DOI: http://dx.doi.org/10.22059/jitm.2013.30052

مدیریت فناوری اطلاعات
دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

دوره ۵، شماره ۱
بهار ۱۳۹۲
صص ۱۰۶-۸۹

طراحی سیستم استنتاج فازی برای پیش‌بینی میزان موفقیت راهکار برنامه‌ریزی منابع سازمان

محمدعلی شفیعا[۱]، امیر مانیان[۲]، ایمان رئیسی وانانی[۳]

چکیده: پیشینه‌ی پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان، از سابقه‌ی پر فراز و نشیبی برخوردار است که طی آن، پروژه‌های متعددی با موفقیت و بسیاری نیز با شکست یا عدم دست‌یابی به اهداف از پیش تعیین شده به پایان رسیده‌اند. پژوهش پیش رو از یک‌سو بر اساس هدف، بنیادی بوده و سیستم جدیدی را برای رفع مسئله‌ای حیاتی طراحی و ارائه می‌کند و از سوی دیگر با توجه به استقرار سیستم در سازمان، برای تعیین میزان موفقیت پروژه‌ی پیاده‌سازی، از نوع کاربردی است. روش پژوهش بر اساس نحوه‌ی شناسایی عوامل و شاخص‌ها، از نوع تحلیل محتوا و برای گردآوری داده‌ها از سازمان‌های منتخب، از نوع پیمایشی است. در این پژوهش برای غلبه بر مشکلات پروژه‌های پیاده‌سازی و با استفاده از روش استنتاج فازی ـ عصبی انطباقی، یک سیستم فازی طراحی و آموزش داده شده است. سپس آن را اعتبارسنجی کرده تا قادر به پیش‌بینی میزان موفقیت پیاده‌سازی پروژه پیش از آغاز آن باشد. خروجی این پژوهش، یک سیستم استنتاج فازی هوشمند است[۱].

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی منابع سازمان، تحلیل محتوا، سیستم‌های فازی – عصبی انطباقی، سیستم استنتاج فازی.

۱. دانشیار گروه فناوری صنعتی، دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران
۲. دانشیار گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده‌ی مدیریت، دانشگاه تهران، ایران
۳. دانشجوی دکترای مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده‌ی مدیریت، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۲۶
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۲۸
نویسنده مسئول مقاله: ایمان رئیسی وانانی
E-mail: imanraeesi@ut.ac.ir

۱. این پژوهش برگرفته از رساله‌ی دکترای نویسنده‌ی مسئول مقاله با عنوان "طراحی سیستم استنتاج فازی برای پیش‌بینی میزان موفقیت پیاده‌سازی راهکار برنامه‌ریزی منابع سازمان" است که در بخش مراجع دانشکده‌ی مدیریت دانشگاه تهران در دسترس پژوهشگران گرامی است.

مقدمه

پیشینه‌ی پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی بزرگ و به‌ویژه، سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان[1]، از سابقه‌ای طولانی و پُرفراز و نشیبی برخوردار است که طی آن، پروژه‌های متعددی با موفقیت و بسیاری نیز با شکست یا عدم دست‌یابی به‌اهداف از پیش تعیین‌شده به پایان رسیده‌اند. مطالعات اخیر نشانگر این مطلب هستند که میزان موفقیت پروژه‌های پیاده‌سازی این سیستم کاهش یافته و خطر پیاده‌سازی به‌همان میزان افزایش پیدا کرده است (Venugopal et al., 2010). مقصود از سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان در ادبیات پژوهشی بین‌المللی، سیستمی است که (Bernroider, 2008; Enquist and Juell-Skielse, 2010; Kayas et al., 2008; Sawah et al., 2008):

- دارای ماژول‌های مالی، منابع انسانی، تولید، فروش و توزیع باشد.
- تمام ماژول‌ها بر مبنای یک پایگاه داده مشترک و یکپارچه فعالیت کنند.
- فرایندهای اصلی کسب‌وکار سازمان توسط سیستم پوشش داده شوند و سیستم فرایندمحور باشد.
- قادر به ارائه‌ی گزارش‌های قانونی، تحلیلی و مدیریتی از ماژول‌های مختلف باشد.
- بهتر است تحت وب باشد. امکان تحت وب یا تحت فضای ابر[2]، به‌عنوان یک الزام در سطح بین‌المللی شناخته‌نشده است و سیستم‌ها رفته‌رفته به آن سمت حرکت خواهند کرد.

پیاده‌سازی این سیستم در سازمان‌های متوسط و بزرگ، به بهینه‌سازی زنجیره‌ی ارزش در فرایندهای کسب‌وکار منجر می‌شود. بهبود کیفیت کاری در زنجیره‌ی ارزش و افزایش سودآوری، دیگر سازمان‌ها را نیز به خرید و راه‌اندازی سیستم و همچنین، تحمل هزینه و زمان آن، تشویق کرده است. با وجود این، پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان، به‌دلیل وسعت امکانات و توانمندی‌های آن، پیچیده بوده و آثار شگرف و گسترده‌ای بر تمامی ابعاد فنی و غیرفنی سازمان خواهد داشت. فرایند پیاده‌سازی سیستم باید دقیق و منظم ارزیابی شود تا از نتایج غیرمطلوب و انحراف‌های مشکل‌ساز جلوگیری کند.

1. ERP (Enterprise Resource Planning)
2. Cloud-Based System

بیان مسئله

سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان، طی سال‌های گذشته توجه فراوانی را به خود جلب کرده‌اند؛ چراکه تمامی ابعاد سازمان را پوشش‌داده و توانمندی تصمیم‌گیری مدیریتی را نیز به‌گونه‌ی چشمگیری افزایش داده‌اند (Mabert et al., 2003; Norris and Hurley, 2000; Sánchez et al., 2009; Shields, 2001; Umble et al., 2003). چنانچه سازمان قادر باشد تا پیش از آغاز فرایند پیاده‌سازی، وضعیت جاری را ارزیابی کرده و نتایج حاصل از پروژه را تا حد امکان پیش‌بینی کند، بسیاری از مشکلات پیشِ رو از قبل مشخص‌شده و برای اصلاح آنها اقدام خواهد شد. همچنین با وجود یک رویکرد پیش‌بینی‌کننده، سازمان سازوکاری را در اختیار دارد که با استفاده از آن، فرایند پیاده‌سازی را لحظه‌به‌لحظه رصد کرده و در صورت وجود انحراف و پیش از ورود پروژه به نقطه‌ی بحرانی، نسبت به اصلاح آن اقدام می‌کند.

اغلب پژوهش‌هایی که تاکنون در زمینه‌ی ارزیابی پیاده‌سازی سیستم انجام گرفته‌اند، ناظر بر فرایند پیاده‌سازی پروژه‌ها هستند. نکته‌ی مهمی که در پژوهش‌ها کمتر به آن پرداخته می‌شود، اینکه در صورت وجود انحراف در پیاده‌سازی سیستم و عدم ارزیابی به‌موقع پروژه، رفع موانع و اصلاح انحراف‌ها در گام‌های بعدی پروژه، بسیار زمان‌بر و پُرهزینه خواهد بود و کارایی گروه استقرار و میزان رضایت مشتری را به‌سرعت کاهش خواهد داد. با توجه به این مهم، رویکرد پژوهشی که کمتر به آن پرداخته شده، عبارت است از: "ارزیابی شرایط سازمان و پیش‌بینی نتایج پروژه پیش از آغاز فرایند پیاده‌سازی". سیستم استنتاج فازی هوشمندی که در این پژوهش طراحی شده است، میزان موفقیت پروژه را با استفاده از شاخص‌های بین‌المللی ارزیابی، پیاده‌سازی کرده و براساس داده‌های پروژه‌های اجرا شده در سازمان‌های ایرانی، مورد بررسی قرار داده است. مهم‌ترین اهداف پژوهش به شرح زیر هستند:

- مطالعه‌ی جامع مقاله‌ها و کتاب‌های بین‌المللی و انجام تحلیل محتوا برای شناسایی عوامل و شاخص‌های مؤثر بر پروژه‌ی پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان؛
- طبقه‌بندی عوامل و شاخص‌های سنجش سازمان و تهیه‌ی مدل طراحی سیستم استنتاج فازی؛
- ارزیابی انواع سازمان‌ها به‌کمک عوامل و شاخص‌های شناسایی‌شده؛
- طراحی، آموزش و اعتبارسنجی درونی سیستم فازی ـ عصبی انطباقی، برای طراحی سیستم استنتاج فازی نهایی؛
- اعتبارسنجی بیرونی سیستم بر مبنای داده‌های گردآوری شده از سازمان‌های منتخب؛
- ارائه‌ی سیستم استنتاج فازی نهایی و تحلیل توانمندی‌های آن برای ارائه به پژوهشگران دانشگاهی و مدیران سازمانی.

پیشینه‌ی پژوهش

راهکار برنامه‌ریزی منابع سازمان به سازمان‌ها یاری می‌رساند تا منابع خود را به‌طور مؤثری اداره کرده و به‌دلیل یکپارچگی تمام اطلاعات در میان فرایندهای کاری مختلف، هزینه‌ها را در بلندمدت کاهش‌داده و کارایی را افزایش دهد. این سیستم توان رقابت و پاسخ‌گویی به نیازمندی‌های روزافزون مشتریان سازمان را از طریق تسهیل مدیریت واحدهای سازمانی، افزایش داده و سرعت ارائه‌ی کالا و خدمات، بهبود کیفیت خدمت‌رسانی به مشتریان، افزایش چابکی و بهره‌وری، افزایش کیفیت محصولات و هماهنگ‌کردن تقاضا، عرضه و تولید و استانداردسازی فرایندهای سازمان را فراهم می‌آورد که به‌دنبال آن، به بهبود رقابت‌پذیری سازمان منجر می‌شود (Pham, 2008; Yeh et al., 2007; Motwani et al., 2005; Liao et al., 2007; Karsak and O¨ zogul, 2009; Kwahk and Lee, 2008; Dey et al., 2010; Al-Mashari et al., 2003; Sánchez et al., 2009; Grabski and Leech, 2007).

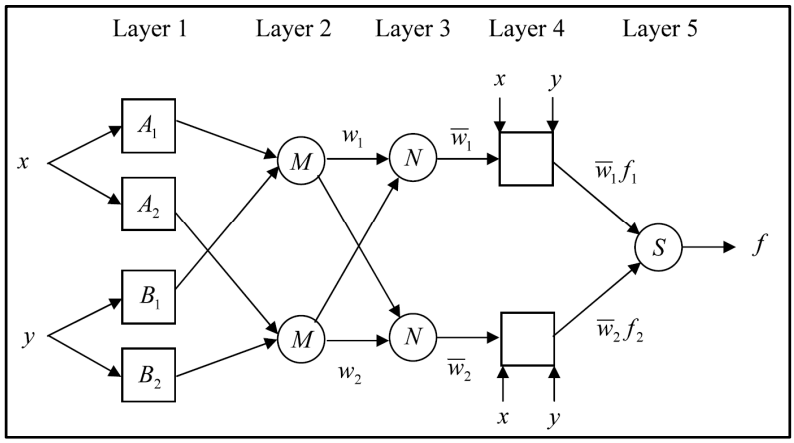
از سال ۲۰۰۰ میلادی که سیستم‌های اطلاعات مبتنی بر وب ایجاد شدند، زیرساخت تشکیل‌دهنده‌ی سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان نیز بر اساس همین پروتکل ارتباطی[1] طراحی‌شده و قابلیت استفاده‌ی همزمان چند کاربر در هر نقطه جهان را فراهم آورده‌اند. همچنین سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان از سیستم‌های مدیریت پایگاه داده‌ی[2] یکپارچه استفاده می‌کنند و این پایگاه‌ها به‌طور معمول با سیستم‌های مدیریت روابط با مشتریان[3] و سیستم‌های مدیریت زنجیره‌ی تأمین[4] در ارتباط بوده و طی سال‌های اخیر با این پایگاه‌های داده یکسان شده‌اند تا نسل جدیدی از این سیستم‌ها شکل گیرند، اگرچه همچنان با همان عنوان کلی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان شناخته می‌شوند.

منابع متعددی طی دهه‌ی ۹۰ میلادی به سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان و منافع آن اشاره کرده‌اند (Esteves and Pastor, 2001)، اما تا کنون در زمینه‌ی تبعات پیاده‌سازی این سیستم و اثربخشی‌های آن بر سازمان‌ها پژوهش‌های کمی انجام شده است؛ چرا که این سیستم به‌سبب پیچیدگی‌های خود، سبب‌شده تا بسیاری از سازمان‌ها از به‌کارگیری آن واهمه داشته باشند و به‌همین دلیل هنوز برای بسیاری از سازمان‌ها، به‌ویژه در کشورهای رو به پیشرفت، سیستم اطلاعاتی نوینی به‌شمار می‌روند. در این پژوهش تلاش شده است تا با طراحی یک سیستم استنتاج فازی هوشمند، پروژه‌ی پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان، پیش از

1. TCP/IP
2. Database Management System (DBMS)
3. Customer Relationship Management (CRM)
4. Supply Chain Management (SCM)

آغاز مورد بررسی قرار گیرد و نقاط ضعف احتمالی و میزان موفقیت پروژه تا حد امکان پیش‌بینی شود.

طی دهه‌ی اخیر، سیستم‌های فازی و شبکه‌های عصبی بیشتر در کنار یکدیگر و به‌عنوان دو عضو مکمل برای ساخت سیستم‌های هوشمند مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در حالی‌که شبکه‌های عصبی در سطوح پایین ساختارهای محاسباتی برای یادگیری از داده‌های خام مورد استفاده قرار گرفته‌اند، منطق فازی برای استدلال و شبیه‌سازی چگونگی تعقل انسان در سطوح انتزاعی‌تر، کاربردهای متنوعی پیدا کرده است. سیستم‌های فازی به‌طور مستقل قابلیت یادگیری ندارند؛ ولی در ترکیب با شبکه‌های عصبی، قابلیت یادگیری نیز برای آنها ایجاد می‌شود. در واقع یک سیستم فازی ـ عصبی عبارت است از شبکه‌ی عصبی که در کارکرد، هماهنگ با سیستم استنتاج فازی عمل می‌کند و در عین دربرداشتن عملکردهای سیستم فازی، قابلیت یادگیری نیز دارد (Ata and Kocyigit, 2010). معماری این سیستم یادگیرنده در شکل شماره‌ی ۱ ارائه شده است:



شکل ۱. معماری سیستم استنتاج فازی ـ عصبی انطباقی

داده‌هایی که توسط پرسش‌نامه یا به‌واسطه‌ی یک سیستم نرم‌افزاری در سیستم استنتاج فازی ـ عصبی انطباقی وارد می‌شوند، به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- داده‌های آموزش[1] سیستم: این مجموعه از داده‌ها برای آموزش سیستم به‌کار می‌روند.

1. Training Set

- داده‌های ارزیابی / اعتبارسنجی[1] سیستم: این داده‌ها برای تأیید روایی سیستم و جلوگیری از برازش بیش از حد شبکه‌ها به‌کار می‌روند. معیارهای اعتبارسنجی سیستم در جدول شماره‌ی ۱ ارائه شده است.
- داده‌های تست[2] سیستم: این داده‌ها برای آزمون عملکرد سیستم به‌کار می‌روند و امکان ارزیابی و آموزش سیستم در برابر داده‌های دسته‌ی اول را فراهم می‌کنند.

جدول ۱. معیارهای اعتبارسنجی سیستم استنتاج فازی – عصبی انطباقی

معیار اعتبارسنجی	معادل انگلیسی	بازه مقادیر	مقدار بهینه
جمع مجذورات خطا	SSE[3]	از صفر تا بی‌نهایت	هر چه کمتر باشد بهتر است.
ریشه‌میانگین مربعات خطا	RMSE	از صفر تا بی‌نهایت	هر چه کمتر باشد بهتر است (کمتر از ۰/۱ عالی است)
ضریب تشخیص	R^2	از صفر تا یک	بین ۰/۶ تا ۰/۸ مناسب / بین ۰/۸ تا ۱ عالی
ضریب تشخیص تصحیح شده	Adjusted-R^2	از صفر تا یک	بین ۰/۶ تا ۰/۸ مناسب / بین ۰/۸ تا ۱ عالی
میانگین مربعات خطا	MSE[4]	از صفر تا بی‌نهایت	در مقایسه‌ی دو سیستم، هر چه کمتر باشد بهتر است
میانگین خطای مطلق	MAE[5]	از صفر تا بی‌نهایت	در مقایسه‌ی دو سیستم، هر چه کمتر باشد بهتر است

می‌توان مزایای اساسی سیستم استنتاج فازی ـ عصبی انطباقی را در برابر سیستم‌های دیگر به شرح زیر کوتاه بیان کرد (Ata and Kocyigit, 2010):

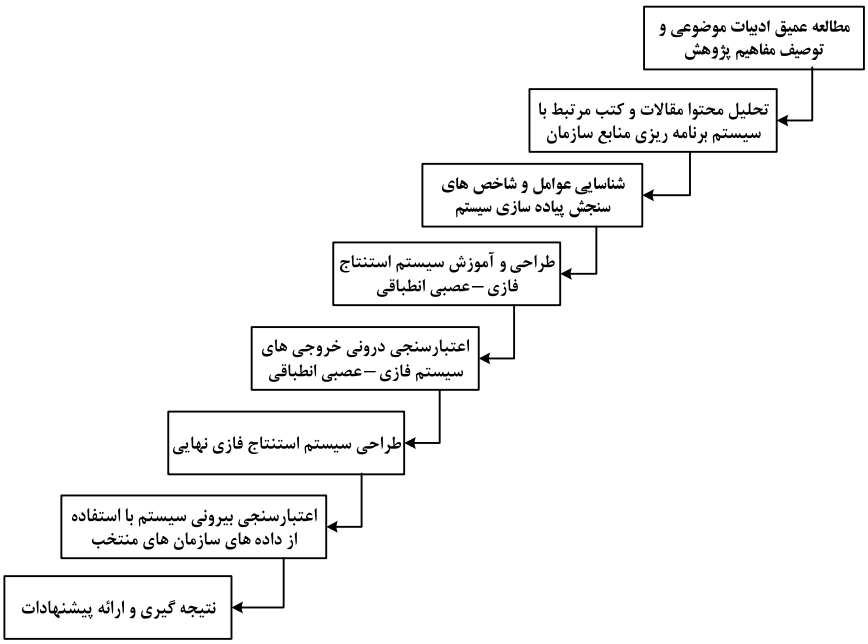
- استفاده از شبکه‌های عصبی برای مرتب‌سازی داده و شناسایی الگوها.
- ایجاد یک سیستم استنتاج فازی شفاف که دارای اشکالات کمی بوده و نسبت به شبکه‌های عصبی، خطای کمتری را در محاسبات نشان می‌دهد.
- این سیستم مزایای یک سیستم خبره‌ی فازی را حفظ می‌کند، در حالی‌که نیاز به‌وجود خبره را نیز کاهش می‌دهد.
- به‌واسطه‌ی استفاده از منطق فازی، مشکلات مدل‌سازی و تحلیل داده‌های پیچیده در این روش کاهش می‌یابد.

1. Checking Set
2. Testing Set
3. Sum of Squares due to Errors
4. Mean Squared Error
5. Mean Absolute Error

- امکان وارد کردن ابعاد کیفی تجارب انسانی به این سیستم وجود دارد.
- و در نهایت، سیستم فازی ـ عصبی قابلیت یادگیری را با حفظ مزایای سیستم استنتاج فازی دارد.

روش پژوهش

نوع پژوهش حاضر بر اساس هدف[1]، بنیادی[2] بوده و سیستم جدیدی را برای رفع مسئله‌ای حیاتی طراحی و ارائه می‌کند. از سوی دیگر با توجه به استقرار سیستم در سازمان برای تعیین میزان موفقیت پروژه‌ی پیاده‌سازی، از نوع کاربردی[3] است. همچنین، براساس روش گردآوری و ارزیابی عوامل و شاخص‌ها[4] و تحلیل محتوا، از نوع کیفی[5] است. گام‌های پژوهش در شکل شماره‌ی ۲ ارائه شده‌اند:



شکل ۲. گام‌های پژوهش

1. Research by Purpose
2. Basic Research
3. Applied Research
4. Research by Method
5. Qualitative Content Analysis

روش تحلیل محتوا که برای شناسایی عوامل و شاخص‌های پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد، بر سه نوع است که عبارتند از (Hsieh and Shannon, 2005):

۱. **تحلیل محتوای متداول**[1]: با مشاهده آغاز شده و بر مبنای آن، شاخص‌ها شناسایی شده و طبقه‌بندی می‌شوند.
۲. **تحلیل محتوای هدایت شده**[2]: مطالعه‌ی کاملی در مقالات و کتب معتبر ادبیات پژوهشی انجام شده و عوامل و شاخص‌ها استخراج می‌شوند.
۳. **تحلیل محتوای تلخیصی**[3]: بر مبنای فهرستی از شاخص‌های از پیش تعیین‌شده و کاربردی، آغاز شده و با مرور ادبیات پژوهشی، پشتوانه‌ی محکمی برای آنها شناسایی به‌شمار می‌روند.

با توجه به اینکه ادبیات پژوهشی حوزه‌ی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان از غنای بالایی برخوردار است، از این‌رو، برای استخراج شاخص‌ها از روش‌های هدایت شده و تلخیصی به‌طور ترکیبی استفاده می‌شود. مهم‌ترین فرض در تحلیل محتوا عبارت است از شناسایی واژگانی که بیشترین میزان تکرار و فراوانی[4] را در متون علمی دارند. میزان دفعات تکرار این واژگان در متون مختلف علمی، نشانگر میزان اهمیت و توجه پژوهشگران مختلف به آن شاخص‌ها است. درحقیقت، مهم‌ترین گام تحلیل محتوا را می‌توان محاسبه‌ی فراوانی عبارات و شاخص‌های مدنظر پژوهشگر، در محتوای علمی در نظر گرفت. تحلیل محتوا قادر است تا با هر نوع داده‌ای، شامل داده‌های حاصل از سخنرانی، مقاله‌ها، کتب، تصاویر، مصاحبه‌ها و مجله‌ها، ارتباط برقرار کند و به تحلیل آنها بپردازد (Hsien and Shannon, 2005). به‌همین خاطر، این روش می‌تواند بسیار کاربردی و مؤثر باشد. در تحلیل محتوا امکان استفاده از یک یا چند تحلیلگر به‌طور همزمان وجود دارد. در پژوهش پیش رو نیز از سه پژوهشگر یاری گرفته شد. تلاش شده است تا سه پژوهشگر منتخب، از تخصص‌های مشابه و درازمدت در حوزه‌ی فناوری اطلاعات و سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمان برخوردار باشند.

روایی پژوهش در تحلیل محتوا عبارت است از: میزان توافق و اجماع[5] محققان درباره‌ی هر یک از عوامل و شاخص‌های مرتبط با آنها. هر چه میزان توافق بیشتر باشد، پایایی و اعتبار پژوهش نیز افزایش می‌یابد. همچنین در تحلیل محتوای مقاله‌ها و کتاب‌ها، معیار دیگر اعتبار

1. Conventional
2. Directed
3. Summative
4. Frequency
5. Agreement and Consensus

پژوهش، میزان تکرار عبارات در مقاله‌ها و کتاب‌ها تا سطحی است کـه اشـباع[1] بـه‌وجـود آیـد و عوامل و شاخص‌ها تکراری شده و با عبارت‌های قبلی یکسان باشند، به‌گونه‌ای که عبارات جدید، به‌ندرت مشاهده شوند و تکرارپذیر نباشند (Neuendorf, 2002). در این پـژوهش، هـر یـک از عوامل و شاخص‌های مرتبط با آنها، طی رفت‌وبرگشت‌های مکرر محققان، بـر مبنـای بیشـترین میزان تکرار در مقاله‌های مختلف و همچنین بر اساس اجماع نظر پژوهشگران، مورد تأییـد قـرار گرفتند و به‌عنوان شاخص‌های پژوهش استفاده شدند. روش‌های گردآوری اطلاعات عبارتند از:

۱. روش‌های کتابخانه‌ای: گردآوری مفاهیم علمی و تحلیل محتوای ادبیـات موضـوعی و شاخص‌های سنجش از طریق مرور مقاله‌ها و کتاب‌های معتبر مـرتبط بـا موضـوع بـا استفاده از منابع مکتوب و چاپ‌شده و منابع قابل اتکـا در اینترنـت و همچنـین مراجـع آموزشی و پژوهشی در دسترس.
۲. غیرکتابخانه‌ای: اسـتفاده از ابـزار پرسـش‌نامـه بـرای گـردآوری داده از سـازمان‌هـای پیاده‌سازی‌کننده‌ی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان بـرای آمـوزش سیسـتم اسـتنتاج فازی و همچنین برای گردآوری داده‌های اعتبارسنجی از سازمان‌های منتخب.

جامعه‌ی سازمان‌های منتخب برای گردآوری داده‌ها و آموزش سیستم استنتاج فـازی، شـامل سازمان‌هایی است که اقدام به پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان کرده باشند و امکـان ارزیابی شرایط پیش و پس از پیاده‌سازی در آنها وجود داشته باشد. جامعه‌ی سازمان‌های منتخـب برای اعتبارسنجی بیرونی سیستم نیز، شامل سازمان‌هایی است که سیستم را پیاده‌سازی کرده‌انـد و در سازمان‌های آموزش سیستم نبوده‌اند. با توجه به اینکه از سیستم یادگیرنده فـازی ـ عصـبی استفاده می‌شود، در تعداد سازمان‌های منتخب محدودیتی وجود ندارد و هرچه تعداد بیشتر باشـد، سیستم امکان یادگیری مطلوب‌تری خواهد داشت. از این‌رو، هنگام انجام پژوهش یـا پـس از آن با افزایش در تعداد سازمان‌ها، بر میزان دقت خروجی سیستم استنتاج فازی نیز افزوده می‌شود.

یافته‌های پژوهش

پس از ارزیابی تحلیلی ادبیات پژوهش، تعداد ۸۲ شاخص شناسایی شدند که می‌توان آنها را در نُه عامل فرعی طبقه‌بندی کرد. جزئیات شاخص‌های شناسایی‌شده، در رساله‌ی دکترای مورد اشـاره در ابتدای پژوهش، در دسترس محققان گرامی قرار دارد. خروجـی تحلیـل محتـوا بـرای عوامـل فرعی، فراوانی آنها در ادبیات پژوهش و وزن هر عامل به شرح جدول شماره‌ی ۲ ارائه شده است:

1. Saturation

جدول ۲. فراوانی و وزن عوامل فرعی

عنوان عامل سنجش	فراوانی تکرار	وزن عامل
مدیریت تغییر	۱۶۴	۰/۱۱
مدیریت عوامل محیطی	۳۳	۰/۰۲
هدایت کاربران کسب‌وکار	۹۱	۰/۰۶
مدیریت پروژه	۳۴۵	۰/۲۴
سازماندهی اجرا	۲۴۰	۰/۱۷
شایستگی ارائه‌دهنده‌ی راهکار	۱۶۵	۰/۱۱
مدیریت نیازمندی‌ها	۱۱۶	۰/۰۸
پوشش‌دهی نیازمندی‌های کارکردی	۱۵۰	۰/۱۰
پوشش‌دهی نیازمندی‌های غیرکارکردی	۱۳۶	۰/۰۹
جمع کل	۱۴۴۰	۱/۰۰

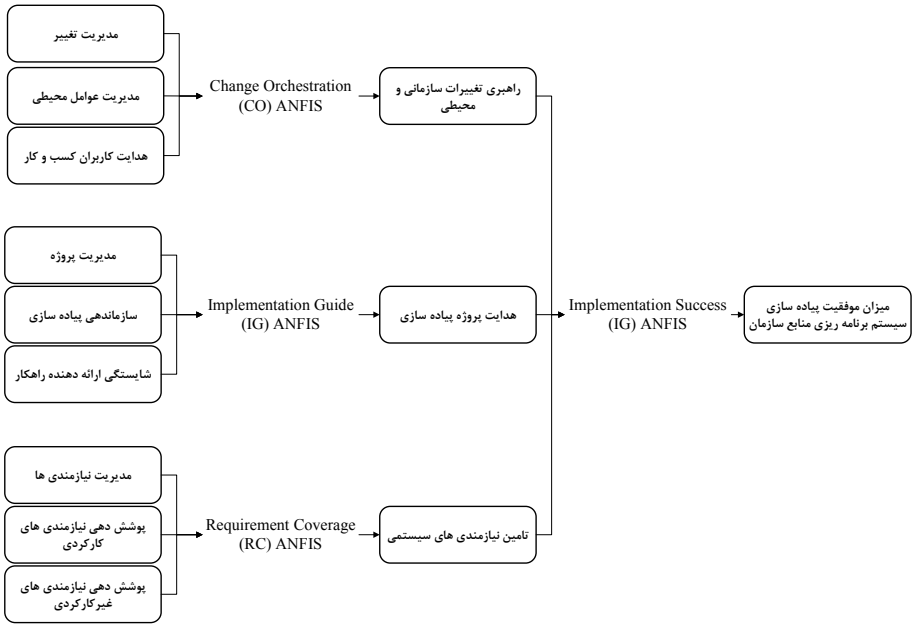
همچنین نُه عامل فرعی در سه عامل اصلی به شرح جدول شماره‌ی ۳ طبقه‌بندی شدند:

جدول ۳. فراوانی و وزن عوامل اصلی تحقیق

عنوان عامل اصلی	فراوانی	وزن	عنوان عامل فرعی	فراوانی	وزن
راهبری تغییرات سازمانی و محیطی	۲۸۸	۰/۲	مدیریت تغییر	۱۶۴	۰/۱۱
			مدیریت عوامل محیطی	۳۳	۰/۰۲
			هدایت کاربران کسب‌وکار	۹۱	۰/۰۶
هدایت پروژه‌ی پیاده‌سازی	۷۵۰	۰/۵۲	مدیریت پروژه	۳۴۵	۰/۲۴
			سازماندهی اجرا	۲۴۰	۰/۱۷
			شایستگی ارائه‌دهنده‌ی راهکار	۱۶۵	۰/۱۱
تأمین نیازمندی‌های سیستمی	۴۰۲	۰/۲۸	مدیریت نیازمندی‌ها	۱۱۶	۰/۰۸
			پوشش‌دهی نیازمندی‌های کارکردی	۱۵۰	۰/۱۰
			پوشش‌دهی نیازمندی‌های غیرکارکردی	۱۳۶	۰/۰۹
جمع کل	۱۴۴۰	۱/۰۰	جمع کل	۱۴۴۰	۱/۰۰

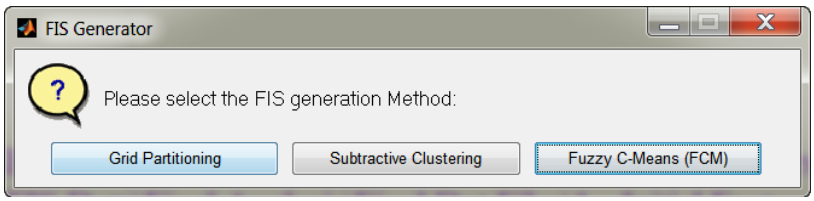
با توجه به عوامل اصلی و فرعی استخراج شده، معماری سیستم استنتاج فازی ـ عصبی انطباقی به‌صورت شکل شماره‌ی ۳ تدوین شد. در این معماری، چهار سیستم فازی ـ عصبی طراحی شده است. سه سیستم اول، داده‌های ورودی از سازمان‌های منتخبی را دریافت کرده که مربوط به شرایط سازمان قبل و بعد از پیاده‌سازی سیستم هستند و بر مبنای آن آموزش می‌بینند. سپس خروجی این سیستم‌ها، مبنای ورودی سیستم نهایی قرار می‌گیرد که ارزیابی کننده‌ی میزان موفقیت است. پس از طراحی، آموزش و اعتبارسنجی هر چهار سیستم با استفاده از

داده‌های گردآوری شده، سیستم استنتاج فازی نهایی می‌تواند تا با دریافت شرایط سازمان قبل از پیاده‌سازی، میزان موفقیت پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان را پیش‌بینی کند.

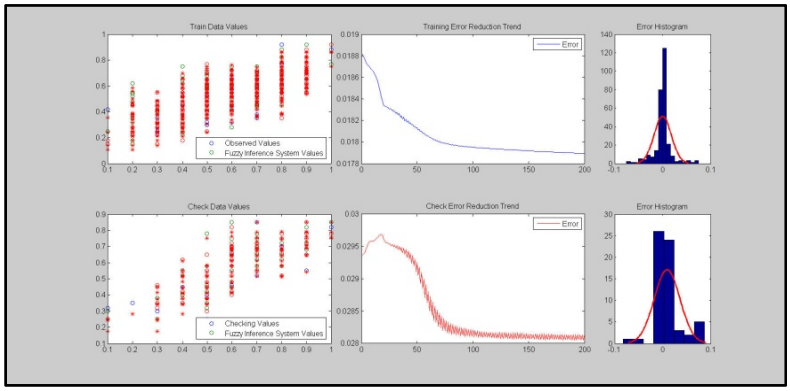


شکل ۳. معماری سیستم‌های استنتاج فازی – عصبی انطباقی

برای طراحی، آموزش و اعتبارسنجی سیستم، از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است و محقق پژوهش حاضر، سیستم را توسط برنامه‌نویسی طراحی، آموزش و اعتبارسنجی کرده است. نمونه‌هایی از رابط کاربری و فرایند آموزش و اعتبارسنجی سیستم در شکل‌های شماره‌ی ۴ و ۵ ارائه شده‌اند.



شکل ٤. رابط کاربری انتخاب روش طراحی سیستم استنتاج فازی



شکل۵. نتایج حاصل از طراحی سیستم استنتاج فازی همراه با مقادیر اعتبارسنجی درونی

برای طراحی سیستم استنتاج فازی به‌تفکیک هر یک از روش‌های سه‌گانه‌ی طراحی، پارامترهای زیر باید به‌طور دقیق تنظیم و بر اساس تحلیل خروجی‌ها به‌روزرسانی شوند تا به سیستم بهینه دست یابیم. پارامترهای ارائه‌شده، به‌عنوان نمونه بیان شده‌اند و برای انواع داده‌ها و تعداد ورودی‌های مختلف، متفاوت خواهند بود:

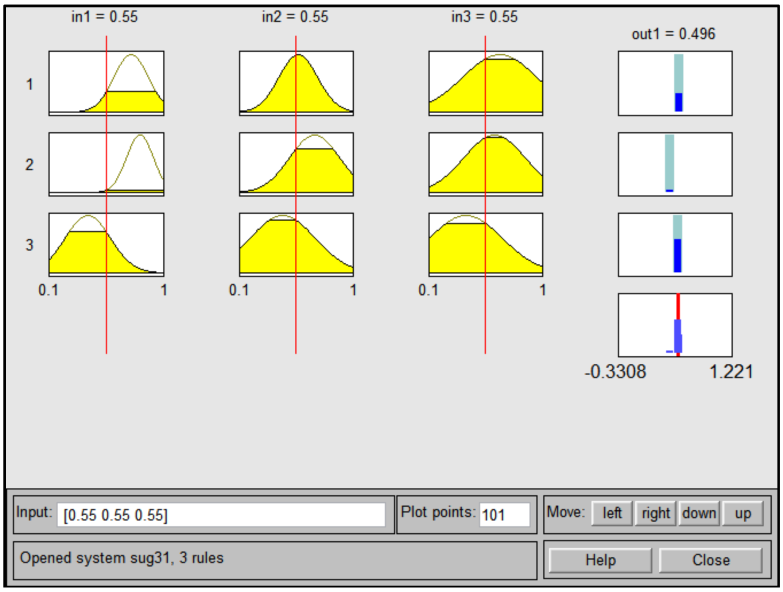
- **روش جداسازی شبکه‌ای (GP)**[1]
  - تعداد توابع عضویت : ۳ یا ۴ تابع؛
  - نوع تابع عضویت ورودی : Dsigmf / Gbellmf / Gaussmf / Psigmf؛
  - نوع تابع عضویت خروجی: خطی[2]؛

- **روش خوشه‌بندی کاهشی (SC)**[3]
  - بازه‌ی تأثیر[4] (یا شعاع دایره‌ی شناسایی خوشه‌ها[5]): بین ۰/۵ تا ۰/۵۲۵؛
  - عامل گسترش[6]: ۱/۲۵؛
  - نسبت پذیرش[7]: ۰/۵.
  - نسبت رد[8]: ۰/۱۵.

1. Grid Partitioning
2. Linear
3. Subtractive Clustering
4. Range of Inlfuence
5. Radius
6. Squash Factor
7. Accept Ratio
8. Reject Ratio

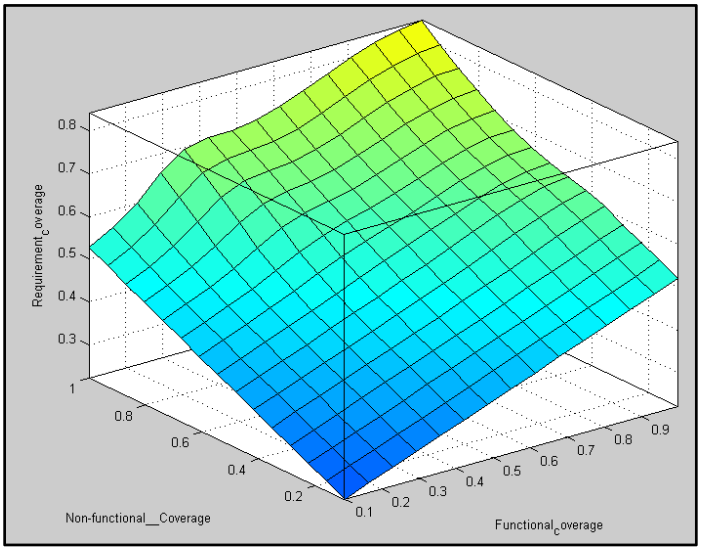
- **روش FCM**
  - تعداد خوشه‌ها: بین ۲ تا ۴ خوشه؛
  - نوع تابع عضویت خروجی: سوگنو.

در شکل شماره‌ی ۶ سیستم IS ANFIS که چهارمین سیستم استنتاج فازی ـ عصبی است، به‌عنوان نمونه ارائه شده است. این سیستم بر مبنای شرایط جاری سازمان که در ستون‌های اول تا سوم شکل تعیین می‌شوند، محاسبات لازم را انجام داده و میزان موفقیت پیاده‌سازی سیستم در سازمان را ارائه می‌کند.



شکل ٦. سیستم استنتاج فازی نهایی

این سیستم استنتاج فازی قادر است تا بر مبنای ورودی‌های ارائه شده، خروجی‌های تحلیلی سه‌بعدی نیز ارائه کند. خروجی تحلیلی به سازمان کمک می‌کند تا با تغییر هر یک از متغیرهای ورودی، میزان حساسیت متغیر خروجی به متغیر ورودی را ارزیابی کرده و بر مبنای بیشترین حساسیتی که ورودی‌ها (عوامل ارزیابی پیاده‌سازی) نسبت به خروجی (میزان موفقیت پیاده‌سازی سیستم) دارند، اقدام به انجام اصلاحات و سرمایه‌گذاری در فرایندها و فعالیت‌های سازمان کند. یک نمونه از خروجی سه‌بُعدی سیستم، در شکل شماره‌ی ۷ ارائه شده است:

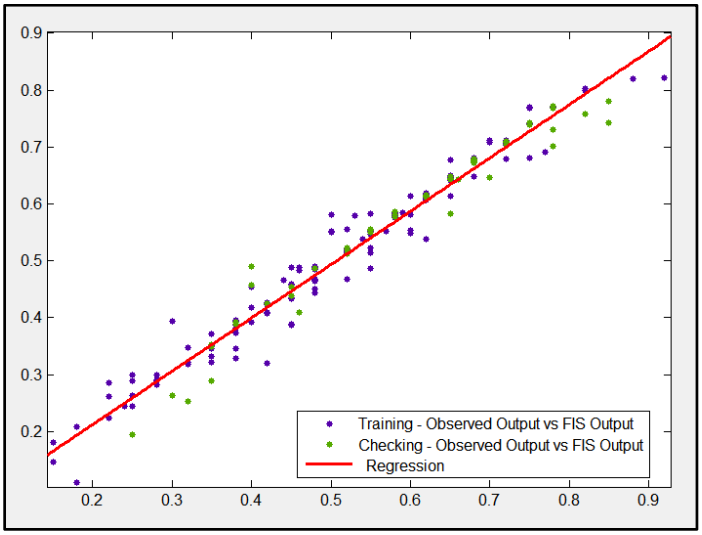


شکل ۷. نمودار تحلیل تغییرات خروجی بر اساس تغییر مقادیر متغیرهای ورودی سیستم

برای انجام فرایند اعتبارسنجی، چهار سیستم فازی ـ عصبی بر اساس شش روش اعتبارسنجی مورد ارزیابی قرار گرفتند. مقادیر اعتبارسنجی سیستم نهایی در جدول شماره‌ی ۴ ارائه شده‌اند. همچنین نمونه‌ای از نمودارهای اعتبارسنجی را می‌توانید در شکل شماره‌ی ۸ مشاهده کنید.

جدول ٤. نتایج نهایی اعتبارسنجی سیستم IS ANFIS

الگورتیم آموزش / روش طراحی	ترکیبی (Hybrid)		
	معیار اعتبارسنجی آموزش ارزیابی		
FCM (Fuzzy C-Means)	SSE	۰/۰۵	۰/۰۱۳۵
	RMSE	۰/۰۱۳۸	۰/۰۱۵۰
	R^2	۰/۹۸۴۸	۰/۹۶۱۴
	A-R^2	۰/۹۸۴۸	۰/۹۶۰۸
	MSE	۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۴۵
	MAE	۰/۰۴۱۸	۰/۰۵۳۵



شکل ۸. نمودار اعتبارسنجی سیستم استنتاج فازی

سیستم استنتاج فازی هوشمندی که ارائه شده است، قادر است تا بـا دقـت مطلـوب، شـرایط پیاده‌سازی سیستم در سازمان را محاسبه کرده و علاوه‌بر شناسایی نقـاط ضـعف و قـوت، میـزان موفقیت پیاده‌سازی را با توجه به وضعیت فعلی به مدیران سازمان اعلام کند. این سیستم قابلیت یادگیری مداوم بر اساس داده‌های جدید را خواهد داشـت و بـه محققـان و مـدیران سـازمان‌هـا، امکان آموزش بیشتر و توسعه‌ی سیستم بر مبنای شاخص‌های جدید بین‌المللـی و داخلـی را نیـز می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش بر مبنای روش تحلیل محتوای کیفی و روش کمّـی فـازی ـ عصـبی انطبـاقی، بـه تعریف مسئله‌ی پژوهش و راهکـار آن پرداخـت و بـا ترکیـب تحلیـل محتـوای هـدایت شـده و تلخیصی، عوامل و شاخص‌های ارزیابی پیاده‌سازی سیستم را به‌طـور کامـل مطالعـه و از ادبیـات موضوعی استخراج کرد. از سوی دیگر با اسـتفاده از داده‌هـای گـردآوری شـده از سـازمان‌هـای پیاده‌سازی‌کننده‌ی سیستم، سیستم استنتاج فازی بـا اسـتفاده از روش سیسـتم اسـتنتاج فـازی ـ عصبی انطباقی طراحی و آموزش داده شد. این سیستم به‌دلیل استفاده از داده‌های حقیقی حاصل از پروژه‌های پیاده‌سازی‌شده در سازمان‌ها و همچنین، به‌دلیل استفاده از روش‌هـای اعتبارسـنجی متعدد از اعتبار مطلوبی برخوردار است و می‌توان به نتایج آن اتکا کرد. مزیت اصلی ایـن سیسـتم

در توانایی آن برای شناسایی نقاط قوت و ضعف سازمان پیش از پیاده‌سازی سیستم و کاهش هزینه و زمان پیاده‌سازی است. این سیستم با داشتن قابلیت یادگیری، می‌تواند داده‌های جدید را دریافت‌کرده و به آموزش و اعتبارسنجی بیشتر بپردازد. توانمندی اصلی سیستم استنتاج فازی هوشمند در تحلیل کمّی و کیفی پروژه‌ی پیاده‌سازی سیستم، بر مبنای خروجی‌های دقیق و تحلیلی است که پس از استفاده از سیستم ارائه می‌شوند.

طی فرایند پژوهش، ایده‌ها و نظرات بسیاری به ذهن رسیدند که برای پیاده‌سازی آنها در پژوهش مجالی وجود نداشت. از این رو، این موارد به عنوان پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آینده ذکر می‌شوند:

- اتصال سیستم استنتاج فازی به پایگاه داده‌ی مدیریت پروژه‌ی سازمان برای دریافت اطلاعات لحظه‌ای و ارائه‌ی گزارش‌های تحلیلی از وضعیت پروژه، در قالب سیستم‌های هوشمندی کسب‌وکار؛
- استفاده از الگوریتم‌های شبیه‌سازی و الگوهای تکاملی برای تحلیل و شبیه‌سازی گام‌های پیاده‌سازی و ارائه‌ی گزارش‌های اثربخش به مدیران؛
- ترکیب شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک برای طراحی الگوی بهینه‌ی پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان؛
- ترکیب منطق فازی، شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک برای تولید سیستمی هوشمند که به‌طور مستمر قادر به ارائه‌ی پیشنهادهای بهبود دهنده برای ارتقای کیفیت پیاده‌سازی باشد.

منابع

1. Al-Mashari, M.; Al-Mudimigh, A. & Zairi, M. (2003). Enterprise resource planning: A taxonomy of critical factors. *European Journal of Operational Research*, 146 (2): 352-364.
2. Ata, R., and Kocyigit, Y., (2010). An adaptive neuro-fuzzy inference system approach for prediction of tip speed ratio in wind turbines. *Expert Systems with Applications*, 37 (7): 5454-5460.
3. Bernroider, E.W.N. (2008). IT governance for enterprise resource planning supported by the DeLone–McLean model of information systems success. *Information & Management*, 45(5): 257-269.
4. Dey, P. K., Clegg, B. T. & Bennett, D. J. (2010). Managing enterprise resource planning projects, *Business Process Management Journal*, 16(2): 282-296.

5. Enquist, H. & Juell-Skielse, G. (2010). *Value Propositions in Service Oriented Business Models for ERP: Case Studies*. Business Information Systems, 13th International Conference, BIS 2010, Berlin, Germany, May 3-5, 2010. Proceedings.
6. Esteves, J. & Bohorquez, V. (2007). An updated erp systems annotated bibliography: 2001-2005. *Communications of the Association for Information Systems,* 19 (1): 386-446.
7. Grabski, S. V. & Leech, S. A. (2007). Complementary controls and ERP implementation success. *International Journal of Accounting Information Systems,* 8 (1): 17–39.
8. Hsieh, H.F. and Shannon, S.E. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis. *Qualitative Health Research*, 15 (9): 1277-1288.
9. Karsak, E. E. & O¨ zogul, C. O. (2009). An integrated decision making approach for ERP system selection. *Expert Systems with Applications*, 36(1): 660–667.
10. Kayas, O.G., McLean, R., Hines, T. & G. H. Wright, (2008). The panoptic gaze: Analysing the interaction between enterprise resource planning technology and organisational culture. *International Journal of Information Management*, 28(6): 446-452.
11. Kwahk, K. Y. & Lee, J. N. (2008). The role of readiness for change in ERP implementation: Theoretical bases and empirical validation. *Information & Management*, 45 (7): 474-481.
12. Liao, X., Li, Y. & Lu, B. (2007), A model for selecting an ERP system based on linguistic information processing, *Information Systems*, 32 (7): 1005–1017.
13. Mabert, V. A., Soni, A. & Venkataramanan, M.A. (2003), The impact of organizationsize onen terprise resource planning (ERP) implementations in the US manufacturing sector, *Omega*, 31(3): 235 - 246.
14. Motwani, J., Mirchandani, D., Madanc, M. & Gunasekaran, A. (2002). Successful implementation of ERP projects: Evidence from two case studies, *Int. J. Production Economics*, 75(1-2): 83-96.
15. Neuendorf, K.A. (2002). *The Content Analysis Guidebook*, California, Sage Publications, Inc.
16. Norris, G. & Hurley, J.R. (2000). *E-Business and ERP. Transforming the Enterprise*. John Wiley & Sons Inc.
17. Pham, D.T. (2008*). ERP Systems and Organisational Change A Socio-technical Insight.* Springer-Verlag, London Limited.

18. Sánchez, P.J., Martı´nez, L., Garcı´a-Martı´nez, C., Herrera, F., Herrera-Viedma, E., (2009), A fuzzy model to evaluate the suitability of installing an enterprise resource planning system. *Information Sciences*, 179(14): 2333–2341.
19. Sawah, S. E., Tharwat, A.A.E. F. & Rasmy, M. H. (2008). A quantitative model to predict the Egyptian ERP implementation success index. *Business Process Management Journal*, 14(3): 288-306.
20. Shields, M.G. (2001). *E-Business and ERP. Rapid Implementation and Project Planning*. John Wiley & Sons Inc.
21. Umble, E.J., Haft, R.R., Umble, M.M., (2003). Enterprise resource planning: implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational Research*, 146(2): 241-257.
22. Venugopal, C., Devi, S.P., and Rao, K.S. (2010). Predicting ERP User Satisfaction-an Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) Approach. *Intelligent Information Management*, 2 (7): 422-430.
23. Yeh, T.M., Yang, C.C. & Lin, W.T. (2007). Service quality and ERP implementation: A conceptual and empirical study of semiconductor-related industries in Taiwan. *Computers in Industry*, 58(8-9): 844-854.