پژوهش‌های مدیریت منابع سازمانی
دوره ۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷

مدلسازی بلوغ فناوری اطلاعات سبز با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها

آمنه خدیور*، صبا عبدیان

دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران.
دانشجوی دکتری، دانشکده علوم اجتماعی و اقتصاد، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران.

دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۶ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۱۹

چکیده

از آن جایی که فناوری اطلاعات می‌تواند تأثیر مخربی روی محیط‌زیست بگذارد، حفاظت از محیط زیست در مقابل این تهدیدها به نگرانی‌های سازمان‌ها افزوده شده و به همین دلیل بحث فناوری اطلاعات سبز به مبحث روز دنیا تبدیل شده است. مدل‌ها و روش‌های مختلفی به تبیین ابعاد مختلف بلوغ فناوری اطلاعات سبز پرداخته‌اند که در این پژوهش یک مدل سیستم داینامیک برای بررسی روابط مؤلفه‌ها و تعیین استراتژی مناسب جهت کاهش مصرف انرژی و در نتیجه افزایش سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز در سازمان ارائه شده است. از آن جایی که صنعت بانکداری با فناوری اطلاعات رابطه تنگاتنگی دارد، از این رو بانک‌های ایران در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته‌اند. مؤلفه‌های مختلف مؤثر بر بلوغ فناوری اطلاعات سبز شناسایی شده و فرضیه دینامیکی اولیه شکل گرفته سپس نمودارهای علت و معلولی و نرخ و حالت برای تبیین روابط آنها ترسیم شده است. در پایان پس از آزمون و شبیه‌سازی مدل دینامیکی، سناریوهای مختلفی برای بهبود وضعیت در صنعت بانکداری و رسیدن به بالاترین سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز پیشنهاد شده است.

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: a.khadivar@alzahra.ac.ir

واژه‌های کلیدی: فناوری اطلاعات سبز، بلوغ فناوری اطلاعات سبز، پویایی‌شناسی سیستم‌ها، صنعت بانکداری.

۱- مقدمه

منابع اطلاعاتی سازمان یکی از منابع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای و یکی از راه‌حل‌های کلیدی برای کاهش کربن و مدیریت سبز هستند. فناوری اطلاعات فرصت‌های زیادی را برای سازمان‌ها فراهم می‌کند تا به شیوه‌ای سبز فعالیت داشته باشند و بتوانند فرصتی را جهت صرفه‌جویی در هزینه‌ها یا افزایش درامد 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.[۱]

یکی از روش‌هایی که می‌تواند به سازمان‌ها در استفاده بهینه از فناوری اطلاعات سبز کمک کند، ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان‌ها است. سازمان‌ها به‌واسطه آن می‌توانند با آگاهی از سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز خود، اقدام‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها را در زمینه فناوری اطلاعات انجام دهند. مدل‌هایی که در زمینه ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان ارائه شده‌اند، می‌توانند به سازمان‌ها کمک کنند تا با شناخت سطح امتیاز بلوغ فناوری اطلاعات سبز خود، تصمیم‌گیری و اقدام‌های مناسب را جهت سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری اطلاعات اجرا کنند. اما در این زمینه شناسایی متغیرهایی که می‌توانند بر بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان تأثیر داشته باشند به علت کیفی بودن این متغیرها تا حدی مبهم می‌باشد. در نتیجه استفاده کردن از روش‌هایی که بتواند این متغیرهای کیفی را به کمّی تبدیل کند، ضرورت دارد که تاکنون به آن پرداخته نشده است.

راه‌حلی که این پژوهش در این حیطه پیشنهاد می‌کند، مدلسازی بلوغ فناوری اطلاعات سبز با استفاده از نرم‌افزار پویایی‌شناسی سیستم است که می‌تواند این محدودیت را برطرف سازد. به بیان دیگر پژوهش حاضر بر آن است که با نظام‌مندکردن و ترکیب دانش در قالب یک مدل، به تحلیل رفتار مطلوب و بهینه مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز بپردازد. این مطالعه دو هدف اساسی دارد، اول توسعه مدل سیستمی از عواملی که بلوغ فناوری اطلاعات سبز را در طی

زمان آشکار می‌کند و دوم شبیه‌سازی این مدل است. نتیجه مورد انتظار این پژوهش ایجاد رویکرد متمایزی از فرایند شکل‌گیری بلوغ فناوری اطلاعات سبز است. هدف این پژوهش، تجزیه و تحلیل سیستمی پیچیده متمرکز بر کاهش مصرف انرژی و در نتیجه افزایش بلوغ فناوری اطلاعات سبز و سپس مدلسازی رفتار دینامیکی آن با استفاده از نرم‌افزار ونسیم می‌باشد.

۲- مروری بر ادبیات پژوهش

در این قسمت به مرور ادبیات درخصوص فناوری اطلاعات سبز، استراتژی‌های فناوری اطلاعات سبز و بلوغ فناوری اطلاعات سبز پرداخته می‌شود.

۲-۱- فناوری اطلاعات سبز

فناوری اطلاعات سبز شامل برنامه‌ها و ابتکاراتی است که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم عوامل مؤثر بر حفاظت محیطی را شناسایی می‌کند و سپس به شناسایی مصرف انرژی و اتلاف آن در رابطه با استفاده از نرم‌افزار و سخت‌افزار می‌پردازد. در واقع فناوری اطلاعات سبز به استفاده از منابع فناوری اطلاعات به‌طور کارآمد و مؤثر اشاره دارد [۱]. فناوری اطلاعات سبز دارای معانی مختلفی می‌باشد. از دیدگاه زنجیره تأمین، زنجیره تأمین سبز به یکپارچه‌سازی تفکر محیطی در طراحی محصول، منبع‌یابی، تولید، انبارداری، توزیع و مدیریت پایان عمر محصول در زنجیره تأمین اشاره دارد. [۲]

۲-۲- مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز

مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز شامل مجموعه‌ای از تکنیک‌ها و فرایندها جهت رسیدن فناوری اطلاعات سبز به بلوغ می‌باشد که در ادامه به معرفی برخی از مدل‌های ارائه شده در این حیطه پرداخته می‌شود. در پژوهشی که توسط دسائی و همکاران (۲۰۱٤) انجام شد، مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز جوانب مختلف عملیات یک سازمان و 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 بررسی می‌شود [۳]. واحدهایی که معمولاً در مدل بلوغ یکپارچه می‌شوند عبارتند از مراکز داده، محاسبات کاربران نهایی، چرخه عمر دارایی، مدیریت خدمات فناوری اطلاعات و فعالیت‌های افراد.

۲-۲-۱- درک سطوح مختلف فناوری اطلاعات سبز

سطوح در مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز به منظور توصیف مسیر تکاملی پیشنهاد شده برای سازمانی که خواستار کاهش کربن است، به کار می‌رود. سطوح بلوغ فناوری اطلاعات سبز شامل پنج سطح است که به‌ترتیب سطح اول (سطح تعریف شده) می‌باشد که سازمان منفعتی را که از پیاده‌سازی طرح‌های فناوری اطلاعات سبز به دست آورده است، ارزیابی می‌کند. در سطح دوم (سطح نظارت شده)، سازمان آثار زیست محیطی اجزای فناوری اطلاعات را اندازه‌گیری کرده و تعدادی طرح‌های کاهش انتشار کربن در حدود ۱۰درصد را پیاده‌سازی می‌کند. در سطح سوم (سطح بهینه شده) انتشار کربن از اجزای ای تی حدود ۵۰ درصد کاهش پیدا می‌کند. بخش فناوری اطلاعات همچنین حاکمیت اختصاصی فناوری اطلاعات سبز را به منظور تضمین ادامه کاهش تأثیر زیست‌محیطی از فناوری اطلاعات دارا می‌باشد. در سطح چهارم (سطح پویا)، سازمان نسبت به انتشار کربن بیطرف است. نتایج فناوری اطلاعات سبز به سهامداران خارجی در میان گزارش‌های سازمانی و یا پایداری فناوری اطلاعات گزارش می‌شود. در سطح پنجم (سطح پایداری) از فناوری اطلاعات انتظار می‌رود که به کسب‌وکار در کاهش انتشار کربن کمک کند. طرح‌ها و ابتکارهای عمل می‌تواند شامل فرایندهای کسب‌وکار و راهنماهای خودکار و فعالیت‌های مکتوب ابتکاری باشد.

۳- مروری بر پیشینه پژوهش

در هر یک از پژوهش‌هایی که در زمینه ارائه مدل برای ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز انجام شده است، هر کدام معیارهای خاصی را برای بلوغ فناوری اطلاعات سبز معرفی کرده‌اند

که در این قسمت به معرفی برخی از پژوهش‌های انجام شده در این حیطه به همراه معیارهای آنها برای ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز پرداخته می‌شود.

اکمان و میشرا در سال ۲۰۱۵م. پژوهش بررسی بخش‌های متنوع در روش‌های فناوری اطلاعات سبز براساس دیدگاه مدل پذیرش فناوری را انجام دادند. در این مطالعه فناوری اطلاعات سبز مربوط به استفاده از فناوری اطلاعات در راه‌هایی که به کاهش آثار زیست‌محیطی کمک می‌کند، می‌شود و شامل استفاده کارامدتر انرژی و کاهش ضایعات است. مدل گسترش پیدا کرد و شامل متغیرهای خارجی مثل هنجارهای ذهنی و سطح آگاهی از فناوری اطلاعات سبز شد [۱]. در مقاله دسائی و همکاران با عنوان مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز، به پنج بعد مراکز داده، محاسبات کاربران نهایی، چرخه عمر دارایی، مدیریت خدمات IT، فعالیت‌های افراد می‌پردازد [۳]. در مقاله بلوغ فناوری اطلاعات سبز برای توسعه یک چارچوب بر مبنای شیوه‌ها و اقدام‌ها به معرفی ابعاد آگاهی محیطی اجتماعی از سازمان، اقدام‌های پایدار به کار رفته برای فناوری اطلاعات، نظارت بر فعالیت‌های فناری و اطلاعات و جست‌وجو و به‌روزرسانی رویکردهای مربوط به استفاده از فناوری اطلاعات پرداخته می‌شود [٤].

در مقاله دیگری با عنوان مدل ارزیابی استفاده پایدار از فناوری اطلاعات، مفهوم فناوری اطلاعات سبز اشاره به مشارکت فناوری اطلاعات و انجام اقدام‌های متعدد جهت کاهش آثار کربن پایداری دارد. در این مقاله استفاده پایدار از فناوری اطلاعات، فناوری اطلاعات سبز منوط به دو عامل رفتار انسانی و انرژی مصرف شده به‌وسیله زیرساخت‌ها دارد [۵]. در این مقاله رفتار انسانی شامل مواردی مانند خاموش کردن تجهیزاتی که استفاده نمی‌شود. خودداری از پرینت اسناد غیرضروری دغدغه داشتن در خصوص بازیافت مواد استفاده در تجهیزات صوتی تصویری، استفاده از دیگر انرژی‌های جایگزین و انرژی مصرف شده به‌وسیله تجهیزات شامل مجازی‌سازی، نرم‌افزار مدیریت قدرت، کاهش تعداد اجزای نصب شده، استراتژی‌های بهبود سیستم‌های خنک‌کننده و طراحی مراکز داده سازگار با محیط‌زیست می‌باشد. شرکت

جهانی مشاوره اکسنچر[1]، مدل ارزیابی بلوغ سبز[2] را به منظور اندازه‌گیری سطح فناوری اطلاعات سبز و به منظور تقویت شایستگی‌های سبز معرفی کرد [٦] .

٤- روش‌شناسی پژوهش

روش انجام این پژوهش بر مبنای هدف، توسعه‌ای– کاربردی و بر مبنای داده، توصیفی بوده و براساس مراحل کلی روش سیستم داینامیک انجام شده است. سیستم دینامیک یک متدولوژی برای مطالعه و مدیریت سیستم‌های بازخوردی پیچیده می‌باشد و ترکیبی از تئوری، متد و فلسفه است که برای آنالیز رفتار سیستم‌های پیچیده و غیرخطی لازم است [۷]. این پژوهش شامل دو بخش کیفی و کمّی می‌شود. داده‌های کیفی منبع اصلی اطلاعات در فرایند مدلسازی بسیاری از مدل‌های سیستم دینامیک است [۸]. بخش کیفی پژوهش شامل مطالعه و بررسی وضعیت موجود و شناخت متغیرهای سیستم مورد مطالعه بوده که با بررسی (مبانی نظری) رفتار متغیرها و دریافت نظر خبرگان (تأیید اساتید دانشگاه در حوزه فناوری) از راه مصاحبه‌های شفاهی، روابط بین متغیرها شناسایی و دسته‌بندی شدند. خبرگان مورد مراجعه ۱۰ نفر از اعضای هیأت علمی رشته‌های مرتبط با فناوری اطلاعات و ٤ نفر از خبرگان فناوری اطلاعات حوزه بانکی بوده‌اند. پس از بیان فرضیه دینامیکی، نمودار علت معلولی مربوط تهیه شد و پس از بررسی و اصلاح نمودار علت معلولی، مدل نرخ و حالت تهیه شدند. همزمان با تکمیل مدل نرخ و حالت، فرمول‌های ریاضی تکمیل شد و مدل ریاضی نیز شکل گرفت و مدل در نرم‌افزار ونسیم فرموله و شبیه‌سازی شد که شامل بخش کمّی روش پژوهش است. برای استخراج داده‌ها از پیمایشی که به ارزیابی سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز در صنعت بانکداری کشور پرداخته است، استفاده شده است [۹]. به این منظور پرسشنامه‌ای برای گردآوری اطلاعات در اختیار افرادی با مناصب مدیریتی در حوزه فناوری اطلاعات بانک‌های ایران (در مجموع ۳۰ بانک) قرار گرفت و از بین آنها ۲۲ نفر به پرسشنامه پاسخ دادند که پاسخ‌دهندگان مربوط به ١٦ بانک مختلف می‌باشند. براساس نتایج به دست آمده، صنعت

1. Accenture
2. Green maturity assessment model(GMAM)

بانکداری کشور در سطح سوم، سطح تعریف شده، مدل بلوغ فناوری اطلاعات سبز قرار دارد. خلاصه‌ای از نتایج پژوهش که به مقایسه سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز در پنج حوزه مراکز داده، تجهیزات دفتری، روش‌های کاری، تهیه و تدارکات و شهروندی سازمانی را در میان بانک‌های ایرانی با سطح جهانی اندازه‌گیری شده است، در جدول ۱ مشاهده می‌شود که در بخش مرکز داده میانگین سطح بلوغ بانک‌های ایرانی حدود ۰/۵ از سطح جهانی بالاتر است. اما در سایر حوزه‌ها سطح بلوغ پایین‌تر از میانگین‌های جهانی است. در کل نیز سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز در صنعت بانکداری حدود ۰/۱۲ پایین‌تر از شرکت‌های پیشرو جهانی مشاهده می‌شود [۹]

جدول ۱ مقایسه سطح بلوغ صنعت بانکداری با سطح جهانی [۹]

آمار توصیفی			
حوزه	N	میانگین	سطح جهانی
مرکز داده (دستگاه سرور، زیرساخت پشتیبانی کنند، تجهیزات فیزیکی)	۱۶	۳.۸۶۸۸	۳.۳
تجهیزات دفتری	۱۶	۲.۸۳۶۹	۳.۳
روش‌های کاری (نرم‌افزارهای کاربردی، عملیات، مدیریت)	۱۶	۳.۵۱۶۷	۳.۷
تهیه و تدارکات (مدیریت دارایی، هزینه سرمایه، هزینه عملیات)	۱۶	۳.۰۶۲۴	۳.۳
شهروندی سازمانی (زباله، کاهش زباله، بازیافت)	۱۶	۲.۶۴۵۱	۳
مجموع	۱۶	۳.۱۸۶۰	۳.۳

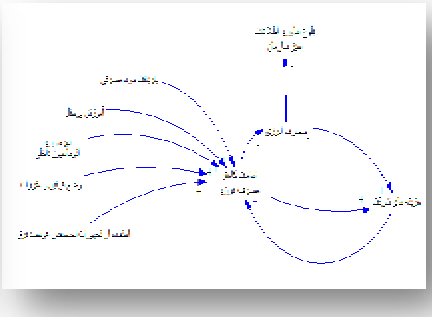
مراحل انجام پژوهش براساس فرایند ۵ مرحله‌ای استرمن می‌باشد [۱۰]. در اینجا با توجه به الگوی پنج مرحله‌ای استرمن به تعریف مرز سیستم، ارائه فرضیه‌های پویا، ساختار مدل، اعتبارسنجی مدل و آزمون سیاست‌ها پرداخته می‌شود. مرز سیستم، حوزه فناوری اطلاعات صنعت بانکداری ایران در نظر گرفته شد. در صنایعی همچون صنعت بانکداری که به دلیل ماهیت فعالیت‌های خود وابستگی بسیاری به فناوری اطلاعات دارند، فناوری اطلاعات سبز، یک باید و نه یک شاید به شمار می‌رود، از این رو این صنعت جهت مطالعه انتخاب شد. شناسایی متغیرهای مؤثر بر کاهش مصرف انرژی در حوزه فناوری اطلاعات صنعت بانکداری

از راه مصاحبه با خبرگانی که اساتید دانشگاه در حوزه فناوری اطلاعات بودند، به دست آمد که به دو دسته کلی انجام اقدام‌ها در حوزه عوامل انسانی و بهبود تجهیزات منتهی شد.

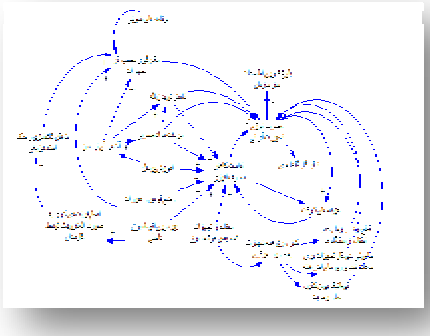
۵- فرضیه‌های پویا

براساس نظر سنگه [۱۱] دیاگرام‌های حلقه علّی برای نشان دادن وابستگی‌ها و فرایندهای بازخورد مناسبند و در آغاز پروژه مدلسازی برای به‌دست آوردن مدل‌های ذهنی به‌طور مؤثر کارایی دارند. ولی دیاگرام حلقه‌های علّی ساختار انباشت- جریان سیستم را (که مفهوم اصلی تئوری سیستم دینامیک است) ارائه نمی‌کند.

حلقه‌های علّی به‌طور کلی به دو دسته حلقه‌های تقویت‌کننده[1] و حلقه‌های تعادلی[2] تقسیم می‌شوند. حلقه تقویت‌کننده باعث افزایش سطح متغیرها است و حلقه تعادلی با افزایش مقابله می‌کند و باعث می‌شود متغیر پس از دوره زمانی مشخص به حالت پایدار برسد. با تحلیل دیاگرام حلقه علّی ترسیم شده، یک حلقه تعادلی اصلی مشخص می‌شود که در شکل ۱ مشاهده می‌شود. با افزایش مصرف انرژی، هزینه‌های بانک افزایش پیدا می‌کند، بنابراین اقدام‌های بهینه‌سازی افزایش پیدا کرده که در نتیجه آن، مصرف انرژی کل کاهش پیدا می‌کند. همچنین هرچه مصرف انرژی کمتر شود، سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز سازمان افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۱ حلقه تعادلی مصرف انرژی

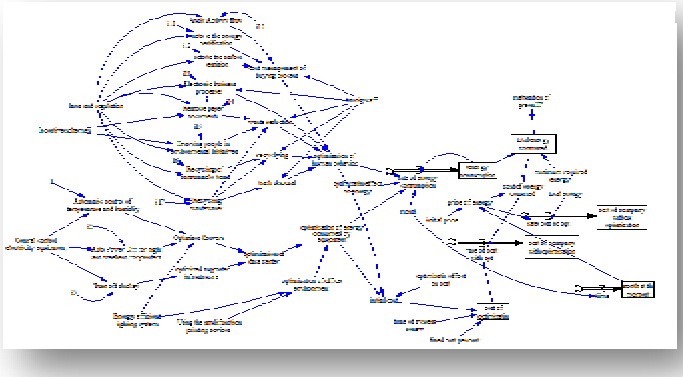


شکل ۲ نمودار علت و معلولی

1 Reinforcing loop
2 Balancing loop

براساس فرضیه دینامیکی، مدل اولیه علت و معلولی به صورت شکل ۱ رسم می‌شوند. بعداز شناخت متغیرهای اصلی و شناسایی عوامل اثرگذار بر آنها براساس مصاحبه با نخبگان و مرور ادبیات برای این مدل سه انباشت مشخص شد که عبارتند از مصرف انرژی، هزینه بانک بدون انجام اقدام‌های بهینه‌سازی و هزینه بانک با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی. همچنین سه متغیر جریان نرخ هزینه بدون بهینه‌سازی، نرخ هزینه با بهینه‌سازی و متغیر کمکی تعریف شده‌اند که در شکل ۲ رسم شده است.

در جدول ۲ فهرست متغیرها، انباشت‌ها و جریان‌ها مشخص شده است. برای شبیه‌سازی از نرم‌افزار ونسیم استفاده می‌شود. این مدل برندسازی بر مبنای حلقه علّی است که در قبل ارائه شد. همچنین نمودار نرخ و حالت را در شکل ۳ مشاهده می‌نمایید.



شکل ۳ نمودار نرخ و حالت

جدول ۲ تعریف متغیرهای انباشت، جریان و کمکی

متغیرهای انباشت	تعریف	واحد
energy consumption	میزان مصرف انرژی در بانک	Energy
cost of company without optimization	میزان هزینه مصرف انرژی بانک بدون انجام بهینه سازی	Dollar
cost of company with optimization	میزان هزینه مصرف انرژی بانک با انجام بهینه‌سازی	Dollar

متغیرهای جریان			تعریف	واحد
rate of cost without optimization			میزان افزایش/ کاهش هزینه بانک بدون انجام بهینه‌سازی در واحد زمان	Dollar/Month
rate of cost with opt			میزان افزایش/ کاهش هزینه بانک با انجام بهینه‌سازی در واحد زمان	Dollar/Month
Rate of energy consumption			میزان انرژی مصرف‌شده کل بانک در واحد زمان	Energy/month
متغیرهای کمکی			**تعریف**	**شاخص وضعیت موجود صنعت بانکداری**
optimization of human behavior	cost management of buying process م	Audit Activity Buy	ارزیابی فعالیت‌های خرید دارایی‌ها و مصرف برق آنها	۳.۷
		note to the carbon emission	در نظر گرفتن میزان انتشار کربن در زمان خرید دارایی‌های جدید	۲.۵۷
		note to the energy certification	در زمان انتخاب راه‌حل‌های سخت‌افزاری بهره‌وری انرژی دستگاه‌های ای تی شامل گواهینامه انرژی در نظر گرفته می‌شود	۳.۷
	Electronic business processes		الکترونیک‌کردن برنامه‌های کسب‌وکار	٤.۱
	Incentive schemes		ایجاد برنامه تشویقی برای کارکنان	۲.۲۷
	Involving people in environmental initiatives		درگیرسازی افراد در برنامه های خلاقانه مرتبط با محیط‌زیست	٤.۳۳
	laws and regulation		وجود سیاست و قوانین مورد نیاز استفاده از محصولات مطابق با قوانین و مقررات محیطی	۲.٤
	Recycling of consumable items		ایجاد قوانین و فرایندی برای استفاده مجدد از کامپیوترها و دستگاه‌های دیگر به‌وسیله اهدای آنها و یا تغییر استفاده از آنها	۲.٤
	trainig staff		آموزش درباره فناوری اطلاعات سبز به‌طور منظم برای کارمندان	۲.۹

متغیرهای کمکی		تعریف	شاخص وضعیت موجود صنعت بانکداری
optimization of energy consumed by equipment	Auto Power Off for night and weekend for printers	قطع توزیع برق به پرینترها در طول شب و آخر هفته‌ها	۲.۳
	Recycling of consumable items	استفاده مجدد از مواد مصرفی	۲.٤
	Remove paper documents	تشویق به توزیع الکترونیکی اسناد و حذف کاغذ	۳.۹
	Central control electricity equipment	کنترل مرکزی همه تجهیزات ای تی به‌وسیله سیستم مدیریت برق مرکزی کنترل	۳

٦- اعتبارسنجی

استرمن (۲۰۰۰)، ریچاردسون و پیو[1] (۱۹۹۷) و فارستر (۱۹٦۱) ابراز داشتند که هیچ مدلی نمی‌تواند ۱۰۰ درصد معتبر باشد،زیرا هر مدلی ساده‌سازی واقعیت را نشان می‌دهد، بنابراین با واقعیت متفاوت خواهد بود [۱۲]. به هرحال هدف از اعتبارسنجی مدل در سیستم دینامیک مشخص کردن این موضوع است که چگونه مدل برای اهداف خود مناسب است و چگونه کاربران مدل می‌توانند به آن اطمینان کنند. مهم‌ترین آزمون‌هایی که برای اطمینان از اعتبار مدل‌های سیستم داینامیک انجام می‌شوند، آزمون کفایت مرزهای مدل برای اطمینان از درست انتخاب شدن مرزهای مدل انجام شد. از این رو متغیرها با توجه به عدم تغییر زیاد می‌توانند تقریب مناسبی از رفتار حاصل از تراکنش مجموعه متغیرهای خارجی داشته باشند. آزمون حالت حدی برای بررسی با معنا بودن معادلات و مقادیر متغیرها حتی در صورت میل معادلات به سمت بینهایت بررسی شد.

منفی‌نشدن متغیرهای حالت و جهت حرکت نمودار آنها براساس مفروضات، مدل این تست را تأیید کرد. تست دیمانسیون برای بررسی تعادل ابعاد متغیرها در هر دو سمت معادلات انجام

1. Rechardson & Pugh

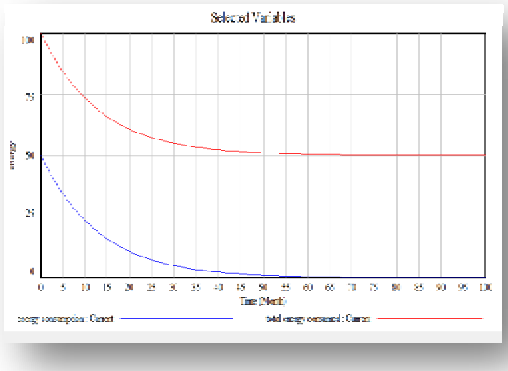
شد که واحد این متغیرها با واقعیت تطابق دارد و در آخر آزمون خطای تجمعی برای بررسی عدم حساسیت مدل نسبت به واحد زمان و به دست آوردن نتایج مشابه در صورت تغییر واحد زمانی به عنوان آزمون‌های روایی مدل صورت گرفت. نتایج در تمامی آزمون‌ها نشان‌دهنده روایی مدل و انطباق آن با بود.

۷- شبیه‌سازی و بررسی رفتار مدل

بعد از ایجاد مدل و فرمول‌بندی، شبیه‌سازی انجام شد. در این قسمت به بررسی رفتار متغیرهای مدل در حالت فعلی و وضع حاضر صنعت بانکداری پرداخته می‌شود.

۷-۱- بررسی رفتار متغیر مصرف انرژی کل بانک با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی

برای بررسی رفتار مدل فرض می‌شود که مقدار انرژی مصرف شده مازاد به‌وسیله بانک، ۵۰ واحد انرژی بوده است که با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی سعی می‌شود تا به حداقل ممکن کاهش پیدا کند. همچنین بانک جهت انجام امور روزمره به حداقل ۵۰ واحد انرژی نیاز خواهد داشت که درنتیجه در آغاز بانک مصرفی معادل با ۱۰۰ واحد انرژی خواهد داشت (شکل ٤).

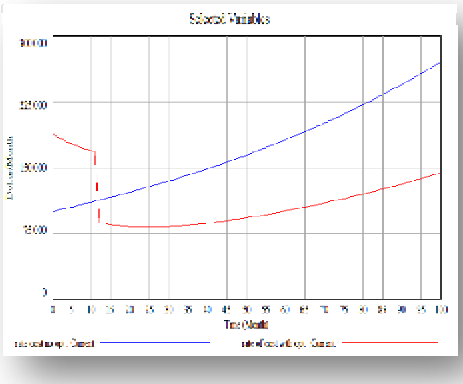


شکل ٤ مصرف انرژی کل و انرژی مازاد در وضعیت موجود با انجام اقدامات بهینه‌سازی

همان طور که رفتار سیستم نشان می‌دهد، با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی انسانی و تجهیزات، مصرف انرژی مازاد در طی ۵۰ تا ۵۵ ماه کاهش پیدا کرده و به صفر می‌رسد، درنتیجه مصرف انرژی کل نیز به ۵۰ واحد انرژی (که حداقل انرژی مصرفی است) منتج می‌شود که نشان می‌دهد رفتار متغیر مصرف انرژی هدف‌جو است.

۷-۲- مقایسه رفتار متغیرهای نرخ هزینه بانک با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی و بدون انجام بهینه‌سازی

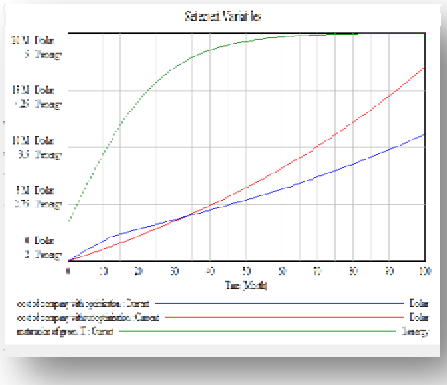
همان طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، با در نظر گرفتن نرخ تورم، نرخ هزینه مصرف انرژی، یعنی میزان مصرف انرژی در ماه بدون انجام اقدام‌های بهینه‌سازی از ۱۰۰ هزار دلار در ماه شروع شده و به سرمایه‌گذاری اولیه بالاتر از حالت عادی خواهد بود اما پس از گذشت یک سال نرخ هزینه‌های انجام شده در سازمان از حالت عادی، یعنی بدون انجام بهینه‌سازی بسیار پایین‌تر خواهد بود.



شکل ۵ مقایسه رفتار متغیرهای نرخ هزینه صنعت بانکداری با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی و بدون انجام بهینه‌سازی

۷-۳- مقایسه رفتار متغیرهای هزینه بانک با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی و بدون انجام بهینه‌سازی

در شکل ٦ هزینه بانک با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی و بدون انجام اقدام‌ها مشاهده می‌شود. همان طور که در قسمت قبل بیان شد، در آغاز و در صورت انجام اقدام‌های بهینه‌سازی هزینه‌های بانک بالاتر از حالت عادی خواهد بود و تا یک سال پس از آن سیر صعودی خواهد داشت و پس از آن با شیب ملایم‌تری به پیش خواهد رفت، این در حالی است که در مدت زمانی کمتر از سه سال، هزینه‌های بانک در هر دو حالت به یک نقطه رسیده و پس از آن در صورت عدم انجام اقدام‌های بهینه‌سازی، بانک باید هزینه‌های بیشتری را متقبل شود. این مسئله به این معناست که با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی به صورت وضعیت موجود می‌توان در صنعت بانکداری و در طی ۷۰ ماه به حداقل‌کردن مصرف انرژی مازاد و در نتیجه شاخص بلوغ فناوری اطلاعات سبز در طی این مدت به ۵ رسید، در حالی که میانگین سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز در سطح جهانی ۳/۳ می‌باشد که این دو مورد در نمودار بعدی مشاهده می‌شود.



شکل ٦ مقایسه رفتار متغیرهای هزینه بانک با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی و بدون انجام بهینه‌سازی

۸- سناریوهای بهبود

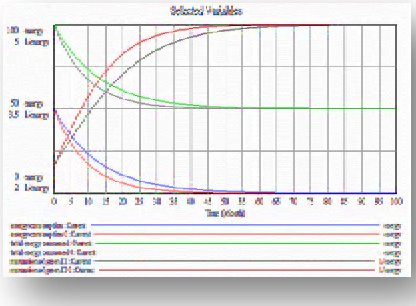
در این بخش به تشریح سناریوهایی در راستای ارتقای شاخص بلوغ فناوری اطلاعات سبز پرداخته می‌شود که بتواند مصرف انرژی و هزینه‌های ناشی از آن را زودتر کاهش دهد و درنتیجه به سطوح بالاتری از بلوغ فناوری اطلاعات سبز دست پیدا شود.

۸-۱- سناریوی بهبود رفتارهای انسانی (انسان‌محور)

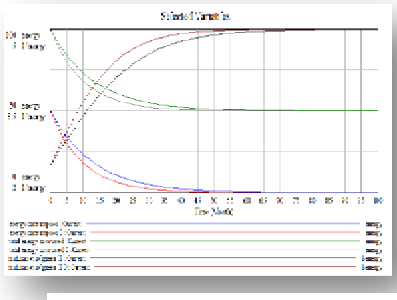
در این سناریو به منظور کاهش مصرف انرژی مازاد و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف انرژی کل، میزان نرخ‌های مربوط به متغیرهای مرتبط با بهبود رفتارهای انسانی مانند مدیریت هزینه‌های فرایند خرید، آموزش و اجرای برنامه‌های تشویقی برای کارکنان، توجه به برنامه‌های مرتبط با بازیافت افزایش داده می‌شود. مشاهده می‌شود که مصرف انرژی کل و مصرف انرژی مازاد در مدت زمان کمتری از حالت عادی به سطح مطلوب خود دست پیدا می‌کنند. همچنین نمودار بلوغ سبز فناوری اطلاعات نیز در مدت زمان کوتاه‌تری نسبت به حالت عادی به سطح بلوغ خود می‌رسد. در شکل ۷ مشاهده می نمایید.

۸-۲- سناریوی ارتقای تجهیزات (تکنولوژی‌محور)

در این سناریو به منظور کاهش مصرف انرژی مازاد و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف انرژی کل، میزان نرخ‌های مربوط به متغیرهای مرتبط با بهبود تجهیزات مانند کنترل خودکار رطوبت و دما، خاموشی خودکار صفحه نمایش‌ها، بهبود مرکز داده و بهبود محیط کار افزایش داده می‌شود. در اینجا مشاهده می‌شود که مصرف انرژی کل و مصرف انرژی مازاد در مدت زمان کمتری از حالت عادی به سطح مطلوب خود دست پیدا می‌کنند. همچنین نمودار بلوغ سبز فناوری اطلاعات نیز در مدت زمان کوتاه‌تری نسبت به حالت عادی به سطح بلوغ خود می‌رسد که نشان از تأثیر مثبت این موارد بر بلوغ فناوری اطلاعات سبز است. در شکل ۸ مشاهده می شود.



شکل ۷ مقایسه مصرف انرژی مازاد، کل و بلوغ فناوری اطلاعات سبز در حالت عادی با حالت بهبود متغیرهای رفتارهای انسانی



شکل ۸ مقایسه مصرف انرژی مازاد، کل و بلوغ فناوری اطلاعات سبز در حالت عادی با حالت ارتقای تجهیزات

۹- نتیجه‌گیری

امروزه با افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی، دولت‌ها و سازمان‌ها درصدد توسعه برنامه‌های دوستدار محیط‌زیست مانند توسعه محصول سبز، برند سبز و فناوری سبز برآمده‌اند [۱۳؛ ۱٤] سازمان‌ها اکنون به‌طور فعال استفاده از راه‌حل‌های فناوری اطلاعات سبز را به چند دلیل دنبال می‌کنند، از جمله این دلایل مصرف برق کمتر، هزینه‌های پایین‌تر، انتشار کربن کمتر، تأثیر زیست‌محیطی کمتر، بهبود عملکرد سیستمی، افزایش همکاری و تعاملات، ذخیره‌سازی فضا و نیروی کار چابک می‌باشد. ارزیابی و حداکثرسازی بلوغ فناوری اطلاعات سبز شرکت‌ها یکی از اقدام‌های مؤثر در این زمینه می‌باشد [۱؛ ۱٤؛ ۱۵]. در این پژوهش سعی شد تا ضمن تحلیل ابعاد مختلف بلوغ فناوری اطلاعات سبز و بررسی سطوح مختلف بلوغ فناوری اطلاعات سبز، عوامل افزاینده و کاهنده آن ارزیابی شود. مدل شبیه‌سازی شده با استفاده از این متغیرها و با تکنیک پویایی‌شناسی‌های سیستم‌ها و با نرم‌افزار ونسیم طراحی شد. از این رو با توجه به واقعی بودن صنعت مورد مطالعه و وجود اطلاعات کافی از رفتار این متغیرها در صنعت بانکداری، رفتار شبیه‌سازی شده با واقعیت مقایسه و نتایج با روش‌های ممکن آزمون شد. در آغاز با تقسیم‌بندی متغیرها به دو دسته بهینه‌سازی منابع انسانی و تجهیزات به بررسی و تحلیل

وضعیت موجود صنعت بانکداری ایران در خصوص مصرف انرژی مازاد و به حداقل رساندن آن پرداخته شد که نتایج نشان داد با وضعیت فعلی، مصرف انرژی مازاد در طی ۵۰ تا ۵۵ ماه کاهش پیدا کرده و به صفر می‌رسد. درنتیجه مصرف انرژی کل نیز به ۵۰ واحد انرژی (که حداقل انرژی مصرفی است) منتج می‌شود که نشان می‌دهد رفتار متغیر مصرف انرژی هدف‌جو است. این موضوع به این معناست که با انجام اقدام‌های بهینه‌سازی به صورت وضعیت موجود می‌توان در صنعت بانکداری و طی ۷۰ ماه به حداقل کردن مصرف انرژی مازاد و درنتیجه حداکثر شاخص بلوغ فناوری اطلاعات سبز دست پیدا کنیم. همچنین در صورتی که این اقدام‌ها صورت پذیرد، پس از گذشت حدود ۵ سال، هزینه‌های انجام شده در سازمان از حالت عادی، یعنی بدون انجام اقدام‌های بهینه‌سازی پایین‌تر خواهد آمد که نشان‌دهنده کاهش مؤثر مصرف انرژی در صنعت بانکداری و درنتیجه کاهش هزینه سازمان در طولانی‌مدت (که فاکتوری بسیار مهم در بقای سازمان و درنهایت افزایش سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز است) می‌شود.

نتایج به‌دست آمده از انجام این پژوهش امکانپذیری استفاده از رویکرد سیستم داینامیک برای شناخت و تجزیه و تحلیل متغیرهای مهم و اثرگذار بلوغ فناوری اطلاعات سبز را نشان می‌دهد. بنابراین مهم‌ترین نوآوری این پژوهش به نسبت پژوهش‌های قبلی، مدلسازی بلوغ فناوری اطلاعات سبز با استفاده از سیستم داینامیک و در نظر گرفتن بازخوردها، تأخیرها و روابط غیرخطی بین متغیرها می‌باشد. سناریوسازی و به‌کارگیری استراتژی بهبود منابع انسانی و تجهیزات نیز بررسی شد که به عنوان دو استراتژی افزایش سطح بلوغ فناری اطلاعات سبز سازمان به صنعت بانکداری ایران پیشنهاد می‌شود که برای بررسی این دو سناریو در این مقاله، این دو بعد در کاهش مصرف انرژی و افزایش سطح بلوغ فناوری اطلاعات سبز به صورت جداگانه بررسی شدند که نشان از اثر مثبت هر دو بعد در افزایش هرچه سریع‌تر بلوغ فناوری اطلاعات سبز در سازمان دارد که مدت زمان ۷۰ ماه جهت حداکثر کردن بلوغ فناوری اطلاعات سبز به ۵۰ ماه کاهش یافت. از جمله پیشنهادهای کاربردی این پژوهش به بانک‌های ایرانی، استفاده از استراتژی ارتقای رفتارهای مطلوب انسانی، آموزش و سرمایه‌گذاری در این زمینه و همچنین ایجاد محیط دفتری سازگار با محیط‌زیست، ثبت دستورالعمل واحد برای کار

با تجهیزات و به‌کارگیری تجهیزات با مصرف انرژی کمتر می‌باشد. همچنین بانک‌ها نیازمند رویکرد سیستماتیک و برنامه‌ریزی شده برای کاهش استفاده از مواد مصرفی و افزایش استفاده مجدد از محصولات هستند. از آن جایی که عامل هزینه، فاکتوری مهم برای تصمیم‌گیری‌های سازمانی تلقی می‌شود، بنابراین باید سرمایه‌گذاری اولیه در خصوص این دو بعد برای کاهش هزینه در بلندمدت به کار گرفته شود.

۱۰- منابع

[1] Akman, I., & Mishra A. Sector diversity in Green Information Technology practices: Technology Acceptance Model perspective. Comput Human Behav. 2015;49:477–86.

[2] Molla, A., Cooper, V. A., & Pittayachawan S. IT and eco-sustainability: Developing and validating a green IT readiness model. ICIS 2009 Proc. 2009;141.

[3] Desai HP. Business Models for Inclusiveness. Procedia - Soc Behav Sci [Internet]. 2014;157:353–62. Available from: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814058595

[4] Lunardi, G. L., Alves, A. P., & Salles AC. Green IT Maturity: developing a framework based on practices and actions. Conf-IRM 2013 Proceedings. 2013;

[5] Martins P, Grilo A. Evaluation Model For the Sustainable Use of Information Technology 1. 2012;101–5.

[6] Harris B and BW. System Dynamics, Enhancing Evaluation Using SystemsConcepts. WK Kellogg Found [Internet]. 2005; Available from: http://users.actrix.co.nz/bobwill/AESSD.pdf

[7] Sterman JD. Learning from Evidence in a Complex World. Am J Public Health. 2006;96:505–14.

[۸] خدیور آمنه. ارزیابی بلوغ فناوری اطلاعات سبز در صنعت بانکداری کشور. رساله. ۱۳۹۵.

[9] Senge PM. The fifth discipline fieldbook: Strategies and tools for building a learning organization. Crown Business. 2014.

[10] Richardson, G. P., & Pugh III AL. Introduction to system dynamics modeling with DYNAMO. J Oper Res Soc. 1997;48(11):1146–1146.

[۱۱] عادل آذر، عندلیب اردکانی داود، ابراهیمی‌نیا مریم. بررسی تأثیر توسعه محصول سبز بر عملکرد سازمانی. پژوهش‌های مدیریت منابع انسانی. دوره ٦، شماره ۱. ۱۳۹۵.

[14] Campbell William M., Philip Moore Martyn Ratcliffe, Sharma Mak (2018) "The influence of culture on the adoption of green IT." In Technology Adoption and Social Issues: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications", *IGI Global*, pp. 103-138.

[15] Paliwal P., Kumar D. (2018) *Green IT and environmental sustainability issues*, In Information and Communication Technology for Sustainable Development (pp. 1-8). Springer, Singapore.

[16] Shostak Igor, Mariia Danova, Kuznetsova Yuliia (2017) "Foresight-research for green IT engineering development"; In *Green IT Engineering: Concepts, Models, Complex Systems Architectures*, pp. 21-41. Springer, Cham.