

انتخاب تأمین کنندگان شرکت های مهندسی و ساخت

علی محقر^۱، مژگان نوری^۲، محمد میر کاظمی مود^۳، نیما سرابی^۴

^۱ دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

^۲ و ^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

چکیده

روش های گوناگونی به منظور کمک به تصمیم گیرندگان خرید برای رو در رو شدن با پیچیدگی های انتخاب یک تأمین کننده مناسب در ادبیات تحقیق پیشنهاد شده است. اما این روش ها غالباً نگاهی تک بعدی و منفرد به فرآیند انتخاب تأمین کننده دارند. همچنین، این روش ها معمولاً، ابهام و عدم اطمینان موجود در مسأله انتخاب تأمین کننده را در نظر نمی گیرند. هدف این مقاله نیز پیشنهاد یک رویکرد چند مرحله ای جامع به منظور انسجام بخشی به فرآیند انتخاب تأمین کننده است. در این رویکرد، سعی شده است ابهام موجود در فرآیند انتخاب که ناشی از استفاده از داده های خشک عددی است به حداقل برسد. این رویکرد مبتنی بر روش Fuzzy QFD است که در آن، به منظور انتخاب تأمین کننده، از مفهوم خانه کیفیت که از ابزارهای رویکرد توسعه کارکرد کیفیت محسوب می شود استفاده شده است. از یک الگوریتم فازی به منظور تعریف متغیرهای زبانی برای بیان اهمیت نسبی متغیرهای درونی (WHAT) و بیرونی (HOW) خانه کیفیت و رابطه آنها با یکدیگر بهره برداری شده است. برای نشان دادن کاربردی بودن رویکرد پیشنهادی، یک مطالعه موردی نیز ارائه شده است. نتایج حاصل از مطالعه موردی علاوه بر رتبه بندی و انتخاب تأمین کنندگان نهایی، نشان می دهد که منابع انسانی و زیرساخت ها و فن آوری مهم ترین معیارهای ارزیابی تأمین کننده و کیفیت فنی و کارکردی محصول و وجود خدمات پس از فروش برای محصول، مهم ترین ویژگی های محصول از نظر سازمان مورد مطالعه هستند.

کلمات کلیدی: زنجیره تأمین، شرکت های مهندسی و ساخت، خانه کیفیت، تئوری مجموعه-های فازی

مقدمه

یکی از فعالیت های مهم برای موفقیت زنجیره تأمین شرکت های مهندسی و ساخت، خرید مؤثر و کارآمد است. عمل خرید به سبب فاکتورهای مثل جهانی شدن، ارزش افزوده افزایش یافته در عرضه و تغییرات فن آوری سریع، در مدیریت زنجیره تأمین، توجه بسیار زیادی را به خود معطوف کرده است. مهمترین فعالیت عمل خرید، انتخاب تأمین کننده مناسب است، به سبب این که انتخاب تأمین کننده مناسب برای سازمان، صرفه جویی های معناداری به بار می آورد (Baron et. al., 2009).

انتخاب تأمین کننده فرآیند پیچیده ای است که نشان می دهد چگونه سازمان ها تأمین کنندگان استراتژیک را برای افزایش مزایای رقابتی انتخاب می کنند (Hsu et. al., 2006). اما این فرآیند، یک مسأله با چندین شاخص است که فاکتورهای کیفی و کمی را در بر می گیرد. اهمیت نسبی این شاخص ها و شاخص های فرعی توسط مدیریت ارشد و مدیران خرید براساس استراتژی های زنجیره عرضه، تعیین می گردد (Amid et. al., 2010).

برای حل این مسائل، امروزه تحقیق در عملیات، محدوده وسیعی از تکنیک ها و روش ها را برای کمک به تصمیم گیرندگان در فرآیند انتخاب تأمین کننده ارائه داده است. برای مثال، تصمیم گیری های چند معیاره، رویکردهای ساختاری مسأله، برنامه ریزی ریاضی، و تکنیک های استخراج داده از جمله این تکنیک ها هستند (Boer et. al., 2001). این روش ها بسیار گسترده هستند و به تفصیل، در مرور ادبیات، مورد بررسی قرار گرفته اند. ویژگی مشترک میان این روش ها چگونگی رتبه بندی تأمین کنندگان بالقوه است.

در اغلب موارد، این رتبه بندی ها بر مبنای دو فاکتور وزن اهمیت شاخص ها و عملکرد تأمین کننده ها در هر شاخص تعیین می شوند. هر دوی این فاکتورها، خاص تصمیم گیرنده هستند و باید از تصمیم گیرندگان درخواست شود که اولویت های خود را در مقیاس های عددی محض بیان کنند. مشکل مهم با چنین روش استنباط و نتیجه گیری این است که زمانی که تصمیم گیرندگان واداشته می شوند مقیاس های عددی را به کار برند، ذهنیت و ابهام مرتبط با ادراکات تصمیم گیرنده را از بین می برند. در عین حال، ذهنیت ارزیابی های انسانی و عقاید انسانی را بدون این که

محدودیت مرزهای مقیاس های عددی وجود داشته باشد، به بهترین وجه می توان در واژگان زبانی بیان نمود.

روش شناسی که اجازه می دهد اولویت ها و ترجیحات تصمیم گیرنده به صورت واژگان زبانی مطرح شود، منطق فازی، می باشد (Ordoobadi, 2009). در واقع، مدل های تصمیم گیری خوب می بایست ابهام و عدم صراحت را در نظر بگیرند و در صورتی که ابهام در تصمیم گیری انسانی در نظر گرفته نشود، نتایج برآمده از مدل ها گمراه کننده می باشد (Lee, 2009).

بدین ترتیب، تحقیق حاضر به دنبال پاسخ به این سؤال است که برای انتخاب تأمین کننده مناسب، چه فرآیندی باید طی شود و استفاده از چه تکنیکی می تواند به یک انتخاب اثربخش منجر گردد. پس، مسأله مورد نظر تحقیق همان مسأله مورد نظر بسیاری از سازمان های مهندسی و ساخت یعنی انتخاب تأمین کننده مناسب برای مواد اولیه و تجهیزات مورد نیاز سازمان است.

برای کمک به حل این مسأله، مقاله رویکردی را پیشنهاد می کند که به صورت هم زمان، معیارهای تأمین کننده و ویژگی های محصول را برای انتخاب تأمین کننده نهایی در نظر می گیرد. این بدان معنی است که در این روش، تأمین کنندگان بر اساس شایستگی شان در برآورده کردن خواسته ها و ویژگی های مورد نظر خریدار از محصول، رتبه بندی می شوند.

در مقاله حاضر، نویسندگان بعد از مروری جامع بر ادبیات تحقیق، روش FUZZY QFD را به عنوان بهترین روش برای انتخاب تأمین کننده در یک مطالعه، مورد استفاده قرار می دهد و بعد از شرح مختصری درباره فرآیند انتخاب تأمین کننده، یک جمع بندی از روش های انتخاب تأمین کننده ارائه می کند. باید دانست که روش FUZZY QFD دربرخی مطالعات گذشته، همچون مطالعه بویلاکو و دیگران (۲۰۰۶)، برای انتخاب تأمین کننده مورد استفاده قرار گرفته است؛ اما این روش در مطالعه حاضر در قالب یک رویکرد منسجم هفت مرحله ای برای انتخاب تأمین کننده به کار گرفته شده است که در روش شناسی تحقیق به تفصیل، شرح داده می شود. در پایان نیز اجرای رویکرد پیشنهادی در قالب یک مطالعه موردی انتخاب تأمین کننده در شرکت مهندسی و ساخت برق و کنترل مپنا (مکو) ارائه می شود.

مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق

فرآیند انتخاب تأمین کننده:

دی بوئر و همکارانش^۱ (۲۰۰۱) چهار مرحله را در فرآیند انتخاب تأمین کننده شناسایی کردند (Boer et al., 2001). برای هر کدام از این مراحل، تکنیک ها و روش هایی در ادبیات انتخاب تأمین کننده وجود دارد این چهار مرحله عبارت اند از:

۱. تعریف مسأله: روش های تصمیم برای حل مسأله روش هایی هستند که تصمیم گیرنده را برای جستجوی دقیق در مورد نیاز به یک تصمیم و گزینه هایی که به نظر در دسترس هستند کمک می کند (Aissaoui et al., 2007). در ادبیات انتخاب تأمین کننده، هیچ پژوهش خاصی که در مورد مرحله تعریف مسأله باشد یافت نشده است.

۲. فرمول بندی معیارهای تصمیم: عموماً به دو دلیل، تصمیم گیری برای انتخاب تأمین کننده پیچیده می شود. اول آن که دو نوع اصلی از معیارها در زمان تصمیم گیری در مورد تأمین کننده، وجود دارند: معیارهای عینی و ذهنی. علاوه بر آن، عامل دیگری که تصمیم گیری را پیچیده می کند وجود تعدادی از معیارها است که ممکن است با یکدیگر در تعارض باشند. در نتیجه، یک ضرورت برای ایجاد تبادل میان عوامل ملموس و غیرملموس متناقض برای پیدا کردن بهترین تأمین کننده وجود دارد. در مدل های جبرانی، ضعف در یک معیار می تواند از طریق عملکرد بالا در معیار دیگر جبران شود (Aissaoui et al., 2007). برای فرمول سازی معیارها دو تن از دانشمندان - مندل و دشموخ^۲ (۱۹۹۴) - مدل سازی ساختاری تفسیری^۳ را به عنوان یک تکنیک مبتنی بر قضاوت گروهی برای شناسایی و خلاصه کردن روابط بین معیار انتخاب تأمین کننده از طریق یک مدل گرافیکی پیشنهاد می دهند (Mandal and Deshmukh, 1994).

۳. انتخاب اولیه تأمین کنندگان بالقوه: هدف از این مرحله کاهش گزینه های ناکارآمد و تبدیل مجموعه تأمین کنندگان به تعداد اندک ولی قابل پذیرش است. در میان گزینه های موجود، استفاده از یک روش حذفی می تواند تأمین کنندگانی را که نتوانسته اند رضایت کامل قوانین انتخاب را تأمین کنند از لیست خارج کند (Aissaoui et al.,

1 De Boer et al

2 Mandal & Deshmukh

3 Interpretive Structural Modeling (ISM)

2007). عمده ترین روش هایی که در این مرحله مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از: روش های دسته ای^۱، تحلیل پوششی داده ها^۲، تحلیل خوشه ای^۳، و سیستم های استدلالی مبتنی بر مورد^۴ (Boer et. al., 2001).

۴. انتخاب نهایی: بیشتر مطالعات منتشر شده در مورد انتخاب تأمین کننده مربوط به مرحله انتخاب نهایی می شود. پرکاربردترین تکنیک ها در این مرحله عبارت اند از: مدل های وزنی خطی، مدل های برنامه ریزی ریاضی، مدل های آماری، مدل های مبتنی بر هوش مصنوعی و مدل های هزینه کل مالکیت^۵ (Boer et. al., 2001).

روش های انتخاب تأمین کننده

با توجه به دیدگاه های مختلف، دسته بندی های متفاوتی برای روش های مختلف انتخاب تأمین کننده وجود دارد. برای مثال، همان طور که در قسمت قبلی اشاره شد، دی بوئر و همکارانش این روش ها را با توجه به مرحله، کاربرد آن در فرآیند انتخاب تأمین کننده تقسیم بندی کرده اند.

در این مقاله، این روش ها با توجه به دسته بندی یو چن^۶ (۲۰۰۹)، به دو دسته کلی روش های منفرد و روش های ترکیبی تقسیم بندی می شوند (Chen, 2010). جدول (۱) دیدگاهی جامع از مهم ترین تکنیک ها و ابزارهای انتخاب تأمین کننده ارائه می دهد. روش های ارائه شده روش هایی هستند که در فرآیند انتخاب تأمین کننده در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفته اند و صرفاً محدود به تکنیک های انتخاب تأمین کننده نهایی نیستند. همچنین، جدیدترین مطالعاتی که از هر یک از تکنیک ها به منظور انتخاب تأمین کننده استفاده کرده اند، در کنار نام تکنیک مورد نظر، معرفی شده اند.

1 Categorical
2 Data Envelopment Analysis (DEA)
3 Cluster Analysis (CA)
4 Case Based Reasoning (CBR) systems
5 Total Cost of Ownership (TCO)
6 Chen

• روش های منفرد

این روش ها شامل سه گروه از تکنیک های انتخاب تأمین کننده می شوند که عبارت اند از: روش های ریاضی، روش های هوش مصنوعی و سایر روش ها که در این دو دسته نمی گنجند، ولی جزو روش های منفرد هستند.

در میان روش های ریاضی، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP یکی از پرکاربردترین روش ها است، برای مثال، هو و سو^۱ (۲۰۰۷) یک سیستم پشتیبانی از تصمیم مبتنی بر AHP را برای انتخاب تأمین کننده به کار گرفته اند که در آن، عوامل با توجه به اثرات داخلی و خارجی برای برآورده کردن نیازهای بازار مورد بررسی قرار گرفته اند (Hou and Su, 2007). روش برنامه ریزی آرمانی GP از دیگر روش های ریاضی مورد استفاده است. کارپاک و همکارانش^۲ (۲۰۰۱) یک مدل برنامه ریزی آرمانی را برای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان ایجاد کردند که مدل مذکور به منظور تعیین مقدار بهینه کالای سفارش داده شده با در نظر گرفتن تقاضای خریدار و محدودیت های ظرفیت تأمین کننده ایجاد شده است (Karpak et al., 1999).

همچنین روش تحلیل پوششی داده ها DEA کارآیی تأمین کنندگان را از طریق نسبت مجموع وزنی خروجی های آنها - عملکرد تأمین کننده ها - به مجموع وزنی ورودی های آنها - هزینه های استفاده از تأمین کننده ها - به دو دسته کارآمد و ناکارآمد تقسیم بندی می کند (Boer et al., 2001). وو و اولسن^۳ (۲۰۰۷) با استفاده از این روش، مدلی برای مواجه شدن با داده های غیردقیق برای دسته بندی تأمین کنندگان کارا ارائه کرده اند (Wu and Olson, 2008).

دسته دوم از روش های انتخاب تأمین کننده منفرد روش های هوش مصنوعی هستند. این مدل ها مبتنی بر سیستم های کامپیوتری هستند که از طریق داده های تاریخی و خبرگان خرید، آموزش داده شده اند. این سیستم ها در موقعیت های جدید تصمیم می توانند مشاوره بدهند. (Boer et al., 2001). از جمله این روش ها روش سیستم های استدلالی مبتنی بر مورد CBR است. این سیستم ها پایگاه های داده

1 Hou & Su
2 Karpak et al
3 Wu et al

مبتنی بر نرم افزاری هستند که تصمیم گیرنده را با اطلاعات و تجربیات مفیدی از موقعیت های تصمیم گیری مشابه و قبلی تجهیز می کنند (Boer et. al., 2001). همچنین، نظریه های مجموعه فازی از جمله این روش ها ست که در بیشتر مطالعات انجام گرفته، به صورت ترکیبی با دیگر روش ها برای حل مسأله انتخاب تصمیم گیرنده، مورد استفاده قرار می گیرد (Amid et al., 2006).

دسته سوم از روش های منفرد شامل روش هایی می شود که در سایر دسته ها قرار نمی گیرند. تحلیل خوشه ای CA یکی از این روش ها ست که می تواند تأمین کنندگان را بر اساس امتیازاتشان در معیارهای مختلف گروه بندی کرده و در نتیجه، امکان ایجاد یک طبقه بندی از تأمین کنندگان را در خوشه هایی که شامل تأمین کنندگان قابل مقایسه باشد فراهم کند (Boer et. al., 2001). در این میان، روش تحلیل پیوسته که توسط لین^۱ (۲۰۰۵) مورد استفاده قرار گرفت، بر این فرض استوار است که افراد در تصمیم گیری، تنها یک شاخص را مد نظر قرار نمی دهند و هم زمان، چندین شاخص بر تصمیم آنها اثر گذار است. این روش بیشتر به منظور شناسایی معیارهای انتخاب تأمین کننده، مورد استفاده قرار می گیرد (Lin and Purchase, 2005). روش دیگر، مدل های آماری است که با موقعیت های نامعلوم و تصادفی مرتبط با انتخاب فروشنده سروکار دارند. این مدل ها برای موقعیت هایی با ابهام بالا که تنها در یک زمان، یک معیار را مورد بررسی قرار می دهند، مورد استفاده قرار می گیرند. (Boer et. al., 2001).

• روش های ترکیبی

این روش ها معمولاً ترکیبی از دو و یا سه تکنیک منفرد هستند. ترکیب این روش ها زمینه ای را فراهم می کند تا ضعف های یکدیگر را پوشش داده و منجر به تصمیم گیری اثربخش تری شوند. به همین دلیل است که مطالعات جدیدتر در زمینه انتخاب تأمین کننده بیشتر به سوی معرفی روش های ترکیبی سوق داده شده اند. مطالعه ای که بر روی ۷۸ مقاله اخیر در مورد انتخاب تأمین کننده صورت گرفته نشان می دهد ۹ مقاله یعنی در حدود ۱۲ درصد مقالات از روش های ترکیبی فازی با دیگر روش ها

¹ Lin

برای انتخاب تأمین کننده استفاده کرده اند (Ho et. al., 2010). در جدول ۱ این تکنیک ها به دو دسته "قطعی" و "فازی"، دسته بندی شده اند.

رویکرد های فازی در انتخاب تأمین کننده

نظریه مجموعه های فازی که نخستین بار توسط لطفی زاده^۱ (۱۹۶۵) مطرح شد مکانیزمی برای استفاده از ابهام در تعیین اهداف، محدودیت ها و اولویت های نا دقیق و ذهنی فراهم می کند (Zadeh, 1965) و این امکان را به ما می دهد که باسانی، مشاوره ها و اطلاعات چندین خبره و متخصص موضوع را در ارائه برآوردهای پارامتر بحرانی درهم بیامیزیم (Amin et. al., 2011).

بیشتر مطالعات انجام شده در این در زمینه به صورت ترکیبی از رویکردهای فازی با دیگر تکنیک ها بوده است. کومار و همکارانش^۲ (۲۰۰۴) در مطالعه ای، به دنبال حل مسأله انتخاب یک فروشنده، از طریق ترکیب برنامه ریزی آرمانی و رویکرد فازی بودند. آنها به طور همزمان، هزینه، دیرکرد و عدم پذیرش کالاها را از طریق رویکرد آرمانی فازی به حداقل رساندند (Kumar, 2004).

اوهدار و ری^۳ (۲۰۰۴) یک سیستم فازی تکاملی را برای ارزیابی عملکرد تأمین کنندگان پیشنهاد می دهند. آنها همچنین، در سیستم پیشنهادی خود، قوانینی فازی ایجاد کرده و یک روش شناسی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک را برای یافتن مجموعه فازی بهینه توسعه داده اند (Ohdar and Ray, 2004). جین و همکارانش^۴ (۲۰۰۴) با رویکرد استفاده از هوش مصنوعی، یک روش ترکیبی هوش مصنوعی را برای انتخاب تأمین کننده ارائه داده اند. در این رویکرد، از ترکیب مفاهیم الگوریتم ژنتیک با تئوری سیستم های فازی استفاده شده است (Tiwari et. al., 2004).

عمید و همکارانش^۵ (۲۰۰۶) یک مدل برنامه ریزی خطی چند هدفی فازی را برای غلبه بر ابهامات در اطلاعات پیشنهاد داده اند. در مطالعه آنها، یک تکنیک تصمیم گیری فازی نامتقارن به کار گرفته شده است تا تصمیم گیرنده را قادر سازد وزن های

1 Lotfi zadeh
2 Kumar
3 Ohdar &Ray
4 Jain et al
5 Amid et al

مختلف را به معیارهای متنوع تخصیص دهد (۵۴). چن و هوآنگ^۱ (۲۰۰۶) یک مدل سلسله مراتبی مبتنی بر تئوری مجموعه های فازی را ارائه داده اند. در این مطالعه متغیرهای زبانی برای بررسی رتبه بندی ها و وزن ها برای فاکتورهای ارزیابی تأمین کننده مورد استفاده قرار گرفته اند (Chen et. al., 2006).

همچنین، چان و کومار^۲ (۲۰۰۷) و بوتانی و ریزی^۳ (۲۰۰۸) از روش ترکیبی فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در انتخاب تأمین کننده استفاده کرده اند با این تفاوت که بوتانی و ریزی روش تحلیل خوشه ای را نیز در روش خود به کار برده اند. چو و چانگ^۴ (۲۰۰۸) برای حل مسأله انتخاب فروشنده از منظر مدیریت راهبردی، یک رویکرد تکنیک رتبه بندی فازی چند مشخصه ای را ارائه داده اند. آنها در روش خود، اعداد فازی مثلثی را به کار گرفتند (Chou and Chang, 2008).

او ردوبادی^۵ (۲۰۰۹) یک مدل تصمیم گیری پیشنهاد می کند که ارزیابی های ذهنی تصمیم گیرنده را شامل می شود. او در روش پیشنهادی خود از عملگرهای حسابی فازی به منظور کمی سازی و استفاده از این ارزیابی ها استفاده می کند (Ordoobadi, 2009).

بوران و همکارانش^۶ (۲۰۰۹) یک رویکرد ترکیبی تاپسیس- فازی را به منظور انتخاب تأمین کننده در یک محیط تصمیم گیری گروهی ارائه می دهند. در این رویکرد، یک عملگر متوسط وزنی فازی برای جمع بندی عقاید فردی تصمیم گیرندگان برای رتبه بندی معیارها و گزینه ها با توجه به اهمیت مورد استفاده قرار می گیرد (Baron et. al., 2009). لی^۷ (۲۰۰۹) یک رویکرد تحلیلی را برای انتخاب تأمین کننده در یک محیط فازی پیشنهاد می کند. مدل پیشنهادی او یک مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی را شامل می شود که منافع، فرصتها، هزینه، و ریسک را در بر می گیرد (Lee, 2009). چامدراکاس و همکارانش^۸ (۲۰۱۰) یک رویکرد ترکیبی فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را به منظور حل مسائل دارای عدم قطعیت و ریسک در بازارهای الکترونیک

1 Chen & Huang

2 Chan & Kumar

3 Bottani & Rizzi

4 Chou & Chang

5 Ordoobady

6 Boran et al

7 Lee

8 Chamodrakas et al

ارائه داده اند (Chamodrakas et. al., 2010). امین و همکارانش^۱ (۲۰۱۰) برای نخستین بار یک رویکرد SWOT کمی شده را با استفاده از منطق فازی و اعداد مثلثاتی فازی، به منظور انتخاب تأمین کننده ارائه دادند. آنها همچنین در مطالعه خود از یک برنامه ریزی خطی فازی به منظور تعیین میزان مناسبی که باید از هر تأمین کننده خریداری شود، استفاده کرده اند (Amin et. al., 2011).

جدول ۱ - دسته بندی انواع تکنیک های مورد استفاده در فرآیند انتخاب تأمین کننده

مطالعه	روش های انتخاب تأمین کننده		
(Hou & Su 2007)(۱۲)	روش تحلیل سلسله مراتبی	روشهای ریاضی	روشهای منفرد
(Narasimhan et al. 2006)(۱۳)	برنامه ریزی چند هدفه		
(Ng 2008)(۱۴)	برنامه ریزی خطی		
(Karpak et al. 1999)(۱۵)	برنامه ریزی آرمانی		
(Wu et al. (2007)(۱۶)	تحلیل پوششی داده ها		
(Wu & Olson 2008)(۱۷)	شبیه سازی		
(Monczka & Trecha 1988)(۱۸)	هزینه کل مالکیت TCO		
(Ng & Skitmore 1995)(۱۹)	استدلال مبتنی بر مورد	روشهای هوش مصنوعی	
(Golmohammadi et al. 2009)(۲۰)	شبکه های عصبی مصنوعی		
(Ersoz et al. 2009)(۲۱)	سیستم های خبره		
(Chen et al. 2006)(۲۲)	تئوری سیستم های فازی		
(Holt 1998)(۲۳)	تحلیل خوشه ای	سایر روشها	
(Shil 2010)(۲۴)	رگرسیون چندگانه		
(Lin & Purchase 2005)(۲۵)	تحلیل پیوسته		
(Ronen & Trietsch 1988)(۲۶)	مدل های آماری		
(Ramanathan 2007) (۲۷)	تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل پوششی داده ها و هزینه کل مالکیت	روشهای ترکیبی قطعی	روشهای ترکیبی
(Yu, & Jing 2004)(۲۸)	تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی خطی		
(Mendoza et al. 2008)(۲۹)	تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی آرمانی		
(Ha & Krishnan 2008)(۳۰)	تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل پوششی داده ها و شبکه های عصبی		
(Mendoza & Ventura 2008) (۳۱)	تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی غیرخطی		
(Xia & Wu 2007)(۳۲)	تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی چند هدفه		

1 Amin et al

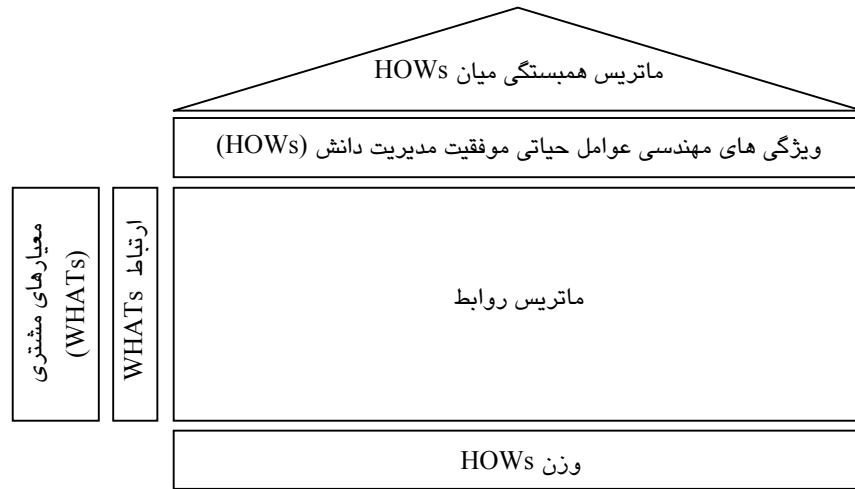
مطالعه	روش های انتخاب تأمین کننده	
(Talluri et al. 2008) (۳۹)	تحلیل پوششی داده ها و برنامه ریزی چند هدفه	روش های ترکیبی فازی
(Lau et al. 2006) (۴۰)	شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک	
(Chan & Kumar 2007) (۳۳)	تحلیل سلسله مراتبی و تئوری سیستم های فازی	
(Bottani & Rizzi 2008) (۳۴)	تحلیل سلسله مراتبی، تئوری فازی و تحلیل خوشه ای	
(Bevilacqua et al. 2006) (۳۵)	تئوری سیستم های فازی و توسعه کارکرد کیفیت QFD	
(Chou & Chang 2008) (۳۶)	تکنیک های رتبه بندی چند شاخصه ساده SMART و تئوری سیستم های فازی	
(Jain et al. 2004) (۳۷)	تئوری سیستم های فازی و الگوریتم ژنتیک	
(Amid et al. 2006) (۳۸)	تئوری سیستم های فازی و برنامه ریزی چند هدفه	

مباحث نظری

گسترش عملکرد کیفیت (QFD) برای اولین بار در سال ۱۹۷۲ در ژاپن، به عنوان یک روش برای بهبود کیفیت محصولات در چند کارخانه به کار گرفته شد (Jia and Bai, 2010). QFD تبدیل نیازهای مشتری (WHATها) به مشخصه های کیفیت (QCs) (HOWها)، و توسعه نقشه کیفیت برای محصول نهایی با استفاده از توسعه سیستماتیک روابط بین نیازهای مشتری و مشخصه های کیفی، می باشد (Prasad, 1998). در واقع QFD، روشی برای بهبود مستمر محصول و تأکید بر وجود تیم های بین وظیفه ای برای یکپارچه کردن مراحل مختلف برنامه ریزی، توسعه و مهندسی همانند مراحل مختلف ساخت محصول است (Bhattacharya et. al., 2010).

اجزای مختلف خانه کیفیت در شکل (۱) نشان داده شده است. جنبه منحصر به فرد خانه کیفیت در روش QFD مربوط به تعیین روابط بین WHAT ها و HOW ها است. به همین دلیل، می توان گفت که خانه کیفیت نوعی از نقشه های مفهومی است که وسیله ای برای ارتباط و برنامه ریزی درون وظیفه ای محسوب می شود. اما در QFD سنتی، بیشتر متغیرهای ورودی صریح و دقیق در نظر گرفته شده و با آن ها همانند داده های عددی، برخورد می شد. با این همه، QFD به عنوان یک مفهوم و مکانیسم که برای بازتاب صدای مشتری، نیازمند داده های زبانی است که ذاتاً، گنگ

و مبهم هستند. با کمک نظریهٔ مجموعه فازی، می توان به تقریبی مناسب برای داده های زبانی رسید (Kahraman et. al., 2006).



شکل ۱- خانه کیفیت (۳۴)

دلایل استفاده از اعداد فازی در رویکرد QFD، وجود ابهام و عدم صراحت در این رویکرد است. این ابهام و عدم صراحت خود به دلیل فقدان یک مکانیسم مشخص برای ترجمه ی WHATها (که معمولاً کیفی هستند) به HOWها (که معمولاً کمی هستند) است. به طور معمول، تعداد زیادی WHAT برای یک محصول وجود دارد و هر WHAT می تواند به چند HOW ترجمه شود. بالعکس، یک HOW معین نیز ممکن است روی چندین WHAT تأثیرگذار باشد.

به طور کلی، این WHATها معمولاً با روشی ذهنی، کیفی و غیر تخصصی به HOWها ترجمه می شوند، در حالی که باید به عبارات تخصصی تر و کمی تری تبدیل شوند. بنابراین ارتباط های بین WHATها و HOWها اغلب مبهم و فاقد صراحت کامل است. همچنین، به علت در دسترس نبودن اطلاعات کافی و حتی در برخی موارد استفاده از اطلاعات نادرست، عدم اطمینان در فرایند انتخاب وجود دارد. بویژه، هنگامی که ما به طور کلی، یک تأمین کنندهٔ جدید را انتخاب می کنیم، درجهٔ معینی از ابهام، اجتناب ناپذیر است (Bevilacqua et. al., 2006).

در رویکرد FUZZY QFD مورد نظر این مقاله، از اعداد فازی مثلثاتی استفاده شده است. در واقع، میان اشکال گوناگون عدد فازی، عدد فازی مثلثی (TFN) متداول ترین عدد محسوب می شود که با سه نقطه به قرار ذیل، نشان داده می شود (Amin et. al., 2011):

اگر A و B این طور تعریف شوند:

$$A = (a_1, a_2, a_3)$$

$$B = (b_1, b_2, b_3)$$

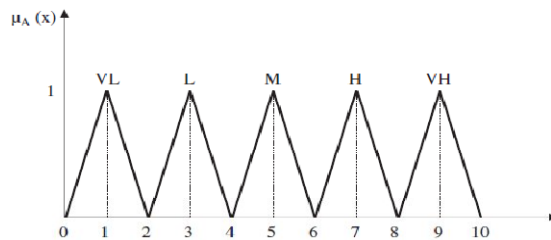
پس:

$$C = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \text{ جمع این اعداد،}$$

$$D = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3) \text{ تفریق آنها}$$

$$E = (a_1 * b_1, a_2 * b_2, a_3 * b_3) \text{ ضرب آنها محسوب می شود.}$$

برای مثال، اگر $U = \{VL, L, M, H, VH\}$ یک مجموعه زبانی باشد که برای بیان ایده ها در مورد گروهی از شاخص ها به کار می روند، هر کدام را می توان بدین شکل بیان کرد که: خیلی کم (VL)، کم (L)، متوسط (M)، بالا (H)، خیلی بالا (VH) (Bevilacqua et. al., 2006). شکل 2 مقیاس زبانی مورد نظر مطالعه را برای اهمیت نسبی، آشکار می سازد (محور Y درجه عضویت را نشان می دهد).



شکل ۲ - مقیاس زبانی برای اهمیت نسبی (۳۵)

دلیل عمده استفاده از روش FUZZY QFD در این مقاله استفاده از مفهوم تصمیم گیری گروهی در QFD و همچنین، وجود ابهامات در تصمیم گیری طی فرآیند انتخاب تأمین کننده است. تصمیم گیری گروهی معمولاً، به تصمیم گیری انفرادی ترجیح داده می شود و دلیل آن، این است که با استفاده از تصمیم گیری گروهی، از تعصب و تبعیض جلوگیری می شود و جانب داری و طرفداری در فرآیند تصمیم، به

حداقل می رسد. به همین دلیل، در این روش وزن هایی که توسط تصمیم گیرندگان تعیین شده اند با استفاده از عمل میانگین جمع می شوند.

طرح و روش شناسی تحقیق

همان طور که پیش از این بحث شد، هدف این مطالعه ارائه یک یک رویکرد چند مرحله ای و منسجم برای انتخاب تأمین کننده است. این رویکرد هفت مرحله دارد که در ادامه هر مرحله بطور مختصر شرح داده می شود. در قسمت مطالعه موردی نیز شرح چگونگی اجرای رویکرد پیشنهادی در سازمان مورد مطالعه بتفصیل ارائه می شود.

• مرحله اول: در این مرحله، ویژگی هایی که یک محصول خریداری شده باید از آن برخوردار باشد، توسط کارشناسان بدون دخالت نویسندگان و بر اساس تجربیات خبرگان و ملاک های از پیش تعیین شده توسط سازمان (با توجه به استراتژی ها و خطی مشی سازمان در مدیریت زنجیره تأمین) تعیین می شود.

خروجی مرحله اول: شناسایی ویژگی هایی که محصول خریداری شده به منظور برآورده کردن نیازهای شرکت باید داشته باشد. (WHAT ها)

• مرحله دوم: این مرحله به شناسایی معیارهای اصلی ارزیابی تأمین کنندگان اختصاص دارد که شامل بررسی دقیق پیشینه تحقیقات مربوط به شناسایی شاخص های ارزیابی تأمین کننده و همچنین توجه به نظریات خبرگان در صنعت و سازمان مورد نظر می شود.

خروجی مرحله دوم: شناسایی معیارهای مرتبط برای ارزیابی تأمین کننده. (HOW ها)

• مرحله سوم: در این مرحله به هر یک از ویژگی های دارای اهمیت در محصول خریداری شده وزن داده می شود و اهمیت نسبی آن مشخص می گردد. این وزن دهی بر اساس تبدیل متغیرها و ترجیحات زبانی بیان شده توسط خبرگان در مرحله یک و تبدیل آن به اعداد فازی و تعیین وزن ها انجام می شود. (متغیرهای زبانی شامل: خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، و خیلی زیاد می شود)

خروجی مرحله سوم: اهمیت نسبی هر یک از ویژگی های محصول خریداری شده.

• مرحله چهارم: در این مرحله، از هر تصمیم گیرنده (خبره) خواسته می شود تا با استفاده از یکی از پنج متغیر زبانی بیان شده، تأثیر هر یک از معیارهای ارزیابی تأمین کننده را بر روی هر یک از ویژگی های محصول بیان کند. سپس، این توصیفات زبانی با کمک اعداد مثلثاتی فازی، برای تعیین میزان همبستگی بین معیارهای ارزیابی تأمین کننده و ویژگی های محصول و ایجاد خانه کیفیت، کمی میشوند. همچنین، وزن هر یک از معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان محاسبه میگردد.

خروجی مرحله چهارم: میزان همبستگی بین معیارهای ارزیابی تأمین کننده و ویژگی های محصول و ایجاد خانه کیفیت.

• مرحله پنجم: در این مرحله، همبستگی های بین معیارهای ارزیابی تأمین کننده تعیین می شوند. اهمیت این مرحله در کمک به اعضای تیم برای شناسایی دو به دوی معیارهای ارزیابی تأمین کننده که نیاز به بهبود موازی با هم دارند و یا مقایسه بین این معیارها نهفته است.

خروجی مرحله پنجم: ماتریس همبستگی معیارهای ارزیابی تأمین کننده.

• مرحله ششم: در این مرحله، تصمیم گیرندگان (خبرگان) تأثیر هر یک از تأمین کنندگان بالقوه را در مورد هر یک از معیارهای ارزیابی با استفاده از متغیرهای زبانی، بیان می کنند و همانند فازهای قبلی، تأثیر این متغیرهای زبانی با کمک اعداد مثلثاتی فازی، به صورت کمی در می آیند.

خروجی مرحله ششم: تعیین تأثیر هر تأمین کننده بالقوه در شاخص های بررسی شده ارزیابی تأمین کننده.

• مرحله هفتم: در آخرین مرحله، ابتدا شاخص برازندگی فازی (FSI) محاسبه می شود. شاخص برازندگی فازی درجه ای را که هر تأمین کننده مطابق آن، هر یک از خواسته ها را برآورده می کند بیان می کند. سپس، مقادیر به دست آمده دیفازی می شوند تا بر اساس اعداد قطعی، رتبه بندی انجام گردد و تأمین کنندگان برتر شناسایی شوند.

خروجی مرحله هفتم: رتبه بندی نهایی تأمین کنندگان.

مورد مطالعاتی

شرکت مپنا به عنوان بزرگترین پیمانکار ایرانی در طراحی، ساخت و اجرای نیروگاه های حرارتی اعم از گاز، سیکل ترکیبی و بخاری با بیش از ۳۰ شرکت زیرمجموعه خود به طور گسترده ای در زمینه ساخت نیروگاه های بخار و گازی و همچنین حوزه های نفت و گاز فعالیت دارد. یکی از شرکت های زیر مجموعه این سازمان شرکت مهندسی و ساخت برق و کنترل مپنا (مکو) است.

در شرکت مکو بعنوان طراح و سازنده سیستمهای برق و کنترل نیروگاههای گاز و بخار که به طور هم زمان، چندین پروژه را اجرا می کند، مدیریت زنجیره تأمین، نقش مهمی را ایفا می کند. این شرکت اخیراً به دنبال بهبود و ارتقای سیاستهای خرید و انتخاب، تأمین کننده خود است.

کالاهایی که این شرکت خریداری می کند یا به صورت قطعه و یا به صورت محصول تکمیل شده هستند. یکی از این کالاها که جزو کالاهای حیاتی و پرمصرف این شرکت محسوب می شوند، تابلوی سویچ گیر است. به دلیل اهمیت این کالا، تابلوی سویچ گیر به عنوان کالای مورد بررسی برای اجرای رویکرد مورد نظر انتخاب شد.

رویکرد اجرا شده صرفاً انتخاب یک تأمین کننده از میان چندین تأمین کننده بالقوه نیست، بلکه در هر مرحله، نتایجی به دست می آید که می تواند مورد استفاده تیم قرار بگیرد. تیم انتخاب تأمین کننده متشکل از سه کارشناس واحد تأمین شرکت و نویسندگان مقاله بود. در زیر، مراحل اجرای رویکرد مورد نظر به تفصیل شرح داده می شود:

مرحله اول: در این مرحله ۳۱ ویژگی از سوی کارشناسان به عنوان ویژگی های مورد نظر برای انتخاب محصول شناسایی شد. که این ۳۱ ویژگی در هفت ویژگی اصلی خلاصه می شوند که عبارت اند از:

- کیفیت ظاهری محصول؛
- کیفیت فنی و کارکردی محصول؛
- کفایت اسناد فنی محصول در تمام مراحل مهندسی، تولید و تست؛
- تحویل محصول؛
- بسته بندی محصول؛

- کفایت اسناد مالی و بازرگانی محصول؛

- گارانتی و خدمات پس از فروش محصول.

مرحله دوم: هوآنگ و کسکار^۱ (۲۰۰۷) در مطالعه ای جامع، ۱۰۱ معیار ارزیابی تأمین کنندگان را در مطالعات و تحقیقات انجام شده شناسایی کرده اند. آنها این ۱۰۱ معیار را در ۷ معیار اصلی تقسیم بندی کردند این هفت معیار اصلی عبارت اند از: قابلیت اطمینان، پاسخگویی، انعطاف پذیری، معیارهای مالی و هزینه، دارایی ها و زیر ساخت ها، ایمنی، و معیارهای محیطی (Huang and Keskar, 2007).

همچنین، چن^۲ (۲۰۱۰) در مطالعه خود ۲۳ معیار را به عنوان پر اهمیت ترین و پرکاربردترین معیارهای انتخاب تأمین کننده در ادبیات مدیریت زنجیره تأمین شناسایی کرده که مهمترین آن ها عبارت اند از قیمت، تحویل به موقع، و کیفیت (Chen, 2010). معیارهای مورد بررسی برای انتخاب تأمین کننده با توجه به صنعت، نوع محصول و غیره متفاوت است، بدین منظور، با توجه به بررسی ادبیات و نظر خبرگان و مستندات شرکت، ۱۹ معیار برای انتخاب تأمین کننده در نظر گرفته شد که این ۱۹ معیار در هفت معیار اصلی زیر خلاصه شده است:

- زیر ساخت ها و تکنولوژی؛

- گواهینامه ها، مجوزها، لیسانس ها و سیستم های مدیریتی مورد نیاز؛

- تجربه و اعتبار؛

- منابع انسانی؛

- توان و ثبات مالی؛

- دسترسی و موقعیت جغرافیایی؛

- ظرفیت تولید، قابلیت برنامه ریزی، مدیریت سفارشات، انعطاف در پاسخ

گویی به نیازهای مشتری.

مرحله سوم: در این مرحله، اهمیت هر یک از هفت ویژگی محصول مورد نظر توسط خبرگان با استفاده از متغیرهای زبانی. (متغیرهای زبانی شامل: خیلی کم، کم،

1 Huang & Keskar
2 Chen

متوسط، زیاد، و خیلی زیاد می باشد) تعیین می گردد که نتایج حاصل از آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

سپس، وزن هر یک از ویژگی ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود که در آن، k تعداد ویژگی های محصول (WHATs) و n تعداد تصمیم گیرندگان است. نتایج حاصل در شکل ۳ نشان داده شده است.

$$w_i = \frac{1}{n} \otimes (w_{i1} \oplus w_{i2} \oplus \dots \oplus w_{in})$$

$$i = 1, \dots, k$$

مرحله چهارم: در این مرحله از هر تصمیم گیرنده (خبره) خواسته می شود تا با استفاده از یکی از پنج متغیر زبانی بیان شده، تأثیر هر یک از معیارهای ارزیابی تأمین کننده را بر روی هر یک از ویژگی های محصول بیان کنند. نتایج حاصل از این مرحله در جدول ۳ نشان داده شده است.

$$r_{ij} = \frac{1}{n} \otimes (r_{ij1} \oplus r_{ij2} \oplus \dots \oplus r_{ijn})$$

$$i = 1, \dots, k$$

$$j = 1, \dots, m$$

که در آن، k تعداد ویژگی های محصول (WHATs)، m تعداد معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان (HOWs)، و n تعداد تصمیم گیرندگان است. r_{ij} امتیاز همبستگی، تجمیعی میان i امین ویژگی محصول و j امین معیار ارزیابی تأمین کنندگان است. r_{ij} عددی فازی است که به شکل $(r_{ij\alpha}, r_{ij\beta}, r_{ij\gamma})$ و نیز W_j عددی فازی است که به شکل $(W_{j\alpha}, W_{j\beta}, W_{j\gamma})$ تعریف می شود. اکنون، می توان HOQ را تکمیل و وزن هر یک از معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد.

$$W_j = \frac{1}{k} \otimes [(r_{j1} \otimes w_1) \oplus \dots \oplus (r_{jk} \otimes w_k)]$$

$$j = 1, \dots, m$$

مرحله پنجم: در این مرحله همبستگی های بین معیارهای ارزیابی تأمین کننده تعیین میشوند. نتایج حاصل از مراحل چهارم و پنجم در شکل ۳ نمایش داده شده است.

مرحله ششم: در این مرحله، تصمیم گیرندگان (خبرگان) تأثیر هر یک از تأمین کنندگان بالقوه را در مورد هر یک از معیارهای ارزیابی با استفاده از متغیرهای زبانی بیان میکنند. نتایج حاصل از این مرحله در جدول ۴ نشان داده شده است.

$$SR_{hj} = \frac{1}{n} \otimes (sr_{hj1} \oplus \dots \oplus sr_{hjm})$$

$$h = 1, \dots, p$$

$$j = 1, \dots, m$$

که در آن، m تعداد معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان، p تعداد تأمین کنندگان بالقوه، n تعداد تصمیم گیرندگان و SR_{hjm} بیان کننده ارزیابی فازی است که توسط n امین تصمیم گیرنده برای h امین تأمین کننده با توجه به j امین معیار ارزیابی انجام می شود. SR_{hjm} نیز عدد فازی به شکل $(SR_{hj\alpha}, SR_{hj\beta}, SR_{hj\gamma})$ می باشد. نتایج حاصل از محاسبات فوق در جدول ۵ نشان داده شده است.

مرحله هفتم: آخرین مرحله محاسبه شاخص برازندگی فازی (FSI) و رتبه بندی تأمین کنندگان، بعد از دیفازی کردن مقادیر به دست آمده است.

$$FSI_h = \frac{1}{m} \otimes [(SR_{h1} \otimes W_1) \oplus \dots \oplus (SR_{hm} \otimes W_m)]$$

$$h = 1, \dots, p$$

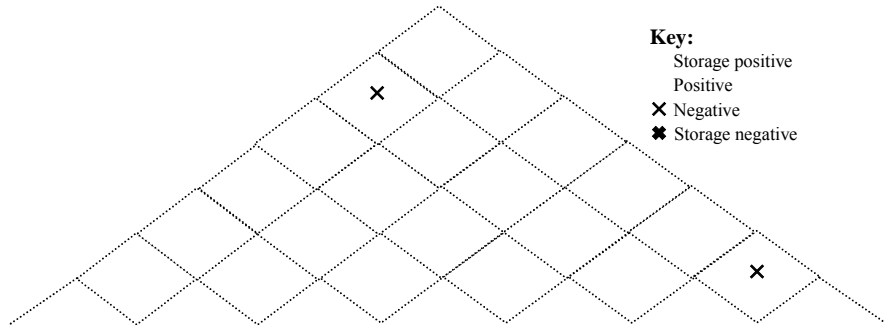
FSI عددی فازی به شکل $(FSI_{h\alpha}, FSI_{h\beta}, FSI_{h\gamma})$ است که هر یک از مؤلفه های آن بر اساس فرمول های زیر قابل محاسبه است. نتایج حاصل از محاسبات فوق در جدول ۶ نشان داده شده است.

$$FSI_{h\alpha} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m SR_{hj\alpha} \cdot W_{j\alpha}$$

$$FSI_{h\beta} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m SR_{hj\beta} \cdot W_{j\beta}$$

$$FSI_{h\gamma} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m SR_{hj\gamma} \cdot W_{j\gamma}$$

در نهایت، با استفاده از فرمول زیر، اعداد به دست آمده دیفازی شده و رتبه بندی تأمین کنندگان بالقوه بر اساس اعداد به دست آمده در جدول ۷ انجام می گیرد.



Key:
 Storage positive
 Positive
 X Negative
 Storage negative

زیر ساخت و تکنولوژی			گواهینامه و سیستمهای مدیریتی			تجربه و اعتبار			منابع انسانی			توان و ثبات مالی			دسترسی به تأمین کننده و موقعیت جغرافیایی			ظرفیت تولید و نعطاف در پاسخگویی		
α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
6.00	7.00	8.00	6.00	7.00	8.00	6.00	7.00	8.00	6.00	7.00	8.00	6.00	7.00	8.00	5.33	6.33	7.33	6.00	7.00	8.00
8.00	9.00	10.00	8.00	9.00	10.00	8.00	9.00	10.00	8.00	9.00	10.00	6.67	7.67	8.67	5.33	6.33	7.33	6.00	7.00	8.00
6.00	7.00	8.00	7.33	8.33	9.33	7.33	8.33	9.33	7.33	8.33	9.33	5.33	6.33	7.33	5.33	6.33	7.33	5.33	6.33	7.33
6.00	7.00	8.00	5.33	6.33	7.33	5.33	6.33	7.33	6.00	7.00	8.00	5.33	6.33	7.33	4.00	5.00	6.00	8.00	9.00	10.00
5.33	6.33	7.33	5.33	6.33	7.33	5.33	6.33	7.33	5.33	6.33	7.33	5.33	6.33	7.33	3.33	4.33	5.33	4.00	5.00	6.00
5.33	6.33	7.33	4.67	5.67	6.67	4.00	5.00	6.00	4.67	5.67	6.67	6.00	7.00	8.00	3.33	4.33	5.33	4.00	5.00	6.00
7.33	8.33	9.33	6.00	7.00	8.00	6.00	7.00	8.00	5.33	6.33	7.33	6.00	7.00	8.00	5.33	6.33	7.33	6.00	7.00	8.00

W1			W2			W3			W4			W5			W6			W7		
α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ
243.43326	244.2133		243.49	326.11	421.02	239.94321	89416.13		246.86330	05425.52		226.60307	22400.13		177.08	249.60	334.41	218.60	297.89	389.46

Relevance of WHAT Matrix B			Customer Attributes (WHAT) Matrix A
α	β	γ	
6.00	7.00	8.00	کیفیت ظاهری محصول
8.00	9.00	10.00	کیفیت فنی و کارکردی محصول
6.67	7.67	8.67	کفایت اسناد فنی محصول در تمامی
6.00	7.00	8.00	تحويل محصول
6.00	7.00	8.00	بسته بندی محصول
5.33	6.33	7.33	کفایت اسناد مالی و بازرگانی محصول
6.67	7.67	8.67	گارانتي و خدمات پس از فروش محصول

جدول ۲- درجه اهمیت خواسته های مشتریان

تصميم گیرنده ۳	تصميم گیرنده ۲	تصميم گیرنده ۱	ویژگی های محصول
بسیار کم L متوسط H خیلی زیاد VH	بسیار کم L متوسط H خیلی زیاد VH	بسیار کم L متوسط H خیلی زیاد VH	
H	H	H	کیفیت ظاهری محصول
VH	VH	VH	کیفیت فنی و کارکردی محصول
H	VH	H	کفایت اسناد فنی محصول در تمامی مراحل مهندسی

تصمیم گیرنده ۳		تصمیم گیرنده ۲		تصمیم گیرنده ۱		ویژگی های محصول
بسیار کم VL کم L متوسط M زیاد H خیلی زیاد VH	بسیار کم VL کم L متوسط M زیاد H خیلی زیاد VH	بسیار کم VL کم L متوسط M زیاد H خیلی زیاد VH	بسیار کم VL کم L متوسط M زیاد H خیلی زیاد VH	بسیار کم VL کم L متوسط M زیاد H خیلی زیاد VH	بسیار کم VL کم L متوسط M زیاد H خیلی زیاد VH	
تولید و تست						
H		M		VH		تحویل محصول
M		H		VH		بسته بندی محصول
H		L		VH		کفایت اسناد مالی و بازرگانی محصول
H		H		VH		گارانتی و خدمات پس از فروش محصول

جدول ۳- همبستگی بین خواسته ها و معیارها

معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان															ویژگی های محصول						
ظرفیت تولید، قابلیت ...			دسترسی به ماشین کتند و موجودیت			توان و زیان مالی			منابع انسانی			تجربه و اعتبار				گواهنامه ها، مجوزها، ...			زیر ساخت ها و تکنولوژی		
معیار ۳	معیار ۲	معیار ۱	معیار ۳	معیار ۲	معیار ۱	معیار ۳	معیار ۲	معیار ۱	معیار ۳	معیار ۲	معیار ۱	معیار ۳	معیار ۲	معیار ۱	معیار ۳	معیار ۲	معیار ۱	معیار ۳	معیار ۲	معیار ۱	
H	H	H	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
M	H	H	M	H	H	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
VH	VH	VH	L	M	H	M	H	H	M	H	VH	M	H	H	M	H	H	H	H	H	H
M	M	M	L	M	M	M	H	H	M	H	H	M	H	H	M	H	H	H	M	H	H
M	M	M	L	L	H	L	VH	VH	M	M	H	M	L	H	M	M	H	M	H	H	H
H	H	H	M	H	H	H	H	H	M	H	H	M	M	VH	M	H	H	VH	H	H	H

جدول ۴- وضعیت تأمین کنندگان از لحاظ معیار های موجود

معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان															تأمین کنندگان								
ظرفیت تولید، قابلیت ...			دسترسی به ماشین کتند و ...			توان و ثبات مالی			منابع انسانی			تجربه و اعتبار				گواهنامه ها، مجوزها و ...			زیر ساخت ها و تکنولوژی				
تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده	تصمیم گیرنده		
۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۳	۲	۱
H	VH	H	M	H	M	VH	H	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	H	H	H	H	H	H	H	H	VH
VH	H	VH	H	VH	H	H	H	VH	H	H	H	H	H	VH	H	H	VH	H	H	H	H	H	H
VH	M	VH	VH	VH	VH	H	H	VH	M	M	H	M	M	VH	H	H	VH	H	H	H	H	H	H
M	M	M	H	H	M	L	M	L	M	H	M	H	H	L	M	M	M	M	M	M	M	M	M
M	M	H	M	VH	H	VL	M	VL	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
M	M	M	H	H	H	M	H	M	M	M	M	M	M	M	H	H	L	H	H	M	H	H	M
L	M	L	M	H	M	M	L	M	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	M	L	L	L	L
M	M	M	M	H	H	M	M	M	M	M	M	M	M	L	M	M	L	M	M	L	M	M	L

جدول ۵- مقادیر SR_{ij} بدست آمده از مرحله ششم

معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان															تأمین کنندگان						
ظرفیت تولید، قابلیت ...			دسترسی به تأمین کننده و ...			توان و ثبات مالی			منابع انسانی			تجربه و اعتبار				گواینامه‌ها، مجوزها و ...			زیر ساخت ها و تکنولوژی		
تصمیم گیرنده			تصمیم گیرنده			تصمیم گیرنده			تصمیم گیرنده			تصمیم گیرنده				تصمیم گیرنده					
α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β	γ	
3375.3	2283.8	1457.3	2229.4	1414.4	826.37	3734.5	2560.1	1661.7	3687.8	2530.3	1645.7	4161.2	2897.0	1919.4	3368.1	2282.7	1460.9	3651.5	2501.1	1622.8	
2	1	5	2	2	2	2	9	6	7	7	1	7	0	9	3	8	5	6	6	6	
3634.9	2482.4	1603.0	2898.2	1913.6	1180.5	3467.7	2355.3	1510.6	3404.1	2310.3	1481.1	3606.4	2467.8	1599.5	3648.8	2500.1	1623.2	3370.6	2283.6	1460.5	
6	1	9	4	2	3	7	7	9	9	3	4	3	1	8	0	9	8	7	7	7	
3375.3	2283.8	1457.3	3344.1	2246.4	1416.6	3467.7	2355.3	1510.6	2836.8	1870.2	1152.0	3051.6	2038.6	1279.6	3648.8	2500.1	1623.2	3370.6	2283.6	1460.5	
2	1	5	3	3	3	7	7	9	3	7	0	0	3	6	0	9	8	7	7	7	
2336.7	1489.4	874.41	2452.3	1580.8	944.42	1867.2	1126.4	604.28	2836.8	1870.2	1152.0	2774.1	1824.0	1119.7	2526.1	1630.5	973.97	2808.8	1848.6	1136.0	
6	4	8	6	2	4	6	8	8	3	7	0	8	4	0	0	6	9	9	8	0	
2596.4	1688.0	1020.1	2675.3	1747.2	1062.4	1333.7	716.85	302.14	2553.1	1650.2	987.43	2496.7	1609.4	959.75	2526.1	1630.5	973.97	2528.0	1631.1	973.71	
0	4	5	0	2	8	4	4	4	4	4	4	6	4	4	0	6	0	0	9	0	
2336.7	1489.4	874.41	2675.3	1747.2	1062.4	2667.5	1740.9	1057.4	2553.1	1650.2	987.43	2496.7	1609.4	959.75	2806.7	1847.9	1136.3	3089.7	2066.1	1298.2	
6	4	8	0	2	8	1	3	8	4	4	4	6	4	4	7	6	0	8	7	9	
1817.4	1092.2	582.94	2229.4	1414.4	826.37	2134.0	1331.3	755.34	1702.1	990.14	493.71	1664.5	965.67	479.87	1684.0	978.33	486.98	1966.2	1196.2	649.14	
8	6	8	2	2	2	1	0	0	0	0	0	1	1	1	6	6	6	2	2	1	
2336.7	1489.4	874.41	2452.3	1580.8	944.42	2400.7	1536.1	906.41	2553.1	1650.2	987.43	2219.3	1394.8	799.79	2245.4	1413.1	811.64	2247.1	1413.7	811.43	
6	4	8	6	2	4	6	1	1	4	4	4	4	5	2	2	5	2	1	0	0	

جدول ۶- مقادیر FSI_h بدست آمده از مرحله هفتم

FSI			تأمین کنندگان
α	β	γ	
1513.50	2352.82	3458.30	تأمین کننده ۱
1494.13	2330.49	3433.01	تأمین کننده ۲
1414.31	2225.48	3299.30	تأمین کننده ۳
972.11	1624.33	2514.62	تأمین کننده ۴
897.09	1524.79	2387.07	تأمین کننده ۵
1053.73	1735.92	2660.86	تأمین کننده ۶
610.62	1138.33	1885.40	تأمین کننده ۷
876.50	1496.90	2350.70	تأمین کننده ۸

جدول ۷- رتبه بندی تأمین کنندگان

رتبه بندی	نمره	تأمین کنندگان
1	2419.358	تأمین کننده ۱
2	2397.027	تأمین کننده ۲
3	2291.144	تأمین کننده ۳
5	1683.848	تأمین کننده ۴
6	1583.434	تأمین کننده ۵
4	1796.607	تأمین کننده ۶
8	1193.172	تأمین کننده ۷
7	1555.252	تأمین کننده ۸

نتیجه گیری و پیشنهادها:

تلاش برای دست یابی به مزیت های رقابتی و توجه سازمان ها به ابزارهایی همچون مدیریت کیفیت جامع و تولید به هنگام باعث شده است تا نقش تأمین کنندگان در زنجیره تأمین به گونه ای دارای اهمیت شود که بسیاری از محققین از تصمیمات خرید و انتخاب تأمین کننده به عنوان تصمیمات استراتژیک در سازمان یاد می کنند. بدین منظور، باید توجه بیشتری به توسعه مدل های تصمیم برای سروکار داشتن با مراحل و جنبه های فرآیند خرید صورت بگیرد و این نکته در نظر گرفته شود که همه روش ها در هر موقعیت ممکن خرید به یک اندازه مفید نیستند. برای مثال، در بررسی پیشینه مطالعات، اکثر مقاله های موجود فرض کرده اند که روش های پیشنهادیشان در همه زمینه های انتخاب تأمین کننده کاربردی است. در حالی که یک روش ممکن است برای صنعت بخصوصی مفید باشد؛ اما اگر در زمینه ای دیگر به کار رود، احتمالاً کاربردی نبوده و یا نیاز به تغییراتی داشته باشد.

محققینی همانند ناراشیمهان و (Narasimhan et al., 2006) و ان جی (NG, 2008) روش های مختلفی را از برنامه ریزی خطی تا غیرخطی برای مسأله انتخاب تأمین کننده پیشنهاد کرده اند. در بسیاری از این روش ها، انتخاب تأمین کننده به عنوان یک مسأله بهینه سازی در نظر گرفته شده که معمولاً یک تابع هدف، مانند هزینه، باید حداقل شود. در این میان، یک رویکرد بهینه سازی می تواند تنها معیارهای کمی را مورد بررسی قرار دهد در حالی که معیارهای کیفی در جهان واقعی برای انتخاب تأمین کننده بسیار زیاد هستند و محققانی همچون جین و همکاران (۲۰۰۴) و بویلاکو و همکاران (۲۰۰۶) به این واقعیت اشاره می کنند.

مقاله حاضر بعد از بازنگری ادبیات مربوط به مدیریت زنجیره تأمین و بررسی فرآیند انتخاب تأمین کننده و ارائه یک دسته بندی برای روش های انتخاب تأمین کننده، یک رویکرد چند مرحله ای را برای انتخاب تأمین کننده پیشنهاد می دهد. در این رویکرد، از یک روش ترکیبی QFD FUZZY به منظور انتخاب تأمین کننده استفاده شده است. این رویکرد به دلیل ساختار چند مرحله ای (مشابه با مطالعات بوتانی و ریزی (Bottani & Rizzi, 2008)، مندوزا و دیگران (Mendoza et al., 2008)) و همچنین، ایجاد ارتباط بین نیازها و ویژگی های مورد نظر خریدار از محصول

(Whats) و معیارهای ارزیابی تأمین کننده (Hows) (مشابه با مطالعات بویلاکو و همکاران (Bevilacqua et.al., 2006)) و همچنین استفاده از تصمیم گیری گروهی (مشابه با مطالعات رماناتان (Ramanathan, 2007) و ارسز و دیگران (Ersöz et.al., 2009)) و می تواند رویکردی مناسب برای فرآیند انتخاب تأمین کننده باشد.

در واقع، به دلیل وجود یک ارتباط مناسب و استراتژیک بین ویژگی محصول و عملکرد تأمین کننده، این رویکرد با تمرکز بر معیارهای انتخاب تأمین کننده، به دنبال انتخاب تأمین کننده ای است که بیشترین قابلیت را برای دست یابی به مشخصات کالای مورد نظر خریدار داشته باشد. اما چالش بر انگیزترین و مهمترین مسأله در فرآیند انتخاب تأمین کننده عدم قطعیت است. استفاده منطقی فازی در این روش می تواند راهی برای حل مسأله عدم قطعیت باشد. بدین منظور، در این رویکرد از متغیرهای زبانی که به وسیله اعداد فازی بیان می شوند، به جای داده های خشک عددی استفاده می شود (مشابه با مطالعات چان و کومار (Chan & Kumar, 2007) و چو و چانگ (Chou & Chang, 2008)).

برای آزمون این رویکرد در دنیای واقعی، رویکرد پیشنهادی در فرآیند انتخاب تأمین کننده برای یکی از کالاهای اساسی شرکت مورد مطالعه، اجرا شد. خروجی ها و نتایج به دست آمده از رویکرد مورد نظر عبارت اند از:

- انتخاب مناسب ترین گزینه در میان تأمین کنندگان بالقوه؛
- رتبه بندی نهایی تأمین کنندگان؛
- رتبه بندی ویژگی های مورد انتظار از محصول خریداری شده به ترتیب اهمیت؛
- تعیین میزان همبستگی و ارتباط بین معیارهای ارزیابی تأمین کننده؛
- تعیین امتیاز و رتبه هر تأمین کننده در هر یک معیارهای ارزیابی تأمین کننده.
- علی رغم محدودیت های موجود در این رویکرد از قبیل اتکای زیاد بر نظریات افراد و عدم توجه به معیارهای عینی، مزیت های زیادی در اجرای این روش مشاهده شد که عبارتند از:
- هزینه های پایین و نیاز به نیروی انسانی اندک برای اجرای روش؛
- قابلیت اجرای آسان و صرفه جویی در زمان؛

- ارائه یک ابزار ملموس برای ارزیابی قابلیت های متنوع تأمین کننده و درک آسان مراحل فرآیند انتخاب تأمین کننده توسط اعضای تیم؛
- استفاده از نظریات خبرگان (متخصصین با تجربه سازمان و یافته های مطالعات پیشین)؛
- استفاده از فرآیند تصمیم گیری گروهی؛
- بهبود رضایت واحدهای تولید و فروش به دلیل در نظر گرفتن اهمیت بیشتر برای مشخصه های کالای خریداری شده در فرآیند انتخاب تأمین کننده.

در پایان این تحقیق، برای مطالعات آتی، پیشنهاد می شود تا محققین با ادغام روش Fuzzy QFD با یک روش تصمیم گیری چند معیاره دیگر که بتواند وزن ها و اهمیت نسبی متغیرهای What خانه کیفیت را به دست آورد، یک رویکرد کامل تر را برای حل مسأله انتخاب تأمین کننده پیشنهاد کنند.

منابع و ماخذ

- Aissaoui, N., Haouari, M., & Hassini, E. (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. *Computers & Operations Research*, 34, 3516-3540.
- Amid, A., Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (2006). Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 104(2), 394-407.
- Amid, A., Ghodsypour, S. H., & Obrien, C. (2010). A weighted max–min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain. *Int. J. Production Economics*. Available at: www.elsevier.com
- Amin, S. H., Razmi, J., & Zhang, G. (2011). Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming. *Expert Systems with Applications*, 38, 334-342.
- Baron, E.B., Genc, S., Kurt, M., & Akay, D. (2009). A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 36, 11363-11368.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2006). A fuzzy-QFD approach to supplier selection. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 12, 14-27.

- Bhattacharya, A., Geraghty, J., & Young, P. (2010). Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment. *Applied Soft Computing*, 10, 1013–1027.
- Boer, L.D., Labro, E., & Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7, 75-89.
- Bottani, E., & Rizzi, A. (2008). An adapted multi-criteria approach to suppliers and products selection – An application oriented to lead-time reduction. *International Journal Production Economics*, 111(2), 763-781.
- Chamodrakas, I., Batis, D., & Martakos, D. (2010). Supplier selection in electronic marketplaces using satisficing and fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 37, 490-498.
- Chan, F. T. S., & Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *OMEGA – International Journal of Management Science*, 35(4), 417-431.
- Chen, C. T., Lin, C. T., & Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289-301.
- Chen, C. T., Lin, C. T., & Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289-301.
- Chen, Y. J. (2010). Structured methodology for supplier selection and evaluation, in a supply chain. *Information Sciences*. Available at: www.elsevier.com
- Chou, S. Y., & Chang, Y. H. (2008). A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach. *Expert Systems with Applications*, 34(4), 2241-2253.
- Chou, S. Y., & Chang, Y. H. (2008). A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach. *Expert Systems with Applications*, 34(4), 2241-2253.
- Ersoz, S., Yuzukirmizi, M., Turker, A. K., & Birgoren, B. (2009). Vendor Selection in Supply Chain Management by Expert Systems and a Case Study. *Int.J.Eng.Research & Development*, 1(2), 61- 67.
- Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (1998). Decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56-57, 199-212.
- Golmohammadi, D., Creese, R. C., & Valian, H. (2009). Neural network application for supplier selection. *International Journal of Product Development*, 8(3), 252 - 275.
- Ha, S. H., & Krishnan, R. (2008). A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. *Expert Systems with Applications*, 34(2), 1303-1311.
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202, 16-24.
- Holt, G. D. (1998). Which contractor selection methodology?. *International Journal of Project Management*, 16(3), 153-164.

- Hou, J., D. Su, (2007), EJB-MVC oriented supplier selection system for mass customization, *Journal of Manufacturing Technology Management* 18 (1), 54-71.
- Hsu, C. C., Kannan, V. R., Leong, G. K., & Tan, K.C. (2006). Supplier selection construct: instrument development and validation. *The International Journal of Logistics Management*, 17(2), 213-239.
- Huang, S. H., & Keskar, H. (2007). Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. *Int. J. Production Economics*, 105, 510-523.
- Jia, G. Z., & Bai, M. (2010). An approach for manufacturing strategy development based on fuzzy-QFD. *Computers & Industrial Engineering*. Available at: www.elsevier.com
- Kahraman, C., Ertay, T., & Buyukozkan, G. (2006). A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. *European Journal of Operational Research*, 171, 390-411.
- Karpak, B., Kumcu, E., & Kasuganti, R. (1999). An application of visual interactive goal programming: a case in vendor selection decisions. *Journal of Multi-criteria Decision Analysis*, 8(2), 93-105.
- Kumar, M., Vrat, P., & Shankar, R. (2004). A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 46(1), 69-85.
- Lau, H. C. W., Lee, C. K. M., Ho, G. T. S., Pun, K. F., & Choy, K. L. (2006). A performance benchmarking system to support supplier selection. *International Journal of Business Performance Management*, 8(2-3), 132-151.
- Lee, A. H. I. (2009). A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. *Expert Systems with Applications*, 36, 2879-2893.
- Lin, X., & Purchase, S.H. (2005). Supplier Selection In China: A Conjoint Analysis. ANZMAC 2005 Conference: Retailing, Distribution Channels and Supply Chain Management.
- Mandal, A., & Deshmukh, S.G. (1994). Vendor selection using Interpretive Structural Modelling (ISM). *International Journal of Operations and Production Management*, 14(6), 52-59.
- Mendoza, A., & Ventura, J. A. (2008). An effective method to supplier selection and order quantity allocation. *International Journal of Business and Systems Research*, 2(1), 1-15.
- Mendoza, A., Santiago, E., & Ravindran, A. R. (2008). A three-phase multicriteria method to the supplier selection problem. *International Journal of Industrial Engineering*, 15(2), 195-210.
- Monczka, R. M., & Trecha, S. J. (1988). Cost-based supplier performance evaluation. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 24(2), 2-7.
- Narasimhan, R., Talluri, S., & Mahapatra, S. K. (2006). Multiproduct, multicriteria model for supplier selection with product life-cycle considerations. *Decision Sciences*, 37 (4), 577-603.
- Ng, S. T., & Skitmore, R. M. (1995). CP-DSS: decision support system for contractor prequalification. *Civil Engineering Systems: Decision Making Problem Solving*, 12(2), 133-160.

- Ng, W. L. (2008). An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. *European Journal of Operational Research*, 186, 1059-1067.
- Ohdar, R., & Ray, P. K. (2004). Performance measurement and evaluation of suppliers in supply chain: an evolutionary fuzzy-based approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(8), 723- 734.
- Ordoobadi, S. M. (2009). Development of a supplier selection model using fuzzy logic. *Supply Chain Management: An International Journal*, 14(4), 314-327.
- Prasad, B. (1998). Review of QFD and related Deployment Techniques. *Journal of manufacturing systems*, 17(3), 221- 234.
- Ramanathan, R. (2007). Supplier selection problem: Integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(4), 258-261.
- Ronen, B., & Trietsch, D. (1988). A decision support system for purchasing anagement of large projects. *Operations Research*, 36(6), 882- 890.
- Shil, N. C. (2010). Customized Supplier Selection Methodology: An Application of Multiple Regression Analysis.
- Talluri, S., Vickery, S. K., & Narayanan, S. (2008). Optimization models for buyer–supplier negotiations. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 38(7), 551-561.
- Tiwari, V., Chan, M. K., & F.T.S. (2004). Evaluation of the supplier performance using an evolutionary fuzzy-based approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(8), 735-744.
- Weber, C. A., Current, J. R., & Benton, W.C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operations Research*, 50, 2-18.
- Wu, D., & Olson, D. L. (2008). Supply Chain Risk, Simulation, and Vendor Selection. *International Journal of Production Economics*, 114(2), 646-655.
- Wu, T., Shunk, D., Blackhurst, J., & Appalla, R. (2007). AIDEA: a methodology for supplier evaluation and selection in a supplier-based manufacturing environment. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 11(2), 174-192.
- Xia, W., & Wu, Z. (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *OMEGA – International Journal of Management Science*, 35(5), 494-504.
- Yu, X., & Jing, S. (2004). A Decision Model for Supplier Selection Considering Trust. *Chinese Business Review*, 3(6), 15-20.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, (8), 338-353.