳۰] [۳۱]

$$\begin{aligned} \max \quad & \lambda + \left\{ \sum_{k=1}^l w_k \mu_k(c_k x) + \sum_{r=1}^s \beta_r \mu_r(a_r x) \right\} / (l + S) \\ \text{s.t.} \quad & \lambda \leq \mu_k(c_k x), \quad k = 1, 2, \dots, l \\ & \lambda \leq \mu_r(a_r x), \quad r = 1, 2, \dots, s \\ & \sum_{j=1}^l w_j + \sum_{r=1}^s \beta_r = 1 \\ & w_k, \beta_r \geq 0 \\ & \lambda \in [0, 1] \\ & x \in X \end{aligned} \quad (15)$$

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

$$M \min_{k,r} \{ \mu_k(c_k x), \mu_r(a_r x) \}, \quad k = 1, 2, \dots, l; r = 1, 2, \dots, s. \quad \text{به ازای} \quad (16)$$

۳-۳-۳ مدل ارایه‌شده‌ی 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 تامین‌کننده دارای وزن باشند و به عبارت دیگر دارای اولویت باشند، این اوزان باید به گونه‌ای در مدل آریخان لحاظ شود که علاوه بر ترجیحات تصمیم‌گیرنده، اولویت اهمیت شاخص‌ها نیز در مدل در نظر گرفته شود. برای رفع این مسأله، در این مقاله سعی شده است با ارایه و توسعه‌ی مدل آریخان، مدل وزن‌داری 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:

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

s.t.

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

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

$$\mu_k(c_k x) \geq \alpha_k, \quad k = 1, 2, \dots, l,$$

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

$$\sum_{k=1}^l w_k + \sum_{r=1}^s \beta_r, \quad w_k, \beta_r \geq 0,$$

$$\alpha_r, \alpha_k, \lambda \in [0, 1],$$

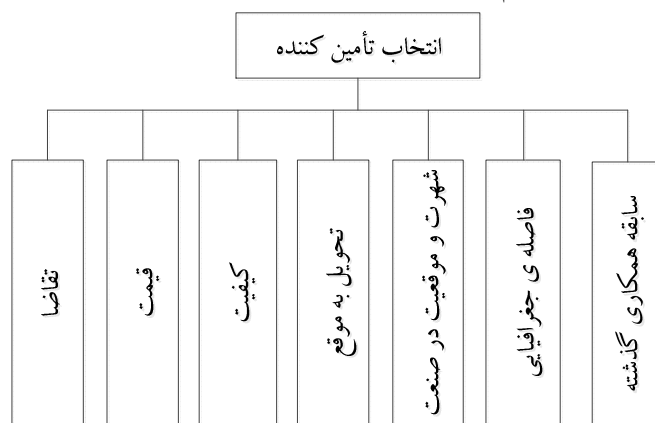
$$x \in X.$$

(17)

در رابطه‌ی (17) λ کمینه‌ی درجه‌ی رضایت (رابطه (16)) و α_k و α_r به ترتیب کمینه‌ی سطح‌های دست‌یابی قابل قبول برای هدف K ام و محدودیت I ام 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 بانام تجاری آیدا بین الملل است. این کارخانه در زمینه‌ی تولید مواد غذایی مانند رب گوجه‌فرنگی، ترشیجات، شوربجات، مربا، اسپتیک و آب معدنی فعالیت می‌کند که این پژوهش بر محصول آب معدنی تولیدی کارخانه و ماده‌ی اولیه‌ای به نام پریفورم که در واقع همان بطری آب معدنی 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 در نهایت به ۷ شاخص مهم در انتخاب تامین کننده به صورت شکل ۱ دست یافته می‌شود.



شکل ۱. شاخص‌های انتخاب تامین کننده

در مرحله‌ی بعد برای تعیین اولویت شاخص‌ها از ۶ صاحب نظر 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 تئوریک 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 تامین کننده 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)		
$8 \div 8 = 1$	۸	۲	۱	۱	۱	۲	۱	C _۱	قیمت
$11 \div 8 = 1/375$	۱۱	۱	۲	۳	۲	۱	۲	C _۲	کیفیت
$17 \div 8 = 2/125$	۱۷	۳	۳	۲	۳	۳	۳	C _۳	تحويل
$30 \div 8 = 3/750$	۳۰	۵	۶	۵	۴	۵	۵	C _۴	شهرت
$37 \div 8 = 4/625$	۳۷	۶	۵	۶	۷	۷	۶	C _۵	فاصله
$25 \div 8 = 3/125$	۲۵	۴	۴	۴	۵	۴	۴	C _۶	سابقه همکاری
$40 \div 8 = 5$	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 شاخص‌هاست. برای اعضای هیئت علمی و کارشناسان خرید نیز وزن‌های به دست آمده از روش AHP در جدول ۲ مشخص است. وزن خبرگان در مدل‌سازی ریاضی تخصیص خطی که در نهایت 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 λ 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، λ که در مدل برنامه‌ریزی خطی اصغرپور استفاده می‌شود، به دست می‌آید.

جدول ۲. تعداد تکرارهای حضور شاخص‌ها در رتبه‌های ۷ گانه برحسب 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	-	-	-	-	۱	۳	۲
سابقه همکاری	-	-	-	۵	۱	-	-
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 بگیرد 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	-	-
تقاضا	-	-	-	-	-	۰/۲۶۸	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	$X_{۱۱}$	$X_{۲۲}$	$X_{۳۳}$	$X_{۴۴}$	$X_{۵۵}$	$X_{۶۶}$	$X_{۷۷}$
مقدار متغیر	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷

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 کاردینال اصغر پور (رابطه (۷)) برای تعیین اوزان کاردینال شاخص‌ها استفاده می‌شود. با حل مدل اوزان کاردینال وزن شاخص‌ها به دست می‌آید که در جدول ۵ قابل مشاهده است.

جدول ۵. اوزان کاردینال شاخص‌های انتخاب تامین کننده

قیمت	کیفیت	تحويل	سابقه همکاری	شهرت	فاصله	تقاضا	نماد
W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	وزن
۰/۳۸۱	۰/۲۴۴	۰/۱۵۶	۰/۱۰۰	۰/۰۶۵	۰/۰۳۷	۰/۰۱۷	

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 وزنی برابر ۰/۰۱۷ به خود اختصاص می‌دهند.

به منظور دست‌یابی به اطلاعات شاخص‌های کیفی تامین کنندگان، 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 تامین کنندگان نیز با تماس به دفاتر رسمی آن‌ها به دست آمده است.

جدول ۶. مشخصات تامین کنندگان در شاخص‌های انتخاب تامین کننده

تامین کننده	نماد	قیمت (تومان)	سابقه همکاری (سال)	فاصله مکانی (مایل)	کیفیت	تحويل	شهرت	ظرفیت تامین کننده
شفاف شیمی (رودبار)	A_1	۸۲	۳	۴۱۵	٪۹۰	٪۹۰	٪۸۵	۸۰۰
شمشاد نوش (کاشان)	A_2	۹۴	۶	۱۰۴	٪۹۵	٪۷۵	٪۷۵	۷۰۰
دانوش پلاستیک (شیراز)	A_3	۸۶	۶/۵	۳۱۳	٪۶۵	٪۶۵	٪۶۰	۹۰۰
آریا پت پاور (کرج)	A_4	۹۷	۵	۲۸۴	٪۷۰	٪۹۵	٪۶۵	۸۵۰
آماد صنعت (اشتهارد)	A_5	۸۴	۴/۵	۲۷۰	٪۸۵	٪۸۵	٪۷۰	۹۰۰
پولاد پویس (تهران)	A_6	۸۸	۴	۲۹۱	٪۸۰	٪۷۰	٪۹۰	۱۰۰۰
فردان آریان (قزوین)	A_7	۸۷	۵/۵	۳۰۴	٪۷۵	٪۸۰	٪۸۰	۱۰۰۰

در مرحله‌ی بعد با استفاده از داده‌های جدول ۶ مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی نوشته می‌شود. وزن به دست آمده برای هر شاخص وارد تابع هدف مدل برنامه‌ریزی چندهدفه 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 تامین کنندگان با توجه به محدودیت تقاضای کارخانه و محدودیت عرضه‌ی تامین کنندگان به دست می‌آید. حال اگر تصمیم گیرنده با جواب‌های به دست آمده راضی نشده باشد و

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

برای دستیابی به حدهای بالا و پایین اهداف فازی، با حل مدل تک هدفه بیشینه و کمینه ی هر هدف با در نظر گرفتن محدودیت های تقاضا و عرضه ی تامین کننده برای هر کدام به طور جداگانه، مرز اهداف مشخص و در واقع مرز منطقه ی موجه مشخص می شود [۲۳]. با حل مدل های ۶ گانه ی تک هدفه به صورت جداگانه، مرزهای اهداف در جدول ۷ آمده اند.

جدول ۷. حد بالا و حد پایین اهداف برنامه ریزی چندهدفه فازی

اهداف	قیمت	کیفیت	تحویل	سابقه همکاری	شهرت	فاصله مکانی
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
Min	۱۶۷۰۰۰	۱۳۶۷/۵	۱۳۶۰	۷۳۰۰	۱۲۶۷/۵	۴۲۹۴۰۰
Max	۱۸۷۸۵۰	۱۸۱۰	۱۸۲۵	۱۲۲۵۰	۱۷۴۰	۷۰۴۹۰۰

اعداد فازی مثلثی برای تقاضای فازی نیز به صورت [۲۰۵۰, ۲۰۰۰, ۱۹۰۰] تعریف شده اند که بر اساس مصاحبه ی صورت گرفته با مدیر خرید کارخانه حاصل شده است. با توجه به جداول ۵ و ۶ و با استفاده از توابع عضویت مشخص شده (رابطه های ۱۴، ۱۳، ۱۲) و مرزهای اهداف (جدول ۷) و تقاضای فازی و با استفاده از رابطه ی ۱۶، مدل بیشینه-کمینه وزن دار شکل گرفته و حل می شود. با حل مدل، X_i که برابر تعداد خرید از تامین کننده ی i ، λ_i یا $\mu_i(C_i; X)$ که سطح دستیابی به آرمان های فازی و $\mu_i(\alpha_i; X)$ که سطح دستیابی به محدودیت فازی است مشخص می شود. می توان این نتایج را در جداول ۸ تا ۱۰ مشاهده کرد.

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

تعداد خرید از شفاف شیمی	X_1	۱۹۷
تعداد خرید از شمشاد نوش	X_2	۳۸۲
تعداد خرید از دانش پلاستیک	X_3	۰
تعداد خرید از آریا پت پاور	X_4	۲
تعداد خرید از آماد صنعت	X_5	۵۱۶
تعداد خرید از پولاد پوش	X_6	۰
تعداد خرید از فردان آریان	X_7	۹۱۷

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

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 تحویل 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	$\mu_7(\alpha_7X)$	۰/۷۲۰

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

مقدار تابع هدف کمینه کردن قیمت	Min Z_1 [۱۶۷۰۰۰, ۱۸۷۸۵۰]	۱۷۵۳۷۹
مقدار تابع هدف بیشینه کردن کیفیت	Max Z_2 [۱۳۶۷/۵, ۱۸۱۰]	۱۶۶۷/۹۵
مقدار تابع هدف بیشینه کردن تحویل به موقع	Max Z_3 [۱۳۶۰, ۱۸۲۵]	۱۶۳۷/۹
مقدار تابع هدف بیشینه کردن سابقه همکاری	Max Z_4 [۷۳۰۰, ۱۲۲۵۰]	۱۰۲۵۸/۵
مقدار تابع هدف بیشینه کردن شهرت و اعتبار	Max Z_5 [۱۲۶۷/۵, ۱۷۴۰]	۱۵۵۰/۰۵
مقدار تابع هدف کمینه کردن فاصله مکانی	Min Z_6 [۴۲۹۴۰۰, ۷۰۴۹۰۰]	۵۴۰۱۳۹
مقدار محدودیت برآورده کردن تقاضا	تقاضا [۱۹۰۰, ۲۰۰۰, ۲۰۵۰]	۲۰۱۴

در جدول ۸ تعداد خرید از هر تامین کننده 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 پت 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 فولاد 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 در حالی 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 در حالی که ۷۲ درصد محدودیت تقاضای کارخانه برآورده شده است.

حال اگر تصمیم گیرنده 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 α_k برای اهداف فازی و α_r برای محدودیت فازی بیشتر شود، می‌توان نظرات تصمیم گیرنده را به صورت محدودیت وارد مدل کرد. در این صورت مدل به شکل رابطه‌ی ۱۷ فرموله می‌شود. در این پژوهش تصمیم گیرنده از جواب‌های به دست آمده از حل مدل بیشینه - کمینه وزن‌دار راضی نشده و می‌خواهد سطح دستیابی به هدف قیمت برابر $(\alpha_k = 0/80)$ و سطح دستیابی به محدودیت تقاضا نیز برابر $(\alpha_r = 0/85)$ شود. می‌توان با

اجرای مدل ارایه شده در این پژوهش، علاوه بر در نظر گرفتن وزن شاخص ها که خود به نوعی ارجحیتی برای برآورده شدن اهداف و محدودیت ها تعریف می کنند، محدودیت هایی تعریف کرد که به طور مشخص مدل را وادار کنند تا سطح دستیابی به هدف و محدودیت خاصی را از یک مقدار کم تر نکند. مقدار خرید از هر تامین کننده نیز با حل مدل رابطه ۱۷ با در نظر گرفتن ارجحیت تصمیم گیرنده به دست می آید. 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_1	۶۶
تعداد خرید از شمشاد نوش	X_2	۱۳۳
تعداد خرید از دانوش پلاستیک	X_3	۰
تعداد خرید از آریا پت پاور	X_4	۰
تعداد خرید از آماد صنعت	X_5	۷۴۰
تعداد خرید از پولاد پویش	X_6	۹۱
تعداد خرید از فردان آریان	X_7	۹۵۵

جدول ۱۲. سطوح دستیابی اهداف و محدودیت ها با حل مدل پژوهش

سطح دستیابی به هدف کمینه کردن قیمت	$\mu_1(c_1x)$	۰/۸۰۰
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن کیفیت	$\mu_1(c_2x)$	۰/۵۳۴
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن تحویل به موقع	$\mu_1(c_3x)$	۰/۵۵۰
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن سابقه همکاری	$\mu_1(c_4x)$	۰/۵۳۳
سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن شهرت و اعتبار	$\mu_1(c_5x)$	۰/۵۳۳
سطح دستیابی به هدف کمینه کردن فاصله مکانی	$\mu_1(c_6x)$	۰/۵۳۳
سطح دستیابی به محدودیت برآورده کردن تقاضای شرکت	$\mu_1(\alpha_1x)$	۰/۸۵۰

جدول ۱۳. مقدار هدف ها و محدودیت های فازی با حل مدل پژوهش

مقدار تابع هدف کمینه کردن قیمت	$\text{Min } Z_1 [167000, 187850]$	۱۷۱۱۶۷
مقدار تابع هدف بیشینه کردن کیفیت	$\text{Max } Z_2 [1367/5, 1810]$	۱۶۰۳/۸
مقدار تابع هدف بیشینه کردن تحویل به موقع	$\text{Max } Z_3 [1360, 1825]$	۱۶۱۵/۸۵
مقدار تابع هدف بیشینه کردن سابقه همکاری	$\text{Max } Z_4 [7300, 12250]$	۹۹۴۲/۵
مقدار تابع هدف بیشینه کردن شهرت و اعتبار	$\text{Max } Z_5 [1267/5, 1740]$	۱۵۱۹/۷۵
مقدار تابع هدف کمینه کردن فاصله مکانی	$\text{Min } Z_6 [429400, 704900]$	۵۵۷۸۲۳
مقدار محدودیت برآورده کردن تقاضا	تقاضا [۱۹۰۰, ۲۰۰۰, ۲۰۵۰]	۱۹۸۵

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

در جداول ۱۰ و ۱۳ ملاحظه می‌شود که مقدار بودجه‌ی 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 دست‌یافته شده است. همچنین مقدار تقاضا نیز از ۲۰۱۴ به ۱۹۸۵ تغییر پیدا کرد که نشان‌دهنده‌ی برآورده کردن محدودیت تقاضای کارخانه با مقدار کم‌تری تقاضا از تامین‌کنندگان 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 تحویل به موقع از ۰/۵۹۷ به ۰/۵۵۰، سطح دستیابی به هدف بیشینه کردن سابقه‌ی همکاری و شهرت و همچنین سطح دستیابی به هدف کمینه کردن فاصله‌ی مکانی از ۰/۵۹۷ به ۰/۵۳۳ تقلیل یافته است. همچنین با این اعمال نظر مقدار خرید از هر تامین‌کننده نیز تغییر می‌یابد. 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 دانش پلاستیک نیز بدون تغییر و برابر صفر باقی مانده است.

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهاد

در این پژوهش، با روشی علمی و هدفمند، در گام اول شاخص‌های انتخاب تامین‌کننده با مطالعه‌ی 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 سلسله‌مراتبی و بر اساس شاخص‌های تخصص، سابقه‌ی کاری مرتبط و میزان تحصیلات مورد ارزیابی قرار گرفته و وزن دهی شده‌اند، دست‌یافته 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 عرضه‌ی تامین‌کنندگان، این مدل اجرا شد. گام پنجم که استفاده از مدل پژوهش است با فرض راضی نشدن تصمیم‌گیرنده از جواب‌ها و سطح‌های 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 لحاظ و با در نظر گرفتن

وزن و اهمیت اهداف و محدودیت‌های فازی، سطح بالاتری از دستیابی به اهداف و محدودیت‌های فازی را در اختیار تصمیم گیرنده قرار دهد. البته نباید فراموش شود در نظر گرفتن ارجحیت نظر تصمیم گیرنده 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 تصمیم گیرنده برای رسیدن به مطلوبیت بیش تر در اهداف و محدودیت‌های مورد نظرش، باید برای اهداف و محدودیت‌های دیگر بپذیرد.

مدل ارائه 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 اتکاتری 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 ارائه شده لحاظ شود تا بتوان به نتایج به دست آمده از پژوهش، با اطمینان بیش تری 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 اولویت بندی شاخص‌های انتخاب تامین کننده نیز می‌تواند در مطالعات دیگر، مورد توجه قرار گیرد.

منابع

- [۸] توکلی مقدم، ر.، مظلومی، ز. (۱۳۸۸). مدل سازی ریاضی مساله مکان یابی - مسیریابی چندهدفه در زنجیره تامین سه سطحی. دومین کنفرانس بین المللی تحقیق در عملیات ایران.
- [۲۱] روحبخش معیاری دوم، ا.، مشهدی فراهانی، م. ا.، کاظمی، م. (۱۳۹۴). ارزیابی و رتبه بندی مناسب ترین 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). تصمیم گیری 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). تصمیم گیری 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] Ghodspour, S., O'Brien, C., (1998). A decision support system for supplier selection using onintegrated analytic hierarchy process and linear programming. *Internation Journal of Production Economics*, 212-122.

- [6] Ghodspour, S., Obrein, 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., Szwejcowski, 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] Ghodspour, 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] Arikani, 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.