

## طراحی یک سیستم خبره برای ارزیابی و انتخاب تأمین کننده

حسنعلی محمدی مطلق<sup>۱</sup>، علیرضا محمدی مطلق<sup>۲</sup>، جلال رضایی نور<sup>۳</sup>

**چکیده:** یکی از فاکتورهای مهم در مدیریت زنجیره تأمین، انتخاب تأمین کننده مناسب است، به طوری که تصمیم گیری صحیح در این مورد سبب کاهش هزینه های خرید، ایجاد رابطه پایدار با تأمین کننده ها و تقویت استراتژی رقابتی در بازار می شود. در این مقاله ابتدا با بررسی مقالات مرتبط، معیارهای مهم در امر انتخاب به دست آمد و سپس با روش دلفی فازی، وزن دهی معیارها و ارزیابی گزینه ها انجام گرفت. با رتبه بندی گزینه ها به روش تاپسیس فازی، پنج آستانه به دست آمد که با استفاده از این آستانه ها می توان گزینه ها را به چهار دسته درجه یک، درجه دو، درجه سه و نامناسب تقسیم کرد. نتایجی که تا این مرحله به دست آمد، به دانش و قوانین سیستم خبره پیشنهادی تبدیل شد. با استفاده از پوسته سیستم خبره جاوا، طراحی و پیاده سازی سیستم، طوری انجام گرفت که در آینده هم بتوان پایگاه دانش آن را بهنگام کرد. برای ایجاد یک رابط گرافیکی کاربر پسند از زبان جاوا کمک گرفته شد. سیستم پیشنهادی و افراد خبره، جداگانه چندین نمونه را ارزیابی کردند که پس از مقایسه، نتایج به طور قابل قبولی به هم نزدیک بودند.

**واژه های کلیدی:** انتخاب تأمین کننده، تاپسیس فازی، دلفی فازی، سیستم خبره.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران

۲. کارشناس نرم افزار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳. استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه قم، قم، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۷

نویسنده مسئول مقاله: حسنعلی محمدی مطلق

E-mail: h.mohammadi@stu.qom.ac.ir

## مقدمه

امروزه خواسته و مطلوب مشتری‌ها همراه با پیشرفت فناوری، به‌طور گسترده و مداوم در حال تغییر است و این سبب شده که چرخه عمر محصولات کوتاه‌تر شده و سازمان‌های کسب‌وکار باید برای جلب توجه و رضایت مشتری، محصولات متنوع با ویژگی‌های مطلوبی روانه بازار کنند. به‌همین دلیل، بیشتر سازمان‌ها برای ماندن در صحنه رقابت، استراتژی برون‌سپاری قسمت‌هایی از محصول را به تأمین‌کننده‌هایی که فناوری و توانایی ویژه در آن زمینه را دارند، در مدیریت خود لحاظ می‌کنند و خود به طراحی و تولید قسمت‌های اصلی می‌پردازند. این راهکار نیازمند ارتباط مؤثر با تأمین‌کننده‌هاست و موضوع انتخاب و ارزیابی تأمین‌کننده‌ها را به اصلی مهم در زنجیره تأمین مبدل ساخته است.

در ارزیابی تأمین‌کننده‌ها ابتدا باید معیارهای مهم که بیشترین اثر را در این روند دارند، مشخص شوند. در مطالعات گذشته، معیارها و شاخص‌هایی مانند قیمت، کیفیت، زمان تحویل، ضمانت و ... در ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده مهم تلقی شده‌اند. دیکسون (۱۹۶۶) از تحقیق روی خریداران نتیجه گرفت که کیفیت، زمان تحویل و تاریخچه کارایی از فاکتورهای مهم‌اند. وبر، کارنت و بنتون (۱۹۹۱) فاکتورهای کلیدی را که در ۷۴ مقاله مرتبط بررسی شده بودند، استخراج کردند که قیمت مهم‌ترین معیار بود و سپس زمان تحویل و کیفیت. اوانز (۱۹۸۱) قیمت را مهم‌ترین معیار در خرید محصولات معرفی کرده است. برخی از این معیارها مبهم و نادقیق‌اند و برای محاسبات روی آنها باید از منطق فازی بهره گرفت.

با مشخص شدن معیارها و داده‌های مرتبط، باید روشی برای آنالیز و رتبه‌بندی تأمین‌کننده‌ها به کار گرفت. صائن (۲۰۰۷) روش تحلیل پوششی داده‌های نادقیق را با استفاده از داده‌های کمی و کیفی، برای ارزیابی کارایی تأمین‌کننده‌ها استفاده کرده است. هو و سو (۲۰۰۷) یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مبتنی بر فرایند سلسله‌مراتبی تحلیل را برای فرایند انتخاب تأمین‌کننده به کار برده‌اند. چن (۲۰۱۱) با مدل SWOT استراتژی رقابتی سازمان‌ها و معیارهای مؤثر در رقابت را مشخص کرد و سپس با ترکیبی از روش‌های تاپسیس و تحلیل پوششی داده‌ها، تأمین‌کننده‌ها را ارزیابی و فیلتر کرد و در نهایت مدل پیشنهادی را در صنعت نساجی مطالعه کرد. عمید، قدسی‌پور و اوبراین (۲۰۰۶) یک مدل خطی چندهدفه فازی را ارائه کرده‌اند که به ابهام اطلاعات در انتخاب تأمین‌کننده رسیدگی می‌کند. آراز، ازفیرات و ازکاراهان (۲۰۰۷) با بهره‌گیری از مدل برنامه‌ریزی هدف فازی، یک سیستم مدیریت و ارزیابی تأمین‌کننده را برای شرکت نساجی پیشنهاد کرده‌اند.

با وجود پژوهش‌های فراوان در زمینه ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده، هنوز هم تقویت و بهبود روش‌ها، ضرورت دارد. با پیشرفت روزافزون فناوری اطلاعات و جهانی شدن اقتصاد، برنامه

کاربردی مناسب که در عین دقت در تصمیم‌گیری، بتواند رابط گرافیکی ساده و کاربرپسندی هم داشته باشد، ضروری به‌نظر می‌رسد. مدل معرفی‌شده در این مقاله، طراحی یک سیستم خبره برای ارزیابی تأمین‌کننده است. با استفاده از تحقیقات گذشته، معیارها مشخص و سپس به‌صورت دوره‌ای با روش دلفی فازی، وزن آنها تعیین می‌شود. در این ارزیابی‌ها، صنعت ایران، خاصه صنعت قطعه‌سازی خودرو مورد نظر بود و سه گزینه به نام‌های تأمین‌کننده درجه یک، تأمین‌کننده درجه دو و تأمین‌کننده درجه سه در نظر گرفته شد. از افراد خبره خواسته شد اعلام کنند که این گزینه‌ها به‌ازای هر کدام از معیارها، چه سطحی را دارا هستند. با در نظر گرفتن دو گزینه دیگر به نام‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی، ماتریس تصمیم حاصل با روش تاپسیس فازی ارزیابی شد و رتبه‌بندی انجام گرفت. سیستم خبره با در اختیار داشتن پنج آستانه و سایر ویژگی‌های تأمین‌کننده مورد نظر، تصمیم‌گیری می‌کند و رتبه آن را ارائه می‌دهد. با کمک این سیستم، مشاوره صحیح و به‌موقع در اختیار کاربر قرار خواهد گرفت و استراتژی رقابتی بین عرضه‌کننده‌ها و سازمان‌های کسب‌وکار تقویت خواهد شد.

### پیشینه پژوهش

انتخاب تأمین‌کننده همواره از اصول مهم در مدیریت زنجیره تأمین بوده و تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است (عمید، قدسی‌پور و اوبراین، ۲۰۰۶). هدف اصلی انتخاب تأمین‌کننده، کاهش ریسک خرید، پیشینه کردن سود خریدار و توسعه روابط نزدیک و درازمدت بین خریداران و تأمین‌کننده‌هاست که در دستیابی سازمان‌ها به JIT و TQM مؤثر است (لی و فان، ۱۹۹۷). بیشتر هزینه یک محصول مربوط به فرایند خرید است و کاهش این هزینه، موضوعی حیاتی برای ماندن سازمان‌ها در عرصه رقابت محسوب می‌شود. از این‌رو طرح و مطالعه بیشتر برای انتخاب شریک‌های تجاری ضروری است.

چن تونگ و چینگ تورنگ (۲۰۰۶) فرایند انتخاب تأمین‌کننده را یک مسئله تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره در نظر گرفته و روش تاپسیس را برای اولویت‌بندی در یک محیط فازی معرفی کرده‌اند. دیکسون (۱۹۶۶) یکی از قدیمی‌ترین محققان در این حوزه است که با تحقیق درباره خریداران، ۲۳ معیار را در انتخاب تأمین‌کننده شناسایی کرد که کیفیت، تحویل به‌موقع و تاریخچه کارایی از مهم‌ترین آنها بودند. هو، ژو و پراسانتا (۲۰۱۰) موثرترین معیارها را در انتخاب تأمین‌کننده، کیفیت، زمان تحویل و قیمت عنوان کردند. بهاتاچاریا، گراتی و یونگ (۲۰۱۰) ترکیبی از روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و گسترش کارکرد کیفیت را برای ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کننده‌ها به‌کار بردند. یو، شانک، بلکهرست و آپالا (۲۰۰۷) روش تحلیل پوششی

داده‌ها به همراه یک سیستم مبتنی بر وب را برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده‌ها توسط خریداران به کار برده‌اند. چن (۲۰۰۹) با در نظر گرفتن چندین معیار و وجود ابهام در فرایند انتخاب تأمین‌کننده، از برنامه‌ریزی ریاضی فازی استفاده کرد. آلبینو و گاراولی (۱۹۹۸) یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مبتنی بر شبکه عصبی را ارائه کردند. این مدل یک شبکه پس‌انتشار برای رتبه‌بندی پیمانکاران در شرکت‌های ساختمانی است که توانایی یادگیری براساس برخی نمونه‌ها را دارد، بدون اینکه به تبدیل نظر متخصصان به قواعد تصمیم‌گیری نیاز داشته باشد. حق و کنعان (۲۰۰۶) روشی را با استفاده از فرایند سلسله‌مراتبی تحلیل فازی و الگوریتم ژنتیک برای انتخاب تأمین‌کننده در یک شرکت صنعتی معرفی کرده‌اند. بویلاکوا، چاراپیکا و جیاکتا (۲۰۰۶) به منظور تشخیص ویژگی‌های محصولات خریداری‌شده و برآوردن نیاز مشتریان، یک HOQ ایجاد کردند و سپس تأمین‌کننده‌ها را با معیارهای به‌دست‌آمده ارزیابی کردند. ها و کریشنان (۲۰۰۸) ترکیبی از روش‌های فرایند سلسله‌مراتبی تحلیل، تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی برای انتخاب تأمین‌کننده‌های رقابتی استفاده کردند. فائز، قدسی‌پور و اوبراین (۲۰۰۹) مدل یکپارچه مبتنی بر استدلال موردی در یک محیط فازی و برنامه‌ریزی ریاضی را توسعه دادند. امیری و جهانی (۱۳۸۹) با در نظر گرفتن ویژگی‌های روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل پوششی داده، یک روش ترکیبی را برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده ارائه دادند. شاه‌بندرزاده، جعفرنژاد و رئیسی (۱۳۹۰) روش تخصیص بدیهی را با در نظر گرفتن دو حالت قطعی و فازی برای انتخاب تأمین‌کننده به کار گرفتند. در این روش علاوه بر مقایسه گزینه‌ها با هم، نظر و خواست سازمان مشتری هم در نظر گرفته شد. شهریاری، رضوی و اصغری‌زاده (۱۳۹۲) تلفیقی از روش‌های تحلیل پوششی داده‌های فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی را برای ارزیابی عملکرد دانشکده‌های علوم انسانی دانشگاه تهران و رتبه‌بندی آنها به کار بردند. صفری و طالبی (۱۳۹۰) با مطالعه موردی شرکت صنعتی بهمن، از ترکیب دو روش تاپسیس فازی و برنامه‌ریزی خطی صفر و یک برای انتخاب بهترین محل برای تسهیلات و ایستگاه‌های تولیدی استفاده کردند. خو، تور و لی (۱۹۹۸) یک فناوری مبتنی بر اینترنت به نام عامل‌های نرم‌افزاری هوشمند را که برای خرید اجناس به‌طور اتوماتیک استفاده می‌شود، ارائه کرده‌اند. نویسندگان این مقاله عقیده دارند که با آموزش این عامل‌های هوشمند، می‌توان از آنها برای انتخاب تأمین‌کننده بهره برد. وکورکا، چوبینه و وادی (۱۹۹۶) یک سیستم خبره را توسعه دادند که شامل چندین مرحله در فرایند انتخاب تأمین‌کننده از جمله فرموله کردن معیارهاست. پایگاه دانش این سیستم با نوشته‌های موجود و مدیر ارشد خرید توسعه می‌یابد. دورسان و کارساک (۲۰۱۳) روش تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره فازی مبتنی بر گسترش کارکرد کیفیت را

ارائه دادند که برای رسیدن به سطح مطلوب و واقع‌بینانه‌تری، رتبه‌بندی تأمین‌کننده‌ها را با میانگین ارزش فازی انجام دادند.

اگرچه مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته و مدل‌های متعددی ارائه شده است، به‌نظر می‌رسد که تحقیقات کمی در زمینه استفاده از امکانات نرم‌افزاری و فناوری اطلاعات برای توسعه برنامه‌های کاربردی خبره، انجام گرفته است و نیاز به تحقیق بیشتر در این حوزه احساس می‌شود. در ادامه مقاله، روش و راهکار پیشنهادی برای طراحی و ایجاد سیستم ارائه می‌شود.

### روش‌شناسی پژوهش

در این بخش، ابتدا مدل‌های به‌کار گرفته‌شده و سپس مراحل طراحی و پیاده‌سازی سیستم خبره پیشنهادی در زمینه ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده‌ها توضیح داده می‌شود.

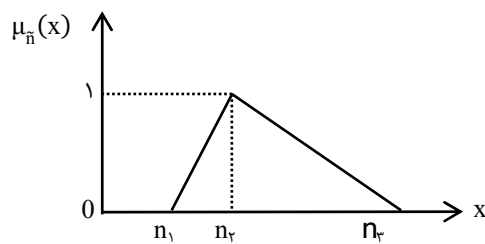
### روش دلفی فازی

در فرایند نظرسنجی در هر زمینه‌ای، ابتدا باید معیارهای مرتبط مشخص شوند. برای این منظور می‌توان از نظر متخصصان بهره‌گرفت یا از مقاله‌های مهمی که در زمینه فرایند ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده‌ها منتشر شده‌اند، استفاده کرد. دیکسون (۱۹۶۶) و وبر، کارنت و بنتون (۱۹۹۱) از جمله افراد پیشروی هستند که بارها به مقاله‌های آنها استناد شده است. با توجه به آنها، معیارهای کیفیت، قیمت، زمان تحویل و ضمانت در نظر گرفته شد. مسئله بعدی ارزشگذاری معیارها و گزینه‌ها توسط افراد خبره است. ارزش وزنی معیارها و گزینه‌ها را می‌توان با نسبت‌دهی مستقیم یا نسبت‌دهی غیرمستقیم با مقایسه‌های زوجی به‌دست آورد (هسو و چن، ۱۹۹۴). در خیلی از شرایط، داده‌های قطعی برای مدل کردن دنیای واقعی کفایت نمی‌کند، زیرا قضاوت انسان اغلب مبهم است. راه واقعی‌تر استفاده از متغیرهای زبانی است (کافمن و گوپتا، ۱۹۸۵). متغیرهای زبانی را با اعداد فازی مثلثی بیان می‌کنیم. یک عدد فازی مثلثی  $\tilde{a}$  می‌تواند با سه‌تایی  $(\pi_1, \pi_2, \pi_3)$  نمایش داده شود (شکل ۱) و تابع عضویت آن به‌صورت رابطه ۱ است. تئوری فازی به‌طور گسترده‌ای در جمع‌آوری اطلاعات، مدل کردن، آنالیز، بهره‌وری، کنترل، تصمیم‌گیری و نظارت کاربرد دارد (بلمن و زاده، ۱۹۷۰). در جدول‌های ۱ و ۲ (آنجالی آواستی، چوهان و گوپال، ۲۰۱۱) متغیرهای زبانی به‌همراه معادل فازی آنها به‌ترتیب برای وزن‌دهی معیارها و ارزیابی گزینه‌ها آورده شده است.

روش دلفی فازی را کافمن و گوپتا در سال ۱۹۸۸ ابداع کردند که مراحل آن به‌صورت زیر

است:

$$\mu_{\bar{n}}(x) = \begin{cases} 0, & x < n_1 \\ \frac{x - n_1}{n_2 - n_1}, & n_1 \leq x \leq n_2 \\ \frac{x - n_3}{n_2 - n_3}, & n_2 \leq x \leq n_3 \\ 0, & x > n_3 \end{cases} \quad \text{رابطه (۱)}$$



شکل ۱. عدد فازی مثلثی  $\bar{n}$

جدول ۱. متغیرهای زبانی برای وزن دهی معیارها

متغیر زبانی	عدد فازی مثلثی
اهمیت خیلی کم (VLI)	(۰/۱ ، ۰/۱ ، ۰/۳)
اهمیت کم (LI)	(۰/۱ ، ۰/۳ ، ۰/۵)
اهمیت متوسط (MI)	(۰/۳ ، ۰/۵ ، ۰/۷)
اهمیت بالا (HI)	(۰/۵ ، ۰/۷ ، ۰/۹)
اهمیت خیلی بالا (VHI)	(۰/۷ ، ۰/۹ ، ۰/۹)

جدول ۲. متغیرهای زبانی برای ارزیابی گزینه‌ها

متغیر زبانی	عدد فازی مثلثی
خیلی کم (VL)	(۱ ، ۱ ، ۳)
کم (L)	(۱ ، ۳ ، ۵)
متوسط (M)	(۳ ، ۵ ، ۷)
زیاد (H)	(۵ ، ۷ ، ۹)
خیلی زیاد (VH)	(۷ ، ۹ ، ۹)

گام ۱: از افراد خبره خواسته می شود که پیش بینی خود را در مورد پرسشنامه ارائه شده، انجام دهند. اگر تعداد افراد خبره، معیارها و گزینهها به ترتیب  $m, n, k$  باشد، ماتریس تصمیم فازی گزینهها  $\tilde{D}$  و ماتریس وزن فازی معیارها  $\tilde{W}$  به صورت زیر است:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}, \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1 \quad \tilde{w}_2 \quad \dots \quad \tilde{w}_n]$$

که در آنها  $\tilde{w}_j$  و  $\tilde{x}_{ij}$  متغیرهای زبانی است که با اعداد فازی مثلثی بیان می شوند.  
گام ۲: میانگین ارزیابی های انجام گرفته با استفاده از رابطه های زیر محاسبه شده است:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{x}_{ij}^1 \oplus \tilde{x}_{ij}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}_{ij}^k] \quad \text{رابطه ۲}$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{k} [\tilde{w}_j^1 \oplus \tilde{w}_j^2 \oplus \dots \oplus \tilde{w}_j^k] \quad \text{رابطه ۳}$$

که اعداد فازی مثلثی  $\tilde{x}_{ij}^k$  و  $\tilde{w}_j^k$  ارزیابی نفر خبره  $k$ ام برای گزینهها و معیارها هستند. میانگین های به دست آمده با معادل فازی متغیرهای زبانی مقایسه شده و مشخص می شود که نتایج به دست آمده معادل یا نزدیک به کدام متغیرهای زبانی اند.

گام ۳: از افراد خبره خواسته می شود که با توجه به فاصله نظر آنها با میانگین های به دست آمده، در صورت صلاحدید یک پیش بینی جدید ارائه دهند یا نظر قبلی خود را اصلاح کنند. فاصله دو عدد فازی مثلثی، با کمک رابطه ۹ محاسبه می شود.

گام ۴: دوباره به مرحله دوم بازمی گردیم و این فرایند را آن قدر تکرار می کنیم تا به اجماع یا ثبات نظر برسیم و به عبارتی اختلاف میانگین دو دور متوالی آخر از یک حد آستانه کمتر باشد.

### روش تاپسیس فازی

روش تاپسیس یک روش تصمیم گیری چندمعیاره است که توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ ارائه شد. در این روش گزینه منتخب باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی داشته باشد. در روش تاپسیس کلاسیک از اعداد قطعی برای ارزیابی گزینهها استفاده شده است. برای استفاده از این روش در یک محیط فازی به تغییراتی در آن نیاز است. در این مقاله از روش تاپسیس فازی استفاده شده است که چن (۲۰۰۰) مراحل آن را به صورت زیر شرح داده است:

مرحله ۱: افراد خبره به کمک متغیرهای زبانی، ارزش هر معیار و گزینه را مشخص می کنند.  
 مرحله ۲: میانگین وزن معیارها و گزینه‌ها با رابطه‌های ۲ و ۳ به دست می آیند.  
 مرحله ۳: ماتریس تصمیم به دست آمده با استفاده از بی‌مقیاس سازی خطی نرمالیزه می شود.  
 اگر معیار از نوع سود (مثبت) باشد از رابطه ۴ استفاده می شود:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad \text{رابطه ۴}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad c_j^* = \max_i c_{ij}$$

و اگر معیار از نوع هزینه (منفی) باشد از رابطه ۵ استفاده می شود:

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad a_j^- = \min_i a_{ij} \quad \text{رابطه ۵}$$

مرحله ۴: با استفاده از ماتریس وزن معیارها ( $\tilde{W}$ ) و ماتریس نرمال شده ( $\tilde{R}$ )، ماتریس نرمال وزن دهی شده ( $\tilde{V}$ ) به دست می آید:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \odot \tilde{w}_j, \quad i=1, 2, \dots, m, \quad j=1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه ۶}$$

مرحله ۵: فاصله هر گزینه از راه‌حل‌های ایده‌آل فازی مثبت و منفی که به ترتیب با  $d_i^*$  و  $d_i^-$  نشان داده می شوند، با رابطه‌های ۷ و ۸ محاسبه می شوند:

$$A^* = (v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*), \quad \tilde{v}_j^* = (1, 1, 1), \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-), \quad \tilde{v}_j^- = (0, 0, 0), \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{رابطه ۷}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{رابطه ۸}$$

که در آن،  $d(,)$  فاصله دو عدد فازی از هم است و به این صورت محاسبه می شود که اگر  $\tilde{p} = (p_1, p_2, p_3)$  و  $\tilde{q} = (q_1, q_2, q_3)$  باشد، آن گاه فاصله آن دو از هم با رابطه ۹ حاصل می شود:



$$d(\tilde{p}, \tilde{q}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + (p_3 - q_3)^2]} \quad \text{رابطه ۹}$$

مرحله ۶: ضریب نزدیکی هر گزینه به صورت زیر به دست می آید:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{رابطه ۱۰}$$

مرحله ۷: گزینه‌ها را بر اساس ضریب‌های نزدیکی به دست آمده، به صورت نزولی مرتب می‌کنیم. گزینه‌های که  $d_i^-$  بیشتر و  $d_i^*$  کمتر داشته باشند، ضریب نزدیکی آنها به عدد یک نزدیک‌تر است و در نتیجه گزینه‌های برترند.

### یافته‌های پژوهش

در یک مطالعه موردی با کمک پنج فرد خبره، تأمین‌کننده‌های صنعت قطعه‌سازی خودرو ایران ارزیابی شدند. نظرسنجی اول برای وزن‌دهی معیارها صورت گرفت که نتیجه دور اول آن در جدول ۳ نشان داده شده است. میانگین نظرها محاسبه و مشخص شد که اعداد فازی مثلثی به دست آمده در محدوده کدام متغیرهای زبانی قرار دارند. در دور دوم از افراد خبره خواسته شد که با توجه به اختلاف نظر آنها با میانگین وزن‌های محاسبه شده، پیش‌بینی خود را در صورت صلاحدید، اصلاح کنند. بعد از گردآوری پرسشنامه‌ها، دوباره میانگین وزن هر معیار محاسبه شد و با توجه به ثباتی که نسبت به دور قبلی داشت، دیگر نیازی به ادامه نظرسنجی نبود و نتیجه به دست آمده به عنوان وزن معیارها لحاظ شد (جدول ۴).

جدول ۳. وزن‌دهی معیارها توسط افراد خبره - دور اول

کیفیت	قیمت	زمان تحویل	ضمانت و جبران
خبره ۱	HI	HI	HI
خبره ۲	VHI	MI	HI
خبره ۳	VHI	HI	VHI
خبره ۴	HI	HI	VHI
خبره ۵	VHI	MI	VHI
میانگین	(۰/۶۲ ، ۰/۸۲ ، ۰/۹)	(۰/۵ ، ۰/۷ ، ۰/۸۶)	(۰/۴۶ ، ۰/۶۶ ، ۰/۸۶)

جدول ۴. وزن دهی معیارها توسط افراد خبره - دور دوم

کیفیت	قیمت	زمان تحویل	ضمانت و جبران
خبره ۱	HI	HI	HI
خبره ۲	VHI	MI	HI
خبره ۳	VHI	HI	VHI
خبره ۴	HI	HI	VHI
خبره ۵	VHI	VHI	HI
میانگین	(۰/۶۲ ، ۰/۸۲ ، ۰/۹)	(۰/۵ ، ۰/۷ ، ۰/۸۶)	(۰/۵۸ ، ۰/۷۸ ، ۰/۹)

جدول ۵. ارزیابی گزینه‌ها توسط افراد خبره

گزینه ۱ درجه ۱				گزینه ۲ درجه ۲				گزینه ۳ درجه ۳			
کیفیت	قیمت	زمان تحویل	ضمانت و جبران	کیفیت	قیمت	زمان تحویل	ضمانت و جبران	کیفیت	قیمت	زمان تحویل	ضمانت و جبران
خبره ۱	H	L	H	H	M	M	M	M	M	M	L
خبره ۲	VH	L	H	VH	M	L	M	H	M	M	L
خبره ۳	VH	VL	VH	VH	H	L	H	H	M	L	M
خبره ۴	H	VL	H	VH	H	L	H	H	M	L	L
خبره ۵	H	L	M	H	M	L	M	M	L	L	L

از افراد خبره خواسته شد ارزیابی خود را از یک تأمین کننده درجه یک، درجه دو و درجه سه ارائه دهند تا برای رتبه بندی های آتی، حداقل مقدار به ازای هر معیار مشخص شود. نتیجه نهایی نظرسنجی در جدول ۵ آمده است.

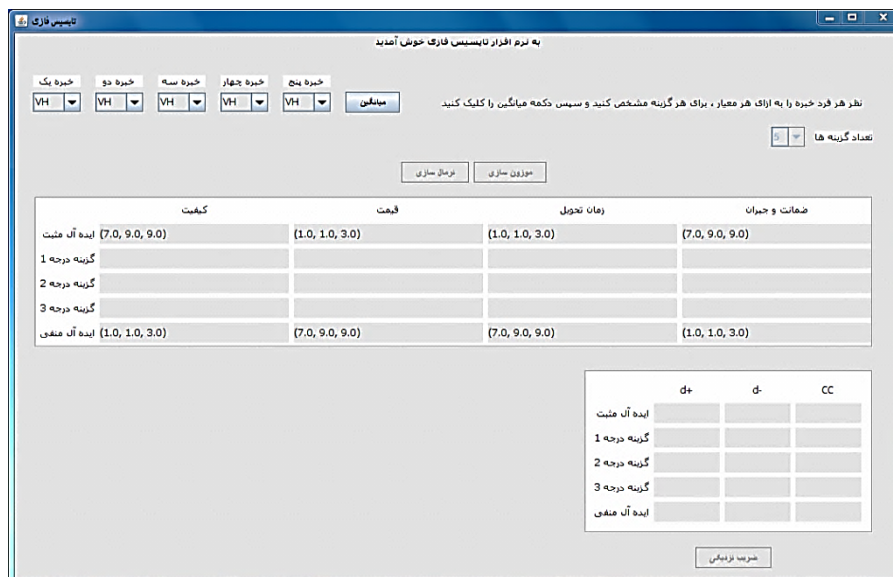
در این مرحله برای سهولت محاسبات تاپسیس فازی، نرم افزاری با زبان جاوا طراحی شد (شکل ۲). به منظور اینکه محاسبات آتی قابل قیاس با محاسبات قبلی باشد، دو آستانه به نام های ایده آل مثبت و ایده آل منفی تعریف شد (جدول ۶). با وارد کردن داده های جدول ۵ به این نرم افزار، میانگین آنها محاسبه می شود (شکل ۳) و بدین ترتیب سه آستانه دیگر برای

ارزیابی‌های آتی به‌دست می‌آید. روش ارائه‌شده شبیه به‌روش الکترون تری است، با این تفاوت که ما درگیر تعیین حدود آستانه‌ها و دیگر ثابت‌ها که به تجربه و خبرگی زیادی نیاز دارند، نمی‌شویم.

جدول ۶. آستانه‌های ایده‌آل مثبت و منفی

کیفیت	قیمت	زمان تحویل	ضمانت و جبران
ایده‌آل مثبت	VH	VL	VH
ایده‌آل منفی	VL	VH	VL

بعد از محاسبه نرمال‌سازی و موزون‌سازی ماتریس تصمیم (شکل‌های ۴ و ۵)، ضریب نزدیکی هر گزینه به راه حل‌های ایده‌آل محاسبه می‌شود (شکل ۶) تا مقادیر  $d_i^*$ ،  $d_i^-$  و  $CC_i$  برای هر رده مشخص شود. بدین ترتیب با محاسبه مقادیر سه آستانه دیگر، فضای حالت را کاهش می‌دهیم. به‌طور مثال با قطعیت می‌توان گفت که گزینه‌ای با معیارهای کیفیت H، قیمت L، زمان تحویل L و ضمانت و جبران H در چه رده‌ای قرار دارد و این دانش به‌دست‌آمده به‌صورت قوانین در سیستم پیشنهادی استفاده می‌شود.



شکل ۲. نمایشی از فرم ورودی نرم‌افزار

	کیفیت	قیمت	زمان تحویل	ضمانت و جبران
ایده آل مثبت	(7.0, 9.0, 9.0)	(1.0, 1.0, 3.0)	(1.0, 1.0, 3.0)	(7.0, 9.0, 9.0)
گزینه درجه 1	(6.2, 8.2, 9.0)	(5.0, 7.0, 8.6)	(1.0, 2.2, 4.2)	(5.8, 7.8, 9.0)
گزینه درجه 2	(4.2, 6.2, 8.2)	(3.8, 5.8, 7.8)	(1.4, 3.4, 5.4)	(3.8, 5.8, 7.8)
گزینه درجه 3	(1.8, 3.8, 5.8)	(2.6, 4.6, 6.6)	(1.8, 3.8, 5.8)	(1.8, 3.8, 5.8)
ایده آل منفی	(1.0, 1.0, 3.0)	(7.0, 9.0, 9.0)	(7.0, 9.0, 9.0)	(1.0, 1.0, 3.0)

شکل ۳. میانگین نظر افراد خبره

	کیفیت	قیمت	زمان تحویل	ضمانت و جبران
ایده آل مثبت	(0.78, 1.0, 1.0)	(0.33, 1.0, 1.0)	(0.33, 1.0, 1.0)	(0.78, 1.0, 1.0)
گزینه درجه 1	(0.69, 0.91, 1.0)	(0.12, 0.14, 0.2)	(0.24, 0.45, 1.0)	(0.64, 0.87, 1.0)
گزینه درجه 2	(0.47, 0.69, 0.91)	(0.13, 0.17, 0.26)	(0.19, 0.29, 0.71)	(0.42, 0.64, 0.87)
گزینه درجه 3	(0.2, 0.42, 0.64)	(0.15, 0.22, 0.38)	(0.17, 0.26, 0.56)	(0.2, 0.42, 0.64)
ایده آل منفی	(0.11, 0.11, 0.33)	(0.11, 0.11, 0.14)	(0.11, 0.11, 0.14)	(0.11, 0.11, 0.33)

شکل ۴. نتیجه نرمال سازی

	کیفیت	قیمت	زمان تحویل	ضمانت و جبران
ایده آل مثبت	(0.48, 0.82, 0.9)	(0.18, 0.74, 0.9)	(0.17, 0.7, 0.86)	(0.45, 0.78, 0.9)
گزینه درجه 1	(0.43, 0.75, 0.9)	(0.06, 0.11, 0.18)	(0.12, 0.32, 0.86)	(0.37, 0.68, 0.9)
گزینه درجه 2	(0.29, 0.56, 0.82)	(0.07, 0.13, 0.24)	(0.09, 0.21, 0.61)	(0.24, 0.5, 0.78)
گزینه درجه 3	(0.12, 0.35, 0.58)	(0.08, 0.16, 0.35)	(0.09, 0.18, 0.48)	(0.12, 0.33, 0.58)
ایده آل منفی	(0.07, 0.09, 0.3)	(0.06, 0.08, 0.13)	(0.06, 0.08, 0.12)	(0.06, 0.09, 0.3)

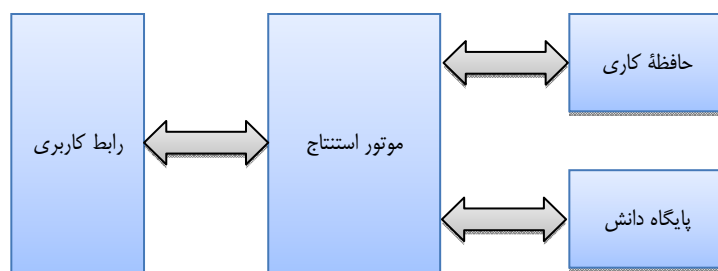
شکل ۵. نتیجه موزون سازی ماتریس نرمال شده

	d+	d-	CC
ایده آل مثبت	1.6856682	2.819436	0.6258315
گزینه درجه 1	2.3106527	2.0634055	0.4717371
گزینه درجه 2	2.6186476	1.6909864	0.39237353
گزینه درجه 3	2.9411983	1.3125482	0.30856284
ایده آل منفی	3.5344987	0.5539684	0.13549538

شکل ۶. محاسبه ضریب نزدیک برای هر گزینه

### سیستم خبره

سیستم خبره یک برنامه کامپیوتری است که رفتار انسان‌های متخصصی را تقلید می‌کند که مسائل دنیای واقعی را در یک حوزه دانش خاص حل می‌کنند (وگورکا، چوبینه و وادی ۱۹۹۶). سیستم خبره ابزارهای نیرومندی را برای حل مسائل مختلف مهیا می‌کند که حل آنها به روش‌های مرسوم غیرممکن است، همچنین سیستم خبره یکی از شاخه‌های موفق هوش مصنوعی از نظر تجاری است (متاکسیوتیس، پساساس و اسکونیس، ۲۰۰۲). برای ایجاد این گونه سیستم‌ها، ابتدا باید دانش را از افراد خبره کسب و سپس به صورت قوانین تعریف کرد. سیستم خبره دارای قسمت‌های مستقل موتور استنتاج، پایگاه دانش و حافظه کاری است (شکل ۷). موتور استنتاج با توجه به حقایقی که در حافظه کاری وجود دارد، قوانین را در پایگاه دانش تفسیر می‌کند تا نتیجه را به دست آورد.



شکل ۷. اجزای یک سیستم مبتنی بر قانون

یکی از سیستم‌های خبره موفق MYCIN است که عفونت‌های باکتریایی خون را تشخیص می‌دهد. برای طراحی یک سیستم خبره، به یک زبان برنامه‌نویسی هوش مصنوعی یا یک پوسته سیستم خبره مناسب نیاز است. پوسته شامل موتور استنتاج و قسمت‌های کارکردی است، در واقع سیستم خبره‌ای است که دانش آن حذف شده است، مانند EMYCIN. برنامه‌های کاربردی برای زمان‌بندی تولید، کنترل کیفیت و پیش‌بینی از مواردی است که در زمینه سیستم خبره صورت گرفته‌اند (وگورکا، چوبینه و وادی ۱۹۹۶). آتاناسوپولوس، ریبیا و آتاناسوپولوس (۲۰۰۹) یک سیستم خبره برای انتخاب طراحی کرد که در آن هم متغیرهای کمی و هم کیفی بررسی شدند. مدل ریاضی با مجموعه‌های فازی توسعه داده شد و از متد ماکس-مین برای ارزیابی گزینه‌ها و از روش تاپسیس برای رتبه‌بندی استفاده شد. در نهایت فرایند ارائه‌شده در قالب یک نرم‌افزار تصمیم‌یار ایجاد شد. هدف ما ساخت یک سیستم تصمیم‌یار است که کاربر را در انتخاب

و ارزیابی تأمین‌کننده یاری کند. کاربر هنگام مشاوره با سیستم، ارزیابی شخصی خود را از معیارهای تأمین‌کننده مورد نظر به سیستم ارائه می‌دهد و سیستم با دانش خود نتیجه را اعلام می‌کند. در قسمت بعد مرحله کسب دانش و سپس طراحی و ایجاد سیستم بیان می‌شود.

### کسب دانش

کسب دانش فرایند مشکل و وقتگیری است و تمام موفقیت سیستم وابسته به آن است، به طوری که از آن به عنوان گلوگاه کسب دانش یاد می‌شود، زیرا توسعه سیستم خبره را محدود می‌کند (جکسون ۱۹۹۸). دانش را می‌توان به کمک مصاحبه، پرسشنامه و متون منتشرشده در یک حوزه خاص به دست آورد. در این طرح، مقالات و کتاب‌های مرتبط با این حوزه، بررسی شد و پس از شناسایی معیارهای مهم، با روش دلفی فازی، از افراد خبره خواسته شد تا میزان اهمیت هر معیار را در انتخاب تأمین‌کننده ارائه دهند تا وزن آنها به دست آید (جدول ۴). برای اینکه محاسبات بعدی و رتبه‌بندی‌ها با روش تاپسیس فازی، صحیح و پذیرفتنی باشند، ابتدا دو آستانه پیش فرض ایده‌آل مثبت و منفی (جدول ۶) در نظر گرفته شد و سپس برای مشخص کردن سه آستانه دیگر، در پرسشنامه‌ای از افراد خبره سؤال شد که با در نظر گرفتن تأمین‌کننده‌های قطعات خودرو در ایران، ارزیابی خود را از یک تأمین‌کننده درجه یک، یک تأمین‌کننده درجه دو و یک تأمین‌کننده درجه سه بیان کنند (جدول ۵)؛ به این ترتیب سه آستانه دیگر به دست آمد. با کمک نرم‌افزاری که برای اجرای روش تاپسیس فازی طراحی شد، میانگین نظر افراد خبره به دست آمد و سپس نرمال‌سازی و موزون‌سازی ماتریس تصمیم و محاسبه ضریب نزدیکی هر گزینه انجام گرفت (شکل‌های ۳ تا ۶).

با وجود این پنج آستانه، شبیه روش الکترونیک تری، می‌توان گزینه‌ها را به چهار گروه تقسیم کرد: گروه درجه یک، گروه درجه دو، گروه درجه سه و گروه نامناسب. تا این مرحله می‌توان از دانش به دست آمده، قوانینی را استخراج کرد. به طور مثال اگر تأمین‌کننده‌ای دارای کیفیت  $L$ ، قیمت  $M$ ، زمان تحویل  $M$  و ضمانت و جبران  $L$  باشد، با در نظر گرفتن شکل ۳ می‌توان گفت که این تأمین‌کننده نامناسب است. قوانین دیگری را که به این صورت قابل نتیجه‌گیری هستند استخراج می‌کنیم. با داشتن چهار معیار و پنج مقدار مختلف برای هر کدام از آنها، تعداد قوانین، حداکثر برابر  $5^4 = 625$  است. در برخی شرایط نمی‌توان با قطعیت اظهار نظر کرد؛ به طور مثال اگر تأمین‌کننده‌ای با سطح کیفیت  $M$ ، قیمت  $M$ ، زمان تحویل  $M$  و ضمانت و جبران  $M$  را داشته باشیم از شکل ۳ نمی‌توان گروه آن را مشخص کرد. برای حل این مشکل باید در زمان پیاده‌سازی سیستم تمهیدی لحاظ شود که در زمان اجرای نرم‌افزار، ضریب نزدیکی آن محاسبه و

با در نظر گرفتن مقادیر شکل ۶، گروه آن تعیین شده و همان لحظه قانون جدید به سیستم افزوده شود.

### طراحی و پیاده‌سازی سیستم

برای طراحی سیستم خبره از Jess<sup>۱</sup> استفاده شد. این زبان برنامه‌نویسی قانون را که در واقع یک پوسته سیستم خبره و کاملاً بر مبنای جاوا است، ارنست فریدمن در سال ۱۹۹۵ در آزمایشگاه‌های ملی سان‌دیا ایجاد کرد. Jess انعطاف‌پذیری زیادی دارد و می‌تواند در برنامه‌های جاوای مبتنی بر خط فرمان، مبتنی بر رابط گرافیکی کاربر، مبتنی بر وب و اپلت‌ها به کار رود. این زبان قانون از کلیس الهام گرفته و گرامر آن شبیه به لیسپ است. Jess نسبت به خیلی از موتورهای استنتاج از جمله کلیس سریع‌تر است و نوع توسعه‌یافته‌ای از الگوریتم تورینه که برای تطابق الگو در آن استفاده شده بسیار کاراست. این الگوریتم به حافظه زیادی نیاز دارد و Jess برای کنترل این موضوع از دستورهایی که در جاوا برای مدیریت حافظه وجود دارد استفاده کرده است (فریدمن - هیل، ۲۰۰۳). الگوریتم تورینه، شبکه‌ای از گره‌هاست که هر گره به جز ریشه، مطابق با یک الگو در سمت چپ یک قانون است. هر مسیر از ریشه تا یک برگ، سمت چپ یک قانون را معرفی می‌کند و هر گره دارای حافظه‌ای برای حقایقی است که آن الگو را ارضا می‌کند. هر گاه حقیقت (واقعیت) یا حقایقی اظهار شوند، در تمام شبکه منتشر می‌شوند و اگر تمام گره‌های منتهی به یک برگ ارضا شوند، قانون مربوط به آن فعال می‌شود.

سیستم خبره‌ای را که در زیر مراحل و چگونگی ایجاد آن شرح داده می‌شود، ESSE<sup>۲</sup> نامیدیم. قوانین و دیگر تعریف‌های مربوط به سیستم در فایل جداگانه‌ای با نام ES.clp به زبان Jess نوشته شد.

برای بهره بردن از یک رابط گرافیکی خوب، از محیط برنامه‌نویسی 7 Netbeans برای نوشتن کدهای جاوا استفاده شد. برای اجرای این فایل در محیط برنامه‌نویسی جاوا، فایل Jess.java را در مسیر نصب jdk قرار می‌دهیم و با دستور \* import jess، آن را به پروژه اضافه می‌کنیم و سپس با درج کدهای زیر، سیستم خبره قابل اجرا می‌شود:

```
Rete engine = new Rete ();
engine.batch("ES.clp");
engine.reset();
engine.runUntilHalt();
engine.run();
```

- 
1. Java Expert System Shell
  2. Expert System for Supplier Evaluation

به دلیل اینکه برخی از قوانین در سیستم ارائه شده، ممکن است در حین اجرا به آن افزوده شود؛ با ایجاد اصلاحاتی جزئی در نرم افزار تاپسیس فازی، شرایط این کار فراهم شد. با اجرای سیستم ESSE و دریافت ورودی کاربر، مشاوره لازم ارائه می شود. در صورتی که داده های ورودی با هیچ قانونی از سیستم تطبیق داده نشود کاربر به قسمت تاپسیس فازی هدایت می شود و همزمان با اعلام نتیجه محاسبات، قانون جدید به سیستم خبره اضافه می شود. این سیستم با کمک افراد خبره و آزمودن چندین گزینه مختلف، آزمون شد و نتیجه ها پذیرفته شد.

### نتیجه گیری و پیشنهادها

در این مقاله برای کمک به تصمیم گیرندگان بخش خرید در سازمان ها، طراحی و ساخت یک سیستم خبره پیشنهاد شده است تا با استفاده از امکانات فناوری اطلاعات، سازمان ها را در تصمیم گیری یاری کرد. برای مشخص کردن معیارهای مهم و تأثیرگذار در امر انتخاب، مقالات مرتبط بررسی شد و سپس با روش دلفی فازی، معیارهای مهم وزن دهی شدند و سه تأمین کننده فرضی درجه یک، درجه دو و درجه سه ارزیابی شدند. رتبه بندی به همراه دو گزینه دیگر به نام های ایده آل مثبت و ایده آل منفی، با روش تاپسیس فازی انجام گرفت تا پنج آستانه برای رده بندی گزینه های آتی به دست آید. به این ترتیب توانستیم قسمت هایی از دانش لازم را استخراج کنیم تا سیستم آن ها را به منزله قوانین به کار گیرد. سیستم خبره پیشنهادی ESSE، توانایی یادگیری در حین اجرا را دارد و پایگاه دانش آن قابل بهنگام سازی است. طراحی و پیاده سازی این سیستم با زبان Jess صورت گرفت و برای ایجاد یک رابط گرافیکی کاربرپسند از جاوا استفاده شد. سیستم ارائه شده با چند نمونه، آزمایش شد و پس از مقایسه با ارزیابی افراد خبره در مورد همان گزینه ها، نتیجه رضایت بخش بود. می توان این سیستم را در آینده به صورت تحت وب پیاده کرد و با اعمال تغییراتی، آن را به صورت آنلاین در تمام صنایع به کار گرفت و علاوه بر هسته سیستم تحت وب، یعنی سیستم خبره، با افزودن تسهیلاتی برای مشارکت متخصصان، خریداران و مصرف کنندگان و گروه بندی آنها در حوزه های مختلف صنعت، این امکان را به وجود آورد تا ضمن جمع آوری نظرهای مختلف و محاسبه میانگین فازی آنها در دوره های مختلف، اطلاعات مفیدی را کسب کرد و مقادیر آستانه برای رتبه بندی را بهنگام سازی کرده تا هر چه بیشتر به واقعیت نزدیک شوند. حتی می توان با افزودن جزئیات بیشتری به سیستم تحت وب، به کاربران امکان داد تا تأمین کنندگان یک محصول خاص را ارزیابی کنند و نتایجی که سیستم خبره از این نوع ارزیابی ها ارائه می دهد در یک بخش از وب سایت ثبت شود. به این ترتیب وقتی صنایع گوناگون به صورت لحظه ای در معرض یک ارزیابی عمومی قرار



می‌گیرند، برای ارتقای ویژگی‌های محصولات خود بیشتر تلاش می‌کنند و این موجب گرمی بازار رقابتی می‌شود و از طرفی با صرف کمترین هزینه و وقت، کمک شایانی به خریداران در انتخاب تأمین کننده مناسب می‌کند.

## References

- Albino, V. & Garavelli, A.C. (1998). A neural network application to subcontractor rating in construction firms. *International Journal of Project Management*, 16 (1): 9-14.
- 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.
- Amiri, M. & Jahani, S. (2010). Application of IDEA/AHP for Supplier evaluation and Selection. *Journal of Industrial Management* 2(5): 5-18. (in Persian)
- Anjali Awasthi, Chauhan, S.S. & Goyal, S.K. (2011). A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty. *Mathematical and Computer Modeling*, 53(1-2): 98-109.
- Araz, C., Ozfirat, P.M. & Ozkarahan, I. (2007). An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management. *Computers & Operations Research*, 34(12): 3738-3756.
- Athanasopoulos, G., Riba, C. R. & Athanasopoulos, C. (2009). An Expert system for coating selection based on fuzzy logic and multi criteria system decision making. *Expert System with application*, 36: 10848-10853.
- Bellman, R.E. & Zadeh, L.A. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Sci.* 17 (4): 141-164.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E. & Giacchetta, G. (2006). A fuzzy-QFD approach to supplier selection. *Journal OF Purchasing and Supply Management*, 12(1): 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(4): 1013-1027.
- Chen, C.M. (2009). A fuzzy-based decision-support model for rebuy procurement. *International Journal of Production Economics*, 122(2): 714-724.
- Chen, Y.J. (2011). Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain, *Information Sciences*, 181(9): 1651-1670.

- Chen, T.C. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, *Fuzzy Sets and Systems*. 114(1): 1-9.
- Chen, T.C. & Ching-Torng, L. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *Production Economics*. 102: 289-301.
- Dickson, G.W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing*, 2 (1): 5-17.
- Dursun, M. & Karsak, E. E. (2013). A QFD-based fuzzy MCDM approach for supplier selection. *Applied Mathematical Modeling* 37: 5864-5875.
- Evans, R.H. (1981). Product involvement and industrial buying, *J. Purch. Mater. Manage.* 18: 23-28.
- Faez, F., Ghodsypour, S.H. & O'Brien, C. (2009). Vendor selection and order allocation using an integrated fuzzy case-based reasoning and mathematical programming model. *International Journal of Production Economics*, 121: 395-408.
- Friedman-Hill, E. (2003). *Jess in Action: Java Rule-Based Systems*, Manning Publications Co., Greenwich, CT.
- 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.
- Haq, A.N. & Kannan, G. (2006). Design of an integrated supplier selection and multi-echelon distribution inventory model in a built-to-order supply chain environment. *International Journal of Production Research*, 44(10): 1963-1985.
- Ho, W., Xu, X. D. & Prasanta K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202: 16-24.
- Hou, J. & Su, D. (2007). EJB-MVC oriented supplier selection system for mass customization. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 18 (1): 54 - 71.
- Hsu, H.M. & Chen, C.T. (1994). Fuzzy hierarchical weight analysis model for multicriteria decision problem. *J. Chinese Inst. Industrial Eng.* 11(3): 129-136.
- Hwang, C.L. & Yoon, K. (1981). *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*, Springer, Berlin Heidelberg.
- Jackson P. (1998). *Introduction to Expert Systems*. 3rd ed. USA: Addison Wesley.

- Kaufmann, A. & Gupta, M. M. (1988). *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science*. Elsevier Science Inc., New York.
- Kaufmann, A. & Gupta, M.M. (1985). *Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Khoo, L.P., Tor, S.B. & Lee, S.S.G. ( 1998). The potential of intelligent software agents in the World Wide Web in the automated part procurement. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 34(1): 46-52.
- Li, C.C. & Fun, Y.P. (1997). A new measure for supplier performance evaluation. *IIE Transactions*, 29(1): 753-758.
- Metaxiotis, K. S., Psarras, J. E. & Askounis, D. T. (2002). Gensys: An expert system for production scheduling. *Industrial Management and Data System*, 102: 309-317.
- Saen, R.F. (2007). Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data, *European Journal of Operational Research*, 183 (2): 741-747.
- Safari, H. & Talebi, J. (2011). Locating automatic industrial facilities of Group Bahman using ZOLP and Fuzzy TOPSIS. *Journal of Industrial Management* 3(6): 59 – 80. (in Persian)
- Shahbandar Zadeh, H., Jafarnezhad, A. & Reeysi, R. (2011). Using a Modified Extension of Mixed Fuzzy and Crisp Axiomatic Design Method in Vendor Selection for Supply Chain. *Journal of Industrial Management*, 3(7): 37-54. (in Persian)
- Shahriari, S., Razavi, S. & Asgharizadeh, E. (2013). Fuzzy DEA and modern approach FIEP / AHP for full ranking DMU (Case Study: Tehran University, Faculty of Humanities). *Journal of Industrial Management*, 5(1): 21 – 42. (in Persian)
- Vokurka, R.J., Choobineh, J. & Vadi, L. (1996). A prototype expert system for the evaluation and selection of potential suppliers. *International Journal of Operations and Production Management*. 16(12): 106-127.
- Weber, C.A., Current, J.R. & Benton, W.C. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50 (1): 2-18.
- 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.