ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز با استفاده از سیستم استنتاج فازی

مریم مبینی کشه[۱]، آمنه خدیور[۲*]، سعید روحانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، دانشگاه الزهرا(س)
۲- دانشیار، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، دانشگاه الزهرا(س)، تهران، ایران.
۳- استادیار، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۹ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۱۴

چکیده

در سال‌های اخیر سازمان‌ها توجه ویژه‌ای به فناوری اطلاعات سبز نشان داده‌اند تا بتوانند از فناوری‌های اطلاعاتی جدید با کمترین هزینه، بیشترین بازدهی و کمترین آثار نامطلوب و مخرب زیست‌محیطی بهره‌برداری کنند. یکی از روش‌هایی که می‌تواند به سازمان‌ها در برنامه‌ریزی برای استقرار فناوری اطلاعات سبز کمک کند، محاسبه بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان‌هاست. سازمان‌ها به واسطه این ارزیابی می‌توانند با آگاهی از سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز خود، ضمن مقایسه خود با سایر سازمان‌ها و صنایع مشابه و استانداردهای جهانی، ملاکی برای اقدامات و سرمایه‌گذاری‌های لازم برای ارتقاء وضعیت خود در این حوزه را به دست آورند. در تحقیقات پیشین به معیارهای متفاوتی در ارزیابی فناوری اطلاعات سبز اشاره شده است که برخی از این معیارها ذاتاً کیفی و مبهم هستند و اندازه‌گیری و ارزیابی آن‌ها نیز در شرایط اطمینان کامل مشکل است. در این پژوهش یک سیستم خبره فازی جهت محاسبه سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز در سازمان‌ها طراحی شده است. معیارهای اصلی سیستم عبارت از مرکز داده، محیط اداری، روش کاری، تدارکات و شهروندی سازمانی است. سیستم طراحی شده مورد تست و اعتبارسنجی قرار گرفته و نتایج به‌دست‌آمده نشان از روایی و پایایی عملکرد آن دارد، همچنین این سیستم برای محاسبه سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز در یک سازمان ایرانی مورد استفاده قرار گرفته است.

کلیدواژگان: فناوری اطلاعات سبز، سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز، ارزیابی امتیاز بلوغ فناوری اطلاعات سبز، سیستم خبره فازی

۱- مقدمه

در حال حاضر تغییرات جوی یک مسأله جهانی است، اما با این وجود هنوز اطلاعات و دانش

---

* نویسندهٔ مسؤول مقاله: E-mail: a_khadivar@yahoo.com

کافی برای پیش‌بینی اثرات آن وجود ندارد. پاسخ‌های ضروری تمام بخش‌ها در هر گوشه از جهان باید به صورت یک استراتژی بیان شود تا بتوان به واسطه استفاده از آن تأثیرات منفی را که بر شرایط جوی وجود دارد، کاهش داد و به رشد اقتصادی رسید. بخش فناوری اطلاعات هم از این قضیه مستثنا نیست و می‌تواند نقش بسیاری در سبزتر کردن اقتصاد داشته باشد. فناوری اطلاعات سبز بر فناوری، استراتژی رقابتی و حتی گزینه‌های استراتژیک کسب و کار نیز تأثیر می‌گذارد. درنتیجه درک و اعمال‌نفوذ فناوری اطلاعات سبز برای پیشرفت مستمر کسب و کار حیاتی است [۱]. منابع اطلاعاتی سازمان یکی از منابع اصلی انتشار گازهای گل‌خانه‌ای و یکی از راه‌حل‌های کلیدی برای کاهش کربن و مدیریت سبز هستند. IT فرصت‌های زیادی را برای سازمان‌ها فراهم می‌کند تا به شیوه‌ای سبز فعالیت داشته باشند و بتوانند فرصتی را جهت صرفه‌جویی در هزینه‌ها یا افزایش درآمد ایجاد کنند. سازمان‌ها باید به‌طور فعال به عنوان بخشی از تلاش استراتژیک برای کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گل‌خانه‌ای با فناوری اطلاعات سبز سازگار شوند [۲]. سازمان‌ها برای دستیابی مؤثر به هدف مدیریت سبز باید ابتدا به طور دقیق سطح کنونی بلوغ فناوری اطلاعات سبز خود را ارزیابی کنند و جایگاه فعلی سازمان را بشناسند، سپس استراتژی‌های بهبود وضعیت فناوری اطلاعات سبز خود را تدوین کنند. مدل‌هایی که در زمینه ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان ارائه شده است، می‌توانند به سازمان‌ها کمک کنند تا با شناخت سطح امتیاز بلوغ فناوری اطلاعات سبز خود، تصمیم‌گیری و اقدامات مناسب را جهت سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری اطلاعات اجرا کنند. بررسی مدل‌ها نشان می‌دهد بیشتر متغیرهای تأثیرگذار بر بلوغ فناوری اطلاعات سبز کیفی و مبهم هستند و ارزیابی دقیق آن‌ها امری دشوار است. مفهوم سبز بودن خود مفهومی مبهم، خاکستری و تعیین مرز دقیقی برای مراحل بلوغ سازمان در این حوزه نیز مشکل است. درنتیجه استفاده از روش‌هایی که بتواند مفهوم بلوغ فناوری اطلاعات سبز را مدل‌سازی کند مورد توجه این پژوهش قرار گرفته است. در این راستا هدف پژوهش حاضر طراحی و پیاده‌سازی سیستم استنتاج فازی به منظور ارزیابی سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان است که می‌تواند ارزیابی بلوغ سبز بودن فناوری اطلاعات را با رویکرد فازی انجام دهد. از جمله اهداف فرعی که طراحی چنین سیستمی به آن خواهد رسید امکان استفاده چندباره از دانش مدل‌سازی شده در سیستم خبره برای سازمان‌های مختلف به شیوه خودارزیابی است، که نیاز دسترسی و مشاوره خبرگان حوزه فناوری اطلاعات سبز را کاهش می‌دهد.

۲- مروری بر ادبیات پژوهش

۲-۱- فناوری اطلاعات سبز

فناوری اطلاعات[1] سبز دارای معانی مختلفی است، اما اگر بخواهیم یک تعریف ساده و جامع از فناوری اطلاعات سبز داشته باشیم، می‌توان بیان کرد که فناوری اطلاعات سبز به استفاده از منابع فناوری اطلاعات به طور کارآمد و مؤثر اشاره دارد [۳]. فناوری اطلاعات سبز از دیدگاه زنجیره تأمین به زنجیره تأمین سبز تعریف می‌شود که به یکپارچه‌سازی تفکر محیطی در طراحی محصول، منبع یابی، تولید، انبارداری، توزیع و مدیریت پایان عمر محصول در زنجیره تأمین اشاره دارد [۵؛۴]. فناوری اطلاعات سبز را می‌توان به اصطلاح به چتری تشبیه کرد که اشاره به سیستم‌ها و فناوری‌های اطلاعاتی، شیوه‌ها و برنامه‌های کاربردی سازگار با محیط زیست دارد. فناوری اطلاعات سبز شامل سه تا از رویکردهای مکمل برای تواناسازی فناوری اطلاعات است تا پایداری محیط‌زیست را بهبود بخشد. ابعاد فناوری اطلاعات سبز شامل استفاده از سیستم‌های فناوری اطلاعات سبز، استفاده از فناوری اطلاعات جهت حمایت از پایداری محیطی و استفاده از فناوری اطلاعات برای ایجاد آگاهی سبز است [۶]. با توجه به تعاریفی که برای فناوری اطلاعات سبز بیان کردیم، با این حال هنوز اصطلاح فناوری اطلاعات سبز یک اصطلاح مبهم است. جهت کاهش این ابهام شناسایی سیستم‌های اطلاعاتی سبز می‌تواند یاری‌دهنده باشد [۷]. هدف استفاده از فناوری اطلاعات سبز کاهش تأثیر محیطی کلی فناوری اطلاعات و ارتباطات از طریق اتخاذ معیارهایی از قبیل اتخاذ رویکردهای محیطی برای تولید و استفاده از تجهیزات و امکانات فناوری اطلاعات برای بهینه ساختن استفاده از تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات در طول زیرساخت شبکه برای کاهش مصرف انرژی است [۸]. بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه در حال حرکت به سمت اصول استفاده از فناوری اطلاعات سبز هستند. هم‌اکنون زمان آن فرارسیده است تا این کشورها نیز فناوری اطلاعات سبز را اجرا کنند و از مزایای پیاده‌سازی فناوری اطلاعات سبز برای آن‌ها بهره‌مند شوند [۹]. افراد در پیاده‌سازی فناوری اطلاعات سبز باید ابعاد اقتصاد، فناوری، فرآیند در نظر گرفته شود. بُعد اقتصاد بُعدی اصلی در تصمیم‌گیری سازمانی و سود مالی یکی از ملاحظات اولیه در اتخاذ هرگونه تصمیم است. بُعد فناوری فناوری اطلاعات سبز از سخت‌افزار، نرم‌افزار، زیرساخت شبکه، کاربردها، مدیریت مرکز داده و رایانش ابری حمایت می‌کند. بُعد فرآیندی هم به فرآیندهای سازگار با محیط‌زیست اشاره می‌کند که می‌تواند انتشار کربن را کاهش و

رضایت مشتری را افزایش دهد و درنهایت بُعد افراد که پیچیده‌ترین بُعد است به تغییر و تحولات در منابع انسانی اشاره دارد [۱۰]. محرک‌هایی در پیاده‌سازی فناوری اطلاعات سبز وجود دارد که این محرک‌ها در دسته اول به محرک‌های اقتصادی، نظارتی و اخلاقی و در دسته دوم به محرک‌های اجباری و دلخواه تقسیم‌بندی می‌شوند [۱۱]. یکی از موارد مهمی که باید در اجرای پروژه‌های فناوری اطلاعات سبز مورد توجه قرار گیرد، شناسایی عواملی است که می‌تواند بر موفقیت و یا شکست پیاده‌سازی این پروژه‌ها در سازمان نقش داشته باشد. کار کردن در چارچوب طرح‌ها و استانداردهای جهانی فعلی برای زباله‌های الکترونیکی به حداقل رساندن استفاده از توان و انرژی و استفاده از روش‌های جایگزین برای خنک ساختن مراکز داده از جمله مواردی است که می‌تواند بر موفقیت اجرای پروژه فناوری اطلاعات سبز تأثیرگذار باشد [۱۲]. امروزه استفاده از فناوری اطلاعات سبز از اهمیت زیادی برخوردار است. از جمله دلایلی که سازمان‌ها به دنبال استفاده از اجرای پروژه‌های فناوری اطلاعات سبز است، مصرف برق کمتر، هزینه‌های پایین‌تر، انتشار کربن کمتر، تأثیر زیست‌محیطی کمتر، بهبود عملکرد سیستمی، افزایش همکاری و تعاملات، ذخیره‌سازی فضا و نیروی کار چابک است [۳].

۲-۲- بلوغ فناوری اطلاعات سبز

مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز جوانب مختلف عملیات یک سازمان، رفتارها و دستاوردهای آن را ارزیابی می‌کند. به منظور داشتن گزارش کامل و جامع، مدل مورد نظر با دقت زیاد کارکردهای مختلف درون یک سازمان را تجزیه و تحلیل می‌کند و هر واحد به صورت مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرد. واحدهایی که معمولاً در مدل بلوغ یکپارچه می‌شوند عبارت از مراکز داده، محاسبات کاربران نهایی، چرخه عمر دارایی، مدیریت خدمات فناوری اطلاعات و فعالیت‌های افراد است [۱۳]. تاکنون چندین مدل در زمینه مدل‌های بلوغ فناوری اطلاعات سبز از سوی پژوهشگران ارائه شده است، مانند مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز دسائی و همکاران (۲۰۱۱)، چارچوب بلوغ قابلیت برای مدیریت ICT پایدار از دانیلان و همکاران (۲۰۱۱) و مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز SURF که مدل بلوغی بر مبنای دیدگاه‌ها و ایده‌های کارشناسان در میان افراد شاغل است که توسط هنکل و همکاران (۲۰۱۴) ارائه شده است از مدل‌های معتبری است که در زمینه بلوغ فناوری اطلاعات سبز معرفی شده‌اند [۱۳؛ ۱۴؛ ۱۵].

۲-۳- ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز

ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز ابزاری است که سازمان‌ها به واسطه استفاده از آن می‌توانند امتیاز بلوغ فناوری اطلاعات سبز خود را محاسبه کنند تا دریابند در چه سطحی از بلوغ فناوری اطلاعات سبز قرار دارند و برای رسیدن به سطح بهینه بلوغ به کدام جهت باید گام بردارند و از چه تکنیک‌ها و فرآیندهایی استفاده کنند. جهت ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز در پژوهشی که توسط آتیتانان و همکاران (۲۰۱۵) انجام شد، مدلی برای ارزیابی سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز تایلند ارائه شد که از یکپارچه‌سازی مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز کره[۲] برای ارزیابی آمادگی فناوری اطلاعات سبز در بخش دولتی تایلند استفاده می‌کند [۲]. این مدل شرایط خاص فناوری اطلاعات را در بخش دولتی منعکس می‌کند و شامل ۴۲ شاخص در ۵ حیطه رهبری، روش کاری، محیط اداری، مدیریت دارایی فناوری اطلاعات مرکز داده است. دسائی و همکاران (۲۰۱۱) یک مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز را برای ارزیابی و پیاده‌سازی خدمات فناوری اطلاعات سبز معرفی می‌کنند. این مدل می‌تواند برای ارزیابی و رتبه‌بندی بلوغ یک سازمان در امور سبز و تلاش‌های سازمان برای آینده سبزتر کاربرد داشته باشد. این مدل بر کارکردهای فناوری اطلاعات سازمان‌ها صرف‌نظر از حیطه و دامنه صنعت تمرکز می‌کند [۱۳]. مطالعه لاناردی و همکاران (۲۰۱۳) ابزاری را توسعه می‌دهد که بتواند بلوغ فناوری اطلاعات سبز را ارزیابی کند و فعالیت‌های اصلی اتخاذ شده و مؤلفه‌های مختلف تأثیرگذار بر سازمان‌ها را در شناسایی پایداری محیطی درزمینه فناوری اطلاعات شناسایی کند. چارچوب پیشنهادی در این مطالعه ۴ ساختار را برای ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز بیان می‌کند، آگاهی محیطی اجتماعی از سازمان، اقدامات پایدار به‌کاررفته برای فناوری اطلاعات، نظارت بر فعالیت‌های فناوری اطلاعات و جست‌وجو و به‌روزرسانی رویکردهای مربوط به استفاده از فناوری اطلاعات شاخص‌های به‌کاربرده است [۱۶]. در پژوهشی که توسط پارک و همکاران (۲۰۱۰) صورت گرفت، ابتدا به تجزیه و تحلیل محیط فناوری اطلاعات سبز در کره و خارج از آن می‌پردازد و پس از آن به وسیله برنامه ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز، گام‌هایی را در جهت توسعه مدل برمی‌دارد. شصت و چهار مورد شاخص بعد از تحلیل اعتبار انجام‌شده توسط کارشناسان فناوری اطلاعات سبز کره به عنوان معیارهای مؤثر بر ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز انتخاب شدند. سپس ۶ مرحله بلوغ از ۰ تا ۵، برای هر یک از ۶۴ شاخص ارزیابی تعریف شد و وزن‌های آن‌ها براساس اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌ها محاسبه شد. طبق برنامه ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز ۶۴ شاخص در ۵ حیطه مراکز داده

(۱۵ شاخص)، محیط اداری (۱۵ شاخص)، روش کاری (۱۶ شاخص)، تدارکات (۹ شاخص)، شهروندی سازمانی (۹ شاخص) مشخص شدند که از این معیارها به‌عنوان معیارهای تأثیرگذار بر بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان جهت طراحی سیستم خبره فازی این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت [۱۷].

۴-۲- سیستم استنتاج فازی

سیستم‌های خبره فازی نسخه 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 به جای قواعد منطق قطعی و صفر یا یک استفاده می‌شود [۱۸]. استنتاج فازی مهم‌ترین مرحله پردازش سیستم خبره فازی محسوب می‌شود و با توجه به قواعد تبیین شده انجام می‌شود. در واقع سیستم استنتاج فازی فرآیندی سیستماتیک برای تبدیل یک پایگاه دانش به یک نگاشت غیرخطی را فراهم می‌آورد. به همین دلیل از سیستم‌های مبتنی‌بر دانش (سیستم‌های فازی) در کاربردهای مهندسی و تصمیم‌گیری استفاده می‌شود [۱۹].

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳- روش پژوهش و مدل

پژوهش حاضر از نقطه نظر هدف، توسعه‌ای کاربردی است و از نظر داده‌ها توصیفی است، همچنین استراتژی مورد استفاده در این پژوهش در طراحی، مطالعه موردی است. برای طراحی سیستم خبره فازی جهت ارزیابی سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز، ضمن انجام مطالعات کتابخانه‌ای جهت تدوین قواعد پژوهش و بررسی اعتبار سیستم از نظر خبرگان استفاده شده است. روش نمونه‌گیری در این پژوهش از نوع قضاوتی است و در نهایت تعداد خبرگان در نمونه برای تأیید قواعد طراحی شده ۵ نفر است. درباره مطالعه موردی نیز یکی از مناطق شهرداری تهران مورد بررسی قرار گرفته است که در آن شش نفر متخصص برای خودارزیابی سازمان به سیستم اطلاعات وارد کرده‌اند.

با توجه به بررسی پژوهش‌ها و مدل‌های سایر تحقیقات، مدل و سنجه‌های پارک و همکاران در سال ۲۰۱۰ در این مقاله به عنوان مبنا قرار گرفته است. این مدل در کشور کره در بیش از ۳۰۰ شرکت از صنایع مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است و یکی از نقاط قوت آن نداشتن وابستگی به صنعت خاص بیان شده است [۱۷]، به گونه‌ایی که بلوغ در صنایع مختلف با یکدیگر سنجیده شده است؛ بنابراین سیستم استنتاج فازی حاصل از آن نیز این نقطه قوت را دارا خواهد بود. این مدل دارای پرسش‌نامه استانداردی است که در تحقیقات سایر محققان به آن استناد شده و بنابراین روایی آن مورد تأیید است. با این توضیحات در جدول ۱ معیارهای پژوهش و در جدول ۲ تعریف سطوح بلوغ فناوری اطلاعات سبز نشان داده شده است.

جدول ۱ معیارهای پژوهش

معیارهای اصلی	زیرمعیارها	زیرمعیارهای فرعی
مرکز داده	تجهیزات فیزیکی	کاربرد اولیه از راه‌حل‌های مجازی‌سازی سرور
		استفاده از ابزارهای ارکستراسیون
		استفاده‌ی بهینه از نمونه‌های سرور
		عملکرد سرور
		کارایی برق

ادامه **جدول ۱**

معیارهای اصلی	زیرمعیارها	زیرمعیارهای فرعی
مرکز داده	دارایی‌های سرور	یکپارچه‌سازی ذخیره‌سازی
		مدیریت تجهیزات ذخیره‌سازی با استفاده از شاخص‌ها
		همگرایی شبکه
		مدیریت تخصیص هوشمند برق
		یکپارچه‌سازی پلت فرم جداگانه پشتیبانی
	زیرساخت پشتیبانی	نظارت به‌موقع بر مصرف برق
		طراحی کارآمد
		DC کارا در مصرف انرژی
		خودکارسازی دما و کنترل رطوبت
		برنامه منطبق با اصول عقلانی DC به‌جا
محیط اداری	PC	غیرفعال کردن محافظ صفحه‌نمایش
		کنترل برق با استفاده از سیستم مدیریت برق ابزارهایIT
		جایگزینی دسکتاپ با لپ‌تاپ
		استفاده از راه‌حل‌های تین کلاینت
		قطع برق برای ابزارهایی که مورداستفاده قرار نمی‌گیرند
محیط اداری	پرینترها	استفاده از ابزارهای پرینت چندکاره
		استفاده از خدمات فکس مجازی
		استفاده از راه‌حل‌های صرفه‌جویی تونر
		خودکارسازی قطع برق در ساعات شبانه و روزهای تعطیل
		یکپارچه‌سازی خدمات مدیریت پرینت
محیط اداری	تجهیزات اداری	شبکه بی‌سیم به‌جای شبکه‌ی خط ثابت
		سیستم‌های هوشمند روشنایی
		سیستم‌های روشنایی کارا در مصرف انرژی
		خودکارسازی کنترل دما
		قطع برق در ساعات شبانه و روزهای تعطیل

ادامه **جدول ۱**

معیارهای اصلی	زیرمعیارها	زیرمعیارهای فرعی
روش کاری	برنامه‌های کاربردی	فرایندهای کاری که به‌صورت الکترونیکی انجام می‌شوند

معیارهای اصلی	زیرمعیارها	زیرمعیارهای فرعی
		سیستم تأیید الکترونیکی
		تراکنش‌های آنلاین در ارائه خدمات به مشتریان
		پیاده‌سازی سیستم سازمان داری اینترنتی
		صدور صورت‌حساب (و یا رسید پرداخت) برای مشتری با استفاده از سیستم الکترونیکی
		برنامه‌های منطبق با اصول عقلانی (برنامه مشخص برای کاهش اندازه پرتفوی برنامه‌های کاربردی خود و رسیدن به یک معماری استاندارد یکپارچه)
		دوام و بهبود فرایندها
		استفاده از ابزارهای ارتباطی یکپارچه
		سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP)
	عملیات	استفاده از سیستم‌های ویدئوکنفرانس
		پشتیبانی از ارتباط از راه دور و تشویق به آن
		قابلیت پشتیبانی به صورت خدمات از راه دور
روش کاری	مدیریت	آموزش فناوری سبز به کارمندان
		تحلیل تأثیر محیطی
		سیستم‌های هزینه‌یاب برای خدمات فناوری اطلاعات
		مکانیزم هزینه‌یابی هزینه‌های کربن منتشرشده برای واحدها و یا پروژه‌ها
تدارکات	مدیریت دارایی	چرخه کارآمد جایگزینی دارایی‌های فناوری اطلاعات
		مدیریت پیکربندی پایگاه‌های داده (CMDB)
		لینک شدن مدیریت پیکربندی پایگاه‌های داده (CMDB) با سرویس کاتالوگ‌های مربوطه
	هزینه‌های سرمایه	استفاده از ابزارها و تجهیزات فناوری اطلاعات که به لحاظ مصرف انرژی کارآمد هستند
		در نظر گرفتن انتشار کربن هنگام خرید دارایی‌های جدید

ادامه **جدول ۱**

معیارهای اصلی	زیرمعیارها	زیرمعیارهای فرعی
		وجود سیاست و قوانین مورد نیاز استفاده از محصولات مطابق با قوانین و مقررات محیطی

معیارهای اصلی	زیرمعیارها	زیرمعیارهای فرعی
	هزینه‌های عملیاتی	استفاده از سیستم‌های هوشمند لجستیک
		به حداقل رساندن استفاده از مواد مصرفی
		استفاده از محصولات اداری سازگار با محیط‌زیست
قوانین شهروندی سازمانی	دفع زباله	مدیریت مواد سمی و خطرناک روی موادی که به فروش رفته و یا دور انداخته می‌شوند
		مشوق‌ها و پاداش‌های ارائه‌شده به کارمندان برای کاهش زباله
		تلاش‌هایی برای کاهش تأثیر محیطی
		استفاده مجدد از فاضلاب و زباله‌های حرارتی دفاتر و منابع فناوری اطلاعات
قوانین شهروندی سازمانی	کاهش اتلاف و زباله	وجود برنامه تشویقی برای مشارکت کارمندان درحرکت‌های محیطی
		استفاده از افزونگی هوشمند
		توزیع الکترونیکی بروشورهای مشتری/ فروشنده
	بازیافت	قوانین موردنیاز برای استفاده مجدد از دارایی‌ها
		استفاده مجدد از مواد مصرفی

جدول ۲ تعریف فرایندهای سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز [۱۷]

سطح بلوغ IT سبز	شماره سطح بلوغ IT سبز	فرایند
ناقص	۰	فرایند وجود دارد، اما امکان استفاده از آن وجود ندارد، تلاش‌ها برای کسب منافع حقیقی کافی نیست.
اولیه	۱	اصلاً فرایندی وجود ندارد و یا به درستی مستندسازی نشده است و تمایل به اصلاح براساس کاربر و رویداد وجود دارد.
قابل تکرار	۲	فرایندها و دستورالعمل‌های آن کامل نیستند، اما با این حال حفظ فعالیت‌های موجود مفید هستند.

ادامه **جدول ۲**

سطح بلوغ IT سبز	شماره سطح بلوغ IT سبز	فرایند
تعریف‌شده	۳	فرایند واضح برقرارشده، وجود دارد و در طول زمان بهبود می یابد.

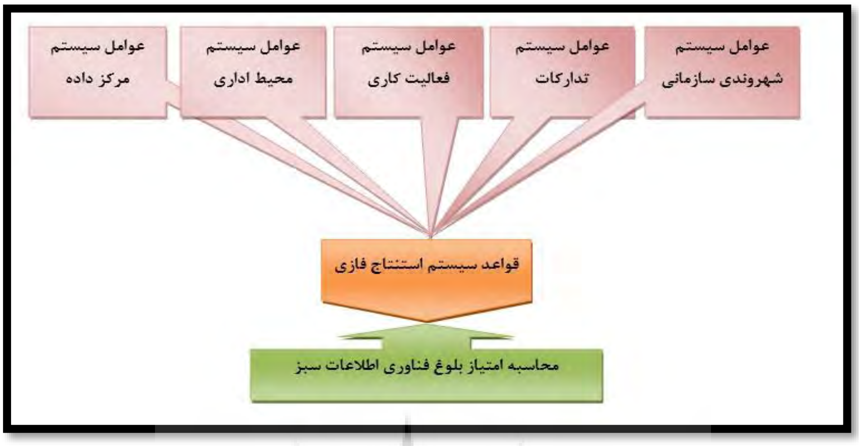
فرایند با استفاده از تکنیک‌های آماری و کمی انجام می‌شود و امکان پیش‌بینی ارزش‌های کمی وجود دارد.	۴	مدیریت‌شده
هدف بهبود فرایند کمی است و فرایند به طور مستمر برای انعکاس اهداف کسب و کار بهبود می‌یابد.	۵	بهینه‌شده

۴- طراحی سیستم استنتاج فازی

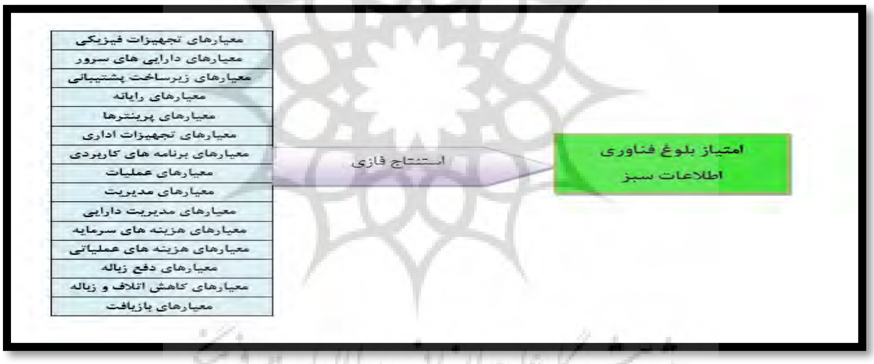
در این مرحله با توجه به معیارها و زیرمعیارهای شناسایی‌شده حاصل از پرسش‌نامه استاندارد و مرور ادبیات پژوهش که به آن اشاره شد دو نوع سیستم خبره طراحی شد. در سیستم خبره دوم کلیه ۶۴ معیار به عنوان ورودی سیستم مد نظر قرار داده شد و از یک سیستم استنتاج تک‌لایه‌ای استفاده کردیم. در سیستم خبره اول برای معیارهای اصلی که شامل پنج معیار بودند، زیرسیستم‌های جداگانه‌ای طراحی شد و زیرمعیارهای معیارهای اصلی به عنوان متغیرهای اصلی زیرسیستم‌ها در نظر گرفته شد؛ سپس این زیرسیستم‌ها با یکدیگر تجمیع شد و تشکیل یک سیستم خبره واحد را داد. خروجی‌های هر یک از زیرسیستم‌ها در این نوع سیستم خبره به‌عنوان ورودی سیستم ترکیبی در نظر گرفته می‌شود و خروجی سیستم ترکیبی همان امتیاز نهایی بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان است که با توجه به بازه امتیازها که در جدول ۳ آورده شده است، سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان محاسبه می‌شود. سیستم ترکیبی در سازمان‌هایی کارایی دارد که قادر به شناسایی تمامی معیارهای اصلی و زیرمعیارها و محاسبه امتیاز آن‌ها برای سازمان ممکن نیست.

معماری سیستم ترکیبی پژوهش که مدل مفهومی پژوهش نیز هست در شکل ۱ و معماری سیستم تک‌لایه‌ای در شکل ۲ نشان داده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱مدل مفهومی پژوهش (معماری سیستم ترکیبی)



شکل ۲ معماری سیستم خبره فازی تک لایه‌ای

در طراحی این سیستم از سیستم استنتاج فازی ممدانی و برای توابع عضویت از تابع گوسی و مثلثی و همچنین روش غیرفازی سازیِ روش مرکز ثقل و عملگر بیشینه تجمیع در این سیستم استفاده شده است. ورودی‌های این سیستم عوامل مرتبط با مرکز داده، محیط اداری، روش کاری، تدارکات و شهروندی سازمانی و خروجی این سیستم امتیاز بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان است. در طراحی این سیستم ابتدا به ازای هر یک از این ورودی‌ها یک زیرسیستم تشکیل می‌شود که ورودی این زیرسیستم‌ها معیارهای مرتبط با آن‌ها و خروجی آن‌ها امتیاز

هر یک از این ورودی‌هاست. سپس خروجی حاصل شده به عنوان ورودی سیستم نهایی در نظر گرفته می‌شود و خروجی سیستم نهایی امتیاز بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان است. مراحل طراحی سیستم استنتاج فازی در ادامه شرح داده می‌شود.

جدول ۳ محاسبه سطح بلوغ **IT** سبز

معیار	سطوح بلوغ فناوری اطلاعات سبز					
	ناقص (۰)	اولیه (۱)	قابل تکرار (۲)	تعریف شده (۳)	مدیریت شده (۴)	بهینه شده (۵)
مرکز داده	[۰ ۱/۵]	[۱/۵ ۲]	[۲ ۲/۲]	[۲/۲ ۲/۳]	[۲/۳ ۲/۸]	[۲/۸ ۳/۳]
محیط اداری	[۰ ۱/۵]	[۱/۵ ۲]	[۲ ۲/۲]	[۲/۲ ۲/۳]	[۲/۳ ۲/۴]	[۲/۴ ۳/۳]
روش کاری	[۰ ۱]	[۱ ۱/۵]	[۱/۵ ۱/۷]	[۱/۷ ۱/۹]	[۱/۹ ۲/۶]	[۲/۶ ۳/۷]
تدارکات	[۰ ۱]	[۱ ۱/۵]	[۱/۵ ۱/۷]	[۱/۷ ۱/۹]	[۱/۹ ۲/۲]	[۲/۲ ۳/۳]
شهروندی سازمانی	[۰ ۱]	[۱ ۱/۵]	[۱/۵ ۱/۷]	[۱/۷ ۱/۹]	[۱/۹ ۲/۴]	[۲/۴ ۳]
سیستم نهایی	[۰ ۱/۵]	[۱/۵ ۲]	[۲ ۲/۲]	[۲/۲ ۲/۳]	[۲/۳ ۳/۳]	[۳/۲ ۳/۷]

۴-۱- مرحله اول (طراحی ورودی‌ها و خروجی‌های سیستم)

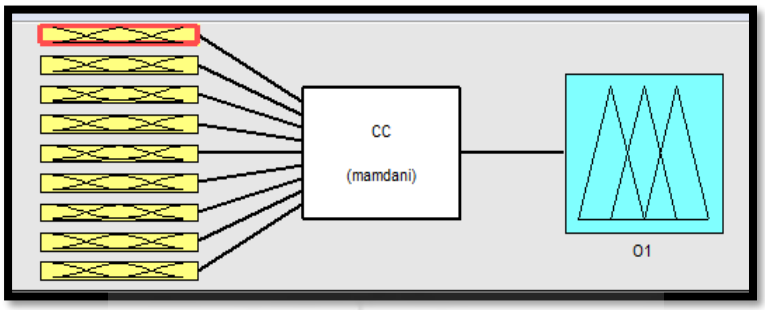
در این مرحله متغیرهای ورودی و خروجی سیستم تعریف می‌شود. متغیرهای ورودی شامل میزان امتیاز بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان در شاخص‌های مرکز داده، شهروندی سازمانی، تدارکات، روش کاری و محیط اداری است. متغیر خروجی سیستم نیز امتیاز نهایی بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان است.

۴-۲- مرحله دوم (فازی‌سازی متغیرهای ورودی و خروجی)

در این مرحله فازی‌سازی متغیرهای کلامی صورت می‌گیرد. برای فازی‌سازی متغیرها از توابع گوسی متقارن برای متغیرهای ورودی و توابع مثلثی جهت متغیر خروجی استفاده شده است. شکل ۳ نشان‌دهنده سیستم استنتاج فازی، متغیرهای ورودی و خروجی زیرسیستم شهروندی

مریم مبینی کشه و همکاران ـــ

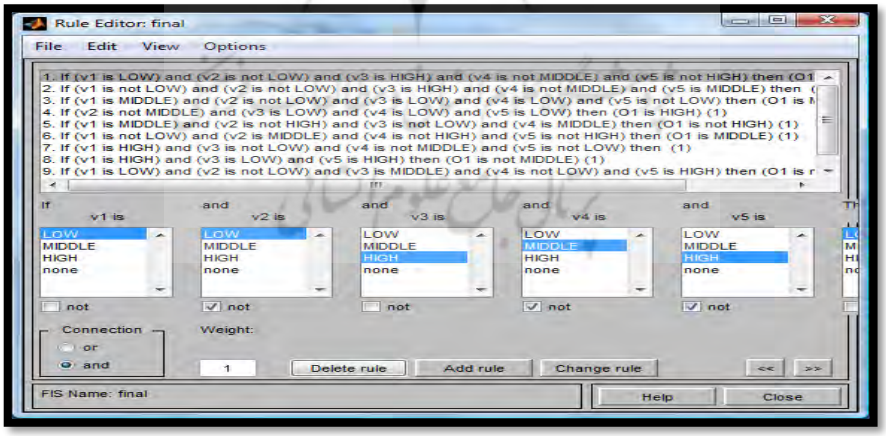
سازمانی است، سایر زیرسیستم‌ها نیز به روش مشابه طراحی شده‌اند.



شکل ۳ زیرسیستم شهروندی سازمانی

۴-۳- مرحله سوم (تعیین قواعد سیستم خبره فازی)

جهت تکمیل سیستم استنتاج فازی پژوهش نیاز است تا قواعد سیستم به طور منطقی تعریف شوند. در واقع داده‌های ورودی سیستم فازی از طریق قواعد به خروجی تبدیل می‌شوند. قواعد در طراحی این سیستم از تجمیع پنج زیرسیستم که برای هر یک از این زیرسیستم‌ها تعداد ۱۲ قانون با توجه به نظر تعداد پنج نفر از خبرگان تدوین شده، به‌دست‌آمده است. شکل ۴ نشان‌دهنده بخشی از قواعد سیستم ترکیبی است.



شکل ۴ قواعد سیستم ترکیبی

۴-۴- مرحله چهارم (فازی‌زدایی)

در مرحله فازی‌زدایی از روش ثقل مرکزی استفاده شده است.

۴-۵- مرحله پنجم (آزمون سیستم جهت بررسی اعتبار آن)

جهت آزمون سیستم در بخش اول مقایسه آزمون سیستم با مقادیر میانگین کشور کره و مقادیری که برای صنایع مختلف در کشور کره محاسبه شده انجام گرفت. در بخش دوم از تحلیل حساسیت متغیرها استفاده کردیم و در نهایت از مطالعه موردی در یک سازمان جهت بررسی اعتبار سیستم بهره بردیم که تمامی نتایج حاصل از سه روش بیان شده نشان می‌دهد که سیستم دارای اعتبار و کارایی مناسبی است.

به منظور اعتبارسنجی نتایج سیستم طراحی‌شده، اعداد مربوط به پژوهش پارک و همکاران [۱۷] که برای صنایع مختلف کره محاسبه شده است به عنوان ورودی وارد سیستم شده و خروجی به‌دست‌آمده با عدد واقعی مقایسه و خطای سیستم محاسبه شده که نتایج در جدول ۴ و ۵ نشان داده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۴ میزان آزمون زیرسیستم‌های ترکیبی با میانگین امتیاز بلوغ فناوری اطلاعات سبز کره

نام معیار	مقدار میانگین در کشور کره	مقدار سیستم	انحراف سیستم	سطح بلوغ IT سبز محاسبه شده توسط سیستم
مرکز داده	۲/۷	۲/۶۵	۰/۰۵	مدیریت‌شده (سطح ۴)
روش کاری	۲/۷	۲/۶۱	۰/۰۹	بهینه‌شده (سطح ۵)
محیط اداری	۲/۳	۲/۱۶	۰/۱۴	قابل تکرار (سطح ۳)
شهروندی سازمانی	۲/۲	۲/۱۳	۰/۰۷	مدیریت‌شده (سطح ۴)
تدارکات	۱/۹	۲/۴۵	۰/۵۵	بهینه‌شده (سطح ۵)

جدول ۵ میزان آزمون سیستم ترکیبی برای صنایع مختلف در کره

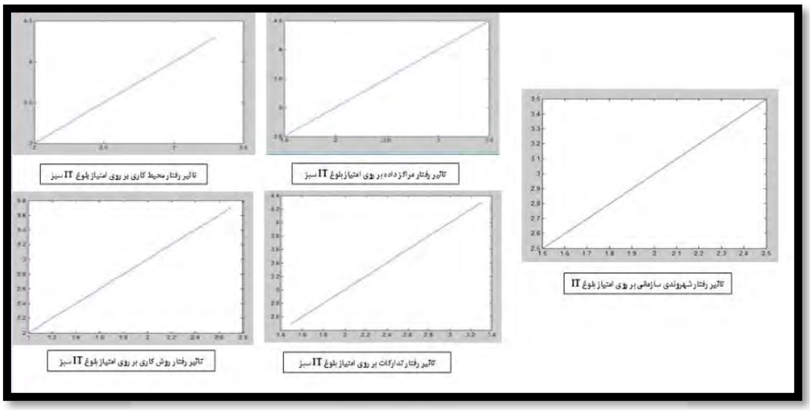
صنعت	مقدار میانگین در کشور کره	مقدار سیستم	انحراف سیستم	سطح بلوغ IT سبز محاسبه شده توسط سیستم
پتروشیمی	۲/۸	۲/۲۲	۰/۵۸	تعریف شده (سطح ۳)
پزشکی	۲/۳	۲/۲۷	۰/۰۳	مدیریت شده (سطح ۴)
ساخت و ساز	۱/۸	۲/۲۴	۰/۴۴	تعریف شده (سطح ۳)
بخش عمومی	۱/۷	۲/۲۶	۰/۵۶	تعریف شده (سطح ۳)
بیمه و مالی	۲/۴	۲/۲۵	۰/۱۵	تعریف شده (سطح ۳)
ICT	۲/۴	۲/۲	۰/۲	قابل تکرار (سطح ۲)
لجستیک	۲/۸	۲/۲۵	۰/۵۵	تعریف شده (سطح ۳)
تولید	۲/۴	۲/۲۴	۰/۱۶	تعریف شده (سطح ۳)
میانگین مجموع خطای سیستم در صنایع				۰/۱۵

سپس با استفاده از نتایجی که از محاسبه سیستم برای کلیه زیرسیستم‌ها به دست آمد مقدار میانگین امتیاز نهایی بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان و سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان محاسبه شد که نتایج سیستم برای سیستم ترکیبی در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶ نتایج امتیاز نهایی بلوغ فناوری اطلاعات سبز

نوع سیستم	مقدار میانگین بلوغ IT سبز در کره	میزان امتیاز حاصل از سیستم	میزان انحراف	سطح بلوغ IT سبز محاسبه شده توسط سیستم
ترکیبی	۲/۴	۲/۲۳	۰/۱۷	تعریف شده (سطح ۳)

برای تست مدل از روش تحلیل رفتار خروجی‌ها استفاده شد. در این روش اندازه همه متغیرهای ورودی جز یکی از آن‌ها ثابت در نظر گرفته شده است؛ سپس اندازه این متغیر افزایش و یا کاهش یافت. به ازای افزایش یا کاهش در ورودی‌ها، اندازه هر خروجی توسط سیستم خبره محاسبه شد. از کنار هم قرار دادن این اندازه‌ها رفتاری برای هر خروجی شکل می‌گیرد. رفتار به‌دست‌آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، در صورتی که رفتار خروجی‌ها به ازای ورودی‌ها براساس ادبیات تحقیق یا نظرات افراد خبره مورد تأیید قرار گیرد اعتبار سیستم خبره تأیید می‌شود، در غیر این صورت سیستم خبره باید اصلاح گردد که در این پژوهش میزان خروجی سیستم خبره براساس مبانی نظری و نظرخواهی از خبرگان مورد تأیید قرار گرفت. خروجی‌های معادل هر ترکیب با استفاده از نرم‌افزار متلب[۳] محاسبه شد. شکل ۵ رفتار خروجی‌ها در سیستم را نشان می‌دهد که با افزایش ورودی‌ها شیب مثبت است و میزان خروجی‌ها نیز افزایش می‌یابد که با ادبیات پژوهش همخوانی دارد، پس سیستم خبره فازی طراحی‌شده معتبر است.



شکل ۵ تحلیل رفتار خروجی‌ها

در پایان جهت بررسی اعتبار سیستم و کاربرد عملی آن در یک سازمان داخلی از مطالعه موردی استفاده شد. در این پژوهش سازمان مورد مطالعه شهرداری تهران است. از شش خبره فناوری اطلاعات سبز این سازمان خواسته شد تا به پرسش‌نامه استاندارد تحقیق پارک و همکاران (۲۰۱۰) پاسخ دهند، سپس میانگین پاسخ‌گویی آن‌ها برای هر معیار محاسبه و وارد سیستم شد تا سیستم مقدار بلوغ فناوری اطلاعات سبز را محاسبه کند. پس از محاسبه میزان امتیاز بلوغ فناوری اطلاعات، سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان محاسبه شد که در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷ نتایج حاصل از تست سیستم در مطالعه موردی

نوع سیستم	میزان امتیاز سیستم	سطح بلوغ IT سبز سازمان
ترکیبی	۲/۲۴	تعریف‌شده (سطح ۳)

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله راه‌حل استنتاج فازی برای ارزیابی بلوغ سبز پیشنهاد شد. تاکنون فناوری اطلاعات سبز که خود می‌تواند یک مفهوم کاملاً فازی باشد، با استفاده از منطق فازی مدل‌سازی نشده و این موضوع سهم علمی این تحقیق است. در تحقیقات داخلی در سال‌های اخیر توجه به موضوع سبز بودن در مباحث مختلف سازمانی افزایش یافته است [۲۰؛ ۲۱؛ ۲۲]، اما مدل‌سازی دانش

مربوط به سبز بودن در هیچ یک از تحقیقات یافت نشد. مدل مورد استفاده در مقاله مدل استانداردی است که برای ارزیابی و مقایسه بلوغ فناوری اطلاعات سبز در صنایع مختلف در دنیا مورد استفاده قرار گرفته است؛ بنابراین سیستم استنتاج فازی حاصل از آن نیز این نقطه قوت را داراست و قابلیت تعمیم دارد. مؤلفان استفاده از سیستم طراحی‌شده را برای ارزیابی به کلیه سازمان‌هایی که دغدغه‌های زیست‌محیطی دارند، توصیه می‌کنند. اتکا به یک مدل خاص همان‌طور که می‌تواند نقطه قوت تحقیق باشد، محدودیت تحقیق نیز به شمار می‌رود و بنابراین می‌توان در تحقیقات دیگری از سنجه‌های ترکیبی یا از مدل‌های دیگر برای طراحی سیستم استنتاج فازی بهره برد.

۶- پی‌نوشت‌ها

1. Information technology
2. Green IT Maturity Model Integration
3. Matlab

۷- مراجع

[1] Molla, A. (2008). GITAM: A Model for the Adoption of Green IT. ACIS 2008 Proceedings, 64.

[2] Ateetanan, P., & Usanavasin, S.(2015). Assessing Green IT Maturity and Recommendation of Improvement for Government Agencies in Thailand.

[3] Akman, I., & Mishra, A. (2015). Sector diversity in Green Information Technology practices: Technology Acceptance Model perspective. Computers in Human Behavior, 49, 477-486.

[4] Molla, A. (2009). Organizational motivations for Green IT: Exploring Green IT matrix and motivation models. PACIS 2009 Proceedings, 13.

[5] Molla, A., Cooper, V. A., & Pittayachawan, S. (2009). IT and eco-sustainability: Developing and validating a green IT readiness model. ICIS 2009 Proceedings, 141.

[6] Murugesan, S. (2008). Harnessing Green IT: Principles and Practices. IT

Professional, 10(1), 24˚33. doi:10.1109/mitp.2008.10.

[7] Ijab, Mohamad Taha; Molla, Alemayehu; Kassahun, Asmare Emerie; and Teoh, Say Yen, "Seeking the Green in Green IS :A Spirit, Practice and Impact Perspective" (2010). PACIS 2010 Proceedings. Paper 46. http://aisel.aisnet.org/pacis2010/46.

[8] Jenkin, T. A., Webster, J., & McShane, L. (2011). An agenda for Green information technology and systems research. Information and Organization, 21(1), 17˚40. doi:10.1016/j.infoandorg.2010.09.003.

[9] Srivastava, S., & Srivastava, R. (2012). Adoption of Green Information Technology (GIT) in India-a current scenerio. Journal of Information and Operation Management, 3(1), 61˚63.

[10] Muladi, N., & Surendro, K. (2014). The readiness self-assessment model for green IT implementation in organizations. 2014 International Conference of Advanced Informatics: Concept, Theory and Application (ICAICTA). doi:10.1109/icaicta.2014.7005931.

[11] Nazari, G., & Karim, H. (2012). Green IT adoption: The impact of IT on environment: A case study on Green IT adoption and underlying factors influencing it. In Electrical Power Distribution Networks (EPDC), 2012 Proceedings of 17th Conference on (pp. 1-7). IEEE.

[12] Velte, T.J., Velte, A.T., Elsenpeter, R, (2008). Green IT: Reduce Your Information System s Environmental Impact while Adding to the Bottom Line, first ed.,McGraw Hill.

[13] Desai, M., & Bhatia, V. (2011). Green IT Maturity Model: How does your Organization Stack up?. SETLabs Briefings, 9(1), 49-56.

[14] Donnellan, B., Sheridan, C., & Curry, E., (2011), A capability maturity framework for sustainable information and communication technology. IT professional, 13(1), 33-40

[15] Hankel, A., Oud, L., Saan, M., & Lago, P., (2014), A Maturity Model for Green

ICT: The Case of the SURF Green ICT Maturity Model. In EnviroInfo (pp. 33-40).

[16] Lunardi, G. L., Alves, A. P., & Salles, A. C. (2013). Green IT Maturity: developing a framework based on practices and actions. In Conf-IRM 2013 Proceedings.

[17] Park, S. H., Eo, J., & Lee, J. J. (2012). Assessing and Managing an Organization's Green IT Maturity. MIS Quarterly Executive, 11(3).

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

[19] Ghaffarzadeh Dizaji, H. (1388) Rating using fuzzy systems for U-boats, Thesis, University of Arak / Technical Faculty of technical.

[20] Khadivar, A.,& Dortaj, F.(2016). Presentation a framework for success in the implementation of knowledge management systems based on cloud computing.Management Researches in Iran ,20(2), 93-118

[21] Bahrainizadeh, M.,& Rezaei, B.(2016). Meta-analyzing and identifying factors influencing green purchasing decisions behavior. Management Researches in Iran,20(2), 21-48

[22] Andalib, D.,& Keshvarz, P.,(2016), Assessment the green product development and its impact on customer s mental image with structural equation modeling approach (case study: food industry in Yazd province).Modern Researches in decision making, 1(3),85-112

پرتال جامع علوم انسانی