مدیریت صنعتی
دوره ۳، شماره ۶
بهار و تابستان ۱۳۹۰
صص ۳۹ تا ۵۸

دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

طراحی سیستم خبره فازی برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان

بابک سهرابی [۱]، کاوه طهماسبی‌پور [۲]، ایمان رئیسی وانانی [۳]

چکیده: انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان به‌دلیل هزینه‌ی سنگین خرید و پیاده‌سازی آن و همچنین پیچیدگی‌های تطبیق فرآیندهای سازمان با سیستم جدید، از تصمیمات خطیر مدیریتی محسوب می‌شود.

هدف این مقاله، طراحی یک سیستم خبره فازی برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان مناسب بر مبنای معیارهای انتخاب معتبر و بین‌المللی است تا ریسک ناشی از انتخاب نادرست تا حدامکان کاهش داده شود. منطق فازی این امکان را می‌دهد که چنانچه یک گزینه در معیاری فاقد انطباق لازم با شرایط سازمان باشد، وضعیت معیار متناظر دیگری بررسی شده تا امکان انتخاب گزینه مناسب به آسانی کاهش نیابد و ارزیابی در سطح کلیه شاخص‌ها و به‌صورت فازی انجام شود. از سوی دیگر قواعد سیستم خبره فازی، شرایط گزینه‌ها را با توجه به مطالبات سازمان بررسی می‌کند و بدین ترتیب، رتبه‌بندی بدون نیاز به مقایسه‌ی مستقیم گزینه‌ها که با مقایسه‌ی هر گزینه با شرایط مطلوب سازمان انجام می‌گیرد. به‌منظور اعتبارسنجی و بیان بهتر مطالب، پژوهش به‌همراه مطالعه‌ی موردی مربوط به یکی از واحدهای صنعتی داخل کشور تبیین شده است.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی منابع سازمان، انتخاب سیستم، منطق فازی، سیستم خبره فازی

۱. دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران
۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران
۳. دانشجوی دکترای مدیریت سیستم‌ها، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۷/۱۶
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۸۹/۱۱/۱۰
نویسنده مسئول مقاله: بابک سهرابی
Email: Bsohrabi@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان (ERP[1]) تاکنون در سازمان‌ها و صنایع مختلفی پیاده‌سازی شده‌اند. با این حال همچنان و به‌خصوص در ایران، بسیاری از شرکت‌ها از خریداری و پیاده‌سازی ERP اجتناب می‌کنند. این موضوع به‌دلیل ترس از شکست راه‌اندازی سیستم نزد مدیران صنایع است. موضوعی که با توجه به پروژه‌های متعدد شکست خورده در این حوزه، قابل درک و توجه است. از دلایل مهم شکست پروژه‌های ERP ضعف دانش تصمیم‌گیران و در نتیجه عدم انتخاب گزینه مناسب برای سازمان است [۱۲]. به‌طور کلی، راه‌اندازی سیستم ERP به‌دلیل هزینه گزاف و مشکل تطبیق فرآیندهای سازمان با سیستم، از جمله سرمایه‌گذاری‌های بزرگ محسوب می‌شود [۲۹] و انتخاب صحیح سیستم ERP به‌منظور پیاده‌سازی، نخستین گام راه‌اندازی موفق سیستم در سازمان به‌شمار می‌رود [۲۷]. بررسی‌ها نشان می‌دهد، همراستایی کسب‌و کار و فناوری اطلاعات از مهم‌ترین نگرانی‌های مدیران ارشد سازمان‌ها است [۳] و انطباق فرآیندهای کسب‌و کار سازمان با فناوری اطلاعات پیاده‌سازی شده از مهم‌ترین ارکان موفقیت پروژه راه‌اندازی سیستم‌های اطلاعاتی است [۲]. این‌گونه است که از راه‌اندازی موفق ERP به‌عنوان یک سلاح برای بقای سازمان در فضای رقابتی کسب‌و کار نام برده می‌شود [۲۸]. در مقاله‌ی حاضر طراحی و استفاده از سیستم خبره فازی جهت انتخاب ERP ارایه شده است. معیارهای گوناگونی برای ارزیابی یک سیستم فناوری اطلاعات وجود دارد که استفاده از یک روش ساختاریافته برای انتخاب این سیستم‌ها را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد [۱]. سیستم خبره به‌وسیله‌ی مجموعه‌ای از قواعد «اگر- آنگاه»، حالت‌های مختلف یک موضوع را بررسی می‌کند و سرانجام به یک نتیجه‌ی مناسب دست پیدا می‌کند [۲۴]. سیستم خبره‌ی فازی، نسخه‌ی جدیدتری از سیستم خبره است که برای پردازش، از منطق فازی استفاده می‌کند. در این سیستم برای دریافت ورودی‌ها و انجام استنتاج، از مجموعه‌ای از توابع عضویت و قواعد فازی به‌جای قواعد منطق قطعی و صفر یا یک استفاده می‌شود [۱۹]. به‌نظر می‌رسد استفاده از منطق فازی می‌تواند به کاهش ریسک انتخاب مناسب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان کمک کند. ارزیابی شرایط گزینه‌ها و سازمان خریدار با منطق

1. Enterprise Resource Planning

Archive of SID

www.SID.ir

فازی، امکان بیشتری برای انتخاب گزینه مساعد را فراهم می‌آورد، ضمن اینکه سیستم خبره به‌جای انجام مقایسه‌ی دوبه دو بین گزینه‌ها، آن‌ها را به‌طور مستقیم با شرایط مطلوب سازمان و بر مبنای بنیان‌های تفکر نسبی انسان قیاس می‌کند. روش پژوهش حاضر همراه با مطالعه‌ی موردی مربوط به یکی از واحدهای صنعتی کشورمان شرح داده شده است.

مرور ادبیات

مدل‌های گوناگونی به‌منظور انتخاب سیستم ERP برای سازمان پیشنهاد شده است. وی[1] و دیگران [۲۶] یک مدل تحلیل سلسله‌مراتبی(AHP[2]) به این منظور ارایه کردند. در مدل آنان، دو معیار اصلی سیستم مناسب و فروشنده مناسب به‌همراه تعداد قابل توجهی زیرمعیار مدنظر قرار گرفته است. مدل‌های دیگری نیز با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی ارایه شده‌اند. از جمله مدلی به‌منظور انتخاب ERP برای صنایع نساجی با توجه به مدل کارت امتیازدهی متوازن که در آن سه معیار اصلی هزینه، ویژگی‌های سیستم و وضعیت فروشنده به‌عنوان معیارهای اصلی به‌همراه ۱۳ معیار فرعی وجود دارد [۷]. مدل دیگری نیز با نگاهی به استاندارد ایزو ۹۱۲۶ ارایه شده است که در آن معیارهای اصلی کارکرد سیستم، نصب سیستم، قابلیت نگهداری، کارایی سیستم، قابلیت اعتماد و قابلیت استفاده به‌همراه ۲۱ زیرمعیار مدنظر قرار گرفته است [۱۶]. در یک مدل دیگر که با در نظر گرفتن نکات مربوط به مدیریت پروژه پیشنهاد شده است، ۴ معیار اصلی کیفیت سیستم، برتری‌های فروشنده، هزینه و زمان به‌همراه ۱۸ زیر معیار عنوان شده است [۱۷]. از جمله روش‌های دیگری که در این زمینه ارایه شده، می‌توان به مدل‌های برنامه‌ریزی صفر- یک و برنامه-ریزی آرمانی انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان اشاره کرد [۱۳][۱۴]. ضیایی و دیگران [۳۰] یک مدل برنامه‌ریزی صفر- یک انتخاب ERP برای صنایع کوچک ارایه دادند که سه معیار اصلی سیستم، پروژه و فروشنده را مدنظر قرار می‌دهد. یانگ و دیگران[۲۸] یک مدل ۴ مرحله‌ای مشتمل بر خود ارزیابی سازمان خریدار ERP، تدارک RFP[3]، ارزیابی گزینه‌های ERP و مذاکره برای بستن قرارداد را ارایه کرده‌اند. یک روش چهار مرحله‌ای نیز با رویکرد دلفی به معنی استفاده از نظرات تمامی خبرگان انتخاب ERP

1. Wei
2. Analytical Hierarchy Process
3. Request for proposal

Archive of SID

www.SID.ir

با تأکید بر شرایط سازمان خریدار ارایه شده است [۶]. رویکرد فرآیند شبکه تحلیلی (ANP)[1] نیز با درنظر گرفتن ویژگی‌های سیستم و ویژگی‌های فروشنده به‌عنوان معیارهای اصلی، مدنظر یکی از پژوهشگران بوده است [۲۲]. بررسی‌ها نشان می‌دهد، تاکنون روشی برای انتخاب ERP به‌وسیله‌ی سیستم خبره فازی ارایه نشده است، البته پژوهش‌هایی که در زمینه‌ی سیستم خبره فازی در دنیا انجام شده، پرشمار است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به استفاده از سیستم خبره فازی برای تحلیل اقتصادی سرمایه‌گذاری در استفاده از RFID[2] [۲۵]، تصمیم‌گیری در بازاریابی بین‌المللی [۱۵] و توسعه کارت امتیازدهی متوازن[3] [۵] اشاره کرد. در ایران نیز پژوهش‌هایی در زمینه‌ی سیستم خبره فازی انجام شده است، که در این میان می‌توان به استفاده از سیستم خبره فازی در اولویت‌بندی مبادله سهام بازار بورس اوراق بهادار [۱۰]، تحلیل ذخیره بازار [۹]، بهبود عملکرد کمباین دروگر گندم [۲۱]، فرآیند تولید فولاد [۱۱] و ارزیابی عملکرد سیستم ایمنی و سلامت پالایشگاه گاز [۴] اشاره کرد.

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر از دو مرحله کلی "طراحی سیستم" و "تصمیم‌گیری" تشکیل شده است. "طراحی سیستم" شامل ۳ مرحله است:

۱- تعیین معیارهای تصمیم‌گیری؛

۲- طراحی مجموعه‌های فازی[4] معیارهای تصمیم‌گیری؛

۳- تبیین قواعد[5] سیستم خبره فازی.

"تصمیم‌گیری" نیز از گام‌های زیر تشکیل شده است:

۱- فازی سازی[6] ورودی‌ها؛

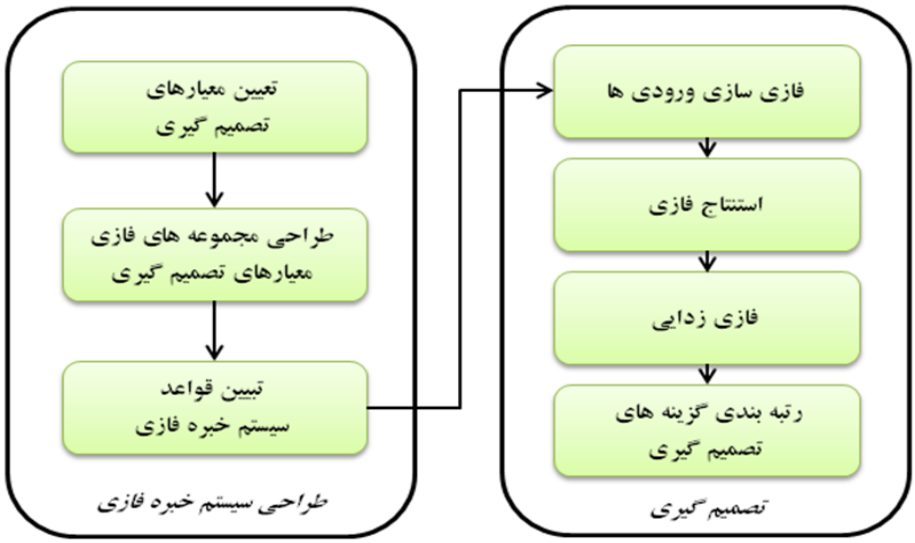
۲- استنتاج فازی[7]؛

1. Analytic network process
2. Radio frequency identification
3. Balanced Scorecard
4. Fuzzy Sets
5. Rules
6. Fuzzification
7. Fuzzy Inference

Archive of SID

www.SID.ir

۳- فازی زدایی[1]؛
۴- رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری.
نمودار (۱) نمای کلی گام‌های پژوهش را ارایه می‌کند:



نمودار ۱. نمای کلی گام‌های پژوهش

تعیین معیارهای تصمیم‌گیری

فرآیند انتخاب معیارهای انتخاب سیستم ERP بر مبنای دو حوزه‌ی زیر بنا نهاده شده است:

۱. بررسی معیارهای مورد استفاده توسط پژوهشگران گذشته،
۲. بررسی شاخص‌های موفقیت سیستم‌های ERP از منظر مدیران و کاربران.

بر مبنای فرآیند گفته شده، مجموعه‌ای از مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان، به‌عنوان اصلی‌ترین معیارهای سنجش مدنظر قرار گرفتند.

1. Defuzzification

Archive
www.SID.ir

جدول(۱) مجموعه‌ای از مهم‌ترین معیارهای مورد استفاده در پژوهش‌های پیشین را ارایه می‌کند. این معیارها بر مبنای بیشترین میزان تکرار و تأکید در مقاله‌ها مدنظر قرار گرفته‌اند:

جدول ۱. مهم‌ترین معیارهای انتخاب ERP در پژوهش‌های پیشین

ردیف	معیارها و زیرمعیارها	منبع
۱	۱. معیارهای پروژه: هزینه، زمان راه‌اندازی ۲. ویژگی‌های سیستم: انطباق با فرآیندهای سازمان، کیفیت و قابلیت اطمینان، کیفیت کاربری و واسط کاربر، امکان توسعه و روزآمدشدن ۳. وضعیت فروشنده: تکنولوژی مورد استفاده، پشتیبانی، آموزش، ثبات مالی و اقتصادی فروشنده، اعتبار و شهرت	[۲۷]
۲	۱. ویژگی‌های سیستم: کارکرد نرم‌افزار[1]، قابلیت اطمینان، سهولت استفاده، کارایی (ویژگی‌های غیرکارکردی نرم‌افزار)، قابلیت نگهداری ۲. معیارهای مدیریتی: وضعیت فروشنده، هزینه و زمان پیاده‌سازی	[۱۶]
۳	سازگاری[2] سیستم، کیفیت پشتیبانی و مشاوره، آموزش، پذیرش سیستم توسط کاربران، زمان راه‌اندازی، نگهداشت و تطبیق پذیری[3] و هزینه	[۲۸]
۴	۱. ویژگی‌های سیستم: هزینه، زمان پیاده سازی، کارکرد نرم‌افزار، کاربری و واسط کاربر، انعطاف‌پذیری ، قابلیت اطمینان ۲. وضعیت فروشنده: شهرت، توانایی فنی، خدمات پشتیبانی	[۲۶]
۵	۱. هزینه: هزینه خرید، هزینه پیاده‌سازی ۲. ویژگی‌های سیستم: کارکرد نرم‌افزار، انعطاف پذیری، قابلیت اطمینان، کاربری و واسط کاربر، امکان توسعه و روزآمد شدن، میزان انطباق با فرآیندهای سازمان ۳. وضعیت فروشنده: پشتیبانی، شهرت	[۷]
۶	۱. کیفیت سیستم: صحت[4]، قابلیت اطمینان، کاربری و واسط کاربر، یکپارچگی، کارایی، قابلیت نگهداشت، آزمون‌پذیری ۲. وضعیت فروشنده: سهم بازار، نیروی انسانی، شهرت، آموزش، تمایل به همکاری ۳. هزینه: هزینه نرم‌افزار، هزینه سخت‌افزار ۴. زمان راه‌اندازی	[۱۷]
۷	۱. ویژگی‌های سیستم: کارکرد نرم‌افزار، انعطاف‌پذیری، کاربری و واسط کاربر، زمان راه‌اندازی، هزینه، قابلیت اطمینان ۲. ویژگی‌های فروشنده: سهم بازار، ثبات اقتصادی، توانایی پیاده‌سازی، پشتیبانی، توانایی به‌روزآوری	[۲۲]

1. Functionality
2. Adaptability
3. Customization
4. Correctness

Archive of SID

www.SID.ir

از سوی دیگر، کارکرد مناسب نرم‌افزار، انعطاف‌پذیری، سهولت کاربری و آموزش با کیفیت از مواردی هستند که بیانگر انتخاب موفق یک سیستم ERP هستند [۱۸]. همچنین بر مبنای یکی از پژوهش‌های انجام شده در کشور مشخص شد که هزینه، تجربه فروشنده، مهندسی مجدد فرآیندهای کسب‌و کار، پشتیبانی نرم‌افزار، کیفیت نرم‌افزار، انطباق با فرآیندهای سازمان باید به‌منظور کسب موفقیت در استفاده از ERP مدنظر قرار گیرد [۲۰]. بدین ترتیب با توجه به موارد گفته شده، ۳ معیار اصلی راه‌اندازی سیستم، ویژگی‌های سیستم و وضعیت فروشنده به‌عنوان معیارهای اصلی تصمیم‌گیری مدنظر قرار گرفته‌اند.

- **معیار راه‌اندازی سیستم**

بر مبنای میزان اهمیت و تأکید در سطح ادبیات پژوهشی، معیار راه‌اندازی سیستم از دو زیرمعیار "هزینه" و "زمان راه‌اندازی" تشکیل شده است.

- **معیار ویژگی‌های سیستم**

شش مورد زیر به‌عنوان مهم‌ترین زیرمعیارهای ویژگی‌های سیستم در ادبیات بین‌المللی مطرح هستند که در این مرحله انتخاب شده‌اند: ۱- امکان تطبیق با فرآیندهای موجود سازمان، ۲- انعطاف‌پذیری، ۳- قابلیت اطمینان، ۴- کارکرد نرم‌افزار، ۵- کیفیت کاربری و واسط کاربر و ۶- امکانات تحلیل داده‌ها و گزارش‌گیری

- **معیار وضعیت فروشنده**

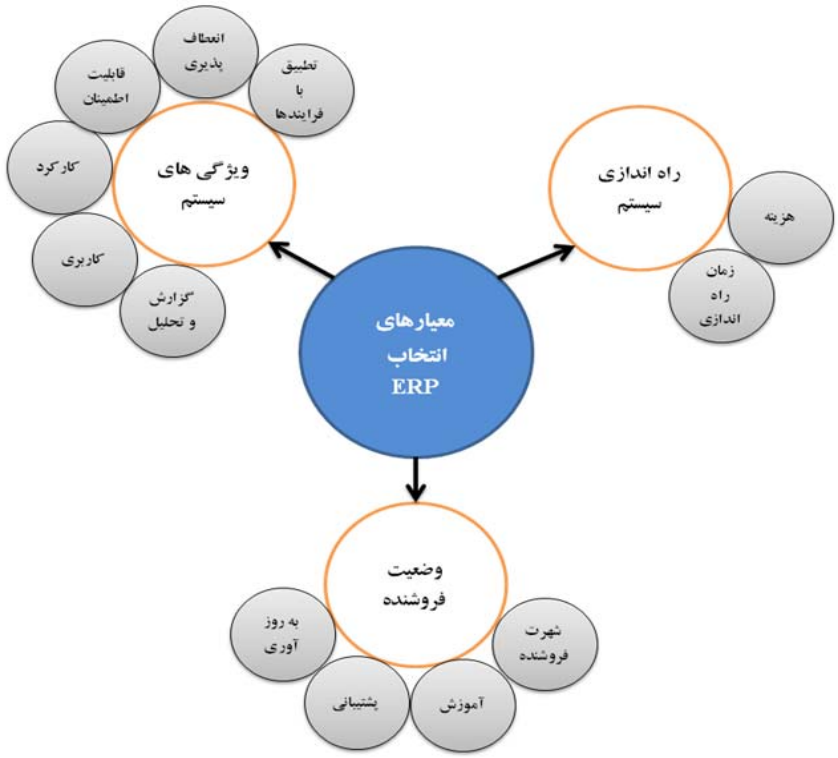
همچنین چهار مورد زیر به‌عنوان زیر معیارهای مربوط به وضعیت فروشنده استخراج و مدنظر قرارگرفته‌اند:

۱- شهرت فروشنده،
۲- کیفیت آموزش،
۳- کیفیت پشتیبانی،
۴- کیفیت به روزآوری نرم‌افزار.

نمودار (۲) معیارها و زیرمعیارهای شناسایی شده در مدل اولیه پژوهش را ارایه می‌نماید. بدیهی است که با تغییر معیارها در سطح بین‌المللی و ایجاد تغییراتی در ویژگی‌های نرم‌افزاری و نیازمندی‌های مشتریان، معیارهای ارزیابی نیز تغییراتی نسبی را تجربه خواهند کرد.

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۲. معیارهای انتخاب ERP

طراحی مجموعه‌های فازی معیارهای تصمیم‌گیری

در راستای طراحی بنیان‌های اصلی سیستم خبره فازی، برای هرکدام از معیارهای اصلی تصمیم‌گیری، سه مجموعه فازی "کم"، "متوسط" و "زیاد" و در مجموع نه مجموعه فازی طراحی شده است. تبیین مجموعه‌های فازی با در نظر گرفتن زیرمعیارها و وضعیت سازمان خریدار ERP صورت می‌گیرد. در مطالعه‌ی موردی پیش‌رو، چگونگی تبیین مجموعه‌های فازی بیان شده است.

www.SID.ir

تبیین قواعد سیستم خبره فازی

مرکز استنتاج یک سیستم خبره از مجموعه‌ای از قواعد اگر-آنگاه تشکیل می‌شود. در سیستم خبره فازی، قواعد با مجموعه‌ای از عبارت‌های کلامی بیان می‌شوند [۲۴]. قواعد سیستم خبره به بررسی وضعیت مطلوب با وضعیت گزینه‌ی مورد بررسی می‌پردازد و میزان انطباق وضعیت مطلوب با وضعیت گزینه‌ی مورد بررسی را با یک عبارت کلامی بیان می‌کند. برای سیستم خبره فازی پژوهش حاضر در مجموع ۲۷ قاعده تبیین شده است که ۹ قاعده مربوط به هر معیار می‌شود.

فازی‌سازی ورودی‌ها

نخستین مرحله پردازش سیستم خبره‌ی فازی، «فازی‌سازی ورودی‌های سیستم» است. در مرحله فازی سازی معین می‌شود که درجه عضویت هر ورودی که در دامنه مجموعه فازی قرار دارد، در تابع عضویت فازی متناظر آن مجموعه چقدر است [۱۹]. در مثالی که در بخش مطالعه‌ی موردی آمده، این موضوع تشریح شده است.

استنتاج فازی

استنتاج فازی، مهم‌ترین مرحله پردازش سیستم خبره فازی محسوب می‌شود و با توجه به قواعد تبیین شده انجام می‌شود. در این مرحله برای هر کدام از معیارها (راه‌اندازی سیستم، ویژگی‌های سیستم و وضعیت فروشنده) و به ازاء هر گزینه یک مجموعه فازی ایجاد می‌شود. در واقع در این مرحله مشخص می‌شود که میزان انطباق مطلوبیت‌های سازمان با هر گزینه برای هر کدام از معیارها چقدر است. خروجی فازی برای هر معیار به‌صورت جداگانه محاسبه می‌شود و روش ایجاد آن از دو مرحله کلی پیروی می‌کند: ۱-ایجاد مجموعه خروجی فازی برای هر کدام از قواعد سیستم خبره فازی به ازاء هر معیار و هر گزینه و ۲- ایجاد مجموعه خروجی فازی به ازاء هر معیار و هر گزینه که برابر اجتماع فازی[1] خروجی‌های گام ۱ است [۸].

1. Fuzzy Union

Archive of SID
www.SID.ir

فازی‌زدایی

فازی‌زدایی عبارت است از تبدیل مجموعه‌های فازی به یک مقدار عددی. روش‌های مختلفی برای فازی‌زدایی وجود دارد که معتبرترین آن‌ها روش مرکز ثقل است که مقدار آن برای مجموعه‌ی فازی $\tilde{A}$ به‌صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود [۲۳]:

$$Z^* = \frac{\int \mu_{\tilde{A}}(z).z\,dz}{\int \mu_{\tilde{A}}(z)\,dz} \quad (۱)$$

رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری

پس از فازی‌زدایی، برای هر گزینه ۳ مقدار عددی به ازاء هر معیار (راه‌اندازی سیستم، ویژگی‌های سیستم و وضعیت فروشنده) به دست می‌آید. ساده‌ترین روش ارزیابی هر گزینه، محاسبه میانگین حسابی ۳ مقدار به‌دست آمده برای آن گزینه است. البته چنانچه معیارها دارای وزن باشند؛ یعنی از نظر تصمیم‌گیرنده ارزش یکسانی نداشته باشند، روش کار متفاوت خواهد بود و امکان وارد کردن اوزان به سیستم خبره فازی نیز وجود دارد. توجه شود که این موضوع به نظر مدیران و رهبران سازمان خریدار سیستم برنامه‌ریزی سازمان، حوزه فعالیت و ابعاد آن سازمان باز می‌گردد و بر حسب نیازهای هر سازمان، قابل تبیین است.

مطالعه‌ی موردی

به‌منظور بیان بهتر موضوع، از یک مطالعه‌ی موردی واقعی استفاده شده است. مطالعه‌ی موردی مربوط به یکی از کارخانجات کشور با بیش از ۶۰۰ نفر نیروی انسانی است که برای انتخاب سیستم ERP ابراز تمایل نموده است. به‌منظور تبیین مجموعه‌های فازی معیارهای تصمیم‌گیری، ابتدا دامنه توابع عضویت هر معیار تعیین می‌شود. دامنه توابع عضویت برابر مجموع امتیازات در نظر گرفته شده برای زیرمعیارهای هر معیار است که در جدول (۲) آورده شده است. تفاوت امتیاز زیر معیارها بیانگر میزان نسبی اهمیت آن‌ها در هر معیار است و متناسب با هر سازمان می‌تواند متفاوت باشد. به‌عنوان مثال، برای سازمان مورد بحث، در معیار "راه‌اندازی سیستم"، زیر معیار هزینه ۴ برابر مهم‌تر از زیرمعیار "زمان راه‌اندازی" است؛ در حالی که در معیار "ویژگی‌های سیستم"، زیر معیارها به یک اندازه مهم در نظر گرفته شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. میزان اهمیت زیرمعیارها در هر معیار

ردیف	معیار اصلی	زیر معیار	امتیاز زیرمعیار	جمع امتیاز معیار
۱	راه‌اندازی سیستم	هزینه	۸۰	۱۰۰
		زمان راه‌اندازی	۲۰	
۲	ویژگی‌های سیستم	امکان تطبیق با فرآیندهای سازمان	۱۰	۶۰
		انعطاف‌پذیری	۱۰	
		قابلیت اطمینان	۱۰	
		کارکرد نرم‌افزار	۱۰	
		کاربری و واسط کاربر	۱۰	
		امکانات تحلیل داده‌ها و گزارش‌گیری	۱۰	
۳	وضعیت فروشنده	شهرت فروشنده	۱۰	۴۰
		آموزش	۱۰	
		پشتیبانی	۱۰	
		به روزآوری	۱۰	

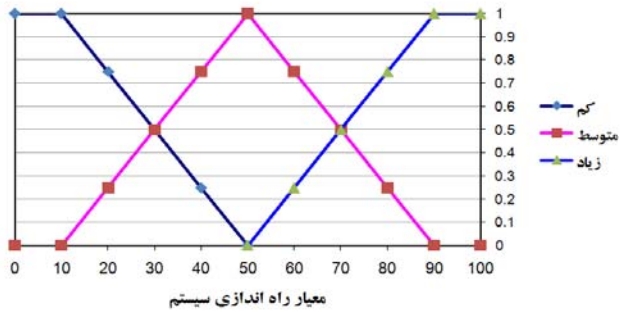
با توجه به دامنه تعیین شده برای هر معیار، مجموعه‌های فازی و توابع عضویت به‌صورت زیر تعریف می‌شوند. در پژوهش حاضر به‌دلیل اعتبار فراوان، کثرت استفاده و همچنین سهولت کاربری و محاسبه، از توابع عضویت مثلثی استفاده شده است که امکان تغییر آن‌ها به دیگر انواع نیز وجود خواهد داشت. به‌عنوان نمونه، روابط ۲، ۳ و ۴ و نمودار ۳ توابع عضویت معیار "راه‌اندازی سیستم" را بیان می‌کنند. به طریق مشابه، برای دو معیار دیگر "ویژگی‌های سیستم" و "وضعیت فروشنده" نیز توابع عضویت تعریف می‌شود.

$$\mu_{\text{کم راه‌اندازی}}(x: 10,50) = \begin{cases} 1\,, x < 10 \\ \dfrac{(50-x)}{40}\,, 10 \le x \le 50 \\ 0\,, x > 50 \end{cases} \quad (۲)$$

$$\mu_{\text{متوسط راه‌اندازی}}(x: 10,50,90) = \begin{cases} 0\,, x < 10 \\ \dfrac{(x-10)}{40}\,, 10 \le x \le 50 \\ \dfrac{(90-x)}{40}\,, 50 \le x \le 90 \\ 0\,, x > 90 \end{cases} \quad (۳)$$

$$\mu_{\text{زیاد راه‌اندازی}}(x: 50,90) = \begin{cases} 0\,, x < 50 \\ \dfrac{(x-50)}{40}\,, 50 \le x \le 90 \\ 1\,, x > 90 \end{cases} \quad (۴)$$

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار ۳. مجموعه‌های فازی معیار راه‌اندازی سیستم

به‌منظور فازی‌سازی، میزان مطلوب سازمان خریدار از هر معیار و همچنین امتیاز گزینه‌های ERP در هرمعیار باید تعیین شود. جدول‌های (۳)، (۴) و (۵) میزان امتیاز مطلوب سازمان و امتیاز تعیین شده هر کدام از گزینه‌های تصمیم در هر معیار را نمایش می‌دهند. ارزیابی و امتیازدهی گزینه‌ها و زیرمعیارها با توجه به داده‌های ارایه شده از سوی شرکت‌های فروشنده به‌صورت مکتوب و همچنین در جلسات ارایه شفاهی، پیش از انتخاب نهایی و با عطف به نتایج بررسی آن‌ها از سوی ۲ گروه خبره متشکل از یک شرکت مشاور و یک تیم درون‌سازمانی انجام شده است. هر کدام از زیرمعیارها توسط خبرگان گفته شده بررسی، بی‌مقیاس و امتیازدهی شده است. میزان امتیاز مطلوب هر زیرمعیار نیز با توجه به شرایط سازمان خریدار تعیین می‌شود. اهداف بلندمدت و میان‌مدت سازمان و همچنین ابعاد سازمان و انتظاراتی که سازمان از سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان دارد از مواردی هستند که در این ارزیابی لحاظ شده است. فروشندگان ERP نیز با توجه به امتیازدهی انجام شده توسط سازمان، مورد بررسی قرار گرفتند که امتیاز آن‌ها در جدول‌های یاد شده گفته شده است.

جدول ۳. میزان مطلوب و نتایج ارزیابی گزینه‌های موجود برای معیار راه‌اندازی سیستم

ردیف	زیرمعیار	سقف امتیاز	میزان مطلوب	گزینه ۱: Oracle	گزینه ۲: Sage	گزینه ۳: MFG
۱	هزینه	۸۰	۴۰	۵	۴۵	۳۵
۲	زمان راه‌اندازی	۲۰	۸	۴	۱۴	۶
جمع		۱۰۰	۴۸	۹	۵۹	۴۱

Archive of SID

www.SID.ir

نکته‌ای که در مورد زیر معیارهای معیار "راه‌اندازی سیستم" نباید از نظر دور داشت این است که مقدار کمتر هزینه و زمان راه‌اندازی، امتیاز بیشتری به‌همراه دارد. به این ترتیب گزینه‌هایی که امتیاز بیشتری کسب کرده‌اند، هزینه و زمان راه‌اندازی کمتری دارند.

جدول ۴. میزان مطلوب و نتایج ارزیابی گزینه‌های موجود برای معیار ویژگی‌های سیستم

ردیف	زیرمعیار	سقف امتیاز	میزان مطلوب	گزینه ۱: Oracle	گزینه ۲: Sage	گزینه ۳: MFG
۱	امکان تطبیق با فرآیندهای سازمان	۱۰	۷	۸	۲	۳
۲	انعطاف‌پذیری	۱۰	۸	۷	۳	۴
۳	قابلیت اطمینان	۱۰	۶	۶	۴	۴
۴	کارکرد نرم‌افزار	۱۰	۵	۹	۵	۷
۵	کاربری و واسط کاربر	۱۰	۵	۷	۳	۸
۶	امکانات تحلیل داده‌ها و گزارش‌گیری	۱۰	۴	۱۰	۶	۱۰
جمع		۶۰	۳۵	۴۷	۲۳	۳۶

جدول ۵. میزان مطلوب و نتایج ارزیابی گزینه‌های موجود برای معیار وضعیت فروشنده

ردیف	زیرمعیار	سقف امتیاز	میزان مطلوب	گزینه ۱: Oracle	گزینه ۲: Sage	گزینه ۳: MFG
۱	شهرت فروشنده	۱۰	۵	۸	۶	۶
۲	آموزش	۱۰	۷	۷	۴	۴
۳	پشتیبانی	۱۰	۶	۷	۳	۴
۴	به‌روزآوری	۱۰	۳	۵	۳	۴
جمع		۴۰	۲۱	۲۷	۱۶	۱۸

در مرحله فازی‌سازی، درجه عضویت میزان مطلوب و امتیاز کسب شده هر گزینه در هر معیار تعیین می‌شود. به‌عنوان مثال نتایج فازی‌سازی برای معیار "ویژگی‌های سیستم" در مطالعه‌ی موردی طرح شده، جدول (۶) بیان شده است:

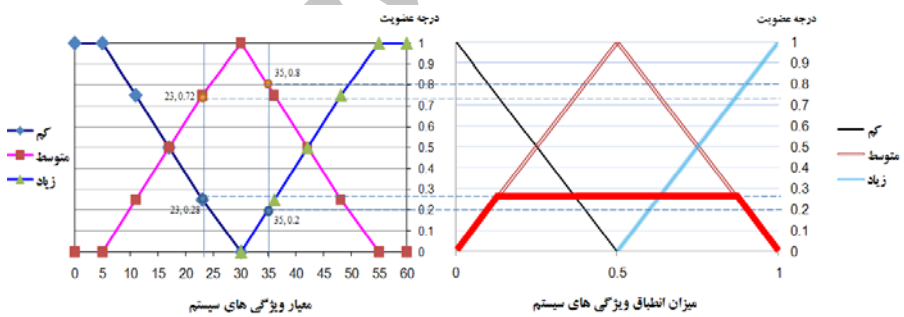
Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۶. درجه عضویت میزان مطلوب و امتیاز گزینه‌ها در توابع عضویت معیار "ویژگی‌های سیستم"

		میزان مطلوب	گزینه ۱: Oracle	گزینه ۲: Sage	گزینه ۳: MFG
امتیاز کسب شده:		۳۵	۴۷	۲۳	۳۶
درجه عضویت در توابع عضویت فازی	کم	۰	۰	۰.۲۸	۰
	متوسط	۰.۸	۰.۳۲	۰.۷۲	۰.۷۶
	زیاد	۰.۲	۰.۶۸	۰	۰.۲۴

استنتاج فازی با کمک قواعد سیستم خبره فازی انجام می‌شود. هر قاعده‌ی سیستم خبره فازی، با توجه به درجه عضویت محاسبه شده برای هر گزینه در هر معیار، یک خروجی فازی ایجاد می‌کند. به‌عنوان مثال برای گزینه دوم و در معیار ویژگی‌های سیستم، خروجی‌های فازی دو مورد از قواعد سیستم خبره، به‌صورت نمودارهای (۴) و (۵) هستند:

الف) اگر ویژگی‌های سیستم مطلوب، متوسط و ویژگی‌های سیستم مورد بررسی کم باشد، آنگاه میزان انطباق ویژگی‌های سیستم متوسط است (نمودار ۴):



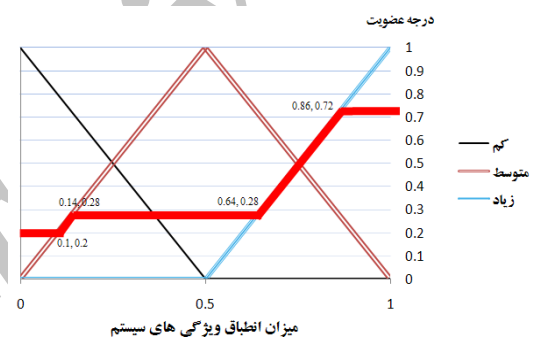
نمودار ۴. مطلوب برابر متوسط، ویژگی‌های سیستم برابر کم، انطباق برابر متوسط

ب) اگر ویژگی‌های سیستم مطلوب، متوسط و ویژگی‌های سیستم مورد بررسی متوسط باشد، آنگاه میزان انطباق ویژگی‌های سیستم زیاد است (نمودار ۵).

www.SID.ir

نمودار ۵. مطلوب برابر متوسط، ویژگی‌های سیستم برابر متوسط، انطباق برابر زیاد

اجتماع فازی خروجی‌های هر قاعده برای هر گزینه در هر معیار، تشکیل یک مجموعه فازی می‌دهد که بیانگر خروجی مرحله استنتاج فازی است. مراحل گفته شده به ازاء هر گزینه در هر معیار انجام می‌پذیرد. به‌عنوان مثال خروجی مرحله استنتاج فازی برای گزینه دوم در معیار ویژگی‌های سیستم، به‌صورت نمودار (۶) است که برابر اجتماع فازی مجموعه‌های فازی ایجاد شده توسط قواعد سیستم خبره برای آن گزینه ـ معیار است:



نمودار ۶. خروجی مرحله استنتاج فازی برای گزینه دوم مثال در معیار ویژگی‌های سیستم

پس از ایجاد خروجی‌های فازی و به‌منظور مقایسه خروجی‌ها، فازی‌زدایی انجام می‌شود. فازی‌زدایی مطابق رابطه ۱ انجام می‌شود. ضابطه تابع نشان داده شده در نمودار ۶، مطابق رابطه ۵ است:

Archive of SID
www.SID.ir

$$\mu_{\tilde{A}}(z)=\begin{cases}0.2, z\in[0,0.1)\\ 2z, z\in[0.1,0.14)\\ 0.28, z\in[0.14,0.64)\\ 2z-1, z\in[0.64,0.86)\\ 0.72, z\in[0.86,1]\end{cases} \quad (۵$$

از آنجا که ۳ معیار تصمیم‌گیری در مدل این مقاله مدنظر قرار گرفته است، برای هر گزینه ۳ بار فازی‌زدایی صورت می‌پذیرد. نتیجه فازی‌زدایی برای گزینه دوم مثال در معیار ویژگی‌های سیستم مطابق رابطه ۶ است:

$$Z^{*}_{\text{سیستم}_{ERP2}}=\frac{\int \mu_{\tilde{A}}(z).\,z\,dz}{\int \mu_{\tilde{A}}(z)\,dz} \quad (۶$$

$$=\frac{\int_0^{0.1}0.2z\,dz+\int_{0.1}^{0.14}2z^2\,dz+\int_{0.14}^{0.64}0.28z\,dz+\int_{0.64}^{0.86}(-2z^2+2z)dz+\int_{0.86}^{1}0.72z\,dz}{\int_0^{0.1}0.2\,dz+\int_{0.1}^{0.14}2z\,dz+\int_{0.14}^{0.64}0.28\,dz+\int_{0.64}^{0.86}(-2z+2)dz+\int_{0.86}^{1}0.72\,dz}$$

$$=0.6172$$

بدین ترتیب میزان انطباق ویژگی‌های سیستم برای گزینه دوم برابر ۰/۶۱۷۲ است. برای هر گزینه و به ازاء هر معیار محاسبه بالا باید انجام شود. نتایج ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌های مطالعه موردی در جدول ۷ ارایه شده است:

جدول ۷. نتایج نهایی و رتبه‌بندی گزینه‌ها

رتبه	گزینه	انطباق راه‌اندازی سیستم	انطباق ویژگی‌های سیستم	انطباق وضعیت فروشنده	امتیاز نهایی
۱	گزینه ۳ (MFG)	۰/۶۵۹۲	۰/۶۵۱۶	۰/۷۰۱۱	۰/۶۷۰۶
۲	گزینه ۲ (Sage)	۰/۶۵۸۰	۰/۶۱۷۲	۰/۶۳۷۱	۰/۶۳۷۴
۳	گزینه ۱ (Oracle)	۰/۵۰۰۶	۰/۵۲۴۱	۰/۵۶۸۱	۰/۵۳۰۹

نکته‌ی‌مهم این است که این رتبه‌بندی با توجه به شرایط سازمان خریدار سیستم معتبر است و رتبه‌بندی و امتیازات برای سازمان‌های دیگر متفاوت خواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله چگونگی طراحی و استفاده از سیستم خبره فازی برای انتخاب سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان بر مبنای یک مطالعه‌ی موردی ارایه شده است. به‌دلیل اهمیت انتخاب ERP، استفاده از روش‌هایی که به انتخاب سیستم مناسب منتج شود برای سازمان خریدار اهمیت دارد. استفاده از منطق فازی در ارزیابی گزینه‌ها موجب می‌شود که چنانچه گزینه‌ای در یک شاخص فاقد انطباق لازم با شرایط سازمان بود، وضعیت شاخص متناظر دیگری بررسی شده تا بخت انتخاب گزینه مناسب به آسانی از دست نرود. این موضوع در مورد ویژگی‌های خود سازمان نیز صادق است. برای انتخاب ERP، باید ارزیابی دقیقی از وضعیت سازمان انجام شود. از آنجایی که ارزیابی‌های انجام شده در مورد شاخص‌های مطلوب سازمان ممکن است همراه با خطا باشد، در تصمیم‌گیری با سیستم خبره فازی وجود خطا در محاسبه میزان مطلوب یک شاخص، فرآیند تصمیم‌گیری را زیر سؤال نمی‌برد و با توجه به ماهیت منطق فازی، کل شاخص‌های در نظرگرفته شده، تعیین کننده‌ی میزان مطلوب سازمان در هر معیار اصلی تصمیم‌گیری خواهند بود. نکته‌ی دیگری که به‌عنوان مزیت این روش تصمیم‌گیری می‌توان برشمرد، عدم مقایسه‌ی مستقیم گزینه‌ها با یکدیگر و مقایسه‌ی هر گزینه با شرایط مطلوب سازمان و پس از آن انجام رتبه‌بندی نهایی بر مبنای روش تصمیم گیری نسبی در ذهن انسان است که با دیدگاه مورد نظر مدیریت ارشد سازمان‌ها نیز همخوانی بسیاری دارد. در روش‌های مقایسه زوجی، تصمیم‌گیرنده گزینه‌ها را دوبه دو با هم مقایسه می‌کند و با توجه به هدف تصمیم‌گیری اقدام به امتیازدهی به گزینه‌ها می‌کند. در این حالت تجربه تصمیم‌گیرنده بسیار مهم است؛ زیرا اگر هدف تصمیم‌گیری با آنچه که در ذهن وی از تصمیم‌گیری وجود دارد یکسان نباشد، مقایسه‌های زوجی بر مبنای فرضیه‌های ذهنی تصمیم‌گیرنده و فاقد اعتبار خواهد بود. این مهم در کشور ما از اهمیتی دوچندان برخوردار است؛ زیرا در سطح سازمان‌های بخش خصوصی و دولتی کشور ما، اغلب تخصص لازم برای ارزیابی معیارهای انتخاب ERP ها وجود ندارد و یا به میزان کمی در دسترس است و بهتر این است که سیستمی جامع، دانش مربوط به این حوزه را در اختیار مدیریت ارشد سازمان‌ها قرار داده و آن‌ها را از اجبار برای مقایسه و امتیازدهی مجموعه گسترده‌ای از شاخص‌های ارزیابی رها سازد. در تصمیم‌گیری به‌وسیله‌ی سیستم خبره فازی، مقایسه دوبه دو گزینه‌ها وجود ندارد و هر گزینه به‌طور

Archive of SID

www.SID.ir

مستقیم با شرایط مطلوب مقایسه شده و در نهایت گزینه‌ها بر اساس امتیازات کسب شده به‌صورت نزولی رتبه‌بندی می‌شوند. برای پژوهش‌های آتی مقایسه روش ارایه شده در مقاله با سایر روش‌های انتخاب ERP و همچنین ترکیب این روش با سایر روش‌های انتخاب ERP (همچون استفاده از MADM فازی) به‌منظور کاهش ضعف‌ها و دستیابی به اثربخشی بالاتر پیشنهاد می‌شود. ارزیابی نتایج انتخاب ERP به‌وسیله‌ی سیستم خبره فازی از سوی خبرگان و توسعه و بهبود معیارها و زیرمعیارهای تصمیم‌گیری نیز جالب توجه خواهد بود.

منابع

۱. بهکمال بهشید، کاهانی محسن، سپهری مهران (۱۳۸۸). استخراج ویژگی‌های کیفی نرم-افزارهای تجارت الکترونیکی بنگاه با بنگاه، مدیریت فناوری اطلاعات؛ ۱(۲):۱۹-۳۴.

۲. رهنورد فرج‌اله، جلیل خاوندکار (۱۳۸۷). تأثیر اشتراک دانش بر توفیق در برون‌سپاری خدمات فناوری اطلاعات، مدیریت فناوری اطلاعات؛ ۱(۱):۴۹-۶۴.

۳. مانیان امیر، موسی‌خانی محمد، جامی پرازمی مونا (۱۳۸۸). بررسی رابطه بین همراستایی فناوری اطلاعات و کسب‌و کار با عملکرد سازمانی در شرکت‌های فعال در زمینه فناوری اطلاعات با استفاده از معادلات ساختاری، مدیریت فناوری اطلاعات؛ ۱(۳): ۸۹-۱۰۶.

4. 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; Vol. 178: 4280-4300.
5. Bobillo F, Delgado M, Gomez-Romero J, Lopez E (2009). A semantic fuzzy expert system for a fuzzy balanced scorecard, Expert Systems with Applications; Vol. 36, pp. 423-433.
6. Bueno S, Salmeron J.L (2007). Fuzzy modeling Enterprise Resource Planning tool selection, Computer Standards and Interfaces; Vol. 30: 137-147.
7. Cebeci F (2009). Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard, Expert Systems with Applications; Vol. 36: 8900-8909.
8. Chen G, Pham T.T (2001). Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control System, CRC Press.

Archive of SID

www.SID.ir

9. 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; Vol. 37:4742-4748.

10. Fasanghari M, Montazer A (2010). Design and implementation of a fuzzy expert system for Tehran Stock Exchange portfolio recommendation, Expert Systems with Applications; 37: 6138-6147.

11. Fazel Zarandi, M.H, Ahmadpour P (2009). Fuzzy agent-based expert system for steel making process, Expert Systems with Applications; Vol. 36:9539-9547.

12. Hakim A, Hakim H (2010). A practical model on controlling the ERP implementation risks, Information Systems; Vol. 35: 204-214.

13. Karsak E.K, Ozogul C.O (2009). An integrated decision making approach for ERP system selection, Expert Systems with Applications; Vol. 36: 660-667.

14. Lee J.W, Kim S.H (2002). Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection, Computer and Operation Research; Vol. 27: 367-382.

15. Li S, Li J.Z (2010). Agents International: Integration of multiple agents, simulation, knowledge bases and fuzzy logic for international marketing decision making, Expert Systems with Applications; Vol. 37:2580-2587.

16. Liang S.K, Lien C.T (2007). Selecting the optimal ERP software by combining the ISO 9126 standard and fuzzy AHP approach, Contemporary Management Research; 3(1): 23-44.

17. Lien C.T, Liang S.K (2005). An ERP system selection model with project management viewpoint – A fuzzy multi-criteria decision making approach, International Journal of the Information Systems for Logistics and Management; 1(1): 39-46.

18. Lin F, Rohm C.E.T (2009). Managers' and end-users' concerns on innovation implementation: A case of an ERP implementation in China, Business Process Management; 15(4): 527-547.

19. Matthews C (2003). A formal specification of a fuzzy expert system, Journal of Information and Software Technology, Vol 45: 419-429.

20. Nikookar G, Safavi S.H, Hakim A, Homayoun A (2010). Competitive advantage of enterprise resource planning vendors in Iran, Information Systems; Vol. 35:271-277.

21. Omid M, Lashgari M, Mobli H, Alimardani R, Mohtasebi S. Hesamifard R (2010). Design of fuzzy logic control system incorporating human expert knowledge for combine harvester, Expert Systems with Applications; Vol. 37:7080-7085.

Archive of SID

www.SID.ir

22. Percin S (2008). Using the ANP approach in selecting and benchmarking ERP systems, Benchmarking: An International Journal; 15(5): 630-649.

23. Ross T.J (2005). Fuzzy Logic with Engineering Application, John Wiley & Sons.

24. Siler W, James J.B (2005). Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning, John Wiley & Sons.

25. Ustundag A, Kilinc M.S, Cevikcan E (2010). Fuzzy rule-based system for economic analysis of RFID investments, Expert Systems with Applications; Vol. 37: 5300-5306.

26. Wei C.C, Chien C.F, Wang M.J.J (2005). An AHP-based approach to ERP system selection, International Journal of Production Economics; Vol. 96: 47-62.

27. Wei C.C, Wang M. J (2004). A comprehensive framework for selecting an ERP system", International Journal of Project Management, Vol. 22, pp. 161-169.

28. Yang J.B, Wu C.T, Tsai C.H (2007). Selection of an ERP system for a construction firm in Taiwan: A case study, Automation in Construction; Vol. 16: 787-796.

29. Yusuf Y, Gunasekaranb A, Abthorpe M. S (2004). Enterprise information systems project implementation: A case study of ERP in Rolls-Royce, International Journal of Production Economics; Vol. 87:251-266.

30. Ziaee M, Fathian M, Sadjadi S.J (2006). A modular approach to ERP system selection, Information Management & Computer Security; 14(5): 485-495.

Archive of SID

www.SID.ir