ارائه رویکرد روش‌شناسی مبتنی بر قرارداد سرویس جهت نظارت بر کیفیت خدمت در سیستم‌های ابری

نفیسه فارغ زاده

(نویسنده مسئول) استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خدابنده،گروه مهندسی کامپیوتر [1]

چکیده امروزه سطح عظیم اشتراک منابع رایانشی و پویائی بارهای کاری در محیط‌های ابری، ضرورت تدوین رویکردی جامع در جهت نظارت بر کیفیت خدمت را ایجاب می‌نماید. درحال حاضر فقدان بکارگیری دیدگاهی جامع، متدولوژیک و چندمنظوره درجهت پیوند دیدگاههای قبلی، موجب ایجاد فضای آشوب در این حوزه تحقیقاتی و درک ناقص از مساله گشته است. بنابراین در مقایسه با تحقیقات قبلی، هدف این پژوهش گام برداشتن درجهت جبران نواقص مذکور می‌باشد و مهم‌ترین دستاورد آن ارائه دیدگاه متدولوژیک نظارت بر کیفیت خدمت مبتنی بر قرارداد سطح سرویس در سیستم های ابری می باشد. دیدگاه پیشنهادی برخلاف راه‌حل های موجود، مستقل از عملگرهای محیطی، اهداف کیفی را به صورت یکپارچه و خودکار نظارت می‌نماید تا موثّر واقع گردد. نتایج ارزیابی ها مبیّن سودمندی و برتری دیدگاه متدولوژیک پیشنهادی نسبت به دیدگاههای موجود و مدیریت چندمنظوره کیفیت خدمت در مراکز داده ابری می‌باشد.

کلمات کلیدی نظارت بر کیفیت خدمت، متدولوژی، رایانش ابری، قرارداد سطح سرویس، مرکز داده

۱- مقدمه

رایانش ابری و خدمات مبتنی بر ابر، به عنوان دستاوردهای ارزشمند حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات، قادرند الگوهائی هوشمندانه، سودمند و نوین جهت عرضه منابع رایانشی اشتراکی و استیجاری ارائه می‌نماید. رضایتمندی کاربران این حوزه و ارائه سطح مطلوب کیفیتی در ارائه خدمات، از عوامل اصلی موفقیت این پارادایم درحال پیشرفت و توسعه می‌باشد. درحالت کلی کیفیت خدمت[2] در حوزه خدمات ابری به مکانیزم ها و قابلیت‌های مدیریت و پیکربندی منابع رایانشی درجهت دستیابی به اهداف و پارامترهای کیفتی در ارائه خدمات موثرتر اشاره داشته و ابعاد مختلفی مانند کارائی، دسترس پذیری، قابلیت اطمینان و امنیت خدمات را دربرمی‌گیرد [۱]. در محیط رقابتی و پویای رایانش ابری مدیریت موثر کیفیت خدمت نقش کلیدی در افزایش رضایتمندی کاربران و موفقیّت خدمات قابل ارائه دارد. اساسا اشتراک منابع و پویائی بارهای‌کاری در محیط‌های ابری موجب ایجاد رقابت در دستیابی به منابع، نوسانات کیفی و نقض قراردادهای سطح سرویس[3] خواهد گشت. بنابراین نظارت بر معیارهای کیفتی به عنوان یک راهکار ضروری در چنین سیستم-هائی قادر است چالش های کیفیت خدمت را کنترل نموده و عملکرد سرویس را بهبود بخشد. این امر مبیّن ضرورت پژوهش در این حوزه می‌باشد. در این راستا، بعد کارائی و معیارهای مرتبط مانند میزان انرژی مصرفی در مرکز داده، زمان تکمیل درخواست ها، میزان انطباق با قرارداد سطح خدمت و تغییرات هزینه در مرکز داده از مهمترین و چالش برانگیزترین ابعاد و معیارهای کیفیت خدمت می باشند که در حوزه تمرکز این پژوهش قرار میگیرند.

در دیدگاههای مهم ارزیابی و مدیریت کارائی در رایانش ابری تاکید شده است که بمنظور تفسیر و مدیریت کارائی، نیازمند روش‌های نوینی می‌باشیم که منافع مشتریان و همچنین منافع تهیه کنندگان خدمات ابری را درکنار یکدیگر درنظر داشته باشند

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۳ / تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۵

دوره ۹ / شماره ۲

صفحات: ۱۸۵-۱۷۲

[1] (Corresponding author) , nafiseh.Fareghzadeh@srbiau.ac.ir

[2] Quality of Service (QOS)

[3] Service Level Agreement (SLA)

[۱]و [۲]. دراین راستا یک گام ضروری بمنظور ارائه خدمات ابری با کیفیت و دریافت کارائی قابل انتظار، تحلیل و مدیریت جامع و رسمی کیفیت خدمت می‌باشد که متاسفانه این موضوع در اغلب پژوهش‌های حاضر بصورت اجمالی بررسی شده است. تحقیقات قبلی مساله کیفیت خدمت در رایانش ابری را مدنظر قرار داده و دستاوردهای ارزنده ای ارائه نموده اند. اگرچه، هنوز هیچ رویکرد متدولوژیک مبتنی بر نظارت خودکار و یکپارچه و درجهت مجتمع سازی دیدگاههای قبلی وجود ندارد و گام برداشتن درجهت رفع این معضلات از اهداف دیدگاه پیشنهادی می‌باشد.

در این پژوهش پس از بیان مقدمّه، پیشینه تحقیق، متدولوژی پیشنهادی و ابعاد آن ارائه می‌گردد. سپس بمنظور بیان قابلیت های پیشنهاده، مطالعات موردی مبتنی بر شبیه‌سازی انجام می دهیم. نهایتا نتایج ارزیابی‌ها با دیدگاههای موجود مقایسه شده و نتیجه‌گیری و راهکارهای آتی پژوهش بیان می گردند.

۲- پیشینه تحقیق و مقایسه

در سال‌های اخیر به دلیل رقابت تهیه‌کنندگان خدمات ابری برای جذب کاربران بالقوه و برتری‌جوئی در ارائه خدمات با کیفیت، حوزه تحقیقی مدیریت کیفیت و کارائی به عنوان چالشی تامل برانگیز مورد توجه قرار گرفته است و تحقیقات جدید دیدگاههای مفیدی جهت بهبود و مدیریت کیفیت خدمات ابری پیشنهاد نموده‌اند. در این راستا Wang و همکاران در [۲] و همچنین Freitas و همکاران در [۳] از تکنیک‌های مبتنی بر کنترل همروندی و زمانبندی درجهت مدیریت کارائی و کیفیت خدمت بهره گرفته اند. درمقابل تحقیقاتی مانند [۴]و [۵] از روش کنترل نرخ پذیرش درخواست‌ها درجهت تنظیم بار و مدیریت اهداف کیفی بهره گرفته‌اند. از سوی دیگر تحقیقاتی مانند [۶]و [۷]و [۸] با تنظیم تخصیص و مدیریت مستقیم منابع برای موجودیت های فعال محیطی (کنشگرهای خدمت) در سطوح مختلف مانند ماشین‌های‌مجازی، حامل ها و نمونه‌های کاربرد، موجبات مدیریت کیفیت خدمت را فراهم نموده‌اند. همچنین Patros و همکاران در [۹] و Ramanathan و همکاران در [۱۰] از دیدگاه‌های مبتنی بر اصول کشسانی و مقیاس‌پذیری درجهت کاهش نوسانات کیفی استفاده نموده اند. در پژوهش [۱۲]، Ren و همکاران تفکیک کارائی در ماشین‌های مجازی حامل کاربردهای ابری را از طریق استراتژی‌های تخصیص منبع و زمانبندی در ناظر Xen [۱۱]، مورد بررسی قرار می‌دهند. همچنینSuresh و همکاران در [۱۳] چارچوب کاری جهت بهبود توان و مدیریت کیفیت سرویس مراکز داده را براساس سیاست تنظیم بار تطابقی پیشنهاد نموده اند. درواقع اغلب تحقیقات مرتبط، مدیریت کیفیت را بصورت پراکنده و موردی با تاکید بر سطح خاصی از کاربرد و یا استراتژی‌های خاصی بررسی نموده اند. ضمن اینکه غالبا از قراردادهای سطح خدمت آگاهی ندارند و براساس مطالعات ما درحال حاضر هیچ رویکرد نظارتی متدولوژیکی که جنبه های مختلف مساله را بصورت یکپارچه و پویا درنظر داشته باشد وجود ندارد. در مقایسه با تحقیقات مرتبط همچون [۲]و [۶]و [۷]و [۸] ، فارغ از تکنیک-های مختلف مدیریت کیفیت، آنچه ضروری بنظر می رسد این است که یک دیدگاه مدوّن و یکپارچه ایجاد گردد تا بتوان استراتژی‌های بهبود را بصورت قابل توسعه بکارگرفت. این همان رویکرد پیشنهادی ما و تفاوت پژوهش حاضر با تحقیقات قبلی می‌باشد. درواقع دیدگاه پیشنهادی مدیریت کیفیت خدمت را از منظر کلان مدنظر قرارداده و متدولوژی نظارتی چندمنظوره و موثّری را دراین راستا ارائه می‌نماید. لازم به ذکر است منظور از موثّر و چندمنظوره بودن دیدگاه پیشنهادی تعامل پویا و یکپارچه با تغییرات محیطی مانند نوسانات بارهای کاری و مصرف منابع، فارغ از وابستگی به شرایط خاص و همچنین آگاهی از قراردادهای سطح سرویس می‌باشد. چنین دیدگاهی با جامع‌نگری بر ابعاد مساله می‌تواند درجهت رفع محدودیت‌های فعلی موثّر واقع گردد. در ادامه ابتدا روش تحقیق در پژوهش حاضر را توصیف می نماییم.

۳- روش تحقیق

روش تحقیق در پژوهش حاضر مبتنی بر مطالعات توسعه‌ای و ارزیابی[4] می باشد. هدف اصلی این پژوهش ارائه دیدگاه متدولوژیک و رویکرد روش شناسی مدوّن، یکپارچه و مبتنی بر قرارداد سطح خدمت جهت نظارت بر کیفیت خدمت و کارائی در سیستم های رایانش ابری و مراکز داده مرتبط می باشد. در این پژوهش درگام نخست براساس پیشینه پژوهش و ضرورت تحقیق، متدولوژی نظارت بر کیفیت خدمت آگاه از قرارداد سطح سرویس

[4] Development and Evaluation Research

شامل شش فاز عملیاتی به نام های مهندسی دانش، ردیابی و پایش، تشخیص و هشدار، کنترل و بهبود، تعامل و تطابق و نهایتا فاز اعتبارسنجی، به همراه جریان های کاری و نقاط بازرسی مرتبط توسعه داده شد. سپس در گام های بعدی مطالعه موردی و ارزیابی مبتنی بر شبیه سازی را توسط ابزار برنامه سازی کلودسیم و بسته توسعه جاوا[5]، جهت اعتبارسنجی ابعاد دیدگاه پیشنهادی و بیان مفید بودن و کاربرد آن را بکارگرفتیم. در ادامه ابتدا دیدگاه پیشنهادی و ابعاد آن را تشریح می‌نمائیم.

۴- رویکرد روش شناسی مبتنی بر قرارداد سرویس جهت نظارت بر کیفیت خدمت در سیستم های ابری

رویکرد روش شناسی پیشنهادی شامل متدولوژی نظارت بر کیفیت خدمت ابری و مجموعه‌ای از فازهای اجرائی، جریان های کاری و نقاط بازرسی می باشد که مدیران سیستم در سیستم های ابری و مراکز داده مرتبط را قادر می‌سازد تا بصورت پویا در راستای بهبود و مدیریت اهداف کیفیت در ارائه خدمات ابری موثّر گام بردارند. این متدولوژی در واقع یک چارچوب کاری خودمختار، تعمیم‌پذیر و تطابقی در جهت تبیین و کنترل نیازمندی‌های کیفیت خدمت را ارائه می نماید. شکل۱. جایگاه دیدگاه متدولوژیک پیشنهادی را در سیستم های ابری نمایش می دهد:

شکل۱. چارچوب متدولوژی نظارتی پیشنهادی

همانطور که در شکل بالا نمایش داده شده است چارچوب پیشنهادی شامل شش فاز عملیاتی است که هرفاز با انجام تعدادی جریان کاری و نقاط بازرسی تکمیل می گردد. فاز های عملیاتی، جریان های کاری و نقاط بازرسی مرتبط به شرح زیر می‌باشد:

۴-۱ فاز مهندسی دانش

اوّلین فاز عملیاتی در طراحی متدولوژی نظارتی پیشنهادی شامل مجموعه ای از فعالیت های اساسی درجهت ایجاد، بروزرسانی و مدیریت زیرسیستم های پایگاه داده ای و مخازن داده اشتراکی جهت ذخیره و بازیابی اطلاعات محیط خدمت یا سیستم هدف می باشد و فعالیت های مرتبط با آن درطول اجرا همواره جریان دارد. جریان های کاری کلیدی در این فاز به شرح زیر می باشند:

- امکان سنجی و برنامه ریزی استراتژیک: به عنوان اولین گام اجرائی، با درک محیط خدمت هدف، شناسائی پیش نیازها و برنامه ریزی استراتژیک، توصیف کلانی از ورودی ها، خروجی ها، سطح کیفی مطلوب و مورد توقع در سیستم هدف، ریسک های ممکن و شرایط تخطّی از قرارداد سطح سرویس و همچنین

[5] Java SE Development Kit

شیوه کار سرویس براساس کنشگرهای خدمت بدست می آید و خط مبنائی برای مراحل بعدی پایه ریزی می گردد.

- ایجاد و مدیریت مخزن دانش اشتراکی: در متدولوژی پیشنهادی مخزن دانش مسئول ذخیره، بروزرسانی و بازیابی اطلاعات موردنیاز از جمله کنشگرهای اصلی خدمت، بارهای کاری و معیارهای کیفی و کارائی مرتبط ازجمله میزان مصرف منابع، سیاست های تخصیص منبع و مدیریتی ارجح، توافقات سطح خدمت، از طریق مجموعه ای از پایگاه داده های اشتراکی می باشد. دراین راستا اطلاعات فنّی عمومی محیط خدمت و سیستم هدف از طریق کاتالوگ سیستم قابل دسترس می باشد [۱۵].
- هماهنگ‌سازی جریان‌های کاری: در متدولوژی پیشنهادی تنظیم و همگام سازی وظائف اجرائی با بهره گیری از عامل های فعال و ماژول های کنترل کننده قابل تحقق می باشد و درواقع ترتیب اجرای عملیات از طریق بکارگیری اطلاعات موجود در مخزن دانش اشتراکی در جهت مدیریت و بهبود معیارهای کیفی تنظیم می گردد. هماهنگ سازی در ساده ترین حالت می تواند توسط پشته فراخوانی و ارجاعات مرتبط پیاده سازی گردد.

۴-۲ ردیابی و پایش

این فاز از مهمترین گام‌های متدولوژی پیشنهادی می‌باشد که با ارتباط با محیط خدمت موجبات اندازه گیری و پایش معیارهای کیفی را فراهم آورده و جریان های کاری زیر را دربر می گیرد:

- شناسائی و تدوین اهداف کیفی و معیارهای کارائی: براساس متدولوژی نظارت بر کیفیت خدمت پیشنهادی، پیش از هر اقدامی لازم است اهداف کیفتی خدمت در قالب معیارهای کارائی و شاخص های عملکردی مرتبط با نیازمندی های استخراج شده از فاز اوّل شناسائی و تبیین گردند. لازم به ذکر است که شاخص های عملکرد باید صریح باشند، به طوری که برداشت یکسانی از مفاهیم ایجاد نمایند. قابل اندازه گیری باشند و سنجش آن ها به سادگی مقدور بوده و قابلیت تعریف براساس متغیرهای کمّی را داشته باشند. همچنین این شاخص ها باید قابل دستیابی و واقع گرایانه باشند، یعنی با خط مشی ها، راهبردها و با حوزه های کلیدی کیفیت خدمت مرتبط باشند. هر شاخص باید چارچوب و محدوده زمانی و دوره ارزیابی معیّن داشته و اطلاعات مربوط به شاخص ها در مخزن دانش اشتراکی موجود باشند. همچنین تعیین وزن شاخص ها و مشخّص نمودن درجه اولویّت آن ها نیز اهمیت دارد.
- استخراج کنشگرهای خدمت و نقاط عملگر: در گام بعد بمنظور ایجاد سطح انتزاع اجرائی یکپارچه و پویا از موجودیت های فعّال محیط اجرا، مدیریت موثّر کیفیت خدمت را بصورت عمومی و براساس مجموعه ای از کنشگرهای اصلی که در پیکربندی منابع نقش دارند انجام می دهیم. مطابق این انتزاع عمومی، درواقع این کنشگرها مصرف کنندگان منبع هم مکانی هستند که سطوح انتزاع اجرائی و یا نقاط عملگر اجرائی را جهت اعمال بارکاری، مصرف و مدیریت منابع در محیط خدمت هدف ایجاد می نمایند. براین اساس ماشین های مجازی، حامل ها، نمونه های کاربرد، وظائف متعلق به کاربردها و کاربران می توانند سطوح مختلف کنشگرهای خدمت هم مکان روی میزبان مشترک باشند که برای دستیابی به منابع اشتراکی در محیط خدمات ابری رقابت می کنند. درواقع براساس چنین تحلیل عمومی راه حل پیشنهادی ما برخلاف برخی از راه حل ها مانند [۲]و [۵]و [۸]، در اجرای سیاست های مدیریتی محدود به سطح خاصی از کنشگرها نبوده و قابلیت توسعه متدولوژی پیشنهادی با محیط های اجرای مختلف فراهم می گردد.
- اندازه گیری و مجتمع سازی: این گام اطلاعات پردازشی موردنیاز متدولوژی مدیریت کیفیت ازجمله معیاهای کارائی و اهداف سطح خدمت سیستم هدف را توسط حسگرهای متصل به نقاط اجرائی اندازه گیری نموده و در مخزن دانش اشتراکی تجمیع و ذخیره سازی می نماید. به کارگیری عامل‌های دیده بانی و تهیه فایل های ثبت وقایع از روش های رایج اندازه‌گیری و تجمیع معیارهای کارائی می باشند.

۴-۳ تشخیص و هشدار

این فاز علائم و اطلّاعاتی که توسط فاز ردیابی و پایش در مخزن دانش اشتراکی مجتمع سازی شده اند را درجهت کشف یا پیش بینی نوسانات کیفی و گلوگاههای کارائی و هشدار شرایط بحرانی سیستم مانند سرریز مصرف در میزبان و تخطی از قراردادهای سطح سرویس، به کار می گیرد. در این راستا، انجام فعالیت‌های زیر جهت موثّر واقع شدن متدولوژی پیشنهادی توصیه می گردد:

- تحلیل، تخمین و مدلسازی: با تجزیه و تحلیل شرایط محیطی، تعیین ارتباط بین بارهای‌کاری، پایش میزان مصرف منابع رایانشی و سنجش معیارهای کارائی و اهداف سطح خدمت می توان بصورت فعال و یا به روش پیشگویانه نوسانات کیفی و گلوگاههای کارائی را شناسائی نمود. دراین راستا مدل سازی کارائی می تواند وابستگی‌های کمّی را منعکس نموده و مدل‌های همبستگی ایجاد نماید که کارائی را به معیارهای سیستمی مشاهده شده و نوسانات کیفی مرتبط سازد.

- تفکیک و رده بندی کنشگرها: با به کارگیری الگوریتم‌های تفکیک، اولویت بندی و طبقه بندی کنشگرهای خدمت می توان رده های مختلف نهادها شامل کنشگرهای نرمال، پرمصرف و یا قربانی را، براساس معیارهائی مانند بارکاری، میزان مصرف منابع و اهداف سطح خدمت استخراج نمود.
- هشدار شرایط بحرانی: براساس تحلیل و تخمین وضعیت کارائی و رده بندی کنشگرهای خدمت، این فاز قادر خواهد بود گلوگاهها و منابع تداخل کارائی و نقاط تخطی از قرارداد سرویس را شناسائی نموده و توسط هشدارهای سیستمی اعلام نماید.

۴-۴ کنترل و بهبود

براساس اطلاعات بدست آمده از فاز تشخیص و هشدار که در مخزن دانش اشتراکی موجود می باشند لازم است در گام بعد راهکاری مناسب جهت کنترل معیارهای کیفی به کار گرفته شود. در این راستا انجام جریان های کاری زیر توصیه می گردد:

- تصویب استراتژی مدیریت کیفیت: اساسا استراتژی‌های مدیریت کیفیت خدمت در مراکز داده ابری براساس شرایط محیطی، محدودیت ها و ترجیحات تهیه کننده خدمات و با توجه به کاتالوگ سرویس و قراردادهای سطح سرویس تدوین می گردند. از مهم‌ترین این استراتژی ها تنظیم بار و زمانبندی اولویتی پویا می باشند که در قسمت مطالعه موردی بمنظور بیان مفید بودن و کاربرد متدولوژی پیشنهادی به کار گرفته ایم.
- تدوین فرایند بهبود و گام های اجرا: پس از تصویب استراتژی کنترل و بهبود برگزیده، لازم است مجموعه ای از گام‌ها و عملیات اجرائی که آن را فرایند بهبود می نامیم درجهت کنترل و بهبود معیارهای کیفی سیستم، براساس الگوریتم اجرای مشخصی تدوین گردند. درواقع استراتژی های مدیریت اصول و دیدگاههای راه حل کلی هستند که تصمیمات بهینه سازی را هدایت می نمایند، امّا فرایندهای بهبود ابزار پارامترگذاری، پیاده سازی و جزئیات اجرایی براساس الگوریتم های خاص می باشند.

۴-۵ تعامل و تطابق

این فاز وظیفه تعامل با سیستم هدف و اجرای استراتژی کنترل منتخب و تطابق فرایند بهبود مرتبط با محیط اجرای خدمت را دارد. در این راستا انجام فعالیت های زیر توصیه می گردد:

- تنظیم و پیکربندی عملگرها: بمنظور اعمال فرایند بهبود برگزیده لازم است ابتدا نقاط اجرائی مرتبط با آن دسته از کنشگرهای خدمت که نیازمند تغییر تنظیمات و یا پیکربندی مجدد منابع می باشند به عنوان عملگرهای هدف تعیین و براساس متغیرهای محیطی استخراج شده از فاز قبل تنظیم گردند. لازم به ذکر است که این جریان کاری در سطوح مختلف پشته ابر توسط مدیران منبع و محرک های مرتبط قابل تحقق می باشد. مهم ترین نمونه های این مدیران منبع تخصیص دهنده های ماشین مجازی در سطح زیرساخت و تنظیم کننده های بار در سطوح میان افزاری و نرم افزاری ابرها می باشند.
- اعمال محرک ها و بروزرسانی: در گام بعد لازم است محرک های مناسب را توسط سیگنال های کنترلی موردنیاز به نقاط اجرا و یا عملگرهای شناسائی شده اعمال نموده و بروزرسانی ها را انجام داده و تعاملات و ارتباطات را مدیریت نمود. لازم به ذکر است که تخصیص ماشین های مجازی به سرویس دهنده های فیزیکی و تنظیمات منبع در ماشین های مجازی از رایج ترین محرک ها در سطح زیرساخت می باشند، درحالی که تخصیص حامل ها به ماشین های مجازی و تنظیمات منابع حامل ها (مانند تنظیمات نخ ها و حافظه کَش) از محرک های مهم سطح میان افزار بوده و نهایتا تنظیمات سطح کاربرد مانند تنظیم اولویت اجرا از محرک های اصلی سطح نرم افزاری ابرها می باشند، که البته تعیین سطح دانه بندی اجرا به استراتژی نظارتی برگزیده و مکانیزم بهبود موردنظر وابسته می باشد.

۴-۶ اعتبارسنجی

براساس متدولوژی نظارتی پیشنهادی در فاز بعدی لازم است تاثیر تنظیمات و پیکربندی های جدید روی معیارهای کیفی و کارائی خدمت و محیط اجرا ارزیابی و اعتبارسنجی شده و برآورد دقیقی از تنظیمات و بروزرسانی‌های انجام شده بدست آید و بازخوردهای لازم ایجاد گردد تا درصورت نیاز بازبینی های احتمالی به محیط اجرا اعمال گردد. بمنظور اعتبارسنجی راندمان استراتژی انتخابی و اطمینان از تطابق عملکرد با قراردادهای سطح خدمت، انجام جریان های کاری زیر توسط متدولوژی پیشنهادی ضروری است:

- بازخورد اثربخشی و بهره وری: این گام از طریق تعریف یک یا چند معیار کیفی، موثّر بودن فرایند اجرائی را ارزیابی و منعکس می‌نماید. در این راستا می توان از معیارهای کیفی مختلف مانند گذردهی کلی سرویس، میزان مصرف منبع سراسری، نرخ زمان سرویس و... جهت بازخورد اثربخشی راه حل برگزیده و نقش آن در بهبود کیفیت خدمت و کارائی استفاده نمود.
- ارزیابی میزان تطابق با قرارداد سطح سرویس: این گام می تواند برآوردی از میزان تطابق عملکرد با قرارداد سطح سرویس و اهداف کیفی مرتبط را ایجاد نماید.

- بازبینی: نهایتا لازم است براساس بازخوردی که از تغییرات بهره وری و اثربخشی استراتژی منتخب و همچنین میزان تطابق با قرارداد سطح خدمت ایجاد شده است، درصورت نیاز درباره اهداف سطح خدمت مذاکره مجدد و یا اصلاحات موردنیاز صورت پذیرد. درواقع با درنظر گرفتن این نقطه بازرسی در این فاز می توان میزان بهره وری در ارائه کیفیت خدمت را هم از دیدگاه کاربران و هم از دیدگاه تهیه کنندگان خدمات ابری اعتبارسنجی نمود.

پس از توصیف فازهای عملیاتی، جریان های کاری و نقاط بازرسی مرتبط در متدولوژی پیشنهادی، در ادامه به برخی ویژگی‌ها و مزایای دیدگاه پیشنهادی در مقایسه با دیدگاههای موجود اشاره خواهیم داشت. دراین راستا، مهم ترین ویژگی‌ها و مزایای متدولوژی پیشنهادی را می توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- متدولوژی پیشنهادی وابسته به استراتژی و فرایند اجرائی خاصی نمی باشد. بنابراین دارای این قابلیت می باشد که در محیط های مختلف ابری و براساس شرایط حاکم بر محیط اجرائی محقق گردد و قابلیت توسعه برای سناریوهای کاربرد مختلف را داشته باشد. بنابراین مدیران سیستمی می توانند در هر مرحله ابزارها و روش های اجرای مناسب را از میان گزینه های عمومی و قابل دسترس انتخاب کرده و یا ابزارهای اختصاصی خود را توسعه داده و معیارهای کیفی را بصورت موثّر نظارت نمایند.
- رویکرد پیشنهادی ابعاد مهم مساله مدیریت کیفیت که در تحقیقات قبلی بصورت پراکنده مورد توجه قرار گرفته از جمله قرارداد سرویس، کنشگرهای خدمت و معیارهای کیفی یکپارچه را درکنار یکدیگر مدنظر قرارمی‌دهد. این ابعاد و اهداف می توانند در قالب قراردادهای سطح خدمت مورد تاکید قرار گرفته و سناریوهای نظارت مبتنی بر قرارداد سرویس را رقم زنند.
- با تفکیک و رده بندی کنشگرهای خدمت در سوّم متدولوژی پیشنهادی، امکان شناسائی و تشخیص موثّر نوسانات کیفی و گلوگاههای کارائی و عوامل تداخلات کارائی میسّر می گردد.
- در متدولوژی پیشنهادی با اعتبار سنجی از دیدگاه کاربران و همچنین از دیدگاه تهیه کنندگان خدمات ابری و همچنین مقایسه استراتژی‌های مختلف می توان مدیریت کیفیت موثّر و چندمنظوره را بصورت یکپارچه و پویا پشتیبانی نمود.
- طراحی متدولوژی نظارتی پیشنهادی مستقل از اطلاعات معنائی می باشد، بدین‌معنی که در این طراحی معیارهای کیفی به صورت داده‌های خام جهت تحلیل و مدیریت کیفیت خدمت استفاده می شوند تا بتوان انواع اهداف کیفی مختلف را در سطوح مختلف خدمات ابری پشتیبانی نمود. این ویژگی موجب جامعیت و توسعه پذیری متدولوژی پیشنهادی می‌گردد.

در بخش بعد مطالعات موردی مبتنی بر شبیه سازی را براساس سناریوهای رایج در سیستم های ابری ارائه نموده ایم.

۵- به کارگیری متدولوژی نظارتی پیشنهادی

بمنظور بیان مفید بودن متدولوژی پیشنهادی، ابزار شبیه‌سازی کلودسیم[6] [۱۵] که از محبوب‌ترین شبیه‌سازها می‌باشد را به کار گرفتیم. به این منظور جریان های کاری را از طریق امکانات کلودسیم و تحت بسته توسعه جاوا، براساس سناریوهای خدمت رایج شامل محیط‌های اجرای مختلف، کنشگرها و فرایندهای متفاوت، شبیه سازی نموده و نتایج را گزارش نموده‌ایم. جدول۱. مدل سیستمی و نوشتار رسمی شبیه سازی را توصیف می نماید:

جدول۱. بیان مدل سیستمی و نوشتار رسمی

[6] CloudSim

علامت	معنی
Ph	مجموعه میزبان های فیزیکی در مرکز داده Ph=<ph1, ph2,..., phm>
Vm	مجموعه ماشین‌های مجازی روی میزبان مشترک Vm=<vm1, vm2,..., vmn>
μ_j	نرخ مصرف پردازنده روی میزبان ρh_j
ρh_j^{γ}	بارکاری کل روی میزبان j براساس حداکثر ظرفیت پردازشی میزبان (ρh_j^{max})
PW_j	توان پردازشی کل میزبان j براساس مصرف توان در حالت بیکاری (PW_{idle}) و حالت اوج بارکاری (PW_{max})
$\mu_j(t)$	تابع مصرف پردازنده میزبان در زمان t، $0 \leq \mu_j(t) \leq 1$
$En_{\rho h_j}$	مصرف انرژی کل روی میزبان فیزیکی j
SLAV	شرط نقض قرارداد سطح سرویس براساس آستانه مصرف منبع Thr، مجموع منابع پردازشی مورد نیاز متقاضیان $(\sum Req_{MIPS})$ و مجموع منابع پردازشی تخصیص یافته $(\sum Alloc_{MIPS})$
TOT(CF)	تابع هزینه کل براساس هزینه فرایند اجرا(CF_{EM})، هزینه منابع مصرفی(CF_{Res}) و هزینه نرخ تخطی کل $(CF_{Penalty})$ از قرارداد سطح سرویس

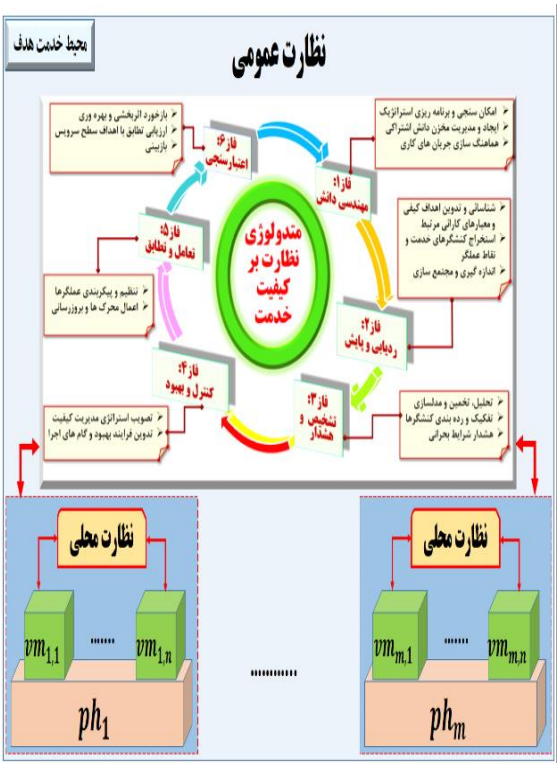
در بخش های بعدی کاربرد علائم و اصطلاحات معرفی شده در جدول بالا بصورت مبسوط تشریح می گردد. لازم به ذکر است که سناریو اوّل که از سناریوهای رایج در ارائه خدمات ابری زیرساختی و میان افزاری می باشد، روی تهیه نیازمندی‌های کیفی و کارائی برای ماشین‌های مجازی هم مکان روی میزبان‌های فیزیکی اشتراکی در مرکز داده تمرکز داشته و استراتژی تنظیم بار پویا را به همراه دو فرایند بهبود مختلف مبتنی بر مهاجرت زنده، درجهت نظارت آگاه از قرارداد سطح سرویس و بهبود معیارهای کیفی پایه به کار می گیرد. سناریو خدمت رسانی دوم که از سناریوهای سطح کاربرد رایج در ارائه خدمات ابری نرم افزاری می باشد، روی تهیه نیازمندی‌های کارائی برای وظائف هم‌مکان روی حامل‌های کاربرد اشتراکی یا نودکارگزار اشتراکی تمرکز دارد و از استراتژی کنترل همروندی و فرایند زمانبندی مبتنی بر اولویت پویا درجهت بهبود کارائی بهره می گیرد. همچنین لازم به ذکر است در تحلیل آماری انجام شده بمنظور پایدارسازی بیشتر نتایج از میانگین نتایج ۵ بار تکرار آزمون‌ها و فاصله اطمینان ٪۹۵ در گزارش ها استفاده نموده ایم. در بخش های بعد به شرح تفضیلی سناریوهای شبیه‌سازی شده، آزمون‌های انجام شده و گزارش نتایج می‌پردازیم.

۵-۱ سناریو خدمت رسانی اوّل

سناریو خدمت رسانی اوّل متدولوژی پیشنهادی را برای سیستم هدفی که بر تهیه نیازمندی‌های کیفی برای ماشین‌های مجازی هم مکان روی میزبان‌های فیزیکی اشتراکی در مرکز داده تمرکز دارد، پیاده‌سازی نموده و استراتژی تنظیم بار پویا را به همراه دو فرایند بهبود مختلف مبتنی بر مهاجرت زنده، درجهت بهبود معیارهای کیفی به کار می گیرد. براین اساس مجموعه ماشین های مجازی هم مکان روی میزبان‌های فیزیکی کنشگرهای خدمت فعّال در محیط سرویس هدف می باشند. در ادامه ابتدا مدل سیستمی، تنظیمات محیط آزمون و پارامترهائی که در اعمال فرایندهای اجرائی استفاده شده است را توصیف نموده و سپس آزمون های اجرائی تشریح می‌شوند.

۵-۱-۱ تنظیمات عمومی و اجرا

در ارزیابی قابلیت‌های عملکردی متدولوژی نظارتی پیشنهادی، زیرساخت اجرائی محیط خدمت هدف شامل یک مرکز داده ابری با لیست میزبان‌های $<ph_1, ph_2,..., ph_m>$ می‌باشد، که هر میزبان لیستی از ماشین‌های مجازی متعلق به مجموعه‌ای مانند $<vm_1, vm_2,..., vm_n>$ را میزبانی می‌نماید. درخواست ها و وظائف کاربران بصورت کلودلت‌ها به ماشین های مجازی نگاشت می‌شود. ازآن بدستجائی که در چنین محیط خدمتی بهبود توان محاسباتی و پردازشی بر حسب میلیون دستور در ثانیه و بهبود انرژی مصرفی مرتبط روی میزبان از مهم ترین چالش‌های کیفیت خدمت است، بنابراین ما در فاز مهندسی دانش و در مرحله امکان سنجی و برنامه‌ریزی استراتژیک این معیار را به عنوان یکی از اهداف کیفی درنظر می‌گیریم. در این گام ایجاد و مدیریت مخزن دانش اشتراکی براساس جمع آوری رخدادهای تاریخچه موردنیاز صورت می پذیرد. شکل۲. مدل سیستمی نظارت در محیط خدمت هدف و نحوه عملکرد متدولوژی پیشنهادی را نمایش می‌دهد:



شکل۲. مدل سیستمی و نحوه عملکرد متدولوژی پیشنهادی

همانطور که در شکل بالا مشخص است در محیط خدمت هدف، روی هر میزبان متدولوژی نظارت کیفیت خدمت بصورت محلی و همچنین بین میزبان‌های مرکز داده متدولوژی نظارت بصورت سراسری و عمومی بر اهداف کیفی نظارت دارد. ناظر محلی روی دیده بان های ماشین مجازی مبتنی بر Xen مستقر شده و تنظیمات منابع و معیارهای کیفی و کارائی هر گره را ردیابی و مدیریت می‌نمایند. ناظر عمومی نیز تنظیمات کلی منابع و اهداف کیفی و کارائی در مرکز داده ابری را مدیریت نموده و می‌تواند درنقش هماهنگ کننده وظائف در فاز مهندسی دانش برای تنظیم پیکربندی های مرتبط با بهبود کیفیت عمل نماید.

در فاز ردیابی و پایش و درمرحله جمع آوری معیارهای کیفی، رخدادهای تاریخچه مرتبط با توان پردازشی درخواستی و توان مصرفی برای ماشین‌های مجازی و میزبان‌های مرتبط جمع‌آوری می‌گردد. کلاس Log.java درمحیط شبیه سازی کلودسیم مسئول انجام عملیات تجمیع و ذخیره سازی تاریخچه براساس کنشگرهای خدمت و نقاط عملگر، که همان مجموعه ماشین های مجازی می باشند، بوده و توانائی جایگزین نمودن جریان های مختلف خروجی را توسط وارد کردن کلاس java.io.OutputStream در محیط موردنظر فراهم می نماید.

در متدولوژی پیشنهادی فاز تشخیص و هشدار و مرحله تحلیل، تخمین و مدلسازی وجود گلوگاه کارائی را براساس تهدید قرارداد سطح سرویس و مصرف افزونه توان پردازشی روی هر میزبان تشخیص می دهد. در این گام با مهیا شدن رخدادهای تاریخچه پس از تحلیل، تخمین و مدلسازی معیارهای کیفی منتخب (توان پردازشی و انرژی مصرفی) و رده بندی کنشگرها از لحاظ میزان مصرف و دستیابی به منابع پردازشی، وجود نوسانات کیفی و نقض قرارداد سطح سرویس سراسری تحلیل و گزارش می گردد. دراین راستا و بمنظور تحلیل، تخمین و مدلسازی، نرخ مصرف پردازنده μ_j روی میزبان فیزیکی ρh_j براساس رابطه زیر تعریف می‌گردد:

$$\mu_j = \rho h_j^{\gamma} \,/\, \rho h_j^{max} \qquad (۱)$$

در رابطه بالا ρh_j^{γ} بارکاری کل روی میزبان و ρh_j^{max} ظرفیت پردازش بارکاری کل می باشد. همچنین توان پردازشی کل روی میزبان فیزیکی براساس رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$PW_j = PW_{idle} + (PW_{max} - PW_{idle})\,\mu_j(t) \qquad (۲)$$

در رابطه (۲) PW_{idle} و PW_{max} به ترتیب مبیّن مصرف توان میزبان فیزیکی در حالت بیکاری و اوج بارکاری، و تابع $\mu_j(t)$ مبیّن مصرف پردازنده میزبان در زمان t می باشد که $0 \le \mu_j(t) \le 1$. براین اساس میزان مصرف انرژی کل روی میزبان فیزیکی براساس توان پردازشی مصرفی در بازه زمانی $\Delta T=[t_0, t_1]$ از رابطه زیر به دست می آید:

$$En_{\rho h_j} = \int_{t0}^{t1} PW_j\,(\mu_j(t))d \qquad (۳)$$

بمنظور بیان مفید بودن متدولوژی پیشنهادی درجهت اعمال فرایندهای بهبود متفاوت، در فاز کنترل و بهبود، استراتژی تنظیم بار پویا را براساس به کارگیری دو فرایند بهبود متفاوت، درجهت بهبود و نظارت موثّر معیارهای کیفی به کار گرفته ایم. ایده اصلی فرایندهای بهبود تنظیم بارکاری میزبان مبدا دارای احتمال نوسانات کیفی براساس مهاجرت کنشگرهائی که قرارداد سطح سرویس آن ها تهدید می شود به میزبان مقصد دارای منابع کافی (با کمترین میزان مصرف پردازنده) بمنظور پرهیز از نوسانات کیفی و نقض قرارداد سطح سرویس می باشد. فرایند مهاجرت براساس کنشگرهای تهدید شونده وتنظیم عملگرهای مرتبط در فاز تعامل و تطابق صورت می‌پذیرد. در فرایند بهبود اوّل از تکنیک تحلیل و استنتاج مبتنی بر آستانه مصرف تطابقی بنام دامنه بین چارکی[۷] بمنظور استنتاج حالت سرریز مصرف در میزبان و وجود نوسانات کیفی، براساس رابطه زیر استفاده شده است [۱۷]:

[7] Interquartile Range (IQR)

$$IQR = Q_3 - Q_1 \quad (۴)$$

مطابق رابطه۴، IQR یک تکنیک پراکندگی آماری است که معادل تفاوت بین سوّمین و چهارمین چارک در نمونه های جمع آوری شده است و طول فاصله‌ای را که نیمه مرکزی مشاهدات دربردارد، به دست می دهد و به عنوان یک معیار ارزیابی پراکندگی بر واریانس و انحراف معیار ارجحیّت دارد. بمنظور برآورد آستانه پویا استفاده از پردازنده (Thr) با مقدار پیش فرض ٪۷۰، از رابطه زیر استفاده شده است:

$$Thr = 1 - s.IQR \quad (۵)$$

در رابطه بالا s پارامتر ایمنی معادل آستانه حداکثری تحمل بار روی میزبان فیزیکی می باشد که معادل مقدار ۱/۵ درنظر گرفته شده است. همچنین در فرایند اجرائی دوّم (EP2) روش تحلیل پیشگویانه مبتنی بر رگرسیون خطی[8] [۱۵] جهت استنتاج زودهنگام و پیشگویانه نوسانات کیفی روی میزبان استفاده شده است. اساسا تحلیل رگرسیون شمائی از تکنیک‌های مدلسازی پیشگویانه است که ارتباط بین مجموعه ای از متغیّرهای مستقل و وابسته را بررسی می نماید. این تکنیک برای پیش بینی و یافتن رابطه اثر علّی بین متغیرها به کار می رود. در این تکنیک مدلسازی تلاش می شود ارتباط بین متغیرهای محیطی براساس برازش یک معادله خطی از داده های مشاهده شده و یافتن یک خط روند برای مجموعه نقاط متناظر مدلسازی گردد. لازم به ذکر است نتایج اجرای هر دو فرایند بهبود با خروجی حالت پایه ایستا که در آن از کنترل و بهینه سازی استفاده نمی شود مقایسه شده اند.

نهایتا درگام اعتبارسنجی و درگام بازخورد اثربخشی و بهره وری علاوه بر معیار انرژی مصرفی براساس توان پردازشی، تابع هزینه‌ای جهت ارزیابی میزان موازنه بین میزان انرژی مصرفی و راندمان مرکز خدمت به شرح زیر درنظر گرفته‌ایم:

$$TOT(CF) = F\left(CF_{EM}, CF_{Res}, CF_{Penalty}\right) \quad (۶)$$

در رابطه بالا تابع هزینه کل براساس توابع هزینه فرایند اجرائی منتخب(CF_{EM})، هزینه منابع مصرفی(CF_{Res}) و هزینه تخطی کل $(CF_{Penalty})$ که براساس نرخ تخطی از قرارداد سطح سرویس قابل محاسبه می باشد، به دست آمده و معیار ارزیابی چندمنظوره ای جهت برآورد هزینه کل بهبود در متدولوژی پیشنهادی ایجاد می نماید. براین اساس هزینه فرایندهائی مانند مهاجرت، قراردهی و یا پیش بینی براساس داده های تاریخچه در مولفه CF_{EM} منعکس گشته و نوع، تعداد و میزان منابع مصرفی توسط CF_{Res} هزینه منابع مصرفی را تعیین می نماید. همچنین نرخ تخطی از قرارداد سطح سرویس باقی مانده پس از اجرای فرایند اجرای منتخب نیز در مولفه $CF_{Penalty}$ منعکس می گردد. حسن تابع هزینه درنظر گرفته شده چندمنظوره بودن و ایجاد امکان مقایسه بین فرایندهای بهبود منتخب در بهره وری و نظارت کیفیت خدمت در مراکز داده ابری و انتخاب روش موثّرتر می باشد. همچنین لازم به ذکر است که براساس تحقیقات مرتبطی همچون [۱۵و ۱۷] درچنین شرایطی تهدید قرارداد سطح سرویس زمانی اتفاق می افتد که یک ماشین مجازی نوعی به دلیل رقابت با سایر ماشین های مجازی رقیب نتواند به میزان منابع پردازشی موردنیاز دست یابد. بنابراین شرط تخطی از قرارداد سطح سرویس در ارزیابی ها را مطابق رابطه زیر محاسبه نموده ایم:

$$SLAV = \frac{\sum Req_{MIPS} - \sum Alloc_{MIPS}}{\sum Req_{MIPS}} \quad (۷)$$

در رابطه بالا $\sum \mathrm{Req}_{\mathrm{MIPS}}$ و $\sum \mathrm{Alloc}_{\mathrm{MIPS}}$ به ترتیب مجموع منابع پردازشی مورد نیاز و مجموع منابع پردازشی تخصیص یافته به متقاضیان را مشخص می نمایند. در ادامه اجرای آزمون ها را تشریح نموده و در رابطه با نتایج اجرا بحث می نمائیم.

۲-۱-۵ آزمون ها، نتایج و بحث

بمنظور حفظ شفافیت تنظیمات عمومی فرایندهای اجرائی را یکسان درنظر گرفتیم. همچنین بمنظور تحقق پویائی، رقابت برای منابع اشتراکی را با تعداد متغیر (۱۰-۱۰۰) میزبان فیزیکی و تعداد متغیر (۲۰-۲۰۰) ماشین مجازی و کلودلت توسعه دادیم. بعلاوه در این سناریو از سیاست اشتراک زمانی پردازنده استفاده شده است تا زمانبند ظرفیت هسته را در میان وظایف مختلف به صورت پویا توزیع نماید و این امکان را ایجاد نماید تا چندین وظیفه و چندین کلودلت همزمان در یک ماشین مجازی و چندین ماشین مجازی همزمان روی یک نود فیزیکی قابل اجرا باشند و درواقع فرایندها به محیط اجرای اشتراکی مستعد رقابت برای دستیابی به منابع اشتراکی و مستعد ایجاد نوسانات کیفی و تداخل اعمال گردند. آزمون ها مبتنی بر بارهای کاری تصادفی و براساس توسعه کلاس HostDynamicWorkload.java در کلودسیم با طول کلودلت متغیر محقق شد. در محیط آزمون دو نوع نود فیزیکی براساس ویژگی های زیر درنظر گرفته شد:

- HP ProLiant ML110 G4 (1x (Xeon 3040 1860 MHz, 2 cores), 4GB RAM, 1 Gbit/s BW, 1 GB

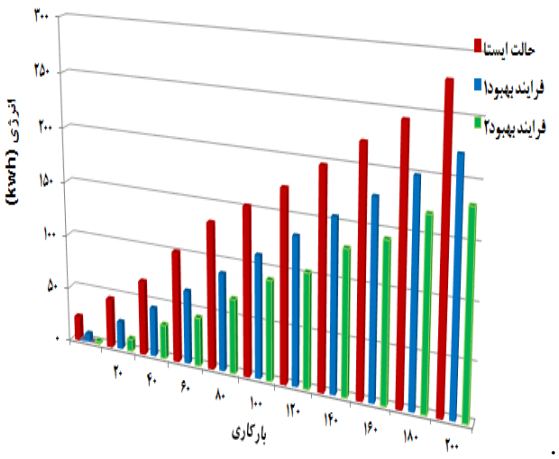
[8] Local Regression (LR)

Storage);
- HP ProLiant ML110 G5 (1x (Xeon 3075 2660 MHz, 2 cores), 4GB RAM, 1 Gbit/s BW, 1 GB Storage);

بعلاوه، چهارنوع ماشین مجازی روی نودهای فیزیکی توسعه یافت:

- High-CPU Medium Instance (2.5 EC2 Compute Units, 8.55 GB RAM, 100 Mbit/s BW, 2.5 GB Size);
- Extra Large Instance (2 EC2 Compute Units, 3.75 GB RAM, 100 Mbit/s BW, 2.5 GB Size);
- Small Instance (1 EC2 Compute Unit, 1.7 GB RAM, 100 Mbit/s BW, 2.5 GB Size);
- Micro Instance (0.5 EC2 Compute Unit, 0.633 GB RAM, 100 Mbit/s BW, 2.5 GB Size);

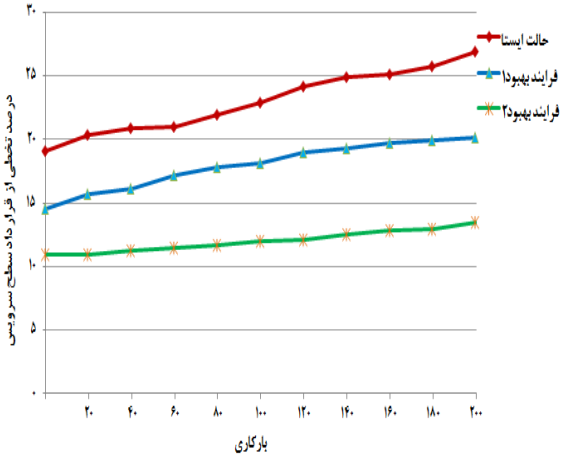
در آزمون ها حد شبیه سازی معادل ۲۴ ساعت (۸۶۴۰۰ ثانیه) درنظر گرفته شد و میزان مصرف منابع در بازه های زمانی ۵ دقیقه ای (۳۰۰ ثانیه) اندازه گیری شده است. در فاز اعتبارسنجی بمنظور ارزیابی عملکرد استراتژی منتخب و فرایندهای بهبود مرتبط، میزان کل توان پردازشی مصرفی روی میزبان براساس کیلووات ساعت (kwh) و همچنین تغییرات تابع هزینه (CF(EM)) را به عنوان معیارهای بازخورد اثربخشی و بهره وری و همچنین معیار SLAV در رابطه (۷) را بعنوان معیار مطابقت با قرارداد سطح خدمت درنظر گرفتیم. شکل زیر میزان کل انرژی مصرفی قبل و بعد از اعمال فرایندهای اجرائی را نمایش می دهد:



شکل۳. تغییرات مصرف انرژی

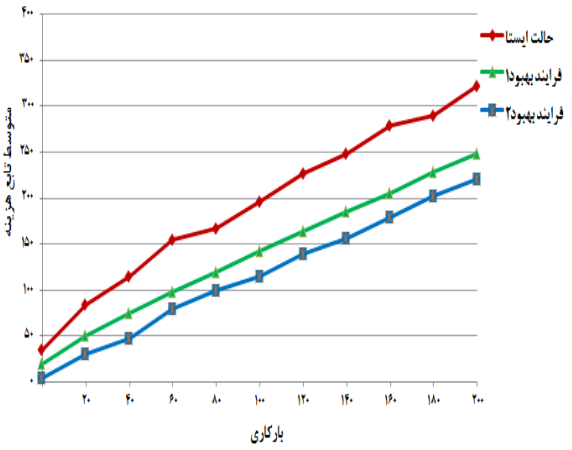
درمقایسه مصرف کل انرژی قبل و بعد از اعمال متدولوژی پیشنهادی، همانطور که در نمودار بالا مشخص است، کاهش محسوس مصرف انرژی پس از اعمال متدولوژی مشهود است. درواقع متدولوژی نظارتی پیشنهادی توانسته است مصرف انرژی روی میزبان فیزیکی را از میزان متوسط ۱۴۸/۲۰۸ به مقدار متوسط ۱۱۱/۹۸۰ برای فرایند اول و مقدار متوسط ۸۸/۴۴۷ کاهش داده و از شرایط بحرانی سرریز میزبان پرهیز نمایند.

همچنین متوسط تغییرات نقض قرارداد سطح سرویس که مبین میزان متوسط افت بهره وری و کارائی پردازنده در هنگامی عدم پاسخگوئی به درخواست‌های پردازشی بارهای کاری است، توسط آزمون دوم و درشکل زیر نمایش داده شده است:



شکل۴. تغییرات میزان نقض قرارداد سطح خدمت

براساس نتایج به دست آمده متدولوژی پیشنهادی توانسته است متوسط نقض قرارداد سطح سرویس روی میزبان را از میزان ۲۳/۰۱۵ به مقدار ۱۷/۹۶۸ برای فرایند اوّل و مقدار ۱۲/۰۱۷ برای فرایند دوّم کاهش دهد. همچنین آزمون سوّم و شکل ۵. تغییرات تابع هزینه منتخب CF(EM) را قبل و بعد از اعمال فرایندهای اجرائی منتخب نمایش می دهد:



شکل۵. تغییرات هزینه

براساس نتایج به دست آمده متدولوژی پیشنهادی توانسته است متوسط هزینه را از میزان متوسط ۱۹۲/۴۶۷ به مقدار ۱۱۵/۹۲۶ برای فرایند اول و مقدار ۱۳۹/۹۲۷ برای فرایند دوم کاهش دهد. درکل نتایج شبیه سازی نشان می دهند که به کارگیری متدولوژی نظارت بر کیفیت خدمت پیشنهادی و استراتژی منتخب توانسته

است معیارهای کیفی و اهداف سطح خدمت را در هر دو فرایند اجرائی نسبت به حالت ایستای اولیه بهبود بخشیده و منجر به افزایش اثربخشی و بهره وری انرژی در مرکز داده ابری، کاهش نقض قراردادهای سطح خدمت و همچنین کاهش هزینه گردد، که درنظر گرفتن این ابعاد درکنار یکدیگر در اغلب تحقیقات مرتبط از جمله [۶]، [۸]، [۲۰]، [۲۱] و [۲۲] نادیده گرفته شده است. همچنین از نتایج آزمون ها چنین استنباط می گردد که فرایند بهبود پیشگویانه مبتنی بر روش LR اعمال شده برای هر دو معیار کیفی درنظر گرفته شده (میزان مصرف کل انرژی و میزان متوسط نقض قرارداد سطح خدمت) نسبت به حالت پایه، و همچنین فرایند بهبود مبتنی بر IQR بهبود بیشتری ایجاد می نمایند، اگرچه هزینه اعمال آن نسبت به فرایند اجرای مبتنی بر IQR بیشتر است، زیرا اساسا در روش‌های پیشگویانه نیازمند بازیابی اطلاعات و تحلیل پیشگویانه از داده های تاریخچه جمع آوری شده می باشیم. در قسمت بعد قصد داریم متدولوژی پیشنهادی را در سطح کاربردهای ابری، جریان های کاری، وظائف مرتبط و میزبان های منطقی اشتراکی نیز به کار گیریم.

۵-۲ سناریو خدمت رسانی دوّم

در دوّمین سناریو هدف متدولوژی پیشنهادی نظارت بر تهیه یکپارچه و عادلانه نیازمندی های کیفی برای وظائف متعلق به کاربردهای ابری در محیط خدمت اشتراکی، تنظیم بار پویا و آگاه از قرارداد سطح سرویس و همچنین کنترل و بهبود زمان پایان کارها و وظائف مرتبط می باشد. در چنین سطح انتزاعی مجموعه حامل های کاربرد یا میزبان‌های منطقی موجود در محیط خدمت هدف و مجموعه وظائف هم مکان روی این حامل‌های کاربرد کنشگرهای خدمت فعّال می باشند. قرارداد سطح سرویس که می تواند درقالب یک فایل XML از سوی کاربر به تهیه کننده خدمات تحویل گردد، اولویت وظائف ورودی را براساس دو سطح اولویت نرمال و اولویت سطح بالا مشخص می نماید.

۵-۲-۱ تنظیمات عمومی و اجرا

در این سناریو بمنظور حفظ شفافیت در اجرای آزمون ها از مدل سیستمی تشریح شده در سناریو خدمت رسانی اول بهره گرفتیم. همچنین در این سناریو نیز ایجاد و مدیریت مخزن دانش اشتراکی در فاز مهندسی دانش براساس جمع آوری رخدادهای تاریخچه صورت پذیرفت. لازم به ذکر است، آزمون در محیط شبیه سازی WorkflowSim که توسعه یافته محیط کلودسیم می باشد، با میزبان هائی با توان پردازشی ۲۰۰۰MIPS و حافظه اولیه معادل ۲۰۴۸ MB، که شامل ۵ ماشین مجازی اولیه با توان پردازشی ۱۰۰۰ MIPS و حافظه اولیه ای معادل ۵۱۲ MB بوده اند، انجام شد. مطابق مدل سیستمی در محیط خدمت هدف روی هر حامل کاربرد نظارت محلی و همچنین بین همه حامل های کاربرد نظارت عمومی و سراسری در جهت دستیابی به اهداف کیفی اعمال می‌شود. ناظران محلی روی دیده بان های ماشین مجازی مبتنی بر Xen مستقر شده و تنظیمات منابع و معیارهای کیفی هر گره را ردیابی و مدیریت می‌نمایند. ناظر عمومی نیز تنظیمات کلی منابع و اهداف کیفی را مدیریت نموده و می‌تواند درنقش هماهنگ کننده وظائف در فاز مهندسی دانش برای پیکربندی های مرتبط با کنترل و بهبود اهداف کیفی عمل نماید.

همچنین در فاز ردیابی و پایش و درمرحله جمع آوری معیارها، رخدادهای تاریخچه مرتبط با توان پردازشی منابع و زمان تکمیل کار وظائف ورودی به عنوان معیارهای کیفی جمع آوری می‌گردند. کلاس Log.java مسئول انجام عملیات جمع آوری و ذخیره سازی تاریخچه در طیّ فرایند بهبود می باشد. این کلاس توانائی جایگزین نمودن جریان های مختلف خروجی را توسط وارد کردن کلاس java.io.OutputStream را فراهم می‌نماید. در فاز تشخیص و هشدار و درمرحله تحلیل، تخمین و مدلسازی، وظائف ورودی براساس سطح اولویت رده بندی گشته و پس از تدوین استراتژی مدیریتی و فرایند بهبود مبتنی بر زمانبندی اولویتی پویا در فاز کنترل و بهبود، در گام بعد یعنی فاز تعامل و تطابق وظائف ورودی براساس اولویت به منابع موجود نگاشت می شوند. این نگاشت توسط زمانبند وظائف که نقش موتور اجرا را دارد صورت می پذیرد. نهایتا در فاز اعتبارسنجی بمنظور ارزیابی عملکرد استراتژی منتخب و فرایند بهبود مرتبط، معیار کیفی ارزیابی را Makespan، معادل حداکثر زمان تکمیل کار برای وظائف موردنظر درنظر گرفتیم و آن را با حالت اولیّه ایستا و بدون کنترل و بهبود مقایسه نمودیم. در ادامه آزمون ها را اجرا نموده و در رابطه با نتایج به دست آمده بحث می نمائیم.

۵-۲-۲ آزمون ها، نتایج و بحث

در این سناریو فرایند بهبود پیشنهادی که توسط الگوریتم۱ نمایش داده شده است، وظائف ورودی را براساس زمان تکمیل کار مرتب سازی می نماید و ابتدا از میان وظائف با اولویت سطح بالا (SLAP=high)، وظیفه با کمترین زمان موردنیاز برای تکمیل-شدن (Min(Cij)) را به سریعترین ماشین مجازی با بیشترین ظرفیت و کمترین میزان مصرف توان پردازشی نظیر می نماید تا هم زمان تکمیل کار کمینه گشته و هم از احتمال شرایط سرریز مصرف در میزبان پرهیز نماید. سپس وظائف با سطح اولویت نرمال (SLAP=normal) به ترتیب ورود به سیستم روی منابع موجود نگاشت می شوند. بمنظور پرهیز از تداخل کارائی وظائف با اولویت

بالاتر به سریعترین گره کارگذار با بیشترین منابع آزاد نظیر می شوند و به این ترتیب راندمان سیستم بهبود می یابد. الگوریتم زیر فرایند بهبود پیشنهادی را نمایش می دهد:

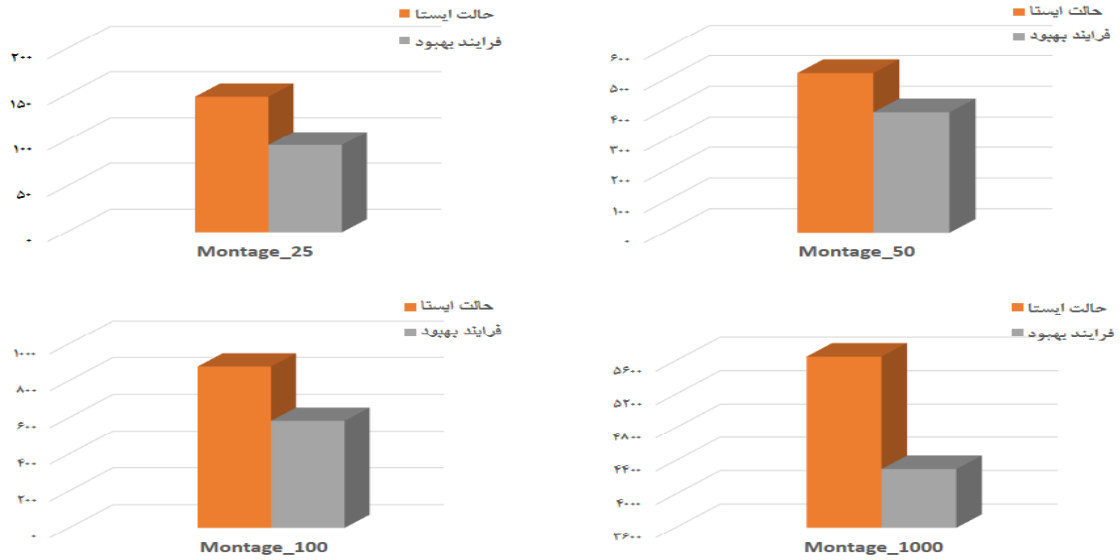
Algorithm 1: Priority-Based Execution Mechanism
Input: Meta-task set MT_S, SLA Priorities (SLAP)
Output: Scheduling Decision

1. For all submitted tasks T_i in MT_S
2. For all resource R_j in ResList
3. Sort (R_L, MIPS, Descending)
4. Find C_{ij};
End For;
End For;
5. While MT_S not empty
6. For all tasks T_i with SLAP = high
7. Find task T_k that cost Min (E_{ij});
8. Assign task T_k to resource R_j, which gives Max (MIPS) and Min (C_{ij});
9. Remove Task T_k from MT_S
10. Update rt_j for select R_j
11. Update C_{ij} for all tasks in MT_S ;
End For;
12. Repeat step 6 for all tasks T_i with SLAP = normal until all tasks in MT_S executed;
13. End While

در فرایند بهبود پیشنهادی بمنظور ایجاد مشخصّه پویائی در آزمون، سطوح اولویت و طول وظائف توسط یک متد تولید کننده عدد تصادفی متغیر درنظر گرفته شده و به وظائف تخصیص داده می شود. به این ترتیب این فرایند موجب بهبود معیار کیفی، تبعیت از قرارداد سطح سرویس و پرهیز از سرریز منابع می گردد. همچنین زمان پایان کار (C_{ij}) برای وظیفه T_{ij} براساس زمان آماده به کار منبع r_j و زمان اجرای E_{ij} و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C_{ij} = E_{ij} + r_j \qquad (۸)$$

معیار ارزیابی اثربخشی در فرایند بهبود پیشنهادی را Makespan، و براساس جریان کاری علمی Montage [۱۶]و [۲۴]، که در برنامه های گردش کار نجوم وبراساس داده های واقعی مورد استفاده قرار میگیرند، با ۲۵، ۵۰، ۱۰۰و ۱۰۰۰ کلودلت درنظرگرفتیم. شکل۶. تغییرات معیار کیفی را براساس تغییرات بارکاری نمایش می‌دهد.



شکل۶. نمایه تغییرات معیار Makespan نسبت به تغییرات بارکاری

همانطور که در نمودارها مشخص است فرایند به کارگرفته شده موجب بهبود زمان تکمیل کار برای بارهای کاری با حجم متفاوت شده است. درواقع حسن فرایند پیشنهادی درنظر گرفتن اولویت کارها براساس قرارداد سطح سرویس و تنظیم بار و موازنه مناسب در مرکز داده و کاهش زمان اجرای سراسری روی گره های کارگذار می باشد، که درنظر گرفتن این ابعاد درکنارهم در تحقیقاتی همچون [۲۳و ۲۴] نادیده گرفته شده است. همچنین با تخصیص اولویّت بالاتر به وظائف با فرجه زمانی باقیمانده کمتر می توان فرایند فوق را برای زمانبندی اولویّتی پویای وظائف بلادرنگ مبتنی بر فرجه به کار گرفته و با ملاقات فرجه های زمانی منجر به بهبود اثربخشی و راندمان کل در مرکز داده گشت.

درکل نتایج آزمون‌ها دلالت بر مفید بودن و قابلیت کاربرد متدولوژی پیشنهادی دارد. در همه موارد پس از اعمال استراتژی مدیریتی منتخب و فرایند بهبود مرتبط در مقادیر معیارهای کیفی نسبت به حالت پایه بهبود قابل توجّه حاصل شد. در قسمت بعد

نتیجه‌گیری و رویکردهای آتی پژوهش بیان می گردد.

۶- نتیجه گیری و راهکارهای آتی

با توجّه به مواجهه حوزه فنّاوری اطّلاعات و ارتباطات با سطح فزاینده‌ای از درخواست ها و خدمات ابری، اساسا ارائه دیدگاههای مدوّن جهت مدیریت منابع و دستیابی به اهداف کیفیتی در سیستم های ابری ضروری می باشد. در این راستا، مهم‌ترین دستاورد پژوهش حاضر توسعه متدولوژی نظارتی یکپارچه، خودمختار و موثّر کیفیت خدمت بصورت آگاه از قرارداد سطح سرویس در سیستم های ابری و مراکز داده مرتبط می باشد. رویکرد متدولوژیک پیشنهادی برخلاف راه‌حل های موجود، مستقل از سطح کاربرد و کنشگرهای محیطی، اهداف کیفتی را در کل پشته ابر بصورت یکپارچه و پویا نظارت می‌نماید تا موثّر واقع گردد. نتایج ارزیابی ها مبین سودمندی و برتری رویکرد پیشنهادی در شناسائی نوسانات کیفی و بهبود چندمنظوره اهداف کیفیت خدمت در مراکز داده ابری می‌باشد. توسعه سایر استراتژی های دستیابی به کیفیت خدمت و تجمیع سایر معیارهای کیفی و مکانیزم های اجرائی با متدولوژی پیشنهادی از راهکارهای آتی پژوهش می باشد. درانتها امیدواریم رویکرد پژوهش حاضر، با نظر به جنبه‌های مبهم مساله مدیریت کیفیت خدمت و همچنین با نظارت کیفیت خدمت از منظر کلان، بتواند به عنوان تلاشی درجهت ایجاد نقشه راه عمومی و دیدگاهی درجهت دستیابی به اهداف کیفی در حوزه رایانش ابری به کار گرفته شده و بتواند درجهت تجمیع دیدگاههای قبلی و کاهش فاصله بین ابعاد مساله و ساماندهی فضای آشوب حاکم بر این حوزه پژوهشی گام بردارد.

مراجع

[1] Ghahramani, M., Zhou, M., & Hon, C.T. (2017). *Toward cloud computing QOS architectrure: analysis of cloud systems and cloud services. IEEE/CAA J. Autom. Sin.*, 4(1), pp. 5-17.

[2] Potluri, S., & Rao, K.S. (2017). *Quality of service based task scheduling algorithms in cloud computing. Int. J. Electr. Comput. Eng. (IJECE)*, 7(2), pp. 1088-1095.

[3] Freitas, A. L. P., & Freitas Neto, M. M. (2017). *Assessing the service quality in Software-as-a-Service from the customer's perspective: a methodological approach and case of use, J* Production, vol. 27. http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.20170020

[4] Iranpour, E., & Sharifian, S. (2018). *A distributed load balancing and admission control algorithm based on fuzzy type-2 and game theory for large scale SaaS architecture. J Future Generation Computer Systems*, Vol. 86, pp. 81-98. https://doi.org/10.1016/j.future.2018.03.045

[5] Krebs, R., Loesch, M. & Kounev, S. (2014). *Platform-as-a-Service Architecture for Performance Isolated Multi-Tenant Applications in Cloud Computing (CLOUD)*. IEEE 7th International Conference on, pp. 914-921.

[6] Sampaio, A. M. & Barbosa, J. G. (2016). *Chapter Three- Energy-Efficient and SLA-Based Resource Management in Cloud Data Centers, J Advances in Computers*, Vol. 100, pp. 103-159. https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2015.11.002

[7] Almeida, J., Almeida, V., Ardagna, D., Cunha, I., Francalanci, C. & Trubian, M. (2010). *Joint admission control and resource allocation in virtualized servers. J Parallel and Distributed Computing*, Vol. 70, pp. 344-362.

[8] Gao, Y., Guan, H., Qi, Z., Song, T., Huan, F. & Liu, L. (2014). *Service level agreement based energy-efficient resource management in cloud data centers. J Computers & Electrical Engineering*, Vol. 40, pp. 1621-1633.

[9] Patros, P., MacKay, S. A., Kent, K. B. & Dawson, M. (2016). *Investigating resource interference and scaling on multi-tenant PaaS clouds. In Proceedings of the 26th Annual International Conference on Computer Science and Software Engineering*, pp. 166-177.

[10] Ramanathan, R. & Latha, B. (2018). *Towards optimal resource provisioning for Hadoop-MapReduce jobs using scale-out strategy and its performance analysis in private cloud environment. J Cluster Comput*, pp. 1–11. https://doi.org/10.1007/s10586-018-2234-8

[11] Xen NUMA roadmap, 2015. [Online] Available: http://t.cn/RoiaLQP.

[12] Ren, J., Qi, Y., Dai, Y., Xuan, Y. & Shi, Y. (2017). *A lightweight nested-virtualization VMM for hosting high performance computing on cloud. J Systems and Software*, Vol. 124, pp. 137-152. https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.11.001

[13] Suresh, S. & Sakthivel, S.(2017). *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.

[14] García, A., García, I., Blanquer Espert, I. & Hernández García, V. (2014). *SLA-driven dynamic cloud resource management. J Future Gener. Comput. Syst*, vol.31, pp.1-11.

[15] Calheiros, R.N., Ranjan, R., Beloglazov, A., DeRose, C.A.& Buyya, R. (2011). *CloudSim:a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms. J Softw Pract Exp*, Vol. 41, pp. 23-50.

[16] Beloglazov, A., & Buyya, R. (2012). *Optimal Online Deterministic Algorithms and Adaptive Heuristics for Energy and Performance Efficient Dynamic Consolidation of Virtual Machines in Cloud Data Centers. J Concurrency and Computation: Practice and Experience*, Vol. 24, pp. 1397-1420. https://doi.org/10.1002/cpe.1867.

[17] Madhu , B. R. , Manjunatha, A.S. , Chandra , P., & Murthy, C. (2016). *A Comparative Study of Algorithms For Efficient Dynamic Consolidation of Virtual Machines In Cloud. J Applied Engineering Research*, Vol. 11, no. 6, pp .4597-4600.

[18] Sundarraj, B. (2015). *A Stochastic Model to Investigate Data Center Performance and QoS in IaaS Cloud Computing Systems. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, Vol. 3, no. 3.

[19] Farahnakian , F. (2015). *Using ant colony system to consolidate VMs for green cloud computing, J IEEE Trans. Services Comput*, Vol. 8, no. 2, pp. 187–198. https://doi.org/10.1109/TSC.2014.2382555

[20] Wang, Z., Tang, X., & Luo, X. (2011). *Policy-Based SLA-Aware Cloud Service Provision Framework. In Proceedings of the Seventh International Conference on Semantics Knowledge and Grid*, pp. 114-121.

[21] Zhang, L., Zhuang, Y., & Zhu, W. (2013). *A Balanced Scheduling Algorithm for Virtual Cloud Resources based on Dynamic Power-Aware, Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC), Proceedings 2013 International Conference.*

[22] Kanani, B. & Maniyar, B. (2015). *Review on Max-min Task Scheduling Algorithm for Cloud Computing. J Emerging Technologies and Innovative Research*, Vol. 2, pp. 781-784.

[23] Gaurav, G. et al. (2014). *A simulation of priority based earliest deadline first scheduling for cloud computing system. Networks & Soft Computing (ICNSC), First International Conference on. IEEE.* https://doi.org/10.1109/CNSC.2014.6906659

[24] Rimal, B.P., & Maier, M. (2017). *Workflow Scheduling in Multi-Tenant Cloud Computing Environments. IEEE Trans Parallel Distrib Syst* , Vol. 28, no.1, pp.290-304. https://doi.org/10.1109/TPDS.2016.2556668