

Technical and Economic Factors in the Design Model Fuzzy Smart Priority Investment Projects for Industrial: Approach Fuzzy Expert System

**Ali Rajab Zadeh Ghatari¹, Ahmad Reza Ghasemi²,
Adel Azar³, Rohollah Hosseini⁴**

Abstract: This article aims at designing a Fuzzy Expert System that helps select the appropriate industrial investment and prioritize the projects based on credible criteria and international standards in fuzzy environment to reduce the risk of adverse selection where possible. The main objectives of the research issue are optimizing decisions, increasing productivity and reducing investment risk that can ultimately lead to development. This article describes how to design and use fuzzy expert system and indicated the role of technical and economic criteria in selection of industrial projects. In this study, MATLAB (fuzzy inference module system) software was used to analyze the data, fuzzy inputs and outputs, establishment of rules and, ultimately, expert system output and their defuzzification, and the graphical interface. The existence of such a model in addition to helping to improve decision-making will help the development of industry and Industrial advancement In order to validate this study, a case study was done and the comparison of the output of the proposed system with the experts' opinions approved the validity of our system. The system helps to prioritize and select industrial projects and provides recommendations in more detailed.

Key words: *Economic Factors, Fuzzy Expert System, Fuzzy logic, Knowledge base, Technical Factors.*

1. Associate Prof. in Management, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

2. Assistant Prof. of Industrial Management, Farabi Campus University of Tehran, Qom, Iran

3. Prof. in Management, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

4. Instructor of Management, Payame Noor University, Tehran, Iran

Submitted: 10 / April / 2017

Accepted: 26 / October / 2017

Corresponding Author: Ahmad Reza Ghasemi

Email: ghasemiahmad@ut.ac.ir

نقش عوامل فنی و اقتصادی در طراحی مدل هوشمند سازی اولویت گذاری پروژه‌های صنعتی: رویکرد سیستم خبره فازی

علی رجبزاده قطری^۱، احمدرضا قاسمی^۲، عادل آذر^۳، روح‌الله حسینی^۴

چکیده: هدف این مقاله، طراحی یک سیستم خبره فازی برای اولویت‌گذاری و انتخاب پروژه‌های صنعتی مناسب بر مبنای معیارهای معتبر و بین‌المللی در محیط فازی است تا ریسک ناشی از انتخاب نادرست تا حد امکان کاهش یابد. هدف از طرح مسئله پژوهش، بهینه‌سازی تصمیم، افزایش بازدهی تولید و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری و در نهایت توسعه است. در این مقاله به چگونگی طراحی و استفاده از سیستم خبره فازی و همچنین نقش عوامل فنی و اقتصادی در طراحی مدل برای انتخاب پروژه‌های صنعتی پرداخته شده است. برای تحلیل داده‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌های فازی، تشکیل پایگاه قواعد، ایجاد خروجی سیستم خبره و فازی‌زدایی کردن آنها و واسطه‌گرافیکی، از ابزار ماژول سیستم استنتاج فازی نرم‌افزار متلب استفاده شده است. به منظور اعتبارسنجی پژوهش، مطالعه موردی انجام گرفت و بین خروجی‌های سیستم پیشنهادشده با نظر خبرگان مقایسه‌ای به عمل آمد و به تأیید رسید. این سیستم، به اولویت‌گذاری و انتخاب پروژه‌های صنعتی و ارائه توصیه‌های دقیق‌تر، کمک می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پایگاه دانش، سیستم‌های خبره فازی، عوامل اقتصادی، عوامل فنی، منطق فازی.

۱. دانشیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲. استادیار گروه مدیریت صنعتی، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

۳. استاد گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۴. مربی گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۱/۲۱

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۰۴

نویسنده مسئول مقاله: احمدرضا قاسمی

E-mail: ghasemahmad@ut.ac.ir

مقدمه

امروزه با طراحی سیستم‌های هوشمند تصمیم‌گیری، مانند سیستم‌های خبره، هوش مصنوعی و سیستم‌های پشتیبانی، تصمیم‌گیری مدیران در همه سیستم‌ها نیز تحت تأثیر قرار گرفته است. سیستم‌های هوشمند به‌طور اساسی روند و فرایند تصمیم‌گیری را تغییر داده‌اند. تصمیم‌گیری در مورد صنعت، متکی بر قضاوت خبرگان است و از سوی دیگر، اطلاعات مربوط به صنعت اغلب به‌صورت غیرقطعی، مبهم و غیرقابل دسترس هستند. خبرگان با تکیه بر شواهد، مدارک، اطلاعات کیفی و تجربه‌های خود، اغلب با استفاده از واژه‌های کلامی به ارزیابی صنعت اقدام کرده و در مورد آنها به قضاوت می‌پردازند. در این پژوهش با به‌کارگیری مزایای منطق فازی و سیستم‌های خبره، یک سیستم خبره فازی برای حل مسئله مطرح شده، ارائه شده است که با بهره‌گیری از روش استنتاج ممدانی و فازی‌سازی ورودی‌ها و فازی‌زدایی خروجی‌ها، در نهایت رتبه پروژه‌ها را تعیین می‌کند.

پیشینه نظری پژوهش

سیستم خبره فازی، نسخه جدیدتری از سیستم خبره است که برای پردازش، از منطق فازی بهره می‌جوید. منطق فازی، یک منطق چندارزشی است. در این منطق به جای درست یا نادرست، سیاه یا سفید، صفر یا یک، سایه‌های نامحدودی از خاکستری بین سیاه و سفید وجود دارد (سهرابی، فضلی، طهماسبی‌پور و رئیسی وانانی، ۱۳۹۲ و آذر و فرجی، ۱۳۹۲).

به عقیده مانسیا، آلم، تورگین، مارژان و کانات (۲۰۱۵) سیستم‌های خبره یکی از انواع هوش مصنوعی به‌شمار می‌روند و راهکارهایی مبتنی بر فناوری رایانه‌اند که با شبیه‌سازی خبرگی و تخصص انسانی در قالب نوعی سیستم نرم‌افزاری، امکان به‌کارگیری تصمیمات هوشمندانه را برای سایر افراد فراهم می‌کنند (شهبازی و کیانی‌فر، ۱۳۹۵).

سیستم خبره به‌وسیله مجموعه‌ای از قواعد «اگر-آنگاه»، حالت‌های مختلف یک موضوع را بررسی می‌کند و سرانجام به یک نتیجه مناسب دست پیدا می‌کند (سلر و باکلی، ۲۰۰۵).

سیستم خبره، یک برنامه هوش مصنوعی تهیه شده برای حل مسائل و مشکلات مربوط به حوزه خاص است. اطلاعات لازم برای ایجاد یک سیستم خبره توسط افرادی که در آن زمینه خبره هستند، جمع‌آوری می‌شود (سهرابی، کاوه و رئیسی وانانی، ۱۳۹۰؛ سلر و باکلی، ۲۰۰۵؛ سیلر و جیمز، ۲۰۰۵؛ لوین، درنگ و ادلسون، ۱۹۹۶).

سیستم خبره فازی نسخه جدیدتری از سیستم خبره است که برای پردازش، از منطق فازی استفاده می‌کند (متیوز، ۲۰۰۳). در این سیستم برای دریافت ورودی‌ها و انجام استنتاج، از

مجموعه‌ای از توابع عضویت و قواعد فازی به جای قواعد منطق قطعی و صفر یا یک استفاده می‌شود (آذر و فرجی، ۱۳۹۴). برای پیاده‌سازی سیستم خبره، نرم‌افزارهای متنوعی از جمله JESS، Doctus، DEX، Clips و Prolog توسعه یافته‌اند.

به گفته پروفسور فیگنباوم^۱، سیستم خبره برنامه کامپیوتری و هوشمندی است که از دانش و روش‌های استنتاج برای حل مسائلی استفاده می‌کند که به دلیل دشواری، به تجربه و مهارت انسان نیاز دارند. از نظر ساختار داخلی، سیستم خبره از دو بخش تشکیل می‌شود: بخش اول پایگاه دانش^۲ است؛ این پایگاه، حاوی دانشی است که بخش دوم، یعنی موتور استنتاج^۳، بر اساس آن تحلیل و نتیجه‌گیری می‌کند (غضنفری و کاظمی، ۱۳۹۰).

نگن ویتسکی (۲۰۱۱)، درباره ساختار یک سیستم خبره بحث کرده است. تعاریف جدید سیستم‌های خبره، آن را سیستمی برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری مدیران^۴ در موقعیت‌های نیمه‌ساختاریافته معرفی می‌کند (ترابی، شایگان و محمدی، ۱۳۹۴).

پیشینه تجربی پژوهش

پژوهش‌های متعددی در زمینه سیستم خبره فازی در دنیا انجام شده است. در سال‌های اخیر نیز سیستم‌های خبره بسیار زیادی برای پاسخ به مسائل سازمانی طراحی و ارائه شده است که در جدول زیر به برخی از آنها اشاره شده است.

جدول ۱. تحقیقات انجام گرفته در حوزه سیستم خبره و هوشمند

نویسنده	سال	زمینه به کارگیری سیستم خبره
شهبازی و کیانی‌فر	۱۳۹۵	طراحی نوعی سیستم خبره برای برون‌سپاری در سازمان‌های حاکمیتی
ترابی و همکاران	۱۳۹۴	بهبود روش‌های بهره‌برداری از یک نیروگاه سیکل ترکیبی با استفاده از رویکرد ترکیبی برنامه‌ریزی ریاضی و سیستم‌های خبره فازی
سهرابی و همکاران	۱۳۹۰	طراحی سیستم خبره فازی برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان

1. Feigenbaum
2. Knowledge Base
3. Inference Engine
4. DSS: Decision Support System

ادامه جدول ۱

نویسنده	سال	زمینه به کارگیری سیستم خبره
ابطحی، الهی و یوسفی زنوز	۱۳۹۶	طراحی نوعی سیستم هوشمند برای کشف تقلب حاصل از حرکت القایی در معاملات بازار قراردادهای آتی سکه بورس کالای ایران مبتنی بر شبکه بیزی
سهرابی و همکاران	۱۳۹۲	تصمیم‌گیری به وسیله سیستم خبره فازی برای انتخاب محل اقامت مطلوب گردشگران
فستگری و منتظر	۲۰۱۰	استفاده از سیستم خبره فازی در اولویت‌بندی مبادله سهام بازار بورس اوراق بهادار که به کاربر کمک می‌کند چه سهامی را در چه زمانی مبادله کند.
الهی، رشیدی و صادقی	۱۳۹۴	طراحی سیستم خبره فازی برای مدیر عالی حریم خصوصی در حوزه تبادلات الکترونیکی دولت و کسب و کارها
لطفی و رضوی	۱۳۹۳	ایجاد یک سیستم خبره به منظور شناسایی مدل مناسب برای پیش‌بینی سری‌های زمانی
تقوی فرد، حسینی و بابایی	۱۳۹۳	مدل رتبه‌بندی اعتباری هیبریدی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و سیستم‌های خبره فازی
فارسیجانی، اخوان خرازیان و سبحانی فرد	۱۳۹۲	بررسی نقش سیستم خبره هوشمند برای ارزیابی سازمان‌های رقابتی
هاشمی، شکری، امی ناصری، اکبری‌پور	۱۳۹۳	طراحی سیستم خبره به منظور مدیریت انبوهی و بیش انبوهی در اورژانا
آریاس اراندا، کاسترو، نوارو، سانچز و زوریتا	۲۰۱۰	طراحی یک سیستم خبره فازی برای مدیریت کسب و کار
شمسی	۲۰۱۴	طراحی یک سیستم فازی IT برای انتخاب پروژه‌های جدید توسعه محصول.
تقوی فرد، حسینی و خان بابایی	۱۳۹۳	اعتبار ترکیبی امتیازدهی مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک و سیستم‌های خبره فازی
برینت	۲۰۰۱	یک سیستم خبره ارزیابی وام کشاورزی
هرو، کاج و سریر	۱۹۸۸	استراتژی‌های مدیریت مالی و بانکی
داگدویرن و یوکسل	۲۰۱۰	یک فرایند شبکه تحلیلی فازی مدل (ANP) برای اندازه‌گیری سطح رقابت بخشی (SCL)، با اجرای سیستم‌های خبره

ادامه جدول ۱

نویسنده	سال	زمینه به کارگیری سیستم خبره
ووجانویس، مومسیلویس، بوجویس و پاپیک	۲۰۱۲	بررسی شاخص‌های مدیریت تعمیر و نگهداری ناوگان حمل و نقل با استفاده از DEMATEL و ANP به کمک نرم‌افزار سیستم‌های خبره
چوی لی	۲۰۰۳	استراتژی مدیریت دانش و ارتباط آن با فرایند ایجاد دانش
متکسیوتیکس	۲۰۰۵	استفاده از قدرت تکنولوژی سیستم‌های خبره به منظور بهبود صنعت خدمات
وو، وی ون	۲۰۰۷	انتخاب استراتژی‌های مدیریت دانش با استفاده از رویکرد ترکیبی DEMATEL و ANP در نرم‌افزار سیستم‌های خبره
تقوی فرد و جعفری	۱۳۹۴	کشف تقلب در بیمه بدنه خودرو با بهره‌مندی از سیستم خبره فازی
کریمی	۱۳۹۴	طراحی سیستم خبره به منظور تحلیل رفتار مصرف انرژی کارکنان به کمک مدل سازی راف
آزاده، فام، خوشنود و نی افروز	۲۰۰۸	ارزیابی عملکرد سیستم ایمنی و سلامت پالایشگاه گاز
منتزو هلوسیوگلو	۲۰۱۲	پیش‌بینی پارامترهای انتخاب سیستم پهلوگیری کشتی
فسنگری و منتظر	۲۰۱۰	استفاده از سیستم خبره فازی در اولویت‌بندی مبادله سهام بازار بورس اوراق بهادار
اصفهانی پور و آق امیری	۲۰۱۰	تحلیل ذخیره بازار
فازل زرنندی و احمد پور	۲۰۰۹	فرایند تولید فولاد
لی و لی	۲۰۱۰	تصمیم‌گیری در بازاریابی بین‌المللی
یستانداگ، کیلینس و سویکان	۲۰۱۰	استفاده از سیستم خبره فازی برای تحلیل اقتصادی سرمایه‌گذاری در استفاده از RFID
یستانداگ، کیلینس و سویکان	۲۰۱۰	تصمیم‌گیری در سرمایه‌گذاری با توجه به هزینه بالای سیستم و معیارهای کسب و کار، در بازاریابی بین‌المللی
ایدروس و همکاران	۲۰۱۱	برآورد احتمالی هزینه پروژه با استفاده از تجزیه و تحلیل ریسک و سیستم خبره فازی
کریمیان	۲۰۰۷	فرایند طراحی سازه‌های ساختمان‌های متعارف
بویلو، دلگادو، گومز رومرو و لویز	۲۰۰۹	سیستم خبره فازی در زمینه توسعه کارت امتیازدهی متوازن

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی، از لحاظ روش تحلیلی پیمایشی و از حیث گردآوری داده‌ها توصیفی از نوع بررسی موردی است. پیشینه و ادبیات نظری آن از طریق منابع کتابخانه‌ای و آرشیوی (بررسی اسناد و مدارک، کتاب‌ها، مقاله‌ها، مجله‌ها و پایان‌نامه‌ها) و استفاده از منابع اینترنتی و مصاحبه با تعدادی از خبرگان تدوین شد.

از طریق مصاحبه اکتشافی با خبرگان و مطالعه ادبیات، مستندات و پژوهش‌های پیشین، معیارهای کمی و کیفی تصمیم‌گیری تعیین شدند و با به‌کارگیری منطق فازی، دامنه تغییرات معیارها و سپس قوانین فازی به‌وجود آمدند. برای تحلیل داده‌ها از ابزار سیستم استنتاج فازی در نرم‌افزار متلب استفاده شده است.

سیستم خبره ارائه شده در این پژوهش، از یک متدولوژی هفت مرحله‌ای در قالب دو مرحله کلی «طراحی سیستم» و «تصمیم‌گیری» تشکیل شده است. طراحی سیستم طی سه مرحله انجام گرفته است: ۱. تعیین معیارهای تصمیم‌گیری؛ ۲. طراحی مجموعه‌های فازی معیارهای تصمیم‌گیری؛ ۳. قواعد سیستم خبره فازی.

گام‌های طی شده در مرحله تصمیم‌گیری نیز عبارت‌اند از: ۱. فازی‌سازی ورودی‌ها؛ ۲. استنتاج فازی؛ ۳. فازی‌زدایی؛ ۴. رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری.

از آنجا که تحقیقات طراحی، به روش‌شناسی منحصر به فردی نیاز دارند، در این مقاله با بررسی پارادایم‌های اصلی زیربنای فلسفی پژوهش‌های علوم اجتماعی و مدیریت و روش پژوهش سیستم‌های اطلاعاتی، از ترکیب نظریه انتقادی و رویکرد پژوهشی علم طراحی^۱ استفاده شده است. در واقع از دید هستی‌شناسی پارادایم پژوهشی انتقادی، در این مقاله کاربر واقعیت و مسائلی که در حوزه صنعتی با آنها سروکار دارد را هاله‌ای از عوامل فنی، سیاسی، فرهنگی، اقتصادی و... احاطه کرده است که این عوامل بر تصمیم‌های مدیر در حوزه صنعت، تأثیرگذارند. در واقع این پژوهش از نظر ماهیت، کاربردی است؛ زیرا نتایج و یافته‌های آن برای حل مسائل مربوط به تصمیم‌گیری در حوزه صنعت که یکی از مشکلات خاص کشور به‌شمار می‌رود، به کار برده می‌شود. از دید شناخت‌شناسی، پژوهشگر به بررسی جامع پدیده مد نظر به شیوه تعاملی با خبرگان این حوزه اقدام می‌کند و خبرگان نیز نظرشان را درباره درستی و ارتباط مفاهیم و قواعد بیان می‌کنند. در اینجا ذهنیت‌گرایی و ارزش‌های خبرگان حوزه مطالعه، بر پدیده تأثیر می‌گذارد. شناخت‌شناسی در رویکرد پژوهشی علم طراحی این مقاله به دو مسئله اشاره می‌کند؛ یکی دانستن از طریق ساختن سیستم خبره و دیگری سازه‌های عینی محدود درون مضمون صنعت. از دید

ارزش‌شناسی، به خلق دانش جدید درباره حوزه کاری مدیران، پیشرفت و بهبود در وضعیت تصمیم و فهم مسائل تصمیم پرداخته شده است. در واقع روش اجرای این پژوهش از نظر هدف، توصیفی ارزشیابی است؛ زیرا از سویی به توصیف دقیق مفاهیم و قواعد تصمیم در حوزه صنعت می‌پردازد و از سوی دیگر، روابط بین این مفاهیم و قواعد را با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه با خبرگان ارزیابی و تعیین می‌کند. در واقع، روش نمونه‌گیری در این مقاله ترکیبی از دو روش نمونه‌گیری غیر احتمالی هدفمند و نمونه‌گیری گلوله برفی است. گفتنی است، حجم نمونه این پژوهش را سه گروه معرفی شده از خبرگان در دسترس و مایل به همکاری (۱۹ نفر) تشکیل می‌دهد. برای دستیابی به مدل، از اسناد موجود در مجله‌های علمی مرتبط با صنعت در حوزه تصمیم‌گیری استفاده شده است. جامعه و نمونه آماری این تحقیق شامل مدیران، کارشناسان و کارکنان سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران است. این پژوهش از نوع مدل‌سازی است؛ زیرا به مدل‌سازی تصمیم می‌پردازد.

یافته‌های پژوهش

در این بخش به ارائه نتایج و یافته‌های پژوهش پرداخته می‌شود.

مرحله اول: تعیین معیارهای تصمیم‌گیری

معیارهای انتخاب پروژه‌ها براساس سه مورد زیر شناسایی شده‌اند:

۱. بررسی معیارهای مورد استفاده توسط پژوهشگران گذشته؛
 ۲. بررسی ادبیات موضوع و منابع داخلی و خارجی مرتبط؛
 ۳. بررسی معیارهای صنعت از دیدگاه مدیران، کاربران و کارشناسان حوزه صنعت.
- بر مبنای سه مورد گفته شده، ۵۹ معیار از منابع مختلف شناسایی و جمع‌آوری شد؛ سپس با توجه به نظر خبرگان تعداد آنها به ۴۹ معیار کاهش یافت. در ادامه، ۴۹ معیار در ۸ معیار اصلی به‌عنوان معیارهای اصلی تصمیم‌گیری گروه‌بندی شدند. با توجه به کثرت معیارها، به‌منظور کاهش پیچیدگی قوانین سیستم خبره فازی و افزایش صحت آن، به تقلیل متغیرهای ورودی پرداخته شد. در نتیجه از میان ۵۹ معیاری که در قالب هشت عامل دسته‌بندی شده بودند، ۴۹ معیاری که از اولویت بیشتری برخوردار بودند، مبنای محاسبات قرار گرفتند.

مرحله دوم: طراحی مجموعه‌های فازی معیارهای تصمیم‌گیری

به‌منظور طراحی بنیان‌های اصلی سیستم خبره فازی، برای هر یک از معیارهای اصلی تصمیم‌گیری، پنج مجموعه فازی «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «زیاد» و «خیلی زیاد»

طراحی شده است. تبیین مجموعه‌های فازی با در نظر گرفتن زیرمعیارها و وضعیت صورت می‌گیرد. برای تعیین مجموعه‌های فازی، براساس نظر کارشناسان، معیارهای تصمیم‌گیری و عبارات کلامی به اعداد فازی مثلثی تعریف شدند و جدول ۵ را تشکیل دادند.

در این پژوهش تمام اعداد به صورت فازی و از نوع مثلثی هستند؛ زیرا بر پایه درک و انتقال مستقیم بوده و نمایش محاسباتی مؤثری دارند (برزده و تقوی فرد، ۱۳۹۲؛ کارسک ۲۰۰۴). در این مرحله به هر متغیر فازی، عبارت‌های زبانی خیلی زیاد مؤثر، زیاد، متوسط، کم، خیلی کم اختصاص داده می‌شود. در نرم‌افزار مورد استفاده، می‌توان به راحتی این سطوح را تعریف کرد.

جدول ۲. تبدیل عبارات کلامی به اعداد فازی مثلثی

مقدار عددی	معدّل فازی	متغیر زبانی
۰	(۰/۰ ، ۰/۱ ، ۰/۳)	خیلی کم
۱	(۰/۱ ، ۰/۳ ، ۰/۵)	کم
۲	(۰/۳ ، ۰/۵ ، ۰/۷)	متوسط
۳	(۰/۵ ، ۰/۷ ، ۰/۹)	زیاد
۴	(۰/۷ ، ۰/۹ ، ۱/۰)	خیلی زیاد مؤثر

مرحله سوم: پایگاه قواعد سیستم خبره فازی

به منظور طراحی پایگاه دانش سیستم خبره فازی، برای هر یک از معیارهای اصلی تصمیم‌گیری، پنج مجموعه فازی بی‌اثر، کم اثر، متوسط، تأثیر زیاد، تأثیر خیلی زیاد طراحی شده است. تبیین مجموعه‌های فازی با در نظر گرفتن زیرمعیارها و وضعیت صورت می‌گیرد. قواعد سیستم خبره به بررسی وضعیت مطلوب با وضعیت گزینه مورد بررسی می‌پردازد و میزان انطباق وضعیت مطلوب با وضعیت گزینه مورد بررسی را با یک عبارت کلامی بیان می‌کند. برای سیستم خبره فازی پژوهش حاضر در مجموع ۶۰ قاعده برای عوامل اصلی و ۳۷۵ قاعده برای عوامل فرعی تبیین شده است. به منظور صحیح عمل کردن پایگاه دانش، قوانین مطرح در پایگاه دانش برای اظهارنظر و اصلاح قوانین در اختیار خبره قرار گرفت تا قوانین نهایی حاصل شود.

پایگاه دانش فازی^۱، دانش خبرگان و متخصصان را به زبان طبیعی و به شکل قواعد اگر - آنگاه تعریف می‌کند (آذر و فرجی، ۱۳۸۹) نمونه‌ای از قواعد اصلی تبیین شده در زیر آمده است:

- If (Technical is very_low) and (Market is very_low) and (Economic is very_low) and (Financial is very_low) and (Technenvironmentalology is very_low) and (Sociocultural is very_low) and (infrastructure is very_low) then (Decision_making is low) (1)

تعداد حالت‌های ممکن قوانین به صورت زیر محاسبه شده است:

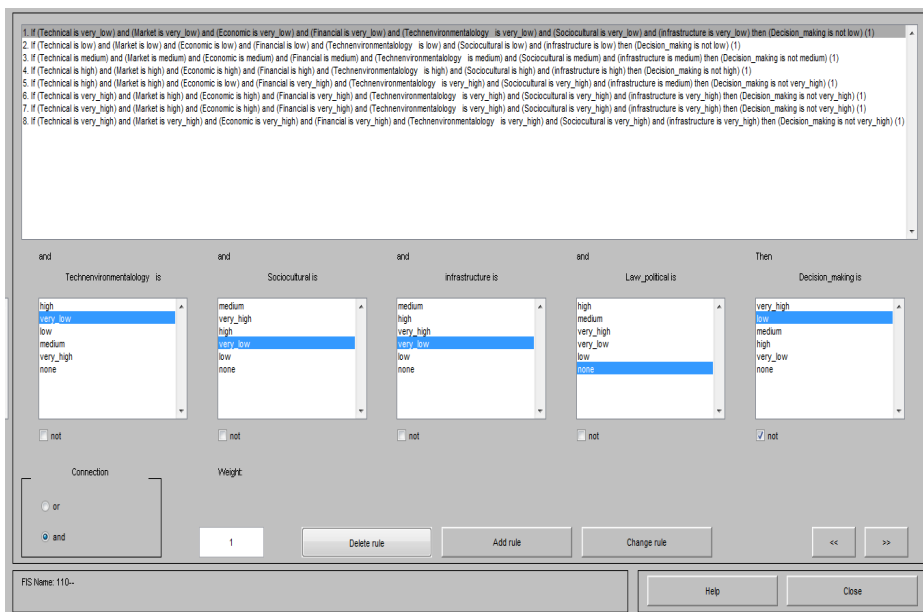
$$Z = \sum [(7 * 5) + 5^7], [(10 * 5) + 5^{10}], [(6 * 5) + 5^6], [(10 * 5) + 5^{10}], [(5 * 5) + 5^5], [(4 * 5) + 5^4], [(5 * 5) + 5^5], [(2 * 5) + 5^2]$$

اما در عمل ممکن نیست که این همه قانون تولید و استفاده شود. بنابراین با مشورت خبره حالت‌های بیشینه، حد وسط و خیلی ضعیف قوانین انتخاب شدند. قوانین منتخب به نحو مطلوبی حالت‌های مختلف را پوشش داده و برای سیستم خبره رتبه‌بندی پروژه‌های صنعتی مناسب هستند. به این ترتیب تعداد ۳۷۵ قانون به دست آمد.

محاسبه وزن هریک از متغیرهای اصلی با بهره‌مندی از نظر خبرگان

برای به دست آوردن اولویت و اهمیت هر یک از معیارها از روش دیماتل فازی استفاده شده است. با توجه به اطلاعات وزن عوامل، ضریب اهمیت عوامل اقتصادی کمتر از عوامل فنی است و ضریب اهمیت عوامل زیست‌محیطی از همه عوامل مدل بیشتر است.

شکل ۱ نحوه تولید قواعد پایگاه دانش ماژول اصلی سیستم خبره را نشان می‌دهد.



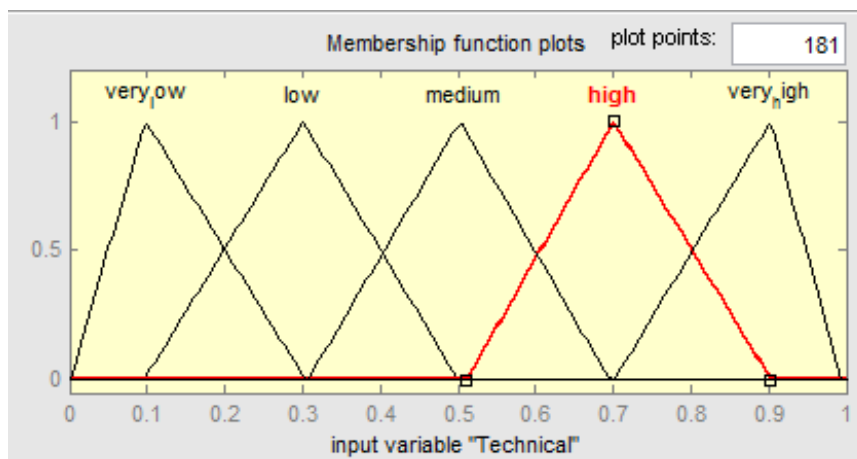
شکل ۱. نحوه تولید قواعد پایگاه دانش ماژول اصلی سیستم خبره

با توجه به نمایش جواب به وسیله پوستر VP، معلوم می‌شود که قوانین مد نظر به درستی اجرا شده‌اند. به همین صورت می‌توان نشان داد که تمام قوانین نوشته شده در پایگاه دانش سیستم به درستی عمل می‌کنند. برای بررسی میزان اهمیت معیارهای مورد استفاده در پژوهش از تکنیک DEMATEL استفاده شده است.

مرحله چهارم: فازی سازی ورودی‌ها

بعد از طراحی مدل مفهومی، نوبت به تعریف متغیرهای ورودی و خروجی سیستم خبره می‌رسد. متغیر خروجی مدل خبره، در واقع ماژول «وضعیت پروژه‌های صنعتی» است. در این مرحله، درجه عضویت فازی هر ورودی که در دامنه مجموعه فازی قرار دارد، معین می‌شود (سهرابی و همکاران، ۱۳۹۰ و متیوز، ۲۰۰۳). در این مرحله، مجموعه‌های فازی متغیرهای ورودی و خروجی، به عنوان مجموعه ورودی نرم افزار MATLAB تعریف می‌شود؛ به بیان دیگر، متغیرهای کلامی فازی سازی می‌شوند. برای فازی سازی متغیرها از تابع مثلثی استفاده شده است.

همان طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، پنج مقدار زبانی برای معیار مواد اولیه در نظر گرفته شده است. High در این تابع عضویت برای مجموعه فازی مواد اولیه، گویای مطلوب بودن پروژه از نظر مواد اولیه است؛ یعنی پروژه از نظر مواد اولیه موقعیت مطلوبی دارد.

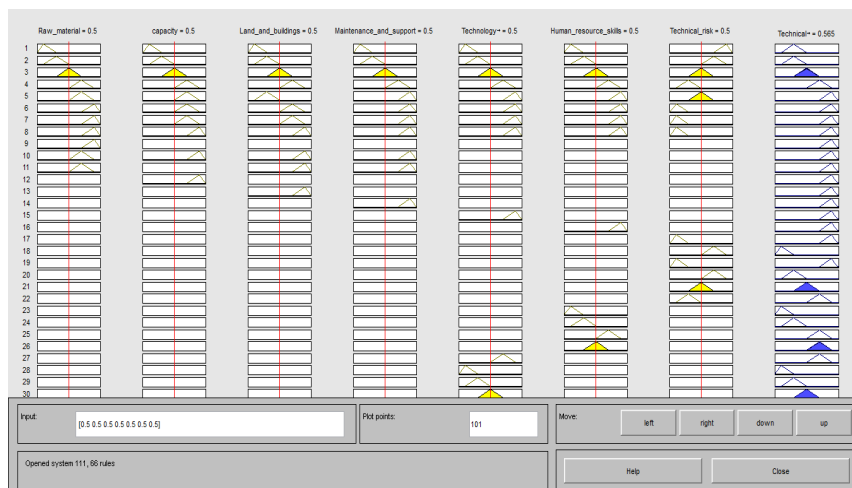


شکل ۲. نمودار تابع عضویت پنج تایی برای معیار فنی

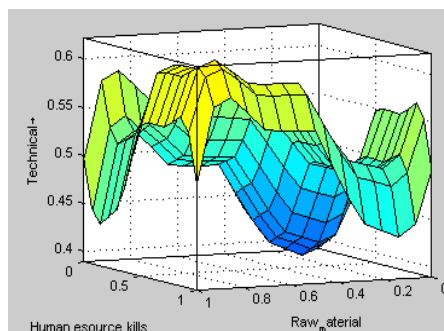
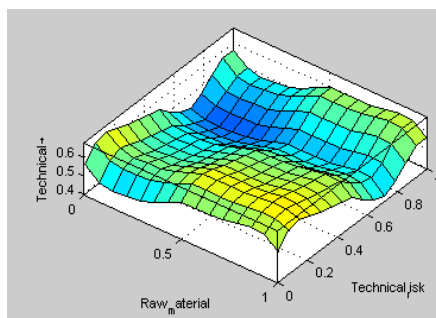
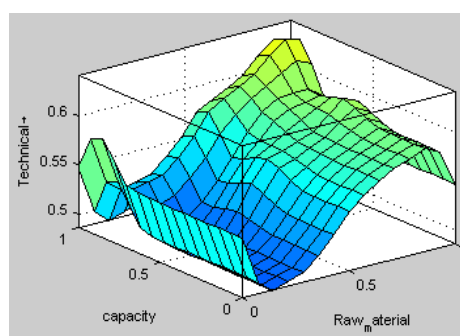
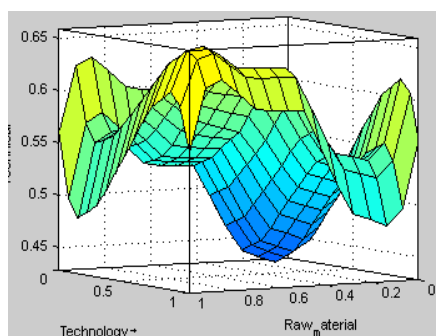
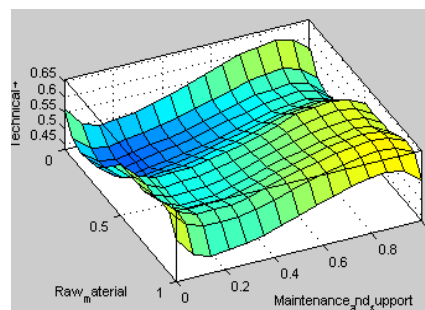
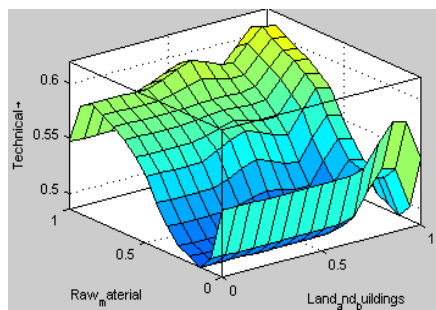
مرحله پنجم: استنتاج فازی

استنتاج فازی با کمک قواعد سیستم خبره فازی انجام می‌شود. هر قاعده سیستم خبره فازی، با توجه به درجه عضویت محاسبه شده برای هر گزینه در هر معیار، یک خروجی فازی ایجاد می‌کند.

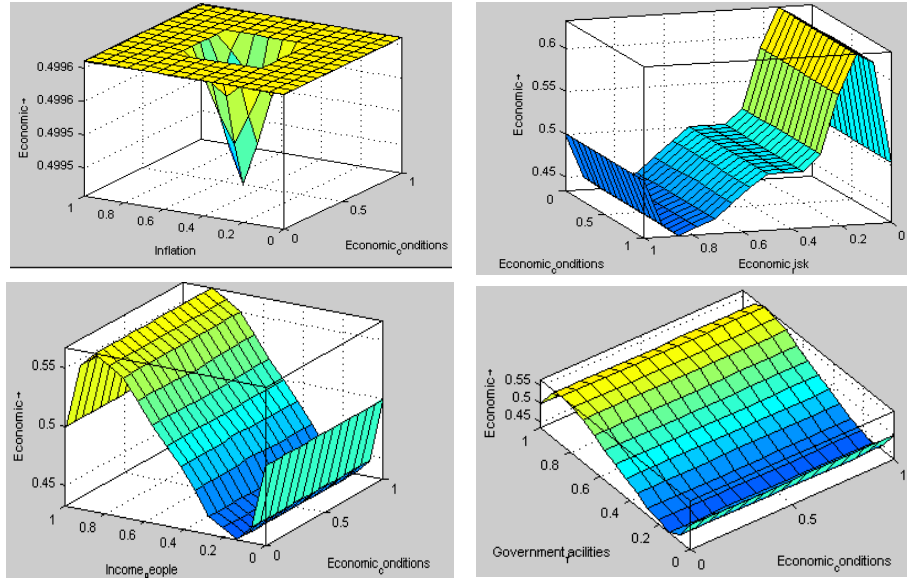
در بخش جعبه فازی نرم‌افزار متلب، به منظور اتصال قواعد فازی سیستم با استفاده از عملگرهای «و» و «Sum»، سبک تجمیع قواعد فازی^۱ انتخاب شده است. بدین ترتیب، مجموع دقیق‌تر، هر مجموعه خروجی قواعد در نظر گرفته می‌شود، نه حداکثر آنها. دلیل اصلی استفاده از سیستم استنتاج فازی ممدانی این است که موتور استنتاج فازی ممدانی، معایب سیستم فازی خالص و سیستم فازی سوگنو را برطرف کرده است، ضمن آن که یک فازی‌ساز در ورودی و یک غیرفازی‌ساز در خروجی سیستم قرار می‌دهد. برای انتخاب نوع استلزام در نرم‌افزار متلب از Prod استفاده می‌شود؛ زیرا عملگر مینیمم مجموعه فازی خروجی را کوتاه و ناقص می‌کند. در واقع دلیل استفاده از Prod مقیاس‌بندی دقیق‌تر خروجی مجموعه‌های فازی است (سیوناندام، سوماتی و دیپا، ۲۰۰۷، الهی و همکاران، ۱۳۹۴). استنتاج سیستم خبره از مجموعه‌ای از قواعد اگر-آنگاه تشکیل می‌شود و قواعد با مجموعه‌ای از عبارات‌های کلامی بیان می‌شوند (سهرابی و همکاران، ۱۳۹۰ و سلر و باکلی، ۲۰۰۵).



شکل ۳. موتور استنتاج سیستم خبره فازی رتبه‌بندی (نمایی از تحلیل رفتار متغیر خروجی در مازول وضعیت پروژه، به صورت عددی و زبانی، بر اساس هشت متغیر اصلی سیستم خبره)

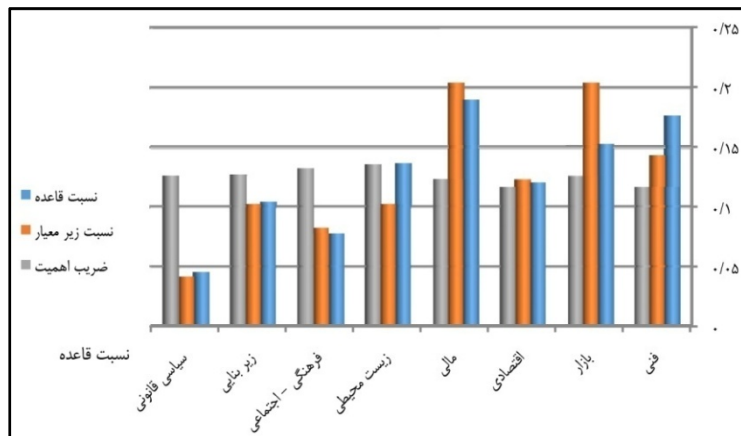


شکل ۴. نمایش سه بعدی روابط فازی بین زیر معیارهای فنی



شکل ۵. نمایش سه بعدی روابط فازی بین زیر معیارهای اقتصادی

با توجه به شکل ۶ متغیر اقتصادی بعد از متغیرهای، مالی، فنی، بازار و زیست محیطی نسبت به سایر متغیرهای اصلی مدل خبره فازی رتبه بندی پروژه های صنعتی، قواعد بیشتری در پایگاه دانش دارد. همچنین متغیر اقتصادی بعد از متغیرهای، مالی، بازار و فنی، نسبت به سایر متغیرهای اصلی مدل خبره فازی رتبه بندی پروژه های صنعتی دارای زیرمجموعه بیشتری است.



شکل ۶. نمودار مقایسه جامع متغیرهای اصلی مدل خبره

مرحله ششم: فازی زدایی

فازی زدایی^۱ نتایج استنتاج فازی را به اعداد واقعی تبدیل می‌کند. به طور کلی می‌توان چهار نوع فازی ساز را به کار برد که عبارت‌اند از: فازی‌سازهای مثلثی^۲، دوزنقه‌ای^۳، منفرد^۴ و گاوسی^۵ (برزده و تقوی فرد، ۱۳۹۲؛ دجم و کیمی، ۲۰۱۱) در این پژوهش روش مرکز ثقل^۶ به شرح رابطه ۱ مورد استفاده قرار گرفته است؛ زیرا روش معتبری بوده و بارها توسط محققان به کار رفته است، ضمن آن که رویکرد هماهنگ و متعادلی را فراهم می‌کند (برزده و تقوی فرد، ۱۳۹۲؛ روز، ۲۰۰۵).

$$Z^* = \frac{\int \mu_{\bar{A}}(z) \times z dz}{\int \mu_{\bar{A}}(z) dz} \quad \text{رابطه ۱}$$

مرحله هفتم: رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری

پس از فازی زدایی، برای هر گزینه به ازای هر معیار تصمیم، یک امتیاز عددی به دست می‌آید. ساده‌ترین روش ارزیابی، محاسبه امید ریاضی مقادیر مستخرج برای آن گزینه است. البته معیارها وزن دارند، یعنی از نظر تصمیم‌گیرنده ارزش یکسانی نداشته و روش کار با در نظر گرفتن اهمیت معیارهای تصمیم‌گیری خواهد بود. سیستم خبره فازی برای انتخاب پروژه مناسب می‌تواند به هر یک از معیارهای هشت‌گانه، ضریب وزنی اختصاص دهد. سیستم خبره فازی گزینه‌ای که بیشترین انطباق را با خواسته‌های تصمیم‌گیرنده دارد و در رتبه بالاتری است یا بیشترین امتیاز را دارد به وی پیشنهاد می‌دهد.

یافته‌های پژوهش

محققان تلاش کردند سیستمی طراحی کنند که کاربرپسند باشد و با استفاده از جعبه ابزار منطق فازی، انعطاف‌پذیری و عملکرد سیستم رو به بهبود رود. در سیستم خبره طراحی شده که به آن اشاره شد، پس از گرفتن جواب سؤال‌ها از کاربر، آنها را با قواعد نوشته شده در پایگاه دانش انطباق داده و بر اساس آن، نتیجه به کاربر اعلام می‌شود. بنابراین در سیستم طراحی شده، کاربران می‌توانند با وارد کردن مقدار متغیرهای ورودی برای یک پروژه جدید، ارزش نهایی و

-
1. Defuzzifier
 2. Triangular fuzzifiers
 3. Trapezoidal fuzzifier
 4. Singleton fuzzifier
 5. Gaussian fuzzifier
 6. Centroid

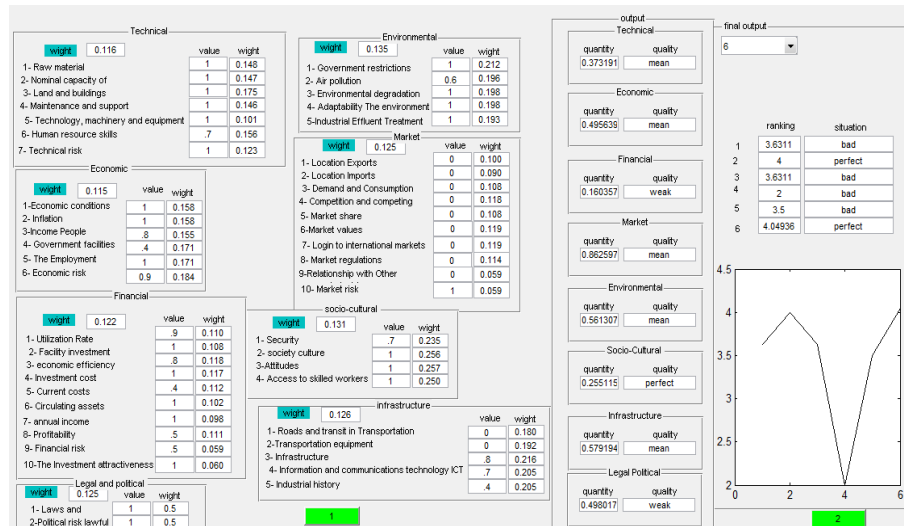
رتبه آن را پیش‌بینی کنند. با توجه به اطلاعات ورودی، در پایگاه دانش به ازای هر شاخص، خروجی متناظر که به صورت فازی است، ایجاد می‌شود و پس از دفازی‌شدن، به پایگاه مدل اعمال می‌شود. سپس در پایگاه مدل و با استفاده از قواعد، مدل حل می‌شود و بهترین جواب ممکن به دست می‌آید. در این مطالعه، برای ورودی‌ها و خروجی‌های فازی، تشکیل پایگاه قواعد و همچنین ایجاد خروجی سیستم خبره و فازی‌زدایی کردن آنها، از نرم‌افزار MATLAB-R2010a استفاده شده است.

طراحی رابط کاربر

یکی از عناصر اصلی یک سیستم خبره، رابط کاربر است. منظور از رابط کاربر، مجموعه تجهیزات و نرم‌افزارهایی است که به صورت کانال ارتباط کاربر و سیستم خبره عمل می‌کند؛ یعنی به کاربر امکان ارائه داده‌های مربوط به مسئله مد نظر به سیستم را می‌دهد و از طرف دیگر، استنتاجات سیستم را در اختیار کاربر می‌گذارد. اغلب سیستم‌های خبره مبتنی بر قواعد استنتاج (Rule - Based) هستند.

طریقه کار واسط کاربری گرافیکی

در سیستم استنتاج فازی این پژوهش، به منظور انتخاب پروژه فرمی برای کاربر طراحی شده است که در آن کاربر می‌تواند وضعیت ارزشی پروژه را در رابطه با هر یک از ورودی‌ها (زیرشاخص‌های یک شاخص اصلی) تعیین کند. در این فرم تعدادی کنترل گرافیکی وجود دارد که وظیفه آنها کنترل ارزش وارد شده در دامنه‌ای به مقدار حداقل و حداکثر است. کاربر می‌تواند اطلاعات درخواست شده مربوط به ورودی‌های سیستم را با توجه به دامنه‌ای که مشخص کرده است، وارد کند. مقدار متغیرهای ورودی به مازول فازی فرستاده می‌شود. موتور استنتاج فازی، خروجی مرتبط را بر اساس مجموعه‌ای از قوانین ایجاد می‌کند و به ورودی‌های فازی برای مرحله نهایی تبدیل می‌شود. خروجی تولید شده که همان امتیاز شاخص اصلی است، به صورت کمی و کیفی (زبانی) نمایش داده می‌شود. در نهایت با فشردن دکمه اول، ارزش نهایی پروژه براساس استنتاج فازی نشان داده خواهد شد. در مرحله بعد، پس از ثبت نهایی داده‌های زیرشاخص‌های متعلق به شاخص‌های اصلی، با فشردن دکمه دوم، ارزش نهایی پروژه براساس استنتاج فازی به نمایش درمی‌آید. این مراحل برای سایر پروژه‌ها تکرار شده، سپس پروژه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند و پروژه بهینه تعیین خواهد شد. شکل ۷ نمای کلی واسط کاربری گرافیکی سیستم خبره را نشان می‌دهد.



شکل ۷. ساختار کلی سیستم خبره فازی اولویت‌گذاری پروژه‌های صنعتی

جدول ۳. مشخصات کلی سیستم خبره فازی اولویت‌گذاری پروژه‌های صنعتی

[System]	NumRules=8
Name=' Select'	AndMethod='prod'
Type='mamdani'	OrMethod='max'
Version=2.0	ImpMethod='prod'
NumInputs=8	AggMethod='sum'
NumOutputs=1	DefuzzMethod='centroid'

اعتبار سنجی

با توجه به آماری نبودن این پژوهش و اتکای آن به افراد خبره، اعتبار این پژوهش را نمی‌توان با آزمون‌هایی همچون آزمون کرونباخ بررسی کرد؛ بلکه باید اعتبار آن را بر مبنای نظرات منعکس شده خبرگان در مستندات به‌دست آمده از طریق مصاحبه، تحقیقات اینترنتی و میدانی (کتابخانه‌ای) پایه‌گذاری کرد. در این زمینه به مستندات اینترنتی و نظر خبرگان مراجعه شد و پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات به‌دست آمده و ارائه آنها به خبرگان این حوزه، صحت مستندات موجود و انطباق آنها با سیستم خبره موضوع این مقاله تأیید شد. همچنین برای تأیید اعتبار مدل و کارایی آن، روی شش پروژه صنعتی مطالعه موردی انجام گرفت و مدل در عمل نیز به تأیید رسید. زیبایی، سادگی، کارایی و کاربرپسندی مدل، ضمن بدیع بودن، از ویژگی‌های منحصر به فرد آن است. به‌علاوه، در مقایسه با سیستم‌های خبره قطعی که برای انتخاب و رتبه‌بندی استفاده می‌شوند،

انعطاف بیشتری داشته و کاربر می‌تواند از متغیرهای کمی برای تشریح وضعیت هر یک از متغیرهای تأثیرگذار استفاده کند. همچنین واسط کاربری آن، کاربرپسند بوده و به هیچ‌گونه اطلاعات تخصصی نیاز ندارد. تبدیل مدل مفهومی به برنامه نرم‌افزاری به بررسی و تأیید اعتبار نیاز دارد. اگر اعتبار مدل قابل قبول باشد، مدل نیز معتبر خواهد بود، در غیر این صورت مدل باید اصلاح شود. در این قسمت برای آزمایش مدل، علاوه بر تأیید خبرگان و مطالعه موردی، از روش تحلیل رفتار خروجی‌ها نیز استفاده شد. در این روش اندازه دو متغیر ورودی ثابت در نظر گرفته شده و اندازه دو متغیر دیگر را افزایش یا کاهش می‌دهیم. به ازای افزایش یا کاهش در ورودی‌ها، اندازه هر خروجی توسط سیستم خبره محاسبه می‌شود. از بررسی این تغییرها، رفتاری برای هر خروجی شکل می‌گیرد. رفتار به دست آمده را تجزیه و تحلیل می‌کنیم، چنانچه رفتار خروجی‌ها به ازای ورودی‌ها، بر اساس ادبیات تحقیق یا نظر افراد خبره به تأیید برسد، اعتبار سیستم خبره تأیید می‌شود، در غیر این صورت سیستم خبره باید اصلاح شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

شرایط متغیر عوامل محیطی مانند عوامل اقتصادی و فناوری و... و ناشناخته بودن بسیاری از عوامل تأثیرگذار بر موفقیت یک پروژه، تصمیم‌گیری در سرمایه‌گذاری‌های صنعتی را به موضوع بسیار مهمی برای کشور تبدیل کرده است. با توجه به پیچیدگی فضای تصمیم و پیامدهای مهم آن برای مسئولان و مدیران صنعت، تصمیم‌گیری از حساسیت و اهمیت دو چندان برخوردار است. فرایند تصمیم‌گیری اثربخش به استفاده از مدل‌های علمی تصمیم‌گیری نیاز دارد. سیستم خبره فازی ارائه شده در مقاله می‌تواند در زمینه تصمیم‌گیری اثربخش، به رتبه‌بندی و انتخاب بهینه پروژه‌های صنعتی بپردازد. مسئله اصلی و هدف پژوهش حاضر، طراحی مدل خبره فازی است که بتواند به شکل مطلوبی پروژه‌های صنعتی را رتبه‌بندی کند. این مدل بر پایه روش انتخاب معیارها، مبتنی بر الگوریتم دیماتل است. از الگوریتم دیماتل برای تعیین ضریب اهمیت معیارهای تصمیم استفاده شده است. معیارهای منتخب، ورودی‌های سیستم خبره فازی در نظر گرفته شدند و در ساخت قوانین مدل به کار رفتند. دقت عمل در سیستم خبره فازی پیشنهاد شده به تأیید خبرگان رسید.

چگونگی طراحی و استفاده از سیستم خبره فازی برای انتخاب، در یک مطالعه موردی به طور عملی آزمایش شد که به دلیل محدودیت صفحات از ارائه فرایند آن خودداری شده است. استفاده از منطق فازی در ارزیابی گزینه‌ها موجب می‌شود که چنانچه گزینه‌ای در یک شاخص انطباق لازم را با شرایط مطلوب نداشته باشد، وضعیت شاخص متناظر دیگری بررسی می‌شود تا احتمال

انتخاب گزینه مناسب به آسانی کاهش نیابد. از آنجا که ارزیابی‌های انجام شده در مورد شاخص‌های مطلوب سازمان ممکن است با خطا همراه باشد، در تصمیم‌گیری با سیستم خبره فازی وجود خطا در محاسبه میزان مطلوب یک شاخص، فرایند تصمیم‌گیری را زیر سؤال نمی‌برد و با توجه به ماهیت منطق فازی، کل شاخص‌های در نظر گرفته شده، تعیین‌کننده میزان مطلوب پروژه در هر معیار اصلی تصمیم‌گیری خواهند بود. نکته دیگر در مزیت روش تصمیم‌گیری یاد شده این است که در سیستم خبره فازی، امکان مقایسه مستقیم گزینه‌ها با یکدیگر وجود ندارد و هر گزینه به‌طور مستقیم با شرایط مطلوب مقایسه شده و در نهایت پروژه‌ها بر اساس امتیازهای کسب شده بر مبنای روش تصمیم‌گیری نسبی در ذهن انسان که با دیدگاه مد نظر مدیریت ارشد صنایع نیز همخوانی بسیاری دارد، رتبه‌بندی می‌شوند.

در پژوهش حاضر، به‌طور کلی ۴۵ مجموعه فازی برای زیرشاخص‌های اقتصادی طراحی شد که ۰/۱۲۰ درصد از کل قواعد را به خود اختصاص داده است. متغیر اقتصادی بعد از متغیرهای مالی، فنی، بازار و زیست‌محیطی، در پایگاه دانش مدل قواعد بیشتری دارد. همچنین متغیر اقتصادی بعد از متغیرهای مالی، بازار و فنی، نسبت به سایر متغیرهای اصلی مدل، دارای زیرمجموعه‌های بیشتری است. متغیر اقتصادی بعد از متغیرهای مالی، بازار و فنی با توجه به تعداد قواعد و عوامل مرتبط، نسبت به سایر متغیرهای اصلی، در طراحی مدل خبره تأثیر بیشتری می‌گذارد.

در راستای طراحی پایگاه دانش سیستم خبره فازی، برای زیرشاخص‌های فنی تصمیم‌گیری، در کل ۶۷ مجموعه فازی طراحی شده که ۰/۱۷۹ درصد از کل قواعد را به خود اختصاص داده است. با توجه به تحلیل داده‌های تحقیق، متغیرهای مالی و فنی نسبت به سایر متغیرهای اصلی مدل خبره فازی، در پایگاه دانش قواعد بیشتری دارند. متغیر فنی بعد از متغیرهای مالی و بازار نسبت به سایر متغیرهای اصلی مدل خبره فازی، دارای زیرمجموعه‌های بیشتری است. متغیر فنی بعد از متغیرهای مالی و بازار با توجه به تعداد قواعد و عوامل مرتبط، نسبت به سایر متغیرهای اصلی در طراحی مدل خبره فازی تأثیرگذارتر است. بنابراین باید در ارزیابی پروژه‌های صنعتی توجه و دقت بیشتری به عوامل فنی داشت. بررسی‌ها نشان می‌دهد تا کنون روشی برای اولویت‌گذاری پروژه‌های صنعتی و انتخاب به‌وسیله سیستم خبره فازی با جامعیت شاخص‌ها ارائه نشده است.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر و مدل ارائه شده، پیشنهادهای زیر مطرح می‌شوند:

۱. با توجه به اینکه تا کنون تحقیقی در این زمینه و بدین صورت در کشور صورت نگرفته است، تحقیقات بیشتری به این موضوع اختصاص داده شود.

۲. برای پژوهش‌های بعدی، سیستم خبره فازی این پژوهش با روش‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های حوزه هوش مصنوعی برای بهبود فرایند استنتاج فازی و افزایش غنای محتوای سیستم خبره یادشده ادغام شوند.
۳. پژوهش حاضر را می‌توان به صورت‌های مختلف توسعه داد؛ برای نمونه می‌توان سایر سیستم‌های تصمیم‌گیری را با شبکه بی‌زنی ترکیب کرد و سیستم‌های جدیدتری به‌وجود آورد.

فهرست منابع

- آذر، ع.؛ فرجی، ح (۱۳۹۲). علم مدیریت فازی (چاپ چهارم). مرکز مطالعات و بهره‌وری ایران. تهران: (وابسته به دانشگاه تربیت مدرس).
- ابطحی، س. ا.؛ الهی، ف.؛ یوسفی زنوز، ر. (۱۳۹۶). طراحی نوعی سیستم هوشمند برای کشف تقلب حاصل از حرکت القایی در معاملات بازار قراردادهای آتی سکه بورس کالای ایران مبتنی بر شبکه بی‌زنی. مدیریت فناوری اطلاعات، (۱)۹، ۲۰-۱.
- الهی، ش.؛ رشیدی، م.؛ صادقی، م. (۱۳۹۴). طراحی سیستم خبره فازی برای مدیر عالی حریم خصوصی در حوزه تبادلات الکترونیکی دولت و کسب‌وکارها. مدیریت فناوری اطلاعات، (۳)۷، ۵۳۰-۵۱۱.
- برزده، س.م.؛ تقوی فرد، م. (۱۳۹۲). طراحی و توسعه یک سیستم خبره فازی مبتنی بر قانون برای ارزیابی اعتباری مشتریان شرکت‌های تجاری (مورد مطالعه: شرکت توزیع و پخش البرز). مدیریت بازرگانی، (۲)۵، ۴۶-۱۷.
- ترابی، س.ع.؛ شایگان، م.؛ محمدی، م. (۱۳۹۴). بهبود روش‌های بهره‌برداری از یک نیروگاه سیکل ترکیبی با استفاده از رویکرد ترکیبی برنامه‌ریزی ریاضی و سیستم‌های خبره فازی. نشریه تخصصی مهندسی صنایع، (۲)۴۹، ۱۷۶-۱۶۵.
- تقوی فرد، س.م.؛ تقی جعفری، ز. (۱۳۹۴). کشف تقلب در بیمه بدنه خودرو با بهره‌مندی از سیستم خبره فازی. مدیریت فناوری اطلاعات، (۲)۷، ۲۵۸-۲۳۹.
- تقوی فرد، م.ت.؛ حسینی، ف.س.؛ بابایی، م.خ. (۱۳۹۳). مدل رتبه‌بندی اعتباری هیبریدی با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک و سیستم‌های خبره فازی (مطالعه موردی: مؤسسه مالی و اعتباری قوامین). مدیریت فناوری اطلاعات، (۱)۶، ۴۶-۳۱.
- سهرابی، ب.؛ طهماسبی پور، ک.؛ رئیسی وانانی، ا. (۱۳۹۰). طراحی سیستم خبره فازی برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان. مدیریت صنعتی، (۶)۳، ۵۸-۳۹.

سهرابی، ب.؛ فضل، ص.؛ طهماسبی پور، ک.؛ رئیسی وانانی، ا. (۱۳۹۲). تصمیم‌گیری به‌وسیله سیستم خبره فازی برای انتخاب محل اقامت مطلوب گردشگران. *نشریه تخصصی مهندسی صنایع*، ۲۰۱-۲۱۳، (۲)۴۷.

شهبازی، م.؛ کیانی فر، ف. (۱۳۹۵). طراحی نوعی سیستم خبره برای برون‌سپاری در سازمان‌های حاکمیتی. *مدیریت فناوری اطلاعات*، ۸(۳)، ۵۹۰-۵۶۷.

فارسیجانی، ح.؛ اخوان خرازیان، م.؛ سبحانی فرد، ی. (۱۳۹۲). بررسی نقش سیستم خبره هوشمند برای ارزیابی سازمان‌های رقابتی (موردکاوی: مدیریت پرداخت وام‌های بانک‌های خصوصی ایران). *مدیریت فناوری اطلاعات*، ۵(۲)، ۱۵۰-۱۳۵.

غضنفری، م.؛ کاظمی، ز. (۱۳۹۰). *اصول و مبانی سیستم‌های خبره*. انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ایران.

کریمی، ت. (۱۳۹۴). طراحی سیستم خبره به‌منظور تحلیل رفتار مصرف انرژی کارکنان به کمک مدل‌سازی راف. *مدیریت فناوری اطلاعات*، ۷(۲)، ۳۸۴-۳۶۳.

لطفی، م.؛ رضوی، ح. (۱۳۹۳). ایجاد یک سیستم خبره به‌منظور شناسایی مدل مناسب برای پیش‌بینی سری‌های زمانی. *نشریه تخصصی مهندسی صنایع، ویژه‌نامه دهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع*، ۴۸، ۸۲-۷۱.

هاشمی، س.؛ شکری، ع.؛ امی ناصری، م.ر.؛ اکبری پور، ح. (۱۳۹۳). طراحی سی تم خبره به‌منظور مدیریت انبوهی و بیش‌انبوهی در اورژانا، *نشریه تخصصی مهندسی صنایع*، ۴۸(۲)، ۲۹۲-۲۸۱.

References

- Abtahi, S.A., Elahi, F., Yousefi Zenuz, R. (2016). Designing an Intelligent System to Detect Fraud Involved in Induced Movement in Futures Trading Futures Trading Scheme Based on Bayesian Network. *Information Technology Management*, 9 (1), 1-20. (in Persian)
- Arias-Aranda, D., Castro, J.L., Navarro, M., Sánchez, J.M., Zurita, J.M. (2010). A Fuzzy expert system for business management. *Expert Systems with Applications*, 37 (12): 7570-7580.
- Azadeh, A, Fam I.M, Khoshnoud M, Nikafrouz, M. (2008). Design and implementation of a fuzzy expert system for performance assessment of an integrated health, safety, environment (HSE) and ergonomics system: The case of gas refinery. *Information Sciences*, 178(22), 4280-4300.

- Azar, A., Faraji, H. (2013). Fuzzy Management Science (Fourth Edition). Iran Center of Studies and Productivity. Tehran, affiliated to Tarbiat Modarres University. (in Persian)
- Bobillo, F., Delgado, M., Gómez-Romero, J., & López, E. (2009). A semantic fuzzy expert system for a fuzzy balanced scorecard. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 423-433.
- Borzdeh, S.M., Taqavi Fard, M. (2012). Design and development of a law-based fuzzy expert system for assessing the credit of customers of commercial companies (Case study: Alborz Distribution and Distribution Company). *Business Management*, 5 (2), 17- 46. (in Persian)
- Bryant, B. (2001). ALEES: an agricultural loan evaluation expert system. *Expert System with Application*, 21(2), 75-85.
- Choi, B. & Lee, H. (2002). Knowledge management strategy and its link to knowledge creation process. *Expert Systems with applications*, 23(3), 173-187.
- Dagdeviren, M. & Yuksel, I.(2010). A fuzzy analytic network process (ANP) model for measurement of the sectoralcompetititon level (SCL). *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1005–1014.
- Djam, X.Y. & Kimbi, Y. H. (2011). A Decision Support System for Tuberculosis Diagnosis. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 12 (2), 410-425.
- Elahi, Sh., Rashidi, M., Sadiqi, M. (2015). Designing a Fuzzy Knowledge System for the Superior Director of Governmental and Business E-Government Exchanges. *Information Technology Management*, 7(3), 511-530. (in Persian)
- Esfahanipour, A. & Aghamiri, W. (2010). Adapted Neuro-Fuzzy Inference System on indirect approach TSK fuzzy rule base for stock market analysis. *Expert Systems with Applications*, 37(7), 4742-4748.
- Farsijani, H., Akhavan Kharazian, M., Sobhani Fard, Y. (2013). Investigating the Role of Smart Intelligent Systems for Assessing Competitive Organizations (Case Study: Managing Private Banking Loans). *IT Management*, 5 (2), 135-150. (in Persian)
- Fasanghari, M. & Montazer, G. A. (2010). Design and implementation of a fuzzy expert system for Tehran Stock Exchange portfolio recommendation. *Expert Systems with Applications*, 37(9), 6138-6147.
- Zarandi, M. F. & Ahmadpour, P. (2009). Fuzzy agent-based expert system for steel making process. *Expert Systems with Applications*, 36 (5), 9539-9547.

- Ghazanfary, M., Kazemi, Z. (2011). *Expert Systems Fundamentals*. (3rd Edition), Publication of Iran University of Science and Technology. (in Persian)
- Hashemi, S., Shokri, A., Ami Nasser, M.R., Akbaripour, H. (2014). The Design of Thousands of Experiences for Managing Huge and Huge Amalgamations in Uruguay. *Engineering Specialist Magazine*, 48 (2), 281-292. (in Persian)
- Heure, S., Koch, U. Cryer, L. (1988). INVEST: an expert system for financial investments. *IEEE Expert*, 3(2), 60-68.
- Idrus, A., Nuruddin, M. F. & Rohman, M. A. (2011). Development of project cost contingency estimation model using risk analysis and fuzzy expert system. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1501-1508.
- Karimi, T. (2015). Expert system design for analysis of employee energy consumption behavior by Rough Modeling. *Information Technology Management*, 7 (2), 364-384. (in Persian)
- Karimian, F. (2007). *Using fuzzy expert systems in ordinary buildings structure design*. Master Thesis, Architecture Faculty, University of Tehran, Iran. (in Persian)
- Karsak, E. E. (2004). Fuzzy multiple objective programming framework to prioritize design requirements in quality function deployment. *Computers & Industrial Engineering*, 47 (2-3), 149-163.
- Li, S., Li, J. Z. (2010). Agentsinternational: Integration of multiple agents, simulation, knowledge bases and fuzzy logic for international marketing decision making. *Expert Systems with Applications*, 37(3), 2580-2587.
- Lotfi, M., Razavi, H. (2015). Creating an Expert System to Identify the Model for Time Series Forecasting. *Industrial Engineering Journal, Special Issue of the 10th International Industrial Engineering Conference*, 48, 71-82. (in Persian)
- Lovine, R., Derang, R. & Adelson, B. (1996). *Artificial Intelligence and Expert Systems*, Translated by Sayad, S., Sayad, J., Hamidi, P. Tehran: Behineh Publication.
- Mansiya, K., Alma, Z., Torgyn, M., Marzhan, M., Kanat, N. (2015). The Methodology of Expert Systems. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 14(2), 62-66.
- Matthews, C. (2003). A formal specification for a fuzzy expert system. *Information and Software Technology*, 45(7), 419-429.

- Mentes, A. & Helvacioğlu, I. H. (2012). Fuzzy decision support system for spread mooring system selection. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3283-3297.
- Metaxiotis, K. (2005). Leveraging Expert systems technology to improve service industry. *European Business Review*, 17(3), 232-241.
- Negnevitsky, M. (2011). *Artificial intelligence: Artificial Intelligence :A Guide to Intelligent Systems*. (3rd Edition), Pearson Education.
- Ross, T.J. (2005). *Fuzzy Logic with Engineering Application*. John Wiley & Sons. Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, P019 8SQ, United Kingdom.
- Shahbazi, M., Kiani Fard, F. (2016). Designing a Certified System for Outsourcing in Governmental Organizations. *Information Technology Management*, 8 (3), 567-590. (in Persian)
- Shamsi, Z. (2014). *Designing a Fuzzy expert system for selecting new IT product development projects*. [Master thesis]. Supervisor: Elahi, Sha'ban. Tehran: Tarbiat Modares University, Faculty of Management and Economic.
- Siler, W., Buckley, J. J. (2005). *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning*. John Wiley & Sons.
- Sivanandam, S. N., Sumathi, S. & Deepa, S.N. (2007). *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Sohrabi, B., Kaveh, F., Tahmasbipour, S., Raissi Vanani, A. (2013). Decision Making by Fuzzy Expert System to Choose the Best Tourist Accommodation. *Industrial Engineering Journal*, 47 (2), 201-213. (in Persian)
- Sohrabi, B., Kaveh, T., Raissi Vanani, A. (2011). Designing the Fuzzy Expert System for Selecting the Organization's Resource Planning System. *Industrial Management*, 3 (6), 39-58. (in Persian)
- Taghavi Fard, M.T., Hosseini, F.S., Babaei, M. Kh. (2013). Hybrid Credit Rating Model Using Genetic Algorithms and Fuzzy Knowledge Systems (Case Study: Qavamin Financial and Credit Institution). *Information Technology Management*, 6 (1), 31 – 46.
- Taghavi Fard, S.M., Taghi Jafari, Z. (2014). Fraud Detection in Vehicle Insurance Using the Fuzzy Knowledge System. *Information Technology Management*, 7 (2), 239-258. (in Persian)

- Taghavifard, M.T., Hosseini, F. & Khanbabaei, M. (2014). A Hybrid Credit Scoring Model using Genetic Algorithm and Fuzzy Expert Systems. *Journal of IT Management*, 6(1), 31-46. (in Persian)
- Torabi, S.A., Shayegan, M., Mohammadi, M. (2014). Improving the operation of a combined cycle power plant using the combined approach of math planning and fuzzy news systems. *Industrial Engineering Journal*, 49 (2), 165 - 176. (in Persian)
- Ustundag, A., Kilinc, M.S., Cevikcan, E. (2010). Fuzzy rule-based system for economic analysis of RFID investments. *Expert Systems with Applications*, 37(7), 5300-5306.
- Vujanovic, D., Momcilovic, V., Bojovic, N. & Papic, V. (2012). Evaluation of vehicle fleet maintenance management indicators by application of DEMATEL and ANP. *Expert Systems with Applications*, 39(12), 10552–10563.
- Wu, W.W. (2008). Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 828-835.