توسعه مدل انتخاب تأمین کنندگان با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی با فرض وابستگی معیارها

حسین امانی[1*]، احمد نورنگ[2]، حسن جهانشاهی[3]

دانشگاه جامع امام حسین (ع)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۳/۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۵/۱۲

چکیده

با توجه به رقابت شدید، پیشرفت سریع تکنولوژی، چرخه کوتاه تولید و نیاز به خدمت‌دهی در سطح بالا به مشتری، دیگر شرکت‌ها نمی‌توانند به تنهایی از عهده همه فعالیت‌های خود بر آیند به‌طوری که امروزه رقابت از سطح سازمان‌ها به سطح زنجیره عرضه حرکت کرده است و شاخص خدمات مطلوب در سیستم نظام‌گرا در طول زنجیره عرضه مورد نظر می‌باشد. در چارچوب این زنجیره، شرکت‌ها مجبورند قسمتی یا تمامی عملیات تولیدی خود را در خارج از سازمان توسط تأمین کنندگان انجام دهند. در این جاست که شرکت‌ها، تأمین‌کنندگان خود را به عنوان یکی از حلقه‌های بسیار مهم زنجیره عرضه تلقی کرده و از این‌رو تأمین‌کنندگان قسمت عمده‌ای از انجام عملکردها و فرآیندهای تأثیرگذار بر کیفیت محصول یا خدمات نهایی شرکت‌ها را به‌عهده دارند. اهمیت مسئله انتخاب تأمین کننده تا آنجاست که پیوند استراتژیک و مناسب با تأمین‌کنندگان مناسب می‌تواند موجب رشد و شکوفایی سازمان شود و بالعکس عدم انتخاب درست تأمین‌کنندگان می‌تواند موجب رکود و حتی زوال سازمان گردد. در تحقیقات گذشته که با تصمیم‌گیری چند معیاره و روش‌های دیگر انجام شده است، معیارهای انتخاب تأمین کننده عمدتاً از یکدیگر مستقل فرض شده‌اند و تأثیر آنها بر یکدیگر و بر فرآیند انتخاب کمتر مورد توجه قرار گرفته شده است. این در حالی است که اغلب معیارها از یکدیگر مستقل نمی‌باشند و اثرات ترکیبی که بر یکدیگر و در نتیجه بر کل فرآیند ارزیابی می‌گذارند باید مد نظر قرار گیرد[۱]. در این مقاله روشی برای تصمیم‌گیری چند معیاره جهت انتخاب تأمین کننده مناسب، پیشنهاد می‌گردد که علاوه بر وزن‌دهی داده محور و وزن دهی کارشناس محور، به بررسی روابط موجود بین معیارها نیز می‌پردازد. برای به‌کارگیری عدم قطعیت موجود در تصمیم‌گیری و واقعی‌تر شدن نتایج حاصل از آن، اعداد فازی نیز در مدل پیشنهادی به‌کار گرفته شده است. در این تحقیق فرض بر این است که معیارهای اصلی، مستقل از هم بوده، ماتریس مقایسه به دست آمده از نظرات کارشناسان سازگار و وزن نظرات همه کارشناسان یکسان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین، تأمین کننده، انتخاب تأمین کننده، تصمیم‌گیری چند معیاره، تصمیم‌گیری چند معیاره فازی.

۱- مقدمه

در جهان صنعتی امروز که تحت تأثیر رقابت‌های تنگاتنگ صنعتی است ضرورت توجه به کیفیت محصول یا خدمات نهایی و بهبود مستمر آن برای مدیران هر سازمان تولیدی یا خدماتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بر این اساس می‌توان گفت که توجه اصلی از مطلوب بودن کیفیت محصول یا خدمات نهایی، به کیفیت در عملکردها و فرایندهای تأثیر گذار بر کیفیت و سطح مطلوب خدمات، در سراسر ساختار مؤسسه و در مجموعه نرم‌افزارها و سخت‌افزارها معطوف شده است. از سویی دیگر، با تغییر روز افزون نیازها و سلیقه مشتریان، سازمان‌ها می‌دانند که حیات آنها وابسته به مشتری است و باید در مقابل تغییرات حاکم انعطاف‌پذیری لازم را داشته باشند. در این مسیر سازمان‌ها

۱*- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه جامع امام حسین(ع)، نویسنده پاسخگو، پست‌الکترونیکی: hosseinzz2003@yahoo.com، نشانی: تهران، بزرگراه کردستان، خیابان نیروی انتظامی ، پلاک ۱۰، سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران

۲- استادیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه جامع امام حسین(ع)، پست‌الکترونیکی: a.norang@gmail.com

۳- استادیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه جامع امام حسین(ع)، پست‌الکترونیکی: contact@hjahanshahi.ir

به شیوه‌های مختلف به بازبینی و بازنگری استراتژی‌های خود پرداخته‌اند و رمز بقا را در رضایت‌مندی هر چه بیشتر مشتریان خود یافتند. در این راستا یکی از فلسفه‌هایی که مورد توجه قرار گرفته، فلسفهٔ مدیریت زنجیره تأمین است. در این نگرش ارضای نیازهای مشتری، تنها، وظیفه سازمان نیست بلکه اعضای زنجیره نیز باید به شکلی موثر در این امر دخیل باشند. در یک زنجیره تأمین، حضور تأمین‌کنندگان در رأس هرم و به‌عنوان سر آغاز تولید و ارائه خدمات حائز اهمیت است. هم‌چنین نه یک تأمین کننده، بلکه مجموعه-ای از تأمین کنندگان به‌منظور مشارکت مد نظر قرار می گیرند. با توجه به نقش کلیدی تأمین کنندگان در فرایند پشتیبانی از تولید، توزیع و ارائه خدمات به متقاضیان کالا، فرایندهایی مانند: تدارک، تأمین به‌موقع کالا یا خدمات، دستیابی به کیفیت بیشتر و هزینه تمام‌شده کمتر، رضایت مشتریان و... تنها در سایه انتخاب تأمین کنندگان مناسب که بتوانند همگام با سازمان در جهت دستیابی به اهداف ذکر شده تلاش کنند، امکان پذیر خواهد بود. به دلیل ارتباط تنگاتنگ انتخاب تأمین کنندگان با مسائلی از قبیل عدم اطمینان، عدم پایداری بازار، واردات و صادرات و اثرات تحریم‌ها و مناسبت‌های سیاسی روی آن، بررسی و پیاده سازی مدلی که به تحلیل و به‌کارگیری این شرایط می‌پردازد بسیار ضروری می‌باشد. در تحقیقات گذشته که از تصمیم‌گیری چند معیاره و روش‌های دیگر برای انتخاب تأمین‌کننده‌ی مناسب استفاده شده است، معیارهای انتخاب تأمین کننده، عمدتاً از یکدیگر مستقل فرض شده‌اند و تأثیر آنها بر یکدیگر و بر فرآیند انتخاب کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که اغلب معیارها از یکدیگر مستقل نمی‌باشند و اثرات ترکیبی که بر یکدیگر و در نتیجه بر کل فرآیند ارزیابی می‌گذارند باید مد نظر قرار گیرد.

در این مقاله روشی برای تصمیم‌گیری چند معیاره جهت انتخاب تأمین‌کنندهٔ مناسب، پیشنهاد می‌گردد که علاوه بر وزن‌دهی داده محور و وزن دهی کارشناس محور، به بررسی روابط موجود بین معیارها نیز می‌پردازد. همچنین برای به‌کارگیری عدم قطعیت موجود در تصمیم‌گیری و واقعی‌تر شدن نتایج حاصل از آن، اعداد فازی در مدل پیشنهادی بکار گرفته شده است. بدین صورت که پس از بیان مسئله و مرور پیشینه تحقیق، مدل مفهومی تبیین می‌شود و در انتها، نتیجهٔ پیاده‌سازی مدل، در شرکت آماد بهینه ارائه خواهد شد.

۲- بیان مسئله

مسئله انتخاب تأمین‌کننده از معیارهای متعددی تشکیل شده است که هر کدام از این معیارها ممکن است به زیر معیارهایی تقسیم شوند. هر کدام از این معیارها و زیر معیارها، به تنهایی وزن و تأثیر خود را در فرایند انتخاب تأمین‌کننده دارند. در مسائل واقعی و در یک سیستم انتخاب تأمین‌کننده، ممکن است اجزای آن متأثر از یکدیگر بوده و دارای اثر متقابل باشند [۲]. در تحقیقات گذشته که با تصمیم‌گیری چند معیاره و روش‌های دیگر انجام شده است، معیارهای گزینش عمدتاً مستقل از یکدیگر فرض شده‌اند و تأثیر آنها بر یکدیگر و بر فرایند انتخاب کمتر مورد توجه قرار گرفته است، در حالی که اغلب معیارها از یکدیگر مستقل نمی‌باشند و اثر ترکیبی که بر یکدیگر و در نتیجه بر کل فرایند ارزیابی می‌گذارند باید مد نظر قرار گیرد [۳]. علاوه بر این، مسایل دنیای واقعی معمولاً ساختار پیچیده ای دارند که به دلیل وجود ابهام و عدم قطعیت در تعریف آنهاست. برای سیستم‌هایی با پیچیدگی بالا و عدم قطعیت زیاد که اطلاعات کافی و دقیقی نیز در دسترس نیست رویکرد استدلال تقریبی فازی مطرح می‌شود که به سیستم‌های فازی معروف هستند. ورودی سیستم‌های فازی می‌تواند اطلاعات نادقیق (فازی) باشند و پردازش‌های سیستم نیز با بهره‌گیری از استدلال تقریبی و به‌طور فازی انجام می‌شود. بنابراین در این تحقیق، تأمین کنندگان با سه رویکرد کارشناس محور، داده محور و تحلیل ارتباط بین معیارها رتبه‌بندی و انتخاب می‌گردند. همچنین برای رسیدن به نتایج واقعی در مدل پیشنهادی، از تئوری مجموعه‌های فازی استفاده می‌گردد.

۳- پیشینه تحقیق

بسیاری از کارشناسان بر این باورند که روش واحدی برای ارزیابی تأمین کنندگان نهایی وجود ندارد و سازمان‌ها می‌توانند به اقتضای شرایط و صلاحدید کارشناسان خود از روش‌های مختلفی استفاده کنند. در طول نیم قرنی که مسئله انتخاب تأمین کننده مورد توجه قرار گرفته است روش‌های متعددی ارائه شده است که به علت گستردگی روش‌ها تنها به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. مدل‌های وزن دهی خطی: در مدل‌های وزن دهی خطی، به هر معیاری وزنی تعلق می‌گیرد، به‌طوری که بیشترین وزن به بهترین معیار و کمترین وزن به کم اهمیت‌ترین معیار تعلق خواهد گرفت. بر این اساس نرخ هر معیار در وزنش ضرب شده و

حاصل ضرب‌ها جمع می‌شوند تا یک تابع برای هر تأمین کننده به‌دست آید و در نتیجه تأمین کننده‌ای انتخاب خواهد شد که بیشترین حاصل جمع نرخ‌ها را داشته باشد. تیمر من[1] [۴] و زنز[2] [۵] درباره تعدادی از مدل‌های وزن‌دهی خطی بحث نموده‌اند. گریگوری[3] [۶] روشی را جهت تخصیص سفارش‌ها به تأمین کنندگانی که با هم بیشترین نرخ وزن‌دهی را کسب کردند، ارائه نمود. سوکوپ[4] [۷] یک راه حل بر پایه شبیه‌سازی جهت به حساب آوردن عدم قطعیت با در نظر گرفتن تقاضا و خدمات پس از فروش ارائه نمود. هیل[5] و نیدیک[6] [۸]، یازگاچ[7] و باربارس اوقلو[8] [۲] مقاله‌هایی در زمینه استفاده از AHP در انتخاب تأمین کننده در شرایطی که اطلاعات غیردقیق در هنگام تصمیم‌گیری موجود باشد، ارائه نمودند. تالوری[9] و سارکیس[10] [۹] در مورد انتخاب تأمین کننده با استفاده از ANP که همان پردازش تحلیلی شبکه و نسخه پیشرفته‌تر AHP می‌باشد ارائه نمودند. ویلیس[11] و همکارانش [۱۰] یک مقایسه دودویی بین معیارهای دو تأمین کننده مختلف برای انتخاب بهترین تأمین کننده را تحلیل و بررسی نمودند. مین[12] [۲]، براگلیا[13] و پترونی[14] [۱۱] به ترتیب روشی را که آن‌را سنجش سطحی[15] نامیدند مورد بررسی قرار دادند تامپسون[16] [۱۳] و [۱۲] به ترتیب شبیه‌سازی مونت کارلوو[17] تکنیک مقیاس‌گذاری را ارائه نمود.

مدل‌های هزینه کل مالکیت: مدل‌های بر پایه TCO سعی در به حساب آوردن کلیه هزینه‌های خرید که در چرخه خرید اتفاق می‌افتد دارند. الرام[18] [۱۴] اظهار داشت که هزینه‌های قبل از خرید، هنگام خرید و بعد از خرید تفاوت دارند. ترچا[19] و مونزکا[20] [۱۶]، کلمنز[21] و اسمیتکا[22] [۱۵]، روش حل هزینه کل مالکیت را با سیستم‌های نرخ‌دهی جهت معیارهایی مانند سرویس یا تحویل به‌موقع را به‌کار بردند که به حساب آوردن هزینه این دو معیار مشکل‌تر از بقیه می‌باشد.

مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی[23]: مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱- برنامه‌ریزی خطی[24]

۲- برنامه‌ریزی عدد صحیح[25]

۳- برنامه‌ریزی آرمانی[26].

از کارهایی که در این زمینه انجام گرفته است می‌توان به چادری[27] و همکارانش [۱۷]، داس[28] و تیاگی[29] [۱۸]، کارنت[30] و وبر[31] [۱۹] و بوفا[32] و جکسون[33] [۲۰]، اشاره کرد. دگریو[34] و رودهافت[35] [۲۱] و [۲۲] یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی ارائه نمودند که کل هزینه مالکیت را کمینه می‌کرد. تعدادی از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی که ارائه شده است مانند: پن[36] [۲۳]، روزنتال[37] و همکارانش [۲۴]، چادری و همکارانش [۱۷] و صدریان و یون[38] [۲۵]، سطح کیفیت، سرویس و زمان تحویل را از قبل مشخص می‌نمایند. وبر و دسایی[39] [۲۶] تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) را برای ارزیابی تأمین کنندگانی که انتخاب شده‌اند ارائه نمودند. دسایی و کارنت و وبر [۲۷]، برنامه‌ریزی ریاضی و تحلیل پوششی داده‌ها را با هم ترکیب کرده و به خریدار این امکان را دادند که بتواند تأمین کنندگانی را که انتخاب نشده‌اند مورد تحلیل و بررسی قرار دهد. وبر و همکارانش [۲۸] و کارپاک[40] و همکارانش [۲۹]، از برنامه‌ریزی آرمانی جهت کمینه کردن هزینه‌ها، بهینه کردن کیفیت و اطمینان از زمان تحویل زمانی که تأمین کننده را انتخاب می‌کنند و سفارش‌ها را بین آنها تقسیم می‌کنند

1- Timmerman
2- Zenz
3- Gregory
4- Soukup
5- Hill
6- Nydick
7- Yazgac
8- Barbarosoglu
9- Talluri
10- Sarkis
11- Willis
12- ……..
13- Braglia
14- Petroni
15- Indifference trade-off
16- Thompson
17- Monte Carlo simulation
18- Ellram
19- Trecha
20- Monczka
21- Clemens
22- Smytka
23- Mathematical programming models
24- Linear programming
25- Mixed integer programming
26- Goal programming
27- Chaudhry
28- Das
29- Tyagi
30- Current
31- Weber
32- Buffa
33- Jackson
34- Degraeve
35- Roodhooft
36- Pan
37- Rosenthal
38- Yoon
39- Desai
40- Karpak

استفاده نموده‌اند. قدسی‌پور و ابرایان [۳۰] نیز AHP و MP را با هم ترکیب نمودند تا معیارهای غیر ملموس و ملموس را جهت انتخاب تأمین کننده و تقسیم‌بندی سفارشات بین آنها را انجام دهد[۳۱].

مدل‌های آماری[1]: مدل‌های آماری برای انتخاب تأمین کننده با داده‌های غیرقطعی و احتمالی کار می‌کنند. گر چه مقدار قطعی بسیاری از اطلاعات مانند میزان دقیق سفارش در هنگام خرید در اختیار نیست ولی تعداد کمی از مدل‌های انتخاب تأمین کننده به آن پرداخته‌اند. تریش[2] و رانن[3] [۳۲] یک مدل عدم قطعیت در مورد زمان تحویل را حل نمودند. سوکوپ [۷] در مدل نرخ دهی خود یک حل با استفاده از روش شبیه‌سازی برای تقاضای غیردقیق را ارائه نمود. تریسی[4] و تان[5] [۳۳] نیز به‌طور همزمان از دو روش آنالیز عوامل[6] و آنالیز مسیر[7] به‌منظور تعیین رابطه بین معیارها، تعیین قابلیت تیم طراحی تأمین کننده، رضایت مشتری و هم‌چنین عملکرد کلی سازمان استفاده نمودند[۳۴].

مدل‌های براساس هوش مصنوعی[8]**(AI)**: مدل‌های بر پایه هوش مصنوعی از اطلاعات تجربی یا پیشرفته استفاده نموده و از طریق سیستم‌های کامپیوتری و مکانیزه به انتخاب تأمین کننده می‌پردازند. آلبینو و گاروالی [۶]، یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری را ارائه نمودند که بر اساس شبکه عصبی است. خو و همکارانش به بحث در مورد استفاده از یک تکنولوژی بر پایه اینترنت پرداختند که نرم‌افزار عامل‌های هوشمند[9](ISA) نامیده شد. ISA ها به‌طور گسترده‌ای برای مکانیزه‌سازی فرایند خرید کالا به‌کار می‌روند. از دیگر موارد استفاده از هوش مصنوعی می‌توان به یک سیستم CBR که توسط کوک ، ارائه شده اشاره نمود. این تکنولوژی در نوع خودش بسیار جدید می‌باشد و تنها تعداد کمی از سیستم‌های CBR برای استفاده در فرایند تصمیم‌گیری خرید توسعه یافته‌اند[۳۵]. از دیگر کارها در این زمینه می‌توان به ان جی[10] و همکارانش [۳۶] و وکورکا[11] و همکارانش [۳۷]، اشاره نمود.

۴- روش گردآوری اطلاعات

در این تحقیق اطلاعات مورد نیاز به دو شیوه جمع‌آوری گردیده است:

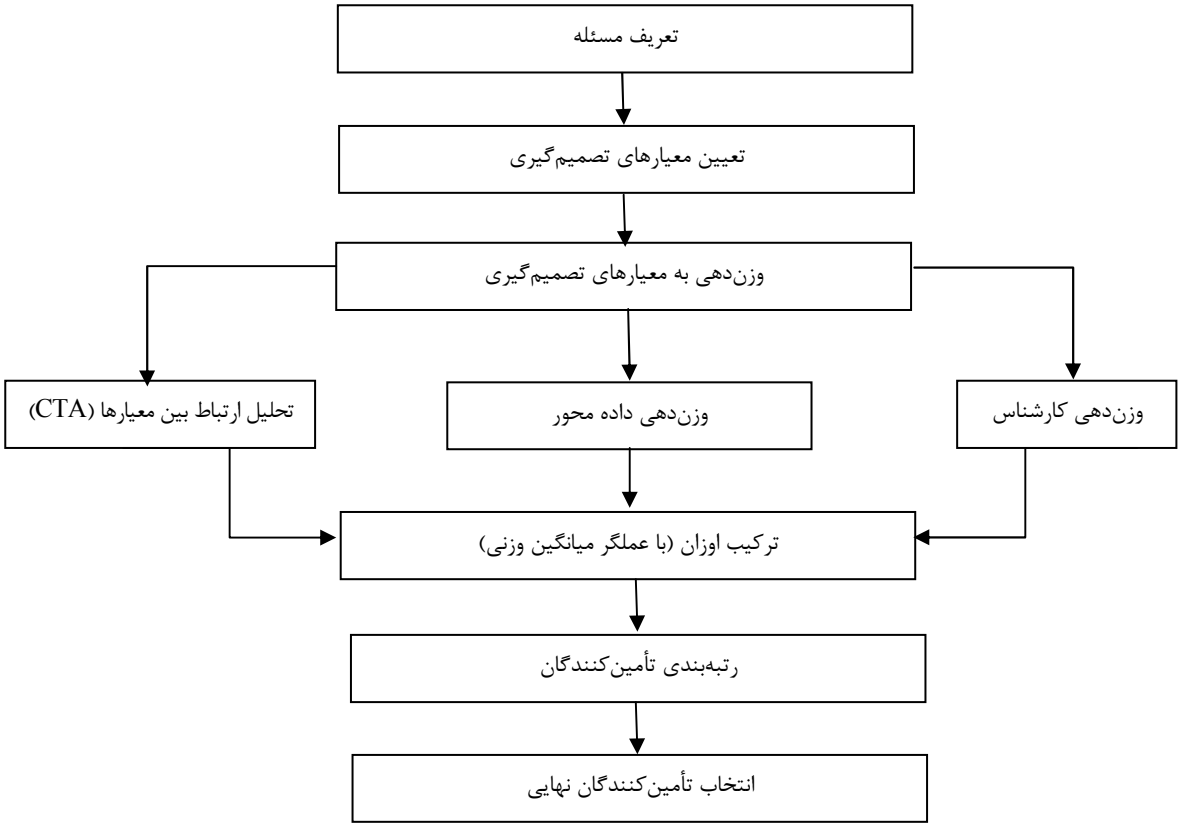
الف) از طریق مطالعه ادبیات موضوع و مطالعات کتابخانه‌ای و هم‌چنین مصاحبه با مدیران و متخصصان سازمان معیارها و زیر معیارهای مورد نیاز به‌منظور انتخاب و ارزیابی تأمین کننده استخراج می‌گردند. به این ترتیب که محقق با مطالعه دقیق مقالات و کتب معتبر و کارهای عملی انجام شده در زمینه انتخاب تأمین‌کننده به‌طور کامل اطلاعات نظری لازم را کسب کرده و با استفاده از مصاحبه‌های نیمه هدایت شده معیارهای مهم در ارزیابی تأمین‌کنندگان را به‌دست آورده است.

ب) اطلاعات لازم برای اجرای مدل از روش میدانی به‌دست آمده‌اند. بدین شکل که ابتدا با توضیح هدف انجام تحقیق و نوع همکاری‌های لازم برای کارشناسان، آنها به‌طور کامل توجیه گردیدند و سپس به ترتیب اجرای مراحل مدل، با توزیع پرسشنامه مربوطه و تشریح نحوه جواب دادن به سؤالات، اطلاعات لازم به‌منظور ارزیابی تأمین‌کنندگان، به دست آمده و به‌عنوان ورودی به مدل داده شدند.

۵-ساختار مفهومی مدل پیشنهادی

پس از تعریف مسئله و تعیین معیارهای تصمیم‌گیری توسط کارشناسان شرکت هدف، (به کمک پرسشنامه‌های هدف‌دار) نوبت به وزن دهی به معیارها می‌رسد. همان‌گونه که در شکل (۱) نیز مشاهده می‌شود، به هرکدام از معیارها، سه وزن جداگانه (کارشناس محور، داده محور و وزن حاصل از تحلیل ارتباط میان معیارها) تخصیص می‌یابد که در مرحلهٔ بعد با ترکیب موزون آنها، وزن هر معیار مشخص می‌گردد. سپس از کارشناسان خواسته می‌شود که نظر خود را در مورد عملکرد هر یک از تأمین‌کنندگان نسبت به معیارها بیان نمایند. پس از جمع‌بندی نظرات کارشناسان، تأمین‌کنندگان با استفاده از یک شاخص پیشنهادی رتبه‌بندی می‌گردند.

1- Statistical models
2- Trietsch
3- Ronen
4- Tracey
5- Tan
6- Factor analysis
7- Path analysis
8- Artificial intelligence (AI)-based models
9- Intelligent Software Agents (ISA)
10- Ng
11- Vokurka



شکل(۱): ساختار مفهومی تحقیق

۶- شرح مدل پیشنهادی

همان‌گونه که در مدل مفهومی تحقیق مشاهده می‌شود، روشی برای تصمیم‌گیری چند معیاره پیشنهاد می‌گردد که علاوه بر وزن دهی داده محور و وزن دهی کارشناس محور، به بررسی روابط موجود بین معیارها نیز می‌پردازد. برای به‌کارگیری عدم قطعیت موجود در تصمیم‌گیری و واقعی‌تر شدن نتایج حاصل از آن، اعداد فازی نیز در مدل پیشنهادی به‌کارگیری شده است.

در مورد شاخص‌ها سه کار بایستی انجام گیرد:

الف) تبدیل شاخص‌های کیفی به کمی

ب) بی‌مقیاس سازی

ج) ارزیابی اوزان شاخص‌ها.

در ادبیات موضوع، مدل‌های بسیاری برای تقریب اعداد فازی حاصل از ضرب و یا تقسیم اعداد فازی پیشنهاد شده است. در تحقیقات اخیر بجای به‌کارگیری عملگرهای ریاضی به روی توابع عضویت مربوط به اعداد فازی، عملگرهایی با استفاده از شکل پارامتری اعداد فازی استفاده شده است[۴۰]. اکثر شکل‌های پارامتری اعداد فازی به‌صورت اعداد متقارن و نامتقارن مثلثی و ذوزنقه‌ای می‌باشند. در این مقاله روشی برای تقریب اعداد فازی مثلثی بر مبنای مدل برنامه‌ریزی ریاضی پیشنهاد و بکار گرفته می‌شود. فرض کنیم که $A = (a_1, b_1, c_1)$ و $B = (a_2, b_2, c_2)$ باشند، آنگاه حاصل تقسیم A/B برابر $C = (x_1, x_2, x_3)$ به شکل زیر به دست می‌آید:

محدودیت اول: مساحت عدد فازی حاصل از تقسیم می‌بایست از حاصل تقسیم مساحت‌های دو عدد فازی مورد نظر کوچک‌تر یا مساوی باشد . لذا

$$\frac{(x_3 - x_1)}{2} \leq \frac{[c_1 - a_1]}{2} \Big/ \frac{[c_2 - a_2]}{2}$$

محدودیت دوم: این محدودیت برای ساختار پایه سمت چپ و راست حاصل تقسیم دو عدد فازی می‌باشد. در نامساوی اول می‌بایست مرکز ثقل مثلث سمت چپ عدد C کوچک‌تر یا مساوی تقسیم مراکز ثقل مشابه A و B باشد. یعنی:

$$\frac{(2*x_2+x_1)}{3} \le \frac{(2*b_1+a_1)}{3} \Big/ \frac{(2*b_2+a_2)}{3}$$

به‌صورت مشابه، برای ساختار پایه سمت راست عدد C می‌توان گفت :

$$\frac{(x_3+2*x_2)}{3} \le \frac{(c_1+2*b_1)}{3} \Big/ \frac{(c_2+2*b_2)}{3}$$

محدودیت سوم: مقدار مرکزی عدد C می‌بایست مساوی حاصل تقسیم میانگین (مرکز ثقل) دو عدد فازی مربوطه باشد. یعنی:

$$x_2 = \frac{(c_1+b_1+a_1)}{3} \Big/ \frac{(c_2+b_2+a_2)}{3}$$

باید توجه داشت که شرایط تحدب عدد فازی مورد بحث با شرایط ذیل برقرار می‌گردد:

$$x_3 \ge x_2 \ge x_1$$

تابع هدف: به عنوان تابع هدف می‌بایست فازی بودن عدد حاصل از تقسیم دو عدد به حداکثر ممکن برسد. این به این معنی است که:

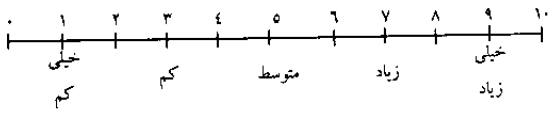
$$\text{Objective Function: Max } \{x_3 - x_1\}$$

۶-۱- ارزیابی اوزان شاخص‌ها

وزن دهی شاخص‌ها ترکیبی از وزن‌های کارشناسان، وزن‌های به‌دست آمده از داده‌ها [۳۸و۳۹] و وزن‌های حاصل از تحلیل ارتباط بین معیارها[۴۱]خواهد بود.

۶-۱-۱- وزن‌دهی کارشناسان

برای وزن‌دهی معیارها از روش دو قطبی استفاده می‌کنیم. بدین ترتیب که کارشناس باید برای هر معیار، عددی بین یک تا ده انتخاب نماید بطوریکه عدد انتخاب شده نمایانگر اهمیت آن معیار باشد. عدد ۱۰ گواهی بر اهمیت بسیار زیاد و عدد یک گواهی بر اهمیت بسیار کم معیار خواهد بود. بعد از وزن‌دهی، باید تک‌تک اعداد به‌دست آمده را بر مجموع آنها تقسیم نمود تا اوزان به‌دست آمده در بازه $[0,1]$ باشند. وزن دهی کارشناسی برای معیار iام را با نماد w_i^1 نشان داده می‌شود.



۶-۱-۲- وزن‌های به‌دست آمده از داده‌ها

با توجه به این وزن‌ها، معیارهایی که اعداد آنها شبیه به هم است وزن کمتری دارند زیرا در مقایسه دو گزینه، نقش کمتری خواهند داشت. این وزن‌ها طی انجام گام‌های زیر به‌دست خواهد آمد:

اعداد مربوط به معیار iام را دیفازی سازی می‌کنیم.

با استفاده از داده‌های دیفازی به‌دست آمده، چارک‌های اول و سوم را محاسبه می‌نماییم.

با توجه به مفهوم چارک‌ها، مقدار متغیر $R_i = Q_3 - Q_1$ را برای معیار iام به‌دست می‌آوریم.

وزن معیار iام برابر مقدار زیر خواهد بود (n تعداد معیارهای تصمیم‌گیری است):

$$W_i^2 = \frac{R_i}{\sum_{k=1}^{k=n} R_k}$$

۶-۱-۳- وزن حاصل از تحلیل ارتباط بین معیارها

در این مقاله روشی جدید را برای تحلیل ارتباط بین معیارهای تصمیم‌گیری (CTA)[1] معرفی می‌نماییم. از این رو، درجه تعارض[2] و درجه تجانس[3] بین هر دو معیار فرموله می‌گردد. دو معیار با هم در تعارض هستند وقتی که با کاهش مقدار یکی از معیارها، مقدار معیار دوم افزایش پیدا کند. اگر درجه ارضای معیارهای C_i و C_j با توجه به گزینه های $A_1, A_2, \dots, A_m$ به ترتیب برابر $\mu^i{}_1, \mu^i{}_2, \dots, \mu^i{}_m$ و $\mu^j{}_1, \mu^j{}_2, \dots, \mu^j{}_m$ باشند، درجه تعارض و یا تجانس بین دو معیار به شکل ضریب همبستگی پیرسون بین جفت‌های $(\mu^i{}_1, \mu^j{}_1)$ ، $(\mu^i{}_2, \mu^j{}_2)$ ، .... ، $(\mu^i{}_m, \mu^j{}_m)$ تعریف می‌گردد . با این وصف اگر ضریب پیرسون مثبت و به‌طور قابل توجهی بزرگ باشد، درجه تجانس و اگر منفی و به‌طور قابل توجهی بزرگ باشد، درجه تعارض نامیده می‌شود. ماتریس تحلیل رابطه، ماتریسی است که به مقایسه دو به دوی معیارها می‌پردازد و هر درایه آن ضریب پیرسون ارتباط

1- Criteria analysis
2- Conflicting degree
3- Cooperating degree

بین معیارهای آن سطر و ستون با توجه به گزینه های $A_1, A_2, \dots, A_m$ است . ماتریس ذیل بیانگر این مفهوم است (شایان ذکر است که همواره $\rho(C_\alpha, C_\alpha) = 1$ است):

جدول(۱): ماتریس تحلیل ارتباط بین معیارها

	1	|ρ	|ρ
	|ρ	1		|ρ
			1		
	|ρ	|ρ	1

بنابراین وزن هر کدام از معیارها با توجه به ضرایب پیرسون مذکور در ماتریس جدول ۱ به‌صورت ذیل به‌دست می‌آید:

$$W_i^3 = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} |\rho(C_i, C_j)|^{\varsigma}}{\sum_{k=1}^{k=n} \sum_{j=1}^{j=n} |\rho(C_k, C_j)|^{\varsigma}}$$

که پارامتر $\varsigma \geq 1$ به عنوان پارامتر تمییز[1] است و با بزرگ‌تر شدن آن ، وجه تمییز بین اعداد بیشتر می‌گردد.

۶-۲- وزن نهایی هر معیار

بعد از به‌دست آمدن اینکه وزن‌های کارشناسی، وزن‌های به‌دست آمده از داده‌ها و وزن ناشی از تحلیل ارتباط بین معیارها، باید این سه را با هم ادغام نموده و یک وزن واحد به هر کدام از معیارها نسبت داد. برای اینکار از میانگین موزون سه وزن به‌دست آمده استفاده می‌شود به قسمی که درجه تأکید روی هر کدام از وزن‌ها قابل تغییر است:

$W_i = (\alpha \times W_i^1) + (\beta \times W_i^2) + (\gamma \times W_i^3) \quad s.t \quad \alpha + \beta + \gamma = 1$

روشی که برای رتبه‌بندی اعداد فازی در این مقاله مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از شاخصی است که بیشتر بودن آن نشان دهنده بیشتر بودن (بزرگ‌تر بودن) آن عدد فازی است. برای تشریح این روش باید نمادسازی[2] های زیر توضیح داده شود. اعداد فازی $TF_1, TF_2, \cdots, TF_i, \cdots, TF_n$ را با مجموعه‌های پشتیبان $S_1, S_2, \cdots, S_i, \cdots, S_n$ در نظر گرفته می‌شود.

$S_R(TF_i, k)$: مساحت محصور بین قسمت سمت راست عدد فازی TF_i و خط عمودی $x = k$ را با نماد $S_R(TF_i, k)$ نشان داده می‌شود.

$S_L(TF_i, k)$: مساحت محصور بین قسمت سمت چپ عدد فازی TF_i و خط عمودی $x = k$ را با نماد $S_L(TF_i, k)$ نشان می‌دهیم .

α : آستانه پایین اعداد فازی حاضر در فرآیند رتبه‌بندی است و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\alpha = \left(\text{Inf} \bigcup_{j=1}^{j=n} S_j \right) - 1$$

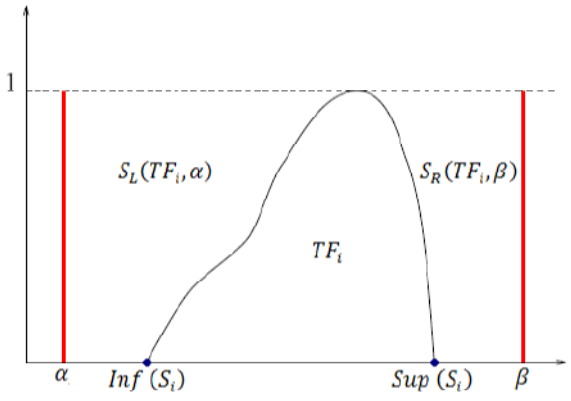
β : آستانه بالایی اعداد فازی حاضر در فرآیند رتبه‌بندی است و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\beta = \left(\text{Sup} \bigcup_{j=1}^{j=n} S_j \right) + 1$$

حال می‌توان شاخص رتبه‌بندی عدد TF_i که در این مقاله مورد استفاده قرار می‌گیرد را به‌صورت زیر نوشت:

$$\text{Indicator}(TF_i) = \frac{[\{\text{Inf}\,(S_i)\} - \alpha] \times S_L(TF_i, \alpha)}{[\beta - \{\text{Sup}\,(S_i)\}] \times S_R(TF_i, \beta)}$$

این شاخص میزان اهمیت هر عدد فازی را نمایش می‌دهد.



شکل(۲): نمای شماتیکی از شاخص رتبه‌بندی معرفی شده

۷- پیاده‌سازی مدل

برای اجرای مدل پیشنهادی در شرکت آماد بهینه ساز، ۷ معیار و ۱۰ زیرمعیار توسط کارشناسان (به روشی که گفته شد) مشخص گردیده و وزن‌های سه گانهٔ معیارها و نهایتاً وزن نهایی هر معیار (ترکیب وزن‌ها با عملگر وزنی) به‌دست آمد. جامعه تأمین کنندگان نیز شامل ۵ تأمین کننده بوده که در اینجا با نماد A_i نمایش داده می‌شود.

جدول (۳) وزن حاصل از نظر کارشناسان (w_i^1) را نشان می‌دهد که پس از نرمالیزه شدن به‌دست آمده است.

1- Resolution Parameter
2- Notation

جدول (۲): ماتریس تصمیم(نظرات کارشناسان)

A_1	(۱	(۲,۳,۴)	(5,6,7)	(5,6,7)	(5,6,7)	(4,5,6)	(۳,۴,۵)	(۲,۳,۴)	(4,5,6)	(0,0,2)
A_2	(۳,۴,۵)	(۳,۴,۵)	(5,6,7)	(5,6,7)	(5,6,7)	(4,5,6)	(۲,۳,۴)	(۲,۳,۴)	(4,5,6)	(0,0,2)
A_3	(۲,۳,۴)	(۲,۳,۴)	(4,5,6)	(۳,۴,۵)	(۳,۴,۵)	(4,5,6)	(5,6,7)	(۲,۳,۴)	(5,6,7)	(0,0,2)
A_4	(۶,۷,۸)	(۷,۸,۹)	(7,8,9)	(۳,۴,۵)	(7,8,9)	(۶,۷,۸)	(5,6,7)	(۶,۷,۸)	(7,8,9)	(1,2,3)
A_5	(۷,۸,۹)	(8,10,10)	(8,10,10)	(7,8,9)	(۶,۷,۸)	(۷,۸,۹)	(4,5,6)	(۳,۴,۵)	(8,10,10)	(8,10,10)

جدول (۳): وزن حاصل از نظر کارشناسان (w_i^1)

C	(	(	(	(	(	(	(	(	(	C
w 0.16	0.11	0.05	0.11	0.06	0.14	0.09	0.06	0.14	0.08	

جدول(۴): اوزان داده محور (w_i^2)

	(	(	C	C	(	(	(	C	(	C
A_1	۰,۲۷	۰,۲۳	۰,۵۶	۰,۴۶	۰,۵۱	۰,۴۳	۰,۴۶	۰,۶۷	۰,۳۵	۰,۶۷
A_2	۰,۳۵	۰,۲۹	۰,۵۶	۰,۴۶	۰,۵۱	۰,۴۳	۰,۳۶	۰,۶۷	۰,۳۵	۰,۶۷
A_3	۰,۲۷	۰,۲۳	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۳۵	۰,۴۳	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۴۱	۰,۶۷
A_4	۰,۵۹	۰,۵۷	۰,۴۳	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۵۹	۰,۶۷	۰,۳۱	۰,۵۷	۰,۱۳
A_5	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۳۵	۰,۳۵	۰,۵۹	۰,۶۷	۰,۵۶	۰,۵۳	۰,۶۷	۰,۰۳
Q	0.27	0.23	0.43	0.4	0.51	0.43	0.4	0.53	0.35	0.13
Q_3	0.59	0.57	0.5	0. 7	0.59	0.59	0. 7	0. 7	0.57	0. 7
W_i^2	**0.14**	**0.14**	**0.06**	**0.09**	**0.03**	**0.07**	**0.09**	**0.06**	**0.09**	**0.23**

جدول(۵): اوزان حاصل از تحلیل ارتباط بین معیارها(w_i^3)

CTA	(	(	C	C	(	(	(	C	(	C
	1.00	1.00	0.95	0.25	0.79	0.98	0.32	0.77	0.95	0.98
	1.00	1.00	0.95	0.25	0.77	0.99	0.35	0.77	0.97	0.99
(	0.95	0.95	1.00	0.47	0.87	0.93	0.09	0.68	0.86	0.92
(	0.25	0.25	0.47	1.00	0.20	0.27	0.67	0.33	0.17	0.16
	0.79	0.77	0.87	0.20	1.00	0.72	0.02	0.81	0.61	0.77
	0.98	0.99	0.93	0.27	0.72	1.00	0.39	0.72	0.99	0.99
	0.32	0.35	0.09	0.67	0.02	0.39	1.00	0.56	0.52	0.45
(	0.77	0.77	0.68	0.33	0.81	0.72	0.56	1.00	0.71	0.81
	0.95	0.97	0.86	0.17	0.61	0.99	0.52	0.71	1.00	0.98
C	0.98	0.99	0.92	0.16	0.77	0.99	0.45	0.81	0.98	1.00
	И = 0.13	**0.13**	**0.12**	**0.03**	**0.08**	**0.13**	**0.04**	**0.08**	**0.12**	**0.13**

جدول(۶): میزان شاخص رتبه‌بندی هر کدام از تأمین کنندگان با توجه به سناریوهای متفاوت معیارها

Indicators					
	$\alpha = 0.3$ $\beta = 0.2$	$\alpha = 0.15$ $\beta = 0.3$	$\alpha = 0.45$ $\beta = 0.15$	$\alpha = 0.2$ $\beta = 0.15$	$\alpha = 0.1$ $\beta = 0.4$
W_i	A	B	C	D	E
A_1	0.92	0.92	0.927	0.91	0.934
A_2	0.94	0.94	0.949	0.935	0.954
A_3	0.997	1.007	0.993	0.991	1.01
A_4	1.074	1.07	1.0 4	1.0	1.071
A_5	1.0 0	1.075	1.07	1.092	1.0 2
Ranking	$A_5 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_1$	$A_4 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_1$	$A_5 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_1$	$A_5 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_1$	$A_4 \succ A_5 \succ A_3 \succ A_2 \succ A_1$

پس از نرمال‌سازی و فازی زدایی ماتریس تصمیم و نیز محاسبه چارک‌ها، اوزان داده محور(w_i^2) طبق جدول (۴) به‌دست آمد.

جدول (۵) نتیجه محاسبات جهت به‌دست آوردن اوزان حاصل از تحلیل ارتباط میان معیارها (CTA) را نشان می‌دهد.

(w_i^3) نشان دهندهٔ وزن حاصل از تحلیل ارتباط میان معیارها می‌باشد. لازم به ذکر است در تعیین اوزان معیارها با توجه به آنالیز رابطه بین معیارها، کارشناسان پارامتر تمییز را برابر ۳ گرفته تا تفکیک بین وزن‌های حاصل شده مشهودتر باشد. بعد از تعیین هر سه نوع وزن پیشنهادی مدل ارائه شده، می‌بایست به ترکیب این اوزان پرداخت. همان‌گونه که پیشتر نیز گفته شد، این کار را توسط عملگر میانگین وزنی انجام می‌دهیم. به لحاظ اینکه امکان دارد تصمیم کارشناسان در تعیین پارامترهای میانگین وزنی تغییرات محسوسی در جواب نهایی داشته باشد، لذا که سناریوهای مختلف وزن‌ها را در نظر گرفته و جواب نهایی را با توجه به آنها به‌دست آورده و با استفاده از روش پیشنهادی رتبه‌بندی اعداد فازی، گزینه‌ها به ترتیب اولویت رتبه‌بندی شده‌اند.

با توجه به رتبه‌بندی به‌دست آمده، گزینه‌های چهارم و پنجم بهترین تأمین کنندگان خواهند بود.

۸- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام شده، استدلال‌ها و قضاوت‌های انسانی نقش بسیار زیادی در تعیین عملکرد تأمین کنندگان و تحلیل آنها دارند. بنابراین هر چه یک تصمیم‌گیری بیشتر درگیر نیروی انسانی و هم چنین سیستم‌های پیچیده شود، پدیده فازی بیشتر مسلط بر توضیح این سیستم‌ها می‌گردد. به‌طور کلی متدولوژی ارائه شده در این مقاله می‌تواند بسیاری از خلاءهای موجود در زمینه ارزیابی تأمین کنندگان را از میان بردارد و موجب رشد و بهره‌وری فرآیند برون‌سپاری و تحلیل‌های استراتژیک گردد. شیوه استدلال ساده، محاسبات دقیق و منطقی و نیز انعطاف پذیری در مدل پیشنهادی، از مهم‌ترین مزایای مدل می‌باشد. اِعمال اوزان به‌دست آمده از سه جنبه (الف) کارشناسی، (ب) ارتباط بین معیارها و (ج) وزن‌های داده محور و تلفیق آنها، شمول شاخص‌های کمی و کیفی، دقت بالا و متناظر نمودن امتیاز عملکرد گزینه‌های مورد بررسی با توجه به شاخص رتبه‌بندی ارائه شده به‌منظور بازخورد به تأمین کنندگان و تصمیم‌گیری‌های کلان و استراتژیک سازمان را می‌توان از نوآوری‌های تحقیق حاضر برشمرد.

منابع

[1] Yang, J.L., Chiu, H.N., Tzeng, G.H., and Yeh, R.H., (2008), Vendor selection with independent and interdependent relationships, Information Sciences, 178, 4166-4183.

[2] Barbarosoglu, G. and Yazgac, T., (1997), An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem, Production and Inventory Management Journal 1st quarter, 14-21.

[3] Benton, W.C., (1991), Quantity discount decisions under conditions of multiple items, multiple

[4] Timmerman, E., (1986), An approach to vendor performance evaluation, Journal of Purchasing and Supply Management, 1, 27-32.

[5] Zenz, G., (1981), Purchasing and the Management of Materials, Wiley, New York.

[6] Gregory, R.E., (1986), Source selection: a matrix approach, Journal of Purchasing and Materials Management, 22 (2), 24-29.

[7] Soukup, W.R., (1987), Supplier selection strategies, Journal of Purchasing and Materials Management, 23 (3), 7-12.

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

[9] Sarkis, J. and Talluri, S., (2000), A model for strategic supplier selection, In: Leenders, M. (Ed.), Proceedings of the 9th international IPSERA Conference, Richard Ivey Business School, London, Ontario, 652-661.

[10] Willis, T.H., Huston, C.R. and Pohlkamp, F., (1993), Evaluation measures of just-in-time supplier performance, Production and Inventory Management Journal, 2nd quarter, 1-5.

[11] Petroni, A. and Braglia, M., (2000), Vendor selection using principal component analysis, The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply, 36 (2), 63-69.

[12] Thompson, K., (1990), Vendor prole analysis, Journal of Purchasing and Materials Management, 26 (1), 11-18.

[13] Thompson, K., (1991), Scaling evaluative criteria and supplier performance estimates in weighted pint prepurchase decision models, International Journal of Purchasing and Materials Management, 27 (1), 27-36.

[14] Ellram, L. M., (1990), The supplier selection decision in strategic partnerships, Journal of Purchasing and Material Management, 26(4), 8–12.
[15] Smytka, D.L. and Clemens, M.W., (1993), Total cost supplier selection model: a case study, International Journal of Purchasing and Materials Management, 29 (1), 42-49.
[16] Monczka, R.M. and Trecha, S.J., (1988), Cost-based supplier performance evaluation, Journal of Purchasing and Materials Management, 24 (2), 2-7.
[17] Chaudhry, S.S., Forst, F.G. and Zydiak, J.L., (1993), Vendor selection with price breaks, European Journal of Operational Research, 70, 52-66.
[18] Das, C. and Tyagi, R., (1994), Wholesaler: a decision support system for wholesale procurement and distribution, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 24 (10), 4-12.
[19] Weber, C.A. and Current, J.R., (1993), A multi-objective approach to vendor selection, European Journal of Operational Research, 68, 173-184.
[20] Buffa, F.P. and Jackson, W.M., (1983), A goal programming model for purchase planning, Journal of Purchasing and Materials Management, 19 (3), 27-34.
[21] Degraeve, Z. and Roodhooft, F., (2000), A mathematical programming approach for procurement using activity based costing, Journal of Business Finance and Accounting, 27 (1 -2), 69 -98
[22] Degraeve, Z. and Roodhooft, F., (1998), Determining sourcing strategies: a decision model based on activity and cost driver information, Journal of the Operational Research Society, 49 (8), 781 - 789.
[23] Pan, A.C., (1989), Allocation of order quantities among suppliers, Journal of Purchasing and Materials Management, 25 (2), 36-39.
[24] Rosenthal, E.C., Zydiak, J.L. and Chaudhry, S.S., (1995), Vendor selection with bundling, Decision Sciences, 26 (1), 35-48.
[25] Sadrian, A.A., Yoon, Y.S., (1994), A procurement decision support system in business volume discount environments, European Journal of Operational Research, 42 (1), 14-23.
[26] Weber, C.A. and Desai, A., (1996), Determination of paths to vendor market efficiency using parallel co-ordinates representation: a negotiation tool for buyers, European Journal of Operational Research, 90, 142-155.
[27] Weber, C.A., Current, J.R. and Desai, A., (1998), Non-cooperative negotiation strategies for vendor selection, European Journal of Operational Research, 108, 208-223.
[28] Weber, C.A., Current, J.R. and Desai, A., (2000), An optimization approach to determining the number of vendors to employ, Supply Chain Management: an International Journal, 5 (2), 90-98.
structure, International Fuzzy Engineering Symposium, 12, 415-421.
[29] Karpak, B., Kumcu, E. and Kasuganti, R., (1999), An application of visual interactive goal programming: a case in vendor selection decisions, Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 8, 93-105.
[30] Liu, X., and Pedrycz, W., (2009), Axiomatic Fuzzy Set Theory and Its Applications, Springer.
[31] Zhang, Z., Lei, J., Cao, N., To, K. and Ng, K., (2005), Evolution of Supplier Selection Criteria and Methods, International Journal of Production Economic, 116, 199 -218.
[32] Ronen, B., Trietsch, D., (1988), A decision support system for purchasing management of large projects, Operations Research, 36 (6), 882-890.
[33] Tracey, M. and Tan, C. L., (2001), Empirical analysis of supplier selection and involvement, customer satisfaction, and firm performance, Supply Chain Management: An International Journal, 6 (4), 174-188.
[34] De Boer, L., Labro, E. and Morlacchi, P., (2001), A review of methods supporting supplier selection, European Journal of Purchasing and Supply Management, 7, 75–89.
[35] De Boer, L., Labro, E. and Morlacchi, P., (2001), A review of methods supporting supplier selection, European Journal of Purchasing and Supply Management, 7, 75–89.
[36] Ng, S.T. and Skitmore, R.M., (1995), CP-DSS: decision support system for contractor prequalification: Decision Making Problem Solving, Civil Engineering Systems, 12 (2), 133-160.
[37] Vokurka, R.J., Choobineh, J. and Vadi, L., (1996), A prototype expert system for the evaluation and selection of potential suppliers, International Journal of Operations and Production Management, 16 (12), 106 -127.
[38] Niakan, H., Zowghi, M., Bakhshandeh-Fard, A., (2011), A Fuzzy Objective and Subjective Decision Making Method by Non-Linear Normalizing and Weighting Operations, International Conference on Management and Service Science (MASS), 1 – 4.
[39] Bakhshandeh-Fard, A., Zowghi, M., Niakan, H., (2012), Supplier Evaluation and Selection by a Hybrid Fuzzy Approach, Science Series Data Report, 1, 4-11.
[40] Murat, B., Cagdas, A., Cem, K., (2008), Conducting fuzzy division by using linear programming, WSEAS TRANSACTIONS on INFORMATION SCIENCE & APPLICATIONS, 6, Vol 5.
[41] Jonathan, L., Jong, Y., (1998), Fuzzy decision making through trade-off analysis between criteria, Journal of Information Sciences 107, 107- 126.