رویکرد تصمیم گیری گروهی چند شاخصه برای ارزیابی ریسک انتخاب تأمین کنندگان بر اساس مجموعه‌های فازی نوع دوم

احمد جعفر نژاد چقوشی [۱]، رضا علیخانی [۲]، آزاده خدامی [۳]

چکیده :

مسئله انتخاب تامین کننده، به عنوان یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره تلقی می‌شود که دارای ابعاد مختلفی است. در طی دهه‌های اخیر مطالعات فراوانی پیرامون این حوزه به انجام رسیده است. با این وجود تحقیقات بر روی ریسک‌های عملیاتی انتخاب تامین کنندگان هنوز هم بسیار محدود می‌باشد. به علاوه، در این حوزه، شرایط عدم قطعیت و ابهام که در ذات مسائل دنیای واقعی است، به ندرت مورد بررسی قرار گرفته است. اگر چه مجموعه‌های فازی نوع اول برای مشکل مطرح شده پیشنهاد گردیده، اما نواقص این رویکرد از کارایی آن کاسته است. در این پژوهش ابتدا مجموعه-

[۱]. استاد، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۲]. دانشجوی دکترا، مدیریت صنعتی، پردیس البرز ، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

[۳]. دانشجوی دکترا، مدیریت صنعتی، پردیس البرز ، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

های فازی نوع دوم ارائه می‌گردد و سپس این مجموعه‌ها در تاپسیس بـه عنـوان یکـی از مشـهورترین رویکردهای تصمیم‌گیری چند شاخصه برای حل مسئله انتخـاب تـامین کننـدگان بـر اسـاس ارزیـابی ریسک، بکار گرفته می‌شود. این رویکرد نه تنها عدم قطعیت را در مسـئله بررسـی مـی‌نمایـد، بلکـه از هوش و انعطاف پذیری بالایی برای رتبه بندی تامین کنندگان برخوردار اسـت. در نهایـت، یـک مثـال عددی با در نظر گرفتن عوامل ریسک حل گردیده تا اثربخشی روش پیشنهادی را نشان دهد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک؛ انتخاب تامین کننده؛ مجموعه‌های فـازی نـوع دوم؛ تصـمیم گیری گروهی

مقدمه

زنجیره های تامین به یکی از عناصر اصلی اقتصاد جهانی تبدیل شده‌اند. از اینرو می‌توان اظهار نمود که رقابت اقتصادی بین کشورها در حقیقت رقابت بین سازمان‌ها و شرکت‌های بزرگ کشورها بوده و به تبع آن رقابت بین زنجیره های تامین شرکت‌ها می‌باشد. با افزایش مباحثی هم چون جهانی شدن، بدون شک شرکت‌ها در معرض ریسک‌ها و یا خطرات متنوع تری قرار می‌گیرند. هنگامی که یکپارچه سازی و ادغام در اجزای زنجیره تامین اتفاق می‌افتد، سازمان‌ها مجبور به کاهش تعداد تامین کنندگان خود خواهند بود، از اینرو خطر ابتلا به مواد اولیه ناکافی برای پاسخگویی به نوسان تقاضا در آنها، افزایش می‌یابد (هو، سو و دی، ۲۰۱۰). در مرز یک زنجیره تامین، تامین کنندگان به عنوان عوامل کلیدی موفقیت ایفای نقش می‌کنند، چرا که انتخاب مناسب تامین کنندگان باعث کاهش هزینه‌ها، افزایش سود، بهبود کیفیت محصولات و تضمین تحویل به موقع می‌گردد (لی و زابینسکی، ۲۰۱۱). بنابراین، مدیریت ریسک زنجیره تامین تبدیل به یکی از مباحث پر اهمیت گردیده و هدف آن توسعه رویکردهایی برای شناسایی، ارزیابی، تجزیه و تحلیل و درمان نواحی آسیب پذیر و در معرض خطر در زنجیره تامین می‌باشد (نایجر، روتارو و چوریلف، ۲۰۰۹). از مهمترین اهداف یک زنجیره تامین می‌توان به کاهش ریسک زنجیره تامین، کاهش هزینه‌های تولید، افزایش درآمد، بهبود خدمات

به مشتری، تعیین سطح بهینه موجودی، رضایت مشتری و سودآوری اشاره نمود (بوران، گنس، کورت و اکای، ۲۰۰۹). بنابراین مسئله انتخاب تامین کنندگان با بشمار آوردن ارزیابی ریسک از آنجا که از اهداف زنجیره تامین می‌باشد، بسیار مهم و ضروری است.

مسئله انتخاب تامین کننده نه تنها به علت وجود معیارهای گوناگون دارای ابعاد مختلفی است، بلکه هنگامی که صحبت از ارزیابی ریسک آنها به میان می‌آید به دلیل وجود شرایط عدم قطعیت و ابهام، باعث پیچیده‌تر شدن مسئله می‌گردد. شواهد حاکی از آن است که با شکست مواجه شدن قرارداد بیش از نیمی از خریداران و تامین کنندگان به این دلیل است که شرکتها نمی‌توانند ریسک موجود در انتخاب تامین کنندگان خود را به درستی بررسی و برآورد نمایند (هال، ۲۰۰۳). حال موضوعی که در گام نخست برای موفقیت زنجیره تامین خود نمایی می‌کند که برخلاف اهمیت آن کمتر بدان پرداخته شده است، برآورد ریسک موجود در زنجیره بویژه ریسک انتخاب تامین کنندگان است. از اینرو این مقاله می‌کوشد با در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت پیرامون مسئله و دیدگاه‌های مختلف خبرگان، یک روش تصمیم گیری گروهی چند معیاره بر اساس مجموعه‌های فازی نوع دوم برای مسئله انتخاب تامین کننده و ارزیابی ریسک آنها ارائه دهد.

در ادامه این پژوهش، بخش دوم به مروری بر ادبیات پژوهش و تحقیقات پیشین می‌پردازد، در بخش سوم مجموعه های فازی نوع دوم معرفی می‌گردد، در بخش چهارم به توضیح روش تصمیم گیری گروهی چند معیاره بر اساس مجموعه های فازی پرداخته و گام‌های حل مسئله ارائه می‌گردد، در بخش پنجم رویکرد ارائه شده در قالب یک مثال عددی حل می‌گردد و در نهایت در بخش ششم به نتیجه گیری و پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده ارائه می‌گردد.

پیشینهٔ پژوهش

مدیریت ریسک زنجیره تامین یک فرایند ساختار یافته و هم افزا در سراسر زنجیره تامین می‌باشد که به دنبال کسب بهترین استراتژی، بهینه کردن فرایندها، استفاده از منابع انسانی، فناوری و دانش است. هدف مدیریت ریسک زنجیره تامین کنترل، پایش، ارزیابی ریسک، حراست از تداوم کسب و کار و بهینه کردن سودآوری است (سان، ماتسوی و یاین، ۲۰۱۲). از آنجا که مدیریت ریسک زنجیره تامین مبحث بسیار وسیعی است، محققین زیادی در تلاش برای دسته‌بندی ریسک‌های زنجیره تامین بوده‌اند (تنگ، بلکهرست، اسچیبه و جانسون، ۲۰۰۸؛ پک، ۲۰۰۶؛ نایجر، روتارو و چوریلف ، ۲۰۰۹؛ جاتنر، ۲۰۰۵؛ نورمایا، ۲۰۱۱)، و سعی در بررسی عوامل مختلفی مانند ریسک عرضه، ریسک تامین کننده،

ریسک سازمان، ریسک استراتژی عرضه و غیره داشته‌اند. با توجه به گستره وسیع این موضوع، پژوهش حاضر بطور خاص به بررسی ریسک تامین کنندگان در زنجیره تامین می‌پردازد.

اگر چه ارزیابی ریسک تامین کنندگان از اهمیت ویژه‌ای در زنجیره تامین برخوردار است، اما تحقیقات پیرامون ریسک عملیاتی تامین کنندگان بسیار محدود و اندک می‌باشد. هکسین و جیان (۲۰۰۵) ساختار شکست ریسک را برای شرکت‌های مجازی ارائه دادند و روشی برای ارزیابی ریسک توسعه دادند، سپس روش ارزیابی ریسک پیشنهادی را برای مسئله انتخاب تامین کننده بکار گرفتند. وو و السون (۲۰۰۸) سه رویکرد انتخاب فروشنده در زنجیره تامین را با در نظر گرفتن ریسک بررسی کردند: برنامه ریزی محدودیت تصادفی، تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه ریزی چند هدفه. همچنین وو ، ژنگ، وو و السون (۲۰۱۰) در تحقیقی دیگر یک مدل برنامه ریزی چند هدفه ارائه دادند که معیارهای ریسک را در بر دارد. ژو، چن و لی (۲۰۱۰) یک مدل یکپارچه با استفاده از نقشه شناختی فازی و مجموعه‌های نَرم فازی برای مسئله انتخاب تامین کننده بر اساس ارزیابی ریسک ارائه دادند. مدل ایشان به بررسی وابستگی و بازخورد میان معیارها پرداخته و عدم قطعیت پیرامون مسئله را درنظر می‌گیرد.

شناسایی ریسک شامل فرایند کشف، تعریف و مستندسازی خطراتی است که ممکن است رخ دهند و بر عملکرد زنجیره تامین اثر بگذارند، خواه مثبت و خواه منفی. روشهای گوناگونی برای شناسایی ریسک در زنجیره تامین وجود دارد. برای شناسایی ریسک، ابتدا باید برای کمک به درک ماهیت و اولویت بندی راه‌های مقابله با آنها، ریسک‌ها را به گروه‌های متمایز تقسیم نمود. ریسک به عنوان احتمال وقوع یک رویداد و تاثیر آن رویداد بر زنجیره تامین تعریف می‌گردد. بر اساس این تعریف ریسک از سه جزء تشکیل می‌گردد: رویداد ریسک، احتمال وقوع آن، و تاثیر ریسک. تعریف ریسک به صورت احتمال وقوع در شدت اثر ریسک اغلب به صورت خطی نیست و مسئله باید تحت شرایط خاص مورد بررسی قرار گیرد (اقلان و لم، ۲۰۱۴). یکی از راهکارهایی که می‌تواند برای حل این مشکل مفید واقع شود، استفاده از تئوری فازی برای شناخت، کمّی کردن و فائق آمدن بر داده‌های غیر قطعی ریسک، می‌باشد. شواهد حاکی از آن است که استفاده از مجموعه‌های فازی نوع دوم به مراتب بهتر می‌تواند نسبت به فازی نوع اول بر عدم اطمینان مسئله غالب گردد (یانگ، لی و یانگ، ۲۰۱۲؛ مندل، ۲۰۰۷). قهرمان، اوزتایسی، یوکال ساری و تورانگلو (۲۰۱۴) با استفاده از فرایند تحلیل سلسه مراتبی و مجموعه فازی نوع دوم به مسئله انتخاب تامین کننده پرداخته‌اند. خروجی مدل مبین انعطاف بالای آن در منعکس کردن انتظارات تصمیم گیرنده بوده است. چن و لی (۲۰۱۰) با استفاده از تصمیم گیری گروهی و مجموعه‌های فازی به مسئله انتخاب تامین کننده پرداخته و نتایج مدل ایشان

نشان می‌دهد که با توجه به استفاده از مجموعه‌های فازی نوع دوم مدل هوشمندتر و منعطف‌تر است. عبدالله و نجیب (۲۰۱۴) با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند شاخصه و فرایند تحلیل سلسله مراتبی به رتبه بندی و برآورد اوزان یک مسئله ارزیابی امنیت پرداخته‌اند. در تحقیقات مذکور، استفاده از مجموعه‌های فازی نوع دوم در مقایسه با فازی نوع اول همگی اذعان بر کارایی و انعطاف پذیری بالاتر مجموعه‌های فازی نوع دوم دارند.

بررسی ادبیات تحقیق نشان می‌دهد، پژوهشی که به صورت تصمیم گیری گروهی در حوزه مدیریت ریسک انتخاب تامین کننده به انجام رسیده باشد و همچنین شرایط عدم اطمینان را با استفاده از مجموعه های فازی نوع دوم بررسی کرده باشد که بسیار نسبت به فازی نوع اول کاراتر و منعطف‌تر است، هنوز انجام نگرفته است. از اینرو در این مقاله، یک روش تصمیم‌گیری گروهی برای حل مسئله تصمیم‌گیری گروهی چند شاخصه و ریسک انتخاب تامین کنندگان بر اساس عملیات‌های محاسباتی مجموعه‌های فازی نوع دوم ارائه می‌گردد. ابتدا عملیات‌های محاسباتی بین مجموعه‌های فازی نشان داده خواهد شد. سپس بر اساس عملیات‌های محاسباتی و رتبه‌بندی اعداد فازی نوع دوم، گام‌های حل روش تصمیم گیری گروهی توضیح داده خواهد شد. روش پیشنهادی، به علت استفاده از مجموعه‌های فازی نوع دوم از هوشمندی و انعطاف پذیری بالایی برخوردار است.

روش‌شناسی پژوهش

مجموعه های فازی نوع دوم

در مقایسه با مجموعه‌های فازی کلاسیک که مجموعه‌های فازی نوع اول نیز نامیده می‌شوند و دارای تابع عضویت قطعی می‌باشند، مجموعه‌های فازی نوع دوم دارای توابع عضویت از نوع فازی می‌باشند (مندل و وو، ۲۰۱۰). مجموعه‌های فازی نوع دوم مقیاسی برای پراکندگی ارائه می‌دهد که باعث می‌گردد به عدم قطعیت ذاتی مسئله بهتر فائق آمده و این موضوع به ویژه در مسائلی که تعیین تابع عضویت برای مجموعه فازی مشکل است، بسیار ارزشمند و کاربردی است (مندل، ۲۰۰۷). از این رو می‌توان ادعا کرد که مجموعه‌های فازی نوع دوم نسبت به فازی نوع اول در مواجهه با مسائلی که دربرگیرنده قضاوت‌های ذهنی و غیر دقیق هستند، بسیار توانمندتر می‌باشند. از آنجا که محاسبات فازی نوع دوم بسیار جامع می‌باشد، در عمل نیز بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند (قلیچ و کایا، ۲۰۱۴). در این بخش مفاهیم اولیه و عملیات‌های که بر روی مجموعه‌های فازی نوع دوم صورت می‌گیرد، ارائه می‌شود (چن، یانگ، لی و یانگ، ۲۰۱۰):

تعریف ۱. یک مجموعه فازی نوع دوم $\tilde{\tilde{A}}$ در مجموعه مرجع X می‌تواند با یک تابع عضویت نوع دوم $\mu_{\tilde{\tilde{A}}}$ نشان داده شود، که به صورت زیر می‌باشد:

$$\tilde{\tilde{A}} = \{((x,u), \mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u)) \mid \forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [۰,۱], ۰ \le \mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u) \le ۱\} \quad (۱)$$

که در آن J_x نشان دهنده بازه بین [۰,۱] می‌باشد. بعلاوه مجموعه فازی نوع دوم $\tilde{\tilde{A}}$ را می‌توان به شکل زیر نمایش داد:

$$\tilde{\tilde{A}} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \frac{\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u)}{(x,u)} \quad (۲)$$

که در آن J_x در بازه [۰,۱] و $\iint$ بیانگر اجتماع تمام x ها و u های مجاز است.

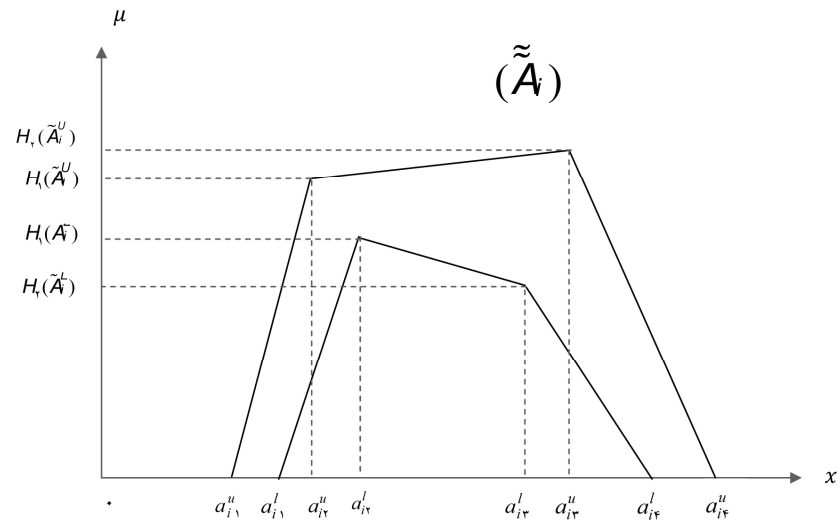
تعریف ۲. فرض کنید $\tilde{\tilde{A}}$ یک مجموعه فازی نوع دوم در مجموعه مرجع X و با تابع عضویت $\mu_{\tilde{\tilde{A}}}$ باشد. اگر $\mu_{\tilde{\tilde{A}}}(x,u)=۱$ آنگاه $\tilde{\tilde{A}}$ یک مجموعه فازی نوع دوم فاصله‌ای نامیده می‌شود. مجموعه فازی نوع دوم فاصله‌ای $\tilde{\tilde{A}}$ به صورت یک مورد خاص مجموعه فازی نوع دوم می‌تواند به شکل زیر نیز نشان داده شود:

$$\tilde{\tilde{A}} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \frac{۱}{(x,u)} \quad (۳)$$

که در آن J_x متعلق به بازه [۰,۱] است.

یک مجموعه فازی نوع دوم ذوزنقه‌ای در شکل ۱ نشان داده شده است که توابع عضویت بالا و پایین یک مجموعه فازی نوع دوم به ترتیب خود یک مجموعه فازی نوع اول می‌باشد. فاصله بین حد بالا و پایین تابع عضویت در فازی نوع دوم را رد پای عدم قطعیت[1] می‌نامند.

[1] - Footprint of Uncertainty



۱شکل ۱. یک مجموعه فازی نوع دوم فاصله‌ای

عملیات های جبری بر روی مجموعه های فازی نوع دوم

در این قسمت عملیات‌های جبری که بر روی مجموعه‌های فازی نوع دوم صورت می‌پذیرد، ارائه می‌گردد:

فرض کنید دو مجموعه فازی $\tilde{\tilde{A}}_1$ و $\tilde{\tilde{A}}_2$ به شکل زیر ارائه گردد:

$$\tilde{\tilde{A}}_1 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) = ((a_{11}^u, a_{12}^u, a_{13}^u, a_{14}^u; H_1(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_1^U)), (a_{11}^l, a_{12}^l, a_{13}^l, a_{14}^l; H_1(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_1^L))) \quad (۴)$$

$$\tilde{\tilde{A}}_2 = (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = ((a_{21}^u, a_{22}^u, a_{23}^u, a_{24}^u; H_1(\tilde{A}_2^U), H_2(\tilde{A}_2^U)), (a_{21}^l, a_{22}^l, a_{23}^l, a_{24}^l; H_1(\tilde{A}_2^L), H_2(\tilde{A}_2^L))) \quad (۵)$$

تعریف۳. عملیات جمع بین دو مجموعه فازی نوع دوم به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\widetilde{\widetilde{A}}_1+\widetilde{\widetilde{A}}_2=(\widetilde{A}_1^U,\widetilde{A}_1^L)+(\widetilde{A}_2^U,\widetilde{A}_2^L)=$$
$$((((a_{11}^u+a_{21}^u,a_{12}^u+a_{22}^u,a_{13}^u+a_{23}^u,a_{14}^u+a_{24}^u;$$
$$\min(H_1(\widetilde{A}_1^U),H_1(\widetilde{A}_2^U)),\min(H_2(\widetilde{A}_1^U),H_2(\widetilde{A}_2^U))), \qquad (۶)$$
$$(a_{11}^L+a_{21}^L,a_{12}^L+a_{22}^L,a_{13}^L+a_{23}^L,a_{14}^L+a_{24}^L;$$
$$\min(H_1(\widetilde{A}_1^L),H_1(\widetilde{A}_2^L)),\min(H_2(\widetilde{A}_1^L),H_2(\widetilde{A}_2^L)))$$

تعریف۴. عملیات تفریق بین دو مجموعه فازی نوع دوم به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\widetilde{\widetilde{A}}_1-\widetilde{\widetilde{A}}_2=(\widetilde{A}_1^U,\widetilde{A}_1^L)-(\widetilde{A}_2^U,\widetilde{A}_2^L)=$$
$$((a_{11}^u-a_{24}^u,a_{12}^u-a_{23}^u,a_{13}^u-a_{22}^u,a_{14}^u-a_{21}^u;$$
$$\min(H_1(\widetilde{A}_1^U),H_1(\widetilde{A}_2^U)),\min(H_2(\widetilde{A}_1^U),H_2(\widetilde{A}_2^U)))), \qquad (۷)$$
$$(a_{11}^L-a_{24}^L,a_{12}^L-a_{23}^L,a_{13}^L-a_{22}^L,a_{14}^L-a_{21}^L;$$
$$\min(H_1(\widetilde{A}_1^L),H_1(\widetilde{A}_2^L)),\min(H_2(\widetilde{A}_1^L),H_2(\widetilde{A}_2^L))))).$$

تعریف ۵. عملیات ضرب بین دو مجموعه فازی نوع دوم به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\widetilde{\widetilde{A}}_1\otimes\widetilde{\widetilde{A}}_2=(\widetilde{A}_1^U,\widetilde{A}_1^L)\otimes(\widetilde{A}_2^U,\widetilde{A}_2^L)=$$
$$((((a_{11}^u\times a_{21}^u,a_{12}^u\times a_{22}^u,a_{13}^u\times a_{23}^u,a_{14}^u\times a_{24}^u;$$
$$\min(H_1(\widetilde{A}_1^U),H_1(\widetilde{A}_2^U)),\min(H_2(\widetilde{A}_1^U),H_2(\widetilde{A}_2^U))), \qquad (۸)$$
$$(a_{11}^L\times a_{21}^L,a_{12}^L\times a_{22}^L,a_{13}^L\times a_{23}^L,a_{14}^L\times a_{24}^L;$$
$$\min(H_1(\widetilde{A}_1^L),H_1(\widetilde{A}_2^L)),\min(H_2(\widetilde{A}_1^L),H_2(\widetilde{A}_2^L))).$$

تعریف ۶. عملیات محاسباتی ضرب بین یک مجموعه فازی نوع دوم و عدد قطعی k به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$k\times\widetilde{\widetilde{A}}_1=k\times(\widetilde{A}_1^U,\widetilde{A}_1^L)=$$
$$((k\times a_{11}^u,k\times a_{12}^u,k\times a_{13}^u,k\times a_{14}^u;H_1(\widetilde{A}_1^U),H_2(\widetilde{A}_1^U)), \qquad (۹)$$
$$(k\times a_{11}^l,k\times a_{12}^l,k\times a_{13}^l,k\times a_{14}^l;H_1(\widetilde{A}_1^L),H_2(\widetilde{A}_1^L)))$$

تعریف ۷. رتبه[1] یا مقدار دیفازی شده عدد $\widetilde{\widetilde{A}}_1$ با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$Rank(\widetilde{\widetilde{A}}_1)=(\frac{(a_{i4}^u-a_{i1}^u)+(H_1(\widetilde{A}_i^U)\times a_{i2}^u-a_{i1}^u)+(H_2(\widetilde{A}_i^U)\times a_{i3}^u-a_{i1}^u)}{4}+a_{i1}^u$$
$$+\frac{(a_{i4}^L-a_{i1}^L)+(H_1(\widetilde{A}_i^L)\times a_{i2}^L-a_{i1}^L)+(H_2(\widetilde{A}_i^L)\times a_{i3}^L-a_{i1}^L)}{4}+a_{i1}^L)\div 2 \qquad (10)$$

روش تصمیم گیری گروهی چند شاخصه فازی

در این بخش، به توسعه روش تاپسیس برای مسئله تصمیم گیری گروهی چندشاخصه فازی پرداخته شده است. فرض کنید یک مسئله دارای تعداد n گزینه $x_1,x_2,...,x_n$ و m شاخص $f_1,f_2,...,f_m$ باشد و همچنین دارای k نفر تصمیم گیرنده $D_1,D_1,...,D_k$ باشد. از اینرو روش پیشنهادی به شکل زیر ارائه می‌گردد:

گام ۱. ماتریس تصمیم Y_p از p امین تصمیم گیرنده را به دست آورده و میانگین ماتریس تصمیم گیری $\overline{Y}$ را به مانند زیر محاسبه نمایید:

(۱۰)

$$Y_p=(\widetilde{f}_{ij}^p)_{m\times n}=\begin{pmatrix}\widetilde{f}_{11}^p & \cdots & \widetilde{f}_{1n}^p\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ \widetilde{f}_{m1}^p & \cdots & \widetilde{f}_{mn}^p\end{pmatrix} \quad , \quad \overline{Y}=(\widetilde{f}_{ij})_{m\times n}$$

که در آن $\widetilde{f}_{ij}=(\frac{\widetilde{f}_{ij}^1\oplus\widetilde{f}_{ij}^2\oplus...\oplus\widetilde{f}_{ij}^k}{k})$ و همچنین $\widetilde{f}_{ij}$ یک مجموعه فازی نوع دوم فاصله‌ای می‌باشد که در آن k نشان دهنده تعداد تصمیم‌گیرندگان می‌باشد.

[1]. Rank

گام ۲. ماتریس اوزان W_p از p امین تصمیم‌گیرنده را بـه ازای هـر شـاخص بـه دسـت آورده و میانگین ماتریس اوزان $\overline{W}$ را به مانند زیر محاسبه نمایید:

$$W_p = (\widetilde{w}_i^{\,p})_{1\times m} = \left[\widetilde{w}_1^{\,p} \quad \widetilde{w}_2^{\,p} \quad \dots \quad \widetilde{w}_m^{\,p}\right] \;,\; \overline{W} = (\widetilde{w}_i)_{1\times m} \tag{۱۲}$$

که در آن $\widetilde{w}_i = (\frac{w_i^{1} \oplus \widetilde{w}_i^{2} \oplus \dots \oplus \widetilde{w}_i^{k}}{k})$ و همچنین $\widetilde{w}_i$ یک مجموعه فازی نوع دوم فاصله‌ای می‌باشد و $1 \le i \le m, 1 \le p \le k$ که در آن k نشان دهنده تعداد تصمیم‌گیرندگان می‌باشد.

گام ۳. ماتریس وزن داده شده تصمیم $\overline{Y}_w$ را محاسبه کنید.

$$\overline{Y}_w = (\tilde{v}_{ij})_{m\times n} = \begin{matrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_m \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \dots & \tilde{v}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m2} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix} \tag{۱۳}$$

که در آن $\tilde{v}_{ij} = \widetilde{w}_i \otimes \widetilde{f}_{ij}$ و همچنین $1 \le i \le m$ و $1 \le j \le n$ می‌باشد.

گام ٤. رتبه هر یک از درایه‌های ماتریس $\overline{Y}_w$ که یک مجموعه فـازی نـوع دوم مـی‌باشـد را بـه دسـت آورده و راه حـل ایـده آل مثبـت $x^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_m^+)$ و راه حـل ایـده آل منفـی $x^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-)$ را تعیین کنید به گونه‌ای که:

$$v_i^+ = \begin{cases} \max\limits_{1\le j\le n}\left\{Rank(v_j)\right\} & if \quad f_i \in F_1 \\ \min\limits_{1\le j\le n}\left\{Rank(v_j)\right\} & if \quad f_i \in F_2 \end{cases}$$

$$v_i^- = \begin{cases} \min x\limits_{1\le j\le n}\left\{Rank(v_j)\right\} & if \quad f_i \in F_1 \\ \max\limits_{1\le j\le n}\left\{Rank(v_j)\right\} & if \quad f_i \in F_2 \end{cases} \tag{۱۴}$$

که در آن F_1 نشان دهنده مجموعه شاخص‌های از جنس سود و F_2 نشان دهنده مجموعه شاخص‌های از جنس هزینه و همچنین $1 \le i \le m$ می‌باشند.

گام ۵. فاصله هر گزینه از راه حل ایده آل مثبت v^+ و راه حل ایده آل منفی v^- به شکل زیر محاسبه می‌گردد.

$$d^+(x_j)=\sqrt{\sum_{i=1}^{m}(Rank(\tilde{v}_{ij})-v_i^+)^2} \quad , \qquad (۱۵)$$

$$d^-(x_j)=\sqrt{\sum_{i=1}^{m}(Rank(\tilde{v}_{ij})-v_i^-)^2}$$

که در آن $1 \le j \le n$ می‌باشد.

گام ۶. درجه نزدیکی $C(x_j)$ هر یک از x_j ها را با توجه به راه حل‌های ایده آل مثبت x^+ ، به مانند زیر محاسبه نمایید:

$$c(x_j)=\frac{d^-(x_j)}{d^+(x_j)+d^-(x_j)} \qquad (۱۶)$$

که در آن $1 \le j \le n$ می‌باشد.

گام ۷. مقادیر $c(x_j)$ ها را به ترتیب نزولی مرتب کنید. هر چه مقادیر $c(x_j)$ ها بزرگتر باشد، ارجحیت گزینه x_j بیشتر خواهد بود.

یافته‌های پژوهش

مثال عددی

در این تحقیق یک رویکرد ارزیابی برای ریسک انتخاب تامین کنندگان ارائه می‌گردد. بدین منظور یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره بر اساس مجموعه‌های فازی نوع دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک شرکت صنعتی در صدد است به منظور خرید مواد اولیه از میان تامین کنندگان برای یک محصول جدید که به زودی وارد بازار خواهد شد، مناسب‌ترین تامین کننده را انتخاب کند. یک گروه تصمیم‌گیری سه نفره که متشکل از خبرگان در حوزه‌های مختلف این صنعت می‌باشند، تعیین گردید. بدین منظور، چهار معیار که بیشترین اهمیت برای ارزیابی ریسک انتخاب تامین کنندگان را داشته‌اند، با توجه به مرور ادبیات تحقیق به دست آمد (چن و کومار،۲۰۰۷؛ دینگ، سان و گوی، ۲۰۰۸؛ ژو، چن و لی، ۲۰۱۲). معیارهای ارزیابی به همراه جزئیات هر یک در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱. معیارهای ریسک انتخاب تامین کنندگان

ردیف	معیار	توضیحات
۱	ریسک کیفیت محصول C_1	منظور از ریسک کیفیت، نرخ رد شدن محصولات، نرخ تحویل به موقع، نرخ محصولات مورد قبول و راهکار برای مشکلات کیفیتی محصولات می‌باشد.
۲	ریسک خدمات C_2	ریسک خدمات شامل، پاسخگویی به تغییرات، حمایت‌های تکنولوژیکی و تحقیق و توسعه و سهولت در ارتباطات می‌باشد.
۳	ریسک پیشینه و شهرت C_3	ریسک پیشینه و شهرت شامل وضعیت مالی تامین کننده، توجه به مشتری، عملکرد گذشته، تسهیلات و ظرفیت تولید می‌باشد.
۴	ریسک همکاری بلند مدت C_4	ریسک همکاری بلند مدت شامل نرخ تحویل تامین کننده، سطح مدیریت و ظرفیتهای تکنولوژیکی می‌باشد.

جدول شماره (۲) نشان دهنده واژه‌های زبانی و مقادیر فاصله‌ای فازی نوع دوم آنها می‌باشد. در مسئله این تحقیق، سه نفر خبره DM_1, DM_2, DM_3 برای ارزیابی سه تامین کننده S_1, S_2, S_3 با در نظر گرفتن چهار معیار ریسک C_1, C_2, C_3, C_4 که پیش‌تر به تفصیل در مورد آنها توضیح داده شد، مورد نظر خواهی قرار گرفته‌اند. نتایج نظر خواهی خبرگان در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۲. واژه‌های زبانی معادل مجموعه های فازی نوع دوم

واژه‌های زبانی	**مجموعه‌های فاصله‌ای فازی نوع دوم**
خیلی کم (VL)	$((0,0,0,0.05;1,1),(0,0,0,0.05;0.9,0.9))$
کم (L)	$((0,0.1,0.1,0.3;1,1),(0.05,0.1,0.1,0.2;0.9,0.9))$
نسبتاً کم (ML)	$((0.1,0.3,0.3,0.5;1,1),(0.2,0.3,0.3,0.4;0.9,0.9))$
متوسط(M)	$((0.3,0.5,0.5,0.7;1,1),(0.4,0.5,0.5,0.6;0.9,0.9))$
نسبتاً بالا (MH)	$((0.5,0.7,0.7,0.9;1,1),(0.6,0.7,0.7,0.8;0.9,0.9))$
بالا (H)	$((0.7,0.9,0.9,1;1,1),(0.8,0.9,0.9,0.95;0.9,0.9))$
خیلی بالا (VH)	$((0.9,1,1,1;1,1),(0.95,1,1,1;0.9,0.9))$

جدول۳. ماتریس تصمیم

معیارها	تامین کنندگان								
	DM_1			DM_2			DM_3		
	S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3
ریسک کیفیت محصول C_1	MH	H	M	H	MH	H	MH	L	MH
ریسک خدمات C_2	H	MH	VH	VH	H	VH	H	L	H
ریسک پیشینه و شهرت C_3	VH	H	M	MH	VL	H	MH	M	H
ریسک همکاری بلند مدت C_4	VH	M	VL	VL	L	H	VL	M	H

بر اساس معادله شماره (۱۱) و جدول شماره ۳ می توان ماتریس $\overline{Y}$ را که میانگین ماتریس تصمیم‌گیری است را به مانند زیر محاسبه نمود:

$$\overline{Y} = \begin{bmatrix} \tilde{f}_{11} & \tilde{f}_{12} & \tilde{f}_{13} \\ \tilde{f}_{21} & \tilde{f}_{22} & \tilde{f}_{23} \\ \tilde{f}_{31} & \tilde{f}_{32} & \tilde{f}_{33} \\ \tilde{f}_{41} & \tilde{f}_{42} & \tilde{f}_{43} \end{bmatrix}$$

که در آن:

$$\tilde{f}_{11} = ((0/57, 0/77, 0/77, 0/93; 1, 1), (0/67, 0/77, 0/77, 0/85; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{f}_{12} = ((0/46, 0/63, 0/63, 0/77; 1, 1), (0/55, 0/63, 0/63, 0/7; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{f}_{13} = ((0/47, 0/63, 0/63, 0/77; 1, 1), (0/6, 0/7, 0/7, 0/78; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{f}_{21} = ((0/77, 0/93, 0/93, 1; 1, 1), (0/85, 0/93, 0/93, 0/97; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{f}_{22} = ((0/4, 0/57, 0/57, 0/73; 1, 1), (0/48, 0/57, 0/57, 0/65; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{f}_{23} = ((0/83, 0/97, 0/97, 1; 1, 1), (0/9, 0/97, 0/97, 0/98; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{f}_{31} = ((0/77, 0/93, 0/93, 1; 1, 1), (0/85, 0/93, 0/93, 0/96; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{f}_{32} = ((0/33, 0/47, 0/47, 0/58; 1, 1), (0/4, 0/47, 0/47, 0/53; 0/9, 0/9))$$

$$\widetilde{f}_{۳۳} = ((۰/۴۳,۰/۶۳,۰/۶۳,۰/۸;۱,۱),(۰/۵۳,۰/۶۳,۰/۶۳,۰/۷۳;۰/۹,۰/۹))$$
$$\widetilde{f}_{۴۱} = ((۰/۷۷,۰/۹۳,۰/۹۳,۱;۱,۱),(۰/۸۵,۰/۹۳,۰/۹۳,۰/۹۷;۰/۹,۰/۹))$$
$$\widetilde{f}_{۴۲} = ((۰/۲,۰/۳۷,۰/۳۷,۰/۵۶;۱,۱),(۰/۲۸,۰/۳۷,۰/۳۷,۰/۴۷;۰/۹,۰/۹))$$
$$\widetilde{f}_{۴۳} = ((۰,۰,۰,۰/۰۵;۱,۱),(۰,۰,۰,۰/۰۵;۰/۹,۰/۹))$$

گام ۲. تعیین ماتریس اوزان بر اساس نظر خبرگان.

جدول ۴. ماتریس اوزان هر یک از معیارها بر اساس نظر خبرگان

معیارها	$DM_۱$	$DM_۲$	$DM_۳$
ریسک کیفیت محصول $C_۱$	VH	H	VH
ریسک خدمات $C_۲$	H	VH	VH
ریسک پیشینه و شهرت $C_۳$	M	MH	MH
ریسک همکاری بلند مدت $C_۴$	VH	H	H

$$\overline{W} = \left[\widetilde{w}_۱ \quad \widetilde{w}_۲ \quad \widetilde{w}_۳ \quad \widetilde{w}_۴\right]$$
$$\widetilde{w}_۱ = ((۰/۸۳,۰/۹۷,۰/۹۷,۱;۱,۱),(۰/۹,۰/۹۷,۰/۹۷,./۹۸;۰/۹,۰/۹))$$
$$\widetilde{w}_۲ = ((۰/۸۳,۰/۹۷,۰/۹۷,۱;۱,۱),(۰/۹,۰/۹۷,۰/۹۷,./۹۸;۰/۹,۰/۹))$$
$$\widetilde{w}_۳ = ((۰/۴۳,۰/۶۳,۰/۶۳,۰/۸۳;۱,۱),(۰/۵۳,۰/۶۳,۰/۶۳,./۷۳;۰/۹,۰/۹))$$
$$\widetilde{w}_۴ = ((۰/۷۷,۰/۹۳,۰/۹۳,۱;۱,۱),(۰/۸۵,۰/۹۳,۰/۹۳,./۹۷;۰/۹,۰/۹))$$

گام ۳- حال بر اساس فرمول (۱۳) که پیش‌تر گفته شد می‌توان ماتریس موزون تصمیم گیری را محاسبه نمود.

$$\overline{Y}_{w} = \begin{bmatrix} \widetilde{v}_{۱۱} & \widetilde{v}_{۱۲} & \widetilde{v}_{۱۳} \\ \widetilde{v}_{۲۱} & \widetilde{v}_{۲۲} & \widetilde{v}_{۲۳} \\ \widetilde{v}_{۳۱} & \widetilde{v}_{۳۲} & \widetilde{v}_{۳۳} \\ \widetilde{v}_{۴۱} & \widetilde{v}_{۴۲} & \widetilde{v}_{۴۳} \end{bmatrix}$$

که در آن:

$$\tilde{v}_{11} = ((0/47, 0/74, 0/74, 0/93; 1, 1), (0/6, 0/74, 0/74, 0/83; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{12} = ((0/39, 0/61, 0/61, 0/77; 1, 1), (0/49, 0/61, 0/61, 0/69; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{13} = ((0/41, 0/68, 0/68, 0/87; 1, 1), (0/54, 0/68, 0/68, 0/77; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{21} = ((0/64, 0/9, 0/9, 1; 1, 1), (0/76, 0/9, 0/9, 0/95; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{22} = ((0/33, 0/55, 0/55, 0/73; 1, 1), (0/43, 0/55, 0/55, 0/64; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{23} = ((0/69, 0/94, 0/94, 1; 1, 1), (0/81, 0/94, 0/94, 0/96; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{31} = ((0/33, 0/59, 0/59, 0/83; 1, 1), (0/45, 0/59, 0/59, 0/70; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{32} = ((0/14, 0/29, 0/29, 0/48; 1, 1), (0/21, 0/29, 0/29, 0/39; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{33} = ((0/19, 0/40, 0/40, 0/67; 1, 1), (0/28, 0/40, 0/40, 0/53; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{41} = ((0/59, 0/87, 0/87, 1; 1, 1), (0/72, 0/87, 0/87, 0/94; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{42} = ((0/15, 0/34, 0/34, 0/57; 1, 1), (0/24, 0/34, 0/34, 0/45; 0/9, 0/9))$$
$$\tilde{v}_{43} = ((0, 0, 0, 0/05; 1, 1), (0, 0, 0, 0/048; 0/9, 0/9))$$

گام ۴. از آنجا که تمام معیارها ریسک بوده و از جنس هزینه می‌باشند لذا به ترتیب راه حل ایده آل مثبت $x^{+} = (v_1^{+}, v_2^{+}, v_3^{+}, v_4^{+}) = (\tilde{v}_{12}, \tilde{v}_{22}, \tilde{v}_{32}, \tilde{v}_{43})$ و راه حل ایده آل منفی $x^{-} = (v_1^{-}, v_2^{-}, v_3^{-}, v_4^{-}) = (\tilde{v}_{11}, \tilde{v}_{23}, \tilde{v}_{31}, \tilde{v}_{41})$ می‌باشد.

$$d^{+}(x_1) = \sqrt{\sum_{i=1}^{4} (Rank(\tilde{v}_{i1}) - v_i^{+})^2} = 0/92$$

$$d^{-}(x_1) = \sqrt{\sum_{i=1}^{4} (Rank(\tilde{v}_{i1}) - v_i^{+})^2} = 0/03$$

$$c(x_1) = \frac{d^{-}(x_1)}{d^{+}(x_1) + d^{-}(x_1)} = \frac{0/03}{0/92 + 0/03} = 0/032$$

$$d^{+}(x_{۲})=\sqrt{\sum_{i=۱}^{۴}(Rank(\tilde{v}_{i۲})-v_i^{+})^{۲}}=۰/۳۳$$

$$d^{-}(x_{۲})=\sqrt{\sum_{i=۱}^{۴}(Rank(\tilde{v}_{i۲})-v_i^{+})^{۲}}=۰/۶۷$$

$$c(x_{۲})=\frac{d^{-}(x_{۲})}{d^{+}(x_{۲})+d^{-}(x_{۲})}=\frac{۰/۶۷}{۰/۳۳+۰/۶۷}=۰/۶۷ ,$$

$$d^{+}(x_{۳})=\sqrt{\sum_{i=۱}^{۴}(Rank(\tilde{v}_{i۳})-v_i^{+})^{۲}}=۰/۳۷$$

$$d^{-}(x_{۳})=\sqrt{\sum_{i=۱}^{۴}(Rank(\tilde{v}_{i۳})-v_i^{+})^{۲}}=۰/۸۳$$

$$c(x_{۳})=\frac{d^{-}(x_{۳})}{d^{+}(x_{۳})+d^{-}(x_{۳})}=\frac{۰/۸۳}{۰/۳۷+۰/۸۳}=۰/۶۹ ,$$

حال با توجه به مقادیر به دست آمده می‌توان در مورد انتخاب تامین کنندگان و رتبه آنها که $S_{۳}\succ S_{۲}\succ S_{۱}$ می‌توان اظهار نظر نمود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

فرایند ارزیابی انتخاب تامین کننده باید ریسک اختلالات که ممکن است در فرایند تولید از جانب تامین کننده برای خریدار اتفاق می‌افتد را بررسی کند. این پژوهش از این جهت که ریسک را در فرایند انتخاب تامین کننده از طریق مجموعه‌های فازی نوع دوم توانسته است برآورد کند با پژوهش-های پیشین در این حوزه متفاوت است. در این مقاله یک روش تاپسیس فازی نوع دوم برای حل مسئله تصمیم گیری گروهی ارزیابی ریسک انتخاب تامین کننده بکار گرفته شد. تابع عضویت مجموعه‌های فازی نوع اول از نوع قطعی می‌باشد، و از اینرو هنگامی که تشریح مفهوم یک معیار کاملا واضح نباشد، ارزیاب نمی‌تواند به صورت شفاف و دقیق نظر خود را بیان کند و در نتیجه فازی نوع اول یک پشتیبان تصمیم کارا نیست. در این موارد مجموعه‌های فازی نوع دوم که تابع عضویتشان خود فازی است مدلسازی مناسب‌تری را از مسئله فراهم می‌آورد. یک مثال عددی برای انتخاب تامین کنندگان مناسب تشریح گردید تا کاربردی بودن مدل پیشنهادی را نشان دهد. از آنجا که روش پیشنهادی شرایط عدم قطعیت را بهتر از مدل‌های مرسوم نشان می‌دهد، این رویکرد می‌تواند در

حوزه‌های دیگر زنجیره تامین و یا موارد دیگر از جمله برنامه‌ریزی مسائل انرژی و یا مکان یابی مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می‌گردد برای تحقیقات آتی در حوزه مدیریت ریسک انتخاب تامین کنندگان، مدلسازی ریاضی زنجیره تامین به کمک مجموعه‌های فازی نوع دوم انجام پذیرد.

منابع

1. Abdullah, L., & Najib, L. (2014). A new type-2 fuzzy set of linguistic variables for the fuzzy analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications, 41*(7), 3297-3305 .
2. Aqlan, F., & Lam, S. S. (2014). A fuzzy-based integrated framework for supply chain risk assessment. *International Journal of Production Economics* .
3. Blackhurst, J. V., Scheibe, K. P., & Johnson, D. J. (2008). Supplier risk assessment and monitoring for the automotive industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38*(2), 143-165 .
4. Boran, F. E., Genç, 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*(8), 11363-11368 .
5. Chan, F. T & ,.Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *Omega, 35*(4), 417-431 .
6. Chen, S.-M., & Lee, L.-W. (2010). Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the ranking values and the arithmetic operations of interval type-2 fuzzy sets. *Expert Systems with Applications, 37*(1), 824-833 .
7. Chen, S.-M., Yang, M.-W., Lee, L.-W., & Yang, S.-W. (2012). Fuzzy multiple attributes group decision-making based on ranking interval type-2 fuzzy sets. *Expert Systems with Applications, 39*(5), 5295-5308 .
8. Ding, B., Sun, Z., & Gui, B. (2008). Research on supplier risk assessment based on rough set and unascertained measure model. *Chin. J. Manage. Sci, 16*, 507-513 .
9. Hall, M. (2003). Outsourcing deals fail half the time. *Computerworld, 37*(44), 10 .
10. Hexin, H., & Jian, C. (2005). *A partner selection method based on risk evaluation in virtual enterprises*. Paper presented at the Services Systems and

Services Management, 2005. Proceedings of ICSSSM'05. 2005 International Conference on.

11. 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*(1), 16-24 .
12. Jüttner, U. (2005). Supply chain risk management: understanding the business requirements from a practitioner perspective. *International Journal of Logistics Management, The, 16*(1), 120-141 .
13. Kahraman, C., Öztayşi, B., Uçal Sarı, İ., & Turanoğlu, E. (2014). Fuzzy analytic hierarchy process with interval type-2 fuzzy sets. *Knowledge-Based Systems, 59*, 48-57 .
14. Kiliç, M., & Kaya, İ. (2014). Investment Project Evaluation by A Decision Making Methodology Based on Type-2 Fuzzy Sets. *Applied Soft Computing* .
15. Li, L., & Zabinsky, Z. B. (2011 .(Incorporating uncertainty into a supplier selection problem. *International Journal of Production Economics, 134*(2), 344-356 .
16. Mendel, J., & Wu, D. (2010). *Perceptual computing: aiding people in making subjective judgments* (Vol. 13): John Wiley & Sons.
17. Mendel, J. M. (2007). Type-2 fuzzy sets and systems: an overview. *Computational Intelligence Magazine, IEEE, 2*(1), 20-29 .
18. Neiger, D., Rotaru, K., & Churilov, L. (2009). Supply chain risk identification with value-focused process engineering. *Journal of Operations Management, 27*(2), 154-168 .
19. Peck, H. (2006). Reconciling supply chain vulnerability, risk and supply chain management. *International Journal of Logistics: Research and Applications, 9*(2), 127-142 .
20. Sun, J., Matsui, M., & Yin, Y. (2012). Supplier risk management: An economic model of P-chart considered due-date and quality risks. *International Journal of Production Economics, 139*(1), 58-64 .
21. Tang, O., & Nurmaya Musa, S. (2011). Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics, 133*(1), 25-34 .
22. Wu, D., & Olson, D. L. (2008). Supply chain risk, simulation, and vendor selection. *International Journal of Production Economics, 114*(2), 646-655 .

23. Wu, D. D., Zhang, Y., Wu, D & „Olson, D. L. (2010). Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modeling: A possibility approach. *European Journal of Operational Research, 200*(3), 774-787 .

24. Xiao, Z., Chen, W., & Li, L. (2012). An integrated FCM and fuzzy soft set for supplier selection problem based on risk evaluation. *Applied Mathematical Modelling, 36*(4), 1444-1454 .