دوره پانزدهم، شماره پاییز و زمستان ۱۴۰۱

مجله فناوری اطلاعات در طراحی مهندسی

Information Technology in Engineering Design

http://ited.sinaweb.net

یک مدل رتبه‌بندی سرویس‌های ابری با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP در محیط محاسبات ابری

گلناز آقایی قزوینی*(۱) بابک نیک مرد (۲)

(۱) گروه کامپیوتر، واحد دولت آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران*

(۲) گروه کامپیوتر، واحد دولت آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت :۱۴۰۱/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۴)

چکیده

با توجه به ازدیاد سرویس‌ها در محیط ابری، ممکن است برای درخواست یک کاربر، چندین سرویس با وظیفه‌مندی یکسان وجود داشته باشد. تعدد سرویس‌ها با وظیفه‌مندی مشابه، اهمیت نقش کاربر و اولویت‌های شخصی‌سازی‌شده وی را در انتخاب سرویس پررنگ‌تر می‌کند. زیرا کاربران اولویت‌ها، علایق در انتخاب سرویس دارند. چالش اصلی، شناسایی سرویس‌های ابری متناسب با درخواست کاربر، ارزیابی میزان اعتماد آن‌ها و در نهایت رتبه‌بندی است. رتبه‌بندی سرویس‌های ابری، مبتنی بر فاکتورهای اولویت‌بندی انجام می‌شود که به نوع برنامه‌کاربردی وابسته هستند، لذا باید به گونه‌ای انتخاب گردند که منعکس-کننده چنین موضوعی باشند. در این مقاله، با هدف انتخاب سرویس‌های ابری، الگوریتم ***RCS-AHP*** مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ***AHP*** ارائه شده است تا از طریق مصالحه بین اولویت‌های کاربران با سلایق مختلف، بتوان بهترین سرویس‌های مورد اعتماد را برای تعاملات آینده به آن‌ها پیشنهاد داد. شبیه‌سازی مبتنی بر دو مجموعه داده ***QWS*** و ***Cloud Armor*** انجام شده است. به منظور سنجش الگوریتم ارائه‌شده، پارامتر دقت انتخاب سرویس ***(SSP)*** تعریف شد که نشان‌دهنده نرخ فراخوانی سرویس به نرخ پیشنهاد سرویس توسط الگوریتم رتبه‌بندی است. نتایج در پنجره‌های زمانی مختلف در دو مجموعه داده بررسی گردید که افزایش ***SSP*** نسبت به روش مرجع نشان‌دهنده عملکرد مناسب روش نسبت به راهکارهای قبلی است.

کلمات کلیدی: محاسبات ابری، اعتماد، رتبه‌بندی سرویس، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP

*عهده‌دار مکاتبات:

گلناز آقایی قزوینی

نشانی: گروه کامپیوتر، واحد دولت آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

پست الکترونیکی: g.aghaee@iauda.ac.ir

۱. مقدمه

محاسبات ابری یک مدل مبتنی بر تقاضا تحت شبکه است که از مجموعه‌ای از منابع محاسباتی قابل‌پیکربندی شامل سرویس‌ها، برنامه‌های کاربردی و دستگاه‌های ذخیره‌سازی استفاده می‌کند. به عبارتی دیگر، در این الگوی محاسباتی، تعداد بسیار زیادی از سیستم‌ها به صورت شبکه‌های خصوصی و یا عمومی به یکدیگر متصل می‌شوند تا یک زیرساخت پویا و مقیاس‌پذیر را برای برنامه‌های کاربردی، ذخیره داده‌ها و فایل‌ها فراهم آورند[۱]. با ظهور این تکنولوژی، هزینه محاسبات، میزبانی برنامه‌های کاربردی، ذخیره‌سازی محتوا و تحویل سرویس‌ها به طور قابل‌توجهی کاهش یافته است. این امر باعث می‌شود، تأمین منابع فناوری‌اطلاعات[۱] (IT)، برای کاربران انعطاف‌پذیرتر شود و به تبع آن خطرات سرمایه‌گذاری‌های طولانی مدت، در زیرساخت-های فناوری‌اطلاعات کاهش یابد. به طور خلاصه، فناوری محاسبات ابری از پتانسیل بالایی برخوردار است که باعث افزایش کارایی بسیاری از برنامه‌های فناوری‌اطلاعات و در نتیجه نوآوری و رشد اقتصادی می‌شود. همچنین پیش‌بینی می‌شود که همه شاخص‌های مربوط به حوزه صنعت از جمله ترافیک داده، تعداد مراکزداده یا تعداد سرویس‌های ابری، به‌صورت تصاعدی رشد کنند[۲،۳]. موانع بسیاری در استفاده گسترده از این فن‌آوری وجود دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، عدم اعتماد در تعاملات کاربران و فراهم‌کنندگان ابری است که به عنوان بزرگترین مانع برای تحقق کامل پتانسیل‌های اقتصادی آن در سال‌های اخیر محسوب می‌شود[۴-۶]. اعتماد یکی از پیچیده‌ترین روابط میان موجودیت‌ها است، زیرا ذهنی، غیرمتقارن، متعدی، پویا و دارای خاصیت عدم‌قطعیت است. با افزایش محبوبیت محاسبات ابری، ایجاد روابط قابل اعتماد بین کاربران و سرویس‌دهندگان به عنوان یک چالش مهم در شکل‌گیری امنیت محاسبات ابری، توجه قابل‌ملاحظه‌ای به خود جلب کرده است. علاوه‌بر چالش اعتماد، ممکن است کاربران در انتخاب سرویس، علاقه‌مندی و سلیقه‌های متفاوت داشته باشند. بنابراین، با توجه به ازدیاد سرویس‌ها برای یک وظیفه‌مندی مشابه در محیط ابر، یک کاربر ممکن است تمایل به انتخاب سرویسی داشته باشد که بیشتر به اولویت‌ها و سلیقه‌های شخصی وی نزدیک باشد. در نظر گرفتن این دو رویکرد در کنار هم می‌تواند تاثیر مثبتی در افزایش تمایل برای استفاده از خدمات ابر توسط کاربران داشته باشد. سهم این مقاله در بررسی چالش‌های مذکور به صورت زیر خلاصه می‌شود:

- ارائه الگوریتم RCS-AHP[۲] مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP به منظور مصالحه بین اولویت های کاربران
- رتبه‌بندی سرویس‌های ابری مورد اعتماد

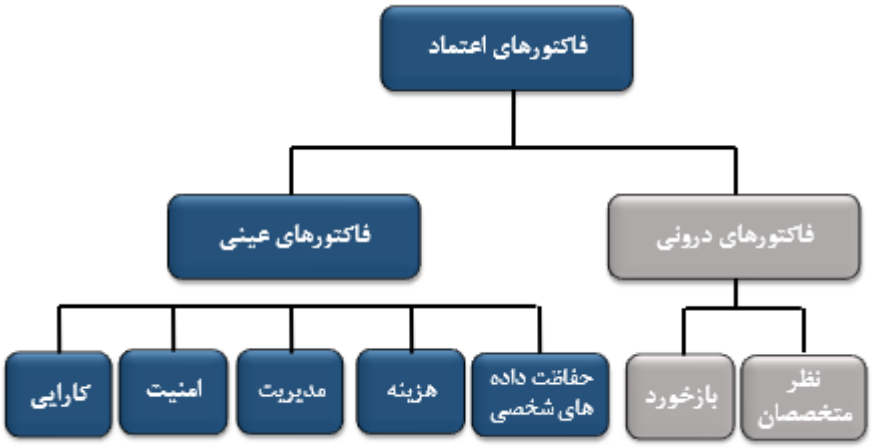
ساختار این مقاله در ادامه به این صورت سازماندهی شده است: در بخش دوم، مروری بر تحقیقات پیش در حوزه اعتماد در ابر خواهد شد. در بخش سوم، الگوریتم RCS-AHP به منظور انتخاب و رتبه‌بندی سرویس‌های ابری معرفی می‌شود، در بخش چهارم، نتایج ارزیابی و شبیه‌سازی ارائه می‌گردد و در نهایت در بخش پنجم، نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی بررسی و مرور خواهد شد.

۲. مروری بر تحقیقات مرتبط

[۱] Information Technology

[۲] Ranking Cloud Services- Analytical Hierarchy process

رشد روزافزون و انکارناپذیر فناوری محاسبات ابری در سال‌های اخیر، باعث شده حفظ مسائل امنیتی، حریم‌خصوصی و اعتماد، از چالش‌های موجود در این حوزه محسوب شود. به‌عنوان‌مثال، امروزه منابع ابری منبع‌باز بسیاری وجود دارد که از آن جمله می‌توان به OpenStack, Cloud Stack اشاره کرد، ولی استفاده از این منابع به ویژه برای سرویس‌های حساس از جمله بانکداری و مراقبت‌های بهداشتی باید همراه با تضمین امنیت باشد. ولی امروزه وجود نقص‌های امنیتی در این منابع باز مشکلاتی بسیاری برای محیط ابر ایجاد کرده است[۷–۹]. در راستای افزایش امنیت محیط محاسبات ابری، یک سیستم ارزیابی امنیت محصولات ابری توسط محققان ارائه شده که شامل سه بخش مختلف (محیط تست، تکنولوژی ارزیابی، سرویس ارزیابی) است و برای ارزیابی محصولات واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱۰]. این سیستم دارای بخش‌های مختلفی است. محیط تست، شامل پلت‌فرم تست محصولات ابری است. تکنولوژی ارزیابی، شامل ابزارهای تست، توابع تست، بانک اطلاعاتی پایه، استانداردها و مشخصات مرتبط است و در نهایت سرویس ارزیابی، ارائه‌دهنده سرویس‌هایی جهت ارزیابی محصولات امنیتی در محیط محاسبات ابری است. امروزه، علاوه‌بر امنیت محصولات ابری، باید این اطمینان برای کاربران فراهم شود که سرویس-های ابری، مورد اعتماد و مطابق با نیازمندی‌های آن‌ها، پیشنهاد گردد. تاکنون راه‌حل‌ها و چارچوب‌های بسیاری برای رسیدگی به این چالش ارائه شده است[۱۱–۱۵]. در اغلب راه‌حل‌های موجود، اعتماد تنها از یک دیدگاه، مورد ارزیابی قرار گرفته است. به عبارت دیگر، در اغلب پژوهش‌ها ارزیابی اعتماد تنها از دیدگاه عینی و یا درونی انجام می‌شود. در شکل ۱، یک طبقه‌بندی از فاکتورهای اعتماد توصیف شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود فاکتورهای اعتماد به دو دسته کلی فاکتورهای اعتماد قرارداد سطح سرویس[۳] (SLA-TFs) و فاکتورهای اعتماد غیرمستخرج از قرارداد سطح سرویس[۴] (Non-SLA-TFs) تقسیم-بندی می‌شوند. اطلاعات استخراج‌شده از قرارداد سطح سرویس مابین فراهم‌کنندگان و کاربران وابسته به چهار حوزه اصلی امنیت، کارایی، مدیریت داده و حفاظت داده‌های شخصی است که هر کدام از این حوزه‌ها می‌توانند شامل ریزفاکتورهای اضافی دیگری نیز باشند. در حالی که Non-SLA-TFs منعکس‌کننده نظرات شخصی کاربران درباره سرویس است[۱۶].



شکل ۱. طبقه‌بندی فاکتورهای اعتماد[۱۰]

با توجه به تقسیم‌بندی فوق، ارزیابی اعتماد سرویس‌دهندگان ابری را می‌توان به دو دسته کلی عینی و درونی تقسیم‌بندی کرد. دسته اول، برای انتخاب بهترین سرویس ابری از ویژگی‌های کیفیت‌سرویس استفاده می‌کنند که نشان‌دهنده ویژگی‌های

[۳] Service Level Agreement Trust Factors
[۴] Non-Service Level Agreement Trust Factors

غیروظیفه‌مندی سرویس ابری از جمله امنیت، کارایی، توان‌عملیاتی و غیره هستند. دلیل این نام‌گذاری این است که ویژگی‌های کیفیت‌سرویس به صورت عینی قابل‌مشاهده و اندازه‌گیری هستند و از طرفی مستقل از منبع ارزیابی بدست می‌آیند، بنابراین این ارزیابی، عینی نامیده می‌شود. در ادامه برخی از تحقیقات انجام شده در دسته‌بندی‌های عینی و درونی به تفکیک بررسی می‌شوند.

آبرر و همکاران[۱۷]، روشی برای رتبه‌بندی و انتخاب سرویس ابری مبتنی بر ویژگی‌های کیفیت‌سرویس ارائه کرده‌اند. برای این منظور، از تکنیک‌های ارزیابی اعتماد برای پیش‌بینی کیفیت آینده سرویس استفاده کردند. محمداحمد و همکاران[۱۸]، با ارائه یک مدل ارزیابی اعتماد سرویس مبتنی بر ویژگی‌های SLA، جهت انتخاب سرویس ابری مورد اعتماد ارائه کرده‌اند. آن‌ها از مفاهیم چارچوب مفهومی قبلی خود در این مدل استفاده کردند تا از این طریق بتوانند معیارهای بهتری برای انتخاب سرویس ابری قابل‌اطمینان تعریف کنند. دامیان‌سرانو و همکاران[۱۹]، برای تضمین ویژگی‌های کیفیت‌سرویس در محیط ابری یک مدل جدید ارائه کردند، آن‌ها در مدل خود، ابتدا یک زبان خاص برای توصیف SLA تعریف و سپس برای تضمین ویژگی‌های کیفیت‌سرویس از یک روش کنترلی تئوریک جدید استفاده نمودند. پاراون و همکاران[۲۰]، یک شمای ارزیابی اعتماد چندبعدی به منظور ارزیابی اعتماد فراهم‌کنندگان و کاربران ابری ارائه کردند. در راهکار آن‌ها، سیستم مانیتورینگ کارایی[۵] میزان انطباق پارامترهای QoS تعیین شده در SLA را با مقادیر ارائه شده سرویس، جهت ارزیابی قابلیت‌اعتماد فراهم‌کننده سرویس ابری، بررسی می‌کند. همچنین میزان اعتماد کاربران ابری با توجه به رفتارهای صادقانه آن‌ها در خصوص پذیرش قوانین تعیین‌شده توسط فراهم‌کننده ارزیابی می‌شود. در راهکار ارائه شده، تکنیک تاپسیس با استفاده از راهبردهایANP و فاصله مینکوفسکی جهت ارزیابی میزان اعتماد از دیدگاه فراهم‌کنندگان و کاربران ابری، بکار گرفته شده است، ولی تنها معیارهای کمی و عینی (پارامترهای QoS) جهت ارزیابی اعتماد استفاده شده است، با این دیدگاه که ارزیابی عینی نسبت به ارزیابی درونی، دقیق‌تر است. در حالی‌که با توجه به محیط پویای محاسبات ابری، ممکن است ارزیابی و سنجش این پارامترها تحت تاثیر اتصالات ابر قرار بگیرد. از طرفی دیگر، اعتماد یک مفهوم ذاتا درونی است، لذا در نظر نگرفتن این جنبه از اعتماد، می‌تواند جامعیت این ارزیابی را خدشه‌دار کند.

دسته دوم، روش‌هایی هستند که برای ارزیابی و انتخاب سرویس ابری از بازخوردهای ارسال شده توسط کاربران بهره می‌گیرند. ارزیابی اعتماد مبتنی بر بازخورد که به آن ارزیابی اعتماد درونی هم گفته می‌شود، به طور گسترده در سیستم‌های تجارت الکترونیک از جمله آمازون و ایبی به کار گرفته می‌شود[۲۱]. به‌عنوان‌مثال، در ایبی، اعتبار یک سرویس و یا محصول با شمارش تعداد بازخوردهای مثبت به کل بازخوردها ارزیابی می‌شود[۲۲]. فن و همکاران[۲۳]، چارچوبی برای ارزیابی اعتماد در محیط-های چند ابری ارائه کردند که در آن علاوه بر ویژگی‌های کیفیت‌سرویس در SLA، از بازخوردهای ارسالی کاربران هم استفاده می‌شود. البته در این چارچوب، بازخوردهای مغرضانه کاربران مخرب که به سیستم مدیریت اعتماد ارسال می‌شوند، در نظر گرفته نشده است و همین مسئله باعث تاثیرگذاری در صحت نتایج اعتماد می‌گردد. همچنین جوسنگ و همکاران[۲۴]، مدلی مبتنی منطق درونی ارائه داده‌اند که از عدم‌قطعیت‌ها ممانعت می‌کند.

آباواجی و همکاران[۲۵] ، یک چارچوب توزیع‌شده جهت ارزیابی و مدیریت اعتماد در محیط محاسبات چند ابری ارائه کردند. در این چارچوب، از یک مدیر اعتبار[۶] به منظور نظارت و ذخیره‌سازی رفتارهای موجودیت‌های ابری استفاده شده است. این مولفه‌ها همچنین مسئولیت جمع‌آوری، محاسبه و نگهداری اعتماد ارزیابی‌شده را در ابرهای مستقل برعهده دارند. برای محاسبه

[۵] Performance Monitoring System

[۶] Reputation Manager

و سنجش اعتبار یک موجودیت، مدیر اعتبار سه نوع اطلاعات را جمع‌آوری می‌کند که شامل تجربیات شخصی، بازخورد شهرت و بازخورد صداقت است. علاوه‌براین، مولفه مدیر منابع میان ابری[۷]، از این اطلاعات برای طبقه‌بندی موجودیت‌ها به دو دسته مورد اعتماد و غیر قابل اعتماد استفاده می‌کند. همچنین در چارچوب ارائه شده، با استفاده از الگوریتمی صداقت و اعتبار مبتنی بر بازخورد را با مقادیر محاسبه شده اکثریت به‌روزرسانی می‌کند. پیاده‌سازی راهکار ارائه شده آن‌ها در محیط محاسبات چند ابری واقعی بسیار مشکل است و از طرفی دیگر صحت مقادیر اعتبار ارزیابی‌شده ممکن است تحت تاثیر اطلاعات درونی جمع‌آوری‌شده (بازخوردها) قرار بگیرد.

دوی و همکاران [۲۶]، یک مدل پویا برای رتبه‌بندی سرویس‌های ابری ارائه کردند با این دیدگاه که اولویت‌های کاربران ابری متفاوت از یکدیگر است. در این مدل، از تکنیک برنامه نویسی خطی[۸] استفاده شده است. بدین صورت که از ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری عینی (سرعت پردازنده، هزینه و غیره) و ویژگی‌های اندازه‌گیری درونی (بازخورد کاربران) برای محاسبه اعتماد چندبعدی و رتبه‌بندی سرویس‌های ابری استفاده شده است. در این مدل فرض شده است که ضرایب ویژگی‌های درونی و عینی یکسان است که این فرض به عقیده ما، باتوجه به ماهیت متفاوت این ویژگی‌ها منطقی نیست.تانجا و همکاران[۲۷]، به منظور ارزیابی اعتماد فراهم‌کنندگان سرویس ابری، چارچوب مدیریت اعتماد HA2CTMF ارائه کرده‌اند. ارزیابی اعتماد در این چارچوب مبتنی بر ویژگی‌های کیفیت سرویس دردسترس‌پذیری و اعتبار انجام می‌شود. آن‌ها همچنین از بازخوردهای دریافت شده کاربران در ارزیابی اعتماد استفاده کردند. این چارچوب می‌تواند بسیاری از حملاتی که با اهداف مغرضانه جهت تغییر مقادیر اعتماد و ثبت بازخورد نادرستاز سوی کاربران انجام می‌شود را مدیریت کند. یاداو و همکاران[۲۹]، روشی جهت ارزیابی اعتماد فراهم‌کننده در رایانش مه[۹] ارائه داده‌اند. در این راهکار باز بازخوردهای ثبت شده کاربران به منظور ارزیابی اعتماد استفاده شده است. همچنین بازخوردهای مخرب شناسایی شده و هنگام ارزیابی حذف می‌شوند تا در نتایج تاثیر نامطلوب نداشته باشند. کساروانی و همکاران[۳۰]، دو مدل کنترل دسترسی مبتنی بر اعتماد جهت ارزیابی اعتماد کاربران و فراهم‌کنندگان سرویس در محیط محاسبات ابری ارائه کرده‌اند. هدف اصلی از ارائه این مدل‌ها، یافتن منابع ابری مورد اعتماد برای کاربران ابری و همچنین صدور مجوزهای لازم برای کاربران جهت دسترسی به منابع ابر است. آن‌ها معتقدند، اعتماد یک مفهوم فازی است و به همین دلیل، منطق فازی را جهت محاسبه مقادیر اعتماد فراهم‌کنندگان و کاربران ابری به‌کار گرفتند. آن‌ها از روش فازی ممدانی با تابع عضویت گاوس برای فازی‌سازی و از تابع عضویت مثلثی برای دی‌فازی‌سازی استفاده کردند. ارزیابی مقدار اعتماد فراهم‌کنندگان سرویس ابری در راهکار آن‌ها مبتنی بر ویژگی‌های QoS و بازخوردهای کاربران است. پارامترهایی به طور خاص برای ارزیابی اعتماد فراهم‌کنندگان بکار گرفته شده‌اند، شامل کارایی و قابلیت ارتجاعی است که برای ارزیابی مقادیر اعتماد، نتایج ارزیابی این دو پارامتر را یکپارچه کرده‌اند. هر کدام از این پارامترها، حاوی ویژگی‌های جداگانه هستند. ویژگی‌های پارامتر کارایی شامل بارکاری و زمان پاسخ است، در حالی‌که برای محاسبه قابلیت‌ارتجاعی از ویژگی‌های مقیاس‌پذیری، قابلیت‌استفاده، دردسترس-پذیری و امنیت استفاده شده است. آن‌ها همچنین روش خوشه‌بندی C-means فازی را برای ارزیابی اعتماد کاربران ابری به‌کار گرفتند تا بتوانند درخواست‌های جعلی، درخواست‌های غیرمجاز و درخواست‌هایی با احراز هویت نامشخص را شناسایی کنند. اغلب سیستم‌های رتبه‌بندی سرویس‌های ابری مبتنی بر ویژگی‌های QoS هستند. لازم به ذکر است که طبیعت پویای ویژگی‌های QoS به دلیل ارتباطات شبکه‌ای، زمان و عوامل جغرافیایی باعث می‌شود که سیستم‌های سنتی و قدیمی مبتنی بر QoS در دنیای واقعی، غیرعملی باشند. لذا هدف اصلی در این مقاله، توسعه الگوریتم انتخاب و رتبه‌بندی سرویس مبتنی بر

[۷] Intercloud Resource Manager

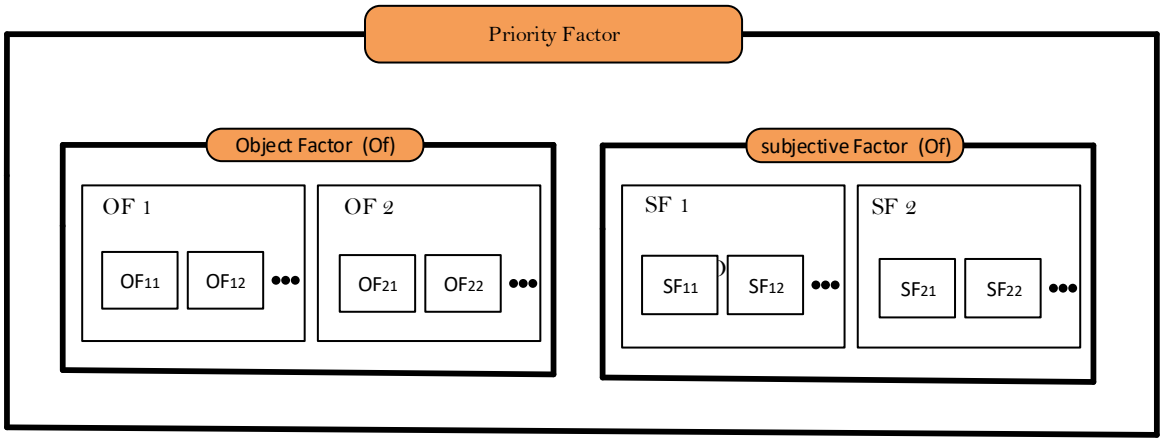
[۸] Linear programming

[۹] Fog computation

داده‌های ارزیابی عینی (مانیتورینگ ویژگی‌های QoS) و داده‌های ارزیابی درونی (بازخوردهای کاربران) است که به اعتقاد ما، رویکرد جدید به سمت انتخاب سرویس استاندارد محسوب می‌شود.

۳. رتبه‌بندی سرویس‌های ابری مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP

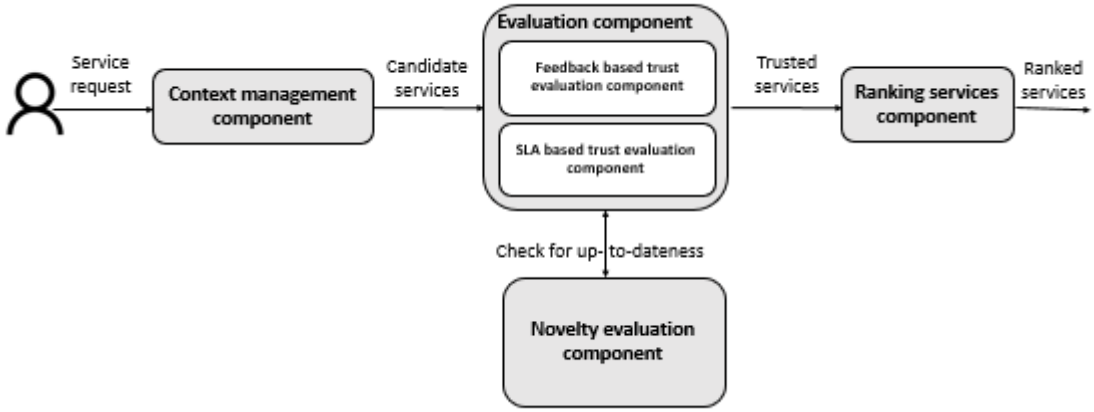
با توجه به ازدیاد سرویس‌ها در محیط چند ابری، ممکن است برای درخواست یک کاربر، چندین سرویس با وظیفه‌مندی یکسان وجود داشته باشند. تعدد سرویس‌های ابری با وظیفه‌مندی مشابه، اهمیت نقش کاربر و اولویت‌های شخصی‌سازی‌شده وی را در انتخاب آن‌ها پررنگ‌تر می‌کند. از طرفی دیگر کاربران ممکن است اولویت‌های متفاوتی در انتخاب سرویس داشته باشند. در این مقاله، فاکتورهای اولویت‌بندی به دو دسته کلی عینی و درونی مطابق با درخت اولویت‌بندی زیر تقسیم شده‌اند (شکل ۲). فاکتورهای اولویت‌بندی به صورت مستقیم به نوع برنامه‌کاربردی وابسته هستند، لذا باید به گونه‌ای انتخاب گردند که منعکس-کننده چنین موضوعی باشند. این فاکتورها توسط مولفه مدیریت محتوا، براساس نوع و محتوای برنامه کاربردی، متناسب با نیازمندی کاربران ابری تعیین می‌شوند.



شکل ۲. دسته‌بندی فاکتورها در الگوریتم ارائه شده

برخی از کاربران ابری تمایل به انتخاب فاکتورهای اولویت‌بندی دانه درشت دارند، درحالی که برخی دیگر، فاکتورهای اولویت-بندی دانه‌ریزتر را انتخاب می‌کنند. به‌عنوان‌مثال، ممکن است کاربر ۱، در حالت کلی فاکتور اولویت‌بندی امنیت را برای رتبه‌بندی سرویس ابری سلامت الکترونیکی که قبلاً سنجش اعتماد شده است، انتخاب نماید. در حالی‌که کاربر ۲، ریزفاکتورهای حفاظت-داده و حریم‌شخصی را برای رتبه‌بندی این سرویس انتخاب نماید. بنابراین، تعیین فاکتورهای اولویت‌بندی با تغییر نوع سرویس و نیازمندی کاربران قابل‌تغییر خواهد بود که این موضوع بیان‌گر انعطاف‌پذیری الگوریتم ارائه‌شده، در کاربردهای مختلف است. اولویت‌بندی اولیه در این مقاله، مبتنی بر اعتماد است که جنبه‌های عینی و درونی سرویس ابری را در بر دارد. به منظور انتخاب سرویس‌های ابری مورد اعتماد، از چارچوب بکار گرفته شده در [۲۳] استفاده می‌شود. علاوه بر فاکتور اعتماد، باید فاکتورهای اولویت‌بندی دیگری هم در رتبه‌بندی در نظر گرفته شود که نشان‌دهنده اولویت‌های شخصی‌سازی‌شده کاربران باشد. زیرا ممکن است کاربران اولویت‌ها و علاقه‌مندی‌های متفاوتی داشته باشند که گاهی این سلایق در تناقض با یکدیگر باشند. در این مقاله،

سه فاکتور اولویت‌بندی شامل هزینه[۱۰](C)، نرخ رضایت شخصی[۱۱] (PSR) و نرخ رضایت غیر شخصی[۱۲] (ISR) در نظر گرفته شده است. فاکتور هزینه، نشان‌دهنده هزینه استفاده از سرویس در یک ماه به دلار است. فاکتور PSR نشان‌دهنده تعداد دفعاتی است که کاربر ابری در گذشته تعامل مثبت با سرویس ابری داشته است و فاکتور ISR نشان‌دهنده تعداد دفعاتی است که سایر کاربران روی همان ابر، تعامل مثبت با سرویس ابری داشته‌اند. هر تعامل با سرویس ابری، مثبت در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که میانگین بازخوردهای ارسالی کاربر به آن سرویس در همان پنجره زمانی بیشتر از یک سطح آستانه مشخص باشد. الگوریتم ارائه شده، قادر است تا از طریق مصالحه بین اولویت‌های کاربران با سلایق مختلف، بهترین سرویس‌ها را برای تعاملات آینده به آن‌ها پیشنهاد دهد. این الگوریتم، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP برای تعیین اولویت سرویس‌های ابری استفاده می‌کند که اولویت هر سرویس ابری در واقع نشان‌دهنده رتبه آن در لیست پیشنهادی آینده است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، الگوریتم شامل چندین مولفه مختلف است. مولفه مدیریت محتوا در ابتدا درخواست سرویس کاربر را دریافت کرده و سرویس‌های ابری متناسب با این درخواست را تعیین می‌کند. مولفه ارزیابی، سرویس‌های ابری کاندید را مبتنی بر دیدگاه عینی و درونی ارزیابی می‌کند. در حین ارزیابی، جهت شناسایی میزان اعتبار گواهی‌ها، با مولفه ارزیابی بروز بودن نیز در تعامل است. در نهایت رتبه‌بندی سرویس‌های مورد اعتماد توسط مولفه رتبه‌بندی سرویس و مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP و فاکتورهای الویت‌بندی انجام می‌شود. در ادامه مراحل الگوریتم RCS-AHP به تفکیک بررسی می‌شود:



شکل ۳. فرآیند رتبه‌بندی سرویس‌های ابری

مرحله ۱. بعد از ثبت درخواست، سرویس‌های ابری که متناسب با نیازمندی‌ها و درخواست کاربر، انتخاب می‌شوند. ارزیابی اعتماد سرویس‌های انتخاب شده مبتنی بر معیارهای عینی و ذهنی انجام می‌شود تا سرویس‌هایی که اعتماد عمومی آن‌ها از یک سطح آستانه بیشتر است انتخاب گردند.

مرحله ۲. رتبه‌بندی سرویس‌های ابری مورد اعتماد مبتنی بر فاکتورهای اولویت‌بندی شخصی‌سازی شده کاربران انجام می‌شود تا این اطمینان حاصل شود که انتخاب سرویس‌های ابری متناسب با سلایق کاربران بوده است. در این مقاله، از سه شاخص

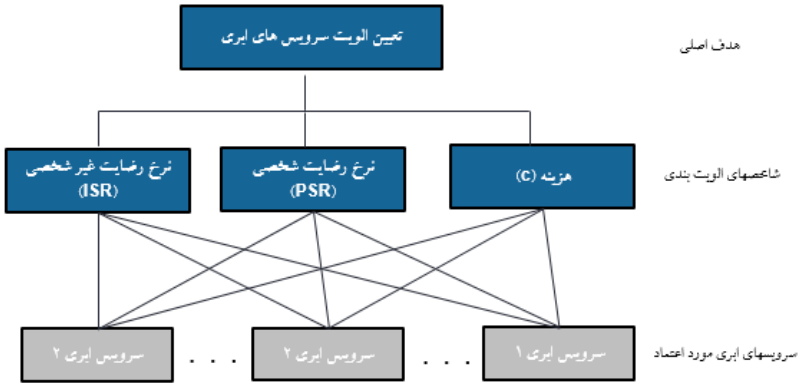
[۱۰] Cost
[۱۱] Personal satisfaction rate
[۱۲] Impersonal satisfaction rate

PSR،C و ISR برای اولویت‌بندی سرویس‌های ابری استفاده شده است. البته همانطور که اشاره شده تغییر این فاکتورهای اولویت‌بندی متناسب با نوع برنامه کاربردی و نیاز کاربران امکان‌پذیر است.

مرحله ۱,۲. از آن‌جایی که کیفیت سرویس‌های ابری در طول زمان متغیر است، طبیعتاً مقادیر فاکتورهای الویت‌بندی C، PSR و ISR نیز در طول زمان تغییر خواهند کرد. لذا به منظور ارزیابی دقیق‌تر باید پوسیدگی زمان در محاسبات در نظر گرفته شود. به عنوان مثال، هزینه اجاره یک سرویس ممکن است همیشه ثابت نباشد و با گذشت زمان، افزایش پیدا کند. به همین ترتیب ممکن است قابلیت اطمینان، دسترس‌پذیری و امنیت و سایر ویژگی‌های QoS مرتبط با سرویس در طول زمان تغییر کنند. این تغییرات در میزان کیفیت سرویس دریافت شده، باعث تغییر در فاکتورهای اولویت‌بندی نیز خواهند شد. زیرا کاربران به سرویسی که میزان دسترس‌پذیری بالاتر داشته است، نسبت به سرویسی که میزان دسترس‌پذیری آن کمتر بوده است ، بازخورد مثبت ارسال می‌کنند. در نتیجه سرویس با کیفیت بالاتر، نرخ بازخوردهای مثبت بیشتر خواهد داشت. در نظر گرفتن پوسیدگی زمان بدین معنا است که در اولویت‌بندی سرویس‌های ابری، آخرین تغییرات سرویس فقط لحاظ گردد. در این مرحله به منظور بررسی پوسیدگی زمان، پنجره زمانی (TW) معرفی می‌شود. با تعریف مفهوم پنجره زمانی، تنها مقادیری که داخل پنجره زمانی باشند، معتبر شناخته شده و در فرآیند ارزیابی تاثیرگذار خواهند بود.

به‌عنوان‌مثال، اگر کاربر X تعامل مثبت با سرویس Y داشته باشد و بازخورد اعتماد مثبت خود را در زمان T ثبت کرده باشد، تنها در صورتی که $T_c - T < T_W$ بازخورد اعتماد مثبت در ارزیابی اعتماد فراهم‌کننده در نظر گرفته می‌شود و یک واحد به فاکتور PSR اضافه می‌شود، در غیراین‌صورت حذف می‌گردد. به همین ترتیب در مورد فاکتور ISR، اگر بازخوردهای ثبت شده سایر کاربران به سرویس ابری مشخص روی یک ابر، در پنجره زمانی TW باشند، در ارزیابی در نظر گرفته می‌شوند. در غیر این صورت حذف می‌شوند. همچنین، هزینه سرویس در طول زمان متغیر است. لذا تنها مقادیری که در پنجره زمانی مربوطه برای هزینه سرویس ثبت شده است، در ارزیابی در نظر گرفته می‌شود با این هدف که نتایج ارزیابی مبتنی بر آخرین تغییرات انجام شده در سرویس باشد.

مرحله ۲,۲. پس از تعیین مقادیر فاکتورهای اولویت‌بندی، به منظور انتخاب بهترین سرویس‌های ابری از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده می‌شود که درخت سلسله مراتبی آن نسبت به هدف اصلی مطابق شکل ۴ است.



شکل۴. طرح سلسله مراتبی الویت‌بندی سرویس‌های ابری

وزن فاکتورهای اولویت‌بندی با استفاده از روش میانگین حسابی در ماتریس مقایسات زوجی محاسبه می‌شود که نشان‌دهنده میزان اهمیت یا اولویت هر فاکتور نسبت به فاکتور سطح بالایی خودش است.

جدول۱. ماتریس مقایسات زوجی فاکتورها

	C	PSR	ISR
C	**1**	**A**	**B**
PSR	**1/A**	**1**	**C**
ISR	**1/B**	**1/C**	**1**

جدول ۲. نرمال‌سازی ماتریس مقایسات زوجی

	C	PSR	ISR
C	**1 / α**	**A/ β**	B/λ
PSR	**(1/A) / α**	1/ β	C/ λ
ISR	**(1/b) / α**	(1/c) / β	1/ λ

در جدول ۱، الویت فاکتورها نسبت به هم، توسط مولفه رتبه‌بندی سرویس، بررسی می‌شود. تعیین این اولویت‌ها، مبتنی بر نظرات شخصی‌سازی‌شده کاربران است که قبلاً دریافت شده است. در جدول ۲، مقادیر بدست آمده نرمال می‌شوند، برای این منظور، از روش میانگین حسابی استفاده شده است. جمع مقادیرستون‌های C، PSR و ISR به ترتیب با α، β و λ نشان داده شده است. میانگین هر سطر از جدول ۲، نشان‌دهنده وزن هر فاکتور است که به ترتیب با W_c، W_{PSR} و W_{ISR} نشان داده می‌شود. در هر جدول مقایسه زوجی الزاماً باید نرخ ناسازگاری نیز ارزیابی شود. در صورتی که نرخ ناسازگاری کمتر از ۰,۱ باشد، می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر مقایسات منطقی است ودر غیر این صورت باید در مقادیر الویت فاکتورها تجدید نظر نمود.

مرحله ۳,۲. پس از تعیین وزن هر فاکتور، مولفه رتبه‌بندی، سرویس‌های ابری کاندید را به صورت زوجی بر اساس هر معیار با یکدیگر مقایسه می‌کند. با فرض وجود n سرویس ابری مورد اعتماد در هر ابر که دارای وظیفه‌مندی مشابه برای درخواست کاربر باشند، برای هر فاکتور، یک ماتریس مربعی با ابعاد n در n ایجاد می‌شود. در جدول ۳، ماتریس مربعی مقایسات زوجی سرویس‌ها بر اساس فاکتور هزینه با رنگ سبز نشان داده شده است. برای این منظور، ابتدا مقادیر ماتریس نرمال‌سازی می‌شوند. به این صورت که جمع مقادیر هر ستون محاسبه شده و و سپس نسبت هر کدام از عناصر روی ستون به مجموع بدست آمده محاسبه می‌گردد و سپس میانگین حسابی هر سطر ماتریس محاسبه می‌شود. میانگین حسابی محاسبه شده در ستون آخر نشان‌دهنده وزن هر سرویس‌ابری نسبت به فاکتور هزینه است که با مقادیر $P_{1,c}$، $P_{2,c}$، $P_{3,c}$ و غیره نشان‌داده می‌شود. (در جدول ۳، با رنگ طوسی نشان داده شده است).

جدول ۳. ارزیابی الویت هر سرویس ابری مبتنی بر فاکتور C

COST	CS_1	CS_2	CS_3	…	Priority
CS_1	1	x	Y	…	$P_{1,C}$
CS_2	1/x	1	Z	…	$P_{2,C}$
CS_3	1/y	1/z	1	…	$P_{3,C}$
…	…	…	…	…	…

به همین ترتیب، مقایسات زوجی سرویس‌های ابری مورد اعتماد بر اساس فاکتورهای PSR و ISR در ماتریس‌های جداگانه انجام می‌شود.

مرحله۴,۲. در آخرین مرحله به منظور تعیین رتبه هر سرویس ابری از رابطه ُ۱ به صورت زیر استفاده می‌شود.

$$R_i = \sum_{j=1}^{n} (p_{i,j} * w_j) \quad (۱)$$

در این رابطه، R_i رتبه محاسبه شده هر سرویس‌ابری مورد اعتماد در مجموعه سرویس‌های کاندید است. همچنین پارامتر n نشان‌دهنده تعداد فاکتورهای اولویت‌بندی است. وزن هر فاکتور اولویت‌بندی(w_j) در وزن محاسبه شده هر سرویس ($p_{i,j}$) ضرب و مجموع مقادیر محاسبه می‌شود تا اولویت نهایی سرویس ابری محاسبه گردد. با توجه به فاکتورهای اولویت‌بندی این مقاله، رابطه تعیین رتبه به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$R_i = (p_{i,c} * w_c) + (p_{i,ISR} * w_{ISR}) + (p_{i,c} * w_c) \quad (۲)$$

سرویس‌های ابری مبتنی بر رتبه محاسبه شده، اولویت‌بندی می‌شوند و توسط مولفه رتبه‌بندی به کاربر درخواست کننده سرویس پیشنهاد می‌گردد.

در ادامه مرحله الگوریتم به صورت شبه کد نشان داده شده است:

Input: User service request

Output: Ranked Cloud services

```
1.  Registration service request;      // The request is registered by the user in context management component
2.  Identification candidate services;    // candidate services are identified by the context management component
3.  Trust evaluation of candidate services;
4.   {
5.     Novelty evaluation of the certificate;   //novelty evaluation is done by novelty evaluation component
6.     feedback-based trust evaluation;
7.     SLA- based trust evaluation;
8.   }
9.  Calculation the weight of priority factors    //weight of priority factors is identified by Arithmetic mean method
10. Calculation the priority of factors relative to each other
11. Calculation the weight of service based on priority factor
```

۴. ارزیابی و آزمایش‌ها

مراحل شبیه‌سازی در محیط کلودسیم انجام شده است که حاوی بلوک‌های سازنده جهت شبیه‌سازی محیط ابری است. به منظور انجام مراحل شبیه‌سازی و ارزیابی، یک مجموعه داده واقعی (QWS) و یک مجموعه داده مصنوعی(Cloud-Armor) به‌کار گرفته شده است. در بارکاری QWS ، ۵۰۰ کاربر، ۳۶۵ سرویس و ۲۵۰۰ بازخورد وجود دارد. همچنین بارکاری Cloud-Armor دارای ۲۰۰۰ کاربر، ۱۱۳ سرویس و ۱۰۰۰۰ بازخورد است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی با روش مرجع [۲۸] مقایسه شده است. در این روش، رتبه‌بندی سرویس‌دهندگان ابری مبتنی بر بلاک چین[۱۳] با استفاده از واسط ابر[۱۴] در محیط مجتمع ابری[۱۵] انجام شده است.

[۱۳] Blockchain

[۱۴] Cloud Broker

[۱۵] Federated Cloud

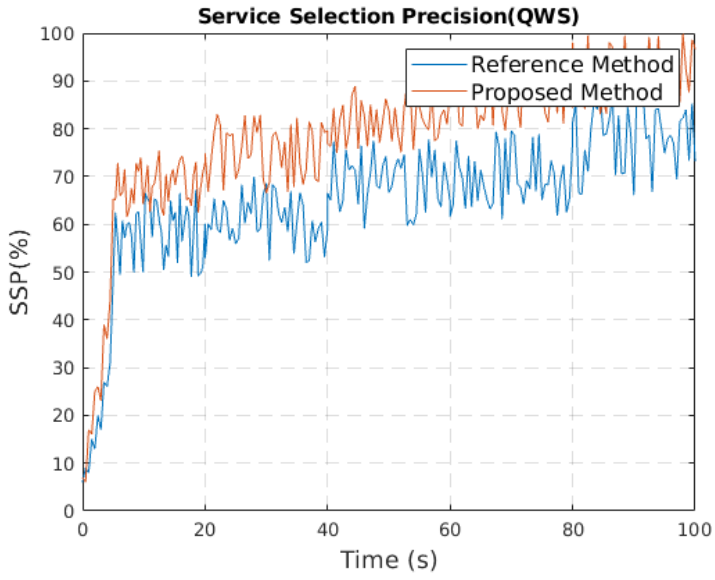
ارزیابی دقت و کارایی راهکار ارائه شده در انتخاب سرویس‌ابری با تعریف پارامتر SSP انجام شده است. بدین صورت که با تعیین مقادیر فاکتورهای اولویت‌بندی و الویت‌سرویس‌ها (خروجی)، دقت انتخاب سرویس ارزیابی شد. برای این منظور نسبت تعداد دفعات پیشنهاد یک سرویس ابری به تعداد دفعات فراخوانی آن سرویس توسط کاربران محاسبه گردید و برای کلیه کاربران و سرویس‌های ابری بسط داده شده است.

$$SSP^j(i) = \frac{n_{i,j}(t)}{r_{i,j}(t)} \quad (۳)$$

در این رابطه، $n_{i,j}(t)$ نشان‌دهنده تعداد دفعاتی است که CS_j ، توسط CU_i در پنجره زمانی t فراخوانی می‌شود و $r_{i,j}(t)$ نشان‌دهنده تعداد دفعاتی است که سرویس ابری توسط مولفه رتبه‌بندی پیشنهاد شده است. معیار SSP را می‌توان با بکارگیری رابطه ۴، برای تمام کاربران و سرویس‌های ابری بسط داد.

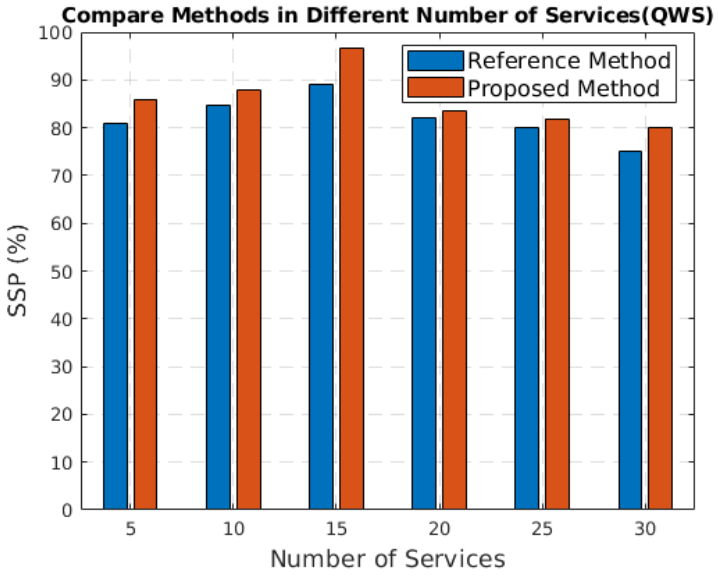
$$SSP = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} SSP^j(i)}{n.m} \quad (۴)$$

در رابطه فوق، n تعداد کل کاربران ابری و m تعداد کل سرویس‌های ابری است. در این سناریو، پارامتر SSP در هر پنجره زمانی محاسبه و با روش مرجع مقایسه شده است. نتایج این محاسبات در شکل ۵ نشان داده شده است.



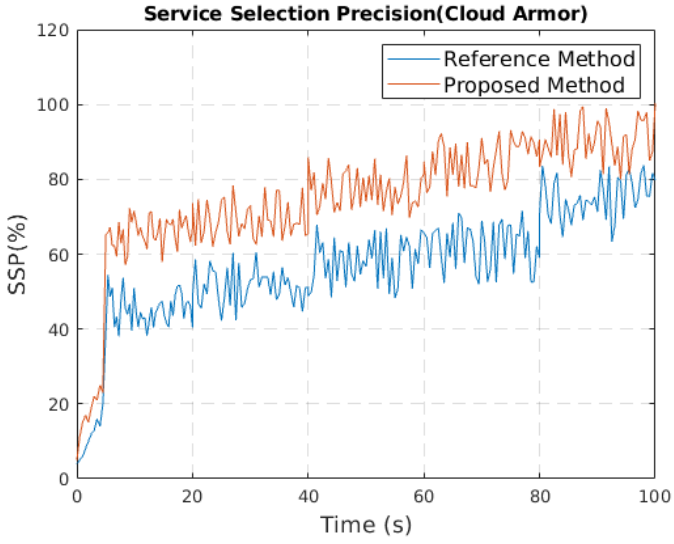
شکل۵. ارزیابی دقت انتخاب سرویس RCS-AHP و روش مرجع در ۱۰۰ ثانیه در QOS

شبیه‌سازی در مجموعه داده واقعی QOS و در ۱۰۰ پنجره زمانی(هر پنجره زمانی یک ثانیه) انجام شده است. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، روش ارائه شده در این مقاله، دارای دقت بالاتری نسبت به روش مرجع است. زیرا در روش RCS-AHP انتخاب سرویس‌های ابری مبتنی بر ارزیابی اعتماد است. همچنین، اولویت‌های شخصی‌سازی شده کاربران در هنگام رتبه‌بندی با روش AHP در نظر گرفته شده است. لذا تعداد سرویس‌های ابری انتخاب شده توسط این روش نسبت به تعداد سرویس‌های ابری فراخوانی شده قبلی توسط کاربران بسیار نزدیک است که باعث افزایش پارامتر SSP در نمودار فوق شده است.

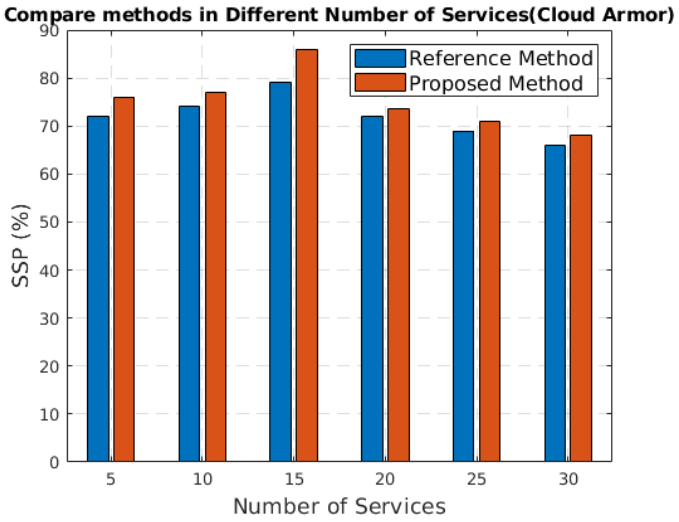


شکل۶. ارزیابی دقت انتخاب RCS-AHP و روش مرجع با تغییر تعداد سرویس‌ها در QOS

در مرحله بعد نتایج ارزیابی در ۱۰ پنجره زمانی و با تعداد تغییر تعداد سرویس‌های مورد اعتماد بررسی شده است. همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، درصد دقت انتخاب سرویس روشRCS-AHP نسبت به روش مرجع بالاتر است، البته این درصد با توجه به تغییر تعداد سرویس‌های ابری مورد اعتماد، دارای نوساناتی است.



شکل ۷. ارزیابی دقت انتخاب سرویس RCS-AHP و روش مرجع در ۱۰۰ ثانیه در Cloud Armor



شکل۸ ارزیابی دقت RCS-AHP و روش مرجع با تغییر تعداد سرویس‌ها در Cloud Armor

در شکل‌های ۷ و ۸ نتایج ارزیابی در در مجموعه داده مصنوعی Cloud Armor انجام شده است. نتایج ارزیابی SSP در مجموعه داده مصنوعی نوسانات بیشتر نسبت به داده‌های واقعی QOS دارد ولی با این وجود همچنان درصد دقت انتخاب سرویس‌های مورد اعتماد در روش RCS-A نسبت به روش مرجع بالاتر است.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله، الگوریتم RCS-AHP، به منظور رتبه‌بندی سرویس‌های ابری مورد اعتماد ارائه شده است که امکان انتخاب سرویس‌های ابری مورد اعتماد را متناسب با سلایق شخصی کاربران فراهم می‌کند. بکارگیری این روش در سیستم‌های مدیریت اعتماد باعث می‌شود که کاربران ابر بدون نیاز به روش‌های پیچیده بتوانند فراهم‌کننده مورد اعتماد خود را انتخاب کنند. اساس روش رتبه‌بندی مبتنی بر ارزیابی اعتماد سرویس‌های ابری انجام می‌شود و در مرحله بعد با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP، می‌توان سرویس‌های ابری را متناسب با سلایق شخصی کاربران رتبه‌بندی نمود. در فرآیند رتبه‌بندی که مبتنی بر فاکتورهای اولویت‌بندی انجام می‌شود، سرویس‌های ابری مورد اعتماد را بر اساس سلایق و اولویت‌های شخصی کاربران رتبه‌بندی کنند. زیرا کاربران ابری معمولاً دارای سلایق متفاوت برای انتخاب سرویس ابری مورد اعتماد هستند.

در تحقیقات آتی، می‌توان از منطق فازی به منظور انتخاب و رتبه بندی سرویس‌های ابری استفاده نمود. همچنین، می‌توان الگوریتم RCS-AHP را به محیط‌های چند ابری توسعه و بسط داد. در این مقاله، ارزیابی الگوریتم با بکارگیری شبیه‌ساز کلودسیم تحلیل و ارزیابی شده است. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، الگوریتم پیشنهادی در محیط‌های واقعی تک ابری و چند ابری و با داده‌های واقعی در محیط ابر، اجرا شود و کارایی و اثرات آن تحلیل و بررسی گردد.

۶. مراجع

[1] Khayer, A., Talukder, M. S., Bao, Y., & Hossain, M. N. (2020). Cloud computing adoption and its impact on SMEs' performance for cloud supported operations: A dual-stage analytical approach. Technology in Society, 60, 101225.

[2] Sun, P. (2020). Security and privacy protection in cloud computing: Discussions and challenges. Journal of Network and Computer Applications, 160, 102642.

[3] Abdurachman, E., Gaol, F. L., & Soewito, B. (2019). Survey on threats and risks in the cloud computing environment. Procedia Computer Science, 161, 1325-1332.

[4] Grandison, T., & Sloman, M. (2000). A survey of trust in internet applications. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 3(4), 2-16.

[5] Josang, A., Ismail, R., & Boyd, C. (2007). A survey of trust and reputation systems for online service provision. Decision support systems, 43(2), 618-644.

[6] Gefen, D. (2002). Reflections on the dimensions of trust and trustworthiness among online consumers. ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems, 33(3), 38-53.

[7] Zheng, W., Feng, C., Yu, T., Yang, X., & Wu, X. (2019). Towards understanding bugs in an open source cloud management stack: An empirical study of OpenStack software bugs. Journal of Systems and Software, 151, 210-223.

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

[9] Ristov, S., Gusev, M., & Donevski, A. (2014, May). Security vulnerability assessment of openstack cloud. In 2014 Sixth International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (pp. 95-100). IEEE.

[10] Alhanahnah, M., Bertok, P., Tari, Z., & Alouneh, S. (2018). Context-aware multifaceted trust framework for evaluating trustworthiness of cloud providers. Future Generation Computer Systems, 79, 488-499.

[11] Eisa, M., Younas, M., Basu, K., & Awan, I. (2020). Modelling and simulation of qos-aware service selection in cloud computing. Simulation Modelling Practice and Theory, 103, 102108.

[12] Hussain, A., Chun, J., & Khan, M. (2020). A novel customer-centric Methodology for Optimal Service Selection (MOSS) in a cloud environment. Future Generation Computer Systems, 105, 562-580.

[13] Gireesha, O., Somu, N., Krithivasan, K., & VS, S. S. (2020). IIVIFS-WASPAS: an integrated multi-criteria decision-making perspective for cloud service provider selection. Future Generation Computer Systems, 103, 91-110.

[14] Sun, L., Dong, H., Hussain, O. K., Hussain, F. K., & Liu, A. X. (2019). A framework of cloud service selection with criteria interactions. Future Generation Computer Systems, 94, 749-764.

[15] Hussain, A., Chun, J., & Khan, M. (2020). A novel framework towards viable cloud service selection as a service (cssaas) under a fuzzy environment. Future Generation Computer Systems, 104, 74-91.

[16] Blaze, M., Feigenbaum, J., & Keromytis, A. D. (1999). KeyNote: Trust Management for Public-Key Infrastructures: Position Paper. In Security Protocols: 6th International Workshop Cambridge, UK, April 15–17, 1998 Proceedings 6 (pp. 59-63). Springer Berlin Heidelberg.

[17] Vu, L. H., Hauswirth, M., & Aberer, K. (2005). QoS-based service selection and ranking with trust and reputation management. In On the Move to Meaningful Internet Systems 2005: CoopIS, DOA, and ODBASE: OTM Confederated International Conferences, CoopIS, DOA, and ODBASE 2005, Agia Napa, Cyprus, October 31-November 4, 2005, Proceedings, Part I (pp. 466-483). Springer Berlin Heidelberg.

[18] Alhamad, M., Dillon, T., & Chang, E. (2010, September). Sla-based trust model for cloud computing. In 2010 13th international conference on network-based information systems (pp. 321-324). IEEE.

[19] Serrano, D., Bouchenak, S., Kouki, Y., de Oliveira Jr, F. A., Ledoux, T., Lejeune, J., ... & Sens, P. (2016). SLA guarantees for cloud services. Future Generation Computer Systems, 54, 233-246.

[20] Challagidad, P. S., & Birje, M. N. (2020). Multi-dimensional dynamic trust evaluation scheme for cloud environment. Computers & Security, 91, 101722.

[21] Perez-Truglia, R. (2018). Markets, trust and cultural biases: evidence from eBay. Journal of behavioral and experimental economics, 72, 17-27.

[22] Shang, G., Pekgün, P., Ferguson, M., & Galbreth, M. (2017). How much do online consumers really value free product returns? Evidence from eBay. Journal of Operations Management, 53, 45-62.

[23] Fan, W., & Perros, H. (2014). A novel trust management framework for multi-cloud environments based on trust service providers. Knowledge-Based Systems, 70, 392-406.

[24] Josang, A. (2001). A logic for uncertain probabilities. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 9(03), 279-311.

[25] Abawajy, J. (2011, November). Establishing trust in hybrid cloud computing environments. In 2011IEEE 10th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (pp. 118-125). IEEE.

[26] Devi, R., & Shanmugalakshmi, R. (2020). Cloud providers ranking and selection using quantitative and qualitative approach. Computer Communications, 154, 370-379.

[27] Kesarwani, A., & Khilar, P. M. (2022). Development of trust based access control models using fuzzy logic in cloud computing. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 34(5), 1958-1967.

[28] Taneja, H., & Kaur, S. (2023). Reputation based novel trust management framework with enhanced availability for cloud. Journal of Parallel and Distributed Computing, 178, 43-55.

[29] Yadav, R., & Baranwal, G. (2022). An Efficient Trust Management using Feedback Credibility Evaluation Method in Fog Computing. Simulation Modelling Practice and Theory, 120, 102610.]

[30] Verma, A., Bhattacharya, P., Bodkhe, U., Saraswat, D., Tanwar, S., & Dev, K. (2023). FedRec: Trusted rank-based recommender scheme for service provisioning in federated cloud environment. Digital Communications and Networks, 9(1), 33-46.