

فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۴۳، تابستان ۱۳۸۶، ۱۵۲ - ۱۲۱

ارائه مدل ترکیبی برای مسئله تصمیم‌گیری انتخاب تأمین‌کننده و حل آن توسط الگوریتم ژنتیک

دکتر جعفر رزمی* دکتر فریبرز جولای** مجید شخص نیایی***

پذیرش: ۸۶/۴/۱۷

دریافت: ۸۵/۷/۸

انتخاب تأمین‌کننده / تعیین اندازه انباشته / تصمیم‌گیری چندهدفه / فرآیند تحلیل
سلسله‌مراتبی / الگوریتم ژنتیک

چکیده

در مقاله حاضر مدلی برای بررسی توأم دو مسئله انتخاب تأمین‌کننده و تعیین حجم تخصیصی به تأمین‌کنندگان انتخاب شده (تعیین اندازه انباشته) ارائه شده است. مدل پیشنهادی در قالب ساختاری سه مرحله‌ای شکل گرفته است که علاوه بر در نظرگیری توأم معیار کمی و کیفی، اندازه انباشته را با توجه به هزینه‌های خرید، سفارش‌دهی و انبارداری تعیین می‌نماید. تابع هدف نهایی در ساختار پیشنهادی به صورت مدل تصمیم‌گیری چندهدفه طراحی شده است.

مسئله ارائه شده در این مقاله از دسته مسائل Complex Combinatorial و دارای پیچیدگی زمانی بالا می‌باشد. برای حل مدل مربوطه، از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. در بخش انتهایی، مدل پیشنهادی برای حل دو مسئله موجود در ادبیات موضوع سازگار و حل شده است که نتایج یکسانی را در زمانی قابل قبول بدست آورده است.

* عضو هیأت علمی گروه مهندسی صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران jrazmi@ut.ac.ir

** عضو هیأت علمی گروه مهندسی صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران jolai@ut.ac.ir

*** دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

ms@engmail.ut.ac.ir

مقدمه

با افزایش اهمیت مسئله خرید، بر اهمیت تصمیمات مرتبط با خرید افزوده شده است. در اغلب صنایع هزینه مواد خام و قطعات مورد استفاده، بخش عمده هزینه‌های محصول را شکل می‌دهند به طوری که در برخی موارد می‌تواند این سهم ۷۰٪ باشد^۱ و حتی در شرکت‌های دارای تکنولوژی بالا، تا بیش از ۸۰٪ هزینه کل محصول شامل مواد و خدمات خریداری شده می‌باشد^۲. لذا تصمیمات مرتبط با استراتژی‌ها و عملیات خرید، نقش تعیین‌کننده‌ای در سودآوری ایفا می‌کنند.

برخی از مهمترین مسائل موجود در حوزه مدیریت خرید عبارتند از: مسئله انتخاب تأمین‌کننده، مسئله انتخاب شریک تجاری و مسئله تعیین اندازه بهینه سفارش و ... می‌باشند. به طور کلی اهداف مدل‌های ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان، ارائه یک روش کمی برای کمک به مدیران جهت نیل به تولید ناب و کاهش تعداد تأمین‌کنندگان می‌باشد. مسئله انتخاب تأمین‌کننده (فروشنده) در چند دهه اخیر به طور چشم‌گیری در ادبیات کسب و کار و تجارب عملی مورد توجه بوده است. این مسئله با یکپارچه‌سازی دو تصمیم شکل می‌گیرد: "کدام تأمین‌کننده/تأمین‌کنندگان بایستی انتخاب شوند؟" و "چه حجمی از خرید را بایستی به هریک از تأمین‌کنندگان انتخاب شده سفارش داد؟"

این مسئله دارای چهار فاز عمده است:

- تعریف مسئله: دانستن اینکه با انتخاب یک تأمین‌کننده دقیقاً به دنبال دسترسی به چه چیزی هستیم.
- تعریف معیار/ معیارها
- پیش ارزیابی^۳ تأمین‌کنندگان مناسب
- انتخاب نهایی

بخش اعظم مدل‌های تصمیم‌گیری ارائه شده برای فرآیند انتخاب تأمین‌کننده، بر فاز

1. A. Ghobadian, A. Stainer (1993).
2. C. A. Weber, J.R. Current, W.C. Benton (1991).
3. Pre-Qualification.

انتخاب نهایی تأمین کننده متمرکز بوده‌اند^۱ که در ادامه برخی از تحقیقات انجام شده مورد بررسی قرار می‌گیرند.

موور و فیرون بیان کرده‌اند که قیمت، کیفیت و تحویل شرط‌هایی مهم برای انتخاب تأمین کننده هستند. آن‌ها از برنامه‌ریزی خطی برای این تصمیم‌گیری استفاده کرده و همچنین راجع به دیگر کاربردهای تکنولوژی‌های رایانه‌ای در حوزه خرید بحث نموده‌اند^۲. گابالا^۳ اولین محقق است که برنامه‌ریزی ریاضی را به انتخاب فروشنده در یک مورد واقعی اعمال نموده است. او از یک مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح برای فرموله کردن این مسئله تصمیم‌گیری در دفتر پست استرالیا استفاده کرده‌است. تابع هدف این مدل مینیمم کردن قیمت مشمول تخفیف مربوط به موارد تخصیص داده شده به فروشنده‌ها تحت محدودیت‌های ظرفیت فروشنده و ارضای تقاضا می‌باشد.

آنتونی و بوفا^۴ یک مدل برنامه‌ریزی خطی دارای یک تابع هدف را برای زمان‌بندی استراتژیک خرید ایجاد کرده‌اند. مدل با در نظر گرفتن محدودیت‌های بودجه، ظرفیت فروشندگان و تقاضای خریدار، کل هزینه را مینیمم می‌کند. قیمت و هزینه انبارداری در تابع هدف این مدل در نظر گرفته شده‌اند ولی هزینه‌های سفارشی، بازرسی و حمل و نقل بررسی نشده‌اند.

بوفا و جکسون^۵ مدلی برنامه‌ریزی آرمانی خطی با چند معیار ارائه کرده‌اند. در این مدل، دو مجموعه از فاکتورها در نظر گرفته شده‌اند: (۱) خصوصیات تأمین کننده شامل کیفیت، قیمت، تجربه خدمت، تحویل‌های زود، دیر و به موقع و (۲) مشخصه‌های شرکت خریدار شامل احتیاجات مواد و موجودی اطمینان.

بندر و همکارانش^۶ از برنامه‌ریزی تک‌هدفه برای ایجاد یک مدل کامپیوتری تجاری برای انتخاب تأمین کننده در شرکت IBM استفاده کرده‌اند. در این مدل از برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح برای مینیمم کردن مجموع هزینه‌های خرید، حمل و نقل و انبارداری

1. Luitzen de Boer, Eva Labro Pierangela Morlacchi (200).
2. D. L. Moore, H. E. Fearon(197).
3. A. A. Gaballa (1974).
4. T. F. Anthony, F. P. Buffa (1977).
5. F. P. Buffa, W. M. Jackson (198).
6. P.S. Bender, R. W. Brown, H. Isaac, J. F. Shapiro (198).

استفاده شده است و قابلیت تعریف کالاهای مختلف، دوره‌های زمانی مختلف، کیفیت، تحویل و ظرفیت فروشنده را دارد. در این مدل تخفیف بر اساس تعداد نیز آورده شده است.

ناراسیمها و استویناف^۱ یک مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح تک‌هدفه را در یک شرکت تولیدی بزرگ در Midwest به منظور بهینه‌سازی تخصیص یک گروه فروشندگان استفاده کرده‌اند. تابع هدف این مدل، مینیمم سازی هزینه‌های ارسال و جریمه است. محدودیت‌های مدل در ارتباط با قابلیت‌های تولیدی فروشندگان و تقاضا است.

کینگزمن^۲ بیان کرده است که یکی از مهمترین مسائلی که توجه چندانی از طرف صاحب‌نظران تحقیق در عملیات به آن نشده است؛ خرید موادی است که قیمت‌ها با رفتار تصادفی در طول زمان به طور متناوب تغییر می‌کنند. وی برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی دینامیک را به عنوان ابزارهایی برای بررسی این وضعیت معرفی کرده است.

ترنر^۳ یک مدل برنامه‌ریزی خطی تک‌هدفه را برای شرکت British Coal استفاده کرده است. این مدل، با در نظر گرفتن ظرفیت فروشنده، حداکثر و حداقل مقادیر سفارش و تقاضا، کل قیمت مشمول تخفیف را مینیمم‌سازی می‌کند.

پن برای قابلیت اطمینان زنجیره، استفاده از بیش از یک تأمین‌کننده را برای مواد بحرانی پیشنهاد می‌دهد که تقاضا بین آن‌ها تقسیم می‌شود. وی از یک مدل تأمین‌کننده تک‌هدفه برای انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان با در نظرگیری سه معیار قیمت، کیفیت و خدمات استفاده کرده است. کل هزینه به‌عنوان تابع هدف و کیفیت و خدمات به‌عنوان محدودیت مدل شده‌اند.^۴

شارما یک مدل غیرخطی، مختلط عدد صحیح و آرمانی را برای انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد کرده است. قیمت، کیفیت، تحویل و خدمات در این مدل لحاظ شده‌اند و همه معیارها در قالب هدف در نظر گرفته شده‌اند.^۵

-
1. R. Narasimhan, K. Stoyhoff (1986).
 2. B.G. Kingsman (1986).
 3. I. Turner (1988).
 4. A.C. Pan (1989).
 5. D. Sharma, W.C. Benton, R. Srivastava (1989).

بنتون یک برنامه غیرخطی و یک رویه ابتکاری را برای انتخاب تأمین کننده تحت شرایط چندین اقلام، چند تأمین کننده، محدودیت‌های منابع و تخفیف بر اساس تعداد خرید ایجاد کرده است. تابع هدف مدل، مینیم کردن جمع هزینه‌های خرید، انبارداری، جابه‌جایی و خرید است. محدودیت‌های انبارش و سرمایه‌گذاری به صورت محدودیت در مدل آورده شده‌اند.^۱

هونگ و هایا^۲ محیط خرید در JIT را تحلیل کرده‌اند. از آنجایی که نیاز به انباشته‌های کوچک بحث مهمی در این سیستم است؛ آن‌ها راجع به پیرامون تقسیم سفارش بزرگ به چند تحویل یا چند تأمین کننده به منظور کاهش اندازه بحث کرده‌اند. هدف اصلی آن‌ها کاهش هزینه بود، لذا مدل را با دو فرض مهم حل کردند. فرض اول اینکه هزینه سفارش به N تأمین کننده برابر و یا کمتر از مقداری است که N مرتبه به یک تأمین کننده سفارش دهیم و فرض دوم آنکه قیمت خرید بایستی از یک مقدار مشخص کمتر باشد. از آنجایی که آن‌ها مسئله را برای یک مورد خاص حل کردند؛ نمی‌توان آنرا برای وضعیت عمومی بکار برد.

چاژری برنامه‌ریزی خطی و مختلط عدد صحیح را برای انتخاب تأمین کننده استفاده کرد. در مدل وی قیمت، تحویل، کیفیت و تخفیف لحاظ شده‌اند. تابع هدف این مدل مینیم کردن قیمت ادغامی با در نظر گرفتن هر دو تخفیف تجمعی و نمودی در نظر گرفته شده است. کیفیت و تحویل به صورت محدودیت مدل شده‌اند.^۳

ویر و کارنت^۴ از برنامه‌ریزی خطی چند هدفه برای انتخاب تأمین کننده استفاده کردند تا بتوانند برای تناقض اهداف سبک و سنگین نموده و این تعدیل‌ها را تحلیل نمایند. در این مدل قیمت کلی، کیفیت و دیرکرد تحویل به عنوان هدف‌ها و دو مجموعه محدودیت در نظر گرفته شده‌اند: ۱) محدودیت‌های سیستم (محدودیت‌هایی که مستقیماً تحت کنترل مدیر خرید نیستند) مانند ظرفیت فروشندگان، ارضای تقاضا، حداقل مقدار سفارش و کل بودجه خرید ۲) محدودیت‌های سیاست شامل حداکثر/حداقل مقدار خرید از یک

1. W.C. Benton (1991).

2. J.D. Hong, J. C. Hayya (1992).

3. S. S. Chaudhry, F. G. Forst, J. L. Zydiak (1993).

4. C. A. Weber, J. R. Current (1993).

تأمین‌کننده مشخص و یا حداکثر / حداقل تعداد تأمین‌کنندگان که بایستی بکار گرفته شوند.

وبر و کارنت^۱ پیشنهاد کرده‌اند که ساخت ریاضیاتی مدل جانمایی تجهیزات می‌تواند برای انتخاب تأمین‌کننده اعمال شود. آن‌ها هیچ مسئله خاصی را حل نکرده‌اند ولی شباهت‌های مسئله انتخاب فروشنده و مدل‌های جانمایی تجهیزات را نشان داده‌اند. پیچیدگی هر دو مدل نشان می‌دهد که مناسب‌سازی این دو روش با هم نمی‌تواند ساده باشد.

رُزنتال^۲ یک مدل مختلط عدد صحیح را برای حل این مسئله پیشنهاد کرده است که در این حالت خریدارها نیاز دارند که اقلام مختلف را از فروشندگان مختلفی بخرند که ظرفیت، کیفیت و مقدار تحویل‌های این فروشندگان محدود است و محصولات دسته‌بندی شده را با قیمت‌های تخفیفی ارائه می‌کنند. در این مدل از برنامه‌ریزی تأمین‌کننده هدفه استفاده گردیده و قیمت، کیفیت، تحویل و ظرفیت تأمین‌کننده به عنوان معیار وارد شده‌اند. قدسی‌پور و اُبراین^۳ یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای کاهش تعداد تأمین‌کنندگان و مدیریت رابطه همکارانه با تأمین‌کننده ایجاد کرده‌اند. آن‌ها از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یکپارچه با همراهی برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح استفاده و محدودیت ظرفیت تأمین‌کنندگان و محدودیت‌های خرید و کیفیت خریداران را در سیستم پشتیبانی‌شان لحاظ کرده‌اند.

قدسی‌پور و اُبراین^۴ یک مدل برای بررسی انتخاب تأمین‌کننده در شرایط وجود چند منبع، چند معیار و قیمت مشمول تخفیف پیشنهاد کرده‌اند. آن‌ها تأثیرات محدودیت‌های بودجه، کیفیت و ظرفیت تأمین‌کنندگان را در نظر گرفته‌اند. یک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یکپارچه و مدل برنامه‌ریزی خطی را برای کمک به مدیران ایجاد کردند که هر دو نوع فاکتور کیفی و کمی را در یک خط‌مشی سیستماتیک در نظر گرفته‌اند. آن‌ها یک الگوریتم برای تحلیل حساسیت پیشنهاد کرده‌اند تا رویه‌های مختلف در این تصمیم‌گیری

-
1. J. Current, C. Weber (1994)
 2. E. C. Rosenthal, J. L. Zydiak, S. S. Chaudhry (1995).
 3. S. H. Ghodspour, C. O'Brien (1997a).
 4. S.H. Ghodspour, C. O'Brien, (1997b).

در نظر گرفته شود.

در بسیاری از این مقالات، قیمت خالص به عنوان هزینه لجستیک در مدل آورده شده است در صورتی که انبارش، حمل و نقل و سفارشی نیز در تصمیم‌گیری مهم‌اند. تنها در مقالاتی چون بنتن^۱ و هونگ و هایا^۲ و قدسی پور و ابراین^۳ هزینه‌های انبارش و سفارشی در مدل آورده شده است. البته در این بین بنتن محدودیت‌های ظرفیت تأمین‌کننده و کیفیت را در نظر نگرفته است.

باسنت^۴ با یکپارچه‌سازی دو مسئله‌ی تعیین اندازه انباشته (Lot-sizing) و انتخاب تأمین‌کننده، مسئله جدیدی را با عنوان "تعیین اندازه انباشته چند دوره‌ای توأم با مسئله انتخاب تأمین‌کننده (MLSSP)" مطرح ساخته است که در آن تنها فاکتورهای کمی مد نظر قرار گرفته‌اند و برای حل آن یک روش شمارشی و یک هیوریستیک ارائه نموده است.

لیا^۵ و ریتشر^۶ جنبه دیگری را با عنوان انتخاب وسیله حمل و نقل به مسئله MLSSP افزودند. آن‌ها برای یکپارچه‌سازی این سه هدف از یک مدل تصمیم‌گیری چند هدفه استفاده کرده و با استفاده از الگوریتم ژنتیک آن را حل نمودند.

آنچه در تمامی تحقیقات منتشر شده به عنوان نقطه ضعف به چشم می‌خورد، عدم توجه به معیارهای کمی و کیفی در کنار توجه به ابعاد مختلف تصمیم‌گیری است به طوری که در برخی از پژوهش‌ها تنها به معیارهای کمی یا کیفی توجه شده است. در برخی دیگر از تحقیقات نیز که هر دو دسته معیارهای کمی و کیفی بررسی شده‌اند، تصمیماتی چون تعیین اندازه انباشته دور از توجه مانده‌اند. در مقاله حاضر علاوه بر در نظرگیری توأم معیارهای کیفی و کمی برای انتخاب و تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان، مسأله تعیین اندازه نیز به عنوان یکی از عوامل مؤثر در حجم تخصیص داده شده به تأمین‌کنندگان مورد توجه قرار گرفته است. برای این منظور ساختار و مدلی ارائه شده است که سه فاز مسئله انتخاب تأمین‌کننده را در بر می‌گیرد (تعریف معیار، پیش‌ارزیابی تأمین‌کنندگان مناسب و

-
1. W. C. Benton (199).
 2. J. D. Hong, J. C. Hayya (1992).
 3. S. H. Ghodspour, C. O'Brien (200).
 4. Basnet (200).
 5. Liao, Z., Rittscher, J. (200).

انتخاب نهایی). مسئله ارائه شده در این مقاله، با استناد به تحقیق ارائه شده توسط Basnet^۱، از نوع Complex Combinatorial می‌باشد که دارای پیچیدگی زیاد و عمدتاً NP-Hard می‌باشند، لذا استفاده از هیوریستیک‌ها و متاهوریستیک‌ها ضروری می‌نماید. برای این منظور الگوریتم ژنتیک به عنوان ابزاری توانمند برای حل مسائل دارای پیچیدگی زمانی به کار گرفته شده است. علت استفاده از الگوریتم ژنتیک، انعطاف پذیری بالای آن در جستجوی فضا، توانمندی آن در گریز از بهینه‌سازی محلی و تجربه نویسندگان در پیاده‌سازی آن بوده است ولی می‌توان در تلاش‌های آتی از متاهوریستیک‌های دیگری نیز بهره برد که این پیشنهاد در انتهای مقاله و به منظور تحقیقات آتی ارائه شده است.

در مقاله حاضر با بکارگیری روش AHP، تأمین‌کنندگان در سه دسته پیشنهادی از معیارهای کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفته و امتیازهای هر یک از آن‌ها در این دسته‌ها به همراه امتیاز نهایی آن‌ها در قالب چهار مؤلفه تابع هدف وارد می‌شود. مؤلفه دیگر تابع هدف، از بررسی مدل اندازه انباشته شکل می‌گیرد و در نهایت پنج مؤلفه تابع هدف در قالب یک مدل MODM بهینه‌سازی می‌شوند. با حل این تابع هدف، تأمین‌کنندگان شایسته انتخاب شده و سهم هر یک از آن‌ها در تأمین تقاضای کل محاسبه می‌شود.

این رویکرد در عمل کارایی بسیار بالایی خواهد داشت چرا که توجه به معیارهای مختلف، باعث چشم‌پوشی از هزینه‌های سفارش‌دهی نخواهد شد و پس از انتخاب تأمین‌کنندگان شایسته، سهم هر یک از آن‌ها در تأمین تقاضای کل بر اساس امتیازهای کمی و کیفی و همچنین مدل موجودی محاسبه می‌شود. همچنین به علت استفاده از روش AHP برای بررسی توأم معیارهای کمی و کیفی، امکان اعمال نظر مدیران مختلف در آن وجود خواهد داشت که - ضمن عدم چشم‌پوشی بر مدل‌های کمی نظیر مدل موجودی - مدیران را به بکارگیری اختصاصی از آن ترغیب می‌نماید.

۱. معرفی مدل پیشنهادی

ساختار کلی برای مدل پیشنهادی و نحوه حل آن در شکل (۱) نمایش داده شده است. در ادامه هر یک از بخش‌های این ساختار توضیح داده می‌شوند.

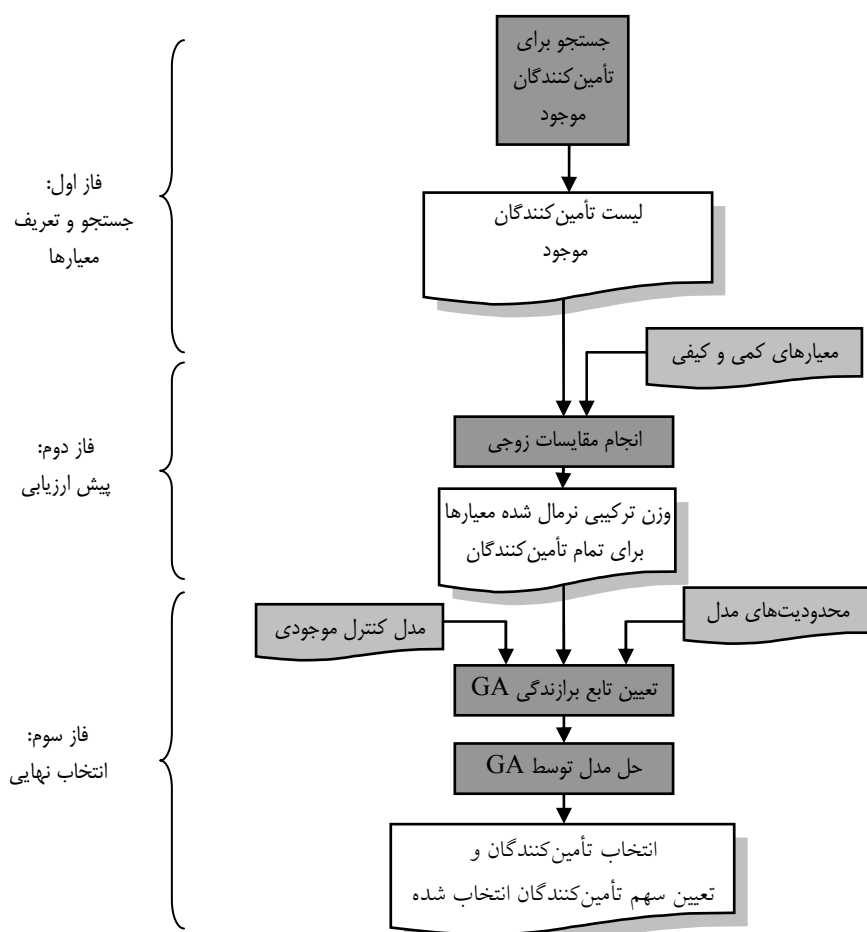
۱-۱. جستجو برای تأمین کنندگان موجود

در این مرحله تصمیم گیرنده یا نهاد مرتبط با استفاده از منابع مختلف اطلاعاتی لیست جامعی از تأمین کنندگان موجود را تهیه می نماید. نکته ای که نبایست آنرا فراموش کرد؛ این است که در تهیه این لیست نباید هیچ گونه پیش داوری اعمال نمود و حذف نمودن تأمین کنندگان نامطلوب را به مراحل بعد سپرد. لذا بایست تا حد معقول این لیست را به صورت جامع تهیه نمود چون ممکن است در تصمیم گیری های آینده بتوان از این لیست استفاده نمود. نکته دیگری که باید مد نظر قرار گیرد این است که بهتر است که همزمان با تهیه این لیست مشخصات عمومی تأمین کنندگان موجود و علی الخصوص وضعیت آنها از لحاظ فاکتورهای مورد استفاده در مرحله پیش ارزیابی نیز ثبت گردد تا نیاز به تهیه مجدد این فاکتورها نداشته باشیم. از این رو پیشنهاد می گردد این اطلاعات در قالب یک پایگاه داده تهیه و نگهداری گردند تا دسترسی به آن و استخراج اطلاعات مورد نیاز از آن تسهیل گردد.

۱-۲. تعریف معیارها

چنین به نظر می رسد که تحمیل یکسری معیار به تصمیم گیرنده رویه صحیحی نباشد بلکه بایستی با معرفی ساختار انجام، دست وی را در انتخاب معیارهای مورد نظر باز گذارد. شاید بهمین علت است که دبوئر^۱ تعداد تجارب عملی بکارگیری مدل های ارائه شده را اندک و محدودۀ اجرای آنها را عمدتاً برای مثال های فرضی دانسته است. لذا در ساختار پیشنهادی انتخاب معیارها را آزاد گذاشته شده و آنچه مورد تأکید قرار می گیرد؛ وزن ترکیبی نرمال شده معیارها می باشد. از طرف دیگر مواجه کردن تصمیم گیرنده با یک مسئله مبهم نیز کار صحیحی نمی باشد لذا منطقی است که معیارهای مطرح شده از صاحب نظران را به وی معرفی نماییم و به اجازه دهیم از بین آنها معیارهای مورد نظر خویش را برگزیند و در صورت لزوم معیارهای دیگری را به آنها بیفزاید. از اینرو در این قسمت معیارهای ارائه شده توسط تعدادی از صاحب نظران ارائه می گردد.

1. L. de Boer, L.L.M van der Wegen (2003).



شکل ۱- ساختار پیشنهادی برای مسئله انتخاب تأمین کننده

دیکسون^۱ نزدیک به بیست و سه معیار را برای تصمیم‌گیری در ارتباط با انتخاب تأمین کننده ارائه نموده است که در جدول (۱) آورده شده‌اند. الرام^۲ با تلاش در زمینه بدست آوردن اعضاء استراتژیک، چهار معیار شامل امور مالی، استراتژی و فرهنگ سازمان، موارد مرتبط با تکنولوژی و دیگر فاکتورها ارائه کرده است که هر یک از

1. Dickson G. W. (1966).

2. Ellram, L. M. (1987).

معیارهای مذکور شامل چند زیرمعیار می‌باشند (جدول ۲). ترسی^۱ بر روی معیارهای کیفیت، میزان اطمینان به تحویل و بالا بردن عملکرد محصول جهت انتخاب تأمین کنندگان تأکید نموده و علاوه بر آن، برنامه بهبود مستمر و تیم‌های طراحی محصول را جهت توسعه روابط با تأمین کننده مناسب دانسته است. مین^۲ معیارهای خود را در قالب هفت معیار بیان کرده است که هر یک از معیارهای مذکور شامل زیر معیارهایی می‌باشد (جدول ۳). رزمی و همکارانش^۳ نیز سه معیار شامل مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی بین سازمانی، مدیریت ریسک، نظام مدیریت کیفیت را برای تصمیم‌گیری در این زمینه ارائه کرده‌اند (جدول ۴).

جدول ۱- معیارهای ارائه شده توسط دیکسون

ردیف	فاکتور تأثیرگذار در ارزیابی تأمین کنندگان
۱	قیمت خالص (شامل تخفیفات و هزینه‌های حمل) که توسط هر تأمین کننده پیشنهاد می‌شود.
۲	توانایی اینکه هر تأمین کننده به ویژگی‌های کیفی دست یابد.
۳	سرویس‌هایی که بعد از فروش داده می‌شود.
۴	توانایی هر تأمین کننده برای آنکه بتواند به زمان‌بندی تحویل دست یابد.
۵	موقعیت جغرافیایی هر تأمین کننده
۶	موقعیت مالی هر تأمین کننده
۷	تسهیلات تولیدی و ظرفیتی که هر یک از تأمین کنندگان دارند.
۸	مدت زمان سابقه همکاری که هر تأمین کننده داشته است.
۹	ظرفیت تکنیکی (شامل تسهیلات برای تحقیق و توسعه) که هر تأمین کننده داراست.
۱۰	مدیریت و سازمان مربوط به هر تأمین کننده
۱۱	خریدهای آینده‌ای که هر شرکت (خریدار) ممکن است در آینده از تأمین کننده ایتباع نماید.
۱۲	سیستم اطلاعاتی (با اطلاعات در حال پردازش) هر تأمین کننده
۱۳	کنترل‌های عملیاتی (شامل گزارش‌دهی، کنترل کیفیت و سیستم‌های کنترل موجودی) از هر تأمین کننده
۱۴	موقعیت مربوط به هر صنعت (شامل رهبری و اعتبار) برای هر تأمین کننده
۱۵	سوابق در ارتباط با افراد مربوط به هر تأمین کننده

1. Tracey, M. (2001).

2. Min, H. and Galle, W. P. (1994).

۳. رزمی و همکاران (۱۳۸۳).

ردیف	فاکتور تأثیرگذار در ارزیابی تأمین کنندگان
۱۶	رفتار سازمانی مربوط به هر تأمین کننده
۱۷	میزان علاقه همکاری تجاری تأمین کننده با شرکت خریدار
۱۸	سیاست‌های مربوط به گارانتی و claim‌های برای هر تأمین کننده
۱۹	توانایی هر تأمین کننده برای رسیدن به بسته‌بندی نیازمندی‌های محصول
۲۰	اثرات مربوط به عقد قرارداد با تأمین کننده در ارتباط با قراردادهای دیگر
۲۱	موجود بودن کمک‌های آموزشی برای محصول از طرف تأمین کننده
۲۲	قبول رویه‌ها و دستورالعمل‌های مربوط به شرکت خریدار بوسیله تأمین کننده
۲۳	تاریخچه عملکرد مربوط به هر تأمین کننده

جدول ۲- معیارهای ارائه شده توسط الرام

معیار	زیر معیارها
امور امور مالی	عملکرد اقتصادی پایداری مالی
استراتژی و فرهنگ سازمانی	احساس صداقت با تأمین کننده مدیریت در ارتباط با رفتار و چشم‌انداز سازمان مناسب بودن استراتژیک توانایی مدیریت ارشد در سازگاری با شرایط سازگار بودن سطوح عملکرد بین تأمین کننده با شرکت خریدار ساختار سازمانی مربوط به شرکت تأمین کننده
موارد در ارتباط با تکنولوژی	میزان تخصیص تسهیلات و استفاده از ظرفیت‌ها تخصیص ظرفیت‌های ساخت برای آینده قابلیت‌های طراحی تأمین کننده سرعت توسعه تأمین کننده
دیگر فاکتورها	سابقه مطمئن از تأمین کننده مرجع تجاری به عنوان پایه‌ای مورد توجه برای مشتریان

جدول ۳- معیارهای ارائه شده توسط مین

معیار	زیر معیارها
مالی	هزینه‌های جریمه نحوه پرداخت
تضمین کیفیت	ممیزی تیم‌های کیفیت کنترل کیفیت
ریسک‌های پیش‌بینی شده	ثبات در سیاست مسائل پرسنلی و کارگری امکان انجام claim به صورت قانونی کنترل قیمت
عملکرد سرویس دهی	تحويل به موقع مساعدت فنی
روابط میان تأمین کننده - خریدار	ثبات مالی امکان بحث و گفتگو بین طرفین
موانع مربوط به فرهنگ و ارتباطات	مشابهت فرهنگی موازن اخلاقی ظرفیت مربوط به تبادل الکترونیک داده‌ها
محدودیت‌های تجاری	تعرفه‌ها و تعهدات گمرکی تعداد معاملات

جدول ۴- معیارهای ارائه شده توسط رزمی

معیار	زیر معیارها	زیر معیارها
مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی بین سازمانی	وضوح در اطلاعات دریافتی یکپارچگی اطلاعات رد و بدل شده بهنگام بودن رد و بدل شده	
مدیریت ریسک	گاراتی موقعیت تجاری و تکنولوژی	
	سابقه همکاری	مدت زمان همکاری اهمیت روابط
نظام مدیریت کیفیت (ایزو ۹۰۰۱:۲۰۰۰)	نسبت تولید تأمین کننده به کل سفارش کیفیت و مرغوبیت قطعات زمان تحويل به موقع	
	بند ۴: سیستم مدیریت کیفیت بند ۵: مسئولیت مدیریت بند ۶: مدیریت منابع بند ۷: تحقق محصول بند ۸: اندازه گیری، تحلیل و بهبود	

۳-۱. پیش ارزیابی

در این مرحله تأمین کنندگان موجود از لحاظ برخی فاکتورهای کلی بررسی شده و آنهایی که وضعیت آنها از حد پایین قابل قبول برای فاکتور(های) مورد نظر کمتر است؛ از لیست حذف می‌شوند و لیست باقیمانده به عنوان تأمین کنندگان قابل در مراحل بعد استفاده خواهد شد. تعریف فاکتورهای مورد استفاده در این مرحله به عهده تصمیم گیرنده می‌باشد. به عنوان مثال می‌توان تأمین کنندگانی را که زمان پیشبرد آنها از زمان موجود کمتر است و یا تأمین کنندگانی را که نرخ قطعات سالم آنها کمتر از ۰/۷ است حذف نمود. چنانچه برمی‌آید؛ انتخاب فاکتورهای این مرحله و تعیین حد پایین قابل قبول برای آنها کاملاً به تجربه و نظر تصمیم گیرنده بستگی دارد.

۴-۱. انجام مقایسات زوجی و تهیه وزن ترکیبی نرمال شده معیارها برای تمامی تأمین کنندگان

تهیه وزن ترکیبی نرمال شده معیارها برای تمامی تأمین کنندگان در دو گام انجام می‌گردد:

الف) در گام اول می‌بایست ابتدا وزن نسبی معیارهای موجود در هر یک از سطوح را تعیین کنیم. به عنوان مثال در صورتی که از معیارهای رزمی^۱ استفاده شود؛ برای معیارهای موجود در سطح دوم (مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی بین سازمانی، مدیریت ریسک و نظام مدیریت کیفیت) با توجه به عنصر بالایی آنها (انتخاب بهترین تأمین کنندگان) مقایسات زوجی انجام می‌شود و وزن نسبی آنها تعیین می‌گردد. برای این کار ابتدا جدول مقایسات زوجی را تشکیل می‌دهیم (مانند جدول ۶) و پس از امتیازدهی به معیارهای آن جدول، وزن نسبی معیارهای هم‌رده را تعیین می‌کنیم. برای امتیازدهی در جدول مقایسات زوجی، از اعداد ۱ تا ۹ استفاده می‌شود که عدد ۱ بیانگر اهمیت مساوی دو معیار و عدد ۹ بیانگر برتری مطلق یک معیار بر دیگری است. این اعداد با توجه به جدول ۵ استفاده می‌شوند. برای محاسبه وزن نسبی، ابتدا جمع هر ستون را محاسبه کرده، هر عنصر را بر جمع ستون

۱. رزمی و همکاران (۱۳۸۳).

خود تقسیم کرده، در همان مکان جایگزین می‌کنیم. سپس میانگین هر سطر را محاسبه می‌کنیم که این میانگین بیانگر وزن نسبی معیار متناظر با سطر مذکور است. به عنوان مثال بعد از تقسیم درایه‌های جدول (۶) بر جمع ستون خودشان و میانگین گیری از هر سطح، مقادیر ۰/۲۷۶، ۰/۵۹۵ و ۰/۱۲۸ بدست می‌آیند که بیانگر وزن نسبی سه معیار سطح اول (نظام مدیریت کیفیت، مدیریت ریسک و مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی بین سازمانی) می‌باشند. این کار در تمامی سطوح اجرا خواهد شد تا در نهایت در سطح آخر، گزینه‌ها (تأمین کنندگان) نیز به صورت جفتی مقایسه و امتیازدهی می‌شوند.

ب) ابتدا هر یک از گزینه‌ها (تأمین کنندگان)، در پایین‌ترین معیارها (معیارهای متصل به آن‌ها در ساختار سلسله مراتبی) نمره‌دهی / مقداردهی می‌شوند (r_{ij} بیانگر مقدار / نمره نسبت داده شده به گزینه i در ارتباط با معیار j است). پس از نمره‌دهی و یا قرار دادن مقادیر موجود برای هر معیار، ابتدا بایستی آن‌ها را بی‌مقیاس کنیم. (r_{ij} ها را به π_{ij} تبدیل می‌کنیم). برای این منظور با استفاده از رابطه زیر تمامی مقادیر نسبت داده شده به معیارهای مختلف را به صورت عددی در بازه صفر و یک تبدیل می‌کنیم. با این توضیح که اگر معیاری جنبه منفی داشت (مانند هزینه) به جای مقادیر نسبت داده شده به آن‌ها (r_{ij}) معکوس آن‌ها را قرار می‌دهیم ($1/r_{ij}$).

$$\pi_{ij} = \frac{r_{ij} - I_j^{\min}}{I_j^* - I_j^{\min}}$$

در رابطه فوق، I_j^* بیانگر بالاترین مقدار / نمره موجود در معیار i و I_j^{\min} کمترین آن است. حال این امکان وجود دارد که نمره‌های حاصل در معیارها را با هم مقایسه یا ترکیب نمود. حال با ترکیب وزین معیارهای موجود در یک سطح، نمره حاصل برای معیار بالایی آن‌ها بدست می‌آید. با این کار در ساختار معیارها یک سطح بالاتر رفته‌ایم. در مرحله بعد از ترکیب اوزان مربوط به مجموعه مرتبط از این عناصر، وزن معیار بالاتر بدست می‌آید و این روند تا رسیدن به نمره نهایی هر گزینه ادامه می‌یابد. به عنوان مثال اگر در مرحله الف برای زیر معیارهای مدیریت ریسک (گاراتتی، موقعیت تجاری و تکنولوژی و ...) به ترتیب اوزان نسبی ۰/۰۷۷، ۰/۰۴۹، ۰/۰۴۹، ۰/۰۳۶، ۰/۰۷۷ و ۰/۱۱۲ بدست

آمده و امتیازات/مقادیری مقیاس شده سه گزینه فرضی در این معیارها به صورت جدول (۷) باشد؛ نمره حاصل برای معیار مدیریت ریسک برای هر گزینه با ترکیب وزین نمره‌ها به صورت شکل (۲) در می‌آید. این نمره به همراه نمره‌های دو معیار اصلی دیگر و نمره نهایی گزینه‌ها در تهیه تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک استفاده خواهند شد. جدول (۸) نمره‌های فرضی در سه معیار اصلی و ترکیب وزین شده آن‌ها (نمره نهایی) را نشان می‌دهد.

جدول ۵- مقیاس‌های امتیازدهی برای انجام مقایسات زوجی

امتیاز	قضایوت نسبی
۹	برتری مطلق آ بر ب
۸	برتری مابین خیلی قوی تا مطلق آ بر ب
۷	برتری خیلی قوی آ بر ب
۶	برتری مابین قوی تا خیلی قوی آ بر ب
۵	برتری قوی آ بر ب
۴	برتری مابین ضعیف تا قوی آ بر ب
۳	برتری ضعیف آ بر ب
۲	برتری مابین مساوی تا ضعیف آ بر ب
۱	اهمیت مساوی آ و ب

جدول ۶- مقایسه معیارهای اصلی در ساختار رده‌ای رزمی

مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی بین سازمانی مدیریت ریسک نظام مدیریت کیفیت با توجه به انتخاب بهترین تأمین کنندگان (عنصر بالایی)

نظام مدیریت کیفیت	۱	۱/۲	۲
مدیریت ریسک	۲	۱	۵
مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی بین سازمانی	۱/۲	۱/۵	۱

جدول ۷- اوزان نسبی بدست آمده برای زیر معیارهای مدیریت ریسک در ارتباط با تأمین کنندگان

کیفیت و مرغوبیت قطعات	زمان تحویل به موقع	نسبت تولید تأمین کننده به کل سفارش	سابقه همکاری (حاصل از ترکیب توزین شده بردارهای وزن دو عنصر منشعب)	موقعیت تجاری و تکنولوژی	گارانتی
۰/۳۸۷	۰/۳۸۷	۰/۳۲۷	۰/۲۱	۰/۳۱۱	تأمین کننده ۱
۰/۱۶۹	۰/۱۶۹	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۱۹۶	تأمین کننده ۲
۰/۴۴۳	۰/۴۴۳	۰/۴۱۳	۰/۵۵	۰/۴۹۳	تأمین کننده ۳

جدول ۸- اوزان ترکیبی نرمال معیارها به همراه وزن و رتبه نهایی برای تأمین کنندگان

رتبه نهایی	وزن نهایی	مدیریت سیستم‌های اطلاعاتی بین سازمانی (حاصل از ترکیب تمامی عناصر)	نظام مدیریت کیفیت (حاصل از ترکیب تمامی عناصر)	مدیریت ریسک
۲	۰/۳۵۳	۰/۳۰۱	۰/۴۱۳	تأمین کننده ۱
۳	۰/۲۸۹	۰/۶۲۶	۰/۲۶	تأمین کننده ۲
۱	۰/۳۵۸	۰/۰۷۲	۰/۳۲۷	تأمین کننده ۳

۵-۱. مدل کنترل موجودی

در مقابل دیدگاه کیفی به مسئله انتخاب تأمین کننده مدل‌های فراوانی نیز وجود دارند که مسئله انتخاب تأمین کننده را تنها از دیدگاه‌های کمی علی‌الخصوص هزینه‌ای بررسی می‌کنند. در کامل‌ترین موارد اینگونه مدل‌ها کل هزینه‌های پرداختی (هزینه‌های خرید، انبارداری، سفارش‌دهی و ...) لحاظ می‌گردد. به عنوان نمونه قدسی‌پور و ابراین مدل جامعی بر پایه مینیم کردن کل هزینه‌های پرداختی ارائه کرده‌اند. این امکان وجود دارد که تابع هدف مدل کنترل موجودی را نیز به عنوان یکی از اهداف چندگانه در تعریف تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک وارد کنیم. ورما^۱ چنین بیان کرده است که نتایج نشان می‌دهد با اینکه مدیران، کیفیت را به عنوان مهمترین خصیصه یک تأمین کننده معرفی می‌کنند؛ عملاً

1. Verma, R. and Madeleine, E. (1998).

تأمین کنندگان را بر اساس هزینه و کارایی تحویل انتخاب می کنند. زیرا درست است که می توانیم معیارهایی چون قیمت خرید را در مقایسات زوجی وارد کنیم ولی هزینه هایی مثل انبارداری و یا سفارش دهی را نمی توانیم در مقایسات زوجی وارد کنیم چون کاملاً به میزان تخصیص داده شده به هر تأمین کننده بستگی دارند. برای جبران این ضعف، دو راه وجود دارد. یکی اینکه در صورت قابل چشم پوشی بودن، این هزینه ها را نادیده گرفته و به معیارهای دیگر اکتفا کنیم و راه دیگر اینکه، آن ها را در قالب یک مدل جداگانه تعریف کنیم و تابع هدف آن را به عنوان یکی از اهداف در حل مسئله تصمیم گیری چند هدفه^۱ وارد کنیم. ابتدا متغیرهای بکار رفته در آن و همچنین دیگر متغیرهای مورد استفاده در تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک تعریف می گردند:

	↑+	× ↑	× ↑	× ↑	× ↑	× ↑	
وزن نسبی هر زیرمعیار	۰/۰۷۷	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۶۳۶	۰/۰۷۷	۰/۰۱۱۲	
	× ↑	× ↑	× ↑	× ↑	× ↑	× ↑	
تأمین کننده ۱	۰/۳۷۶	۰/۳۱۱	۰/۲۱	۰/۳۲۷	۰/۳۸۷	۰/۳۸۷	بردار وزن ترکیبی حاصل برای مدیریت ریسک
تأمین کننده ۲	۰/۱۴۹	۰/۱۹۶	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۱۶۹	۰/۱۶۹	
تأمین کننده ۳	۰/۴۷۴	۰/۴۹۳	۰/۵۵	۰/۴۱۳	۰/۴۴۳	۰/۴۴۳	
	گارانتی	موقعیت تجاری و تکنولوژی	سابقه همکاری	نسبت تولید تأمین کننده به کل سفارش	زمان تحویل به موقع	کیفیت و مرغوبیت قطعات	

شکل ۲- ترکیب توزین شده اوزان نسبی زیر معیارهای مدیریت ریسک و تهیه نمره مدیریت ریسک

۱-۵-۱. معرفی متغیرهای مورد استفاده

D تقاضای دوره برنامه ریزی (سالانه).

Q مقدار تقاضای سفارش داده شده به تمام تأمین کنندگان در هر پریود.

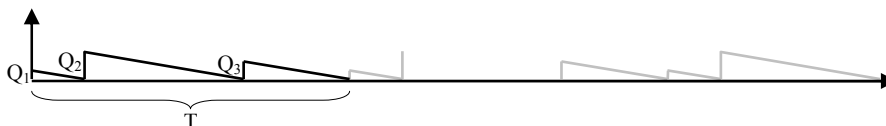
- Q_i مقداری از کل تقاضای یک پریود که به تأمین کننده اُم سفارش داده خواهد شد.
- T طول زمانی هر پریود.
- T_i بخشی از هر پریود که انباشته تأمین کننده اُم (Q_i) در آن مصرف می شود.
- x_i کسری از تقاضای سالیانه که به تأمین کننده اُم سپرده خواهد شد.
- Y_i متغیر صفر و یک نشان دهنده انتخاب و یا عدم انتخاب تأمین کننده اُم.
- γ_j وزن هدف اُم در تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک.
- n تعداد تأمین کننده قابل که موجودند.
- N_t حداکثر تعداد تأمین کنندگان با توجه به سیاست مدیریت.
- q_i نرخ قطعات سالم در اقلام تحویلی مربوط به تأمین کننده اُم.
- q_a حد پایین برای نرخ قطعات سالم در کل اقلام دریافت شده از تمام تأمین کنندگان.
- p_i قیمت ارائه شده توسط تأمین کننده اُم.
- L_i حد پایین برای مقدار سفارش دهی به تأمین کننده اُم.
- C_i حد بالا برای مقدار سفارش دهی به تأمین کننده اُم (ظرفیت تولید تأمین کننده).
- A_i هزینه سفارش دهی هر مرتبه به تأمین کننده اُم.
- W_{ik} وزن ترکیبی نرمال معیار k اُم مربوط به تأمین کننده اُم.
- WA_i وزن نهایی ترکیبی نرمال برای تأمین کننده اُم.
- B_k اهمیت نسبی نرمال معیار k اُم.
- B بودجه دوره برنامه ریزی.
- K تعداد معیارهای تعریف شده در ساختار رده ای.

۲-۵-۱. معرفی مدل

هدف مدل موجودی مینیمم کردن مجموع هزینه های خرید، سفارش دهی و نگهداری است. مدل موجودی استفاده شده در این مقاله از مدل قدسی پور و ابراین^۱ اقتباس گردیده است که هزینه لجستیک شامل قیمت خالص، انبارش، سفارش دهی را در نظر گرفته است. در این مقاله برای اختصار مطلب، محاسبات میانی مدل مذکور ذکر نمی گردد و تنها تابع

1. S.H. Ghodsypour, C. O'Brien (2001).

هدف این مدل مورد بحث قرار می‌گیرد. در این مدل مقدار اقتصادی سفارش در هر دوره سفارش‌دهی (Q) را بین تأمین‌کنندگان موجود در هر جواب تقسیم می‌نماییم. فرض بر آن است که درست پس از پایان یافتن انباشته تأمین‌کننده i ام، انباشته تأمین‌کننده $(i+1)$ ام بدست خریدار می‌رسد. شکل (۳) این فرض و نحوه عمل مدل را نشان می‌دهد.



شکل ۳- تقسیم تقاضای پریود T بین چند تأمین‌کننده

با توجه به متغیرهای تعریف شده واضح است که روابط زیر برقرار خواهند بود:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$$

$$Q_i = X_i Q \quad , \quad T_i = X_i T \quad , \quad 0 \leq X_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

برای محاسبه کل هزینه خرید، آن را به سه هزینه جداگانه تفکیک می‌کنیم:

هزینه خرید سالانه + هزینه انبارداری سالانه + هزینه سفارش‌دهی سالانه = کل هزینه خرید (TPAC)

که هر یک از این اجزاء در قالب رابطه‌های زیر درمی‌آیند:

$$\text{هزینه سفارش‌دهی سالانه } AOC = \left(\sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) \frac{D}{Q}$$

$$\text{هزینه انبارداری سالانه } AHC = \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 P_i \right)$$

$$\text{هزینه خرید سالانه } APC = \sum_{i=1}^n X_i P_i D$$

با توجه به اجزاء فوق، کل هزینه خرید سالانه عبارت است از:

$$TAPC = \left(\sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) \frac{D}{Q} + \frac{rQ}{2} \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 P_i \right) + \sum_{i=1}^n X_i P_i D$$

از آنجایی که در رابطه فوق Q مقدار اقتصادی کل سفارش در یک دوره است. با مشتق گیری از رابطه فوق و مساوی قرار دادن آن با صفر، Q را می یابیم. سپس با قرار دادن Q در رابطه فوق، تعداد متغیرها کاهش یافته است (Q از رابطه حذف شده است):

$$\frac{\partial(TAPC)}{\partial Q} = 0 \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{2D \sum_{i=1}^n (A_i Y_i)}{r \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 P_i \right)}}$$

$$\Rightarrow TAPC = \sqrt{2Dr \left(\sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 P_i \right)} + \sum_{i=1}^n P_i X_i D$$

۱-۶. محدودیت‌ها

یکی از ورودی‌های لازم برای تعیین تابع برازندگی محدودیت‌ها می‌باشند که در این قسمت مطرح می‌گردد.

۱-۶-۱. کفاف خرید برای تقاضای دوره برنامه‌ریزی

در قبال قطعات نامنطبق نسبت قابل قبولی را برای قطعات موجود در کل سفارشات تعیین می‌کنیم (q_a). لذا مقدار قطعات سالم نباید از مقدار D.q_a کمتر شود لذا:

$$\sum_{i=1}^n (X_i D).q_i \geq D q_a \Rightarrow \sum_{i=1}^n X_i . q_i \geq q_a$$

البته رویه صحیح آن است که برای ارضای کامل تقاضا، به مقدار $D' = D \times \frac{1}{q_a}$

سفارش داده شود.

۱-۶-۲. محدودیت بودجه خرید:

مجموع قیمت پرداخت شده به تأمین کنندگان در طول دوره برنامه‌ریزی نباید از بودجه مقرر فراتر رود. لذا:

$$\sum_{i=1}^n (X_i D) \cdot p_i \leq B \quad \Rightarrow \quad \sum_{i=1}^n X_i \cdot p_i \leq \frac{B}{D}$$

۳-۶-۱. محدودیت تعداد تأمین کنندگان:

در صورتی که بنا به سیاست مدیریت بخواهیم تعداد تأمین کنندگان از Nt فراتر نرود؛ محدودیت زیر اعمال می‌گردد. در غیر این صورت می‌توان آن را از تابع برانندگی حذف کرد و یا پارمتر Nt آنرا برابر با n قرار دهیم.

$$\sum_{i=1}^n Y_i \leq Nt$$

۴-۶-۱. محدودیت‌های ظرفیت تأمین کنندگان:

میزان سفارش‌دهی به هر تأمین کننده نبایستی از سقف تولیدی‌اش (ظرفیت تولید در طی دوره برنامه‌ریزی) فراتر باشد.

$$X_i D \leq C_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

۵-۶-۱. محدودیت‌های حداقل سفارش‌دهی به تأمین کنندگان:

چون در مدل این وضعیت نیز در نظر گرفته شده است که بنا به دلایلی مانند عدم صرفه اقتصادی برای تأمین کننده، مشخص بودن حداقل میزان انباشته‌ها و ... میزان سفارش‌دهی به هر تأمین کننده نبایستی از این مقدار کمتر باشد.

$$X_i D \geq L_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

۶-۶-۱. محدودیت‌های مربوط به متغیرهای مدل (سهام هر تأمین کننده):

متغیرهای مدل (X_i ها) نمایانگر سهم هر تأمین کننده از کل تقاضا می‌باشند لذا مقادیر بزرگتر از ۱ و کوچکتر از صفر برای آن‌ها بی‌معنی خواهد بود. این موضوع با محدودیت‌های زیر تضمین می‌شود.

$$0 \leq X_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

۷-۱. تعیین تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک:

تابع برازندگی معیاری برای سنجش کیفیت کروموزوم یا حل بدست آمده می‌باشد. بر اساس این تابع، الگوریتم تصمیم می‌گیرد که کروموزوم بدست آمده برای نسل جاری را بپذیرد و یا آنرا حذف کند.

بعد از تهیه ورودی‌های تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک، لازم است اهداف و محدودیت‌های موجود را در آن بگنجانیم. برای ترکیب اهداف می‌توان مجموع انحرافات آن‌ها از یک مقدار بهینه کمینه‌سازی نمود. فرم کلی این روش برای تعداد L هدف به صورت زیر است:

$$L-p = \left\{ \sum_{j=1}^J \gamma_j \left[\frac{f_j(x^{*j}) - f_j(x)}{f_j(x^{*j})} \right]^p \right\}^{1/p}$$

x^{*j} نشان‌دهنده راه حل ایده‌آل در بهینه‌سازی f_j (هدف j ام) است. x بیانگر یک راه‌حل مفروض بوده و γ_j نشان‌دهنده درجه اهمیت (وزن) برای هدف j ام می‌باشد. p بیانگر پارامتر مشخص‌کننده $L-p$ است (مثلاً $L-1$ ، $L-2$ ، ... و ...) که $1 \leq p \leq \infty$ می‌باشد. ارزش p مشخص‌کننده درجه تأکید بر انحرافات موجود می‌باشد به گونه‌ای که هرچه این ارزش بزرگتر باشد؛ تأکید بیشتری بر بزرگترین انحرافات خواهد بود و اگر $p = \infty$ باشد؛ عملاً تنها بزرگترین انحراف از انحرافات موجود برای بهینه‌سازی مدنظر واقع می‌گردد. معمولاً ارزش‌های 1 ، 2 و ∞ در محاسبات بکار گرفته می‌شود. وجود $f_j(x^{*j})$ در مخارج رابطه فوق برای بی‌مقیاس کردن اهداف می‌باشد (البته این مقدار بهینه نمی‌تواند صفر باشد). اگر مقدار $f_j(x^{*j})$ یک مقدار کمینه برای هدف f_j باشد؛ جای $f_j(x)$ و $f_j(x^{*j})$ را عوض می‌کنیم تا حاصل کسر منفی نباشد. در تعیین تابع برازندگی الگوریتم ژنتیک یک تابع کلی مینیمم‌سازی $L-1$ استفاده کرده‌ایم که در برگیرنده اهداف مورد نظر می‌باشد. این تابع در قالب رابطه زیر تعریف شده است:

$$\gamma_1 \frac{\sqrt{2D^{-1} \cdot r \left(\sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 P_i \right) + \sum_{i=1}^n P_i X_i - \min_i(p_i)}}{\min_i(p_i)} + \gamma_2 \frac{1 - \sum_{i=1}^n W_{A_i} \cdot X_i}{1} +$$

$$+ \gamma_3 \frac{1 - \sum_{i=1}^n W_{i1} \cdot X_i}{1} + \gamma_4 \frac{1 - \sum_{i=1}^n W_{i2} \cdot X_i}{1} + \dots + \gamma_{3+K-1} \frac{1 - \sum_{i=1}^n W_{iK} \cdot X_i}{1}$$

اهداف مورد نظر در ساختار ارائه شده عبارتند از:

الف) تابع هدف مدل موجودی

ابتدا باید مقدار ایده آل آن را بدست بیاوریم تا بتوانیم آن را بی‌مقیاس نماییم. می‌توان چنین در نظر گرفت که اگر هزینه سفارش دهی و نگهداری نداشته باشیم (r و تمامی A_i ها صفر باشند) و تنها هزینه خرید و آن هم با کمترین قیمت موجود را داشته باشیم؛ به یک مقدار ایده آل برای کل هزینه خرید دست یافته‌ایم:

$$f_1(X^{*1}) = D \cdot \min_i(p_i)$$

لذا این هدف را بصورت زیر در تابع برازندگی وارد می‌نماییم:

$$\gamma_1 = \frac{\sqrt{2D^{-1} \cdot r \left(\sum_{i=1}^n A_i Y_i \right) \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 P_i \right) + \sum_{i=1}^n P_i X_i - \min_i(p_i)}}{\min_i(p_i)}$$

ب) ماکزیمم کردن جمع اوزان نهایی تأمین‌کنندگان

برای آنکه در نهایت بهترین تأمین‌کنندگان (با توجه به معیارها) انتخاب گردند؛ این هدف نیز در تابع برازندگی گنجانده می‌شود. با این امید که تأمین‌کنندگان انتخاب شده از تأمین‌کنندگانی باشند که بیشترین اوزان نهایی را دارند. جمع اوزان نهایی نرمال حداکثر می‌تواند برابر با یک باشد لذا می‌توان عدد یک را به عنوان مقدار ایده آل این جمع در نظر گرفت. پس این هدف را به صورت زیر وارد تابع برازندگی می‌کنیم:

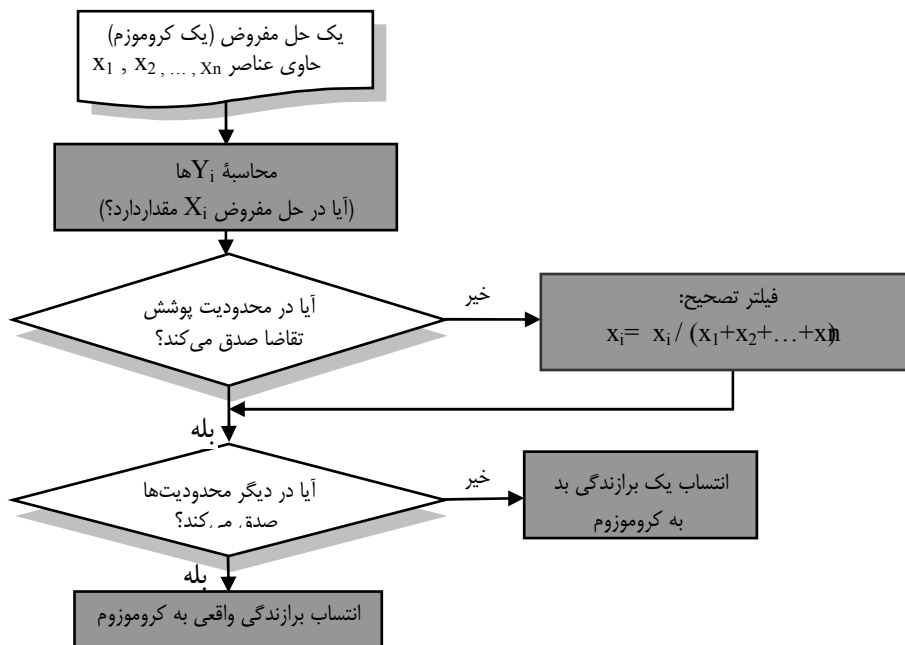
$$\gamma_2 \times \frac{1 - \sum_{i=1}^n WA_i \cdot X_i}{1}$$

ج) ماکزیمم کردن جمع اوزان ترکیبی معیارها

جمع اوزان ترکیبی هر معیار (معیارهای اصلی) نیز عدد یک می باشد ولی چون احتمالاً تنها تعدادی از تأمین کنندگان انتخاب خواهند شد؛ می توان عدد یک را به عنوان مقدار ایده آل برای این جمع در نظر گرفت. پس می توانیم این هدف ها را به صورت زیر وارد تابع برازندگی کنیم واضح است که به تعداد معیارها (K)، هدف جداگانه خواهیم داشت:

$$\gamma_{3,4,\dots,(3+k-1)} \times \frac{1 - \sum_{i=1}^n W_{ik} \cdot X_i}{1} \quad k = 1, 2, \dots, K$$

حال که تابع برازندگی تعیین گردید می توانیم از آن در الگوریتم ژنتیک استفاده نماییم و برای هر جواب مفروض (کروموزوم) یک مقدار برازندگی تعیین نماییم. نحوه انتساب مقدار برازندگی به یک جواب، در شکل (۴) نمایش داده شده است.



شکل ۴- نحوه انتساب مقدار برازندگی به یک جواب

برای انتساب مقدار برازندگی به یک جواب، بعد از محاسبه متغیرهای صفر و یک (Y_i) بر اساس جواب حاضر، در صورت صدق نمودن راه حل مذکور در محدودیت پوشش تقاضا، طی عبور از یک فیلتر تصحیح، جواب تصحیح می شود. سپس صدق نمودن در دیگر محدودیت ها کنترل می شود که اگر در دیگر محدودیت های مسئله صدق کند؛ برازندگی آن از تابع ۱- L بدست می آید و اگر راه حل فعلی در این محدودیت ها صدق ننماید؛ یک مقدار برازندگی بد (یک عدد بزرگ مثل ۱۰۰) به آن نسبت داده خواهد شد. با این رویه طبعاً راه حل های نشدنی از جامعه جواب ها رفته رفته حذف می گردند.

۲. مثال عددی

در این قسمت دو مثال عددی مورد بررسی قرار می گیرند. از آنجایی که در تحقیقات انجام شده مسئله به طور جامع مدل نشده است، لذا نمی توان مثال عددی دیگر تحقیقات را با ساختار این مقاله حل و نتایج حاصل را مقایسه نمود ولی می توان با تقلیل تابع هدف ساختار ارائه شده در این مقاله (نسبت دادن مقدار صفر به برخی از Z_j ها) مسائل موجود را با این ساختار حل نمود. در مثال اول، مثال عددی ارائه شده در مقاله قدسی پور^۱ را با استفاده از ساختار این مقاله حل نموده و نتایج حاصل را مقایسه می کنیم، مثال دوم از اضافه نمودن معیارهای ارائه شده در مقاله رزمی^۲ و مقادیر بیان شده برای سه تأمین کننده در آن مقاله، ایجاد شده است که در وضعیت های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است.

برای حل الگوریتم ژنتیک از جعبه ابزار نرم افزار Matlab نگارش ۷ استفاده شده است. برخی تنظیمات مورد استفاده عبارتند از: اندازه نسل (Population size) برابر با ۲۰۰، تعداد انتقال مستقیم به نسل بعد (Elite count) برابر با ۲، نرخ تقاطع (Crossover fraction) برابر با ۰/۸ و شروط توقف تعیین شده عبارتند از: عبور از ۱۰۰ نسل و عدم ارتقاء جواب در ۵۰ نسل. این مقادیر کاملاً دلخواه بوده و فقط برای ثابت بودن شرایط در جواب های وضعیات مختلف یکسان در نظر گرفته شده اند. کامپیوتر استفاده شده برای حل الگوریتم ژنتیک دارای پردازنده Athlon با سرعت ساعت ۱/۳۳ گیگاهرتز و حافظه RAM ۲۵۶ مگابایت

1. S.H. Ghodsypour, C. O'Brien (2001).

۲. رزمی و همکاران (۱۳۸۳).

بوده است. هر مسئله ۱۰ مرتبه اجرا گردیده و متوسط زمان پردازش محاسبه و ثبت شده است.

الف) در این مثال سه تأمین کننده وجود دارند که اطلاعات آن‌ها در جدول ۹ نمایش داده شده است. نرخ انبارداری $0/2$ بوده و برای بودجه خرید محدودیتی وجود ندارد. لذا برای بودجه یک حد بالا در نظر می‌گیریم (در اینجا 32000 و بالاتر از آن اعداد مناسبی به نظر می‌رسند 32000 یعنی خرید کل تقاضا با گران‌ترین قیمت موجود). برای تعداد تأمین کننده نیز سقفی وجود ندارد، لذا Nt را برابر با تعداد تأمین کنندگان قابل یعنی ۳ در نظر می‌گیریم. از آنجایی که مقاله قدسی پور تنها به مدل موجودی پرداخته است؛ برای مقایسه با آن می‌بایست 71 را برابر با یک و بقیه 71 ها را برابر با صفر در نظر گرفت. در این مثال، چهار وضعیت در نظر گرفته شده است. جدول (۱۰) علاوه بر نمایش این وضعیت‌ها، جواب‌های حاصل از ساختار این مقاله را با جواب‌های آن مقاله مقایسه می‌نماید.

جدول ۹- برخی اطلاعات تأمین کنندگان

حد پایین سفارش دهی	ظرفیت	نرخ قطعات سالم	هزینه سفارش دهی	قیمت	تأمین کننده
۰	۶۰۰	$0/92$	۹	۹	تأمین کننده ۱
۰	۷۰۰	$0/95$	۴	۱۶	تأمین کننده ۲
۰	۵۰۰	$0/98$	۸	۳۲	تأمین کننده ۳

جدول ۱۰- مقایسه جواب‌های دو مقاله

وضعیت	D	qa	روش حل	X ₁	X ₂	X ₃	هزینه کل خرید	زمان حل (ثانیه)
۱	۱۰۰۰	$0/95$	مقاله قدسی پور	$0/15$	$0/70$	$0/15$	۱۷۶۲۱	موجود نیست
			مقاله حاضر	$0/15$	$0/70$	$0/15$	۱۷۶۲۱	$3/16$
۲	۱۰۰۰	$0/92$	مقاله قدسی پور	$0/60$	$0/40$	$0/00$	۱۱۹۷۳	موجود نیست
			مقاله حاضر	$0/60$	$0/40$	$0/00$	۱۱۹۷۳	$4/05$
۳	۴۰۰	$0/96$	مقاله قدسی پور	$0/00$	$0/67$	$0/33$	۸۶۷۶	موجود نیست
			مقاله حاضر	$0/00$	$0/67$	$0/33$	۸۶۷۶	$4/47$
۴	۴۰۰	$0/92$	مقاله قدسی پور	$1/00$	$0/00$	$0/00$	۳۷۱۳	موجود نیست
			مقاله حاضر	$1/00$	$0/00$	$0/00$	۳۷۱۳	$4/20$

ب) در این مثال معیارهای ارائه شده در مقاله رزمی با اطلاعات اضافی لازم برای این مثال در جدول ۸ بیان شد. درجه اهمیت (وزن) هدف‌ها در وضعیت‌های مختلفی در نظر گرفته شده و هر وضعیت حل شده است. جدول ۱۱ این وضعیت‌ها و جواب‌های حاصل برای آن‌ها را نمایش می‌دهد. مقدار تقاضا ۱۰۰۰ و حداقل نرخ قطعات سالم در کل سفارشات ۰/۹۲ در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۱- وضعیت‌های مختلف برای مثال عددی ارائه شده

زمان حل (ثانیه)	X _۳	X _۲	X _۱	درجه اهمیت (وزن) هدف‌ها					وضعیت
				γ _۵	γ _۴	γ _۳	γ _۲	γ _۱	
۳/۹۱	۰/۰۰	۰/۴۰	۰/۶۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱
۳/۸۶	۰/۵۰	۰/۰۰	۰/۵۰	۰	۰	۰	۱	۰	۲
۳/۶۹	۰/۵۰	۰/۰۰	۰/۵۰	۰	۰	۱	۰	۰	۳
۴/۱۹	۰/۴۰	۰/۰۰	۰/۶۰	۰	۱	۰	۰	۰	۴
۴/۵۶	۰/۰۰	۰/۷۰	۰/۳۰	۱	۰	۰	۰	۰	۵
۳/۲۲	۰/۰۰	۰/۴۰	۰/۶۰	۱	۱	۱	۱	۱	۶

نتایج حاصل در جدول ۱۱ با منطق جدول ۸ سازگار است. به عنوان مثال وقتی تنها معیار مورد توجه وزن ترکیبی نهایی تأمین‌کنندگان باشد (وضعیت ۲ در جدول ۱۱)؛ طبیعی است که تمام سفارش را به تأمین‌کننده ۳ واگذار نماییم چون دارای بالاترین وزن ترکیبی نهایی است. البته چون این تأمین‌کننده دارای ظرفیت تولید ۵۰۰ است؛ نمی‌توانیم بیش از این سقف به آن واگذار کنیم و ۵۰۰ واحد سفارش بعدی باید به ترتیب به تأمین‌کنندگانی که دارای وزن‌های نهایی بعدی هستند؛ واگذار شود. البته تأمین‌کننده ۱ (که از لحاظ وزن نهایی در مرتبه دوم قرار دارد) می‌تواند تمام این ۵۰۰ واحد را تأمین نماید (ظرفیت وی ۶۰۰ واحد است). برای وضعیت‌های ۳، ۴ و ۵ نیز می‌توان با ارجاع به جدول (۸) نتایج حاصل را به طریقی مشابه ارزیابی نمود. البته ارزیابی حالت ۱ و ۶ به علت پیچیدگی مدل موجودی به این روش ممکن نیست.

جمع‌بندی و ملاحظات

با اینکه مسئله انتخاب تأمین‌کننده و سیاست سفارش‌دهی بر هم تأثیر شدیدی دارند؛ در اغلب تحقیقات انجام شده پیرامون مسئله انتخاب تأمین‌کننده، جنبه مدیریت موجودی در نظر گرفته نشده است. تنها تعداد اندکی از این تحقیقات زمان‌بندی خریدها و تعیین اندازه انباشته را در مسئله انتخاب تأمین‌کننده تلفیق کرده‌اند که این تحقیقات نیز از توجه به معیارهای کیفی بازمانده‌اند. در مقاله حاضر ساختار و مدلی ارائه گردیده است که سه فاز مسئله انتخاب تأمین‌کننده را در بر می‌گیرد (تعریف معیار، پیش‌ارزیابی تأمین‌کنندگان شایسته و انتخاب نهایی). ویژگی منحصر به فرد ساختار حاضر این است که علاوه بر در نظرگیری هر دو دسته فاکتور کمی و کیفی؛ هزینه‌های نگهداری، سفارش‌دهی و خرید را نیز در قالب مدل موجودی بررسی کرده و سهم هر تأمین‌کننده از تقاضای کل را تعیین می‌نماید. برای حل مدل ارائه شده، از الگوریتم ژنتیک استفاده شده و جهت صحت‌گذاری نتایج مدل پیشنهادی با داده‌های مدل‌های منتشر شده توسط قدسی‌پور و اوبرایان (۲۰۰۱) و همچنین مدل رزمی و همکاران (۱۳۸۳) مقایسه شده که نتایج مطلوبی در برداشته است. در انتها برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود که با استفاده از متاهوریستیک‌های دیگر مدل ارائه شده حل شود تا امکان مقایسه کارایی در مسایل با اندازه بزرگ نیز فراهم آید. همچنین این امکان وجود دارد که با به‌کارگیری عملی مدل پیشنهادی در واحدهای مختلف، چارچوبی عملی برای تقلیل، ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان ایجاد نمود.

منابع

- اصغر پور، محمد جواد (۱۳۸۳)؛ *تصمیم‌گیری‌های چند معیاره*، انتشارات دانشگاه تهران.
- رزمی، ج. ، ربانی، م. ، رضایی، ک. ، کرباسیان، س. (۱۳۸۳)؛ "ارائه یک مدل پشتیبانی تصمیم‌گیری جهت برنامه‌ریزی، ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان"، *نشریه دانشکده فنی، دانشگاه تهران*، جلد ۳۸، شماره ۵، صص. ۷۰۸-۶۹۳.
- Anthony, T. F. and F. P. Buffa (1977); "Strategic purchasing scheduling", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 13 (3), pp. 27-31.
- Basnet, C., and Leung, J. M. Y. (2005); "Inventory lot-sizing with supplier selection", *Computers & Operations Research*, 32, pp. 1-14.
- Bender, P. S., R. W. Brown, H. Isaac, and J. F. Shapiro (1985); "Improving purchasing productivity at IBM with a normative decision support system", *Interfaces*, 15 (3), pp. 106-115.
- Benton, W. C. (1991); "Quantity discount decision under conditions of multiple items, multiple suppliers and resource limitation", *International Journal of Production Research*, 29 (10), pp. 1953-1961.
- Bhutta, K. S. and Huq, F. (2002); "Supplier selection problem: Arrival comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches", *Supply Chain Management: An International Journal*, 7 (3), pp. 126-135.
- Buffa, F. P. and W. M. Jackson (1983); "A goal programming model for purchase planning", *Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 19, No. 3, PP. 27-34.
- Chaudhry, S. S., F. G. Forst, and J. L. Zydiak (1993); "Vendor selection with price breaks", *European Journal of Operational Research*, 70 (1), pp. 52-66.
- Current, J. and C. Weber (1994); "Application of facility location modeling constructs to vendor selection", *European Journal of Operational Research*, 76 (3), pp. 387-392.
- De Boer, L. and L. L. M Vander Wegen (2003); "Practice and promise of formal supplier selection: a study of four empirical cases", *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9, pp. 109-118.

- Dickson, G. W. (1966); "An analysis of vendor selection systems and decisions", *Journal of Purchasing*, 2 (1), pp. 28-41.
- Ellram, L. M. (1987); "The supplier selection decision in strategic partnerships", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 26 (3), pp. 8-14.
- Gaballa, A. A. (1974); "Minimum cost allocation of tenders", *Operational Research Quarterly*, 25 (3), pp. 389-398.
- Ghobadian, A., A. Stainer, and T. Kiss (1993); "A computerized vendor rating system", proceedings of the First International Symposium on Logistics, The University of Nottingham, Nottingham, UK, PP. 321-328.
- Ghodsypour, S. H., and C. O'Brien (1997a); "A decision support system for reducing the number of suppliers and managing the supplier partnership in a JIT/TQM environment", Proceedings of the *Third International Symposium on Logistics*, University of Padua, Padua, Italy.
- _____ (1997b); "An integrated method using the analytical hierarchy process with goal programming for multiple sourcing with discounted prices", Proceedings of the 14th International Conference on Production Research (ICPR), Osaka, Japan.
- _____ (2001); "The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint", *International Journal of Production Economics*, 73, pp. 15-27.
- Hong, J. D., and J. C. Hayya (1992); "Just-in-time purchasing: Single or multiple sourcing?", *International Journal of Production Economics*, 27, pp. 175-181.
- Kingsman, B. G. (1986); "Purchasing raw materials with uncertain fluctuating prices", *European Journal of Operational Research*, 25, pp. 358-372.
- Liao, Z., and Rittscher, J. (2007); "Integration of supplier selection, procurement lot sizing and carrier selection under dynamic demand conditions", *International Journal of Production Economics*, 107, pp. 502-510.
- Luitzen de Boer, Eva Labro Pierangela Morlacchi (2001); "A review of methods supporting supplier selection", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7, pp. 75-89.
- Min, H. and Galle, W. P. (1994); "International supplier selection", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24 (5), pp. 24-33.

- Moore, D. L. and H. E. Fearon (1973); "Computer-assisted decision-making in purchasing", *Journal of Purchasing*, 9 (4), pp. 5-25.
- Narasimhan, R. and K. Stoyhoff (1986); "Optimizing aggregate procurement allocation decisions", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 22 (1), pp. 23-30.
- Pan, A. C. (1989); "Allocation of order quantity among suppliers", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 25 (3), pp. 36-39.
- Rosenthal, E. C., J. L. Zydiak, and S. S. Chaudhry (1995); "Vendor selection with bundling", *Decision Sciences*, 26 (1), pp. 35-48.
- Sharma, D., W. C. Benton, and R. Srivastava (1989); "Competitive strategy and purchasing decision", Proceedings of the 1989 Annual Conference of the Decision Sciences Institute, pp. 1088-1090.
- Tracey, M. (2001); "Empirical analysis of supplier selection and involvement", *Supply Chain Management: An International Journal*, 6 (4), pp. 174-188.
- Turner, I. (1988); "An independent system for the evaluation of contract tenders", *Operational Research Society*, 39 (6), pp. 551-561.
- Verma, R. and Madeleine, E. (1998); "An analysis of the supplier selection process", *Omega*, 26, pp. 739-750.
- Weber, C. A., and J. R. Current (1993); "A multi objective approach to vendor selection", *European Journal of Operational Research*, 68, pp. 173-184.
- Weber, C. A., J. R. Current, and W. C. Benton (1991); "Vendor selection criteria and methods", *European Journal of Operational Research*, 50, pp. 2-18.