Identifying and Ranking the Factors Affecting Cloud Service Selection from the Perspective of the Organization

Ali Asghar Salarnezhad*
PhD in Information Technology Management (BI);
Department of Management; Imam Ali University; Tehran, Iran;
Email: AliSalarnejad@gmail.com

Maryam Shoar
PhD in Industrial Management; Associate Professor; Department of Management; Tehran North Branch; Islamic Azad University; Tehran, Iran Email: m_shoar@iau-tnb.ac.ir

Ali Rajabzadeh Ghetry
PhD in Production and Operations Management; Professor; Faculty of Management and Economics; Tarbiat Modares University; Tehran, Iran Email: alirajabzadeh@gmail.com

Iranian Journal of Information Processing and Management

Received: 21, Nov. 2020 **Accepted: 13, Jul. 2021**

Iranian Research Institute for Information Science and Technology (IranDoc)
ISSN 2251-8223
eISSN 2251-8231
Indexed by SCOPUS, ISC, & LISTA
Vol. 37 | No. 3 | pp. 865-894
Spring 2022
https://doi.org/10.35050/JIPM010.2022.965

Abstract: Business and organization environments need using numerous processing, saving and software resources for achieving their determined goals. Genesis of Cloud Computing, transform method of access to the information processing and saving resource. Having easy accessing features through network communication standard mechanism and automatic increasing resource mechanism, cause great interest in organizations to use Cloud services. However, choosing suitable service despite increasing variety of services in terms of price, place and quality of service parameters, make the cloud services selection process so complex. One of the requirements for choosing the right cloud service is identifying the factors influencing the selection and estimation of the importance of them. This research has tried to follow a mixed approach and use systematic literature review and fuzzy Delphi method in the form of an exploratory plan, identifies the effective factors in choosing the organizations' cloud service and rank these factors with the help of the best-worst method. In the first step, by systematically reviewing the literature in this field and also comparatively reviewing the three industrial standards of cloud service level agreements, 24 elements affecting cloud service selection were identified. In order to expand the existing body of knowledge, validate and refine the factors affecting the choice of cloud service, Fuzzy Delphi method was used.

* Corresponding Author

Based on the consensus of experts, 20 factors affecting the choice of organizations' cloud service were approved and finalized in the form of 4 main components. At the end, the factors confirmed from the previous stage were weighted and ranked by the best-worst method. The results showed that performance, security, environmental and organizational components are the most important in choosing a cloud service. Of the 20 factors influencing cloud service selection, availability factors weighing 0.137, reliability weighing 0.134, response time/delay weighing 0.122, governance weighing 0.096, and capacity weighing 0.072 have the highest weight respectively.

Keywords: Cloud Service Selection, Quality of Cloud Service (QOS), Service Level Agreement (SLA), Fuzzy Delphi Method, Best-Worst Method

شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری از منظر سازمان

علی‌اصغر سالارنژاد
دکتری مدیریت فناوری اطلاعات؛ مدرس گروه مدیریت؛ دانشگاه افسری امام علی (ع)؛ تهران، ایران؛
پدیدآور رابط AliSalarnejad@gmail.com

مریم شعار
دکتری مدیریت صنعتی؛ استادیار؛ گروه مدیریت؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ واحد تهران شمال؛ تهران، ایران؛
m_shoar@iau-tnb.ac.ir

علی رجب‌زادهٔ قطری
دکتری مدیریت صنعتی؛ استاد؛ گروه مدیریت صنعتی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ تهران، ایران؛
alirajabzadeh@gmail.com

پژوهش‌نامهٔ پردازش و مدیریت اطلاعات

دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۱ | **پذیرش:** ۱۴۰۰/۰۴/۲۲ | مقاله برای اصلاح به مدت ۱۰ روز نزد پدیدآوران بوده است.

نشریهٔ علمی | رتبهٔ بین‌المللی
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک)
شاپا (چاپی) ۸۲۲۳-۲۲۵۱
شاپا (الکترونیکی) ۸۲۳۱-۲۲۵۱
نمایه در LISTA، ISC، و SCOPUS
jipm.irandoc.ac.ir
دورهٔ ۳۷ | شمارهٔ ۳ | ص‌ص ۸۶۵-۸۹۴
بهار ۱۴۰۱
https://doi.org/10.35050/JIPM010.2022.965

چکیده: امروزه، محیط‌های کسب‌وکار و سازمان‌ها نیازمند استفاده از منابع پردازشی، ذخیره‌سازی و نرم‌افزاری متعددی برای دستیابی به اهداف مشخص‌شدهٔ خود هستند. پیدایش محاسبات ابری شیوهٔ دستیابی به منابع ذخیره‌سازی و پردازش اطلاعات را دگرگون نمود. وجود ویژگی‌های دسترسی آسان از طریق مکانیسم‌های استاندارد ارتباطی شبکه و افزایش خودکار موجب علاقهٔ وافر سازمان‌ها به استفاده از خدمات ابری شده است. با وجود این، انتخاب خدمت مناسب به‌دلیل افزایش تنوع خدمات ابری از نظر قیمت، مکان خدمت و پارامترهای کیفیت خدمات موجب شده است که فرایند انتخاب خدمت ابری در سازمان‌ها با دشواری فراوان همراه باشد. از الزامات انتخاب صحیح خدمت ابری در سازمان، تشخیص عوامل تأثیرگذار در انتخاب و برآورد میزان اهمیت هر یک از این عوامل است. در این پژوهش کوشش شده با پیروی از رویکرد آمیخته و استفاده از روش بررسی نظام‌مند ادبیات و «دلفی فازی در قالب طرحی اکتشافی، عوامل مؤثر در انتخاب خدمت ابری سازمان‌ها شناسایی شده و این عوامل با کمک روش بهترین-بدترین رتبه‌بندی شود. در گام اول، با بررسی نظام‌مند ادبیات این حوزه و همچنین، بررسی تطبیقی سه استاندارد صنعتی توافقنامه‌های سطح خدمت ابری، ۲۴ عامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری شناسایی گردید. به‌منظور بهره‌گیری ازتجارب و نظرات صاحب‌نظران این حوزه در جهت گسترش بدنهٔ دانشی موجود، اعتبارسنجی و پالایش

عوامل مؤثر در انتخاب خدمت ابری از روش «دلفی» فازی استفاده شد. بر اساس اجماع خبرگان، ۲۰ عامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری سازمان‌ها در قالب ۴ مؤلفهٔ اصلی تأیید و نهایی شد. در پایان، عوامل تأییدشده از مرحلهٔ قبل با روش بهترین-بدترین وزن‌دهی و رتبه‌بندی گردید. نتایج نشان داد که در انتخاب خدمت ابری به‌ترتیب، مؤلفه‌های عملکردی، امنیتی، محیطی و سازمانی از بیشترین اهمیت برخوردار هستند. از ۲۰ عامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری به‌ترتیب، عوامل دسترس‌پذیری با وزن ۰/۱۳۷، قابلیت اطمینان با وزن ۰/۱۳۴، زمان پاسخگویی/ تأخیر با وزن ۰/۱۲۲، حاکمیت با وزن ۰/۰۹۶، ظرفیت با وزن ۰/۰۷۲ بیشترین وزن را دارند.

کلیدواژه‌ها: انتخاب خدمت ابری، کیفیت خدمت ابری، توافقنامه سطح خدمت، روش دلفی فازی، روش بهترین-بدترین

۱. مقدمه

مسئلهٔ استفاده از زیرساخت‌ها و نرم‌افزارهای ابری به بخش جدایی‌ناپذیر سازمان‌های بزرگ تبدیل شده است. مدیریت این سازمان‌ها همواره در تلاش هستند که با استفاده از محیط‌های ابری هزینه‌های سازمانی خود را کاهش دهند (Ross & Blumenstein 2015). مدیریت صحیح در انتخاب خدمات ابری تأثیر به‌سزایی بر این کاهش هزینه و کارآمدی خدمات ابری دارد؛ به‌گونه‌ای که انتخاب نادرست، نه‌تنها در بسیاری از موارد موجب افزایش کارآمدی و کاهش هزینه‌ها نمی‌شود، بلکه هزینه‌های ابری را نیز افزایش می‌دهد. «سازمان آماری ساینس»[1] تخمین زده است که خاموشی چهار ساعتهٔ خدمات ابری «آمازون» در ۲۸ فوریه ۲۰۱۷، برای ۵۰۰ شرکت تجاری حدود ۱۵۰ میلیون دلار خسارت به همراه داشته است (Condliffe 2017). همچنین، «سازمان کنترل ترافیک شبکهٔ آپیکا»[2] ادعا نموده است که سایت ۵۴ خرده‌فروش از ۱۰۰ خرده‌فروشِ برتر، حداقل دچار ۲۰ درصد کاهش عملکرد شده است (همان). خاموشی مرکز داده در سال ۲۰۱۵، برای ۱۰۰۰ شرکت تجاری حدود ۱/۲۵ تا ۲/۵ میلیارد دلار خسارت به همراه داشته است (Ponemon 2016). با وجود همهٔ این خسارت‌ها که از انتخاب‌های نامناسب ناشی می‌شود، محاسبات ابری همواره رشد داشته است. برای مثال، میزان وابستگی اینترنت اشیا به محاسبات ابری افزایش یافته و اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط اینترنت اشیا برای پردازش به مراکز دادهٔ ابری ارسال می‌گرد (MacGillivray et al. 2016). همچنین، با گسترش زیرساخت‌ها و

1. Cyence
2. Apica

افزایش تنوع خدمات ابری موجود، انتخاب خدمت ابری برای سازمان‌ها به امری پیچیده بدل شده است. برای نمونه، پژوهش انجام گرفته توسط Noor et al. (2013) از طریق جست‌وجوی لغوی موفق به پیدا کردن ۶۶۸۶ خدمت ابری شده است. این شمار زیاد خدمات از نظر قیمت، مکان خدمت، قابلیت‌های محاسباتی، پارامترهای کیفیت خدمات مانند دسترس‌پذیری و میزان پهنای باند با یکدیگر تفاوت دارند و موجب شده است که فرایند انتخاب خدمت ابری مناسب به‌سادگی امکان‌پذیر نباشد. همین امر موجب شده است که در سال‌های اخیر جامعهٔ پژوهش توجه ویژه‌ای به مبحث انتخاب خدمت ابری داشته باشد و در نتیجه، پژوهش‌های زیادی در این زمینه به انجام رسیده است. هر یک از این پژوهش‌ها از نقطه‌نظرهای متفاوت و با اهداف مختلفی انجام گرفته‌اند. با بررسی پژوهش‌های این حوزه با دو دیدگاه عمده روبه‌رو می‌شویم: اول، پژوهش‌هایی که انتخاب خدمت ابری را از منظر تأمین‌کنندهٔ خدمت ابری بررسی می‌کنند و هدف آن‌ها بیشتر معطوف به کاهش هزینهٔ تأمین‌کنندهٔ خدمت ابری (Nedev 2018) و بهبود عملکرد ماشین مجازی است (Parhi, Pattanayak & Patra 2017)، و دوم، پژوهش‌هایی که از منظر سازمان برای اجارهٔ خدمت ابری انجام می‌گیرد (Al-Faifi et al. 2018؛ Elhabbash et al. 2019). اغلب تحقیقات این بخش با هدف کاهش هزینهٔ اجارهٔ خدمت، انتخاب ماشین مجازی قابل‌اعتماد و امن (Fan et al. 2015) انجام پذیرفته است. با وجود این، انتخاب پارامترهای مختلف کیفی و کمی نشان از عدم اجماع پژوهشگران مربوط در خصوص عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری دارد. در جدول ۱، در بخش بعدی پژوهش مهم‌ترین تحقیقات این حوزه و عوامل مد نظر آن‌ها در انتخاب خدمت ابری آمده است. فقدان یک بررسی جامع و نظام‌مند با هدف شناسایی مؤلفه‌های مؤثر درانتخاب خدمت ابری از منظر سازمان کاملاً مشهود است. بنابراین، این پژوهش به‌دنبال رفع این نقیصه و پرکردن شکاف موجود در پژوهش‌های این حوزه است.

۲. پیشینهٔ پژوهش

در پژوهش پیشِ رو، به‌منظور اطمینان از پوشش کامل مطالعات پیشین در حیطهٔ انتخاب خدمت ابری، از بررسی نظام‌مند ادبیات استفاده شده است. بر اساس اطلاعات استخراج‌شده از تحقیقات مرتبط با ارائهٔ ادبیات نظام‌مند، بررسی مطالعات گذشته شامل پنج گام است (Siddaway et al. 2014) که به شرح زیر است:

گام اول: شکل‌دهی مشکل تحقیق. هدف از انجام این تحقیق، شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری در سازمان است. برآورده نمودن این هدف، مستلزم پاسخگویی به دو سؤال به شرح زیر است:

- ◇ مؤلفه‌های مؤثر در انتخاب خدمت ابری سازمان‌ها کدامند؟
- ◇ میزان اهمیت هر یک از این مؤلفه‌ها در انتخاب خدمت ابری چیست؟

گام دوم: تعیین مطالعات مرتبط. کلمات کلیدی (انگلیسی و فارسی) که برای مطالعهٔ پیشِ رو در نظر گرفته شده، عبارت‌اند از:

Cloud Computing, Cloud Service, Cloud Selection, Cloud Service Selection, Cloud Service Factors, Cloud Selection Factors, Cloud Service Selection Factors
رایانش ابری، خدمت ابری، انتخاب ابری، انتخاب خدمت ابری، عوامل خدمت ابری، عوامل انتخاب ابر، عوامل انتخاب خدمت ابری

پایگاه داده‌های معتبر مقالات از جمله IEEE, Elsevier, Scopus, Google Scholar, Research Gate, LinkedIn برای یافتن پژوهش‌های مرتبط با کلمات کلیدی فوق مورد جست‌وجو قرار گرفتند. با کلمات کلیدی معرفی‌شده در بالا تعداد ۱۰۶۸ مقالهٔ مرتبط از پایگاه داده‌های نام‌برده‌شده به‌دست آمد.

گام سوم: ارزیابی مقالات یافت‌شده. در این مرحله می‌بایست به بررسی دقیق‌تر مقالات یافت‌شده پرداخت و مقالات مناسب را انتخاب نمود. برای این منظور، در اولین مرحله فقط عنوان و چکیدهٔ مقالات یافت‌شده مورد مطالعه قرار گرفت و مقالاتی که عنوان و چکیدهٔ آن‌ها به‌عنوان تحقیق نزدیک بودند، انتخاب شدند. تعداد مقالات به‌دست‌آمده در این مرحلهٔ به ۴۳۳ مورد رسید. در مرحلهٔ دوم، یافته‌های مقاله‌های مورد نظر به‌طور دقیق بررسی و مطالعه شد. در این مرحله، مقاله‌هایی که نتایج آن‌ها به سؤالات تحقیق حاضر پاسخ مناسبی نداشت، از لیست حذف گردید. پس از این مرحله، تعداد مقالات باقی‌مانده به ۲۶۲ مورد رسید. در مرحلهٔ آخر، تمامی قسمت‌های ۲۶۲ مقالهٔ باقی‌مانده مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت تا مقالات با ارتباط کاملاً مستقیم با موضوع تحقیق انتخاب شوند. پس از مرحلهٔ سوم تعداد مقالات باقی‌مانده، ۱۷۵ بود.

گام‌های چهارم و پنجم: بیان خلاصه‌ای از مقالات یافت‌شدهٔ نهایی و گزارش نتایج آن‌ها. در این گام، خلاصه‌ای از ۱۷۵ مقالهٔ مورد مطالعه تهیه شد که به برخی از مهم‌ترین

آن‌ها در ادامه، به اجمال اشاره می‌شود.

«گارک، گائو و مونت‌گومری» چارچوبی برای رتبه‌بندی خدمت‌های ابری به نام SMI ارائه دادند و هدف از آن رتبه‌بندی خدمت‌های ابری بر اساس نیازمندی‌های کیفیت خدمات کاربر بود. پارامترهایی که آن‌ها در نظر گرفتند، عبارت بودند از: زمان پاسخ خدمت، تأثیر ابر بر محیط مانند میزان دی‌اکسیدکربن تولیدشده، درجهٔ تطابق خدمت ابری با نیازهای مشتری، دقت[1] (کسری از مواقع که خدمت ابری بدون نقض توافقنامه به کاربر پاسخ می‌دهد)، شفافیت[2] (تأثیر تغییرات خدمت بر عملکرد پردازش‌های مشتری)، درجهٔ تعامل‌پذیری یک خدمت با خدمت‌های دیگر، دسترس‌پذیری، قابلیت اطمینان[3]، ثبات (عدم تغییر در عملکرد خدمت)، هزینهٔ اجارهٔ ماشین مجازی، تطبیق‌پذیری با تغییر نیازمندی‌ها، قابلیت استفاده، بازدهی و مقیاس‌پذیری[4] (پاسخ‌دهی به تعداد درخواست‌های زیاد به‌صورت همزمان) (Garg, Gao & Montgomery 2015). «کریم، دینگ و میری» یک سیستم انتخاب خدمت بر مبنای تضمین کیفیت خدمات انتها به انتها ارائه دادند. کیفیت خدمات در نظر گرفته‌شده در این پژوهش به سه دستهٔ کلی عملکردی، سامانه‌ای و مشتری تقسیم‌بندی می‌شود و علاوه بر پارامترهای Garg, Gao & Montgomery (2015)، امنیت و شهرت[5] تأمین‌کننده را نیز در نظر گرفته‌اند (Karim, Ding & Miri 2013). با توجه به پویایی خدمت‌های ابری «یانگ، لین و دو» یک روش انتخاب خدمت برای ترکیب خدمت‌ها در ابرهای مختلف ارائه دادند. در پژوهش آن‌ها اولویت‌ها در انتخاب خدمت توسط تابع کارایی مشخص می‌شود و برای این منظور پارامترها به دو دستهٔ مثبت و منفی تقسیم می‌شوند. در دستهٔ مثبت، پارامترهایی مانند دسترس‌پذیری قرار دارند که با افزایش میزان آن‌ها مقدار تابع کارایی افزایش می‌یابد و در دستهٔ منفی پارامترهایی مانند هزینه قرار دارند که با کاهش آن‌ها مقدار تابع کارایی افزایش می‌یابد (Yang, Lin & Dou 2013). «فان» و همکاران مقاله‌ای با هدف ارائهٔ یک مدل اعتماد جهت انتخاب خدمت‌های ابری مطمئن‌تر ارائه دادند. این پژوهش پارامترهایی همچون دسترس‌پذیری، قابلیت اطمینان، ثبات، مقیاس‌پذیری، انعطاف‌پذیری، پاسخ سریع و میزان کنترل را در نظر گرفته است (Fan et al. 2015). «یو» یک چارچوب پیشنهاد خدمت ابری با محوریت کاربر با نام «کلودرک»[6] ارائه داد. این روش از خوشه‌بندی فاکتورگیری ماتریس[7] استفاده می‌کند

1. accuracy
2. transparency
3. reliability
4. scalability
5. reputation
6. CloudRec
7. matrix factorization

کـه به‌طـور عـام در سـامانه‌های پیشـنهاددهنده اسـتفاده می‌شـود. ایـن روش به‌جـای اسـتفاده از اطلاعـات کیفیـت خدمـات ارائه‌شـده توسـط تأمین‌کننـدهٔ ابـر، بـر پایـهٔ اسـتفاده از تاریخچـهٔ اطلاعـات به‌دسـت‌آمده از کاربـران، موقعیـت جغرافیایـی داده، رمزنـگاری، دسترسـی بـه داده‌هـا و در نهایـت، حمایـت سـازمانی و حاکمیـت توجـه کـرده اسـت (Yu 2015). «اسپوسـیتو» و همـکاران سـامانهٔ انتخـاب پایـگاه دادهٔ ابـری بـا اسـتفاده از منطـق فـازی[1]، تئـوری شـهود[2] و بـازی[3] ارائـه دادنـد. هـدف ایـن پژوهـش انتخـاب تأمین‌کننـده‌ای اسـت کـه در کنـار ارضـا کـردن کیفیـت خدمـات مـورد نظـر (افزایـش درجـهٔ رضایـت کاربـر)، از نظـر هزینـهٔ اجـاره نیـز مقرون‌به‌صرفـه باشـد و در موقعیـت جغرافیایـی مـورد نظـر واقـع شـده باشـد (Esposito et al. 2016). «دینـگ» و همـکاران بـرای انتخـاب خدمـت مناسـب یـک مشـتری، میـزان رضایـت مشـتری از هـر خدمـت ابـری را محاسـبه و در نهایـت، مناسـب‌ترین خدمـت را انتخـاب می‌کننـد. محققـان ایـن پژوهـش پارامترهـای کیفیـت خدمـات ماننـد دسـترس‌پذیری، تأخیـر، ظرفیت‌هـا، آسـانی اسـتفاده و همچنیـن، حاکمیـت و هزینـهٔ اجـارهٔ خدمـت را در نظـر گرفته‌انـد (Ding et al. 2017). «تانـگ» و همـکاران بـا اشـاره بـه دو گـروه اصلـی از روش‌هـای ارزیابـی میـزان اعتمـاد خدمـات ابـری (روش‌هـای نظـارت کیفیـت خدمـات و روش‌هـای به‌کارگیـری نظـرات کاربـران خدمـت ابـری) و مزایـا و معایـب هـر یـک تـلاش کردنـد کـه از ترکیـب هـر دو روش بـرای ارزیابـی میـزان اعتبـار خدمـات ابـری اسـتفاده کننـد. بـه ایـن منظـور، چارچوبـی بـه نـام «تـراس»[4] ارائـه دادنـد. در ایـن چارچـوب بـرای محاسـبهٔ پارامترهـا فرمول‌هـای ریاضـی بیـان شـده اسـت. در نهایـت، بـه کمـک ایـن فرمول‌هـا بـرای هـر خدمـت امتیـاز کلـی میـزان اعتبـار آن به‌دسـت می‌آیـد. یکـی از نقـاط قـوت ایـن پژوهـش شناسـایی کاربـران غیرقابـل اعتمـاد و پالایـش بازخوردهـای آن‌هاسـت. در آزمون‌هـا نیـز تنهـا زمـان پاسـخگویی، گذردهـی و قابلیـت اطمینـان در نظـر گرفتـه شـده اسـت (Tang et al. 2017). «ایزنـوک، دارامـولا و آدیگـون» سـامانهٔ رتبه‌بنـدی خدمت‌هـای ابـری را به‌منظـور رفـع نواقـص سـامانه‌های موجـود ارائـه دادنـد. آن‌هـا بیـان کردنـد کـه بسـترهای[5] موجـود، ماننـد «اوراکل»[6]، بـا دریافـت درخواسـت‌های کاربـران تنهـا خدمت‌هـای مناسـب را فهرسـت‌وار نمایـش می‌دهنـد و کاربـران نمی‌تواننـد به‌راحتـی ایـن خدمت‌هـا را مقایسـه کننـد یـا بعضـی از ایـن بسـترها اطلاعـات را بـا اسـتفاده از نمودارهـای رادار بـه تصویـر می‌کشـند کـه

1. fuzzy logic
2. theory of evidence
3. game theory
4. TUSS
5. platform
6. Oracle

برای بیان رتبه‌بندی تعداد زیاد خدمت ابری مناسب نیست. نحوهٔ رتبه‌بندی ابرها در این پژوهش مشخص نیست و تنها به جنبهٔ نحوهٔ نمایش خدمت‌های رتبه‌بندی‌شده اشاره شده است. به این منظور، در این پژوهش از نمودار حبابی استفاده شده است. این پژوهش در بررسی موردی خود از نمودارهای «گوگل»[1] استفاده کرده و تنها دسترس‌پذیری، زمان پاسخ، قابلیت اطمینان و هزینهٔ اجاره را در نظر گرفته است (Ezenwoke, Daramola & Adigun 2017). «عبدالباسط محمد و چانگ» چارچوبی با نام NMCDA ارائه دادند تا به کمک آن خدمت‌های ابری را ارزیابی کنند. هدف این پژوهش ارزیابی عملکرد خدمت‌های ابری و ایجاد یک حس رقابت در تأمین‌کنندگان ابری در راستای بهبود کیفیت خدمات ارائه‌شده از سوی آن‌هاست. این پژوهش پارامترهای قابلیت اطمینان، دسترس‌پذیری، زمان پاسخگویی، ظرفیت حافظه و هارد، توان پردازندهٔ مرکزی، کیفیت پشتیبانی را در نظر گرفته است (Abdel-Basset, Mohamed & Chang 2018). «جاتوس» و همکاران از ترکیب دو روش فرایند تحلیل درختی و «تاپسیس»[2] به همراه اعداد خاکستری[3] استفاده کرده‌اند. در پژوهش آن‌ها از روش فرایند تحلیل درختی برای مشخص‌کردن وزن هر یک از پارامترهای کیفیت خدمات استفاده شده و پس از آن به کمک «تاپسیس» خدمت‌ها رتبه‌بندی می‌شوند. پارامترهای مورد نظر در این پژوهش عبارت‌اند از: هزینهٔ اجارهٔ خدمت، عملکرد، میزان پایداری عملیات ورودی/ خروجی، عملکرد حافظهٔ ذخیره‌سازی و حافظهٔ موقت (Jatoth et al. 2018). «ال فایفی» و همکاران یک سامانهٔ خودکار فرایند انتخاب خدمت ابری ارائه دادند. این سامانه خدمت‌های مناسب را با توجه به الگوی واقعی بار کاری[4] به‌دست‌آمده از سازمان «اسمارت دیتا»[5] و منابع درخواستی به‌دست‌آمده از تاریخچهٔ درخواست‌های کاربران شناسایی می‌کند. پارامترهای کیفیت خدمات مانند دسترس‌پذیری، زمان پاسخگویی، ظرفیت، محدودیت‌های نگهداری و حمایت مدیر ارشد سازمان و عملکرد خدمت‌ها در نظر گرفته شده است (Al-Faifi et al. 2018). «سومو» و همکاران از ترکیب چند روش برای ارائهٔ یک راه حل در رتبه‌بندی خدمت‌های قابل اعتماد استفاده کرده‌اند. در پژوهش آن‌ها برای این منظور، از افراز «هایپرگراف»[6] برای شناسایی تأمین‌کنندگان خدمت ابری مشابه، از تابع نگاشت متغیر بازمان[7] برای ارزیابی میزان اعتماد، از ویژگی

1. Google charts
2. TOPSIS
3. grey numbers
4. workload
5. Smart Data
6. Hypergraph
7. Time-Varying Mapping Function

«هلی»[1] برای انتخاب تأمین‌کنندگان خدمت ابری قابل اعتماد و از الگوریتم بهینه‌سازی مگس میوهٔ دودویی[2] برای رتبه‌بندی بهینهٔ خدمت‌ها استفاده شده است. پارامترهای در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل بازخورد کاربران، هزینهٔ شبکهٔ سازمان، آموزش نیروی‌های فنی، شفافیت خدمت، استانداردهای تصدیق، برگشت‌پذیری خدمت، پشتیبانی و تأخیر شبکه است (Somu et al. 2018). «تیواری و کومار» یک چارچوب انتخاب خدمت ابر مبتنی بر الگوریتم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین ارائه‌دهندهٔ خدمات بر اساس برخی از پارامترهای کیفیت خدمات پیشنهاد دادند. چارچوب جدید از الگوریتم تلفیقی به نام «ری-تاپسیس»[3] برای رتبه‌بندی ارائه‌دهندگان خدمات ابر با استفاده از تعداد معدودی از پارامترهای کیفیت خدمات و با ملاک قرار دادن بازخورد کاربران برای هر مؤلفه ارائه شده است. پارامترهای مطرح‌شده در مقاله افزون بر هزینهٔ اجاره و شبکه شامل دسترس‌پذیری، قابلیت اطمینان، ظرفیت‌های عملکردی خدمت ابری ارائه‌شده و پشتیبانی خدمت است (Tiwari & Kumar 2021).

در ادامهٔ مرور نظام‌مند ادبیات به نظر می‌رسد که بررسی استانداردهای صنعتی توافقنامه‌های سطح خدمت ابری می‌تواند کمک مؤثری در شناسایی و معرفی شاخص‌های اثرگذار و کاربردی انتخاب خدمت ابری سازمان باشد. لازم به ذکر است که با بررسی صورت‌گرفته در تحقیقات این حوزه به نظر می رسد که استخراج مؤلفه‌های انتخاب خدمت ابری از استانداردهای صنعتی موصوف مغفول مانده است. بنابراین، این مورد را می‌توان به‌عنوان وجه تمایز پژوهش حاضر از سایر پژوهش‌های این حوزه به حساب آورد. استانداردها و خط‌مشی توافقنامه‌های خدمت صنعت ابری از «سازمان بین‌المللی استانداردسازی»[4]، استاندارد «انیسا»[5] و گروه اروپایی EC جمع‌آوری شد. در این راستا، با هدف شناسایی کامل عوامل تأثیرگذار در انتخاب خدمت ابری ویژگی‌های خدمت ابری در هر یک از این استانداردها مورد بررسی دقیق قرار گرفت و ضمن تطبیق آن‌ها با یافته‌های قبلی، در صورتی که ویژگی‌های مطرح‌شده در این استانداردها در بررسی نظام‌مند ادبیات به‌دست نیامده بود، این ویژگی‌ها به لیست عوامل اکتشافی اضافه گردید. همچنین، به‌منظور سازماندهی بهتر عوامل کشف‌شده، با استفاده از الگوهای ارائه‌شده در

1. Helly Property 2. Binary Fruit Fly Optimization Algorithm 3. RETOPSIS
4. International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission (ISO/IEC)
5. ENISA

این توافقنامه‌ها، نسبت به دسته‌بندی شاخص‌ها، منظم‌نمودن آن‌ها برای دریافت نظرات پانل خبرگی در مرحلهٔ بعد و همچنین، ارائهٔ سازمان‌یافتهٔ این عوامل در نتیجهٔ تحقیق اقدام گردید. جدول ۱، خلاصه‌ای از این مؤلفه‌ها را بر اساس اهداف آن‌ها به‌صورت دسته‌بندی‌شده نشان می‌دهد.

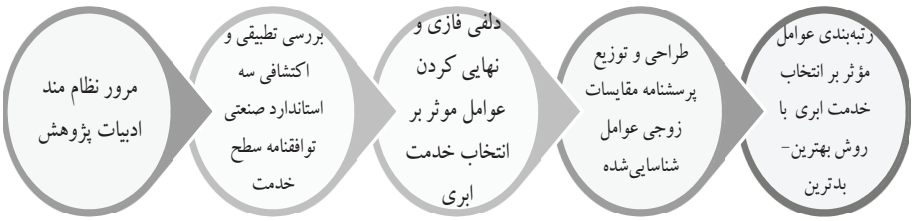
جدول ۱. خلاصه‌ای از مؤلفه‌های مؤثر بر انتخاب خدمت ابری

عامل‌های اصلی (شاخص‌ها)/ تحقیقات	محیطی-سازمانی								حفاظت از داده شخصی				امنیتی				عملکردی							
	بازخورد کاربران	هزینهٔ شبکه	هزینهٔ اجاره	شهرت تأمین‌کننده	آموزش نیروی کار فنی	حمایت مدیر ارشد	تأثیر ابر بر محیط	موقعیت جغرافیایی داده	شفافیت و اطلاع‌رسانی	محدودیت‌های نگهداری و افشا	استانداردها و مکانیزم‌های تصدیق	حاکمیت	مدیریت آسیب‌پذیری	ثبت رویداد و نظارت	رمزنگاری	دسترسی و احراز هویت	قابلیت اطمینان	برگشت‌پذیری و خاتمه	مقیاس‌پذیری	آسانی استفاده	پشتیبانی	ظرفیت	زمان پاسخگویی/تأخیر	دسترس‌پذیری
استاندارد ISO/IEC	_	_	✓	_	_	_	_	✓	✓	✓	✓	_	✓	✓	✓	✓	✓	_	✓	✓	✓	✓	✓	✓
استاندارد ENISA	_	_	✓	_	_	_	_	✓	✓	✓	_	_	_	✓	✓	✓	✓	_	✓	✓	✓	✓	✓	✓
استاندارد گروه اروپا	_	_	✓	_	_	_	_	✓	✓	✓	_	_	_	✓	✓	✓	✓	✓	_	✓	✓	✓	✓	✓
Garg, Gao & Montgomery (2015)	_	_	✓	_	_	_	✓	_	✓	_	_	✓	_	_	_	_	✓	_	✓	✓	_	✓	✓	✓
Karim, Ding & Miri (2013)	_	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	✓	✓	✓	✓	✓	✓	_	✓	✓	_	✓	✓	✓	✓
Menzel, Schönherr & Tai (2013)	_	✓	_	✓	_	_	_	✓	_	_	✓	_	_	_	_	_	✓	_	✓	✓	_	_	_	✓
Silas, Rajsingh & Ezra (2012)	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	_	✓	_	_	_	✓	_	_
Martens & Teuteberg (2012)	_	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	_	✓	_	✓	_	_	_	_
Gutierrez-Garcia & Sim (2012)	✓	✓	✓	_	✓	_	✓	_	✓	_	✓	_	_	_	✓	_	_	✓	_	✓	_	✓	_	_
Chang, Chang & Liu (2012)	_	✓	_	_	_	_	_	_	_	✓	✓	_	✓	✓	✓	_	_	_	✓	✓	_	_	_	✓
Sundareswaran, Squicciarini & Lin (2012)	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	_	_	_	_	✓	_	_	✓
He et al. (2012)	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	✓	✓

عامل‌های اصلی (شاخص‌ها) / تحقیقات	محیطی-سازمانی							حفاظت از داده شخصی						امنیتی						عملکردی								
	بازخورد کاربران	هزینهٔ شبکه	هزینهٔ اجاره	شهرت تأمین کننده	آموزش نیروی کار فنی	حمایت مدیر ارشد	تأثیر ابر بر محیط	موقعیت جغرافیایی داده	شفافیت و اطلاع‌رسانی	محدودیت‌های نگهداری و افشا	استانداردها و مکانیزم‌های تصدیق	حاکمیت	مدیریت آسیب‌پذیری	ثبت رویداد و نظارت	رمزنگاری	دسترسی و احراز هویت	قابلیت اطمینان	برگشت‌پذیری و خاتمه	مقیاس‌پذیری	آسانی استفاده	پشتیبانی	ظرفیت	زمان پاسخگویی/تأخیر	دسترس‌پذیری
Yang, Lin, & Dou (2013)	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	_	✓	✓	_	✓	✓	✓	_	_	_	_	✓	_	✓	_	✓
Chen et al. (2012)	_	_	_	_	✓	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	_
Soltani, Martin & Elgazzar (2014)	_	_	_	✓	_	_	✓	_	_	✓	_	_	_	_	_	✓	_	_	_	✓	_	✓	_	✓	_
Fan et al. (2015)	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	✓	✓	_	✓	_	✓	_	✓	_	_	_	✓	✓	✓
Garg, Gao & Montgomery (2015)	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	✓	✓
Yu (2015)	✓	_	_	_	_	✓	_	✓	_	✓	_	✓	_	_	✓	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Patiniotakis, Verginadis Mentzas (2016)	_	✓	✓	_	✓	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	_	✓	✓	_	✓	✓	✓	✓
Esposito et al. (2016)	✓	_	_	_	_	_	_	✓	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Ding et al. (2017)	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	✓	_	✓	✓	✓	✓	✓
Tang et al. (2017)	_	_	_	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	_	_	_	_	_	✓	_	_	_
Ezenwoke Daramola & Adigun (2017)	_	✓	_	✓	_	_	✓	_	_	✓	_	✓	_	✓	_	_	_	✓	_	✓	✓	✓	_	_	_
Abdel-Basset, Mohamed & Chang (2018)	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	_	_	_	_	✓	✓	✓	✓	✓
Jatoth et al. (2018)	_	_	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	✓	✓	✓	✓	✓	_	✓	_	✓	_	✓	✓	✓	✓
Al-Faifi et al. (2018)	_	_	_	_	_	✓	_	_	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	✓	✓	✓
Somu et al. (2018)	✓	✓	_	_	✓	_	_	✓	_	✓	_	_	_	_	_	✓	_	✓	_	_	✓	_	✓	_	_
Maeser (2018)	✓	_	✓	_	✓	✓	✓	_	✓	_	_	✓	_	_	✓	_	_	✓	✓	_	✓	✓	✓	✓	✓
Elhabbash et al. 2019	_	✓	_	_	✓	_	_	✓	_	_	_	✓	✓	✓	_	✓	✓	_	✓	✓	_	✓	✓	✓	✓
Tiwari & Kumar (2021)	_	✓	✓	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	✓	_	_	_	_	✓	_	✓	_	✓

۳. روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، از نوع کاربردی است. هدف از تحقیقات کاربردی توسعهٔ دانش کاربردی در یک زمینهٔ خاص است. با مرور تحقیقات انجام‌شده در این حوزه، خلأ تحقیقی جامع در زمینهٔ شناسایی همه‌جانبه از تمامی عوامل تأثیرگذار بر انتخاب خدمت ابری در سازمان‌ها کاملاً مشهود است. بدون شناسایی این عوامل انتخاب خدمت ابری در سازمان‌ها به‌درستی تحقق نخواهد یافت. انتخاب نادرست خدمات ابری موجب افزایش هزینه‌های سازمانی می‌گردد. در این راستا، «فلکسرا» اعلام کرده که به‌طور متوسط ۳۵ درصد از هزینه‌های سازمانی استفاده از خدمات ابری به هدر می‌رود (Flexera 2019). هدف اصلی پژوهش حاضر شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری است. برآورده‌نمودن این هدف، مستلزم پاسخگویی به دو سؤال فرعی است: ۱) مؤلفه‌های مؤثر در انتخاب خدمت ابری سازمان‌ها کدامند؟ و ۲) میزان اهمیت هر یک از این مؤلفه‌ها در انتخاب خدمت ابری چیست؟ بدین‌منظور در این پژوهش تلاش شده در گام اول، با بررسی نظام‌مند تحقیقات این حوزه و همچنین، مقایسهٔ تطبیقی یافته‌ها با سه استاندارد صنعتی در خصوص توافقنامهٔ سطح خدمت تأمین‌کنندگان[1]، عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری از منظر سازمان را به‌صورت جامع شناسایی کرده و در گام دوم، به‌منظور بسط بدنهٔ دانشی موجود، پالایش و تأیید نهایی عوامل از روش «دلفی» فازی استفاده نموده و در نهایت، با تهیهٔ پرسشنامهٔ مخصوص روش بهترین-بدترین و توزیع آن در میان خبرگان، وزن هر کدام از عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری، با بهره‌گیری از روش بهترین-بدترین به‌دست آید. مراحل اجرای این پژوهش به‌طور خلاصه در شکل ۲، نشان داده شده است.



1. service level agreement (SLA)

۳-۱. روش دلفی فازی

این تکنیک روشی پیمایشی مبتنی بر نظرهای متخصصان بوده و دارای چهار خصوصیت اصلی است که عبارت‌اند از: پاسخ بی‌نام، تکرار، بازخورد کنترل‌شده و پاسخ گروهی آماری (Hsu, Lee & Kreng 2010). در بسیاری از موقعیت‌های واقعی، قضاوت متخصصان نمی‌تواند به‌صورت اعداد کمّی قطعی بیان و تفسیر شود. نظریهٔ مجموعه‌های فازی که به‌وسیله «لطفی‌زاده» در سال ۱۹۶۵ ارائه شد، ابزار مناسبی برای مقابله با ابهام و عدم قطعیت موجود در فرایند تصمیم‌گیری است (Bouzon et al. 2016). بنابراین، در این پژوهش از روش «دلفی فازی» به‌منظور تأیید عوامل شناسایی‌شدهٔ انتخاب خدمت ابری استفاده می‌شود. در ارتباط با اندازهٔ پانل مورد نیاز برای «دلفی» سنتی و «دلفی فازی» اجماع نظر وجود ندارد (Mullen 2003). اما اندازهٔ معمول پانل خبرگان بین ۸ تا ۱۲ (Cavalli-Sforza & Ortolano 1984) یا بین ۱۰ تا ۱۸ نفر (Okoli & Pawlowski 2004) است. در پژوهش حاضر اعضای پانل خبرگان گروهی از مدرسان، محققان، مدیران و کارشناسان فناوری اطلاعات در حوزهٔ پردازش ابری هستند که از طریق وب‌سایت «ریسرچ‌گیت»[1] شناسایی و در پانل پژوهش عضو شده‌اند. نحوهٔ شناسایی آن‌ها بر اساس چهار ویژگی دانش (حداقل یک مقالهٔ تحقیقاتی ارائه‌شده در زمینهٔ پردازش ابری)، تجربه، تمایل و زمان کافی برای شرکت در پژوهش بوده است. در جدول ۲، ویژگی‌های حرفه‌ای اعضای پانل خبرگان «دلفی» نشان داده شده است.

جدول ۲. مشخصات اعضای پانل خبرگان حوزهٔ پردازش ابری

شماره	عنوان	سابقهٔ کاری مرتبط	سطح تحصیلات
۱	مدرس دانشگاه	۱۰	دکتری
۲	مدرس دانشگاه	۱۲	دکتری
۳	مدرس دانشگاه	۸	دکتری
۴	مدرس دانشگاه	۵	دکتری
۵	مدیر فناوری اطلاعات	۱۰	دکتری
۶	مدیر فناوری اطلاعات	۱۲	کارشناسی ارشد

1. ResearchGate

شماره	عنوان	سابقهٔ کاری مرتبط	سطح تحصیلات
۷	محقق در رشتهٔ فناوری اطلاعات	۴	کارشناسی ارشد
۸	محقق در رشتهٔ فناوری اطلاعات	۷	کارشناسی ارشد
۹	محقق در رشتهٔ فناوری اطلاعات	۳	کارشناسی ارشد
۱۰	کارشناس اجرایی فناوری اطلاعات	۵	کارشناسی
۱۱	کارشناس اجرایی فناوری اطلاعات	۸	کارشناسی
۱۲	کارشناس اجرایی فناوری اطلاعات	۴	کارشناسی

بعد از شناسایی عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری و تعیین اعضای پانل، پرسشنامه به‌صورت الکترونیک طراحی و در سایت برای آن‌ها ارسال گردید که در آن متغیرهای زبانی جدول ۳، برای بیان اهمیت هر شاخص به‌کار می‌رود. در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی استفاده می‌شود که در آن $\tilde{M} = (l, m, u)$ یک عدد فازی مثلثی است و l, m, u به‌ترتیب، کوچک‌ترین، محتمل‌ترین و بزرگ‌ترین ارزشِ ممکن است.

جدول ۳. عبارت‌های کلامی برای تأیید شاخص‌های تصمیم‌گیری

متغیر زبانی انگلیسی	متغیر زبانی فارسی	عدد فازی
Very Low	خیلی کم	(۰, ۰, ۰/۲۵)
Low	کم	(۰, ۰/۲۵, ۰/۵)
Medium	متوسط	(۰/۲۵, ۰/۵, ۰/۷۵)
High	زیاد	(۰/۵, ۰/۷۵, ۱)
Very High	خیلی زیاد	(۰/۷۵, ۱, ۱)

در ادامه، تأیید شاخص‌های پراهمیت که از طریق مقایسه با حد آستانه $\tilde{s}$ صورت می‌گیرد. مقدار آستانه از چند طریق محاسبه می‌شود، ولی استفاده از مقدار میانگین ارزش شاخص‌ها به‌عنوان مقدار آستانه یکی از قابل اتکاترین روش‌هاست. برای این کار ابتدا باید مقادیر فازی مثلثی نظرهای خبرگان محاسبه شده، سپس، برای محاسبهٔ میانگین نظرات n پاسخ‌دهنده، میانگین فازی آن‌ها محاسبه شود. بدین منظور لازم است که عدد فازی مثلثی هر شاخص مورد محاسبه قرار گیرد. محاسبهٔ عدد فازی مثلثی τ برای هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روابط زیر صورت می‌گیرد:

$$\tilde{a}\mathbf{ij} = \left(a_{ij}, b_{ij}ij, C_{ij}\right);\ \forall i = 1,2,\dots,n\ ,\forall j = 1,2,\dots,m \quad (۱)$$

$$\tilde{\tau}_j = (a_j, b_j, c_j)$$

$$a_j = \min(a_{ij})$$

$$b_j = (\prod_{i=1}^{n} b_{ij})^{\frac{1}{n}} \quad (۲)$$

$$c = \max(c_{ij}) \quad (۳)$$

در روابط بالا، اندیس **i** به فرد خبره و اندیس **j** به شاخص تصمیم‌گیری اشاره دارد. $\widetilde{a_{ij}}$ مقدار فازی ارزش هر شاخص است که به‌وسیلهٔ تصمیم‌گیرنده برآورد می‌شود و $\tilde{\tau}_j$ میانگین فازی ارزش هر شاخص است. همچنین، میانگین مقادیر فازی محاسبه‌شده از طریق رابطهٔ ۴، به‌روش مرکز ثقل، فازی‌زدایی می‌شود.

$$crisp = \frac{a+2b+c}{4} \quad (۴)$$

بعد از محاسبهٔ مقادیر بالا، اگر مقدار فازی‌زدایی‌شده $\tilde{s} \geq \tilde{\tau}$ باشد، شاخص مورد نظر تأیید و به مرحلهٔ اصلی تصمیم‌گیری وارد می‌شود، ولی اگر مقدار فازی‌زدایی‌شده $\tilde{s} \leq \tilde{\tau}$ باشد، شاخص مورد نظر رد می‌شود.

۳-۲. روش بهترین-بدترین

اساس روش بهترین-بدترین که توسط Rezaei (2015) ارائه شده، آن است که بهترین و بدترین شاخص توسط تصمیم‌گیرنده مشخص شده و مقایسهٔ زوجی بین هر یک از این دو شاخص (بهترین و بدترین) و دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد. سپس، یک مسئلهٔ حداکثر-حداقل برای مشخص‌کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله و حل می‌شود. همچنین، در این روش یک فرمول برای محاسبهٔ نرخ ناسازگاری جهت بررسی اعتبار مقایسات در نظر گرفته شده است. گام‌های این روش شامل موارد زیر است:

گام اول: در این گام می‌بایست مجموعهٔ شاخص‌های تصمیم‌گیری تعیین شود. مجموعهٔ شاخص‌ها به‌صورت $\{c_1,c_2,\dots,c_n\}$ تعریف می‌شود که برای گرفتن یک تصمیم مورد نیاز است. گام دوم: بهترین شاخص (مهم‌تر، مطلوب‌تر) و بدترین شاخص (دارای کم‌ترین اهمیت و کم‌ترین مطلوبیت) مشخص می‌گردد. در این مرحله تصمیم‌گیرنده بهترین و بدترین شاخص را به‌طور کلی تعریف می‌کند. هیچ مقایسه‌ای در این مرحله صورت

نمی‌گیرد. گام سوم: در این مرحله ارجحیت بهترین شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها با اعداد ۱ تا ۹ مشخص می‌گردد. بردار ارجحیت بهترین شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها به‌صورت $A_{B=}(a_{B1},a_{B2},...,a_{Bn})$ نمایش داده می‌شود. در بردار ذکرشده، a_{Bj} نشان‌دهندهٔ ارجحیت بهترین شاخص (B) نسبت به شاخص (j) است. واضح است که $a_{BB}=1$ است. گام چهارم: در این گام نیز ارجحیت همهٔ شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص با اعداد ۱ تا ۹ مشخص می‌شود. بردار ارجحیت سایر شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص به‌صورت $A_w=(a_{1w},a_{2w},...,a_{nw})$ نمایش داده می‌شود. در بردار ذکرشده، a_{jw} ارجحیت شاخص (j) نسبت به بدترین شاخص (W) است. واضح است که $a_{ww}=1$ است. گام پنجم: می‌بایست در این گام مقادیر بهینهٔ وزن‌ها محاسبه شود ($w^*_1, w^*_2, ..., w^*_n$). برای تعیین وزن بهینهٔ هر یک از شاخص‌ها، زوج‌های $a_{Bj} = w_B/ w_j$ و $a_{jw} = w_j/w_w$ تشکیل شده، سپس، برای برآورده‌کردن این شرایط در همهٔ j‌ها، باید راه حلی پیدا شود تا عبارات $\left|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}\right|$ و $\left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}\right|$ را برای همه j‌هایی که حداقل شده است، حداکثر نماید. با توجه به غیرمنفی بودن وزن‌ها و مجموع اوزان می‌توان مدل را به‌صورت رابطهٔ ۵ فرموله نمود:

$$\min max\left[\left|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}\right|, \left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}\right|\right] \quad (۵)$$
$$\sum_j^{s.t.} w_j = 1\ w_j \geq 0, for\ all\ j$$

همچنین، می‌توان مدل ۵ را به مدل ۶ تبدیل کرد:

$$Min\ \varepsilon$$
$$\left|\frac{w_B}{w_j} - a_{Bj}\right| \leq \varepsilon, for\ al\ j$$
$$\left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}\right| \leq \varepsilon, for\ all\ j \quad (۶)$$
$$\sum_j^w w_j = 1\ \ w_j \geq 0, for\ all\ j$$

البته، مدل خطی تابع فوق نیز به‌صورت زیر ارائه شده است و در این مقاله اوزان شاخص‌ها با استفاده از مدل خطی به‌دست می‌آیند.

$$Min\ \varepsilon$$
$$\left|w_B - a_{Bj}\ w_j\right| \leq \varepsilon, for\ all\ j$$
$$\left|w_j - a_{jw}\ w_w\right| \leq \varepsilon, for\ all\ j \quad (۷)$$
$$\sum_j^w w_j = 1\ \ w_j \geq 0, for\ all\ j$$

با حل مدل فوق، مقدار بهینهٔ $(w^*_1, w^*_2, ..., w^*_n)$ و ε^* به‌دست می‌آید (Rezaei 2015). با استفاده از ε^* به‌دست‌آمده، نرخ سازگاری محاسبه می‌شود. واضح است که مقدار ε^* بزرگ‌تر نشان‌دهندهٔ نرخ سازگاری بالاتری است. از آنجا که $a_{Bj} \times a_{jw} = a_{BW}$ و $a_{BW} \in \{1,2, ...,9\}$ است، می‌توان حداکثر مقدار ε را به‌دست آورد. با استفاده از شاخص‌های سازگاری موجود در جدول ۴، و فرمول ارائه‌شده می‌توان نرخ سازگاری را محاسبه کرد.

جدول ٤. شاخص‌های سازگاری با استفاده از روش بهترین-بدترین

a_{BW}	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
شاخص سازگاری	۰/۰۰	۰/۴۴	۱/۰۰	۱/۶۳	۲/۳۰	۳/۰۰	۳/۷۳	۴/۴۷	۵/۲۳

$$\text{نرخ سازگاری} = \frac{\varepsilon^*}{\text{شاخص سازگاری}} \quad (۸)$$

هرچه مقادیر نرخ سازگاری به صفر نزدیک‌تر باشد، نتایج سازگاری بیشتری دارد. با توجه به تعدد مقایسه‌های زوجی مورد نیاز در سایر روش‌ها، انتخاب این روش باعث انجام راحت‌تر پژوهش در زمانی به مراتب کمتر گردید. همچنین، از دیگر دلایل انتخاب این روش می‌توان به دقت بالاتر و پیوستگی و ثبات بیشتر نتایج انجام این روش اشاره نمود.

٤. تجزیه و تحلیل یافته‌ها

به‌منظور تأیید عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری، ۲۴ شاخص که از مرور نظام مند ادبیات پژوهش به‌دست آمد، در سؤالات پرسشنامهٔ مخصوص روش «دلفی فازی» قرار گرفتند و از خبرگان خواسته شد که مطابق با شرح این روش به سؤالات پاسخ دهند. در نهایت، پس از تجزیه و تحلیل داده‌های پرسشنامهٔ روش «دلفی» طی چهار مرحله در مجموع ۲۰ شاخص تأیید و انتخاب گردید. بر اساس نظر Cheng & Lin (2002) توقف فرایند نظرسنجی زمانی است که تفاوت میزان فازی‌زدایی‌شدهٔ هر مرحله با مرحلهٔ قبلی کمتر از ۰/۲ باشد که در این تحقیق تفاوت مقدار فازی‌زدایی‌شدهٔ مرحلهٔ چهارم و سوم برای شاخص‌های تأییدشده کمتر از ۰/۲ بود. نتایج روش «دلفی فازی» در جدول ۵، نشان داده شده است.

جدول ۵. نتایج روش «دلفی فازی»

مؤلفه اصلی	شاخص	میانگین فازی	میانگین فازی‌زدایی‌شده	نتیجهٔ آزمون
مؤلفهٔ عملکردی (R ۱)	دسترس‌پذیری (R ۱۱)	(۰/۵۵, ۰/۹۵, ۱)	۰/۸۶۳	عدم رد
	زمان پاسخگویی/ تأخیر (R ۱۲)	(۰/۵۱, ۰/۹, ۱)	۰/۸۳	عدم رد
	ظرفیت (R ۱۳)	(۰/۵۲, ۰/۸۲, ۱)	۰/۷۹	عدم رد
	پشتیبانی (R ۱۴)	(۰/۳۲, ۰/۵۸, ۱)	۰/۶۲	عدم رد
	آسانی استفاده (R ۱۵)	(۰/۳۵, ۰/۶۵, ۱)	۰/۶۶۳	عدم رد
	مقیاس‌پذیری (R ۱۶)	(۰/۲۵, ۰/۷۴, ۱)	۰/۶۸۳	عدم رد
	برگشت‌پذیری و خاتمه	(۰, ۰/۶۴, ۰/۸)	۰/۵۲	رد
مؤلفهٔ امنیتی (R ۲)	قابلیت اطمینان (R ۲۱)	(۰/۲۵, ۰/۸۵, ۱)	۰/۷۳۸	عدم رد
	دسترسی و احراز هویت	(۰, ۰/۵۲, ۱)	۰/۵۱	رد
	رمزنگاری (R ۲۲)	(۰/۲۲, ۰/۶۷, ۱)	۰/۶۴	عدم رد
	ثبت رویداد و نظارت (R ۲۳)	(۰/۲۵, ۰/۷۳, ۱)	۰/۶۷۸	عدم رد
	مدیریت آسیب‌پذیری (R ۲۴)	(۰/۴۵, ۰/۸, ۱)	۰/۷۳۶	عدم رد
	حاکمیت (R ۲۵)	(۰/۳۸, ۰/۸۵, ۱)	۰/۷۷	عدم رد
مؤلفه حفاظت از داده‌های شخصی (R ۳)	استانداردها و مکانیزم‌های تصدیق	(۰, ۰/۵۵, ۰/۷۵)	۰/۴۶۳	رد
	محدودیت‌های نگهداری و افشا (R ۳۱)	(۰/۲۸, ۰/۵۸, ۱)	/۶۱	عدم رد
	شفافیت و اطلاع‌رسانی (R ۳۲)	(۰/۳۵, ۰/۷۹, ۱)	۰/۷۳۳	عدم رد
	موقعیت جغرافیایی داده (R ۳۳)	(۰/۴۵, ۰/۸۵, ۱)	۰/۷۹۳	عدم رد
مؤلفه محیطی- سازمانی (R ۴)	تأثیر ابر بر محیط (R ۴۱)	(۰/۲۵, ۰/۷, ۰/۸۵)	۰/۶۲۵	عدم رد
	حمایت مدیر ارشد (R ۴۲)	(۰/۳۵, ۰/۸, ۰/۹)	۰/۷۱۳	عدم رد
	آموزش نیروی کار فنی	(۰, ۰/۲, ۰/۷)	۰/۲۷۵	رد
	شهرت تأمین‌کننده (R ۴۳)	(۰, ۰/۶۸, ۱)	۰/۶۹	عدم رد
	هزینهٔ اجاره (R ۴۴)	(۰/۴۲, ۰/۸۵, ۱)	۰/۷۸	عدم رد
	هزینهٔ شبکه (R ۴۵)	(۰/۳۵, ۰/۸, ۱)	۰/۷۳۸	عدم رد
	بازخورد کاربران (R ۴۶)	(۰/۲۵, ۰/۷۵, ۱)	۰/۶۸۸	عدم رد
	مقدار آستانه	(۰, ۰/۷۱۲, ۱)	۰/۶۰۶	

نتایج روش «دلفی فازی» نشان می‌دهد که از بین ۲۴ عامل شناسایی‌شده از ادبیات تحقیق ۴ عامل «برگشت‌پذیری و خاتمه»، «دسترسی و احراز هویت»، «استانداردها و مکانیزم‌های تصدیق» و «آموزش نیروی کار فنی» رد و ۲۰ عامل دیگر تأیید شدند. در خصوص علت کم‌اهمیت در نظر گرفته شدن عامل برگشت‌پذیری خدمت، استانداردها و مکانیزم‌های تصدیق و احراز هویت خدمت ابری از آنجا که تمام این ویژگی‌ها در اغلب خدمات ابری عمومی و خصوصی توسط تأمین‌کنندگان ارائه می‌شود و این سه ویژگی تمایز خاصی بین خدمات مذکور ایجاد نمی‌کند، لذا در انتخاب خدمت ابری از منظر خبرگان بااهمیت تلقی نگردیده است. از طرف دیگر، با در نظر گرفتن برون‌سپاری کارهای فنی در اغلب سازمان‌هایی که از خدمات ابری استفاده می‌نمایند و همچنین، رعایت اصول کاربرپسند بودن و آسانی کاربرد خدمات ابری می‌توان هزینهٔ آموزش را نیز در انتخاب کم‌اهمیت دانست.

رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری

برای رتبه‌بندی عوامل تأییدشده با تهیهٔ پرسشنامهٔ مخصوص روش بهترین-بدترین و دریافت نظرات پانل خبرگی، وزن‌های عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری طبق مراحل تشریح‌شدهٔ این روش محاسبه می‌گردد. به این منظور، ابتدا مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری مشخص می‌شوند. سپس، برای هر دسته مهم‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین عوامل تعیین می‌شود. در گام بعد، به تعیین بردار ارجحیت مهم‌ترین عامل و شاخص نسبت به دیگر عوامل و شاخص‌ها پرداخته می‌شود. برای تعیین این بردار از خبرگان خواسته شد تا ارجحیت مهم‌ترین عامل و شاخص را نسبت به سایر عوامل و شاخص‌ها از عدد ۱ تا ۹ مشخص نمایند و در نهایت، از داده‌های گردآوری‌شده میانگین گرفته شده و نتایج در جداول ۷ تا ۱۱ به‌دست آمد.

جدول ۷. ارجحیت مهم‌ترین عامل نسبت به دیگر عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری

مهم‌ترین عامل	R۱	R۲	R۳	R٤
R۱	۱	۲/۴	۶/۲	۴/۷

جدول ۸. ارجحیت مهم‌ترین شاخص نسبت به دیگر عوامل عملکردی

مهم‌ترین شاخص	R۱۱	R۱۲	R۱۳	R۱٤	R۱٥	R۱٦
R۱۱	۱	۱/۷	۲/۱	۵/۳	۳/۸	۴/۵

جدول ۹. ارجحیت مهم‌ترین شاخص نسبت به دیگر عوامل امنیتی

مهم‌ترین شاخص	R۲۱	R۲۲	R۲۳	R۲٤	R۲٥
R۲۱	۱	۷/۱	۶/۳	۳/۲	۲/۵

جدول ۱۰. ارجحیت مهم‌ترین شاخص نسبت به دیگر عوامل حفاظت از دادهٔ شخصی

مهم‌ترین شاخص	R۳۱	R۳۲	R۳۳
R۳۳	۷/۳	۴/۶	۱

جدول ۱۱. ارجحیت مهم‌ترین شاخص نسبت به دیگر عوامل محیطی-سازمانی

مهم‌ترین شاخص	R٤۱	R٤۲	R٤۳	R٤٤	R٤٥	R٤٦
R۴۴	۷/۸	۶/۳	۴/۵	۱	۲/۱۶	۳/۷

سپس، بردار ارجحیت دیگر عوامل و شاخص‌ها نسبت به کم‌اهمیت‌ترین عامل و شاخص تعیین می‌گردد. برای تعیین این بردار نیز مانند گام پیشین عمل شد و نتایج جداول ۱۲ الی ۱۶ حاصل به‌دست آمد.

جدول ۱۲. ارجحیت کم‌اهمیت‌ترین عامل نسبت به دیگر عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری

کم‌اهمیت‌ترین عامل	R۱	R۲	R۳	R٤
R۳	۶/۲	۵/۷	۱	۳/۸

جدول ۱۳. ارجحیت کم‌اهمیت‌ترین شاخص نسبت به دیگر عوامل عملکردی

کم‌اهمیت‌ترین شاخص	R۱۱	R۱۲	R۱۳	R۱٤	R۱٥	R۱٦
R۱۴	۵/۳	۴/۹	۳/۲	۱	۲/۱۷	۱/۸

جدول ١٤. ارجحیت کم‌اهمیت‌ترین شاخص نسبت به دیگر عوامل امنیتی

کم‌اهمیت‌ترین شاخص	R۲۱	R۲۲	R۲۳	R۲٤	R۲٥
R۲۲	۷/۱	۱	۲/۱	۴/۲	۳/۸

جدول ۱٥. ارجحیت کم‌اهمیت‌ترین شاخص نسبت به دیگر عوامل حفاظت از دادهٔ شخصی

کم‌اهمیت‌ترین شاخص	R۳۱	R۳۲	R۳۳
R۳۱	۱	۲/۹	۷/۳

جدول ١٦. ارجحیت کم‌اهمیت‌ترین شاخص نسبت به دیگر عوامل محیطی-سازمانی

کم‌اهمیت‌ترین شاخص	R٤۱	R٤۲	R٤۳	R٤٤	R٤٥	R٤٦
R۴۱	۱	۵/۸	۴/۱۵	۷/۸	۶/۹	۲/۵

سرانجام، با حل مدل‌های فوق برای عوامل اصلی و هر یک از عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری مقادیر بهینهٔ وزن‌ها به‌دست می‌آید که در نهایت، می‌توان وزن نهایی هر یک از عوامل را با توجه به سلسله‌مراتبی بودن شاخص‌ها از ضرب وزن هر شاخص در عامل مربوط به آن به‌دست آورد که در جدول ۱۷، نشان داده شده است.

جدول ۱۷. اوزان نهایی و رتبه‌بندی هر یک از عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری در سازمان‌ها

عوامل	وزن عامل	شاخص	W_j	وزن نهایی	رتبه
مؤلفهٔ عملکردی (R1)	۰/۴۲۷	دسترس‌پذیری (R11)	۰/۳۲۲	۰/۱۳۷	۱
		زمان پاسخگویی/ تأخیر (R12)	۰/۲۸۶	۰/۱۲۲	۳
		ظرفیت (R13)	۰/۱۶۸	۰/۰۷۲	۵
		پشتیبانی (R14)	۰/۰۲۵	۰/۰۱۱	۱۹
		آسانی استفاده (R15)	۰/۱۰۷	۰/۰۴۶	۸
		مقیاس‌پذیری (R16)	۰/۰۸۹	۰/۰۳۸	۱۰

عوامل	وزن عامل	شاخص	W_j	وزن نهایی	رتبه
مؤلفهٔ امنیتی (R۲)	۰/۳۱۵	قابلیت اطمینان (R۲۱)	۰/۴۲۴	۰/۱۳۴	۲
		رمزنگاری (R۲۲)	۰/۰۶۲	۰/۰۲	۱۶
		ثبت رویداد و نظارت (R۲۳)	۰/۰۹۰	۰/۰۲۸	۱۴
		مدیریت آسیب‌پذیری (R۲۴)	۰/۱۱۹	۰/۰۳۷	۱۱
		حاکمیت (R۲۵)	۰/۳۰۵	۰/۰۹۶	۴
مؤلفهٔ حفاظت از داده‌های شخصی (R۳)	۰/۰۷۵	محدودیت‌های نگهداری و افشا (R۳۱)	۰/۱۲۸	۰/۰۱	۲۰
		شفافیت و اطلاع‌رسانی (R۳۲)	۰/۱۸۰	۰/۰۱۴	۱۷
		موقعیت جغرافیایی داده (R۳۳)	۰/۶۹۲	۰/۰۵۲	۶
مؤلفهٔ محیطی- سازمانی (R۴)	۰/۱۸۳	تأثیر ابر بر محیط (R۴۱)	۰/۰۷۵	۰/۰۱۳	۱۸
		حمایت مدیر ارشد (R۴۲)	۰/۱۳۹	۰/۰۲۵	۱۵
		شهرت تأمین کننده (R۴۳)	۰/۱۷۵	۰/۰۳۲	۱۳
		هزینهٔ اجاره (R۴۴)	۰/۲۸۱	۰/۰۵۱	۷
		هزینهٔ شبکه (R۴۵)	۰/۲۰۳	۰/۰۳۹	۹
		بازخورد کاربران (R۴۶)	۰/۱۹۵	۰/۰۳۶	۱۲
		مقدار * ε	۰/۱۶۷		
		نرخ سازگاری	۰/۰۳۸		

با توجه به حل مدل برنامه‌ریزی خطی روش بهترین و بدترین مشاهده می‌شود که در میان بیست عامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری، به‌ترتیب عوامل «دسترس‌پذیری (R_{11})»، «قابلیت اطمینان (R_{21})»، «زمان پاسخگویی/ تأخیر (R_{12})»، «حاکمیت (R_{25})»، «ظرفیت (R_{13})»، «موقعیت جغرافیایی داده (R_{33})»، «هزینهٔ اجاره (R_{44})»، «آسانی استفاده (R_{15})»، «هزینهٔ شبکه (R_{45})»، «مقیاس‌پذیری (R_{16})» با اوزان ۰/۱۳۷، ۰/۱۳۴، ۰/۱۲۲، ۰/۰۹۶، ۰/۰۷۲، ۰/۰۵۲، ۰/۰۵۱، ۰/۰۴۶، ۰/۰۳۹ و ۰/۰۳۸ باید به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری مد نظر سازمان‌ها برای اجاره و استفاده از خدمات ابری باشد. جدول ۱۸، تعاریف هر یک از شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱۸. تعاریف هر یک از عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری در سازمان‌ها[1]

دسترس‌پذیری:[1] در دسترس بودن و قابل استفاده بودن خدمت در زمان تقاضای یک موجودیت دارای مجوز

زمان پاسخگویی/ تأخیر:[2] بازهٔ زمانی بین دریافت درخواست کاربر تا پاسخگویی به آن توسط تأمین‌کنندهٔ خدمت ابری

ظرفیت:[3] حداکثر مقدار برخی از خصیصه‌های سخت‌افزاری خدمت مانند گذردهی، حافظه

پشتیبانی:[4] وجود یک رابط بین تأمین‌کننده و مشتری خدمت به‌منظور رفع مشکلات ایجادشدهٔ خدمت

آسانی استفاده:[5] این قابلیت توانایی خدمت ابری در ارائهٔ خدمات انعطاف‌پذیر برای برطرف‌نمودن نیاز موجود و سرعت ارائه این خدمات تعریف می‌شود.

مقیاس‌پذیری:[6] مقیاس‌پذیری در خدمات ابری، توانایی افزایش یا کاهش دادن اندازه یا قدرت خدمت ابری است، به‌طوری که سرعت و سهولت استفاده از خدمات تغییر چشمگیری نکند.

قابلیت اطمینان:[7] اجرای درست و بدون شکست عملکرد خدمت ابری در یک بازهٔ زمانی مشخص

رمزنگاری:[8] مجموعه‌ای از اصول، ابزارها و روش‌ها به‌منظور تغییر شکل داده برای مخفی‌سازی محتوای اطلاعاتی، ممانعت از دستکاری‌های غیرقابل تشخیص یا استفادهٔ غیرمجاز

ثبت رویداد و نظارت:[9] ثبت رویداد به‌معنای ذخیرهٔ داده‌های مرتب با عملیات و استفاده از خدمت ابری است. نظارت به معنای مشخص کردن وضعیت فعلی یک یا تعداد بیشتری از پارامترهای خدمت ابری است.

مدیریت آسیب‌پذیری:[10] به معنای جمع‌آوری منظم اطلاعات آسیب‌های فنی سیستم‌های اطلاعاتی در حال استفاده با هدف ارزیابی و مقابله با خطرات مرتبط با آن آسیب‌پذیری‌هاست.

حاکمیت:[11] نظامی است که به‌وسیلهٔ آن خدمت ابری هدایت و کنترل می‌شود. اصلی‌ترین حوزهٔ آن مدیریت تغییرات و به‌روزرسانی‌های خدمت ابری است.

محدودیت‌های استفاده، نگهداری و افشا:[12] تأمین‌کنندهٔ خدمت ابری به‌عنوان یک پردازش‌کنندهٔ اطلاعات باید به مشتری در رابطه با درخواست‌های قانونی دولت (که تأمین‌کنندهٔ خدمت ابری را مجبور به افشای اطلاعات شخصی می‌کند) اطلاع دهد.

شفافیت و اطلاع‌رسانی:[13] شفافیت در ابر به این معناست که مشتری خدمت ابری باید از همهٔ پیمانکاران دخیل در ارائهٔ خدمت ابری مورد نظر خود اطلاع داشته باشد. همچنین، کاربر باید از نوع داده‌های قابل پردازش در ابر آگاهی داشته باشد.

موقعیت جغرافیایی داده:[14] داده‌های شخصی ممکن است به کشوری منتقل شوند که از نظر حفاظت اطلاعات سطح امنیتی چندان مناسبی نداشته باشند. بنابراین، تأمین‌کنندهٔ خدمت ابری باید حفاظت اطلاعات شخصی در نقاط مختلف جغرافیایی را تضمین کند.

---

1. availability
2. response time
3. capacity
4. support
5. ease of use
6. scalibility
7. reliability
8. cryptography
9. logging and monitoring
10. vulnerability management
11. governance
12. use, retention, and disclosure limitation
13. openness, transparency, and notice
14. geographical location of cloud service customer data

اثر ابر بر محیط زیست: میزان آلاینده‌های تولیدی در اثر ارائهٔ خدمات ابری مانند دی‌اکسید کربن تولیدشده

حمایت مدیر ارشد: میزان پشتیبانی و توافق مدیران ارشد سازمان در استفاده از خدمت ابری و توسعهٔ کاربردهای آن در سازمان

شهرت تأمین‌کنندهٔ خدمات: میزان شناخته‌شده بودن تأمین‌کنندهٔ خدمت ابری از نظر کاربران

هزینهٔ اجاره: هزینه‌ای است که سازمان در ازای استفاده از خدمت ابری بایستی به تأمین‌کنندهٔ خدمت ابری پرداخت نماید.

هزینهٔ شبکه/ داده: شامل هزینهٔ اتصال کاربران سازمانی به خدمت (هزینهٔ ISP[1]) و هزینه‌ای که بابت انتقال اطلاعات از یک ماشین مجازی به دیگری توسط تأمین‌کنندهٔ خدمات دریافت می‌گردد.

بازخورد کاربران: شامل تاریخچهٔ عملکرد خدمت ابری از نظر کاربران

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات:

سازمان‌های تجاری با توجه به نیازمندی‌های زیرساختی خود به‌دنبال انتخاب خدمات ابری مناسبی هستند تا نیازهای سازمانی خود را برآورده کنند. طبق آمارگیری انجام‌شده توسط «رایت اسکیل»[2] از ۹۹۷ مدیر فنی، مدیر و کاربران محیط ابری در سال ۲۰۱۸، ۹۶ درصد آن‌ها از خدمت‌های ابری استفاده می‌کردند که بیانگر علاقهٔ سازمان‌ها به استفاده از مدل محاسبات ابری است (Weins 2018). با وجود این، انتخاب خدمت مناسب با افزایش تنوع خدمات ابری به امری پیچیده تبدیل شده است که دغدغهٔ بسیاری از مدیران فناوری اطلاعات است. با توجه به اهمیت موضوع در این پژوهش به شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری پرداخته شد. ابتدا، با بررسی نظام‌مند ادبیات تحقیق، عوامل مؤثر در انتخاب خدمت ابری شناسایی و دسته‌بندی گردید. سپس، با بهره‌گیری از روش «دلفی فازی» و نظرات خبرگان عواملِ شناسایی‌شده پالایش، تعدیل و نهایی شدند. در مرحلهٔ بعد، با بهره‌گیری از روش بهترین و بدترین که از به‌روزترین روش‌های وزن‌دهی است، عوامل مؤثر در انتخاب خدمت ابری تأییدشده از مرحلهٔ قبل رتبه‌بندی شدند. از دلایل به‌کارگیری این روش می‌توان به سادگیِ فرایند اجرای آن در مقایسه با روش‌هایی همچون فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[3] که نیاز به مقایسات زوجی زیادی دارند، اشاره کرد. این روش همچنین، نتایج قابل اطمینان‌تری نسبت به سایر روش‌های وزن‌دهی ارائه می‌دهد. دلیل آن هم استفادهٔ کمتر از داده‌های مقایسه‌ای است که منجر به گریز

1. Internet Service provider
2. Right Scale
3. analytic hierarchy process (AHP)

از ناسازگاری در مقایسات توسط خبرگان می‌شود و همچنین، از سوی خبرگانی که زمان محدودی برای پاسخگویی دارند، بیشتر قابل بهره‌برداری است. این مورد از مزیت‌های تحقیق حاضر است.

این تحقیق برای پاسخ به دو سؤال اصلی انجام شد. سؤال اول: عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری در سازمان کدامند؟ با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان پاسخ داد که در انتخاب خدمت ابری به‌ترتیب، عوامل عملکردی، امنیتی، محیطی-سازمانی و حفاظت از داده‌ها اهمیت دارند. مهم‌ترین شاخصه‌های عملکردی شامل دسترس‌پذیری، زمان پاسخگویی و ظرفیت، و در حوزهٔ امنیتی قابلیت اطمینان و حاکمیت هستند. از مهم‌ترین شاخصه‌های محیطی-سازمانی به هزینه‌های اجاره و شبکه می‌توان اشاره کرد و در نهایت، موقعیت جغرافیایی داده در مؤلفهٔ حفاظت از داده‌های سازمان با اهمیت است. در تحلیل نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که مهم‌ترین ویژگی مد نظر در انتخاب خدمت ابری سازمان‌ها باید دسترس‌پذیری[1] و قابلیت اطمینان[2] باشند. به بیان دیگر، قابل استفاده بودن خدمت در زمان تقاضا و همچنین، اجرای درست و بدون شکست عملکرد خدمت ابری در بازهٔ زمانی استفادهٔ آن مطابق توافقنامهٔ سطح خدمت در درجهٔ اول اهمیت است. در اولویت بعدی، پارامترهای شبکه، مانند زمان پاسخ[3] با تأخیر که به‌طور مستقیم توسط تأمین‌کننده قابل کنترل نیستند، قابل توجه است. اصلی‌ترین حوزهٔ حاکمیت، مدیریت تغییرات و به‌روزرسانی‌های خدمت ابری است. بنابراین، بایستی در انتخاب خدمت، به به‌روز بودن خدمت و نحوهٔ کنترل آن اهمیت داده شود. در گام بعد، خصیصه‌های سخت‌افزاری خدمت مانند گذردهی[4]، حافظه[5] در انتخاب خدمت دارای اهمیت است. از طرفی، ذخیره‌سازی داراییِ اطلاعاتِ سازمان باید در موقعیت جغرافیایی[6] باشد که با سیاست‌های سازمان همخوانی داشته باشد و از نظر حفاظت اطلاعات، سطح امنیتی مورد نظر را فراهم نماید. سازمان‌ها همواره به‌دنبال کاهش هزینه‌های عملیاتی خود هستند، اما می‌توان نکته‌ای را که در نتایج این تحقیق قابل ذکر است، توجه به هزینهٔ اتصال به اینترنت و هزینه‌های انتقال اطلاعات بین ماشین‌های مجازی (هزینهٔ شبکه)، علاوه بر هزینهٔ اجارهٔ خدمت دانست. به بیان دیگر، تابع هزینهٔ مد نظر در اجارهٔ خدمت ابری، مجموع هزینهٔ اجاره و هزینهٔ شبکه را شامل می‌شود که در بسیاری از رویکردهای انتخاب خدمت ابری در نظر

1. availability
2. reliability
3. response time
4. throughput
5. memory
6. geographical location of cloud service customer data

گرفته نشده است. در نهایت، سهولت استفادهٔ رابط کاربری خدمت و توانایی تأمین‌کننده در افزایش خودکار منابع در زمان نیاز (مقیاس‌پذیری) نیز از اهمیتی شایسته برخوردار است.

سؤال دوم تحقیق: میزان اهمیت هر عامل در انتخاب خدمت ابری چیست؟ نتایج پژوهش نشان داد که مؤلفهٔ عملکردی با وزن ۰/۴۲۷، مؤلفهٔ امنیتی با وزن ۰/۳۱۵ مؤلفهٔ محیطی-سازمانی با وزن ۰/۱۸۳ و سرانجام، مؤلفهٔ حفاظت از داده‌های شخصی با وزن ۰/۰۷۵ در انتخاب خدمت ابری اهمیت دارند. در شاخص‌های بررسی‌شده در میان ۲۰ عامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری به‌ترتیب، عوامل دسترس‌پذیری با وزن ۰/۱۳۷، قابلیت اطمینان با وزن ۰/۱۳۴، زمان پاسخگویی/ تأخیر با وزن ۰/۱۲۲، حاکمیت با وزن ۰/۰۹۶، ظرفیت با وزن ۰/۰۷۲ بیشترین اهمیت را دارا هستند. در انجام این تحقیق چالش‌ها و محدودیت‌هایی نیز وجود داشت. به نظر می‌رسد عدم استفاده از روش‌های فازی در وزن‌دهی مؤلفه‌ها می‌توانند از چالش‌های این تحقیق به‌شمار آید. نکتهٔ دیگری که در این زمینه حائز اهمیت است، اینکه به‌دلیل وجود محدودیت‌های زمانی و همچنین، دسترسی محققان به سازمان‌هایی که از رایانش ابری استفاده می‌نمایند، امکان انجام مطالعهٔ موردی و استفادهٔ عملی از نتایج تحقیق حاضر در این پژوهش با محدودیت مواجه بوده است. پیشنهاد می‌شود که محققان در این حوزه موارد زیر را دنبال نمایند:

- استفاده از سایر تکنیک‌های حل مسئلهٔ چندمعیاره MADM[1] را می‌توان در این مورد به کاربرد و نتایج را با تحقیق حاضر مقایسه نمود؛
- علاقه‌مندان به این حوزه در تحقیقات آتی می‌توانند با به‌کارگیری نتایج این تحقیق، به ارائهٔ مدل و پیاده‌سازی سامانه‌هایی برای انتخاب خدمت ابری پویا در سازمان اقدام نمایند؛
- استخراج عوامل مؤثر بر انتخاب خدمت ابری را می‌توان با بررسی توافقنامه‌های سطح خدمت ابری تأمین‌کنندگان برتر این حوزه، مانند «آمازون»[2]، «گوگل»[3]، «آی‌بی‌ام»[4]، «میکروسافت»[5] و «رک‌اسپیس»[6] غنی‌تر نمود؛
- همچنین، پیشنهاد می‌شود برای کنترل عدم قطعیت در تصمیم‌گیری‌های گروهی از اعداد فازی یا اعداد خاکستری در روش بهترین و بدترین بهره‌برداری شود؛

1. multiple attribute decision making (MADM)
2. Amazon
3. Google
4. IBM
5. Microsoft
6. Rackspace

◇ با توجه به افزایش کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری گروهی در سنوات اخیر پیشنهاد می‌شود محققان در این حوزه از روش‌های توسعه‌یافتهٔ تصمیم‌گیری گروهی بهترین و بدترین فازی (Fuzzy GBWM)[1] نیز برای اولویت‌بندی مؤلفه‌ها استفاده نمایند.

References

Abdel-Basset, M., M. Mohamed, & V. Chang. 2018. NMCDA: A Framework for Evaluating Cloud Computing Services. *Future Generation Computer Systems* 86: 12-29.

Al-Faifi, A. M., B. Song, M. M. Hassan, A. Alamri, & A. Gumaei. 2018. Performance Prediction Model for Cloud Service Selection from Smart Data. *Future Generation Computer systems* 85: 97-106.

Bouzon, M., K. Govindan, C. M. T. Rodriguez, & L. M. Campos. 2016. Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. *Resources, Conservation and Recycling* 108: 182-197.

Cavalli-Sforza, V., & L. Ortolano. 1984. Delphi forecasts of land use: Transportation interactions. *Journal of transportation engineering* 110 (3): 324-339.

Chang, C., C. Chang, P. Liu. 2012. Probability-Based Cloud Storage Providers Selection Algorithms with Maximum Availability. Proceeding of 41st International Conference on Parallel ICPP, (pp. 199-208). Pittsburgh.

Chen, C., S. Yan, G. Zhao, B.-S. Lee, & S. Singhal. 2012. A Systematic Framework Enabling Automatic Conflict Detection and Explanation in Cloud Service Selection for Enterprises. Proceeding of Sixth International Conference on Cloud Computing, (pp. 883-890). Honolulu.

Cheng, Ch. & Y. Lin. 2002. Evaluating the best mail battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. *European Journal of Operational Research* 142:147-186.

Commission, E. 2014. Cloud Service Level Agreement Standardisation Guidelines Retrieved from European Commission: http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?action=display&doc_id=6138 (accessed June 22, 2014)

Condliffe, J. 2017. Amazon's $150 Million Typo Is a Lightning Rod for a Big Cloud Problem. Retrieved from MIT Technology Review: https://www.technologyreview.com/s/603784/amazons-150-million-typo-is-a-lightning-rod-for-a-big-cloud-problem/ (accessed Sept. 9, 2018)

Ding, S., Z. Wang, D. Wu, & D. L. Olson. 2017. Utilizing Customer Satisfaction in Ranking Prediction for Personalized Cloud Service Selection. *Decision Support Systems* 93: 1-10.

Elhabbash, F. Samreen, J. Hadley, & Y. Elkhatib. 2019. Cloud brokerage: A systematic survey, ACM Computer Surveys (CSUR) 51 (6): 1-28.

Esposito, C., M. Ficco, F. Palmieri, & A. Castiglione. 2016. Smart Cloud Storage Service Selevtion Based on Fuzzy Logic, Theory of Evidence and Game Theory. *IEEE Transactions on Computers* 65 (8): 2348-2362.

Ezenwoke, A., O. Daramola, & M. Adigun. 2017. Towards a Fuzzy-oriented Framework for Service Selection in Cloud e-Marketplaces. CLOSER-7th International Conference on Cloud Computing and Services Science, 604-609, Porto, Portugal.

Fan, W., Sh. Yang, H. Perros, & J. Pei. 2015. A multi-dimensional trust-aware cloud service selection mechanism based on evidential reasoning approach. *International Journal of Automation and Computing* 12 (2): 208-219.

1. fuzzy group best-worst method (GBWM)

Flexera, R. 2019. State of the Cloud Report from Flexera.

Garg, K. S., L. Gao, & J. Montgomery. 2015. Clouds Selection for Network Appliances Based on Trust Credibility. Proceedings of Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC), Sydney (pp. 302-307).

Gutierrez-Garcia, j., & K.-M. Sim. 2012. Agent-based Cloud Service Composition. *Applied Intelligence* 38 (3): 436-464.

He, Q., J. Han, Y. Yang, J. Grundy, & H. Jin. 2012. QoS-Driven Service Selection for Multi-Tenant SaaS. Proceeding of IEEE Finfth International Conference on Cloud Computing, (pp. 566-573). Honolulu.

Hogben, G., & D. Marni. 2012. Procure Secure: A Guide to Monitoring of Security Service Levels in Cloud Contracts. Retrieved from enisa: https://www.enisa.europa.eu/publications/procure-secure-a-guide-to-monitoring-of-security-service-levels-in-cloud-contracts/at_download/fullReport. (accessed May 8, 2013)

Hsu, Y. L., C. H. Lee, & V. B. Kreng. 2010. The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications* 37 (1): 419-425.

ISO. 2016. Information Technology - Cloud Computing - Service Level Agreement (SLA) Framework. ISO/IEC.

Jatoth, C., G. Gangadharan, U. Fiore, & R. Buyya. 2018. SELCLOUD: a Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Model for Selection of Cloud Services. Soft Computing, 1-15. Doi: https://doi.org/10.1007/s00500-018-3120-2

Karim, R., C. Ding, & A. Miri. 2013. an End-To-End QoS Mapping Approach for Cloud Service Selection. Proceeding of Ninth World Congress on Services (SERVICES), (pp. 341-348). Santa Clara.

Kumar, S. Garg, S. Versteeg, & R. Buyya. 2013. A Framework for Ranking of Cloud Computing Services. *Future Generation Computer Systems* 29 (4): 1012-1023.

MacGillivray, C., M. Torchia, M. Kalal, M. Kumar, R. Memorial, A. Siviero, et al. 2016. Worldwide Internet of Things Forecast Update, 2016–2020., from IDC Research: https://www.idc.com/getdoc.jsp (accessed Oct. 12, 2020)

Maeser R. K. 2018. A Model-Based Framework for Analyzing Cloud Service Provider Trustworthiness and Predicting Cloud Service Level Agreement Performance. PhD. Dissertation. The George Washington University).

Martens, B., F. Teuteberg. 2012. Decision-Making in Cloud Computing Environments: A Cost and Risk Based Approach. *Information Systems Frontiers* 14 (4): 871-893.

Menzel, M., M. Schönherr, & S. Tai. 2013. (MC2)2: Criteria, Requirements and a Software Prototype for Cloud Infrastructure Decisions. *Software: Practice and Experience* 43 (11): 1283–1297.

Mullen, P. M. 2003. Delphi: myths and reality. *Journal of health organization and management.* **ISSN:** 1477-7266, Emerald Publishing Limited

Nedev, S. 2018. Exploring the factors influencing the adoption of Cloud computing and the challenges faced by the business. Master Dissertation.

Noor, T. H., Q. Z. Sheng, A. H. Ngu, A. Alfazi, & J. Law. 2013. CloudArmor: A Platform for Credibility-based Trust Management of Cloud Services. Preceding the 22nd ACM Conference on Information and Knowledge Management (CIKM 2013), (pp. 2509-2512). San Francisco.

Okoli, C., & S. D. Pawlowski. 2004. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & management* 42 (1):15-29.

Parhi, M., B. K. Pattanaya, & M. R. Patra. 2017. A multi-agent-based framework for cloud service discovery and selection using ontology. Service Oriented Computing and Applications. Doi: https://doi.org/10.1007/s11761-017-0224-y

Patiniotakis, Y. Verginadis, & G. Mentzas. 2016. PuLSaR: Preference-Based Cloud Service Selection for Cloud Service Brokers. *Journal of Internet Services and Applications* 7 (13): 6-26.

Ponemon, L. 2016. Cost of Data Center Outages. Retrieved from Ponemon Institue: http://www.ponemon.org/blog/2016-cost-of-data-center-outages (accessed Setp. 9, 2018)

Rezaei, Jafar. 2015. Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega* 53 (2015): 49-57.

Ross, P. K., & M. Blumenstein. 2015. Cloud Computing as a Facilitator of SME Enterpreneurship. *Technology Analysis & Strategic Management* 27: 87-101.

Siddaway, A. P., R. Meiser-Stedman, L. Serpell, & A. P. Field. 2014. A meta-analysis of risk factors for post-traumatic stress disorder in children and adolescents. *Clinical Psychology Review* 32: 122-138

Silas, S., E. B. Rajsingh, & K. Ezra. 2012. Efficient Service Selection Middleware Using ELECTRE Methodology for Cloud Environments. *Information Technology Journal* 11 (7): 868-875.

Soltani, S., P. Martin, & Kh. Elgazzar. 2014. QuARAMRecommender: Case-Based Reasoning for IaaS Service Selection. Proceeding of International Conference on Cloud and Autonomic Computing (ICCAC), (pp. 220-226). London.

Somu, N., R. Gauthama, K. Kirthivasan, and S. VS. Shankar. 2018. A Trust Centric Optimal Service Ranking Approach for Cloud Service. *Future Generation Computer Systems* 86: 234-252.

Sundareswaran, S., A. Squicciarini, D. Lin. 2012. A Brokerage-Based Approach for Cloud Service Selection. Proceeding of IEEE Fifth International Conference on CLOUD, (pp. 558-565). Honolulu.

Tang, M., X. Dai, J. Liu, & J. Chen. 2017. Towards a Trust Evaluation Middleware for Cloud Service Selection. *Future Generation Computer Systems* 74: 302-312. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2016.01.009

Tiwari, R. K., & R. Kumar. 2021. A Robust and Efficient MCDM-Based Framework for Cloud Service Selection Using Modified TOPSIS. *International Journal of Cloud Applications and Computing (IJCAC)* 11 (1): 21-51.

Weins, K. 2018. RightScale 2018 State of the Cloud Report. (RightScale) Retrieved from RightScale: https://www.rightscale.com/lp/state-of-the-cloud?campaign=7010g0000016JiA (accessed June 9, 2018)

Yang, J., W. Lin, & W. Dou. 2013. An Adaptive Service Selection Method for Cross-Cloud Service Composition. Concurrency and Computation: *Practice and Experience* 25 (18): 2435-2454.

Yu, Q. 2015. CloudRec: a Framework for Personalized Service Recommendation in the Cloud. *Knowledge and Information Systems* 43 (2): 417-443.

علی‌اصغر سالارنژاد

متولد سال ۱۳۵۹، دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته مدیریت فناوری اطلاعات، گرایش کسب‌وکار هوشمند از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال است. ایشان هم‌اکنون مدرس گروه مدیریت دانشگاه افسری امام علی (ع) است. پردازش ابری، داده‌کاوی، خوشه‌بندی اسناد و سیستم‌های خبره از جمله علایق پژوهشی وی است.

مریم شعار

متولد سال ۱۳۵۵، دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته مدیریت صنعتی از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است. ایشان هم‌اکنون استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال است.

رایانش ابری، زنجیرهٔ تأمین و سیستم‌های خبره از جمله علایق پژوهشی وی است.

علی رجب‌زاده قطری

دارای مدرک تحصیلی دکتری مدیریت با گرایش مدیریت تولید و عملیات از دانشگاه تربیت مدرس است. ایشان هم‌اکنون استاد گروه مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس است.

شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته پیشامد، پویا و عامل‌بنیان، تصمیم‌گیری، بازمهندسی فرایندهای سازمان‌های خدماتی و تولیدی، هوش مصنوعی در مدیریت از جمله علایق پژوهشی وی است.