چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۱۸ ـ پاییز ۱۳۹۴
ص‌ص ۱۰۶ ° ۸۳

مدلسازی عملکرد شبکه‌های مراکزداده با رویکرد پویایی‌های سیستم

محمدرضا بهرامی*، غلامرضا هاشم‌زاده، ابوتراب علیرضایی*****

چکیده

امروزه سازمان‌ها برای انجام مأموریت‌های خود نیاز مبرم به استفاده از سامانه‌های فناوری اطلاعات دارند که این امر ایجاد مراکز داده‌ها را به یک الزام تبدیل کرده است و سازمان‌ها به‌وسیله آن می‌توانند قوانین، استراتژی و ساختارهای موجود را در بستر فناوری اطلاعات ارائه کنند. عملکرد صحیح مراکز داده سبب پایداری، تسریع دسترسی و تداوم کسب‌وکار سازمان‌ها خواهد شد؛ اما باوجود ارائه مدل‌های مرتبط هنوز ابهاماتی در شناسایی متغیرهای کلیدی و تأثیرگذار وجود دارد. هدف این پژوهش ارائه یک مدل پویای شبکه مراکزداده بااستفاده از نرم‌افزار Vensim است که در آن بیش از ۱۲۵ متغیر مؤثر و مرتبط با ۱۵ متغیر حالت از طریق مطالعه مبانی نظری موضوع استخراج و ۱۲ حلقه علّی حلقوی شناسایی و تعریف شده است؛ سپس مدل به‌صورت نمودارهای علت‌ومعلولی و مدل جریان انباشت ارائه شده و سیاست‌های مختلفی مانند: افزایش ظرفیت آموزش و جذابیت، تحمیل بار اضافی بر شبکه و خرابی سوییچ بررسی می‌شود. با توجه به نتایج و تحلیل حساسیت انجام‌شده، مشخص شد که جذابیت سرویس‌ها، مهارت کسب‌شده و کیفیت به همراه ظرفیت تحمل پهنای باند، ذخیره‌سازی و قدرت پردازشی مرکز داده دارای اهمیت بسزایی در تعیین میزان عملکرد مراکز داده است.

کلیدواژه‌ها: بهبود عملکرد؛ شبکه مراکز داده؛ پویایی‌های سیستم.

تاریخ دریافت مقاله:۹۴/۳/۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۶/۱۴.

* دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب.
** استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب (نویسنده مسئول).
E-mail: gh_hashemzadeh@azad.ac.ir
*** استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب.

۱. مقدمه

در دنیای امروز با گسترش فناوری، تولید اطلاعات با سرعت فزاینده‌ای روبه‌رشد است؛ بنابراین نگهداری اطلاعات و ایجاد سامانه‌های یکپارچه ذخیره‌سازی و اتوماسیون اداری برای هر سازمانی حیاتی است؛ بنابراین ایجاد مراکزداده‌ها در مجموعه‌ها به یک الزام تبدیل‌شده است. هدف این پژوهش توسعه یک مدل پویایی سیستم برای بررسی عوامل مؤثر بر قابلیت‌های شبکه‌ای یک مرکز داده است تا طبیعت رفتار سیستم مشخص شده و همچنین تأثیر سیاست‌های مختلف بر قابلیت‌های شبکه‌ای مرکز داده آزمایش شود. امید است با انجام این پروژه بتوان به نتایج زیر دست یافت:

ـ شناسایی عوامل مؤثر بر قابلیت‌های شبکه‌ای مرکز داده؛
ـ تعیین شاخص‌هایی که در شناسایی عملکرد این قابلیت‌ها نقش دارند؛
ـ ارائه مدل پویای عوامل مؤثر بر قابلیت‌های مرکز داده؛
ـ مشخص‌کردن میزان انطباق عملکرد مرکز داده با استانداردهای موجود؛
ـ تأثیر کاربران در عملکرد قابلیت‌های مراکز داده؛
ـ شناسایی و تعیین میزان سطح تراکنش‌ها و ترکیب متعادل تجهیزات بااستفاده ازکاربران؛
ـ تجزیه‌وتحلیل کارایی سیستم و استفاده بهتر از داده‌ها و اطلاعات به‌دست‌آمده؛
ـ درک بهتر نسبت به نیازمندی‌های کاربران سرویس‌ها و شبکه‌های مراکزداده؛
ـ ارائه سیاست‌های مناسب بهبود و رشد قابلیت‌های شبکه‌ای مراکز داده.

سیستم‌های بزرگ از ترکیب تعداد متعددی از زیرسیستم‌ها به وجود آمده‌اند و تقابل بین این زیرسیستم‌ها پژوهشگران را به سمت استفاده از سیستم‌های بسیار پیچیده و پویا هدایت می‌کند. در یک محیط پویا، درنظرگرفتن اثرات تغییرات آینده فناوری و میزان و توان توسعه و رشد فناوری امری ضروری است. مراکز داده به یک سری عناصر مانند: محیط فیزیکی، سرورها، محیط‌های ذخیره اطلاعات، ارتباطات و سرویس‌ها اطلاق می‌شود که عملکرد درست آن باعث ایجاد پایداری و سرعت سرویس و تداوم کسب‌وکار و بقای سازمان‌ها خواهد شد. ازآنجاکه این تجهیزات برای ارائه، نگهداری و پشتیبانی از سرویس‌های تحت‌شبکه (اینترنت/ اینترانت/ اکسترانت) به‌کار گرفته می‌شوند، دقت در قابلیت‌ها و خدمات ارائه‌شده آن‌ها امری ضروری است [۶].

این مطالعه به دنبال آن است که قابلیت‌های شبکه‌ای مرکز داده و عوامل مؤثر بر آن شناسایی و بررسی کند و با مدل‌سازی سیستمی آن‌ها گامی در جهت بهبود عملکرد شبکه‌ای مراکز داده بردارد؛ همچنین سعی بر آن است تا ضمن تحلیل حساسیت متغیرهای شبکه‌ای مرکز داده با اعمال سیاست‌های مختلف میزان تأثیرپذیری تعداد کاربران را از تغییرات ناگهانی در

سیستم مشخص و همچنین وظایف و عملکرد هر بخش بررسی و ارزیابی شود و سپس به‌وسیله مدل‌سازی سیستمی تمامی بخش‌ها به مقادیر بهینه فعالیت حداکثری آن‌ها در بهبود عملکرد و شناسایی نقاط قوت و ضعف آن‌ها دست یافت و میزان انطباق عملکرد آن‌ها را با استانداردهایی نظیر TIA-942 مشخص کرد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

بخش‌ها در مدل‌سازی مراکز داده در چنین وسعتی به‌صورت فزاینده‌ای پیچیده و متشکل از اجزای به هم وابسته متعدد هستند. با توجه به خصوصیاتی همچون تاخیرات در عملکرد برنامه‌ها، تلاش برای کشف و تصحیح خطاها، حجم بالای تراکنش‌ها و لزوم پاسخ به تغییرات پیش‌بینی‌نشده، فرآیندهای بازخور و روابط غیرخطی و وجود داده‌های نرم در کنار داده‌های سخت، می‌توان چنین پروژه‌هایی را سیستم‌های پویای پیچیده برشمرد.

رویکرد پویایی‌های سیستم[1] که به کاربرد اصول و روش‌های کنترل بازخور به مسائل مدیریتی، سازمانی، صنعتی و فناوری اطلاعاتی می‌پردازد؛ هم‌اکنون نزدیک به سه دهه است که به‌منظور پاسخگویی به این نیاز برای تحلیل و بهبود عملکرد پروژه‌ها به‌کار رفته است. کاربردهای متعدد و مدل‌های جدید و بهبودیافته و ارزش ایجادشده برای مشتریان حاکی از موفقیت این روش برای مدل‌سازی پویایی‌های پروژه است [۲]. در ادامه اجزای مختلف مؤثر بر عملکرد مراکزداده، شبیه‌سازی خواهد شد:

میرزایی (۱۳۸۴) در «ارائه خط‌مشی نت بااستفاده از سیستم داینامیک» تلاش کرد ابزاری ارائه کند تا با سیاست‌های نگهداری ثابت و سیاست‌های نگهداری با دفعات متغیر به مدیریت به‌منظور تصمیم‌گیری برای انتخاب سیاست مناسب نگهداری و تعمیرات کمک کند. او با مشخص‌کردن رابطه تعادل بین هزینه‌های خرابی و فرصت ازدست‌رفته با هزینه‌های نگهداری پیشگیرانه، درنهایت نتیجه گرفت که به‌جای ارتقاء آنی و فزاینده درجه فناوری تجهیزات مورداستفاده، بهتر است دارای بهبود مستمر در فرآیند و فناوری بود [۵].

شاهقلیان و همکاران نیز در «طراحی الگوی ارزیابی بهره‌وری بانکداری الکترونیک بااستفاده از پویایی‌شناسی سیستم» معتقدند بهبود بهره‌وری موجب می‌شود تا نیروی کار بتواند بهتر بیندیشد، نوآوری کند، سرمایه‌گذاری هدفمند شود و تولید با کیفیتی مطلوب افزایش یابد [۳].

در زمینه پهنای باند نیز تلاش مک کالم (۱۹۹۰) بر روی میزان پهنای باند ارتباطی موردنیاز در سیستم‌های اتوماسیون اداری سبب شد با گردآوری تمامی اطلاعات در ساعات اوج کاری بالاترین تعداد تراکنش و پهنای باند مصرفی محاسبه و درنهایت با تجمیع تمامی اعداد حداقل

1. System Dynamics

میزان پهنای باند موردنیاز و نوع تجهیزات برای شبکه مرکز داده مشخص شود [۹].

بیلر و همکاران (۲۰۰۴) در مقاله «مدل‌سازی زیرساخت اینترنت درگاه‌ها و ارتباطات» بیان کرده‌اند که مدل‌سازی و شبیه‌سازی فعل و انفعالات متقابل صنعت بین زیرساخت‌ها و سیاست‌های اثرات اختلال‌ها، نیازمند حمایت سایر صنایع برای انجام کسب‌وکار هستند. برای مثال آن‌ها محموله‌هایی که در اثر این اشکال به تأخیر افتاده بودند بر اساس ارزش متوسط هر محموله ۸۰۰۰۰ دلار و هزینه‌های زیان قراردادی و هزینه‌های نیروی کار اضافی که در طول مدت اختلالات شبکه‌ای استفاده می‌شد، ضرر ۱/۴ میلیون دلاری را برای این قطعی ارتباط در طول زمان مشخص‌شده، تخمین زدند و نتیجه گرفتند قطعاً هزینه‌های این‌گونه اختلالات برای سایر زیرساخت‌های حیاتی بسیار بالاتر از اعداد محاسبه‌شده خواهد بود [۸].

لکرال و اورایلی (۲۰۰۵) در مقاله‌ای باعنوان «به‌کارگیری یک مدل شبکه سوییچ‌شده کاربرپسند برای مدل دینامیکی سیستم زیرساخت‌های مخابراتی» با اشاره به قانون «حفاظت فیزیکی از زیرساخت‌های حیاتی و دارایی‌های کلیدی» که در فوریه سال ۲۰۰۳ از طرف کاخ سفید منتشر شده است، بیان کردند که حفاظت از زیرساخت‌های کلیدی ـ سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری[1] به‌منظور ارائه بینشی برای «وزارت امنیت داخلی ایالات‌متحده آمریکا» در تصمیم‌گیری پیرامون سرمایه‌گذاری مربوط به حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی، طراحی‌شده است. آن‌ها در این مقاله خلاصه‌ای از نتایج تلاش و همکاری با «آزمایشگاه بل» و «شرکت فناوری لوسنت» برای به‌کارگیری شبیه‌سازی شبکه تغییرداده‌شده در مدل پویای سیستم‌های مخابراتی را ارائه کردند. آن‌ها دریافتند که در مواقع بروز اختلال یا اضافه‌بار ترافیکی به سیستم، دسترس بودن در اوج تماس‌ها و ارتباطات به ۵ درصد کاهش می‌یابد و با اعمال یک حجم تماس سربار ۴ برابری نیز دریافتند که ضمن کاهش تقاضاها در شب بازیابی ظرفیت‌های سوییچ‌ها و کم شدن اضافه‌بار تماس‌ها در چند روز اول (۸ روز) به‌سرعت اتفاق خواهد افتاد [۱۱].

آودل و آکانی (۲۰۱۲) در «برآورد پهنای باند موردنیاز برای سازمان‌ها» اشاره کردند سازمان‌ها و افراد به‌دلیل ناتوانی در برآورد پهنای باند موردنیاز خود از ارائه‌دهندگان اینترنت[2] بسیار ناراضی بوده‌اند. شرکت های «سیسکونت»[3] و «براد»[4] راه‌حلی برای تنظیم اندازه بسته‌ها و تأخیر رفت‌وبرگشت داده‌ها به‌طوری‌که پهنای باند موردنظر آنها می‌توانست به‌دست آید، ارائه کردند. در این مقاله کوشیده شد تا عوامل اصلی در کیفیت و پاسخگویی فعالیت‌هایی که نبود آن‌ها موجب نارضایتی کاربران شبکه خواهد بود، مشخص شود. آن‌ها سپس سعی کردند با

1. Critical Infrastructure Protection Decision Support System
2. Internet Service Provider
3.CiscoNet
4. Brad

فاکتورهای مهم شبکه در سرعت‌هایی متفاوت، عوامل تأثیرگذار و متمایزکننده سرویس‌ها را شناسایی کنند. در انتها آنها در نتیجه‌گیری خود اعلام کردند که دو عنصر کلیدی در عملکرد شبکه‌ها، میزان پهنای باند و تأخیر به‌وجودآمده است و تأخیر در انتها بر روی کاربر اثرگذار است؛ بنابراین توصیه می‌شود سازمان‌ها از قواعد «کیفیت سرویس»[1] برای اولویت‌دهی به اطلاعات جابه‌جاشده در شبکه خود استفاده کنند تا بتوانند مدیریت مناسبی بر پهنای باند مصرفی و میزان تأخیر در شبکه‌ها داشته باشند [۱۰].

با توجه به مطالعات شاهقلیان و همکاران (۱۳۸۹) عواملی همچون اعتماد و رضایت کاربران، نقش بسزایی در استفاده از بسترهای فناوری اطلاعاتی خواهد داشت؛ لکرال و اورایلی (۲۰۰۵) دریافتند که میزان پهنای باند شبکه‌ها، تأثیر بسزایی در مواقع شلوغی بر کاربران و تعداد آن‌ها خواهد گذاشت؛ همچنین آودل و آکانی (۲۰۱۲) نیز در برآورد پهنای باند موردنیاز خود بیان داشتند که تأخیر داده‌ها و قوانین و محدودیت‌های جابه‌جایی اطلاعات نیز در عملکرد شبکه‌ها تأثیرگذار است. پژوهش کنونی ضمن درنظرگرفتن تمامی عوامل اساسی شناسایی‌شده از مبانی نظری و پیشینه پژوهش با دریافت نظر خبرگان حوزه فناوری اطلاعات متغیرهایی همچون میزان ذخیره‌سازی، بار پردازشی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت، کیفیت، تعداد تجهیزات نیازمند به رسیدگی و تعمیر و هزینه کل را نسبت به سایر پژوهش‌های بررسی کرده و توانسته است مدل دقیق‌تری از تمامی عوامل تأثیرگذار در یک مرکز داده را تحت‌پوشش قرار دهد.

توسعه فرضیه‌ها و الگوی مفهومی. مدل پیشنهادی بر اساس عوامل مهم در مراکز داده و همچنین پارامترهای حیاتی سیستم تشکی شده است؛ بنابراین فرضیه دینامیکی این پژوهش که تغییرات تعداد کاربران و سرویس‌ها در طول زمان در آن بررسی می‌شود، نشان‌می‌دهد که با افزایش تعداد کاربران مراکزداده در طول زمان جذابیت استفاده از سرویس‌ها بالا رفته و این افزایش سبب استفاده بیشتر از منابع مختلف محدود مراکز داده خواهد شد که با بالاتررفتن استفاده، منابع باقیمانده دردسترس کاهش می‌یابد و سبب افزایش خطا و تأخیر در سرویس‌ها می‌شود که این افزایش درنهایت منجر به کاهش کاربران یک مرکز داده خواهد شد.

تمام عوامل مرتبط با عملکرد و قابلیت‌های یک مرکز داده بر طبق مبانی نظری، بررسی و شناسایی گردید و از طریق مصاحبه با خبرگان حوزه فناوری اطلاعات به شرح زیر تکمیل شد:
پهنای باند؛ ذخیره‌سازی؛ پردازش؛ کاربران برخط؛ کاربران برخط منتظر؛ کاربران برخط درحال استفاده از سرویس؛ کاربران ازدست‌رفته؛ کیفیت؛ قابلیت اطمینان؛ تعداد کل تجهیزات ارتباطی نیروی انسانی؛ تعداد کل تجهیزات مورداستفاده در لایه شبکه؛ سرمایه‌گذاری در زیرساخت؛ میزان

1. Quallity of Service

نگهداری برنامه‌ریزی‌شده؛ تجهیزات نیازمند به رسیدگی و تعمیر؛ هزینه کل؛ میزان خطا و تأخیر داده‌ها [۱۰].

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به علت قابلیت کاربردی مدل در سیاست‌های تصمیم‌گیری فناوری اطلاعات، از نظر هدف کاربردی و ازنظر دسته‌بندی برحسب نحوه گردآوری داده‌ها، از نوع توصیفی است. در این پژوهش ابتدا با مراجعه به کلیه منابع و مآخذ موجود متغیرها و شاخص‌های اصلی شناسایی شد و سپس برای اطمینان از صحت مرز مدل از طریق مصاحبه با خبرگان، متغیرهای مرتبط با پژوهش استخراج شد؛ در ادامه نیز از طریق استخراج داده‌ها و اطلاعات از آمار موجود به تحلیل و مدل‌سازی سیستمی آن‌ها پرداخته شد. واحد تحلیل این پژوهش کلیه کاربران صنایع غذایی «نفیسا ای» است که با یکی از سرویس‌های مختلف مرکز داده مرتبط بوده‌اند و در ابتدای فرآیند مدل‌سازی تعداد آن‌ها ۱۰۰ نفر بوده است. ابزارهای موردنیاز برای تحلیل نیزنرم‌افزارهای Vensim، Excel و Packet Tracer هستند. گام‌های مدل‌سازی در این روش به شرح زیر است: ۱. تعریف مسئله؛ ۲. توسعه فرضیه‌های پویا؛ ۳. مدل‌سازی؛ ۴. اعتبارسنجی مدل؛ ۵. شبیه‌سازی و ارزیابی سیاست‌ها.

در این پژوهش از روش‌شناسی پویایی‌های سیستم مطابق گام‌های زیر استفاده‌شده است [۱۳۹۲]:

گام اول: تعریف مسئله. این پژوهش سعی دارد بااستفاده از توسعه یک مدل پویایی سیستم از شبکه مرکز داده با لحاظ‌کردن مدل‌سازی ساختارهای پایه‌ای برگرفته از مبانی نظری موجود و نیز اثر تغییرات و خطاها و ساختار ارتباطی قسمت‌های مختلف مدل درصدد تحلیل و بررسی مدل به‌منظور مدیریت پیش‌دستانه تغییرات موردنیاز احتمالی یا میزان پاسخگویی به نیازهای فعلی این فرضیه‌ها برآید.

گام دوم: توسعه فرضیه‌های پویا. در این پژوهش سعی شده شده است با تمرکز بر قابلیت‌های شبکه‌ای مراکز داده و مدل‌سازی سیستمی، عملکردهای آن شناسایی شود و مسیرهایی که منجر به بهره‌برداری شایسته از منابع سازمانی می‌شود بهبود بهبود داده شود. شبکه‌های مراکزداده به‌دلیل کارایی بالا باوجود تحرک گره‌های شبکه و فقدان هرگونه تقویت‌کننده ثابت، بسیار موردتوجه قرار گرفته است و استفاده می‌شود؛ اما تزاحم داده‌ها به هنگام تقویت در گره‌های واسط و احتمال وجود گره‌های بدرفتار، از محدودیت‌های این شبکه هستند

که مانع توسعه و بهره‌برداری وسیع آن شده است [۴].

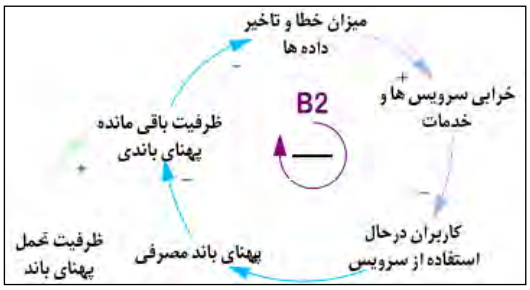
گام سوم: مدل‌سازی. بر اساس روش‌شناسی پویایی‌های سیستم، مدل‌های علت – معلولی بر اساس مشاهدات بر روی رفتار سیستم و نیز با الهام از نظریه‌های معتبر در حوزه مبانی نظری مسئله شکل می‌گیرند. برای به‌دست آوردن نمودار علت – معلولی مدل، ابتدا نمودار علت – معلولی زیرسیستم‌های مدل ساخته شده و ضمن تشریح، فرضیه دینامیکی هر زیرسیستم (مدل علّی حلقوی) ارائه می‌شود تا درنهایت مدل علت‌ومعلولی کل سیستم به‌دست بیاید.

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

با توجه به مطالب بیان‌شده در گام سوم در ادامه مدل‌های علّی حلقوی و فرضیه دینامیکی هر یک ارائه می‌شود:

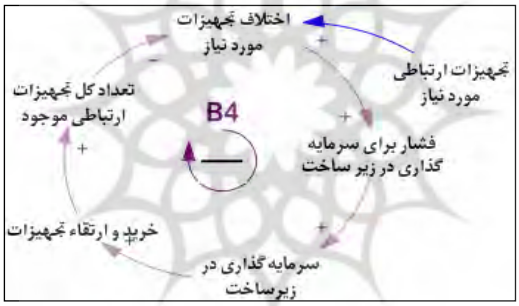
مدل علّی حلقوی B1 و B2: در حلقه B1 که متعادل‌کننده تعداد کاربران و میزان ذخیره‌سازی اطلاعات است با افزایش تعداد کاربران سرویس میزان داده ذخیره‌سازی شده نیز در طول زمان افزایش یافته و با توجه به محدودیت ظرفیت تحمل، ظرفیت باقیمانده کاهش می‌یابد که سبب افزایش خطا و تأخیر داده‌ها و افزایش خرابی سرویس‌ها می‌شود و درنهایت کاربران درحال استفاده از سرویس را کاهش می‌دهد. در حلقه B2 نیز که حلقه متعادل‌کننده تعداد کاربران و پهنای باند مصرفی است با افزایش تعداد کاربران سرویس پهنای باند مصرفی در طول زمان افزایش یافته و با توجه به محدودیت ظرفیت تحمل موجود ظرفیت باق‌مانده کاهش می‌یابد که سبب افزایش در میزان خطا و زیادشدن خرابی سرویس‌ها می‌شود و درنهایت کاربران درحال استفاده از سرویس را کاهش می‌دهد.

شکل ۱. حلقه B1 متعادل‌کننده ذخیره‌سازی اطلاعات و کاربران.



شکل ۲. حلقه B2 متعادل‌کننده پهنای باند مصرفی و کاربران.

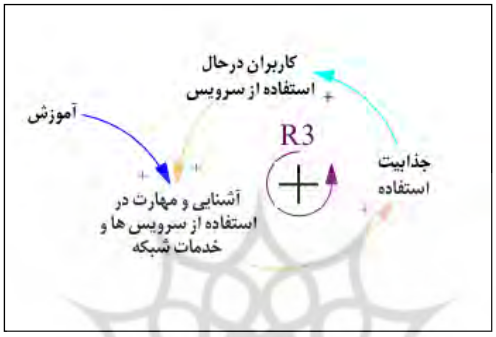
مدل علّی حلقوی B4 و B5: در حلقه B4 که متعادل‌کننده رابطه سرمایه‌گذاری و میزان تجهیزات موردنیاز است، افزایش اختلاف تجهیزات موردنیاز سبب افزایش فشار برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت می‌شود و این افزایش سبب افزایش میزان خرید و ارتقاء شده که تعداد کل تجهیزات ارتباطی را افزایش می‌دهد و درنهایت با توجه به مقدار ثابت تجهیز موردنیاز اختلاف تجهیزات کاهش می‌یابد. در حلقه B5 که متعادل‌کننده کیفیت فعلی و رضایت کاربران است افزایش اختلاف بین کیفیت مطلوب و موجود سبب افزایش تلاش برای ارتقاء کیفیت شده و این امر با تأخیر سبب افزایش قابلیت اطمینان خواهد شد و سپس با تأخیر سبب افزایش رضایت کاربران و درنتیجه افزایش کیفیت فعلی سرویس‌ها خواهد شد.



شکل ۳. حلقه B4 متعادل‌کننده سرمایه‌گذاری و میزان تجهیزات موردنیاز.

شکل ۴. حلقه B5 متعادل‌کننده رضایت کاربران و کیفیت مطلوب

مدل علّی حلقوی R3 و R5: در زیرسیستم R3 که حلقه تقویت‌کننده جذابیت استفاده و میزان آشنایی و مهارت کاربران است، افزایش آشنایی و مهارت سبب افزایش جذابیت شده و این افزایش سبب زیادشدن کاربران درحال استفاده از سرویس می‌شود و درنهایت مجدداً میزان مهارت و آشنایی افزایش می‌یابد. در زیرسیستم R5 نیز که حلقه تقویت‌کننده رابطه بین نگهداری ناتمام و مقدار نگهداری برنامه‌ریزی‌شده است، زیادشدن فشار برای افزایش برنامه تعمیر نگهداری مقدار نگهداری برنامه‌ریزی‌شده زیاد شده و سبب میزان نگهداری‌های ناتمام می‌شود که باعث زیادشدن احتمال خرابی‌ها و خرابی تجهیزات می‌گردد که با این افزایش به علت افزایش خرابی‌ها زمان بالابودن کاهش یافته و درنهایت منجر به افزایش برنامه‌های نگهداری خواهد شد.

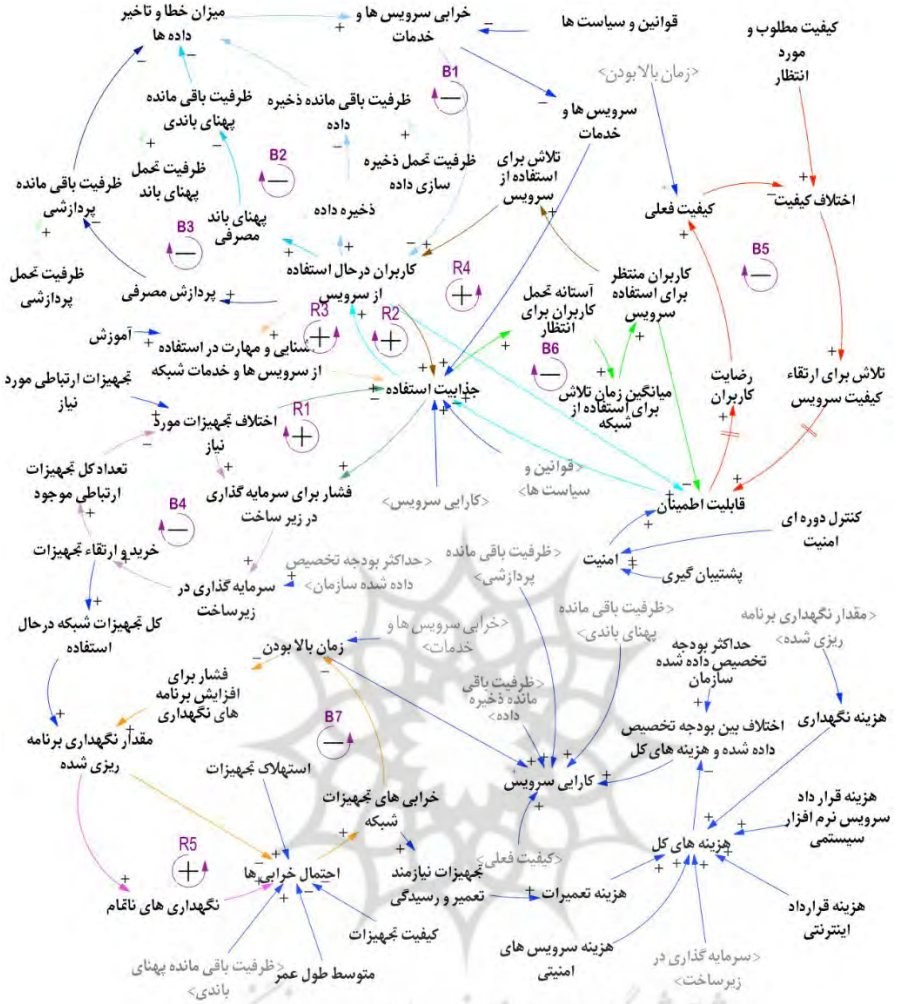


شکل ۵. حلقه R3 تقویت‌کننده جذابیت استفاده و آشنایی و مهارت در سرویس‌ها

شکل ۶. حلقه R5 تقویت‌کننده زمان بالا بودن و نگهداری‌های ناتمام.

مدل جامع روابط علت‌ومعلولی. پس از شناسایی مدل‌های علّی حلقوی و بیان فرضیه دینامیکی مرتبط با بعضی از زیرسیستم‌های مهم، مجموعاً ۵ حلقه تقویت‌کننده و ۷ حلقه

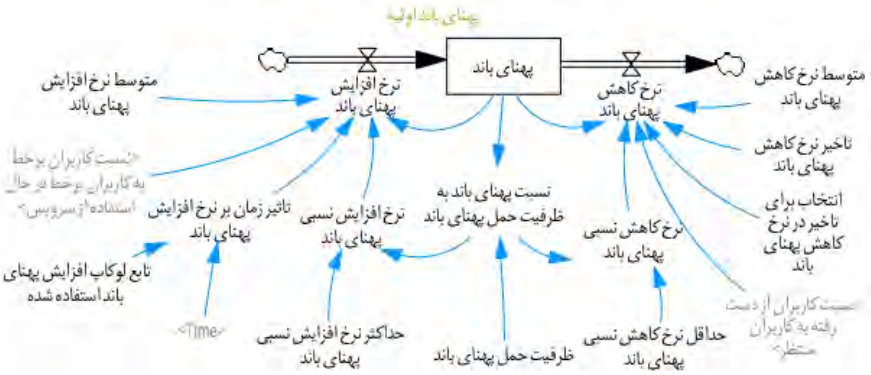
متعادل‌کننده شناسایی می‌شود که درنهایت با پیوند و اتصال حلقه‌های جداگانه، مدل جامع علت ومعلولی شکل ۷، شکل می‌گیرد.



شکل ۷. مدل جامع روابط علت‌ومعلولی.

ارائه مدل دینامیک سیستم و معرفی اجزاء آن. پس از ارائه مدل علت‌ومعلولی، نمودارهای جریان- انباشت‌های هر یک از متغیرهای با توجه به مبانی نظری مرورشده در پژوهش و نمودارهای حلقه‌های علت‌ومعلولی آورده شده است، در ادامه به تشریح و شکل‌گیری مدل‌های انباشت - جریان پژوهش اشاره می‌شود (شکل ۸).

– متغیر انباشت پهنای باند



شکل ۸. مدل صورت‌بندی‌شده پویای متغیر انباشت پهنای باند.

متغیر انباشت پهنای باند که در شکل ۸ به نمایش درآمده است یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر میزان عملکرد شبکه و کاربران و سایر عوامل مختلف در شبکه مراکز داده است در این زیرسیستم عواملی چون متوسط افزایش پهنای باند سالیانه، تأثیر زمان بر نرخ افزایش پهنای باند و نرخ افزایش نسبی پهنای باند متأثر از ظرفیت حمل پهنای باند، نقش افزایش متغیر انباشت را دارند و متغیرهایی نظیر: متوسط نرخ کاهش پهنای باند، تأخیر نرخ کاهش پهنای باند، نسبت کاربران ازدست‌رفته به کاربران منتظر برای دریافت سرویس و نرخ کاهش نسبی پهنای باند، نقش کاهش متغیر انباشت را از طریق نرخ کاهش پهنای باند خواهند داشت.

معادله و واحد اندازه‌گیری متغیر انباشت پهنای باند به شرح زیر است:

(پهنای باند اولیه، نرخ کاهش پهنای باند–نرخ افزایش پهنای باند)INTEG = پهنای باند

واحد: Mb

= نسبت ذخیره‌سازی به ظرفیت حمل ذخیره‌سازی

((۱, ظرفیت حمل ذخیره‌سازی/ذخیره‌سازی) MIN ,۰)MAX

واحد: Dmnl

متغیرهای دیگری نیز چون ذخیره‌سازی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت، میزان نگهداری برنامه‌ریزی‌شده، کیفیت و هزینه کل از دیگر متغیرهای انباشت موجود در مدل هستند که در ادامه به فرمول و واحد آن‌ها به‌اختصار اشاره می‌شود.

(ذخیره‌سازی اولیه، نرخ کاهش ذخیره‌سازی – نرخ افزایش ذخیره‌سازی)INTEG= ذخیره‌سازی

واحد: GB

(۲۴۵، نرخ تغییر نگهداری)INTEG= میزان نگهداری برنامه‌ریزی‌شده

واحد: Unit

سرمایه‌گذاری در زیرساخت =INTEG(نرخ سرمایه‌گذاری زیرساخت، ۰)

واحد: Toman

کیفیت =INTEG(کیفیت اولیه، نرخ کاهش کیفیت-نرخ افزایش کیفیت)

واحد: Percent

قابلیت اطمینان =INTEG (اطمینان‌اولیه،نرخ کاهش قابلیت‌اطمینان-نرخ افزایش قابلیت‌اطمینان)

واحد: Percent

هزینه کل =INTEG(سرمایه‌گذاری در زیرساخت، نرخ تغییر هزینه‌ها)

واحد: Toman

تعداد کل تجهیزات‌ارتباطی نیروی‌انسانی =

INTEG(نرخ‌تغییر تجهیزات مورداستفاده نیروی انسانی، ۱۸۵)

واحد: Unit

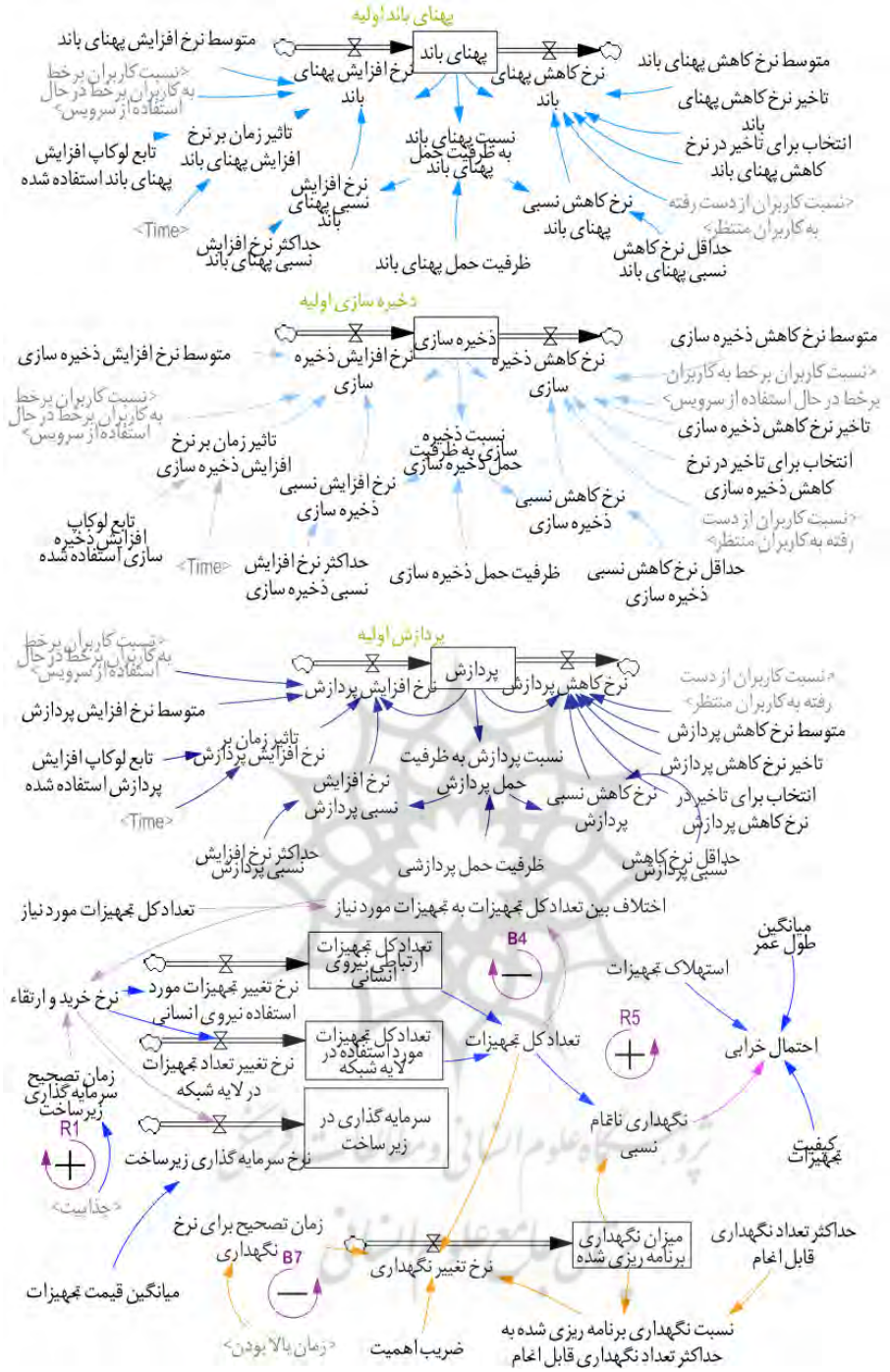
تعداد کل تجهیزات مورداستفاده در لایه شبکه =

INTEG(نرخ تغییر تعداد تجهیزات در لایه شبکه، ۶۰)

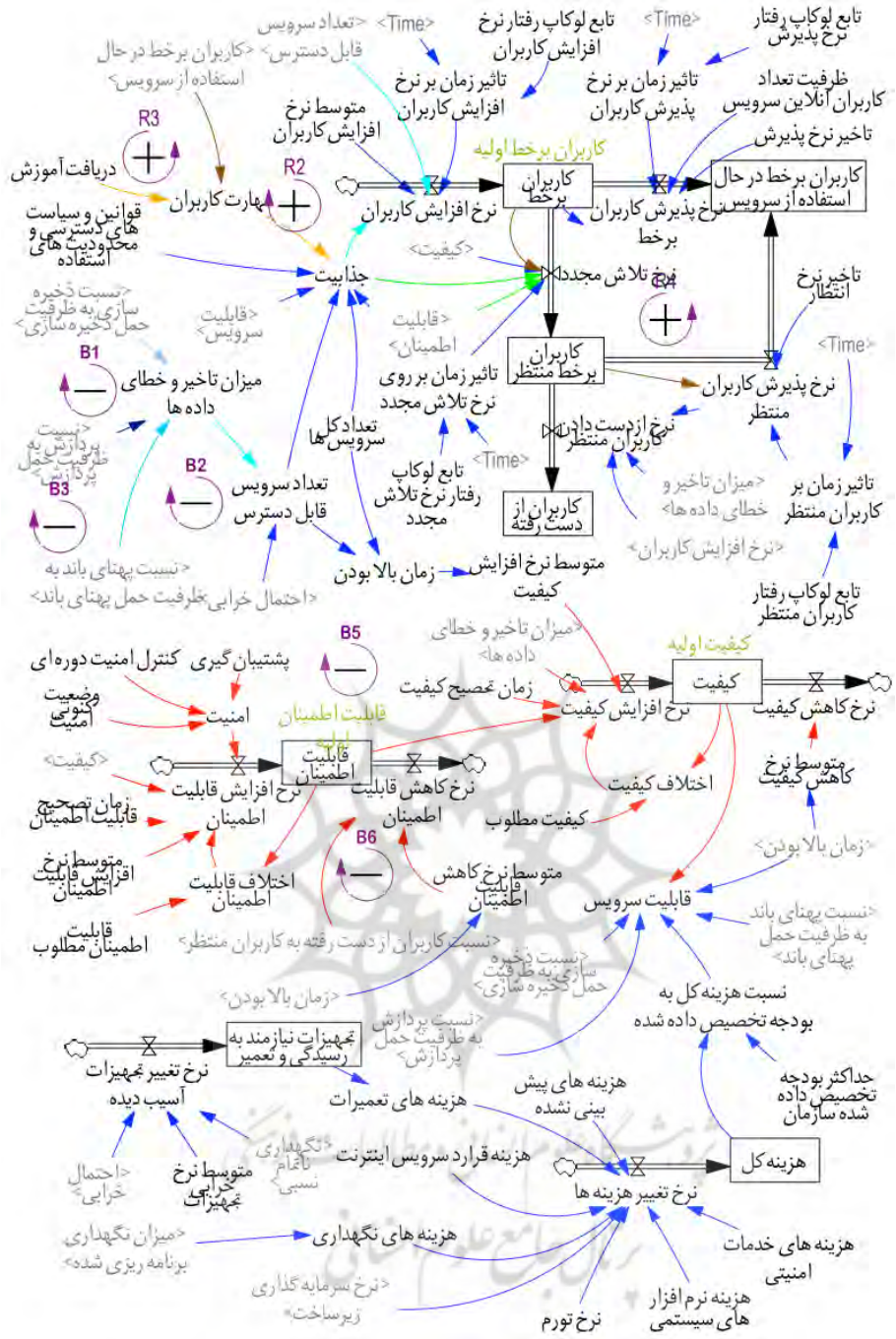
واحد: Unit

مدل جامع جریان – انباشت. درنهایت با لحاظ‌کردن تمامی متغیرهای انباشت و جریان و همچنین متغیرهای کمکی و ثابت‌های استفاده‌شده، مدل نهایی نمودار انباشت جریان در دوبخش که در شکل های ۹ و ۱۰ نمایش داده شده است ارایه میگردد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۹ بخش اول مدل جامع جریان ° انباشت.



شکل ۱۰: بخش دوم مدل جامع جریان – انباشت.

متغیرهای انباشت ارائه‌شده ابتدا با استفاده از مبانی نظری مدل‌سازی شبکه‌های مراکز داده استخراج شدند و سپس با مطالعه مبانی نظری داخلی به غنا رسیده و متغیرهای جریان، کمکی و ثابت‌های مؤثر بر آن‌ها به هر دسته اضافه شد. متغیرهای انباشت اساسی شناسایی‌شده در مدل شامل: پهنای باند، ذخیره‌سازی، پردازش، کاربران برخط، کاربران برخط منتظر، کاربران برخط دحال استفاده از سرویس، کاربران ازدست‌رفته، کیفیت، قابلیت اطمینان، تعداد کل تجهیزات ارتباطی نیروی انسانی، تعداد کل تجهیزات مورداستفاده در لایه شبکه، سرمایه‌گذاری در زیرساخت، میزان نگهداری برنامه‌ریزی‌شده، تجهیزات نیازمند به رسیدگی و تعمیر، هزینه کل هستند.

گام چهارم: اعتبارسنجی مدل

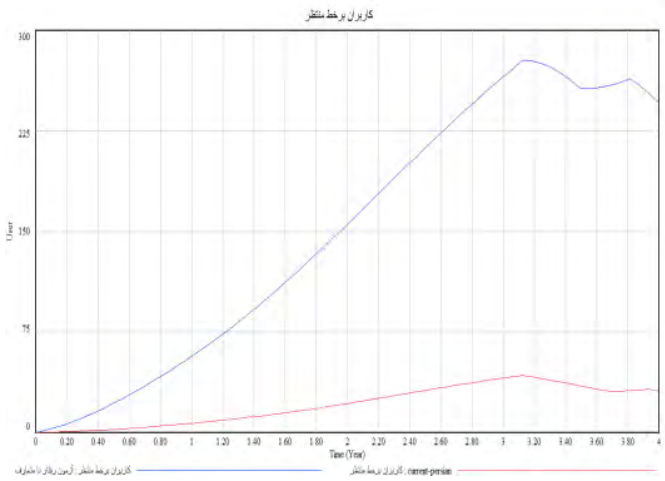
آزمون سازگاری ابعادی[1]: این آزمون پاسخ به این سؤال است که «آیا ابعاد متغیرها در همه معادلات در دو سمت معادله، در حالت موازنه قرار دارند؟» به‌منظور پاسخ به این سؤال از گزینه موجود در نرم‌افزار برای اجرای آزمون سلامت مدل استفاده شد که با توجه به پاسخ مثبت نرم‌افزار، آزمون سازگاری ابعاد مدل تائید شد.

آزمون کفایت مرز[2]: این آزمون پاسخ به این سؤال است که «آیا مفاهیم و متغیرهای مهم مرتبط با موضوع، در داخل مرز مدل قرارگرفته و نسبت به مدل درون‌زا هستند؟». در پاسخ باید گفت که به‌دلیل مطالعه و استفاده از مدل‌های مورداستفاده در سراسر دنیا و کنفرانس بین‌المللی پویایی سیستم در ۱۰ سال گذشته و استفاده ازنظر خبرگان در شناسایی تأثیر متغیرها در مرز مدل و همچنین استفاده جامع از داده‌های به‌دست‌آمده به‌صورت تابع‌های لوکاپ در مدل می‌توان گفت آزمون کفایت مرز به‌صورت کامل بررسی شد.

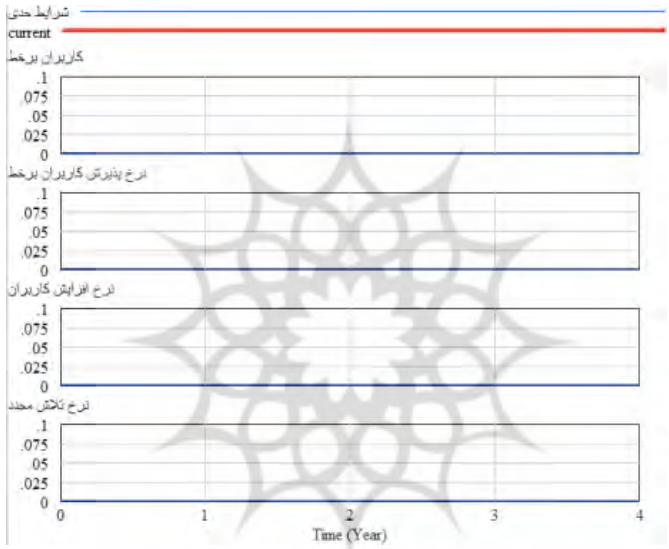
آزمون تأیید پارامتر[3]: در این پژوهش به سه روش مطالعه مبانی نظری و مدل‌های مرجع و مقایسه مدل مرجع با مدل پویای ارائه‌شده از بعد عددی تناقضی در صورت‌بندی مدل مشاهده نشد و از کارشناسان مدیریتی و افراد خبره حوزه فناوری اطلاعات در تأیید نهایی موفقیت مدل پویا استفاده شد و طبق نظر آن‌ها پارامترهای مدل موردتأیید بوده است.

آزمون رفتار نامتعارف و آزمون شرایط حدی: در آزمون رفتار نامتعارف با حذف تأثیر متغیرهای جذابیت، کیفیت، قابلیت اطمینان از کاربران برخط منتظر تغییرات نامتعارف این متغیر بررسی شد. در آزمون شرایط حدی نیز به سؤال «آیا تمامی معادلات مدل درصورتی‌که در معرض مقادیر حدی، اما ممکن متغیرها قرار گیرند معنادار هستند؟»، پاسخ داده می‌شود.

1. Dimentional Consistancy Test
2. Boundary Adequancy Test
3. Parameter Verification Test



شکل ۱۱ . رفتار نامتعارف کاربران برخط منتظر.



شکل ۱۲: رفتار معنادار کاربران در شرایط حدی.

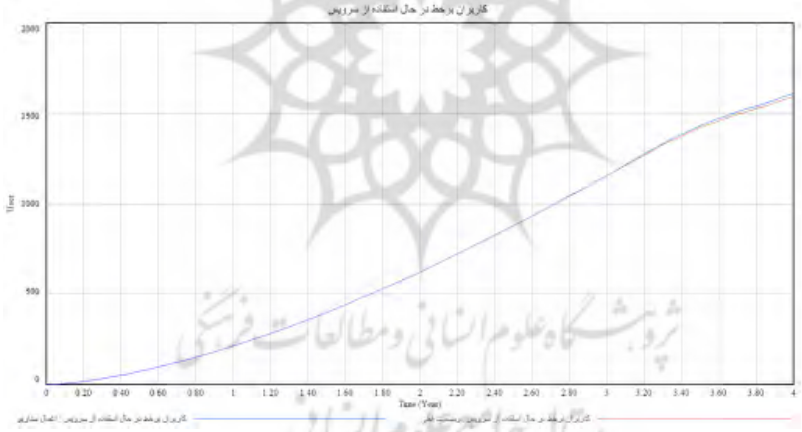
همان‌طورکه در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، متغیر کاربران برخط منتظر استفاده از سرویس در صورت حذف متغیرهای گفته‌شده رفتار نامتعارفی را در مقابل رفتار قبلی خود نشان می‌دهد و در شکل ۱۲ نیز وضعیت نرخ‌های پذیرش سایر متغیرهای مرتبط همچون کاربران برخط در حال استفاده سرویس یا کاربران منتظر نیز رفتاری مشابه به رفتار کاربران برخط از خود نشان دادند که سبب انجام رفتار مشابه در متغیرهای انباشت مرتبط با آن‌ها نیز مشاهده شده است؛ بنابراین

می‌توان گفت: «مدل در آزمون رفتار نامتعارف[1] و شرایط حدی[2] نیز موفق عمل می‌کند».

گام پنجم: شبیه‌سازی و ارزیابی سیاست‌ها

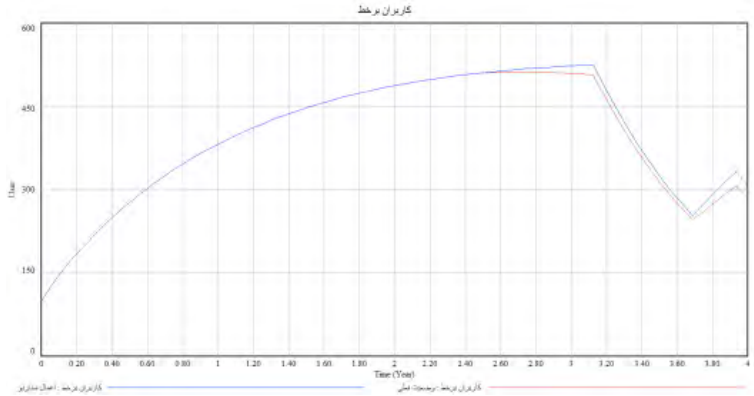
بررسی و ارائه سیاست‌های مختلف: در این بخش سیاست‌های مختلفی برای بهبود عملکرد قابلیت‌های مراکزداده ارائه می‌شود که نتایج اعمال این سیاست‌ها قابل‌تحلیل و بررسی است. برای طراحی سیاست‌ها ابتدا نقاط اهرمی مسئله شناسایی شده و با توجه به توصیه‌هایی که در مورد سیاست‌های افزایش استفاده از سرویس‌های الکترونیکی شده است و همچنین متغیرهای موجود در مدل علت‌ومعلولی سیاست‌های زیر ارائه می‌شوند.

سیاست افزایش ظرفیت آموزش و جذابیت: با توجه به مدل ارائه‌شده و عوامل و متغیرهای تأثیرگذار بر آن متغیر، ظرفیت آموزش که میزان افراد آموزش‌دیده در طول بازه موردآزمایش هستند، یکی از متغیرهای اساسی در تعیین میزان مهارت افرادی که می‌توانند در شبکه مراکزداده فعالیت کرده و از سرویس‌ها استفاده کنند، است [۳]، به این ترتیب بر میزان جذابیت استفاده از سرویس‌ها اضافه‌شده و کاربران برخط بیشتری را نیز برای استفاده از سرویس‌ها فراهم می‌آورد (شکل ۱۳). شکل ۱۴ نیز میزان افزایش کاربران بر خط را با توجه به افزایش ظرفیت آموزشی از ۸۰۰ نفر به ۲۰۰۰ نفر و ارتقاء جذابیت و مهارت نشان می‌دهد.



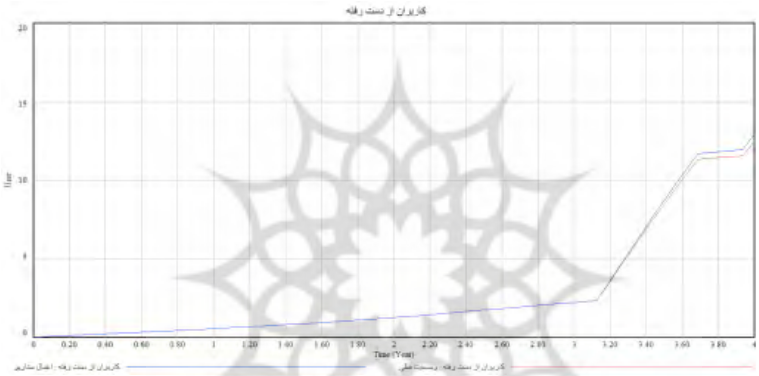
شکل ۱۳. سیاست ۲: افزایش ظرفیت آموزش و جذابیت- کاربران درحال استفاده از سرویس.

1. Behavior Anomaly Test
2. Extreme Conditions Test

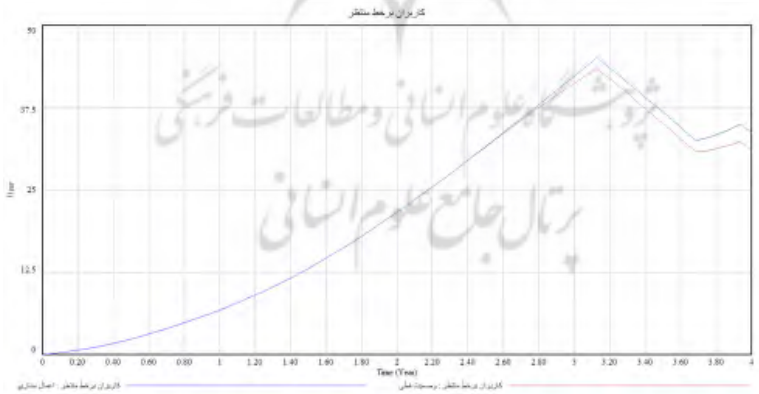


شکل ۱۴. سیاست ۲: افزایش ظرفیت آموزش و جذابیت- کاربران برخط.

میزان کاربران بر خط منتظر نیز (شکل ۱۶) با توجه به افزایش جذابیت استفاده از سرویس‌ها که متأثر از مهارت به‌دست‌آمده به‌واسطه تعداد بالاتر افراد آموزش‌دیده است، افزایش‌یافته است.



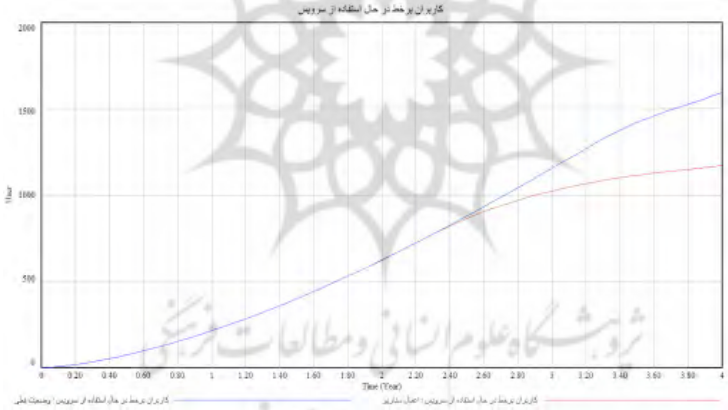
شکل ۱۵. سیاست ۲: افزایش ظرفیت آموزش و جذابیت- کاربران ازدست‌رفته.



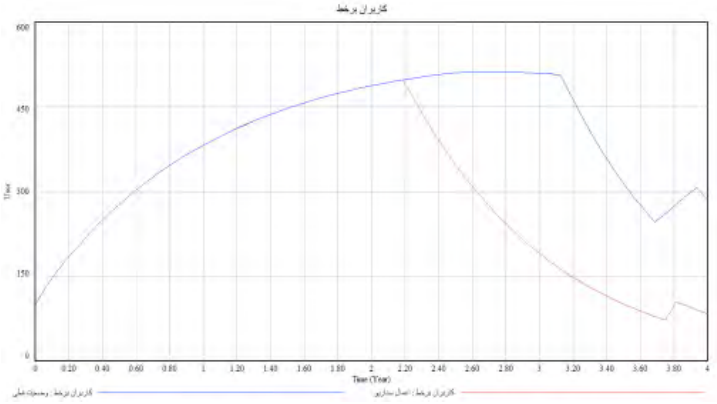
شکل ۱۶. سیاست ۲: افزایش ظرفیت آموزش و جذابیت- کاربران برخط منتظر

در شکل ۱۵ با توجه به رشد جمعیت کاربرانی که به سیستم وارد شده‌اند، کاربران ازدست‌رفته‌ای که به‌واسطه خطا و خرابی‌ها از سیستم بیرون رانده می‌شوند نیز افزایش خواهد یافت. به‌صورت کلی همان‌طور که در نمودارهای بالا اشاره شد افزایش ظرفیت آموزشی و آموزش دیدن تعداد بالاتری از کاربران سرویس‌ها در طول زمان اجرای مدل باعث افزایش مهارت جمع بیشتری از کاربران و به دنبال آن افزایش جذابیت استفاده از سرویس‌ها شده است اگرچه میزان کاربران افزایش‌یافته در سیستم مناسب است اما باید توجه داشت که افزایش ظرفیت آموزشی در سیستم و ارتقاء جذابیت آن نمی‌تواند از بروز مشکلات فنی و محدودیت‌های ظرفیت حمل جلوگیری کند؛ بنابراین این مشکلات بر تعداد کاربران و جذابیت سرویس‌ها تأثیر منفی خواهد داشت و رفتار و نوسانات اساسی تعداد کاربران حفظ خواهد شد.

سیاست تحمیل بار اضافی بر شبکه و خرابی سوییچ. یکی از مهم‌ترین اتفاقات و اشکالات پیش‌آمده در مراکز داده تحمیل بار خارج از تحمل تجهیزات و یا خرابی بعضی از تجهیزات مهم در شبکه مراکز داده است [۱۱]. در این سیاست بررسی می‌شود که اگر یکی از سوییچ‌های مرتبط با زیرساخت تأمین‌کننده ظرفیت حمل پهنای باند با بار اضافی مواجه شده یا برای مدت ۲ ماه دچار خرابی شود و به این علت امکان ارتقاء به سطوح بالاتر پهنای باندی فراهم نشود، چه تأثیری بر میزان کاربران برخط استفاده‌کننده از سرویس‌ها خواهد داشت؟



شکل ۱۷. سیاست ۳: تحمیل بار اضافی بر شبکه و خرابی سوییچ- کاربران در حال استفاده از سرویس.

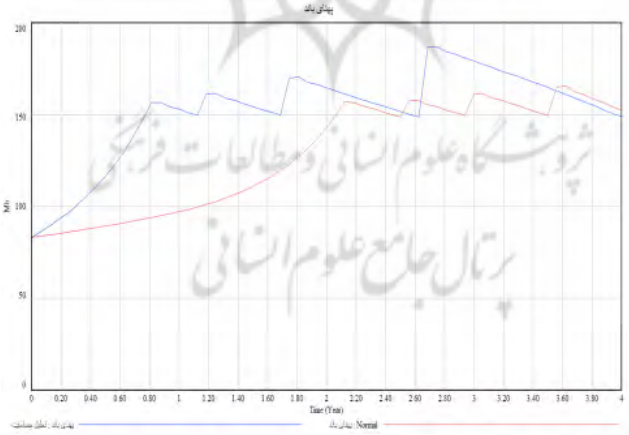


شکل ۱۸. سیاست ۳: تحمیل بار اضافی بر شبکه و خرابی سوییچ- کاربران برخط.

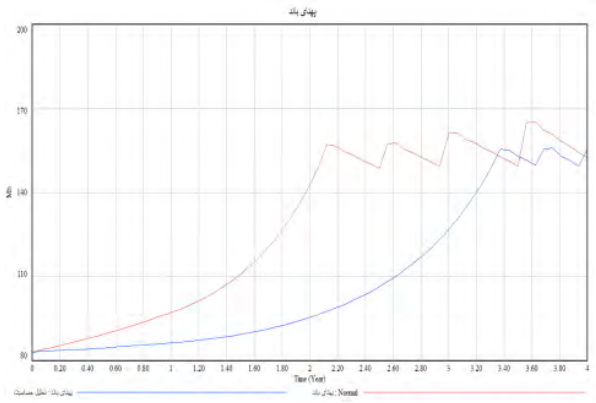
همان‌طور که اشاره شد در شکل ۱۷ مشاهده می‌شود به‌واسطه ازدست‌رفتن ظرفیت پهنای باندی رشد و ارتقاء آن با کندی مواجه شده و به‌تبع آن کاربران کمتری در طول زمان ۴ ساله استفاده از سرویس جذب خواهند شد. به‌واسطه وجود مشکل مطرح‌شده در سیاست و جذب کاربران برخط کم‌تر بدیهی است مطابق با شکل ۱۸ مربوط به کاربران بر خط در حال استفاده از سرویس، کاربران کمتری در طول بازه شبیه‌سازی در حال استفاده از سرویس قرار خواهند گرفت.

تحلیل حساسیت و سیاست‌های بهبود. تحلیل حساسیت که پس از تدوین مدل و انجام مراحل ارزیابی و نهایی‌کردن مدل، به آن پرداخته می‌شود.

تحلیل حساسیت متغیر پهنای باند. نرخ افزایش متوسط سالیانه یکی از متغیرهای تأثیرگذار بر روی میزان پهنای باند مصرفی در یک شبکه مرکز داده است.



شکل ۱۹. تحلیل حساسیت متغیر پهنای باند.

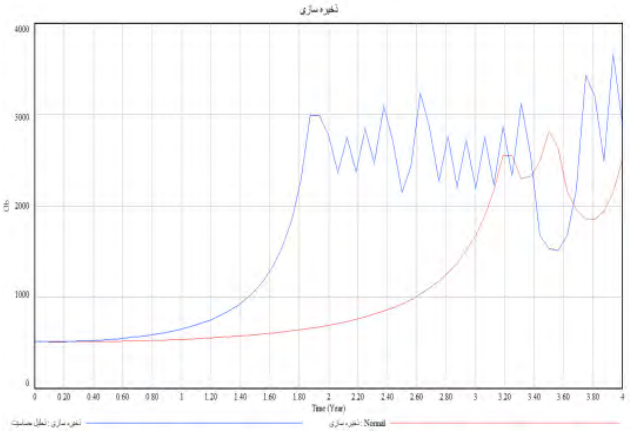


شکل ۲۰. تحلیل حساسیت متغیر پهنای باند

درصورتی‌که نرخ افزایش سالیانه به ۱۰ درصد رسانده شود، رفتاری مانند شکل ۲۰ رخ می‌دهد که سرعت رشد آن بسیار پایین آمده است و کاهش زیادی را تجربه می‌کند؛ از طرفی اگر نرخ افزایش متوسط سالیانه به ۹۰ درصد افزایش یابد، رشد قابل‌ملاحظه در میزان مصرف پهنای باند مشاهده می‌شود که در شکل ۱۹ نمایش داده شده است.

تحلیل حساسیت متغیر ذخیره‌سازی. نرخ افزایش متوسط سالیانه یکی دیگر از متغیرهای تأثیرگذار بر روی میزان ذخیره‌سازی داده است؛ درصورتی‌که نرخ افزایش سالیانه به ۱۰ درصد برسد رفتاری مانند شکل ۲۱ رخ خواهد داد که سرعت رشد آن بسیار پایین آمده و کاهش زیادی را تجربه خواهد کرد؛ اما مانند گذشته حداکثر میزان ظرفیت حمل خود نخواهد رسید و دغدغه‌ای برای پاک‌سازی اطلاعات وجود نخواهد داشت.

شکل ۲۱. تحلیل حساسیت متغیر ذخیره‌سازی.



شکل ۲۲. تحلیل حساسیت متغیر ذخیره‌سازی.

اگر نرخ افزایش متوسط سالیانه به ۹۰ درصد افزایش یابد، رشد قابل‌ملاحظه در میزان مصرف پهنای باند مشاهد می‌شود که در شکل ۲۲ نمایش داده شده است. از سال دوم، استفاده از ظرفیت حمل ذخیره‌سازی داده به حد نهایی خود خواهد رسید.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش بااستفاده از الگوی پویایی سیستم، رفتار بیش از ۱۲۵ متغیر مؤثر بر ۱۵ متغیر اصلی انباشت مرتبط مراکز داده الگوسازی شده است که با توجه به آزمون‌های انجام‌گرفته می‌توان گفت: «تغییرات متغیرهای انباشت اصلی را به‌خوبی توضیح می‌دهند». استاندارد اصلی دسترس‌پذیری مراکزداده TIA-942 بوده که تا درجه ۴ تقسیم‌بندی شده است. مرکز داده‌ای که بررسی شد؛ توانایی کسب درجه Tier 4 را در سه سال اول دارا است؛ اما در سال چهارم به این علت که میزان ساعت خارج‌ازدسترس‌بودن بیش از ۴۰ ساعت است، هیچ‌یک از زیر شاخص‌های استاندارد TIA-942 در آن قابل احراز نیست.

نقطه بهینه زمانی، با توجه به رشد صعودی کاربران پس از گذشت ۳ سال و ۲۲ روز است که در آن میزان پهنای باند مصرفی، ۱۴۹ مگابایت بر ثانیه، میزان ذخیره‌سازی، ۱۸۹۰ مگابایت و میزان بار پردازشی که سیستم تحمل خواهد کرد نیز ۱۰۰ درصد توان خواهد بود؛ همچنین تعداد کاربران درحال استفاده از سرویس در آن مقطع زمانی ۱۱۹۰ کاربر است و کیفیت سیستم نیز در بالاترین حد خود یعنی ۸۸ درصد قرار دارد. قابلیت سرویس نیز در مقدار بازدهی ۹۷/۶ درصد است.

با توجه به نتایج، متغیرهای انباشت پهنای باند و ذخیره‌سازی از الگوی رایج رشد با بالاترجهیدن و ازحدخارج‌شدن پیروی می‌کنند که این رفتار نوسانی به‌ترتیب پس از ۲ سال و ۷

ماه و ۱۹ روز و ۳ سال و ۲ ماه و ۲۹ روز شروع می‌شود و تا پایان دوره شبیه‌سازی ادامه خواهد یافت. رفتار متغیر انباشت هزینه کل در طول مدت شبیه‌سازی رشدی صعودی داشته و مدیران فعلی باید در نظر داشته باشند که کمترین میزان بودجه موردنیاز برای جذب در سال‌های دوم و سوم شبیه‌سازی با مقدار تقربی ۸۵/۵ میلیون تومان و بیشترین آن در سال اول و حدود ۱۰۴ میلیون تومان خواهد بود.

با توجه به اینکه دو عنصر کلیدی در عملکرد شبکه‌های مراکز داده میزان پهنای باند و تأخیر بهوجود آمده است و تأخیر در انتها بر روی کاربر اثرگذار است، به سازمان‌ها و مراکز صنعتی توصیه می‌شود که از قواعد تنظیم کیفیت سرویس برای اولویت‌دهی به اطلاعات در حال انتقال شبکه استفاده کنند. در پایان نیز پیشنهاد می‌گردد با توجه به اهمیت شناسایی رفتار متغیرهای اساسی و مؤثر در عملکرد فرآیندهای در جریان حوزه فناوری اطلاعات مدل‌سازی پویایی بر محور شبکه‌های ارتباطی زیرساخت رادیویی و تلفنی انجام‌شده و نتایج و رفتار کاربران با این مدل مقایسه شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. استرمن، ج. (۱۳۹۲). *پویایی‌شناسی کسب‌وکار (جلد اول): تفکر سیستمی و مدل‌سازی برای جهانی پیچیده (ترجمه کورش برارپور ... [و دیگران])*. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

۲. حسن نایبی، الهام؛ کیانی، بهداد؛ نوری، سیامک. (۱۳۸۷). بهبود برنامه‌ریزی پروژه با استفاده از مدل‌سازی عملکرد پروژه توسط روش پویایی‌های سیستم. *اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت استراتژیک پروژه‌ها*. تهران: دانشگاه صنعتی شریف، پژوهشکده شهید رضائی.

۳. شاهقلیان، کیوان؛ یوسفی، محمدعلی (۱۳۸۹). طراحی الگوی ارزیابی بهره‌وری بانکداری الکترونیک با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم. شیراز: اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و نوآوری.

۴. مصباحی فرد، سید علی؛ دخانی، محمد؛ دادگر نیا، ابوالفضل (۱۳۸۶). ارائه سرویس مدیریت زمانی جهت بهبود عملکرد شبکه‌های بی‌سیم Ad Hoc. *دهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران*، اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. میرزایی، حیدر (۱۳۸۴). *ارائه خط‌مشی نت با استفاده از سیستم داینامیک.(پایان‌نامه کارشناسی ارشد)*. دانشگاه آزاد تهران جنوب، ایران.

۶. نیک‌پی، عطیه؛ ترابی، سید علی (۱۳۹۱). ارائه چارچوبی جدید جهت انتخاب سبد مناسبی از پروژه‌های بهبود عملکرد. *نهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع*. تهران: انجمن مهندسی صنایع ایران، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی.

7. Association, T. I. (2014). *TIA-942 Data Center Standards.* Retrieved from Telecommunications Industry Association: http://www.tiaonline.org/standards

8. Beyeler, W. E., Conrad, S. H., Corbet, T. F., O Reilly, G. P., & Picklesimer, D. D. (2005). Inter Infrastructure Modeling Ports and Telecommunications. *Bell Labs Technical Journal*, 9(2), 91-105.

9. Mccallun, J., Ranai, K. & Srinivasan, B. (1990). Estimating network communication speeds for office automation . *Butterworth & Co, 13(2),* 99-107.

10. Awodee,O.,& Akanni, A. (2012). Estimation of Required Bandwidth for Organizations. *UNIASCIT, 2(2),* 257-262.

11. LeClaire,R. J., & O'Reilly, G. (2005). Leveraging a High Fidelity Switched Network Model to Inform System Dynamics Model of the Telecommunications Infrastructure. In Proceedings of 23rd International Conference of System Dynamics Society. 17-21 June 2005. Boston, USA: System Dynamics Society.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی