فصلنامه سیستم‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند
Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)

Spring 2021, 2 (1), 53-64
DOR: 20.1001.1.27832570.1399.1.1.5.9

Received: 13 Jan 2021
Accepted: 21 Mar 2021

Developing a Performance-Aware Cloud Infrastructure in E-Learning System

Nafiseh Farghzadeh[1], Nasser Modiri[*2]

1. MSc Student, Khodabandeh Branch, Islamic Azad University, Gheydar, Iran. gnfcomp@gmail.com

2. Assistant Professor, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Zanjan Branch, Islamic Azad University, Zanjan. Iran. *(Corresponding Author)* Nassermodiri@yahoo.com

Abstract

Introduction: The sharing of resources and the dynamics of workloads in e-learning systems cause competition between users and loss of efficiency. Awareness of efficiency as a key solution can protect workloads from each other's negative effects. Currently, the lack of such an infrastructure causes fluctuations in efficiency and unfavorable service quality in these systems. The purpose of the current research is to take steps to compensate for the aforementioned shortcomings and one of the most important achievements is the development of an efficient cloud infrastructure in electronic education systems. Unlike existing approaches, the proposed infrastructure does not depend on a specific execution mechanism and independently of the service level and actors, it monitors the performance of the entire cloud stack in an integrated and dynamic manner.

Method: The proposed approach displays e-learning systems based on sets of departments and operational units, components, operational dependencies, and required functional connections. The description of operational units and their duties and functions are as follows: shared knowledge repository, recovery and synchronization unit, audit and monitoring unit, inference and notification unit, control and execution unit.

Findings: The results of the implementation and evaluation of different scenarios show the superiority of the proposed infrastructure and the improvement of performance criteria.

Discussion: The proposed infrastructure uses performance values and criteria as raw data for dynamic control and performance management. Therefore, this operational framework can be used for different efficiency measures. The proposed approach is able to support performance optimization and management of its requirements for a multi-tenant environment . The approach of the present research, considering the aspects of awareness of efficiency in electronic education systems, can be used as an effort to create a general roadmap and a perspective to achieve awareness of efficiency in basic cloud services.

Keywords: E-learning, Infrastructure, Cloud computing, Learning management system, Performance-awareness.

فصلنامه سیستم‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند
Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)
انجمن علمی تجارت الکترونیکی ایران
واحد زنجان

توسعه زیرساخت ابری آگاه از کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۲

سال دوم، بهار ۱٤۰۰
شمارهٔ اول، صص: ۵۳- ٦٤

نفیسه فارغ زاده[۱]، ناصر مدیری*[۲]

۱ . گروه مهندسی کامپیوتر، واحد خدابنده، دانشگاه آزاد اسلامی، قیدار ، ایران. gnfcomp@gmail.com
۲ . استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران . Nassermodiri@yahoo.com

چکیده: اساساً اشتراک منابع و پویائی بارهای کاری در سیستم‌های آموزش الکترونیک موجب رقابت بین کاربران و افت کارایی می‌گردد. وجود نوسانات کارایی و افت کیفیت خدمت در چنین محیط‌هایی تهدیدکننده راندمان کاری و اجرای صحیح خدمات مرتبط و ارائه کارکرد مجتمع می‌باشد. آگاهی از کارایی به عنوان یک راهکار کلیدی قادر است بارهای کاری را از تأثیرات منفی یکدیگر محافظت ماید. درحال حاضر فقدان چنین زیرساختی موجب نوسانات کارایی و کیفیت خدمات نامطلوب در این سیستم‌ها می‌گردد. هدف پژوهش حاضر گام برداشتن درجهت جبران نواقص مذکور و از مهم‌ترین دستاوردهای آن توسعه زیرساخت ابری آگاه از کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک می‌باشد. زیرساخت پیشنهادی برخلاف دیدگاه‌های موجود، به مکانیزم اجرایی خاصی وابسته نمی‌باشد و مستقل از سطح خدمت و کنش‌گرها، کارایی را در کل پشته ابر به‌صورت یکپارچه و پویا پایش می‌نماید. نتایج پیاده‌سازی‌ها و ارزیابی سناریوهای مختلف مبین برتری زیرساخت پیشنهادی و بهبود معیارهای کارایی مهمی مانند زمان پاسخ سیستم، گذردهی و بهبود مصرف منابع سیستمی مانند واحد پردازشگر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آموزش الکترونیک، زیرساخت اگاه از کارایی، رایانش ابری، سیستم مدیریت یادگیری.

۱. مقدمه

امروزه انواع مختلف و متنوع آموزش‌های مجازی و الکترونیکی به‌عنوان دستاوردهای مؤثر حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات و مدل‌های نوین ارائه خدمات آموزشی، در حال فعالیت و دستیابی به بلوغ می‌باشند. آموزش الکترونیک عبارت است از هر نوع یادگیری که توسط به‌کارگیری انواع روش‌های نوین آموزش، محیط‌های مجازی و ابزارهای الکترونیک انجام‌می‌گیرد و درجهت بهبود کیفیت فرایند یاددهی-یادگیری می‌باشد[۱]. درواقع آموزش‌های مجازی و الکترونیکی می‌توانند کلیه فعالیت‌های آموزشی کاربران، به‌صورت برخط و غیر برخط را از طریق رایانه‌ها و دیگر ابزارهای الکترونیکی شبکه‌ای و غیرشبکه‌ای درجهت دستیابی به اهداف آموزشی را پوشش‌دهند. امکان دسترسی به محتوای آموزشی بروز در هر زمان و مکان و تکرار وافر آن بدون محدودیت‌های زمانی و مکانی مبیّن مزایای این رویکرد و ضرورت بهره-گیری از آموزش‌های الکترونیک و توسعه این نوع آموزش‌ها در جوامع تکنولوژی محور امروزی می‌باشد.

اساساً ترکیب آموزش الکترونیکی با برخی کارکردهای فناوری اطلاعات قادر است خدمات کاراتر و مؤثرتری را نسبت به روش‌های سنتی آموزش الکترونیک به کاربران ارائه‌نماید. رایانش ابری فناوری نوینی است که با ارائه نرم‌افزار، میان افزار و زیرساخت به‌عنوان خدمات تحت‌وب اشتراکی به‌طوری چشمگیر مورد توجه و تقاضای دنیای فناوری اطلاعات قرارگرفته‌است و تحول عظیمی در نحوه ارائه خدمات فناوری محور ایجادنموده‌است. خدمات ابری را می‌توان براساس نیاز مخاطب درقالب ابرهای عمومی، خصوصی و یا ترکیبی و متنوع ارائه‌نمود. با به‌کارگیری سیستم‌های مدیریت یادگیری مبتنی بر ابر[1] که بر روی اینترنت و به‌صورت پویا میزبانی می‌شوند، طراحان حوزه آموزش به جای اینکه به نصب موردی برنامه‌های اجرایی و نرم افزار مدیریت دوره نیاز داشته‌باشند، می‌توانند به سهولت از مرورگرهای تحت‌وب مرتبط برای بارگذاری محتوای دروس، ایجاد دوره‌های آموزشی جدید، ازمون‌های برخط و ارتباط مستقیم با کاربران استفاده‌کنند[۲]. با به‌کارگیری رایانش ابری می‌توان زیرساختی قابل‌دسترس، انعطاف‌پذیر و مقرون به صرفه جهت ارائهٔ خدمات آموزش الکترونیکی فراهم‌نمود که دارای قابلیت تنظیم خودکار و آگاهی از کیفیت خدمت و کارایی باشد. در این حوزه کارایی به نحوه به‌کارگیری و بهره‌برداری مؤثر از منابع محاسباتی، رایانشی و آموزشی سازمان درجهت نیل به اهداف آموزشی اشاره‌دارد[۳]. لازم به ذکر است که درکنار مزایای ارائه آموزش‌های الکترونیکی مبتنی بر تکنولوژی‌های رایانش ابری، این حوزه با چالش‌هائی نیز روبرو می‌باشد که لزوم پژوهش و تحقیق بیشتر در این زمینه را ایجاب‌می‌نماید. مطابق برخی پژوهش‌های اخیر [۲، ۴ و ۵]، درحال حاضر پلتفرم‌های آموزش الکترونیکی نیاز به هزینه‌های بالای اولیه در زیرساخت اجرایی و برنامه‌های کاربردی دارند و بسیاری از مؤسسات آموزشی ارائه‌دهنده این نوع آموزش‌ها قادر به تأمین اصولی نیازمندی‌های منابع و زیرساخت‌های لازم برای اجرا و مدیریت کارای راه‌حل‌های آموزشی نبوده‌اند. همچنین آگاهی از کارایی در ارائه خدمات آموزشی چالشی اساسی می‌باشد که سازمان‌های ارائه‌دهنده آموزش‌های مجازی و الکترونیکی با آن مواجهند و عدم‌توجه به مقوله کارایی تهدیدی جدی برای بقای سازمان‌های ارائهدهنده آموزش‌های مجازی و الکترونیکی می‌باشد و موجبات عدم تمایل کاربران درخصوص مهاجرت به چنین محیط‌هایی را فراهم‌می‌سازد. اگاهی از کارایی و پایش مداوم معیارهای مرتبط می‌تواند با یکپارچه‌سازی سرمایه‌های دانشی سازمان‌ها و مؤسسات آموزشی در بخش‌های مختلف و تأثیرگذاری مستقیم بر مفاهیمی مانند مدیریت مؤثر منابع و تصمیم‌گیری و پردازش هوشمندانه درخواست‌های کاربران، بازطراحی فرایندها، تولید دانش جدید و تبدیل دانش ضمنی به صریح، زمینه ارتقای زیرساخت اجرایی و دستیابی مؤثر به اهداف آموزشی موردنظر را به‌ارمغان‌آورد. موارد فوق از جمله کارکردهای کلیدی آگاهی از کارایی درحوزه آموزش‌های الکترونیک می‌باشند که سازمان‌ها برای رسیدن به اهداف خود به شدت نیازمند آن‌ها می‌باشند. بدیهی است سازمان‌ها بدون داشتن راهبرد مشخصی در مدیریت کارایی نمی‌توانند بهره‌ای از این کارکردها داشته‌باشند و می‌بایست در این خصوص پژوهش‌های کاربردی و سیاست‌های راهبردی هدفمند تدوین‌گردند. بر این اساس، ضروری است سازمان‌ها و مراکز علمی مرتبط مطالعات گسترده در این زمینه انجام‌داده و پس از استخراج مؤلفه‌های کلیدی، راهبردهای مؤثر را ارائه و عملیاتی نمایند. همچنین جهت استفاده بهینه از خدمات آموزشی برخط، دراختیارداشتن یک بستر مبتنی بر فناوری و زیرساخت نظارتی و مدیریتی مؤثر جهت نظارت بر کیفیت خدمات و معیارهای کارایی منتخب ضروری‌می‌باشد. بدیهی است تنها در صورت درک صحیح ضرورت و توجه ویژه به اگاهی از کارایی و به‌کارگیری آن در سازمان‌ها و مراکز علمی به منظور رسیدن به اهداف آموزشی، شاهد موفقیت روزافزون و تحول در شیوه ارائه خدمات آموزش الکترونیک مؤثر خواهیم‌بود. در این راستا و به‌منظور گام برداشتن درجهت رفع نواقص موجود، پژوهش حاضر در مقایسه با تحقیقات قبلی، با رویکردی نوآورانه و کاربردی زیرساخت نظارتی ابری نوینی جهت توسعه سیستم‌های آموزش الکترونیک آگاه از کارایی را پیشنهاد می‌نماید و مهم‌ترین دستاوردهای آن ارائه زیرساخت ابری آگاه از کارایی درحوزه خدمات آموزش الکترونیکی، پیاده‌سازی و ارزیابی قابلیت‌های عملکردی پیشنهاده برای سناریوهای خدمات رسانی متفاوت و متنوع، به‌منظور تؤکید بر سودمندی و کاربرد آن می‌باشد. زیرساخت پیشنهادی برخلاف دیدگاه‌های موجود، به سیاست و یا مکانیزم اجرایی خاصی وابسته نمی‌باشد و مستقل از سطح خدمت و کنشگرها، کارایی را در کل پشته خدمات ابری بنیادین به‌صورت یکپارچه و پویا پایش و نظارت‌می‌نماید. نتایج پیاده سازی‌ها و ارزیابی‌های سناریوهای اجرایی مختلف، مبین برتری و سودمندی زیرساخت پیشنهادی می‌باشد.

در ادامه مقاله پس از بررسی ادبیات تحقیق و مقایسه دیدگاه پیشنهادی پژوهش حاضر با تحقیقات مرتبط، ابعاد و اجزای زیرساخت ابری پیشنهادی تشریح‌می‌گردد و سپس به‌منظور تأکید بر کاربرد و

اهمیت زیرساخت پیشنهادی، در قسمت مطالعه موردی سناریوهای کاربرد مختلف پیاده‌سازی می‌گردند. در بخش مباحثه، نتایج آزمون‌های انجام‌شده بررسی و با تحقیقات مرتبط مقایسه‌می‌گردد و در نهایت، در بخش نتیجه‌گیری، نتایج پیاده‌سازی‌ها بیان و تحلیل خواهندشد و پیشنهادات و راهکارهایی جهت توسعه زیرساخت‌های ابری آگاه از کارایی در حوزه آموزش‌های الکترونیک پیشنهادمی‌گردد.

۲. پیشینه پژوهش و مقایسه

بررسی پژوهش‌های اخیر حاکی از آن است که به‌کارگیری فناوری رایانش ابری در حوزه آموزش‌های مجازی و الکترونیکی به عنوان یک رویکرد نوین، قابل‌دسترس و مقرون به‌صرفه به محبوبیت و انعطاف-پذیری قابلیت‌های عملکردی این آموزش‌ها می‌افزاید. اگرچه همانند هر فناوری دیگری، این پارادایم نیز با ریسک‌هائی مواجه‌بوده و بنابراین نیازمند مدیریت و نظارت اصولی می‌باشد. درمحیط‌های آموزش مجازی مبتنی بر رایانش ابری اشتراک منابع رایانشی و پویائی بارهای کاری موجب رقابت برای دستیابی به منابع و اجرای درخواست‌ها می‌گردد و رقابت مدیریت نشده موجب نوسان، افت کارایی و نقض قراردادهای سطح خدمت می‌گردد. آگاهی از کارایی و پایش اصولی معیارهای مرتبط به عنوان یک راهکار کلیدی قادر است بارهای کاری را از تأثیرات منفی یکدیگر محافظت‌نموده و کیفیت خدمات در حوزه آموزش‌های الکترونیک را افزایش‌دهد.

در حوزه آموزش‌های الکترونیک، در پژوهش[۶]، با ارائه یک مدل نظری عوامل پشتیبانی و مدیریت اصولی منابع و کارایی را به عنوان یک شاخص اصلی و تأثیرگذار در افزایش کیفیت خدمات آموزش الکترونیکی معرفی می‌نماید. اگرچه این پژوهش در راستای دستیابی به شاخص‌های کیفی شناسائی شده راهکار عملی و چارچوب اجرایی را جهت نظارت مؤثر بر فاکتورهای کارایی پیشنهاد نمی‌نمایند. همچنین در پژوهش[۷] مولفان توسط یک مطالعه تحلیلی تأثیر رایانش ابری بر عملکرد کاراتر آموزش‌های الکترونیک حوزه تحصیلات تکمیلی را بررسی نموده و بهره-گیری از پایگاه دانش و وجود یک طرح مدیریتی را از الزامات پیاده‌سازی مؤثر این رده از خدمات ذکر نموده‌اند. اگرچه مؤلفان درخصوص پیاده سازی طرح مدیریتی پیشنهادی ورود نکرده و تنها به پیشنهاد آن بسنده‌نموده‌اند. Qwaider و همکاران در[۸] مبانی معماری سیستم-های مدیریت یادگیری الکترونیک مبتنی بر رایانش ابری را بررسی نموده و دراین راستا یک چارچوب نظری ارائه‌نموده‌اند. Tamang در [۹] مدلی جهت بهبود کیفیت خدمات و معیار زمان پاسخ در آزمایشگاه‌های مبتنی بر آموزش‌های مجازی، در سطح زیرساخت به عنوان خدمت در حوزه رایانش ابری پیشنهادمی‌نماید. Zaharescu و همکاران در[۱۰] یک معماری مبتنی بر زیرساخت رایانش ابری خصوصی تحت لایه‌ها و المان‌های مختلف جهت مدیریت سیستم‌های آموزش الکترونیک پیشنهاد داده‌اند که البته این پیشنهادها آگاه از کارایی نمی‌باشد.

در حوزه آگاهی از کارایی در محیط‌های ابری Singh و همکاران در[۱۱] یک مکانیسم بهینه‌سازی کلونی مورچه[۲] جهت تطبیق منابع کارآمد و به حداقل رساندن معیار زمان اجرا در سطح خدمات زیرساختی ابری را ارائه‌نموده‌اند. همچنین مؤلفان در[۱۲] یک دیدگاه آگاه از کارایی به‌منظور تنظیم معیار انرژی مصرفی در مراکز داده ابری ارائه‌نموده‌اند. همچنینSuresh و همکاران در[۱۳] چارچوب کاری جهت بهبود معیار توان مصرفی و مدیریت کارایی ابری را براساس سیاست تنظیم بارکاری پیشنهاد نموده اند. اگرچه هیچ یک از راهکارهای ارائه‌شده در[۱۱-۱۳] به طور خاص به نیازمندی‌های بهبود و مدیریت کارایی در محیط‌های آموزش الکترونیک مبتنی بر رایانش ابری نپرداخته‌اند. با احترام به دستاوردهای تحقیقات پیشین، اغلب دیدگاه‌های بررسی‌شده بهبود و مدیریت کارایی را به‌صورت پراکنده و موردی با تأکید بر سطح خاصی از کاربردها بررسی‌نموده‌اند. ضمن اینکه غالبا از قراردادهای سطح خدمت آگاهی ندارند و براساس مطالعات ما درحال حاضر هیچ رویکرد مدیریتی که ابعاد مختلف مسئله آگاهی از کارایی را به‌صورت یکپارچه و پویا برای سیستم‌های آموزش الکترونیک ابری درنظر داشته‌باشد وجود ندارد و این فقدان باعث شده است کاربرد اغلب زیرساخت‌ها راه‌حل‌های کارایی محور ارائه‌شده، برای چنین محیط‌هایی سؤال‌انگیز و مبهم باشد. این همان رویکرد نوین پیشنهادی و تفاوت پژوهش حاضر با تحقیقات قبلی می‌باشد. درواقع دیدگاه پیشنهادی ما با پیشنهاد زیرساخت ابری آگاه از کارایی برای سیستم‌های آموزش الکترونیک، مدیریت کارایی را از منظر کلان مدنظر قرارداده و مستقل از سطح اجرا، سیاست و تکنیک-های بهبود کارایی، فرایند نظارتی مدوّنی را با درنظرگرفتن اهداف و قراردادهای سطح خدمت رایج در چنین محیط‌هایی ارائه‌می‌نماید و این همان مفهوم کلان آگاهی از کارایی می‌باشد که در سراسر این پژوهش بر آن تأکید می‌نمائیم. چنین دیدگاهی با جامع‌نگری بر ابعاد مختلف مساله، اگاهی از کارایی و ردیابی و پایش سیستماتیک آن می‌تواند درجهت رفع محدودیت‌های قبلی و ایجاد جامعیت و پیوند با دیدگاه‌های کلیدی قبلی به‌صورت مؤثرتر مورد بهره‌برداری قرارگیرد.

شایان ذکر است که فارغ از روش‌ها و تکنیک‌های مختلف نظارت کیفیت خدمت و میزان بهبود معیارهای کارایی مرتبط، از دیدگاه ما آنچه ضروری به‌نظر می‌رسد این است که یک زیرساخت مدیریتی مدوّن، پویا و یکپارچه و با قابلیت آگاهی از قراردادهای سطح خدمت ایجاد گردد تا بتوان استراتژی‌های نظارتی را به‌صورت قابل‌توسعه در سطوح مختلف نهادهای اجرایی به‌کارگرفت. این اصل مهم‌ترین تفاوت این پژوهش با تحقیقات قبلی و از رویکردهای نوین پژوهش حاضر می‌باشد.

پژوهش حاضر از حیث هدف و روش یک تحقیق توسعه‌ای و کاربردی است و زیرساخت پیشنهادی پس از توسعه و پیاده‌سازی بر مبنای روش کمّی/آزمایشی ارزیابی شده‌است. بررسی مشاهدات حاصل از توسعه زیرساخت و نتایج آزمون‌ها براساس معیارهای کارایی اصلی در سیستم‌های آموزش الکترونیک مانند میزان مصرف منابع، زمان پاسخگویی به کاربران و گذردهی، قابلیت کاربرد و مفید بودن زیرساخت

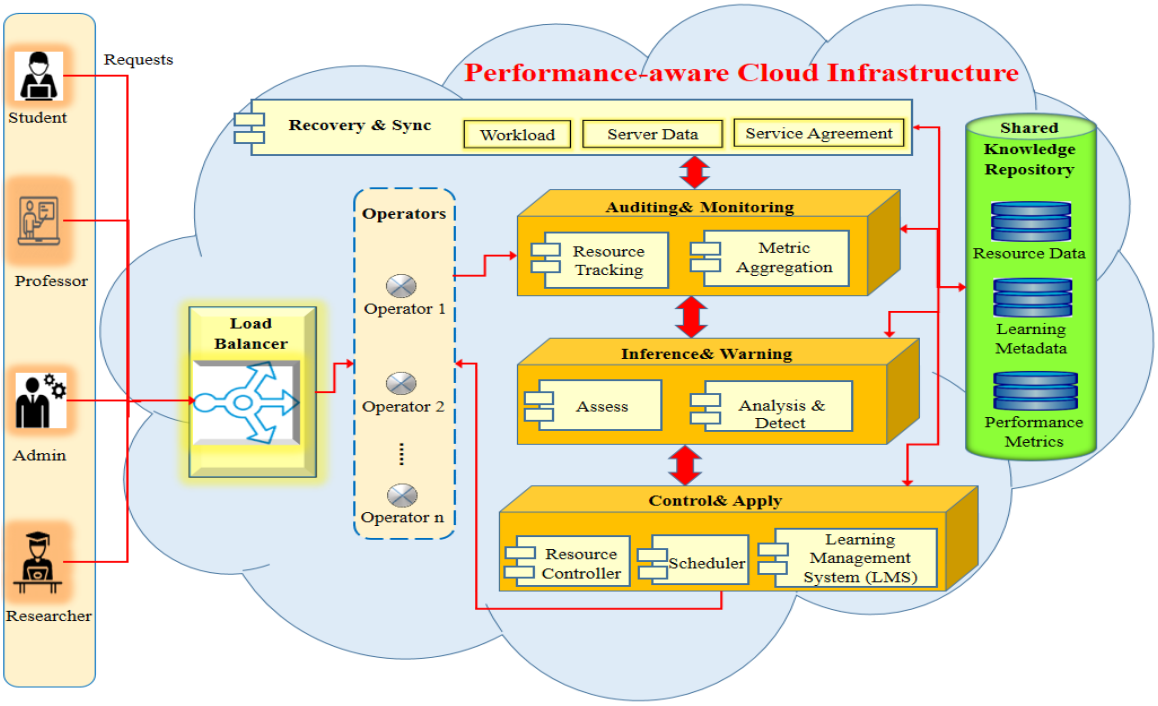
پیشنهادی درجهت پایش اصولی و بهبود معیارهای کارایی منتخب را نشان‌داد. در قسمت بعد فرضیه، سؤالات پژوهش و ابعاد دیدگاه پیشنهادی پژوهش را به تفضیل بیان‌می‌نمائیم.

۳. توسعه زیرساخت پیشنهادی

در عصر فناوری اطّلاعات و ارتباطات، کارایی خدمات از مهمترین مزیت-های رقابتی اکثر سازمان‌های فعال در حوزه خدمات مبتنی بر رایانش ابری به‌شمارمی‌رود. چنین سازمان‌هایی جهت ارتقای سودآوری، کاهش منطقی هزینه‌ها و افزایش رضایت کاربران به‌دنبال یافتن روش‌های نوینی جهت دستیابی به معیارهای کارایی و بهبود روزافزون کیفیت خدمات خود هستند. در میان انواع سازمان‌های ارائه‌دهنده خدمات، سازمان‌های عمومی، تماس و تعامل بیشتری با افراد داشته و مسئله کارایی برای آن‌ها ملموس‌تر است. در این میان، محیط‌های آموزشی نه تنها در ارائه خدمات به جویندگان علم نقش مهمی ایفا می‌کنند، بلکه خدمات این سازمان‌ها به گونه ای است که تمام بخش‌های جامعه به نوعی از آن بهره‌مندمی‌شوند، بنابراین، بی‌توجهی به ابعاد کارایی در این سازمان‌ها پیامدهایی چون افت تحصیلی، وابستگی علمی، عدم استقبال مخاطب، کاهش مهاجرت به زیرساخت فناور محور و ضعف تولید دانش را به همراه خواهدداشت [۱۴-۱۵].

در این راستا، هدف پژوهش حاضر گام برداشتن در جهت جبران برخی نواقص موجود و مهم‌ترین دستاورد آن توسعه زیرساخت ابری آگاه از کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک می‌باشد. بنابراین مهمترین فرضیه پژوهش حاضر بررسی تأثیر زیرساخت ابری آگاه از کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک و بهبود متریک‌های مهم کارایی می‌باشد. بر این اساس سؤالات زیر قابل‌طرح و بررسی است:

- آیا توسعه زیرساخت ابری آگاه از کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک بر بهبود عملکرد کلی این سیستم‌ها مؤثر است؟
- توسعه زیرساخت ابری آگاه از کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک بر روی کدامیک از معیارهای کارایی تأثیر دارد؟
- یک زیرساخت نوعی آگاه از کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک باید چه اجزاء و المان‌هائی را، تحت چه ارتباطاتی پوشش‌دهد و پشتیبانی‌نماید؟



شکل ۱: توصیف اجزاء و ارتباطات زیرساخت ابری آگاه از کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک

لذا در این قسمت ابتدا معماری سیستمی زیرساخت پیشنهادی را توصیف نموده و سپس قابلیت‌های عملکردی آن را براساس مجموعه ای از واحدهای عملیاتی تشریح‌می‌نمائیم. زیرساخت پیشنهادی با مقادیر فاکتورهای کارایی به صورت داده‌های خام جهت کنترل پویا و مدیریت استفاده‌می‌نماید. بنابراین زیرساخت ابری پیشنهادی برای پارامترها و معیارهای مختلف کارایی قابل به‌کارگیری است.

شکل۱. معماری سیستمی و اجزای زیرساخت ابری پیشنهادی پژوهش حاضر را نمایش‌می‌دهد:

شکل۱ اجزاء زیرساخت ابری پیشنهادی آگاه از کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک را براساس مجموعه‌ای از بخش‌ها و واحدهای عملیاتی، اجزاء، وابستگی‌های اجرایی و ارتباطات عملکردی موردنیاز نمایش‌می‌دهد. توصیف واحدهای عملیاتی و وظائف و کارکردهای آن‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- **مخزن دانش اشتراکی**

این واحد کلیدی می‌تواند شامل مجموعه‌ای از زیرسیستم‌های پیشرفته پایگاه داده‌ای جهت ذخیره‌سازی و مدیریت یکپارچه جهت دستیابی به اطلاعات موردنیاز و آگاهی از کارایی باشد. در این راستا پایگاه‌های داده-ای موردنیاز شامل موارد زیر است:

- پایگاه داده منابع: این پایگاه داده‌ای مسئول ذخیره‌سازی و نگهداری اطلاعات مرتبط با منابع سیستمی به‌کارگرفته‌شده در ارائه خدمات، الگوی به اشتراک‌گذاری منابع در زیرساخت ابری، پارامترها و مؤلفه‌های عملکردی و کیفی مرتبط با هر منبع، شرایط دسترسی و محدودیت‌های اجرایی و نهایتاً سیاست‌های تخصیص منبع می‌باشد.

- پایگاه داده فراداده‌های آموزش: این پایگاه داده جهت نگهداری الزامات و ضروریات آموزشی و محتوای الکترونیک به‌کارگرفته‌می‌شود. اساساً فراداده به معنی داده‌ایی درباره سایر داده‌ها است و توصیف دقیقی درباره مشخصات یک قلم داده است که استفاده و مدیریت آن را آسان می‌سازد. فراداده‌های آموزشی اطلاعاتی در مورد مراجع و منابع آموزشی ارائه می‌نمایند و می‌توانند مؤلفه‌های آموزشی از قبیل روابط شبکه آموزش مجازی، فهرست داده‌های فعال اینترنتی و مجموعه الزامات و قوانین سیستم آموزشی که توسط داده‌ها تحت پوشش قرارمی‌گیرند، را شامل شوند. همچنین این فراداده‌ها قادرند هرگونه داده غیرالکترونیکی مانند نقشه‌های کاغذی و یا داده‌های الکترونیکی غیربرخط از قبیل داده‌های ذخیره‌شده بر روی CD و سایر ابزارهای ذخیره‌سازی را توصیف-کنند[۱۶].

- پایگاه داده معیارهای کارایی: اطلاعات مرتبط با پارامترهای کیفی سرویس و معیارهای کارایی و توافقات سطح خدمت مانند زمان پاسخ و گذردهی عموماً توسط این پایگاه داده ذخیره سازی، تایید اعتبار و به-روزرسانی‌می‌شوند.

- **واحد بازیابی و همگام‌سازی**

این واحد عملیات اجرایی سایر واحدهای زیرساخت ابری را با استفاده از اطلاعات موجود در مخزن دانش اشتراکی، در جهت بهبود و مدیریت کارایی هماهنگ می‌نماید. قابلیت‌های عملکردی این واحد در ساده‌ترین حالت می‌تواند توسط ویژگی و مشخصه پشته فراخوانی[3] و ارجاعات پیاده سازی و یا شخصی‌سازی گردد.

- **واحد حسابرسی و نظارت**

واحد حسابرسی و نظارت اطلاعات پردازشی موردنیاز زیرساخت مدیریتی از محیط خدمت را توسط عملگرهای محیطی جمع‌آوری نموده و در مخزن اشتراکی ذخیره‌می‌نماید. به‌کارگیری عامل‌های دیده‌بانی و تهیه فایل‌های ثبت وقایع از روش‌های معمول و رایج حسابرسی و نظارت در زیرساخت ابری پیشنهادی می‌باشند. در این صورت داده‌های دیده‌بانی شده را می‌توان در قالب رخدادهای ثبت‌شده[4] نیز ذخیره‌نمود. به این منظور، در واحد حسابرسی و نظارت جزء جمع‌آوری‌کننده معیار به‌منظور جمع‌آوری معیارهای موردنیاز از عملگرهای مرتبط به‌کارگرفته‌شد. این جزء می‌تواند از معیارهایی مانند بارکاری، میزان مصرف منابع، گذردهی، زمان پاسخ و سایر اهداف سطح خدمت نمایه‌های مناسب در بازه‌های زمانی مشخص را برای نهادهای موردنظر ایجاد نماید. همچنین این جزء می‌تواند از نرمال‌سازی، فیلترینگ و مدل سازی جهت تجمیع و یا دستیابی به انواع معیارهای موردنظر مانند مجموع یا میانگین استفاده نماید. معیارهای جمع آوری‌شده با گردآوری و ذخیره‌سازی در مخزن دانش اشتراکی می‌توانند توسط واحد بازیابی و همگام‌سازی قابل دستیابی و بهره‌برداری باشند.

- **واحد استنباط و اعلان**

این واحد عملیاتی منطقی علائم دریافتی از واحد دیده‌بانی را برای کشف یا پیش‌بینی تداخلات کارایی ناشی از بارکاری و مصرف افزونه و شناسائی شرایط نقض قراردادهای سطح خدمت تجزیه و تحلیل می‌نماید. به این منظور واحد تشخیص جزء منطقی به‌نام موتور تحلیل و شناسائی را در جهت تحلیل و مدل‌سازی رفتار سیستم درجهت تعیین ارتباط بین بارگذاری، تخصیص و مصرف منابع، با معیارهای کارایی به خدمت می-گیرد.

- **واحد کنترل و اجرا**

این واحد از طریق مجموعه‌ای از عملگرهای محیطی با سرویس هدف مرتبط بوده و براساس به‌کارگیری اطلاعات سیستم مدیریت یادگیری، مجموعه ای از گام‌ها و عملیات کنترلی و اجرایی را درجهت بهبود و مدیریت کارایی اجرامی‌نماید. شایان ذکر است که تهیه‌کنندگان خدمات ابری برحسب تغییر شرایط باید بتوانند از سیاست‌های کنترلی و مکانیزم‌های اجرایی متفاوتی استفادهنمایند. زیرساخت ابری پیشنهادی می‌تواند از مکانیزم‌های تعاملی پویا مانند plug-in به‌منظور جایگزین کردن سیاست‌های اجرایی و الگوریتم‌های مختلف بدون نیاز به تغییر اساسی در زیرساخت استفاده‌نماید. اطلاعات پردازشی سیاست‌های کنترلی و اجرایی پس از تثبیت و تبیین درون مخزن دانش اشتراکی قرارمی‌گیرند و توسط مدیر منبع اجرا می‌شوند. تأکیدمی‌کنیم که اساساً انتخاب سیاست‌گذاری کنترل و مکانیزم اجرایی مناسب برای سطوح مختلف خدمات ابری بنیادین به عوامل مختلفی همچون سطح خدمت،

شرایط و محدودیت‌های حاکم بر محیط اجرایی (مانند سطوح دسترسی و الزامات کنترلی) و اهداف کیفی و قراردادهای سطح خدمت بستگی دارد که این عوامل در مجموع ترجیحات ارائه‌کنندگان خدمات را تعیین می‌نمایند. به عنوان مثال یک تهیه‌کننده خدمت هنگام انتخاب مکانیزم اجرایی برای سیاست‌گذاری کنترل نرخ ورود ممکن است ترجیح دهد درخواست‌های اضافه بر ظرفیت سیستم را کاملاً رد نماید، درصورتی که درحالت دیگری ممکن است مکانیزم اجرایی ایجاد تاخیر در پردازش درخواست‌های افزونه انتخاب‌شود. به اعتقاد ما آن چه ضروری بنظر می‌رسد این است که یک زیرساخت جامع ایجادگردد تا بتواند المان‌ها و نیازمندی‌های اساسی کارایی را به‌صورت پویا و یکپارچه پشتیبانی و مدیریت نماید که ارائه این زیرساخت مدیریتی از دست‌آوردهای پژوهش حاضر می‌باشد.

در انتها یادآور می‌شویم که زیرساخت مدیریتی پیشنهادی را می‌توان به‌صورت ترکیبی از تکنیک‌های متمرکز و نامتمرکز محقق‌ساخت. در واقع برای هر میزبان می‌توان یک حلقه کنترلی محلی براساس مدیریت متمرکز استفاده نمود. همچنین ارتباط و هماهنگی بین میزبان‌های مجاور و کلاسترها از طریق پروتکل‌های نقطه به نقطه و با به‌کارگیری مدیریت نامتمرکز امکان‌پذیر است. شایان ذکر است که با به‌کارگیری این چارچوب مدیریتی به‌عنوان یک نقشه راه عمومی تهیه‌کنندگان خدمات ابری می‌توانند راه‌حل‌های مختلف بهینه سازی و مدیریت کارایی را بدون نیاز به تغییرات اساسی به محیط‌های متفاوت اعمال نموده و بازخورد این تغییرات در محیط اجرا را ارزیابی نمایند.

۴. پیاده‌سازی

در این قسمت به‌منظور ارزیابی عملکرد و بیان کاربرد، پیاده‌سازی زیرساخت مدیریتی پیشنهادی را براساس سناریوهای رایج در محیط خدمات آموزش الکترونیک انجام می‌دهیم. لازم به ذکر است، پیاده‌سازی سناریوهای خدمات ابری و آزمون‌ها در محیط آموزش الکترونیک ابری در مرکز خدمات رایانشی فراپرداز و لابراتوارهای مبتنی بر ابرخصوصی شامل خدمات VCloud, CloudStack صورت‌پذیرفت. ارزیابی و محک معیارهای کارایی نیز براساس محک کارایی عمومی تحت‌وب مبتنی بر تراکنش TPC-W[5] [۱۷]، انجام شده‌است. سناریو سرویس پیاده‌سازی‌شده زیرساخت پیشنهادی را به محیط خدمتی اعمال‌می‌نماید که در این محیط خدمت چندین متقاضی روی یک نمونه کاربرد آموزشی مشترک میزبانی می‌گردند. چنین الگویی از سبک‌های معماری رایج در خدمات آموزش الکترونیکی ابری می‌باشد، چراکه در ارائه خدمات آموزشی منابع لایه‌های زیرساخت، میان افزار و کاربرد به‌صورت اشتراکی بین کاربران محیط آموزش مجازی استفاده‌می‌شوند. درواقع در این سطح از خدمات یادگیرنده‌های هم مکان روی یک نمونه کاربرد اشتراکی عملگرهای رقیبی می‌باشند که برای دسترسی به منابع اشتراکی میزبان بایکدیگر رقابت‌می‌کنند. در این سطح، اشتراک منابع بین کاربران یک نمونه کاربرد آموزشی مشترک می‌تواند موجب احتمال تداخل کارایی بین کاربران گردد که ضرورت بهینه‌سازی و مدیریت کارایی را ایجاب می‌نماید. بنابراین درچنین شرایطی مدیریت و بهبود کارایی تنها راه‌حل پیشگیرنده از تداخلات کارایی و کاهش کیفیت خدمت می‌باشد که در مطالعات موردی این قسمت به آن‌ها می‌پردازیم. در این سناریو سرویس از محک کارایی تحت‌وب مبتنی بر تراکنش TPC-W جهت تولید بارکاری پویا و محک معیارهای کارایی استفاده شده است. TPC-W یک محک رایج و عمومی پذیرفته‌شده توسط صنعت جهت پیاده‌سازی عملیات عمومی برنامه‌های کاربردی تحت‌وب برخط است. در این رابطه محک TPC-W ایجاد بانک‌های اطلاعاتی توزیعی مرتبط با خدمات نرم‌افزاری تحت‌وب، صفحات وب پویا و مرورگرهای تقلیدی مرتبط با نشست‌های کاربران[6] را پشتیبانی‌می‌نماید. این محک هیچگونه تکنولوژی و تکنیکی برای پیاده‌سازی محک تعیین نمی‌کند بلکه تنها یک استاندارد عمومی را برای پیاده‌سازی سناریوهای مرتبط مشخص‌می‌نماید، بنابراین به عنوان یک محک عمومی درنظر گرفته می‌شود. این محک سرویس‌هائی شامل مرورگرهای تقلیدی به عنوان کاربر خارجی و مجموعه‌ای از جریان‌های درخواست مبتنی بر زنجیره مارکوف را ایجاد می‌نماید و از طریق آن می‌توان کارایی خدمات ابری را در شرایط بارکاری مختلف اندازه‌گیری‌نمود. بارکاری متغیر را می‌توان با تغییر تعداد مرورگرهای تقلیدی که درخواست‌ها را به سرویس برخط ارسال-می‌نمایند، ایجاد نمود[۱۸-۱۹].

در این سناریو سرور تولیدکننده بار از طریق تراکنش‌های درخواست/پاسخ با سرویس TPC-W ارتباط برقرار نموده و مرورگرهای تقلیدی که بارکاری پویا را به محیط سرویس ارسال‌می‌نمایند، ایجاد می‌کند. هر مرورگر تقلیدی را می‌توان به عنوان یک کاربر متقاضی خدمات درنظرگرفت. در واقع مرورگرهای تقلیدی نشست‌هایی را شروع نموده و تراکنش‌های مرتبط را فراخوانی‌می‌نمایند. محک استاندارد مسیرهای ممکن برای حرکت داخل نشست کاربر متقاضی را براساس جداول انتقال حالت نشان‌می‌دهد و احتمال انتقال بین تراکنش‌ها را براساس زنجیره مارکوف توصیف‌می‌نماید. زمان تفکر کاربر بین دو تراکنش و حداقل طول نشست کاربر از توزیع نمائی پیروی‌می‌کند. همچنین مقیاس‌پذیری بارکاری پویا، با پیکربندی میانگین زمان تفکر کاربر و تغییر اندازه بانک اطلاعاتی موجود امکان‌پذیر است. به‌صورت پیش‌فرض اندازه بانک اطلاعاتی به واسطه تعداد آیتم‌ها و تعداد کاربران مشخص‌می‌گردد.

در این سناریو از یک پیاده‌سازی محک مبتنی بر جاوا سرولت[7] استفاده شده است. میان افزار Apache Tomcat 7.0 خدمات محک TPC-W را میزبانی‌می‌نماید و سرویس‌دهنده پایگاه داده MySQL 5.5 به عنوان مخزن دانش اشتراکی در زیرساخت مدیریتی پیشنهادی نقش‌آفرینی نموده و مانائی اطلاعات در ارائه خدمات را تضمین‌می‌نماید. به‌منظور رعایت شفافیت در اجرا، ماشین‌های فیزیکی میزبان ویژگی‌های یکسانی دارند و شامل: 16 x 2.1GHz توان پردازشی، 32GB حافظه اولیه، 500 GB هارد دیسک، 1 GBit/s واسط اترنت برای ارتباطات شبکه‌ای می‌باشند و میزان تخصیص اولیه یکسانی ایجادمی‌نمایند.

همانطور که ذکر شد، اساسا TPC-W سایز پایگاه داده را براساس تعداد آیتم‌ها و کاربران تعریف‌می‌نماید. ما در این سناریو سایز پایگاه داده استاندارد (یعنی ۱۰۰۰۰ آیتم و ۱۴۴۰۰۰۰ کاربر) را برای پیاده‌سازی‌ها درنظرگرفتیم. درخواست‌ها توسط شناسه کاربر مربوطه شناسائی و درجلسه ذخیره‌می‌گردند و از طریق تراکنش‌های درخواست/پاسخ با برنامه کاربردی مرتبط شده و بارکاری مرتبط را به کاربرد برخط ارسال می‌نمایند. به‌منظور نظارت بر بهره‌وری میان‌افزار Tomcat در فواصل زمانی ۵۰ ثانیه ابزار PerfMon مرتبط با سطح سیستم عامل به‌کار گرفته‌شده‌است. همچنین به‌منظور جمع‌آوری زمان پاسخ درخواست‌ها از امکان عملکردی Valve در میان افزار Tomcat استفاده‌شده‌است، بطوری که به‌منظور به‌دست‌آوردن زمان پاسخ هر درخواست با دقت میلی ثانیه از الگوی سفارشی پیش فرض استفاده می‌شود [۲۰].

از آنجا که در چنین سرویس‌های برخطی عموماً تخصیص و مصرف صحیح پردازنده بزرگترین گلوگاه کارایی در ارائه خدمات می‌باشد که می‌تواند سرویس را به سمت تداخل کارایی و نقض قراردادهای سطح خدمت هدایت‌نماید، بنابراین توان پردازشی پردازنده را به عنوان منبع رایانشی مدنظر درنظرگرفته، مصرف پردازنده برای کاربران را ردیابی-نموده و بهبود و مدیریت کارایی برای مصرف پردازنده را مدنظر قرارمی‌دهیم و نتایج آزمایش‌ها را تحت شرایط بارکاری متغیر که از طریق ساخت مجموعه‌ای از جلسات تصادفی ایجادشد، گزارش می‌نمائیم.

بارهای کاری با کاربرد برخط تعامل داشته و برای اتصال و دستیابی به کاربرد اشتراکی TPC-W رقابت می‌نمایند. در چنین خدماتی عموما قراردادهای سطح خدمت براساس معیارهای سطح کاربرد مانند زمان پاسخ و گذردهی بیان‌می‌شوند و می‌توانند به عنوان فراداده‌های پیکربندی خاص هر مستاجر ذخیره‌شوند. معیار کارایی که توسط TPC-W گزارش‌می‌شود تعداد تراکنش‌های وب پردازش‌شده در هر ثانیه با واحد WIPS[8] (گذردهی) می‌باشد که در این سناریو نیازمندی کارایی در قرارداد سطح خدمت کاربر برابر مقدار ۸۰ فرض‌شده‌است[۲۱]. آزمون ما سه معیار اصلی شامل: مصرف پردازنده، گذردهی و زمان پاسخ کاربران را در حالات قبل (Before) و بعد از پیاده‌سازی (After)، با به‌کارگیری زیرساخت مدیریتی پیشنهادی مقایسه‌می‌نمایند. در پیاده سازی از سیاست کنترل هم‌روندی و زمان‌بندی مبتنی بر اولویت[9] درجهت بهبود کارایی استفاده نمودیم. در این آزمون طول پنجره پایش را ۹۰۰ ثانیه درنظر گرفتیم. ابزار محک کارایی TPC-W به‌صورت پیش فرض بازه زمانی پیش تنظیم[10] را معادل ۱/۴ کل زمان ایجاد بارکاری درنظر می‌گیرد. به‌منظور اطمینان از صحت گزارش نتایج هر آزمون پنج بار تکرار و میانگین نتایج گزارش‌شد. لازم به ذکر است به‌صورت کلی به‌منظور به‌دست‌آوردن نتایج صحیح و پایدار در n بار تکرار در سناریوهای پیاده‌سازی و شبیه‌سازی‌شده با فاصله اطمینان معادل ٪۹۵، اگر x1, x2, …, xn معیارهای محاسبه‌شده برای n تکرار باشد، میانگین از رابطه زیر به‌دست‌می‌آید[۲۲]:

$$X_{mean} = 1/n \sum_{i=1}^{n} x_i \quad (۱)$$

همچنین براساس رابطه بالا پارامتر انحراف معیار نیز از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_{mean} - x_i)^2}{n-1}} \quad (۲)$$

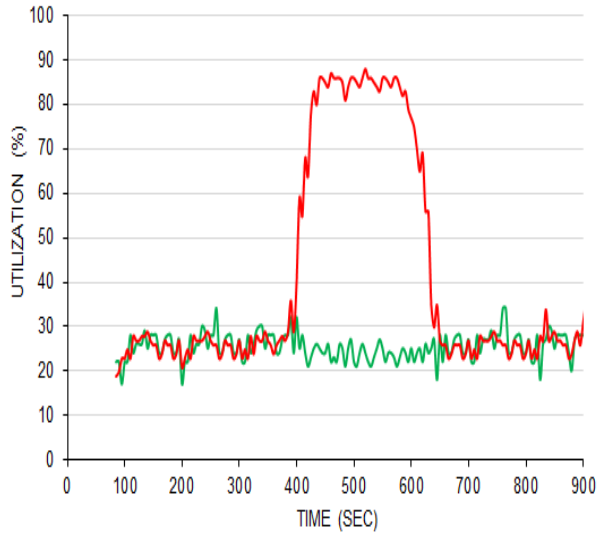
در نهایت فاصله اطمینان در ٪۹۵ توزیع تکرارها به‌صورت زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$(x_{mean} - 1.96\frac{s}{\sqrt{n}}, x_{mean} + 1.96\frac{s}{\sqrt{n}}) \quad (۳)$$

لازم به ذکر است، در آغاز کاربران از بارکاری با مقدار اولیه یکسان (AQ = ۲۰۰EB) استفاده می‌نمایند. پس از تزریق بارکاری اولیه، پس از گذشت زمانی معادل ۴۰۰ ثانیه با دوبرابر نمودن مقدار بارکاری اولیه و افزایش آن به مقدار ۴۰۰ EB در بازه‌های زمانی (۴۰۰-۶۰۰) ثانیه تغییرات را ایجادنمودیم.

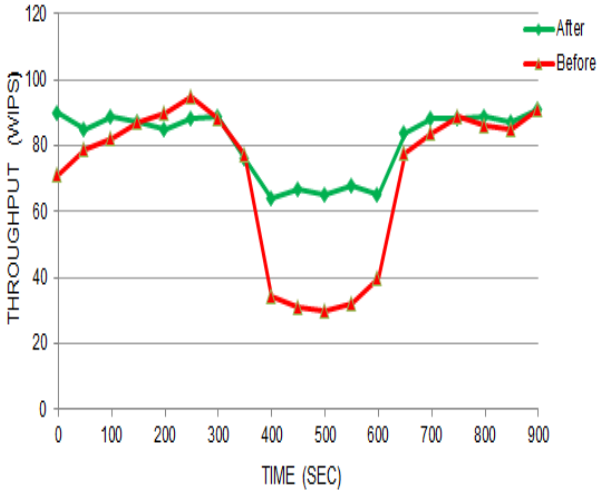
در زیرساخت مدیریتی ابتدا جزء دیده‌بانی و پایش میزان مصرف پردازنده و گذردهی کاربران را جمع آوری نموده و در مخزن اصلی ذخیره می‌نماید. به علاوه کل میزان مصرف پردازنده گره میزبان (میان‌افزار Tomcat) از طریق دیده‌بان مرتبط با سیستم عامل جمع آوری می‌شود. معیارهای جمع آوری‌شده (مصرف پردازنده و گذردهی) در مخزن اصلی ذخیره شده و سپس به‌منظور تحلیل بیشتر توسط واحد تشخیص بازیابی می‌شوند. واحد تشخیص براساس شرایط بحرانی (آستانه مصرف پردازنده در میزبان) و یا نقض قرارداد سطح خدمت سیاست بهینه‌سازی را اجرامی‌نماید. واحد مدیریت سیاست گذاری براساس سیاست بهبود تنظیم اولویت را پیکربندی و موتور اجرا مکانیزم موردنظر را اجرامی‌نماید و اولویت‌ها از طریق میان افزار Tomcat تنظیم می‌شوند. درنهایت واحد ارزیابی براساس معیار انتخابی و از پیش تعیین شده ارزیابی و برآورد کلی از تغییرات کارایی و میزان مفید بودن راه حل مدیریتی منتخب را خواهد داشت.

شکل ۲: نمایش میانگین مصرف پردازنده روی میزبان را قبل و بعد پیاده سازی زیرساخت مدیریتی پیشنهادی



شکل ۲: نمایه میانگین مصرف پردازنده

همانطور که در شکل ۲ مشخص است تا قبل از زمان ۴۰۰ ثانیه همه کاربران الگوی مصرف منبع تقریباً یکسانی دارند، ولی در بازه زمانی (۴۰۰-۶۰۰) ثانیه همزمان با دوبرابر شدن بارکاری میزان مصرف منبع نیز از حداکثر آستانه پیش فرض Uth = ٪۸۵ درخواست‌ها به منابع اشتراکی تأثیر منفی گذاشته و با افت قابل‌ملاحظه‌ای، میانگین میزان مصرف پردازنده را به مقادیر کمتر از ٪۱۰ کاهش‌می‌دهد. شکل زیر الگوی تغییرات گذردهی را قبل و بعد از پیاده‌سازی زیرساخت پیشنهادی نمایش‌می‌دهد:



شکل ۳: نمایه میانگین گذردهی

واحد تحلیل و مدل‌سازی از یک مکانیزم شفاف برای تحلیل و تشخیص تداخل کارایی استفاده‌می‌نماید و چنانچه میزان مصرف کلی پردازنده در میزبان از حداکثر آستانه پیش‌فرض Uth=٪۸۵ پیش‌فرض در قرارداد سطح خدمت تجاوز نماید و همچنین کاهش معیار کارایی (گذردهی) برای کاربران نرمال با بارکاری ثابت مشاهده‌شود، آنگاه جزء طبقه‌بندی‌کننده نهاد عملیاتی رقیب با بیشترین میزان مصرف پردازنده در آخرین اینتروال زمانی را کاربر مهاجم درنظرگرفته و سایر نودهای هم مکان که افت کارایی را تجربه نموده‌اند را قربانی درنظرمی‌گیرد. در این سناریو از سیاست کنترل همروندی و مکانیزم زمانبندی مبتنی بر اولویت بهبود کارایی استفاده نمودیم. براین اساس درخواست‌های کاربران نرمال بلافاصله بازیابی و اجرامی‌گردد، درحالی که درخواست‌های کاربران مهاجم تنها درصورتی پردازش می‌شوند که هیچ کاربر دیگری درخواست معوق نداشته‌باشد. حسن مکانیزم اجرایی انتخابی سادگی به‌روزرسانی صف‌های پردازشی و قابلیت ایجاد تغییر در مکانیزم اجرایی، در صورت نیاز می‌باشد. زیرا در مکانیزم انتخابی تنها وضعیت کاربران رقیب تغییرمی‌کند بنابراین حذف آن‌ها از یک صف و افزودنشان به صف دیگر فرایند ساده‌ای می‌باشد و نیازی به تغییر اساسی در زیرساخت ندارد.

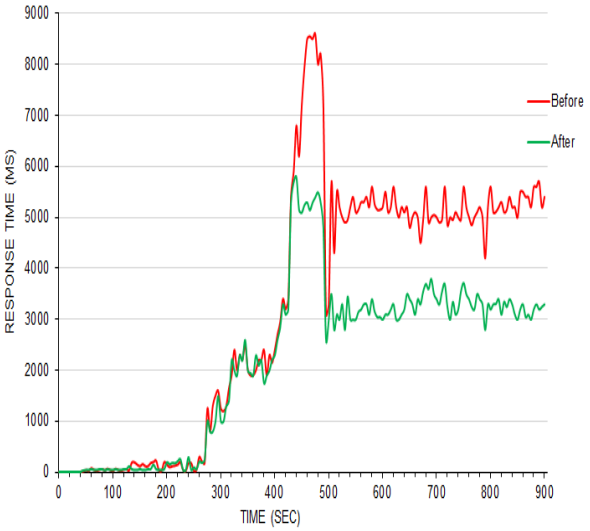
در این سناریو واحد کنترل و اجرا از Apache Tomcat Executor جهت اعمال محرک مناسب در اولویت‌بندی اجرا استفاده می‌نماید. این واسط مخزن نخی[11] را به‌کار می‌گیرد که می‌تواند با تنظیم اولویت‌های متفاوت[12] بین اجزاء مختلف در سطح میان افزار به اشتراک گذاشته‌شود. به این منظور اجراکننده واسط org.apache.catalina.Executor را اجرامی‌نماید.

همانطور که در شکل‌های ۲ و ۳ مشخص است، پس از پیاده‌سازی زیرساخت مدیریتی میزان مصرف پردازنده کاربران به کمتر از حد آستانه کاهش‌یافته‌است و بر این اساس از تأثیر منفی بر مصرف منبع سایر نهادهای عملیاتی رقیب کاسته‌شده‌است و قابلیت دسترسی به پردازنده برای نهادهای عملیاتی رقیب به حالت نرمال برگشته‌است و کل مصرف پردازنده سیستم به کمتر از ۱۰۰ درصد کاهش‌یافته‌است. به علاوه نرمال شدن الگوی دسترسی به منابع و مصرف پردازنده موجب حذف نوسانات منفی کارایی و افزایش گذردهی شده‌است. درواقع پس از پیاده سازی زیرساخت مدیریتی افت کارایی محسوس تنها برای کاربران مهاجم که بیش از سهمیه مجاز مصرف منبع داشته‌اند، وجوددارد. همچنین مکانیزم اجرایی موردنظر ما توانسته سایرکاربران نرمال با الگوی بارکاری ثابت را از نوسانات کارایی محافظت‌نماید. لازم به ذکر است، در این سناریو به‌منظور ارزیابی مؤثربودن سیاست مدیریت و بهبود کارایی انتخابی از معیار رایج [۲۳] متوسط کل گذردهی[13] سرویس به عنوان معیار کارایی استفاده‌شده‌است و مقدار این معیار را قبل و پس از پیاده‌سازی زیرساخت براساس رابطه زیر مقایسه نموده‌ایم:

$$ATT = 1/n \ (\sum_{i=1}^{n} TT_{bpi}/TT_{api}) \qquad (۴)$$

در رابطه بالا $ATT \in (0,1]$ می‌باشد و TTbpi و TTapi به ترتیب مقدار کلی گذردهی سیستم برای کاربران استفاده‌کننده از زیرساخت را درحالات قبل و بعد از پیاده‌سازی مشخص‌می‌نمایند، که منعکس‌کننده بهبود قابل‌توجه متوسط گذردهی سرویس پس از پیاده‌سازی و اجرای زیرساخت مدیریتی پیشنهادی می‌باشد.

نتایج آزمون قابلیت عملکرد دیدگاه پیشنهادی و چهارچوب زیرساختی مرتبط را درجهت مدیریت نیازمندی‌ها و مراحل کاری و همچنین بهبود و مدیریت کارایی، نشان می‌دهد. همچنین براساس نتایج به‌دست‌آمده مکانیزم اجرایی انتخابی توانست بارهای کاری نرمال را در مقابل بارهای کاری مهاجم محافظت‌نموده و موجب بهبود دسترسی و مصرف پردازنده و همچنین معیار گذردهی این بارهای کاری گردد، و در واقع در حالت نوسانات بارکاری سیستم، کارایی را مدیریت و بهینه‌سازی نماید. همچنین شکل زیر الگوی تغییرات زمان پاسخ را قبل و بعد از پیاده‌سازی و اجرای زیرساخت ابری پیشنهادی نمایش‌می‌دهد:



شکل ۴: نمایه زمان پاسخ سیستم

همانطور که در شکل ۴ مشخص است، پس از ۵۵۰ ثانیه پارمترهای کنترلی پیکربندی مجدد شده و توسط واحد اجرای زیرساخت به محیط سرویس اعمال‌می‌گردند. بنابراین پس از این بازه، زمان پاسخ نهادهای عملیاتی رقیب به حالت نرمال بازگشته است و درواقع نوسانات کارایی از بین رفته‌است. بنابراین سیاست پیشنهادی موجب محافظت کارایی بارهای کاری نرمال درمقابل بارهای کاری مهاجم و همچنین بهبود عملکرد کلی سرویس و متوسط زمان پاسخ سیستم شده‌است.

۵. بحث

به‌منظور بیان کارکرد و اهمیت زیرساخت ابری پیشنهادی و اجزاء عملکردی مرتبط در ادامه این بخش برخی از مزایای دیدگاه پیشنهادی را بیان‌می‌کنیم. براساس یافته‌ها مهم‌ترین مزایای زیرساخت آگاه از کارایی پیشنهادی شامل موارد زیر می‌باشد:

- زیرساخت ابری آگاه از کارایی پیشنهادی به‌موازات و درکنار خدمات ابری بنیادین فعالیت نموده و پشتیبانی از نیازمندی‌های عمومی و الزامات اساسی کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک را در سطوح زیرساخت، میان افزار و نرم افزار مدیریت می‌نماید.
- زیرساخت ابری پیشنهادی درواقع یک چارچوب مدیریتی تطابقی مبتنی بر بازخورد است که قادر است در سطوح مختلف پشته خدمات ابری از طریق به‌کارگیری مؤلفه‌ها، کنترل‌کننده‌ها، ابزارهای موجود و الگوریتم‌های رایج و عمومی پیاده‌سازی و اجرا شود.
- لازم به ذکر است، زیرساخت پیشنهادی با مقادیر و معیارهای کارایی به صورت داده‌های خام جهت کنترل پویا و مدیریت کارایی استفاده‌می‌نماید. بنابراین این چارچوب عملیاتی برای معیارهای مختلف کارایی قابل به‌کارگیری است.
- دیدگاه پیشنهادی قادر است بهینه‌سازی کارایی و مدیریت نیازمندی‌های آن را برای محیط‌های چندمستاجری[14] با محیط اجرای اشتراکی مختلف با نهادهای عملیاتی رقیب متفاوت، سیاست‌های بهینه‌سازی کارایی مختلف و مکانیزم‌های اجرایی متفاوت پشتیبانی نماید.

نهایتاً ما براین باوریم که با به‌کارگیری زیرساخت ابری پیشنهادی به عنوان یک نقشه راه عمومی، تهیه‌کنندگان خدمات ابری می‌توانند راه حل‌های مختلف بهینه‌سازی و مدیریت کارایی را بدون نیاز به تغییرات اساسی به محیط‌های اجرایی متفاوت اعمال نموده و بازخورد این تغییرات در محیط خدمات ابری را ارزیابی نمایند. همچنین در راستای شفافیت بیشتر بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، پیشنهادهای زیر جهت به‌کارگیری و توسعه براساس دیدگاه پیشنهادی مطرح می‌گردد:

- با توجه به نکات ذکرشده از آنجاکه آگاهی از کارایی از کلیدی ترین مؤلفه‌های کیفی ارائه خدمات ابری در حوزه آموزش الکترونیک می‌باشد، بنابراین ایجاد فرایندی گام به گام و مدون جهت استخراج و تبیین نیازمندی‌های اساسی کیفی و متریک‌های کارایی و اعمال سیاست‌های مدیریتی مدون، براساس دیدگاه پیشنهادی پژوهش حاضر و مبانی مرتبط توصیه‌می‌گردد.
- تحلیل و مدیریت مؤثر ابعاد کارایی باید الزامات و نیازمندی‌های مدیریت کارایی در سطوح مختلف خدمات رایانش ابری را براساس فاکتورهای مهمی مانند مواردی که در ادامه ذکرمی‌گردد، شناسائی و استخراج نماید. تفاوت‌های زیرساختی و تکنولوژیکی مانند نوع ناظرها، الگوی اشتراک و تخصیص منابع، ارتباطات بین انواع منابع، شرایط و محدودیت‌های محیطی، اهداف و معیارهای کارایی، نهادهای عملیاتی اصلی، حجم، نوع و الگوی تغییرات بارهای کاری و همچنین قراردادهای سطح خدمت مرتبط و اهداف مدنظر از مهم‌ترین فاکتورها و پارامترهائی می‌باشند که باید با دقت درنظر گرفته‌شوند. فاکتورهای ذکرشده درواقع سطوح مختلف نیازمندی‌ها و الزامات و همچنین سناریوهای اجرایی مختلف آگاهی از کارایی را رقم‌می‌زنند که درنظرگرفتن این موارد لازمه مدیریت کارایی مؤثر و موفق می‌باشد.
- با توجه به اینکه فرایند مدیریت کارایی به‌صورت مستقیم در پیاده-سازی و پیکربندی مدل‌های سرویس تأثیرگذار است لازم است جزئی‌ترین اطلاعات مرتبط با گام‌ها و مراحل انجام کار در فرایند مدیریت کارایی به‌صورت رسمی همانند چارچوب پیشنهادی تعریف و در مخازن سرویس مرتبط ذخیره‌گردد تا از بروز سلیقه‌های شخصی و سردرگمی در اعمال مکانیزم اجرایی مناسب جلوگیری شود و بتوان راهکار شفافی را سرمشق انجام کار قرار داد. درغیر این‌صورت در مراحلی از بهینه‌سازی کارایی حلقه‌های گم شده‌ای از فرایند انجام کار پیش روی مدیران سیستم قرارمی‌گیرد، بنابراین ممکن است در هر سناریو اجرایی بنابه اعمال نظر شخصی مسیر متفاوتی طی شود که اساساً مؤثر نبوده و همه جنبه‌های اصلی آگاهی از کارایی را درنظر نداشته‌باشد و به‌درستی با استراتژی‌ها و اهداف سرویس هدف منطبق و هماهنگ نباشد.

دیدگاه پیشنهادی و زیرساخت ابری پیشنهادی پژوهش حاضر سعی‌دارد به‌صورت رسمی و مدون اساسی‌ترین نیازمندی‌ها و جزئی‌ترین مراحل انجام کار را تشریح نماید تا در این راستا مسیری شفاف‌تر ایجادنماید.

- به‌کارگیری ابزارهای دیده‌بانی و تحلیل در سطوح مختلف نهادهای عملیاتی می‌تواند منجر به ایجاد شفافیت در اجرای سیاست‌های مدیریت کارایی و تسهیل عیب‌یابی و کشف گلوگاه‌های کارایی گردد، که در این مجال پیشنهاد می‌گردد.

همچنین علاوه بر موارد فوق، درنظرگرفتن و ایجاد رده‌بندی‌های وضعیتی از نهادهای عملیاتی رقیب در محیط سرویس ابری هدف به‌منظور برآورد دقیق‌تر از وضعیت سیستم مورد نظر و شناسائی دقیق منابع کلیدی و گلوگاه‌های کارایی و تسهیل شناسایی و یا پیش‌بینی تداخلات کارایی بسیار مفید خواهد بود.

۶. نتیجه‌گیری

در تاریخچه تحقیقات مرتبط با حوزه مدیریت کارایی در محیط رایانش ابری، راه‌حل‌های مختلفی پیشنهادشده‌اند که برخی از آن‌ها روی سناریوها، کاربردها و الگوریتم‌های خاص تمرکزداشته و بنابراین از عمومیت لازم جهت تبدیل به یک دیدگاه عمومی برخوردارنمی‌باشند. از سوی دیگر تحقیقات قبلی آگاهی از کارایی را به‌صورت پراکنده و تنها از ابعاد خاصی و یا با تمرکز روی سناریو یا نهاد خاصی بررسی‌نموده اند. از دیدگاه ما آن چه ضروری به‌نظرمی‌رسد این است که یک دیدگاه مدون و یکپارچه ایجادگردد تا بتوان راه‌حل‌های عمومی آگاهی از کارایی را براساس قواعد و مبانی مشخص و یک زیرساخت مدیریتی یکپارچه در سطوح مختلف خدمات ابری و نهادهای مرتبط به‌کارگرفت و این همان دیدگاه پیشنهادی پژوهش حاضر است.

مهم‌ترین جنبه نوآوری دیدگاه پیشنهادی این است که این دیدگاه ابعاد مختلف مسئله آگاهی از کارایی شامل ابعاد عملکردی، معماری، تکنولوژیکی و اجرایی را به‌صورت یکپارچه و پویا و از منظر خدمات ابری بنیادین تحلیل و یک دیدگاه مدیریتی در جهت پیوند این ابعاد ارائه‌می‌نماید. رویکرد پیشنهادی پویا و یکپارچه است به‌دلیل آن که متغیرهای پویای محیطی رادرنظرداشته و همچنین نیازمندی‌های اساسی مدیریت کارایی را برای خدمات ابری بنیادین پوشش‌می‌دهد و محدود به سطح خاصی از کنشگرها، خدمات، سیاست‌ها و مکانیزم‌های اجرایی نمی‌باشد و قابلیت تعمیم و توسعه‌پذیری دارد.

لازم به تأکید است که چارچوب پیشنهادی را می‌توان به‌صورت ترکیبی از تکنیک‌های متمرکز و نامتمرکز محقق ساخت. در واقع برای هر میزبان می‌توان یک حلقه کنترلی محلی براساس مدیریت متمرکز استفاده نمود. همچنین ارتباط و هماهنگی بین میزبان‌های مجاور و کلاسترها از طریق پروتکل‌های نقطه به نقطه و با به‌کارگیری مدیریت نامتمرکز امکان‌پذیر است. بنابراین، درواقع می‌تواند از ترکیبی از روش‌های متمرکز و نامتمرکز برای زیرساخت ابری پیشنهادی استفاده نمود. در انتها امیدواریم رویکرد پژوهش حاضر، با نظر به جنبه‌های تاریک و مبهم مسئله آگاهی از کارایی در سیستم‌های آموزش الکترونیک، بتواند به عنوان تلاشی در جهت ایجاد نقشه راه عمومی و دیدگاهی درجهت دستیابی به آگاهی از کارایی در خدمات ابری بنیادین به‌کارگرفته‌شود و همچنین با یکپارچه‌سازی دیدگاه‌های راه‌حل عمومی قبلی بتواند در جهت کاهش فاصله عمیق بین ابعاد مختلف مسئله و ساماندهی فضای مشوش حاکم بر این حوزه پژوهشی گام‌بردارد.

مراجع

[1] V. Chang, Review and discussion: E-learning for academia and industry, International Journal of Information Management, vol. 36, no. 3, pp. 476-485, 2016. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.12.007

[2] H. Al-Samarraie, N. Saeed, A systematic review of cloud computing tools for collaborative learning: Opportunities and challenges to the blended-learning environment, Journal of Computers & Education, vol. 124, pp. 77-91, 2018. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.016.

[3] C. H. Su, G. H. Tzeng, S. K. Hu, Cloud e-learning service strategies for improving e-learning innovation performance in a fuzzy environment by using a new hybrid fuzzy multiple attribute decision-making model, Journal of Interactive Learning Environments, vol. 24, no. 8, pp. 1812-1835, 2016. https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1057742

[4] A. R. Muhammad, S. M. Abdulrahman, Cloud Computing Based e-Learning: Opportunities and Challenges for Tertiary Institutions in Nigeria, International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning, vol. 5, no. 3, pp. 144-152, 2015.

[5] H. Rezaei, B. Karimi, H. Jamalodin, Effect of Cloud Computing Systems in Terms of Service Quality of Knowledge Management Systems, Lecture Notes on Software Engineering, vol. 4, no. 1, pp. 73-76, 2016.

[6] M. A. Shahoseini, F. Narenji Sani, R. Ebadi, H. Roodbari, Evaluation of E-Learning Teaching Service Quality in Higher Education, Academic Librarianship and Information Research, vol. 49, no. 2, pp. 277-303, 2015.

[7] A. Hussein, M. Omar, Cloud Computing and its effects on performance excellence at Higher Education Institutions in Egypt (An analytical study), European Scientific Journal, vol. Special, no. Edition, pp. 163-176, 2015.

[8] W. Q. Qwaider, A Cloud Computing Based Learning Management Systems (LMSs) Architecture, International Journal of Computing and Network Technology, vol. 5, no. 2, pp. 51-58, 2017. http://dx.doi.org/10.12785/IJCNT/050202

[9] P. Tamang, A. Alsadoon, C. Withana, L. S. Hoe, and A. Elchouemi, A model to improve quality of service (QoS) in cloud based virtual lab framework, in Proc. Int. Conf. Workshop Comput. Commun. (IEMCON), pp. 1-5, 2015 .

[10] E. Zaharescu, G. A. Zaharescu, Enhanced Virtual E-Learning Environments Using Cloud Computing Architectures, International Journal of Computer Science Research and Application, vol. 2, no. 1, pp. 31-41, 2012.

پی‌نوشت

1. Cloud Based learning management system (LMS)
2. Ant colony optimization (ACO) mechanism
3. Call Stack
4. Log Events
5. Transactional Web E-commerce Benchmark (TPC-W)
6. Online Emulated Browser (EB) User's Sessions
7. Java Servlet
8. Web Interactions Processed per Second (WIPS)
9. Concurrency Control with Priority-Based Scheduling
10. Rump Up
11. Thread Pool
12. Thread Priority
13. Average Total Throughput (ATT)
14. Multi-Tenant Execution Environment

[11] H. Singh, A. Bhasin, Efficient Resource Management Technique for Performance Improvement in Cloud Computing, Indian Journal of Comp. Sci. & Eng, vol. 8, no. 1, pp. 33-39, 2017.

[12] F. D. Rossi, M. G. Xavier, C. A. De Rose, R. N. Calheiros and R. Buyya, E-eco: performance-aware energy-efficient cloud data center orchestration, J. Netw. Comput. Appl, vol. 78, pp. 83-96, 2017. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2016.10.024

[13] S. Suresh and S. Sakthivel, A novel performance constrained power management framework for cloud computing using an adaptive node scaling approach, J Computers& Electrical Engineering, vol. 60, pp. 30-44, 2017. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.04.018

[14] F. D. Rossi, M. G. Xavier, C. A. F. De Rose, R. N. Calheiros and R. Buyya, E-eco: Performance-aware energy-efficient cloud data center orchestration, J. Netw. Comput. Appl., vol. 78, pp. 83-96, 2017.

[15] Antonov, N. Popova and V. Voevodin, Computational science and HPC education for graduate students: Paving the way to exascale, J. Parallel Distr. Com., vol. 118, pp. 157-165, 2018.

[16] K. Pireva, P. Kefalas and I. Stamatopoulou, Representation of learning objects in cloud e-learning, 8th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA), 2017. DOI: 10.1109/IISA.2017.8316369

[17] Smith WD (2000) TPC-W: benchmarking an ecommerce solution

[18] N. J. Navimipour, A. M. Rahmani, A. H. Navin and M. Hosseinzadeh, Expert cloud: a cloud-based framework to share the knowledge and skills of human resources, Computers in Human Behavior, vol. 46, pp. 57-74, 2015. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.001

[19] S. Lehrig, R. Sanders, G. Brataas, M. Cecowski, S. Ivanšek and J. Polutnik, CloudStore - towards scalability, elasticity, and efficiency benchmarking and analysis in Cloud computing, Futur. Gener. Comput. Syst., vol. 78, pp. 115-126, 2018.

[20] https://tomcat.apache.org/tomcat-7.0-doc/config/valve.html last accessed: 11. Aug 2016.

[21] A. Agrawal, U. Vyas, V. Bhatia and S. Prakash, SLA-aware differentiated QoS in elastic optical networks, Optical Fiber Technology, vol. 36, pp. 41-50, 2017.

[22] W. Tian, M. Xu, A. Chen, G. Li, X. Wang and Y. Chen, Open-source simulators for cloud computing: Comparative study and challenging issues, Simulation Modelling Practice and Theory, vol. 58, pp. 239-254, 2015.

[23] T. Chiba, M. den Burger, T. Kielmann and S. Matsuoka, Dynamic load-balanced multicast for data-intensive applications on clouds, in Proceedings of the 10th IEEE/ACM International Conference on Cluster, Cloud and Grid Computing, pp. 5-14, 2010.