

Application of Taguchi experimental design and fuzzy inference system in designing expert system for supplier selection (Case study: Ceramic tile industry of Yazd province)

Zahra dehghan mongabadi ¹  | Negar Jalilian ^{2*}  |

1. master's degree in production and operations management, university of science and art
email: z.dehghan@stu.sau.ac.ir
2. phd in production and operations management, yazd university email: negar.jalilian@stu.yazd.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Practical Article	Objective: The purpose of this research is to provide a fuzzy expert system for selecting suppliers in the tile and ceramic industry Methodology: The research is a descriptive survey in terms of applied purpose, in terms of controlling variables, and a field method has been used to collect data. Questionnaires and interviews were the tools used.
Article history: Received: Revised: Accepted:	Conclusion: The results of the research include providing a fuzzy expert system for supplier selection and using the model and sensitivity analysis, it was concluded that quality is the most important factor in selecting a supplier of ceramic tile industry and is directly related to other criteria .
Keywords: Supply chain, supplier selection, design of Taguchi experiments, fuzzy inference system.	Originality: one of the most essential activities to create a suitable supply chain is the process of selecting a suitable supplier who is able to provide the buyers needs in terms of quality products at a suitable price and at a suitable time and volume.
Cite this article: Last Name, Initial., Last Name, Initial., & Last Name, Initial. (2021). Title of paper. <i>Academic Librarianship and Information Research</i> , 54 (4), 1-20. DOI: 00000000000000000000	
© The Author(s).	
DOI: 00000000000000000000000000000000	
, Vol. , No. , 2020, pp. .	

کاربست طراحی آزمایش‌های تاگوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

کاربست طراحی آزمایش‌های تاگوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

زهرا دهقان منگابادی - ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه علم و هنر^{۱*} | نگار جلیلیان - دکتری مدیریت تولید و عملیات
دانشگاه یزد^{۲*}

چکیده

هدف:

یکی از اصلی‌ترین عوامل پایداری و بقا در محیط پرقاب‌ت امروزی کاهش هزینه‌های تولید محصول است. انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب می‌تواند به شکل قابل ملاحظه‌ای هزینه‌های تولید را کاهش و قابلیت رقابت‌پذیری سازمان را افزایش دهد. زیرا در بیشتر صنایع هزینه مواد خام و اجزای تشکیل‌دهنده محصول قسمت عمده‌ای از بهای تمام‌شده محصول را در برمی‌گیرد. هدف از این پژوهش ارائه یک سیستم خبره فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت کاشی و سرامیک است.

ضرورت: از ضروری‌ترین فعالیت‌ها برای ایجاد زنجیره تأمین مناسب فرایند انتخاب تأمین‌کننده مناسب است که قادر به فراهم نمودن نیاز خریدار از نظر محصولات باکیفیت و قیمت مناسب و در یک‌زمان و حجم مناسب باشد، است. برای اینکه یک شرکت بتواند در عرصه پرفراز و نشیب رقابتی امروز موفق و سودآور باقی بماند، می‌بایست با شرکای خود در زنجیره تأمین، باهدف بهبود عملکرد کلی زنجیره به‌طور مداوم تلاش کنند.

روش‌شناسی: پژوهش از نظر هدف کاربردی، از نظر کنترل متغیرها یک تحقیق توصیفی و از نوع پیمایشی و برای جمع‌آوری داده‌ها از روش میدانی استفاده شده است. پرسش‌نامه و مصاحبه، ابزارهای مورد استفاده بوده است. با مطالعه پیشینه پژوهش معیارهای مهم انتخاب تأمین‌کننده مشخص شده و با استفاده از روش طراحی آزمایش‌های تاگوچی و نظرسنجی از خبرگان، معیارها سطح‌بندی و امتیازدهی شدند.

یافته‌ها: از تجمیع نظرات خبرگان به‌صورت عدد فازی و میانگین آن‌ها و محاسبه فاصله اقلیدسی هریک با متغیرهای کلامی برای هر آزمایش به امتیاز تأمین‌کننده دست یافتیم با استفاده از آن قوانین موردنظر جهت طراحی سیستم خبره، تدوین شد. با استفاده از نرم‌افزار متلب و قسمت فازی آن از معیارهای موردنظر و حالات آن به‌عنوان ورودی و توابع عضویت، خروجی شامل امتیاز تأمین‌کننده که معادل فازی مثلثی طیف لیکرت ۵ تایی از خیلی کم تا خیلی زیاد تابع عضویت آن می‌باشد و قوانین استنتاج شامل موارد استخراج شده را وارد نموده و بدین ترتیب سیستم مدنظر طراحی می‌شود.

نتیجه گیری: نتایج حاصل از پژوهش شامل ارائه سیستم خبره فازی جهت انتخاب تأمین کننده است و با به کار گیری مدل و تحلیل حساسیت آن نتیجه شد که معیار کیفیت به عنوان مهم ترین عامل در انتخاب تأمین کننده صنعت کاشی و سرامیک است و با سایر معیار ها رابطه مستقیم دارد. به طور کلی می توان با در نظر گرفتن کیفیت محصول به عنوان اولویت اول خود با توجه به اینکه صنعت کاشی و سرامیک از جمله صناعی است که کیفیت محصول نهایی برای مشتری حائز اهمیت می باشد. به سنجش سایر معیارهای مورد نظر پردازند.

کلیدواژه ها: زنجیره تأمین، انتخاب تأمین کنندگان، طراحی آزمایش های تاگوچی، سیستم استنتاج فازی

استناد: نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام؛ و نام خانوادگی، نام (سال). عنوان مقاله.

دریافت مقاله:

پذیرش مقاله:

مقدمه

از بنیادی‌ترین عوامل اثرگذار بر حفظ بقا سازمان‌ها و حرکت آن‌ها به سمت پایداری، کاهش هزینه‌های تولید محصول است. در همین راستا انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب می‌تواند از طریق کاهش هزینه‌های مربوط به خرید و حمل مواد خام موردنیاز تولید به شرکت علاوه بر کاهش چشم‌گیر هزینه‌های تهیه مواد و قطعات یا خدمات، سبب می‌شود تا بخش عمده‌ی بهای تمام شده محصول کاهش یابد که این امر می‌تواند قابلیت رقابت‌پذیری سازمان‌ها را از منظر قیمت مناسب در بازار افزایش دهد (دود کانلوی میلان و همکاران، ۱۳۹۶).

سازمان‌ها ناچارند تا محصولات یا خدمات خود را ارزان‌تر، سریع‌تر و بهتر از رقبایان در اختیار مشتریان قرار دهند. مدیران نیز دریافته‌اند که انجام چنین کاری به‌تنهایی و بدون داشتن تأمین‌کنندگان مناسب و رضایت‌بخش ممکن نیست. بنابراین اهمیت تصمیم‌های مربوط به‌گزینش تأمین‌کننده آشکار شده است. در حقیقت، شرکت‌های تولیدکننده صنعتی بیش از نیمی از منابع عظیم مالی خود را در سرمایه‌گذاری هایشان صرف خرید مواد اولیه و قطعات موردنیاز کرده‌اند. در حال حاضر تغییرات سریع در عرصه جهانی، تحول در عرصه ارتباطات و نحوه تبادل اطلاعات و همچنین کاربرد روزافزون شبکه‌های مجازی، افزایش تقاضا، وجود عدم اطمینان زیاد، وجود رقبای داخلی و افزایش سهم بازار توسط رقبای خارجی، موجب شده تا شرکت‌ها به‌طور روزافزونی به تأمین‌کنندگان خود تکیه نمایند و سعی کنند با تأمین‌کنندگانی همکاری داشته باشند که توانایی لازم در برآوردن نیازهای روزافزون و جدید مشتریان را داشته باشند. (باقر زاده آذر و دری، ۱۳۸۷). امروزه زنجیره تأمین به‌عنوان یک رویکرد یکپارچه برای مدیریت مناسب جریان‌های موجود در زنجیره شامل مواد، کالا، اطلاعات و مالی، توانایی پاسخگویی به شرایط موجود را دارد. در حال حاضر، هیچ یک از شرکت‌ها نمی‌توانند از مدیریت زنجیره تأمین چشم‌پوشی کنند و انتظار بقا داشته باشند همچنین بسیاری از محققان بر این عقیده‌اند که واحد تجزیه و تحلیل در رقابت از تک‌تک شرکت‌ها و سازمان‌ها به زنجیره‌های تأمین تغییر کرده است. یکی از ضروری‌ترین فعالیت‌ها برای ایجاد زنجیره تأمین مناسب فرایند انتخاب تأمین‌کننده مناسب است که قادر به فراهم نمودن نیاز خریدار از نظر محصولات باکیفیت و قیمت مناسب و در یک‌زمان و حجم مناسب باشد، است (محمودی امین و همکاران، ۱۳۹۸).

برای اینکه یک شرکت بتواند در عرصه پرفراز و نشیب رقابتی امروز موفق و سودآور باقی بماند، می‌بایست با شرکای خود در زنجیره تأمین، باهدف بهبود عملکرد کلی زنجیره به‌طور مداوم تلاش کنند. بر همین اساس، امروزه شرکت‌ها بیش از آنکه به فکر رقابت با یکدیگر باشند، خود را بخشی از زنجیره‌های تأمین می‌دانند که در رقابت با سایر زنجیره‌ها هستند. از فرآیندهای اصلی زنجیره تأمین می‌توان خرید و انتخاب تأمین‌کننده را نام برد که با توجه به قرار گرفتن در یکی از بخش‌های حیاتی سازمان یعنی بازرگانی، تأثیرگذاری آن بر تمامی حوزه‌های سازمان مشهود است و اهمیتی فزاینده یافته‌اند به این دلیل که عملکرد واحد بازرگانی در سازمان اثر مستقیم بر چگونگی تولید دارد به‌عنوان مثال خرید یک قطعه نامناسب می‌تواند منجر به توقف خطوط تولیدی و تحمیل هزینه‌های مازاد برای شرکت شود مانند: هزینه فرصت از دست رفته و ضایعات. (محمودی امین و همکاران، ۱۳۹۸).

با توجه به وجود منابع معدنی بسیار ارزان‌قیمت در کشور، از صناعی که می‌تواند برای مدیریت زنجیره تأمین موردتوجه قرار گیرد، صنعت کاشی است. از عمده مشکلات چند سال اخیر این صنعت، افزایش قیمت تمام‌شده کاشی و عدم رقابت‌پذیری قیمتی آن در مقایسه با رقبای خارجی است. شاید بتوان علت اصلی این افزایش قیمت را در مشکلات موجود در زنجیره تأمین این صنعت دانست. صنعت کاشی و سرامیک در سطح استان یزد، از نظر ایجاد شغل و تعداد شرکت توانسته است عنوان بزرگ‌ترین قطب کاشی و سرامیک ایران را به خود اختصاص دهد. اما طی سال‌های اخیر شاهد افول یا ورشکستگی شرکت‌های کاشی و سرامیک به سبب مشکلات اقتصادی و مدیریتی بوده‌ایم. بدیهی است بخش اعظم این افول به علت عدم شناسایی و همراهی با نیازهای روز بازار و یا به عبارتی چابکی در پاسخگویی به نیازهای بازار و مشتریان بوده است. که علی‌رغم صرف انرژی، وقت و هزینه‌های بسیار زیاد جهت انتخاب تأمین‌کنندگانی مناسب با کاستی‌ها و اشکالاتی در زنجیره تأمین خود مواجه بوده‌اند (شاهرودی و همکاران، ۱۳۹۲).

۱. مرورادیات

۱.۱. انتخاب تأمین کنندگان در زنجیره تأمین

انتخاب تأمین کننده فرآیندی است که به دنبال آن تأمین کنندگان مورد ارزیابی قرار گرفته و با توجه به نتیجه حاصل از ارزیابی به عنوان یکی از اعضای زنجیره تأمین برای مشارکت با سازمان انتخاب می شوند. (سین^۱، ۲۰۱۰). بدون تردید مهم ترین و حساس ترین مرحله در فرآیند خرید هر سازمان، ارزیابی و انتخاب تأمین کننده است. زیرا که در بیشتر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل دهنده محصول، قسمت عمده ای از بهای تمام شده محصول را در بر می گیرند. (عظیمیان و همکاران، ۱۳۹۶). برگزیدن تأمین کننده مناسب، فرایندی است مبتنی بر معیارهایی که با شرایط و موقعیت سازمان مطابقت دارند (میکالی و کالی^۲، ۲۰۱۲).

اداره یک مجموعه به هم پیوسته از فعالیت هایی مانند کنترل، برنامه ریزی، هماهنگی، جابه جایی مواد، قطعات و کالای ساخته شده از تأمین کننده به مشتری، مدیریت زنجیره تأمین گفته می شود. (بهروزی مقدم، ۱۳۹۲) مدیریت زنجیره تأمین تلفیقی از هنر و علم است که در جهت بهبود دسترسی به مواد اولیه، ساخت محصولات و یا خدمات و تحویل آن به مشتری مورد استفاده قرار می گیرد. مدیریت زنجیره تأمین از طریق بهبود در روابط زنجیره در جهت دستیابی به مزیت رقابتی^۳ بر یکپارچه سازی فعالیت های زنجیره تأمین و نیز جریان های اطلاعاتی مرتبط با آنها، اقدام می کند؛ لذا، مدیریت زنجیره تأمین عبارت است از فرایند یکپارچه سازی فعالیت های زنجیره تأمین و نیز جریان های اطلاعاتی مرتبط با آن از طریق بهبود و هماهنگ سازی فعالیت ها در زنجیره تأمین تولید و عرضه محصول (نیک نیا، ۱۳۹۳)

۲. پیشینه پژوهش

همایون فر مهدی، گودرزوند چگینی مهرداد، دانشور امیر در سال ۱۳۹۷ با هدف اولویت بندی تأمین کنندگان زنجیره تأمین سبز با استفاده از رویکرد ترکیبی MCDM فازی و تکنیک های دلفی فازی، به چارچوب کارآمدی برای اولویت بندی تأمین کنندگان سبز شرکت سایپا پرداختند. نتایج در سال ۱۳۹۶ باهدف انتخاب تأمین کنندگان با استفاده از روش های بهترین-بدترین و تودیم و ترکیب آنها تلاش کرده است تا مدل جدید و کامل تری ایجاد کند که از آن بتوان برای انتخاب تأمین کنندگان با دقت و سرعت عمل بیشتر استفاده کرد. در مدل ارائه شده توسط وی انتخاب تأمین کنندگان به سه مرحله پیش انتخاب، انتخاب و وزن دهی به معیارها و انتخاب و رده بندی نهایی تأمین کنندگان تقسیم بندی شده است. در مرحله اول تأمین کنندگان اولیه مورد بررسی قرار گرفته و تعدادی برای رفتن به مرحله بعد انتخاب می شوند، سپس با استفاده از روش بهترین-بدترین معیارها انتخاب و وزن دهی می شوند و در نهایت با استفاده از روش تودیم تأمین کنندگان نهایی انتخاب و رده بندی خواهند شد.

دود کانلوی میلان مهران، جعفرزاده قوشچی سعید، در سال ۱۳۹۶ باهدف ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان با استفاده از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی، تابع زیان تاگوچی، برنامه ریزی آرمانی مدل کمی ارائه نمودند که این رویکرد تصمیم گیرنده را قادر می سازد تا تأمین کنندگان مناسب را براساس کم ترین

¹ Saen

² Mwikali, R., & Kavale

³ Competitive Advantage

کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

زیان و بالاترین سطح مطلوبیت برای دستیابی به مناسب‌ترین سیاست در قبال اهداف خود انتخاب کند. نیک‌نیا در سال (۱۳۹۳)، باهدف ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده مناسب در شرکت البرز از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس فازی استفاده نمود. معیارهای ۳۲ گانه دیکسون برای ارزیابی تأمین‌کنندگان مورد استفاده قرار داد. در این پژوهش سعی شد تا معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان کالا و مواد در شرکت البرز شناسایی و اولویت‌بندی گردد و با کمک این اولویت‌بندی مدلی علمی برای انتخاب تأمین‌کنندگان مواد و کالا در آن شرکت ارائه شود. با استفاده از مدل ارائه‌شده می‌توان پس از مشخص‌شدن معیارهای ارزیابی وزن معیارها را محاسبه کرده و در نهایت تأمین‌کنندگان مناسب را انتخاب کرد. نتایج نشان داد که بر اساس نظرات کارشناسان شرکت البرز قیمت بیشترین اهمیت را در انتخاب تأمین‌کنندگان شرکت دارا می‌باشد. چراغی و همکارانش در سال (۲۰۰۴)، یک بازنگری جامع در مورد مقالات مرتبط با مسئله ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده انجام داده و به این نتیجه رسیدند که اولویت معیارها بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۶ و کارهایی که در سال‌ها ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۱ انجام شده‌اند، تغییر کرده است. آن‌ها همچنین بیان کردند که معیارهایی مانند توانایی بسته‌بندی و تمایل برای برقراری روابط تجاری، دیگر در این حوزه کاربردی ندارند و به‌جای آن‌ها معیارهایی از قبیل تولید به‌موقع، توسعه محصول، اخلاق حرفه‌ای و فرهنگ شرکت مورد توجه قرار گرفته‌اند. هانگ و هارشال^۱ (۲۰۰۷)، با در نظر گرفتن راهبردهای سازمان، نوع محصولات تولید، ماهیت تأمین‌کننده و تجهیزات تولیدکننده، معیارهایی را برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده تعریف کردند. قابلیت اطمینان، میزان پاسخگویی، انعطاف‌پذیری، مسائل مالی و هزینه‌ها، دارایی‌ها و زیرساخت‌های تأمین‌کننده و همچنین امنیت و مسائل محیطی معیارهای مورد استفاده در این پژوهش است. تأمین‌کنندگان طبق این معیارها و با استفاده از روش AHP، ارزیابی می‌شوند و بدین ترتیب بین راهبردهای کسب‌وکار سازمان و زنجیره تأمین هماهنگی به وجود می‌آید.

جدول (۱): پیشینه پژوهش

ردیف	نام پژوهشگر	سال	روش مورد استفاده	ردیف	نام پژوهشگر	سال	روش مورد استفاده
۱	گابالا	۱۹۷۴	برنامه‌ریزی خطی	۱۵	ژیائو و همکاران	۲۰۱۵	VIKOR
۲	بندر و همکاران	۱۹۸۵	برنامه‌ریزی تک هدفه	۱۶	رزمی و همکارانش	۱۳۸۳	فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی
۳	قدسی پور و ابراین	۱۹۹۷	تحلیل سلسله‌مراتبی و مدل برنامه‌ریزی خطی	۱۷	ربیعی و همکاران	۱۳۸۶	برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط عدد صحیح
۴	ساعتی	۲۰۰۴	AHP فازی	۱۸	همایون‌فر و همکاران	۱۳۹۷	MCDM فازی و تکنیک‌های دلفی فازی
۵	جین و همکاران	۲۰۰۴	تئوری فازی و الگوریتم ژنتیک	۱۹	عالم تبریز و باقرزاده	۱۳۸۹	تحلیل شبکه‌ای فازی و تاپسیس تعدیل شده
۶	دینگ و همکاران	۲۰۰۵	الگوریتم ژنتیک	۲۰	شاهرودی و تدریس حسنی	۱۳۹۰	تحلیل پوششی داده‌ها

¹ Hung & Harshal

ردیف	نام پژوهشگر	سال	روش مورد استفاده	ردیف	نام پژوهشگر	سال	روش مورد استفاده
۷	گارفامی	۲۰۰۶	تحلیل پوششی داده‌ها	۲۱	نیک‌نیا	۱۳۹۳	تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس فازی
۸	ناراسیمهان و همکاران	۲۰۰۶	برنامه‌ریزی چند هدفه	۲۲	ایرجی	۱۳۹۴	QFD فازی
۹	پرسین	۲۰۰۶	AHP و برنامه‌ریزی آرمانی	۲۳	محمدنژاد و همکاران	۱۳۹۵	تحلیل شبکه ای فازی
۱۰	سائن	۲۰۰۷	تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل پوششی داده‌ها	۲۴	بابایی	۱۳۹۶	برنامه‌ریزی چند هدفه
۱۱	هانگک و هارشال	۲۰۰۷	AHP	۲۵	زنگنه نژاد	۱۳۹۶	مدل ریاضی فازی
۱۲	ان جی	۲۰۰۸	برنامه‌ریزی خطی وزنی	۲۶	رودباری	۱۳۹۶	تصمیم‌گیری چند معیاره چند سطحی فازی
۱۳	وو و همکاران	۲۰۱۰	برنامه‌ریزی چند هدفه فازی	۲۷	عظیمیان و همکاران	۱۳۹۶	تصمیم‌گیری چند معیاره
۱۴	عمید و همکاران	۲۰۰۹	برنامه‌ریزی خطی چندهدفه عدد صحیح مختلط فازی	۲۸	تاباق	۱۳۹۶	بهترین-بدترین و تودیم و ترکیب آن‌ها

۳. روش شناسی

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی، از نظر کنترل متغیرها یک تحقیق توصیفی و از نوع پیمایشی و برای جمع‌آوری داده‌ها از روش میدانی استفاده شده است. مطالعه، پرسش‌نامه و مصاحبه، ابزارهای مورد استفاده در این پژوهش هستند. با توجه به اینکه داده‌ها بر مبنای نظرات خبرگان گردآوری و برای تحلیل کیفی مورد استفاده قرار می‌گیرد نیاز به تأیید پایایی پرسش‌نامه‌ها نبود و روایی محتوایی آن‌ها با استفاده از نظر خبرگان مورد تأیید قرار گرفت. جامعه آماری تحقیق دربرگیرنده کلیه مدیران فعال در سطوح عالی میانی و عملیاتی شرکت‌های کاشی و سرامیک واقع در استان یزد است که با استفاده از روش نمونه‌گیری قضاوتی از میان آن‌ها ۱۵ نفر انتخاب شدند. نمونه‌گیری قضاوتی در این روش بخشی از جامعه بر اساس قضاوت و نظر کارشناسی خود پژوهنده انتخاب می‌شود این نمونه به گونه‌ای انتخاب می‌شود که تا حد امکان ویژگی‌های جامعه واقعی را داشته باشد (دمینگ^۱، ۱۹۹۰). مشخصات نمونه پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

¹ Deming

کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

جدول (۲): نمونه پژوهش

ردیف	سمت (عنوان شغل)	سابقه کار (سال)	تحصیلات	ردیف	سمت (عنوان شغل)	سابقه کار (سال)	تحصیلات
۱	مدیر عامل	۱۵	کارشناسی ارشد	۹	مدیر بازرگانی	۶	کارشناسی
۲	قائم مقام مدیر عامل	۸	دکتر	۱۰	مدیر برنامه ریزی تولید	۹	کارشناسی ارشد
۳	مدیر کارخانه	۳۰	کارشناسی ارشد	۱۱	مدیر زنجیره تأمین	۱۶	کارشناسی
۴	مدیر بازرگانی	۱۳	کارشناسی	۱۲	سرپرست بازرگانی	۴	کارشناسی
۵	مدیر بازرگانی	۸	فوق دیپلم	۱۳	مدیر بازرگانی	۱۵	کارشناسی ارشد
۶	سرپرست زنجیره تأمین	۱۰	کارشناسی	۱۴	مدیر بازرگانی خارجی	۱۱	فوق دیپلم
۷	مدیر آزمایشگاه	۱۲	کارشناسی	۱۵	کارشناس بازرگانی	۵	کارشناسی
۸	مدیر بازرگانی	۱۸	کارشناسی ارشد				

۳.۱. سؤالات پژوهش

در این پژوهش تلاش شد تا به سؤالات زیر پاسخ داده شود

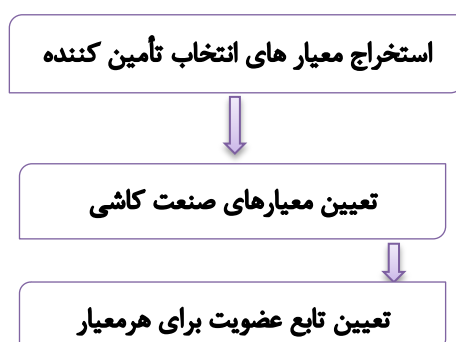
سوال اول پژوهش: شاخص‌های مؤثر در انتخاب تأمین‌کنندگان صنعت کاشی و سرامیک استان یزد کدام است؟

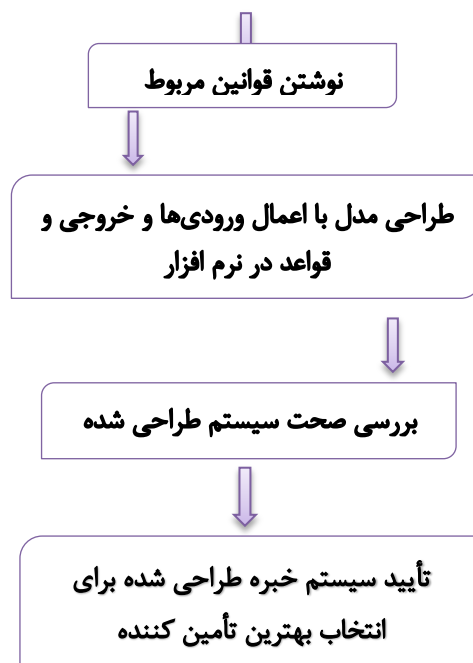
سوال دوم پژوهش: چگونه می‌توان یک سیستم خبره فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت کاشی و سرامیک استان یزد ارائه داد؟

سوال سوم پژوهش: چه راهکارهایی را می‌توان برای انتخاب تأمین‌کننده مطلوب در صنعت کاشی و سرامیک استان یزد پیشنهاد داد؟ برای پاسخ به

سؤالات و رسیدن به اهداف پژوهش مراحل زیر انجام شد.

گام‌های اجرایی را می‌توان در شکل زیر مشاهده کرد:





شکل (۱): مراحل اجرایی پژوهش

گام اول (مطالعه ادبیات تحقیق و تعیین معیارها)

در گام نخست، به‌منظور آشنایی با مفاهیم انتخاب تأمین‌کننده و شناسایی انواع معیارها و روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی تأمین‌کنندگان زنجیره تأمین، پژوهش‌های پیشین مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج آن به تفصیل در فصل ۲ بیان شده است.

گام دوم (تعیین اهم معیارهای صنعت کاشی و سرامیک و سطح بندی آن‌ها)

در ادامه با استفاده از نظر خبرگان صنعت کاشی و سرامیک استان یزد ۵ مورد از مهم‌ترین معیارهای انتخاب تأمین‌کنندگان انتخاب و برای هر یک ۳ سطح تعریف شد.

تعیین وزن برای هر زیر معیار با استفاده از آزمایش‌های تاگوچی

گام سوم (تعیین قوانین سیستم استنتاج با روش طراحی آزمایشات تاگوچی)

در گام سوم، با استفاده از نرم‌افزار Qualitek پرسش‌نامه (آزمایش‌های) مورد نظر جهت وزن‌دهی هر معیار طراحی و بین خبرگان صنعت توزیع گردید. از نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها میانگین فازی گرفته شد و سپس به‌ازای هر معیار فاصله اقلیدسی محاسبه گردید و طبق نتایج آن قواعد مورد نظر استخراج شد.

گام چهارم (اعمال توابع عضویت ورودی‌ها و خروجی)

کاربست طراحی آزمایش‌های تاگوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

برای طراحی سیستم مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار متلب ورودی‌ها (معیارهای منتخب) و توابع عضویت آن‌ها تعریف شدند و خروجی (امتیاز تأمین‌کننده) و تابع عضویت آن بصورت طیف فازی لیکرت ۵ تایی تعریف شد.

گام پنجم (اعمال قوانین استنتاج در سیستم)

قواعد استخراج شده در گام سوم به عنوان قواعد فازی مدل مورد نظر در صفحه طراحی سیستم در نرم‌افزار متلب تعریف شد.

گام ششم (بررسی صحت مدل طراحی شده)

برای بررسی این مهم امتیاز تأمین‌کننده با شرایط و معیارهای مشخص شده از خبرگان صنعت نظر سنجی و نتایج آن با اعمال ورودی و مشاهده خروجی سیستم طراحی شده مقایسه شد که کاملاً همخوانی داشت.

گام هفتم (تحلیل حساسیت و تأیید سیستم طراحی شده)

تحلیل حساسیت معیارهای مورد نظر صورت پذیرفت و سیستم طراحی شده برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده تأیید شد.

۳.۲. معرفی روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها

۳.۲.۱. طراحی آزمایش‌های تاگوچی

کلیه فرایندها دارای ورودی، خروجی، تعدادی عوامل قابل کنترل و تعدادی عوامل غیرقابل کنترل هستند که این عوامل بر فرایند تبدیل ورودی به خروجی تأثیر می‌گذارند. فرایند در صورتی تحت کنترل خواهد بود که میزان و شیوه اثرگذاری هر عامل در فرایند تبدیل، مشخص باشد. لازم به ذکر است، فاکتور، عامل و متغیری است که اثر آن بر فرایند مورد مطالعه قرار می‌گیرد. طراحی آزمایش‌ها علمی است که به واسطه آن، میزان تأثیرگذاری هر کدام از عوامل مؤثر بر فرایند تبدیل ورودی به خروجی، مشخص می‌شود. می‌توان گفت که طراحی آزمایش‌ها به عنوان "ایجاد تغییرات هدفمند در مشخصه‌های ورودی یا فاکتورهای یک فرایند برای مشاهده تغییرات در مشخصه خروجی یا پاسخ" تعریف می‌شود و باهدف کاهش تعداد آزمایش‌ها، کاهش زمان و هزینه، حذف فاکتورهای غیرضروری، تعیین متغیرها با بیشترین تأثیر بر فرایند، درصد اهمیت هر متغیر و تعیین شرایط بهینه انجام می‌شود. طراحی آزمایش‌های تاگوچی یک روش است که در این روش، اعتقاد بر این است که با استفاده از آزمایش‌های آرایه، می‌توان شرایط بهینه و جواب را در شرایط بهینه مشخص نمود. تاگوچی با استفاده از آرایه‌های متعامد^۱، تعداد آزمایش‌ها را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد و برای تأیید صحت نتایج حاصل، آزمایش تأییدی صورت می‌پذیرد. (زینالی، ۱۳۸۷). در این روش، تاگوچی با به کار بردن آرایه‌های متعامد^۲، تعداد آزمایش‌ها را بسیار کاهش می‌دهد. تاگوچی بر این باور است که با استفاده از آزمایش‌های آرایه، می‌توان شرایط بهینه و جواب را در شرایط بهینه مشخص کرد و با انجام آزمایش تأییدی صحت نتایج حاصل تعیین می‌شود. درواقع، یک آرایه متعامد، ماتریسی است که سطرها و ستون‌ها در هر آزمایش و ستون-

^۱- Orthogonal Arrays(OA)

^۲- Orthogonal Arrays(OA)

های آن تعداد فاکتورها را نشان می‌دهد. آرایه متعامد را به صورت $\text{Ln}(XY)$ نشان می‌دهند که n بیانگر تعداد آزمایش‌ها، X نشان‌دهنده تعداد سطح فاکتورها و Y بیانگر حداکثر تعداد فاکتورهایی است که با آرایه موردنظر بررسی می‌شود (زینالی، ۱۳۸۷: ۱۸-۴). درواقع، روش تاگوجی رویکردی با هدف رسیدن به استواری است. کم‌هزینه‌ترین راه‌حل برای طراحی ویژگی‌های محصول بر اساس نیازمندی‌های مشتری در طراحی استوار یک روش مهندسی بهبود کیفیت یافت می‌شود. ابزارهای اولیه روش تاگوجی، آرایه‌های متعامد و نسبت مطلوبیت به بدی کارکرد (S/N)^۱ می‌باشد که اولی تعداد آزمایش‌ها را کاهش می‌دهد و بعدی هم‌زمان بهینه‌ترین ترکیب و بهترین عملکرد ممکن را می‌یابد (چن و چانگ^۲، ۲۰۰۸). نسبت مطلوبیت به بدی کارکرد در سه نوع مسئله قابل محاسبه است.

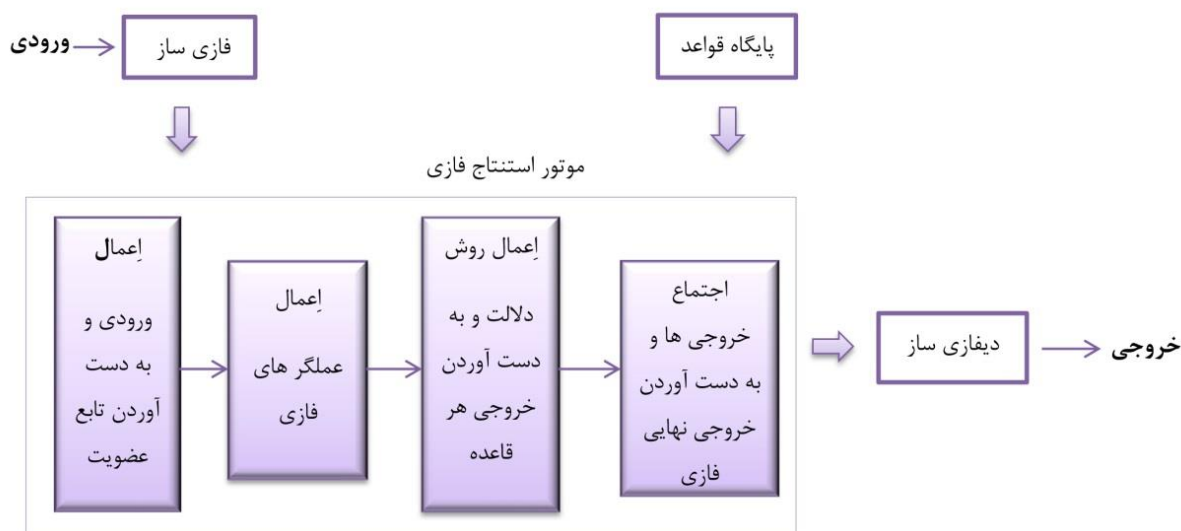
۳.۲.۲. سیستم استنتاج فازی

امروزه ضرورت استفاده از نظر خبرگان به دلیل پیچیده شدن محیط‌های تصمیم‌گیری بیش از پیش احساس می‌شود. در چنین وضعیت‌های تصمیم‌گیری، تئوری فازی کمک شایانی برای غلبه بر مشکلات خواهد بود. سیستم خبره به وسیله مجموعه‌ای از حالت‌های مختلف به قواعد مناسب دست می‌یابد. استنتاج «اگر-آنگاه» یک موضوع را بررسی می‌کند و سرانجام یک نتیجه فازی فرایندی است که طی آن نداشت از ورودی‌ها به خروجی‌ها با استفاده از منطق فازی فرموله می‌گردد. باتوجه به نگاشت انجام‌شده یک الگو تشخیص داده و یا تصمیم‌گیری می‌شود. (آریانای، ۱۳۹۶). سیستم استنتاج فازی، فرایندی سیستماتیک برای تبدیل یک پایگاه دانش به یک نگاشت غیرخطی را فراهم می‌آورند. به همین علت، از سیستم‌های مبتنی بر دانش (سیستم‌های فازی) در کاربردهای مهندسی و تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. هر سیستم استنتاج از، مجموعه‌ای توابع عضویت فازی به عنوان ورودی یا خروجی و مجموعه‌ای از قوانین فازی برای موتور قاعده خود تشکیل شده است. دو عنصر اساسی در سیستم استنتاج فازی، ورودی و خروجی هستند. ورودی شامل برخی مفاهیم لفظی مبهم و نادقیق برای یک رویداد خاص بوده و خروجی یک مجموعه‌ای فازی یا مجموعه‌ای دقیق از ویژگی‌های خاص می‌باشد. دراین رابطه، یک سیستم استنتاج فازی از قواعد فازی اگر-آنگاه استفاده می‌نماید و می‌تواند جنبه‌های کیفی دانش بشری و فرایند استدلال انسان را بدون استفاده از تجزیه و تحلیل دقیق کمی مدل نماید. این سیستم با استفاده از تئوری مجموعه فازی می‌تواند روابط ورودی-خروجی یا دانش صریح انسان را در قالب قوانین اگر-آنگاه بیان نماید (افندیچیل، ۲۰۰۹).

¹ Signal/Noise

² Chen & Chuang

کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)



شکل (۲): مراحل سیستم استنتاج فازی

یک سیستم فازی دارای اجزای زیر است:

- ۱- یک فازی ساز در ورودی که مقدار عددی متغیرها را به یک مجموعه فازی تبدیل می‌کند.
در این مرحله برای هر متغیر ورودی، توابع عضویت در نظر می‌گیریم تا ورودی‌های قطعی تبدیل به فازی شوند و در سیستم استنتاج فازی قرار بگیرند.
توابع عضویت انواع مختلفی دارند، مانند مثلثی، دوزنقه‌ای، گوسی و غیره.
- ۲- پایگاه قواعد فازی که مجموعه‌ای از قواعد اگر - آنگاه است.
پایگاه قواعد به مجموعه "اگر - آنگاه" فازی گفته می‌شود که قلب سیستم استنتاج فازی را تشکیل می‌دهد. دو روش عمده برای تعیین قواعد فازی وجود دارد: یکی استفاده از دانش خبره و دیگری استفاده از آموزش‌های خودسازمان‌ده، مانند الگوریتم‌های نوین و شبکه عصبی است. یک قانون اگر - آنگاه به صورت "اگر x برابر A باشد، آنگاه Y برابر B است" تعریف می‌شود که x و Y متغیرهای ورودی و خروجی و A و B مقادیر زبانی (توابع عضویت) نوشته شده برای این متغیرهاست.
- ۳- موتور استنتاج فازی که ورودی‌ها را با یک سری اعمال به خروجی تبدیل می‌کند.
عملکرد موتور استنتاج فازی شبیه فرایند استدلال آدمی است، به طوری که با اعمال آن بر روی ورودی‌ها و قواعد، خروجی مشخص می‌شود و این همان کاری است که انسان در بسیاری از قضاوت‌های خود به کار می‌گیرد. عملکرد موتور استنتاج فازی را می‌توان به چهار قسمت تقسیم کرد:
الف) اعمال ورودی به مقدم‌ها و به دست آوردن درجه عضویت آن‌ها
این قسمت را می‌توان جزو وظایف موتور استنتاج فازی در نظر نگرفت، ولی برای درک بهتر عملکرد موتور استنتاج فازی این قسمت جزو عملیات موتور استنتاج فازی آورده شده است.
- ب) اعمال عملگرهای فازی

هنگامی که تعداد مقدم‌ها از یک بیشتر شود، باید عملگرهای فازی به کار گرفته شوند تا عددی که نمایانگر حاصل مقدم‌ها بر آن قانون است به دست آید، سپس لازم است این عدد در تابع خروجی به کار گرفته شود. این عدد، "عدد درستی" آن قانون نامیده می‌شود. از مهم‌ترین روابطی که در این قسمت استفاده می‌شود، رابطه استلزام ممدانی و لارسن است. رابطه استلزام ممدانی و لارسن به ترتیب از عملگرهای $\min$ و ضرب برای به دست آوردن عدد درستی هر قاعده استفاده می‌کنند.

ج) اعمال روش دلالت

روش دلالت به معنی اعمال عدد درستی بر تابع خروجی می‌باشد به گونه‌ای که ورودی روش دلالت عدد درستی و خروجی آن یک مجموعه فازی خروجی است. پیش از به کار بردن روش دلالت، توجه به این نکته ضروری است که وزن هر قاعده که با توجه به نظر افراد خبره تعیین می‌شود، باید در عدد درستی ضرب شده، سپس به تابع خروجی اعمال شود. منظور از اعمال یعنی برش دادن تابع خروجی در آن عدد.

د) اجتماع خروجی‌ها

باتوجه به این که در سیستم‌های استنتاج فازی تصمیم‌گیری بر اساس تمام قواعد صورت می‌گیرد، بنابراین برای تصمیم‌گیری لازم است قواعد را به روشی ترکیب کرد. منظور از اجتماع روشی است که به واسطه آن تمام مجموعه‌های خروجی هر قاعده به یک مجموعه فازی واحد ترکیب می‌شود. ورودی فرایند اجتماع، فهرستی از توابع خروجی است که به واسطه فرایند دلالت برای هر قاعده بریده شده و خروجی آن یک مجموعه فازی برای خروجی است. برای اجتماع گیری روش‌های مختلفی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها ماکزیمم گیری و جمع است. علت استفاده از روش جمع، این است که روش جمع مجموع قوانین را در نظر می‌گیرد، در صورتی که در روش ماکزیمم، آن قاعده‌ای که مقدار ماکزیمم را دارد، را در نظر گرفته و بقیه قوانین را نادیده می‌گیرد. (کدخدا زاده و همکاران، ۱۳۹۲)

۴- دیفازی ساز که خروجی فازی را به یک عدد قطعی تبدیل می‌کند.

منظور فرایندی است که در آن خروجی فازی به یک خروجی قطعی نهایی تبدیل می‌شود. دو نوع رایج فازی زدا وجود دارد که عبارتند از: فازی زدای مرکز ثقل و فازی زدای ماکزیمم

۴. یافته‌های پژوهش

۴.۱. تعریف معیارها و متغیرها

در هر سیستم خبره، برای تصمیم‌گیری نیاز به معیارهای مناسبی داریم که این معیارها، به عنوان ورودی به سیستم داده شوند. این معیارها همان متغیرهایی هستند که برای شروع کار باید آن‌ها را در نرم‌افزار متلب تعریف نمود. در این پژوهش با بررسی جامع طیف وسیعی از مقالات و منابع پژوهشی مرتبط با زنجیره تأمین، مهم‌ترین معیارهای انتخاب تأمین‌کننده به شرح زیر شناسایی شد.

کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

جدول (۳): معیارهای انتخاب تأمین‌کننده

ردیف	معیارهای انتخاب تأمین‌کننده	نام نویسنده و سال انتشار
۱	کیفیت	(Lin et al, 2005) - (Dempsey, 1978) - (Chauhan et al, 2020) - (Ho et al, 2010) - (Chao et al, 1993) - (Briggs, 1994) - (Dickson, 1966) - (Ghodsypour and O'Brien, 1996) - (Taherdoost & Brard, 2019) - (Vijayakumar et al, 2019) - (Luzon & El-Sayegh, 2016) - (Mukherjee, 2016)
۲	قیمت	(Dickson, 1966) - (Dempsey, 1978) - (Ho et al, 2010) - (Briggs, 1994) - (Ghodsypour and O'Brien, 1996) - (Abdel-Basset et al, 2018) - (Luzon & El-Sayegh, 2016) - (Mukherjee, 2016)
۳	تحويل به موقع / زمان تحويل	(Taherdoost & Brard, 2019) - (Vijayakumar et al, 2019) - (Lin et al, 2005) - (Tsai et al, 2010) - (Ho et al, 2010) - (Chao et al, 1993) - (Dickson, 1966) - (Abdel-Basset et al, 2018) - (Mukherjee, 2016) - (Dempsey, 1978) - (Luzon & El-Sayegh, 2016)
۴	توانایی فنی	(Dickson, 1966) - (Dempsey, 1978) - (Ho et al, 2010) - (Mukherjee, 2016)
۵	ظرفیت تولید	(Mukherjee, 2016) - (Taherdoost & Brard, 2019) - (Ho et al, 2010) - (Dickson, 1966)
۶	سابقه عملکرد	(Vijayakumar et al, 2019) - (Ho et al, 2010) - (Dempsey, 1978) - (Dickson, 1966)
۷	خدمات پس از فروش	(Tsai et al, 2010) - (Dempsey, 1978) - (Vijayakumar et al, 2019) - (Abdel-Basset et al, 2018) - (Ghodsypour and O'Brien, 1996) - (Dickson, 1966) - (Ho et al, 2010) - (Mukherjee, 2016) - (Luzon & El-Sayegh, 2016) - (Mukherjee, 2016)
۸	موقعیت جغرافیایی	(Abdel-Basset et al, 2018) - (Dickson, 1966) - (Ho et al, 2010)
۹	ارتباطات	(Ho et al, 2010) - (Briggs, 1994) - (Dempsey, 1978) - (Dickson, 1966)
۱۰	شهرت / اعتبار / اعتماد	(Dempsey, 1978) - (Lin et al, 2005) - (Briggs, 1994) - (Ho et al, 2010) - (Dickson, 1966) - (Abdel-Basset et al, 2018) - (Mukherjee, 2016)
۱۱	انعطاف‌پذیری / نوآوری	(Lin et al, 2005) - (Ho et al, 2010) - (Abdel-Basset et al, 2018) - (Chauhan et al, 2020)
۱۲	وضعیت مالی	(Vijayakumar et al, 2019) - (Dempsey, 1978) - (Ho et al, 2010) - (Taherdoost & Brard, 2019) - (Dickson, 1966)

موارد فوق را با استفاده از پرسشنامه از خبرگان نظرسنجی نموده و معیار با بیشترین نظر را انتخاب و آن‌ها را به سه سطح تقسیم نمودیم که در جدول ۴ آورده شده است.

جدول (۴): عوامل و سطوح های آن

ردیف	معیار	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
۱	کیفیت	ضعیف	متوسط	خوب
۲	قیمت	بالتر استاندارد بازار	استاندارد بازار	زیر استاندارد بازار
۳	زمان تحویل	بالتر یک ماه	بین ۱۵ روز تا یک ماه	حداکثر ۱۴ روز
۴	توانایی فنی	ضعیف	متوسط	خوب
۵	خدمات پس از فروش	ضعیف	متوسط	خوب

۴.۲. تعیین وزن، و قوانین با استفاده از طراحی آزمایش های تاگوچی

با توجه به ساختار کلی پژوهش و اینکه روش مورد استفاده طراحی آزمایش های تاگوچی می باشد طبق رابطه ۳-۳، در اینجا (در مجموع ۲۴۳ قانون) برای سیستم فازی مطرح شده قابل تبیین است. به دلیل حجم بسیار زیاد قوانین و وقت گیر بودن پاسخ دهی خبرگان، با استفاده از نرم افزار Qualitek بین تمام حالات ممکن ۱۸ حالت با بیشترین احتمال وقوع در نظر گرفته شد. با استفاده از نتایج آزمایش تاگوچی پرسش نامه جهت نظرسنجی از خبرگان صنعت کاشی و سرامیک استان یزد طراحی و به ۱۵ نفر از آن ها ارائه گردید. در این گام از هر خبره خواسته شد برای هر قانون، برای انتخاب تأمین کننده امتیازی به صورت یکی از عبارات کلامی: "خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد" بیان دارند.

جدول (۵): آزمایش های تاگوچی

معیار ها					آزمایش های تاگوچی
کیفیت	قیمت	زمان تحویل	توانایی فنی	خدمات پس از فروش	
۱	ضعیف	بالتر استاندارد بازار	بیشتر از یک ماه	ضعیف	ضعیف
۲	ضعیف	استاندارد بازار	بین ۱۵ روز تا یک ماه	متوسط	متوسط
۳	ضعیف	زیر استاندارد بازار	حداکثر ۱۴ روز	خوب	خوب
۴	متوسط	بالتر استاندارد بازار	بیشتر از یک ماه	متوسط	متوسط
۵	متوسط	استاندارد بازار	بین ۱۵ روز تا یک ماه	خوب	خوب
۶	متوسط	زیر استاندارد بازار	حداکثر ۱۴ روز	ضعیف	ضعیف
۷	خوب	بالتر استاندارد بازار	بین ۱۵ روز تا یک ماه	ضعیف	خوب
۸	خوب	استاندارد بازار	حداکثر ۱۴ روز	متوسط	ضعیف
۹	خوب	زیر استاندارد بازار	بیشتر از یک ماه	خوب	متوسط
۱۰	ضعیف	بالتر استاندارد بازار	حداکثر ۱۴ روز	خوب	متوسط
۱۱	ضعیف	استاندارد بازار	بیشتر از یک ماه	ضعیف	خوب

کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

معیارها					
آزمایش‌های تاکوچی					
کیفیت	قیمت	زمان تحویل	توانایی فنی	خدمات پس از فروش	
۱۲	ضعیف	زیر استاندارد بازار	بین ۱۵ روز تا یک ماه	متوسط	ضعیف
۱۳	متوسط	بالاتر استاندارد بازار	بین ۱۵ روز تا یک ماه	خوب	ضعیف
۱۴	متوسط	استاندارد بازار	حداکثر ۱۴ روز	ضعیف	متوسط
۱۵	متوسط	زیر استاندارد بازار	بیشتر از یک ماه	متوسط	خوب
۱۶	خوب	بالاتر استاندارد بازار	حداکثر ۱۴ روز	متوسط	خوب
۱۷	خوب	استاندارد بازار	بیشتر از یک ماه	خوب	ضعیف
۱۸	خوب	زیر استاندارد بازار	بین ۱۵ روز تا یک ماه	ضعیف	متوسط

پس از تکمیل پرسش‌نامه، نظرات خبرگان جمع‌آوری و دسته‌بندی شده و نظرات هریک از آن‌ها با توجه به اعداد فازی مثلثی متناظر با آن که در جدول ۶ آمده است به اعداد فازی تبدیل شده سپس برای ادغام نظرات با استفاده از رابطه $\tilde{A}_{ave} = \frac{w_1\tilde{A}_1 + w_2\tilde{A}_2 + \dots + w_n\tilde{A}_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$ میانگین فازی گرفته می‌شود.

جدول (۶): اعداد فازی مثلثی طیف لیکرت ۵ درجه

متغیر کلامی	عدد فازی مثلثی (a1 a2 a3)
خیلی کم	(۰, ۰, ۰.۲۵)
کم	(۰, ۰.۲۵, ۰.۵)
متوسط	(۰.۲۵, ۰.۵, ۰.۷۵)
زیاد	(۰.۵, ۰.۷۵, ۱)
خیلی زیاد	(۰.۷۵, ۱, ۱)

بعد از به دست آوردن میانگین فازی هر آزمایش، فاصله میانگین فازی متناظر با هر عدد را از مقدار متغیرهای کلامی با استفاده از فرمول فاصله اقلیدسی

$$e(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (\mu_{\tilde{A}}(X_k) - \mu_{\tilde{B}}(X_k))^2}$$

محاسبه و کمترین فاصله انتخاب می‌شود. این مقدار به‌عنوان نمره ارزیابی انتخاب و متغیر کلامی متناظر با آن، قسمت "آنگاه" قانون را تبیین می‌کند. قوانین استخراج شده در جدول ۸ قابل مشاهده می‌باشند.

جدول فاصله میانگین هر آزمایش از متغیر کلامی (۷)

حالت	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
	e1	e2	e3	e4	e5
۱	۰.۰۲۳۶	۰.۳۳۰۰	۰.۷۲۷۸	۱.۱۵۱۳	۱.۴۳۷۸
۲	۰.۲۶۴۰	۰.۱۰۶۷	۰.۴۹۰۵	۰.۹۱۹۱	۱.۲۱۵۸
۳	۰.۳۱۰۵	۰.۰۶۸۷	۰.۴۴۷۸	۰.۸۷۸۳	۱.۱۷۸۲
۴	۰.۳۵۷۱	۰.۰۵۰۰	۰.۴۰۶۲	۰.۸۳۸۲	۱.۱۴۱۳
۵	۰.۹۹۹۲	۰.۶۹۴۰	۰.۲۶۳۰	۰.۱۷۸۰	۰.۴۸۹۹
۶	۰.۶۶۷۱	۰.۳۴۶۴	۰.۰۸۶۶	۰.۵۱۹۶	۰.۸۳۳۷
۷	۰.۴۸۵۶	۰.۱۶۵۸	۰.۲۷۰۸	۰.۷۰۳۰	۱.۰۰۹۵
۸	۰.۸۰۵۷	۰.۴۹۰۷	۰.۰۵۷۷	۰.۳۷۵۳	۰.۶۹۴۶
۹	۱.۰۵۵۹	۰.۷۵۱۷	۰.۳۲۰۲	۰.۱۲۲۵	۰.۴۳۵۹
۱۰	۰.۱۹۱۵	۰.۱۶۸۳	۰.۵۶۲۰	۰.۹۸۹۱	۱.۲۸۲۶
۱۱	۰.۲۱۲۱	۰.۱۴۱۴	۰.۵۵۴۵	۰.۹۸۴۹	۱.۲۸۲۶
۱۲	۰.۱۸۸۶	۰.۱۶۵۰	۰.۵۷۵۷	۱.۰۰۵	۱.۳۰۱۵
۱۳	۰.۳۳۶۷	۰.۰۷۰۷	۰.۴۱۹۳	۰.۸۴۹۵	۱.۱۴۹۶
۱۴	۰.۶۱۲۴	۰.۲۸۸۷	۰.۱۴۴۳	۰.۵۷۷۴	۰.۸۸۹۸
۱۵	۰.۹۵۲۹	۰.۶۴۵۳	۰.۲۱۳۴	۰.۲۲۳۰	۰.۵۳۹۸
۱۶	۱.۰۰۹۵	۰.۷۰۳۰	۰.۲۷۰۸	۰.۱۶۵۸	۰.۴۸۵۶
۱۷	۰.۸۹۶۴	۰.۵۸۷۶	۰.۱۵۶۳	۰.۲۸۰۴	۰.۵۹۴۷
۱۸	۱.۰۷۴۲	۰.۷۷۱۷	۰.۳۴۱۲	۰.۱۱۰۶	۰.۴۱۳۰

همان‌طور که در جدول ۷ ملاحظه می‌شود، در حالت شماره ۱ فاصله نمره متغیر کلامی "خیلی کم" از بقیه فاصله متغیرهای کلامی نظرات به‌دست آمده، کمتر می‌باشد و به‌عنوان پاسخ نهایی این قانون در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین برای قانون شماره ۱ می‌توان گفت:

قانون شماره ۱: اگر کیفیت "ضعیف"، قیمت "بالتر استاندارد بازار"، زمان تحویل "بیشتر از یک ماه"، توانایی فنی "ضعیف"، خدمات پس از فروش "ضعیف" باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده "خیلی کم" می‌باشد.

کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

جدول (۸): قوانین مربوط به انتخاب تأمین‌کننده

شماره	قانون
۱	اگر کیفیت ضعیف، قیمت بالاتر استاندارد بازار، زمان تحویل بیشتر از یک ماه، توانایی فنی ضعیف، خدمات پس از فروش ضعیف باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده خیلی کم می‌باشد.
۲	اگر کیفیت ضعیف، قیمت استاندارد بازار، زمان تحویل بین ۱۵ روز تا یک ماه، توانایی فنی متوسط، خدمات پس از فروش متوسط باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده کم می‌باشد.
۳	اگر کیفیت ضعیف، قیمت زیر استاندارد بازار، زمان تحویل حداکثر ۱۴ روز، توانایی فنی خوب، خدمات پس از فروش خوب باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده کم می‌باشد.
۴	اگر کیفیت متوسط، قیمت بالاتر استاندارد بازار، زمان تحویل بیشتر از یک ماه، توانایی فنی متوسط، خدمات پس از فروش متوسط باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده کم می‌باشد.
۵	اگر کیفیت متوسط، قیمت استاندارد بازار، زمان تحویل بین ۱۵ روز تا یک ماه، توانایی فنی خوب، خدمات پس از فروش خوب باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده زیاد می‌باشد.
۶	اگر کیفیت متوسط، قیمت زیر استاندارد بازار، زمان تحویل حداکثر ۱۴ روز، توانایی فنی ضعیف، خدمات پس از فروش ضعیف باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده متوسط می‌باشد.
۷	اگر کیفیت خوب، قیمت بالاتر استاندارد بازار، زمان تحویل بین ۱۵ روز تا یک ماه، توانایی فنی ضعیف، خدمات پس از فروش خوب باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده کم می‌باشد.
۸	اگر کیفیت خوب، قیمت استاندارد بازار، زمان تحویل حداکثر ۱۴ روز، توانایی فنی متوسط، خدمات پس از فروش ضعیف باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده متوسط می‌باشد.
۹	اگر کیفیت خوب، قیمت زیر استاندارد بازار، زمان تحویل بیشتر از یک ماه، توانایی فنی خوب، خدمات پس از فروش متوسط باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده زیاد می‌باشد.
۱۰	اگر کیفیت ضعیف، قیمت بالاتر استاندارد بازار، زمان تحویل حداکثر ۱۴ روز، توانایی فنی خوب، خدمات پس از فروش متوسط باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده کم می‌باشد.
۱۱	اگر کیفیت ضعیف، قیمت استاندارد بازار، زمان تحویل بیشتر از یک ماه، توانایی فنی ضعیف، خدمات پس از فروش خوب باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده کم می‌باشد.
۱۲	اگر کیفیت ضعیف، قیمت زیر استاندارد بازار، زمان تحویل بین ۱۵ روز تا یک ماه، توانایی فنی متوسط، خدمات پس از فروش ضعیف باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده کم می‌باشد.
۱۳	اگر کیفیت متوسط، قیمت بالاتر استاندارد بازار، زمان تحویل بین ۱۵ روز تا یک ماه، توانایی فنی خوب، خدمات پس از فروش ضعیف باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده کم می‌باشد.
۱۴	اگر کیفیت متوسط، قیمت استاندارد بازار، زمان تحویل حداکثر ۱۴ روز، توانایی فنی ضعیف، خدمات پس از فروش متوسط باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده متوسط می‌باشد.
۱۵	اگر کیفیت متوسط، قیمت زیر استاندارد بازار، زمان تحویل بیشتر از یک ماه، توانایی فنی متوسط، خدمات پس از فروش خوب باشد، آنگاه امتیاز تأمین‌کننده متوسط می‌باشد.

شماره	قانون
۱۶	اگر کیفیت خوب، قیمت بالاتر استاندارد بازار، زمان تحویل حداکثر ۱۴ روز، توانایی فنی متوسط، خدمات پس از فروش خوب باشد، آنگاه امتیاز تأمین کننده زیاد می باشد.
۱۷	اگر کیفیت خوب، قیمت استاندارد بازار، زمان تحویل بیشتر از یک ماه، توانایی فنی خوب، خدمات پس از فروش ضعیف باشد، آنگاه امتیاز تأمین کننده متوسط می باشد.
۱۸	اگر کیفیت خوب، قیمت زیر استاندارد بازار، زمان تحویل بین ۱۵ روز تا یک ماه، توانایی فنی ضعیف، خدمات پس از فروش متوسط باشد، آنگاه امتیاز تأمین کننده زیاد می باشد.

۴.۳. طراحی سیستم خبره فازی

سیستم استنتاج فازی، فرایندی سیستماتیک برای تبدیل یک پایگاه دانش به یک نگاشت غیرخطی را فراهم می آورند. به همین علت، از سیستم های مبتنی بر دانش (سیستم های فازی) در کاربردهای مهندسی و تصمیم گیری استفاده می شود (افندیجیل، ۲۰۰۹).

با توجه به چارچوب کلی پژوهش و سیستم طراحی شده، مراحل طراحی این سیستم در این قسمت تشریح می گردد. در مدل سازی این سیستم خبره فازی، دانش مربوط به تعیین ورودی ها و خروجی و همچنین قوانین استنتاج از ادبیات پژوهش و از طریق مرور مقالات معتبر علمی به دست آمده است. روش های تجزیه و تحلیل با توجه به مرسوم بودن و کارایی و سهل بودن و در به کارگیری انتخاب شدند؛ بنابراین برای فازی سازی از توابع مثلثی و دوزنقه ای و برای استنتاج فازی ممدانی و برای فازی زدایی، روش "مرکز ثقل" به کار گرفته شده است. تمام عملیات ریاضی توسط نرم افزار متلب انجام گردیده است. پس از تدوین مدل، بر روی مدل تدوین شده آزمون مدل انجام می گیرد. در صورتی که خطای مدل در حد قابل قبول باشد، فرایند مدل سازی به اتمام می رسد در غیر این صورت باید مراحل قبلی مورد بازبینی قرار گیرد و اصلاحات لازم انجام شود.

۴.۳.۱. تعریف متغیرهای ورودی، خروجی و توابع عضویت آنها

معیارهای در نظر گرفته شده برای انتخاب تأمین کننده همان متغیرهای ورودی سیستم خبره می باشند که شامل: کیفیت، قیمت، زمان تحویل، توانایی فنی و خدمات پس از فروش است و با استفاده از اطلاعات پژوهش های پیشین و نظرات خبرگان این صنعت شناسایی شده است. متغیر خروجی امتیاز تأمین کننده می باشد.

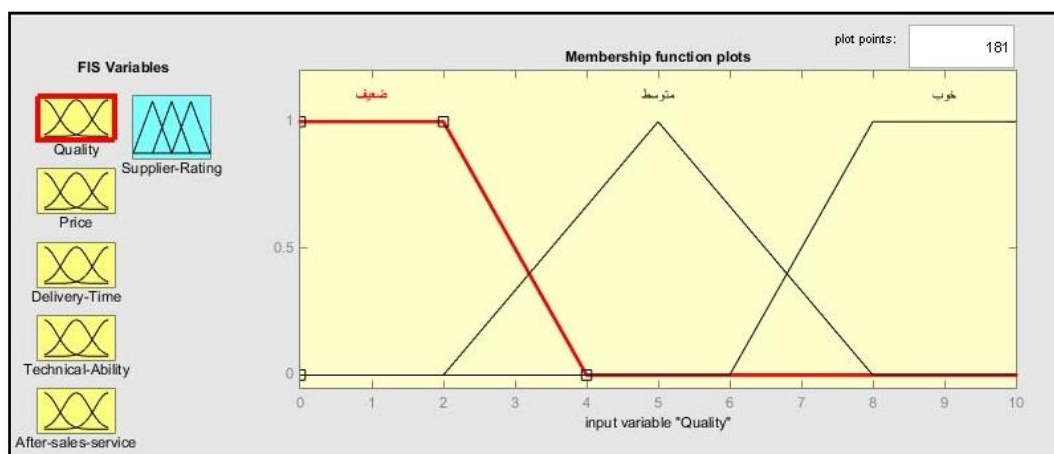
در این مرحله ابتدا لازم است متغیرهای کلامی (پارامترهای ورودی و خروجی) فازی سازی شوند. برای متغیرهای کلامی ورودی، از فازی - ساز دوزنقه ای و برای متغیر کلامی خروجی، از فازی - ساز مثلثی استفاده می شود. محدوده متغیرهای ورودی ۰ تا ۱۰ در نظر گرفته شده است. برای فازی سازی متغیرهای ورودی از طیف ۳ گزینه ای مطابق جدول ۹ استفاده شده است. متغیرهای زبانی خروجی "خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد" می باشد و با استفاده از طیف ۵ تایی لیکرت مطابق جدول ۶ فازی شده است.

کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

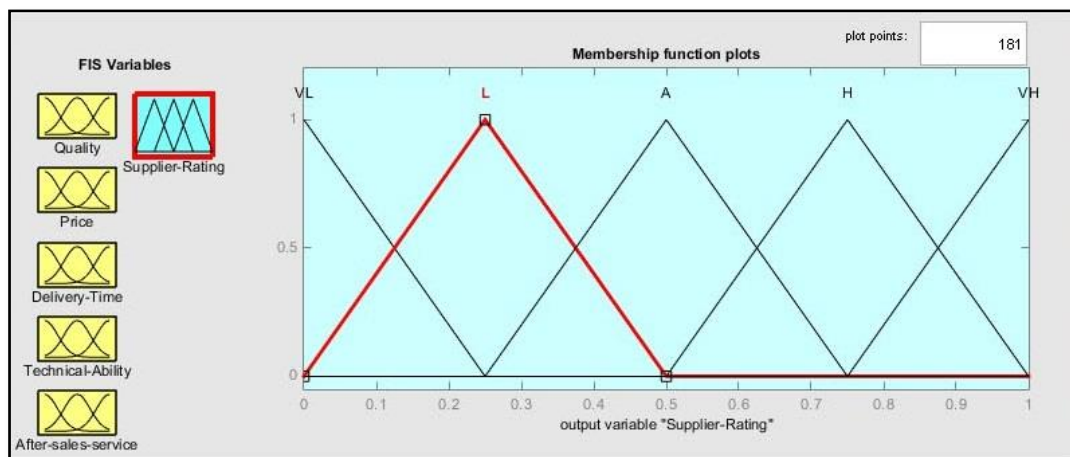
جدول (۹): متغیرهای کلامی و عدد فازی متناظر با هریک از متغیرها (طیف سه‌گزینه‌ای) (چن و هوانگ^۱، ۲۰۰۶)

متغیر	تابع عضویت	پارامترهای تابع عضویت
پایین	دوزنقه‌ای	(۰، ۰، ۲، ۴)
متوسط	دوزنقه‌ای	(۲، ۵، ۵، ۸)
زیاد	دوزنقه‌ای	(۶، ۸، ۱۰، ۱۰)

لازم به ذکر است که کاربر با توجه به نیاز خود می‌تواند این اعداد فازی را در سیستم تغییر دهد. شکل ۳ نشان‌دهنده ورودی کیفیت و قیمت و تابع عضویت آن‌ها است. برای سایر ورودی‌ها نیز به همین ترتیب عمل می‌شود. پس از تعریف ورودی‌ها نوبت به خروجی می‌رسد که امتیاز نهایی تأمین‌کننده می‌باشد.



شکل ورودی کیفیت و تابع عضویت آن (۳)



شکل خروجی و تابع عضویت آن (۴)

۴.۳.۲. تعریف قوانین استنتاج

برای تکمیل سیستم استنتاج فازی پژوهش، نیاز است تا قواعد منطق فازی که در واقع قلب سیستم فازی هستند تعریف شوند. داده‌های ورودی سیستم استنتاج فازی از طریق این قواعد به داده‌های خروجی تبدیل می‌شود. در پژوهش حاضر نیز از استنتاج ممدانی استفاده شده است. قوانین اگر - آنگاه که در مدل ارائه گردیده و پایگاه دانش ما می‌باشند، با توجه به نظر متخصصان و افراد خبره انتخاب گردیده است. سپس از این قوانین، میانگین فازی گرفته شده است، در آخر برای هر قانون یک جواب نهایی به دست می‌آید. در جدول ۹ قوانین استخراج شده (اگر ... آنگاه) نشان داده شده است. وقتی تمام قوانین سیستم، تعریف و پیاده‌سازی شد، سیستم به طور کامل آماده برای تست و پیاده‌سازی است.

۴.۳.۳. فازی زدایی

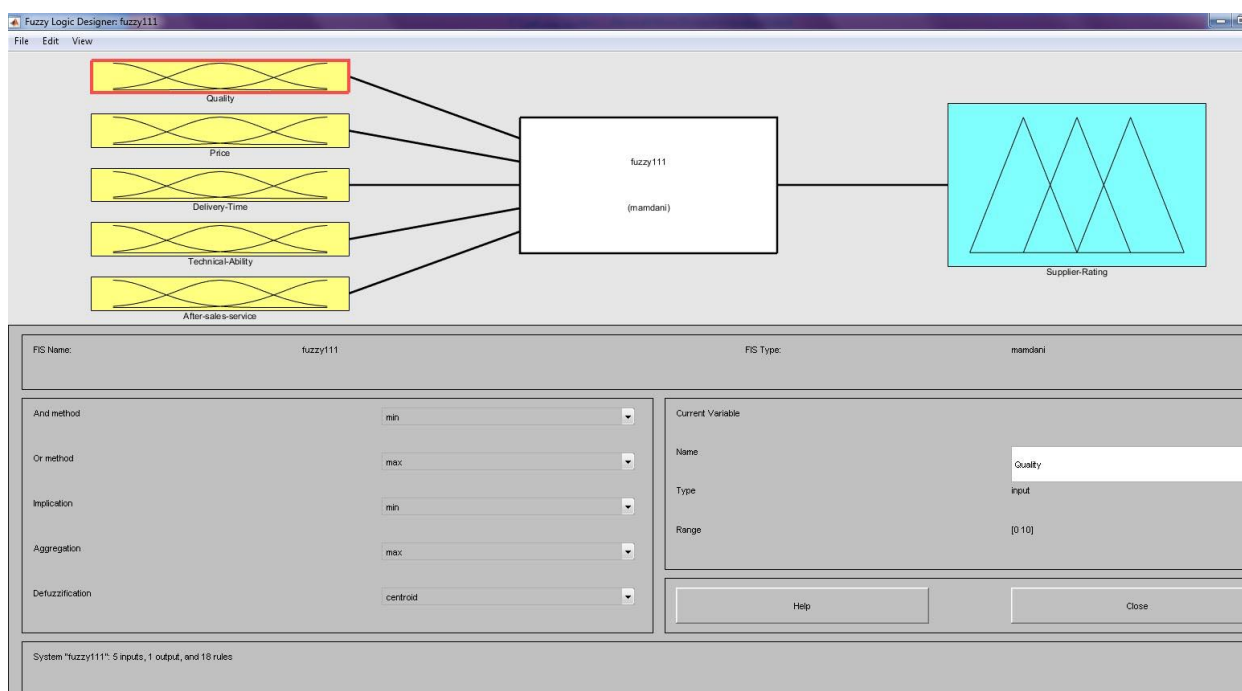
به تبدیل مجموعه فازی به مقدار عددی متناظر آن، فازی زدایی گفته می‌شود. این مرحله عکس فرایند فازی‌سازی را انجام می‌دهد. فازی زدا، یک خروجی با مقدار قطعی از مجموعه‌های فازی که خروجی موتور استنتاج هستند را تولید می‌کند روش‌های مختلفی برای فازی زدایی وجود دارد و معتبرترین آن‌ها روش مرکز ثقل است که مقدار آن برای مجموعه فازی پژوهش حاضر همان‌طور که به آن اشاره شد به این صورت می‌باشد. سیستم خبره فازی موردنظر، در مراحل قبلی معیارها را دریافت و متغیرها را، به متغیرهای فازی تبدیل کرده بود. سپس طبق تشخیص و بر اساس روش ممدانی قاعده مناسب را فعال و خروجی فازی را وارد این مرحله می‌کند. در این مرحله، طبق فرمول نوشته شده خروجی فازی به متغیر قطعی تبدیل می‌گردد. روش‌های زیادی برای فازی زدایی مطرح شده است که در این پژوهش از روش مرکز ثقل با کمک رابطه زیر استفاده شده است.

کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

$$COA(A) = \frac{\int (\mu_A(x) \cdot x) dx}{\int \mu_A(x) dx} + \dots$$

۴.۴. سیستم خبره فازی نهایی

سیستم استنتاج طراحی شده در این پژوهش از نوع سیستم ممدانی می‌باشد. برای اعمال مقدم‌های چندبخشی در نرم‌افزار متلب دو عملگر AND و OR مورد استفاده قرار می‌گیرند، در این پژوهش برای عملگر AND از روش min و برای عملگر OR از روش max استفاده شده است. همچنین برای استنتاج از روش min، برای تجميع خروجی‌ها از روش max و برای غیر فازی‌سازی خروجی از روش مرکز ثقل بهره گرفته شده است. نمای کلی را در شکل ۵ می‌توان مشاهده کرد. مزایای روش ممدانی شامل شهودی بودن، پذیرش گسترده توسط اکثر افراد، و مناسب بودن برای ورودی داده‌شده توسط عامل انسانی می‌باشد.



شکل نمای کلی سیستم خبره (۵)

۴.۵. مشاهده خروجی

در شکل ۶ کل سیستم خبره فازی را نشان می‌دهد هریک از سطرهای نمودار نشان‌دهنده قوانین فازی، هر ستون این نمودار مربوط به یک معیار (ورودی) است. ستون‌های سمت چپ نمودار، نشان‌دهنده توابع عضویت مربوط به فرض قواعد (قسمت اگر) هستند، ستون آخر سمت راست

نشان‌دهنده توابع عضویت مربوط به نتیجه قواعد (قسمت آنگاه) خروجی هستند. متغیرها و مقادیر فعلی آن‌ها در بالای هریک از ستون‌ها نمایش داده شده‌اند. خطوط قرمز رنگ، نشان‌دهنده میانگین امتیازاتی است که هریک از متغیرهای کسب کرده‌اند.

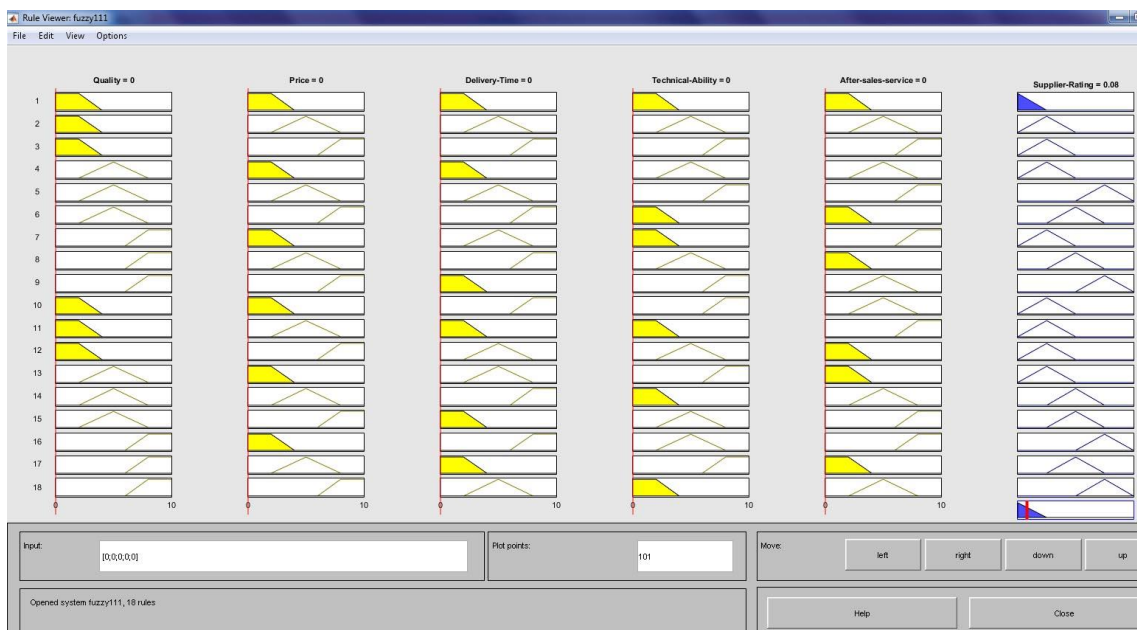
ستون آبی رنگ سمت راست، نشان‌دهنده حاصل اعمال هریک از قواعد فازی روی هریک از مجموعه‌های فازی تعریف شده برای آن قاعده طبق امتیاز کسب شده برای هریک از متغیرها است. هریک از خروجی‌های سیستم استنتاج فازی غیرفازی شده که از اجتماع نمودار به دست آمده از نمودار سمت راست به صورت یک خط عمودی قطور روی نمودار انتهایی هریک از نمودارهای سمت راست نمایش داده شده است.



شکل مرورگر قوانین سیستم خبره فازی (۶)

به منظور بررسی اعتبار سیستم و پرسش‌نامه‌ها، نتایج سیستم را در حالت‌های کم و همچنین بالا بررسی می‌کنیم و در نهایت امتیاز به دست آمده جهت تصمیم‌گیری انتخاب تأمین‌کننده به دست می‌آوریم. در حالتی که تمامی ورودی‌ها در حد پایین قرار داشته باشند، سیستم امتیاز تأمین‌کننده را ۰.۰۸ شناسایی می‌کند. (شکل ۷).

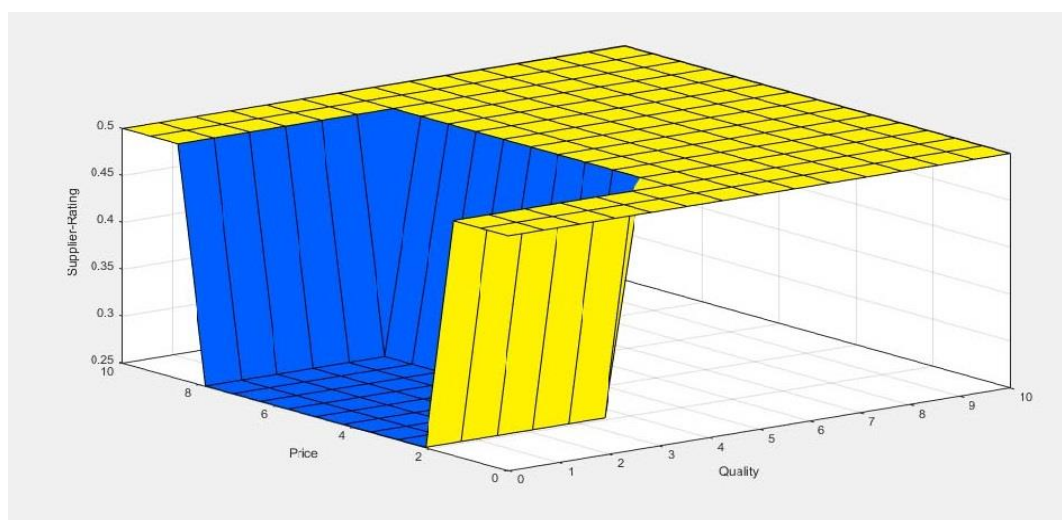
کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)



شکل مشاهده خروجی با ورودی‌ها حد پایین (۷)

۴.۶. تحلیل حساسیت معیارها

برای مشاهده نوع تأثیر هر ورودی بر روی خروجی در هر بخش از سیستم می‌توان از تحلیل حساسیت بهره‌مند شد. همان‌طور که در شکل ۸ دیده می‌شود، تأثیر دو معیار کیفیت و قیمت کاملاً مشهود است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در مقادیر کم کیفیت و قیمت بالا، امتیاز تأمین‌کننده خیلی کم می‌باشد. این تحلیل را می‌توان در ابعاد و حالت‌های مختلف ورودی‌ها بررسی نمود.

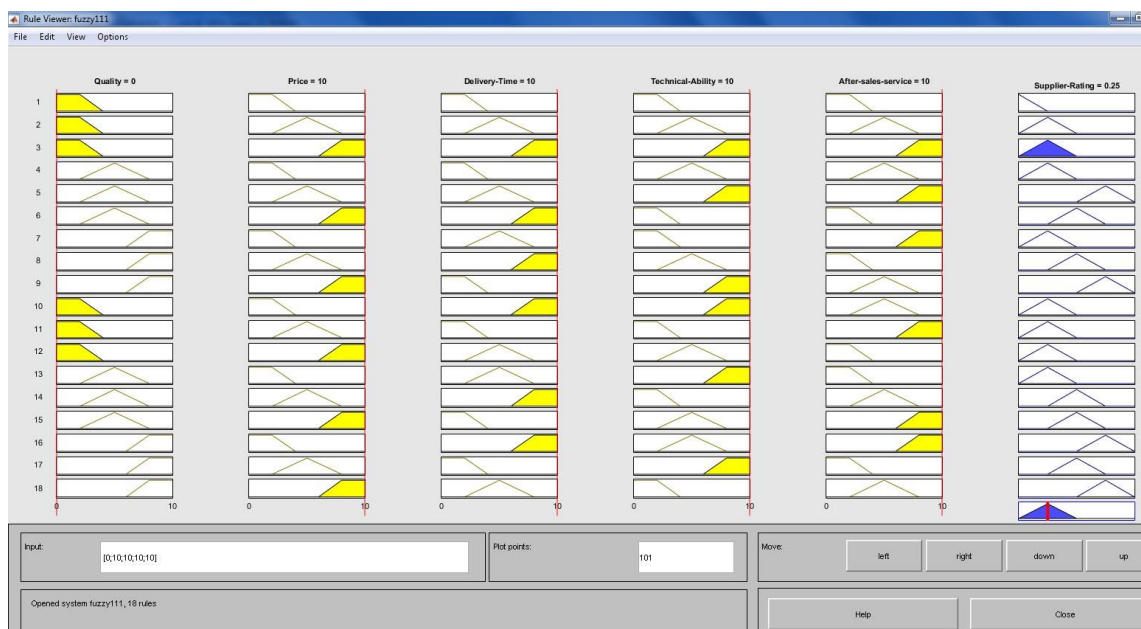


شکل اثر معیار کیفیت و قیمت بر امتیاز تأمین‌کننده (۸)

در این پنجره ارتباط فازی ایجاد شده بین ورودی‌ها و خروجی را نشان می‌دهد. با تغییر بعضی از گزینه‌ها می‌توان شیوه نمایش را تغییر داد. این روش همان غیرفازی سازی می‌باشد که برای به دست آوردن ارزش واضح انجام می‌دهیم. هرچقدر سطح مقادیر زیاد می‌شود سطح نمودار هم به سمت بالا می‌رود. این نشان می‌دهد تأثیر کدام معیار بر امتیاز تأمین کننده بیشتر است.

می‌توان از تحلیل رفتار متغیر ورودی کیفیت و قیمت، برای دیگر معیارها بهره برد، زیرا در همه شکل‌ها مقدار کیفیت به همراه سایر معیارها، تأثیر مشابه بر امتیاز تأمین کننده دارند. همان‌طور که در بالا ذکر شد، تأثیر معیار کیفیت بر سایر معیارها به یک‌شکل است. این نشان‌دهنده این است زمانی که کیفیت در پایین‌ترین سطح ممکن یعنی کم باشد، منجر کاهش امتیاز تأمین کننده و با افزایش سطوح یعنی متوسط به بالا امتیاز تأمین کننده افزایش می‌یابد.

در ادامه جهت بررسی اعتبار سیستم طراحی شده نظر خبرگان برای امتیاز تأمین کننده با کیفیت ضعیف، قیمت زیر استاندارد بازار، زمان تحویل حداکثر ۱۴ روز، توانایی فنی خوب، خدمات پس از فروش خوب گرفته شد که پاسخ اکثریت امتیاز خیلی کم و تعدادی نیز امتیاز کم دادند. در مقابل همین مقادیر ورودی برای معیارها به سیستم خبره فازی طراحی شده داده شد و امتیاز نهایی تأمین کننده را ۰.۲۵ شناسایی نمود. با توجه به جدول ۶ امتیاز در محدوده خیلی کم و کم می‌باشد که با نظرات خبرگان نیز مطابقت دارد. خروجی سیستم در شکل ۹ قابل مشاهده می‌باشد.



شکل امتیاز تأمین کننده با ورودی در نظر گرفته شده (۹)

کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

نتیجه‌گیری

تقاضای مشتریان، چرخه کوتاه حیات محصولات، افزایش رقابت و جهانی‌شدن، ازجمله پدیده‌هایی هستند که باعث تغییر سریع در محیط کسب‌وکار می‌شوند. مشتریان پیوسته ارزش‌های بیشتری را برحسب مطلوبیت‌های مکان، زمان، شکل و حالت و دارایی از سازمان درخواست می‌کنند و سازمان برای باقی‌ماندن در عرصه رقابت، ناچار به پاسخگویی به این تغییرات است (کدخدا زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

پرداختن به مسئله ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین، امری ضروری و مهم برای سازمان‌ها است. اهمیت این مسئله برای صنعت کاشی و سرامیک که بازار آن در زمینه کیفیت بالاتر و قیمت پایین‌تر به شدت رقابتی شده است و هزینه زیادی برای تأمین مواد منابع مناسب پرداخت می‌کنند، دوچندان می‌شود. به دلیل اهمیت این موضوع، پژوهش حاضر در پی آن است تا راهکاری برای حل این مسئله در صنعت کاشی و سرامیک استان یزد که قطب این صنعت می‌باشد ارائه دهد.

با توجه به موارد ذکر شده و اهمیت این موضوع اقدامات زیر صورت گرفته است:

پژوهش‌های پیشین بررسی و با مطالعه ادبیات تحقیق از میان آن‌ها مهم‌ترین معیارهای انتخاب تأمین‌کنندگان استخراج شدند و با نظرسنجی از خبرگان ۵ مورد از مهم‌ترین آن‌ها انتخاب و برای تهیه پرسش‌نامه به روش طراحی آزمایش‌های تاکوچی استفاده شد. در ادامه به طراحی سیستم استنتاج فازی پرداخته و پیاده‌سازی شد و تأمین‌کننده با بالاترین امتیاز را می‌توان تعیین نمود.

پیشنهادهای کاربردی

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی نتایج حاصل از آن‌ها، در این مرحله از پژوهش به منظور افزایش کیفیت فرایند ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده و ارائه راهکارهایی برای رفع مسائل در این زمینه، پیشنهادهایی در دو بخش پیشنهادهای کاربردی برای صنعت کاشی و سرامیک ارائه شده است.

برای انتخاب تأمین‌کننده با بیشترین امتیاز و ارزش جهت همکاری، با استفاده از سیستم خبره طراحی شده می‌توان به بررسی معیارهای تعیین شده و ارتباط و تأثیر آن‌ها برهم پرداخت و در نهایت تأمین‌کننده با بیشترین امتیاز را انتخاب نمود. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش موارد به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد:

برای انتخاب تأمین‌کننده حوزه کاشی و سرامیک معیار کیفیت اصل اول برای تهیه مواد اولیه و قطعات می‌باشد که مبتنی بر حساسیت بالای بخش مواد و ترکیب آن‌ها می‌باشد. با توجه به موارد کاربرد این محصولات کیفیت مناسب در آن اهمیت بسیار بالایی دارد و در نتیجه کیفیت ایده‌آل موجب اعتماد مشتریان می‌شود.

دومین معیار اثرگذار و مهم در صنعت کاشی و سرامیک قیمت می باشد که با توجه به افزایش چشمگیر تعداد تولیدکنندگان در این حوزه، بازار آن رقابتی می باشد و بهای تمام شده محصول نهایی اهمیت بسزایی در حاشیه سود و جذاب بودن قیمت برای مشتری و کشش بازار برای قیمت آن می باشد.

تحقیقات آتی

برای سایر پژوهشگران در این حوزه پیشنهادهای زیر ارائه می گردد:

۱- سیستم خبره فازی طراحی شده با استفاده از روش طراحی آزمایش های تاگوچی صورت پذیرفته است که می توان بجای طراحی آزمایش های، بر اساس نوع صنعت و ماهیت مواد اولیه آن ها از سایر روش های موجود استفاده نمود. به عنوان مثال از روش شبکه عصبی مصنوعی مدلی برای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان در زنجیره تأمین طراحی شود و نتایج آن با نتایج پیشنهاد حاضر مقایسه گردد.

۲- پژوهشگران آتی می توانند با استفاده از چارچوب این پژوهش برای صنعت مشابه در استان های مختلف معیارهای موردنظر را بومی سازی انجام دهند.

۳- می توان علاوه بر معیارهای در نظر گرفته شده به بررسی معیار اعتبار، نوآوری و موقعیت جغرافیایی تأمین کننده در ارزش گذاری و انتخاب آن پرداخت.

۴- در پژوهش های آتی می توان بحث تخصیص منابع را بدین صورت که چه میزان از سفارش ها را به کدام یک از تأمین کنندگان اختصاص دهیم را باهم در نظر گرفت.

۵- استفاده از رویکرد تلفیقی تکنیک های نوین تصمیم گیری چند معیاره و سیستم استنتاج فازی

کاربست طراحی آزمایش‌های تاگوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

منابع

۱. آریانا، آ (۱۳۹۶)، بررسی رابطه بین ریسک سرمایه‌گذاری و نگرش سرمایه‌گذاران به آینده شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود.
۲. بهروزی مقدم، سیما (۱۳۹۲)، انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره‌ی تأمین با رویکرد خوشه‌بندی فازی و روش تاگوچی (مطالعه موردی: شرکت فولاد آلیاژی ایران- یزد)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد.
۳. تاباق، حسین (۱۳۹۶)، روش ترکیبی برای انتخاب تأمین‌کنندگان با استفاده از روش‌های بهترین-بدترین و تودیم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی.
۴. توسلی فرد، مرجان (۱۳۹۳)، ارائه یک رویکرد ترکیبی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط فازی جهت ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان (مطالعه موردی: پارس تائر)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
۵. دری نوکورانی، باقرزاده آذر، & محمد. (۲۰۰۹). مدل تصمیم‌گیری برای ارزیابی و گزینش بهترین تأمین‌کننده راهبردی در زنجیره تأمین با رویکرد فرایند تحلیل شبکه‌ای. مطالعات مدیریت (بهبود و تحول)، ۱۶(۶۰)، ۳۸-۲۳.
۶. دودکانلوی میلان، مهران، جعفرزاده قوشچی، & سعید. (۲۰۱۷). ارائه مدلی یکپارچه برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان بر مبنای زیان معیارها و ساختار ترجیحی تصمیم‌گیرنده. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضی کاربردی)-دانشگاه آزاد لاهیجان، ۱۴(۴)، ۶۵-۴۵.
۷. رفیع زاده رضا، ۱۳۸۸، ارائه مدل انتخاب خودکار تأمین‌کنندگان قطعات در زنجیره تأمین با توسعه و ترکیب مدل‌های Multi-Attribute و Multi-Agent و C&N Six-Phase، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بوعلی سینا.
۸. زنگنه نژاد، شهره (۱۳۹۶)، ارائه یک مدل کمی جهت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کالا در زنجیره تأمین صنایع فولاد (مطالعه موردی: شرکت فولاد خوزستان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی زرنند.
۹. زینالی، الهام (۱۳۸۷)، طراحی آزمایش به روش تاگوچی با استفاده از نرم‌افزار Qualitek، نشر شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی.
۱۰. سعیدپور، مهدی؛ صادقی، علیرضا (۱۳۸۹). تحلیل استراتژیک صنعت کاشی و سرامیک، نخستین کنفرانس بین‌المللی پارادیم‌های نوین مدیریت هوشمندی تجاری و سازمانی، تهران، <https://civilica.com/doc/50003>.
۱۱. سیدی میرحسین، قاسم نژادمقدم نیما، & رحیمی غلامرضا (۱۳۸۸). ارایه مدلی جهت سنجش میزان کیفیت با توجه به مفهوم نوین کیفیت (NCQ) با استفاده از تئوری فازی (مطالعه موردی)، ۳۱-۵۸.
۱۲. شاهرودی، ک، تدریس حسنی، م (۱۳۹۲). ارائه مدلی ریاضی به منظور انتخاب تأمین‌کنندگان با استفاده از رویکرد تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و هزینه کل مالکیت، مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، ۸(۳)، ۷۱-۸۱.
۱۳. شاهین آرش، & جنتیان نسیه (۱۳۹۰). طراحی اثرزدای کیفیت خدمات با تلفیق آزمایش‌های تاگوچی و روش سروکوال در یک آژانس مسافرتی.
۱۴. عالم تبریز اکبر، باقرزاده آذر محمد (۱۳۸۹). "کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای جهت رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان و عوامل مرتبط با تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین." ۱۱۲-۱۳۵.

۱۵. عظیمیان میثم، جوادی حسن، فرشچیها عباس، نصوحی ایمان (۱۳۹۶). "انتخاب بهترین ترکیب تامین کنندگان با ارائه رویکردی تلفیقی از تصمیم گیری با معیارهای چندگانه و درخت تجزیه و تحلیل خطا." ۶۳-۴۵.
۱۶. کدخدازاده حمیدرضا، مروتی شریف آبادی علی (۱۳۹۲)، انتخاب تأمین کننده با استفاده از سیستم استنتاج فازی، نشریه مدیریت تولید و عملیات، شماره ۲، پیاپی ۷، صفحه ۱۳۲-۱۱۳.
۱۷. مازار اتابکی، ریحانه (۱۳۹۵)، ارزیابی و رتبه بندی تأمین کنندگان با استفاده از سیستم های هوشمند در کارخانه فرآورده های نسوز پارس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و هنر یزد.
۱۸. محمدنژاد چاری، فاطمه؛ صفایی قادیکلایی، عبدالحمید (۱۳۹۵)، شناسایی و رتبه بندی معیارهای انتخاب تأمین کنندگان در زنجیره تأمین لارج (مطالعه موردی: صنایع غذایی و لبنی کاله). مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۳(۴)، ۱۰۳-۱۲۰.
۱۹. محمدی مطلق حسنعلی، محمدی مطلق علیرضا، & رضایی نور جلال (۱۳۹۴). طراحی یک سیستم خبره برای ارزیابی و انتخاب تامین کننده، ۳۸۵-۴۰۳.
۲۰. محمودی امین، مجیبیان فاطمه، نوری ثابت افروز (۱۳۹۸)، ارائه یک مدل ریاضی جهت انتخاب تأمین کننده در زنجیره ی تأمین بادر نظر گیری مسائل کنترل موجودی و قیمت گذاری، نشریه تصمیم گیری و تحقیق در عملیات، شماره ۱، صفحه ۹۸-۸۹.
۲۱. ناظری، علی، خاکزار بفروئی، مرتضی (۱۳۹۵)، ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان و تخصیص سفارش چند محصولی با در نظر گرفتن ریسک با الگوریتم بهینه سازی انبوه ذرات چند هدفه (MOPSO) در شرایط فازی، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱(۴۸)، ۱-۱۴.
۲۲. نیک نیا، محمد مهدی (۱۳۹۳). ارزیابی تامین کنندگان و انتخاب تامین کننده مناسب در شرکت البرز مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس فازی، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته MBA، دانشگاه علوم اقتصادی.
۲۳. همایون فر، گودرزوند چگینی، & دانشور. (۲۰۱۸). الویت بندی تامین کنندگان زنجیره تامین سبز با استفاده از رویکرد ترکیبی MCDM فازی. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضی کاربردی)-دانشگاه آزاد لاهیجان، ۱۵(۲)، ۴۱-۶۱.
۲۴. خسروشاهی، حسین، معطر حسینی، سید محمد، مرجانی، محمدرضا. (۱۳۹۳). اندازه گیری اثر شلاق چرمی در یک زنجیره تأمین خطی سه سطحی با استفاده از روش میانگین متحرک برای برآورد تقاضا. نشریه پژوهش های مهندسی صنایع در سیستم های تولید. ۲(۴). ۲۱-۳۷.
۲۵. امیری، مقصود، ایرجی، ابوالفضل، منصوری محمدآبادی، سلیمان. (۱۳۹۷). ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان در زنجیره ی تأمین با رویکرد تلفیقی VIKOR و QFD در شرایط عدم قطعیت (مطالعه ی موردی: صنایع لاستیک یزد). صنعت لاستیک ایران. ۲۳(۹۲). ۷۳-۸۷.

26. Abdel-Basset, M., Manogaran, G., Gamal, A., & Smarandache, F. (2018). A hybrid approach of neutrosophic sets and DEMATEL method for developing supplier selection criteria. Design Automation for Embedded Systems, 22(3), 257-278.

27. Albino, V., Garavelli, A. C., & Schiuma, G. (۱۹۹۸). Knowledge transfer and inter-firm relationships in industrial districts: the role of the leader firm. Technovation, ۱۹(۱), ۵۳-۶۳.

کاربست طراحی آزمایش‌های تاگوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

28. Araz, C., Ozfirat, P. M., & Ozkarahan, I. (۲۰۰۷). An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management. *Computers & operations research*, ۳۴(۱۲), ۳۷۵۶-۳۷۳۸
29. Bendor, J., Taylor, S., & Van Gaalen, R. (۱۹۸۵). Bureaucratic expertise versus legislative authority: A model of deception and monitoring in budgeting. *American Political Science Review*, ۷۹(۴), ۱۰۶۰-۱۰۴۱
30. Briggs, P. (۱۹۹۴). Vendor assessment for partners in supply. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, ۱(۱), ۵۹-۴۹
31. Cetinkaya, B., Cuthbertson, R., Ewer, G., Klaas-Wissing, T., Piotrowicz, W., & Tyssen, C. (۲۰۱۱). *Sustainable supply chain management: practical ideas for moving towards best practice*. Springer Science & Business Media.
32. Chai, J., Liu, J. N., & Ngai, E. W. (۲۰۱۳). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert systems with applications*, ۴۰(۱۰), ۳۸۸۵-۳۸۷۲
33. Chauhan, A. S., Badhotiya, G. K., Soni, G., & Kumari, P. (2020). Investigating interdependencies of sustainable supplier selection criteria: an appraisal using ISM. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*.
34. Chen J. H., Chuang, S. S. (2008). An application of fuzzy Delphi and fuzzy AHP for multi-criteria evaluation model of fourth party logistics. *WSEAS Transactions on Systems*, 7(5), 466-478.
35. 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.
36. Cheraghi, S. H., Dadashzadeh, M., & Subramanian, M. (۲۰۰۴). Critical success factors for supplier selection: an update. *Journal of Applied Business Research (JABR)*, ۲۰(۰۲)
37. Chopra, S. (۲۰۰۳). Designing the distribution network in a supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, ۳۹(۲), ۱۴۰-۱۲۳
38. Efendigil, T., Önüt, S., & Kahraman, C. (۲۰۰۹). A decision support system for demand forecasting with artificial neural networks and neuro-fuzzy models: A comparative analysis. *Expert Systems with Applications*, ۳۶(۳), ۶۷۰۷-۶۶۹۷
39. ELLRAM, L. M. and SIFERD, S. P., ۱۹۹۶, Total cost of ownership: a key concept in strategic cost management decisions. *Journal of Business Logistics*, ۱۹, ۵۵-۷۶
40. Evans, F. (۱۹۸۱). An investigation into the relationship of sea temperature and food supply to the size of the planktonic copepod *Temora longicornis* Müller in the North Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, ۱۳(۲), ۱۵۸-۱۴۵

41. Ho, W., Zheng, T., Yildiz, H., & Talluri, S. (۲۰۱۰). Supply chain risk management: a literature review. *International Journal of Production Research*, ۵۳(۱۶), ۵۰۶۹-۵۰۳۱
42. Hsu, C. W., & Hu, A. H. (۲۰۰۷). Green supply chain management in the electronic industry. *International Journal of Environmental Science & Technology*, ۵(۲), ۲۱۶-۲۰۵
43. Huang, S. H., & Harshal, H. (۲۰۰۷). Comprehensive and configurable metrics for supplier selection. *International journal of production economics*, ۱۰۵(۲), ۵۲۳-۵۱۰
44. Liao, Z., & Rittscher, J. (۲۰۰۷). A multi-objective supplier selection model under stochastic demand conditions. *International Journal of Production Economics*, ۱۰۵(۱), ۱۵۹-۱۵۰
45. Lin, C., Chow, W. S., Madu, C. N., Kuei, C. H., & Yu, P. P. (۲۰۰۵). A structural equation model of supply chain quality management and organizational performance. *International journal of production economics*, ۹۶(۳), ۳۶۵-۳۵۵
46. Luzon, B., & El-Sayegh, S. M. (2016). Evaluating supplier selection criteria for oil and gas projects in the UAE using AHP and Delphi. *International Journal of Construction Management*, 16(2), 175-183.
47. Mukherjee, K. (2016). Supplier selection criteria and methods: past, present and future. *International Journal of Operational Research*, 27(1-2), 356-373.
48. Mwikali, R., & Kavale, S. (۲۰۱۲). Factors affecting the selection of optimal suppliers in procurement management. *International Journal of humanities and social science*, ۲(۱۴), ۱۹۳-۱۸۹
49. Mwikali, R., & Kavale, S. (۲۰۱۲). Factors affecting the selection of optimal suppliers in procurement management. *International Journal of humanities and social science*, ۲(۱۴), ۱۹۳-۱۸۹
50. Petroni, A., & Braglia, M. (۲۰۰۰). Vendor selection using principal component analysis. *Journal of supply chain management*, ۳۶(۱), ۶۹-۶۳
51. Saen, R. F. (۲۰۰۷). Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data. *European journal of operational research*, ۱۸۳(۲), ۷۴۷-۷۴۱
52. Saen, R. F. (۲۰۱۰). Developing a new data envelopment analysis methodology for supplier selection in the presence of both undesirable outputs and imprecise data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, ۵۱(۱۲-۹), ۱۲۵۰-۱۲۴۳
53. Taherdoost, H., & Brard, A. (2019). Analyzing the process of supplier selection criteria and methods. *Procedia Manufacturing*, 32, 1024-1034.
54. Tsai, Y. C., Chang, H. H & Hsu, C. H. (۲۰۱۳). E-procurement and supply chain performance. *Supply Chain Management: An International Journal*.

کاربست طراحی آزمایش‌های تاکوچی و سیستم استنتاج فازی در طراحی سیستم خبره برای انتخاب
تأمین‌کننده (مورد مطالعه: صنایع کاشی و سرامیک استان یزد)

55. Vijayakumar, Y., Rahim, S. A., Ahmi, A., & Rahman, N. A. (2019). Investigation of supplier selection criteria that leads to buyer-supplier long term relationship for semiconductor industry. *Int. J. Supply Chain Manag*, 8(3), 982-993.

56. Zeidan, F.; Gordon, N. S.; Merchant, J.; Goolkasian, Paula.(۲۰۱۰), "The effect of brief mindfulness meditation training on experimentally induced Pain", *The Journal of Pain*, vol. ۱۱, No. ۳, ۲۰۹-۱۹۹