

ATRIBUTE ȘI METRICI ASOCIATE PENTRU EVALUAREA CALITĂȚII SERVICIILOR CLOUD COMPUTING

Constanța Zoie RĂDULESCU

radulescu@ici.ro

Delia Mihaela RĂDULESCU

delia.radulescu@ici.ro

Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare în Informatică - ICI București

Rezumat: Evaluarea serviciilor cloud și a furnizorilor de servicii cloud devine o problemă complexă în principal datorită existenței unui număr mare și în continuă creștere a furnizorilor pe piața cloud, a nivelului de calitate și preț diferite a serviciilor furnizate de aceștia. Pe baza evaluării atributelor serviciilor cloud, un utilizator va putea să selecteze din mulțimea de furnizori de cloud pe acela care îndeplinește cel mai bine cerințele sale. În articol se analizează atributele indexului de măsurare servicii cloud (Service Measurement Index – SMI) și se realizează o clasificare a atributelor în atribute cantitative și calitative. Apoi se prezintă atributele evaluate în cadrul acordului privind nivelul de furnizare a serviciilor cloud (Service Level Agreement – SLA) în funcție de tipul de cloud: software ca serviciu (Software as a Service – SaaS), infrastructură ca serviciu (Infrastructure as a Service – IaaS) și platforma ca serviciu (Platform as a Service – PaaS). În final se formalizează modul de calcul pentru atribute cantitative importante de evaluare a serviciilor cloud.

Cuvinte cheie: Evaluare, Cloud Computing, atribute, calitate, index de măsurare serviciu, metrici, acord nivel servicii cloud.

Abstract: The assessment of cloud services and cloud service providers is a complex issue, mainly due to the large and growing number of cloud providers, the level of quality and pricing of the services they provide. Based on the services cloud evaluation, a user will be able to select from the set of cloud providers the one that best meets their requirements. The article analyzes the attributes of the Service Measurement Index (SMI) and performs a classification of attributes in quantitative and qualitative attributes. Next, the attributes assessed in the Service Level Agreement (SLA) are presented according to the cloud type: Software as a Service (SaaS), Infrastructure as a Service IaaS) and platform as a service (PaaS). Finally, the calculation of the main quantitative attributes of cloud services is formalized.

Keywords: Evaluation, Cloud Computing, attributes, quality, Service Measurement Index, metrics, Service Level Agreement.

1. Introducere

În ultimii ani, dezbaterile pe subiecte legate de cloud computing au reprezentat unele dintre cele mai discutate teme din IT (Information Technology). Potrivit Institutului Național de Standarde și Tehnologie (National Institute of Standards and Technology - NIST), cloud computing este un model care permite accesul la rețea convenabil și la cerere, către resurse partajate (de exemplu, rețele, servere, stocare și aplicații) care pot fi rapid furnizate și lansate cu un efort minim de gestionare sau interacțiune cu furnizorii de servicii. Trei tipuri de servicii principale sunt furnizate de arhitectura cloud computing în funcție de nevoile clienților din IT. În primul rând, software ca serviciu (Software as Service - SaaS) oferă acces la aplicații software complete ca serviciu, în al doilea rând, platforma ca serviciu (Platform as a Service - PaaS) oferă o platformă pentru dezvoltarea de aplicații software și infrastructura ca serviciu (Infrastructure as a Service - IaaS) care oferă resurse hardware.

Conform cu raportul Gartner pe anul 2017, se estimează că piața serviciilor publice de cloud va crește cu 18% în 2017, ajungând la 246,8 miliarde de dolari. În afara "publicității în cloud - servicii bazate pe cloud care susțin selecția, tranzacția și furnizarea datelor publicitare și a anunțurilor", potrivit analiștilor - cea mai mare piață din 2017 va fi software-ul ca serviciu (SaaS). SaaS va depăși anul acesta procesul de afaceri ca serviciu (Business Process as a Service – BaaS) în timp ce infrastructura ca serviciu (IaaS) va crește până la 34 miliarde USD în acest an [1].

Cloud computing face posibil ca utilizatorii să acceseze date, aplicații și servicii direct de pe Internet. Soluțiile cloud elimină necesitatea unui hardware costisitor, cum ar fi hard disk-uri și servere și oferă utilizatorilor posibilitatea de a lucra de oriunde. Multe dintre organizații utilizează deja tehnologia cloud într-un mediu de cloud public, privat sau hibrid. Avantajele majore ale soluțiilor cloud includ: flexibilitate (scalare rapidă pentru a satisface cererea de calcul), costuri reduse (se plătește numai pentru ceea ce se utilizează și se reduc costurile

IT), disponibilitate (se obține acces la sistem oricând, de oriunde și de pe orice dispozitiv: calculator, tabletă sau mobil), ușurință în utilizare și performanță. Cu toate acestea, deși cloud computing are avantaje extraordinare există provocări în domeniul calității serviciilor (Quality of Service - QoS). QoS este esențială pentru utilizatorii cloud, care se așteaptă ca furnizorii cloud să asigure caracteristicile de calitate stabilite și pentru furnizorii cloud care trebuie să găsească compromisurile corecte între nivelurile QoS și costurile operaționale [2]. Orice încălcare a acordului la nivel de serviciu (Service Level Agreement - SLA) atrage după sine o pierdere atât pentru furnizorii de cloud cat și pentru utilizatorii cloud [3]. Monitorizarea este adesea adoptată de furnizori ca o abordare pentru îndeplinirea cerințelor SLA dar nu reușește să optimizeze utilizarea resurselor, în special pentru cloud privat.

În articol se analizează atributele indexului de măsurare servicii cloud (Service Measurement Index – SMI) și se realizează o clasificare a atributelor în atribute cantitative și calitative. Apoi se prezintă atributele evaluate în cadrul acordului privind nivelul de furnizare a serviciilor cloud SLA în funcție de tipul de cloud: SaaS, IaaS și PaaS. În final se formalizează modul de calcul a principalelor atribute cantitative de evaluare a serviciilor cloud.

2. Atribute cantitative și calitative SMI

Evaluarea ofertei de cloud computing presupune existența unor criterii de comparație care pot fi măsurate. Măsurarea performanței serviciilor cloud nu este o sarcină simplă. Metricile pentru serviciile cloud oferă cunoștințe despre caracteristicile unui serviciu cloud prin definițiile lor (formulă, unitate de măsură, reguli de aplicare) și valorile rezultate din măsurarea și observarea lor [4], [5]. Valorile măsurate joacă un rol important în evaluarea, precum și în selectarea serviciilor cloud [4]. O evaluare a serviciilor cloud se bazează pe indicatori de performanță propuși de către Cloud Services Measurement Initiative Consortium (CSMIC) [6,7,8]. CSMIC a identificat caracteristicile critice, atributele asociate și un set de măsuri, concretizat într-un index de măsurare a serviciului (Service

Measurement Index - SMI) [9]. SMI este conceput a fi o metodă standard pentru a măsura orice serviciu cloud pe baza cerințelor de afaceri și tehnice ale consumatorilor.

Atributele SMI sunt proiectate pe baza standardelor Organizației Internaționale de Standardizare (ISO), de către consorțiul CSMIC. Acestea constau dintr-un set de indicatori relevanți numiți Indicatori de Performanță Cheie (Key Performance Indicators - KPIs), care furnizează o metodă standardizată pentru măsurarea și compararea serviciilor cloud.

SMI oferă o viziune de ansamblu asupra atributelor de calitate necesară clienților pentru selectarea unui furnizor de servicii cloud. SMI începe cu un cadru ierarhic. Nivelul superior se împarte în șapte grupuri, unde fiecare grup este rafinat în continuare de trei sau mai multe criterii [10].

Cele șapte grupuri de criterii sunt [10]: Responsabilitate, Agilitate, Asigurare, Costuri, Performanță, Securitate, Confidențialitate și Utilizabilitate. Aceste grupuri de criterii sunt prezentate în continuare.

Responsabilitatea. Funcțiile critice pentru atributul responsabilitate includ: auditarea, conformitatea, proprietatea asupra datelor, contract de furnizor / verificare SLA, etica furnizorului, durabilitatea, experiență de contractare, ușurință în dezvoltarea afacerii, nivelul drepturilor de proprietate, stabilitatea în afaceri a furnizorului, certificarea furnizorului și sustenabilitatea.

Agilitatea. Cel mai important avantaj al cloud computing-ului este faptul că acesta se adaugă la agilitatea unei organizații. Organizația se poate extinde și schimba rapid fără prea multe cheltuieli. Agilitatea în SMI este măsurată ca o rată de schimbare, care arată cât de repede noile capacități sunt integrate în IT, în funcție de necesitățile de afaceri. Agilitatea cuprinde atribute care indică impactul unui serviciu cloud asupra capacității utilizatorului de a schimba rapid direcția, strategia sau tactica, cu întreruperi minime.

Atributele SMI specifice acestei caracteristici sunt: adaptabilitatea furnizorului de servicii cloud la cerințele clientului, elasticitatea ajustării rapide a resurselor pentru

a satisface cerințele clientului, extensibilitatea unui serviciu cu noi caracteristici, flexibilitatea, portabilitatea și scalabilitatea serviciilor cloud.

Scalabilitatea se referă la posibilitatea servi-ciului de a deservi mai multe cereri simultan. Scalabilitatea are două dimensiuni: orizontală și verticală. Scalabilitatea orizontală se referă la creșterea numărului de resurse de același fel, de exemplu inițierea mai multor mașini virtuale în perioadele de încărcare maximă.

Scalabilitatea verticală este definită ca posibilitatea creșterii capacității serviciului cloud prin creșterea resurselor precum memoria fizică, CPU, lățimea de bandă, etc.

Asigurarea furnizării serviciului. Această caracteristică indică probabilitatea perfor-manței unui serviciu cloud așa cum era de așteptat sau promis în SLA. Fiecare organizație caută să își extindă activitatea și să ofere servicii mai bune pentru clienții lor. Prin urmare, fiabilitatea, elasticitatea și stabilitatea serviciilor sunt factori importanți în alegerea serviciilor cloud. Asigurarea cuprinde atribute care arată cât de probabil este faptul că serviciul va fi disponibil așa cum este specificat în SLA.

Principalele atribute sunt: disponibilitatea serviciului, asigurarea mentenanței, fiabilitatea, toleranța la defecte și stabilitatea serviciului.

Costul este în mod clar unul dintre atributele importante pentru sectorul IT și business. Exemple de atribute sunt facturarea, agilitatea financiară, structura financiară.

Performanța. Există mai multe soluții diferite oferite de către furnizorii de cloud care se adresează nevoilor de IT ale diferitelor organizații. Organizațiile trebuie să înțeleagă modul în care aplicațiile lor se vor efectua pe diferite implementări cloud și dacă aceste implementări îndeplinesc așteptările. Fiecare soluție are performanțe diferite în termeni de: precizie, funcționalitate, timp de răspuns, acuratețe, adecvare, interoperabilitate. Un atribut important pentru măsurarea performanței unui serviciu este timpul de răspuns, adică în cazul IaaS cât de repede serviciul devine disponibil utilizatorului. De exemplu, dacă utilizatorul solicită o mașină

virtuală. atunci timpul de răspuns va include furnizarea mașinii virtuale, pornirea ei, asignarea unei adrese de IP și startarea aplicației. Timpul de răspuns depinde de mulți alți factori, precum timpul mediu de răspuns, timpul maxim de răspuns agreeat cu furnizorul prin contractul de servicii etc.

Interoperabilitatea este abilitatea serviciului de a interacționa cu alte servicii oferite fie de același furnizor, fie de alți furnizori. Interoperabilitatea este mai degrabă o măsură subiectivă și depinde și de experiența utilizatorului.

Securitatea și confidențialitatea se referă la protecția datelor și caracterul privat al datelor, preocupări importante pentru aproape fiecare organizație. Găzduirea datelor sub controlul altei organizații este întotdeauna o problemă critică care necesită politici stricte de securitate utilizate de către furnizorii de cloud. De exemplu, organizațiile financiare necesită, în general, conformitate cu reglementările care implică integritatea datelor și confidențialitatea. Securitatea și confidențialitatea este de natură multi-dimensională și include multe atribute, cum ar fi protejarea confidențialității și a caracterului privat, integritatea datelor și disponibilitatea. Securitatea și confidențialitatea cuprind atribute care indică eficiența unui furnizor de servicii cloud în controlul accesului la servicii de date și servicii.

Printre atributele din această categorie se regăsesc: managementul controlului accesului și a privilegiilor, asigurarea integrității și confidențialității datelor, managementul securității și managementul vulnerabilităților.

Utilizabilitatea (ușurința de utilizare) este importantă pentru adoptarea rapidă a serviciilor cloud. Cu cât este mai ușor de utilizat și de învățat un serviciu cloud cu atât este mai rapidă migrarea unui utilizator la acest serviciu cloud. Ușurința de utilizare depinde de mulți factori, printre care: accesibilitate, efortul necesar învățării, ușurința de operare, transparență, înțelegere.

Serviciile cloud sunt furnizate utilizatorilor săi sub formă de servicii IaaS, PaaS sau SaaS prin diferite modele de implementare a cloud-ului, cum ar fi cloud-ul public, cloud-ul privat, cloud-ul hibrid și cloud-ul comunității. Pentru a evalua calitatea furnizată de aceste servicii,

este necesar să se stabilească tipul cantitativ sau calitativ al atributelor luate în considerare pentru evaluare. Atributele SMI pot fi clasificate ca fiind cantitative (măsurători măsurate utilizând anumite instrumente de monitorizare, cum ar fi SolarWinds [11] și Nagios [12] și calitative (metrici deduse prin feedback-ul utilizatorilor și jurnalele de monitorizare a informațiilor) [13,14]. Utilitatea și practicabilitatea acestor metrici sunt evaluate prin metrici de calitate a software-ului identificate de standardul IEEE 1061 [15]. Figura 1 descrie clasificarea atributelor SMI în atribute calitative și cantitative.

3. Calitate și metrici în SLA

Atributele SMI stau la baza evaluării serviciilor cloud. Nivelul unora dintre aceste atribute este stabilit prin contractul acord privind nivelul serviciului cloud (Service-Level Agreement - SLA) încheiat între utilizatorul și furnizorul de servicii cloud. Există și acordul privind nivelul serviciului Web (Web Service-Level Agreement - WSLA) [16,17], care este un contract special pentru prestarea numai a serviciilor WEB.

Inițial, nivelul serviciilor oferite se putea urmări, pe timpul derulării contractului încheiat între furnizorul de servicii cloud și unul dintre clienții săi, prin intermediul unui *ghiseu de informare*. Acesta informa asupra profilului nodului/nodurilor de rețea (identificatorul nodului, tipul și frecvența de lucru CPU, mărimea memoriei, capacitate disk și rata de transmitere a datelor între dispozitivele de lucru și rețea), asupra utilizării resurselor anterior enumerate și asupra activității (identificatorul activității, tipul, timpul de răspuns, timpul mediu de execuție și statutul curent). Se ofereau automat răspunsuri predefinite la diferitele clase de probleme ce pot apărea în exploatarea cloud.

În etapa de dezvoltare a relațiilor comerciale în domeniu [18], contractele economice se întocmesc ținând seama de un standard care prevede: disponibilitatea pe

timpul zilei – nopții – weekend, performanța, securitatea, locația datelor, accesul la date, recuperarea datelor în caz de incident, portabilitatea datelor și prelucrărilor, precizarea / schimbarea managementului proceselor, identificarea problemelor care apar și modul lor de rezolvare, mecanismul de mediere a conflictelor apărute, strategia de reziliere a contractului, etc.

În anul 2012, Cloud Standards Customer Council a publicat *Practical Guide to Cloud Service Level Agreements* [19] care a devenit o normă larg acceptată în definirea și realizarea de astfel de contracte. Succint, ghidul prevede următorii pași:

- *Identificarea actorilor cloud.* Sunt identificate 5 tipuri de actori: consumatorul, prestatorul, transportatorul, agentul și auditorul. Actorii au un rol și responsabilități bine stabilite precum și relații de 5 la 5 între ei;
- *Evaluarea nivelurilor strategiilor și politicilor în afaceri.* Politicile în managementul cloud trebuie să fie conforme cu strategiile și politicile în afaceri. Primul set de politici trebuie să precizeze totul despre date și prelucrări iar al doilea set de politici trebuie să precizeze standardele avute în vedere, serviciile acordate/ subcontractate/ neacordate, software-ul licențiat, dimensiunile resurselor alocate, utilizarea resurselor în exces sau neeconomică, redundanțele, plata, penalizările etc;
- *Înțelegerea asupra IaaS, PaaS și SaaS.* Trebuie precizată clasa / clasele de servicii furnizate și tipul de cloud (privat, public sau hibrid) utilizat. Cu această ocazie furnizorul dă clientului variabilele de control în exploatarea cloud care se exprimă în termeni și condiții de contract;
- *Stabilirea metricilor.* Se stabilește sistemul de metrici utilizate pentru măsurarea performanțelor la care trebuie să se ajungă.

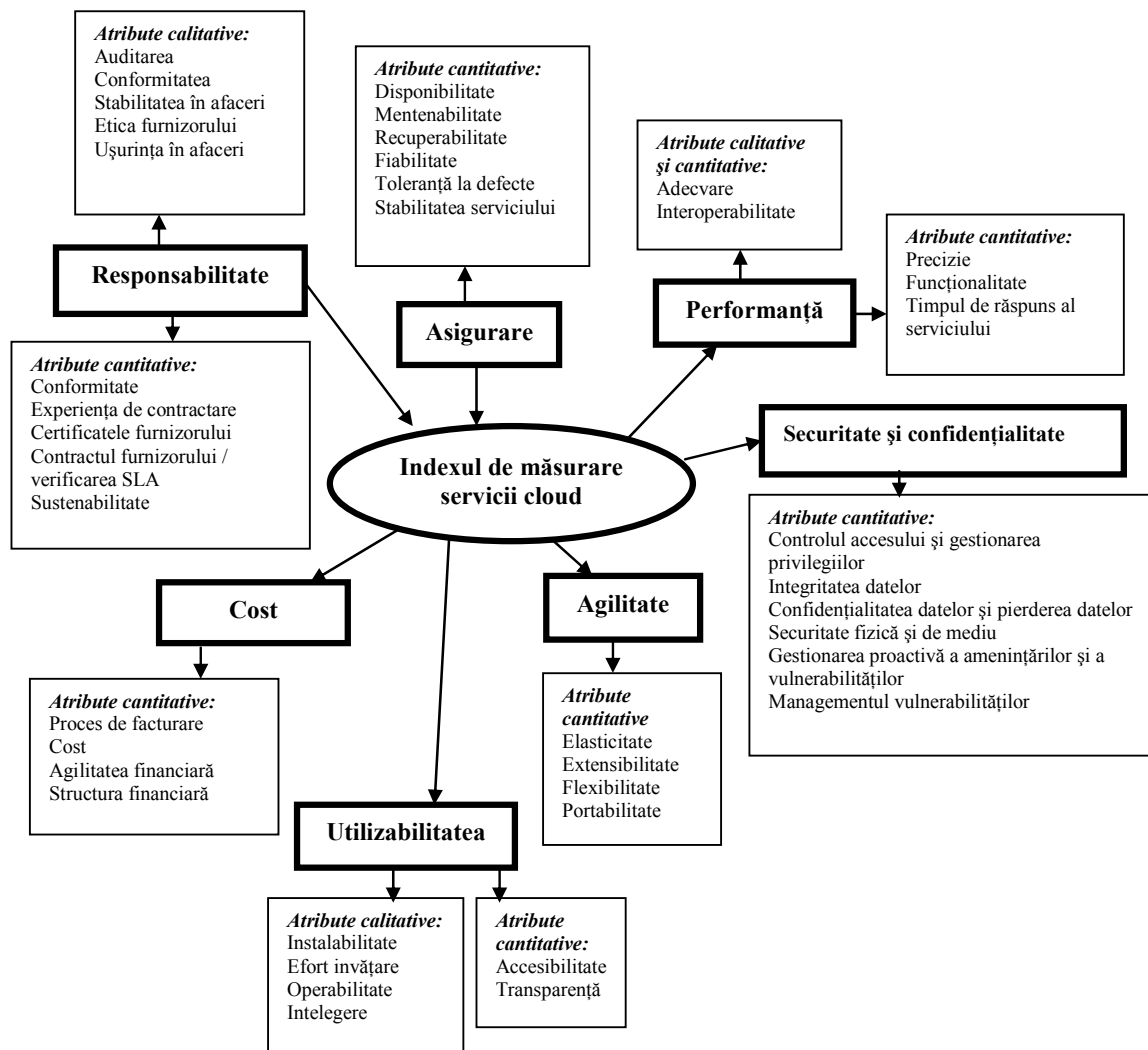


Figura 1. Clasificarea atributelor SMI în atribute calitative și cantitative

- Fiecărei metrici i se precizează numele, condițiile în care se aplică, metoda utilizată și frecvența măsurătorilor;
- *Precizarea sistemului de asigurare a securității.* Sistemul de securitate prevede trei niveluri. La primul nivel se evidențiază reglementările legale în care va funcționa relația dintre furnizorul cloud și clientul său. La al doilea nivel se precizează sensibilitatea la cădere a mijloacelor fixe ale furnizorului cloud. La al treilea nivel se dă lista mijloacelor software care asigură securitatea sistemului cloud;
- *Identificarea cerințelor de management al serviciilor.* Se precizează modul de urmărire, măsurare și raportare a principalilor indicatori de performanță. Aceștia trebuie să se refere în mod obligatoriu la încărcare, memorie ocupată, viteză de calcul, flexibilitate, latență, portabilitate, răspuns la schimbări în starea resurselor de calcul, etc;
- *Managementul căderilor serviciilor furnizate.* Căderile fiind inevitabile, este evident că sunt de o maximă importanță remediile propuse în contextul precizării răspunderilor asumate. Se impune stabilirea planului de măsuri pentru recuperarea stării sistemului cloud după o cădere și întreruperea furnizării serviciilor pe o perioadă mai scurtă sau mai lungă;
- *Rezilierea contractului.* Încetarea relației dintre furnizorul de servicii cloud și client trebuie prevăzută în contract. Trebuie specificate modalitățile încetării relației: unilaterală, amiabilă etc. și sarcinile ce revin fiecărui partener în această situație.

Calitatea serviciilor, “*Quality of service (QoS)*” precizată în SLA, este considerată astăzi ca aspectul cel mai important în relația dintre furnizorul de servicii cloud și clienții săi. Calitatea se definește prin servicii oferite, fiabilitate, disponibilitate, scalabilitate, oportunitate și securitate. Putem să considerăm în primul rând mulțimea indicatorilor care sunt conținuți în SLA, la care, de multe ori, se mai adaugă și alții [20, 21, 22, 23]. QoS exprimă abilitatea de a da diferite priorități diferiților clienți, diferitelor aplicații și diferitelor fluxuri de date în vederea asigurării unui anumit nivel de performanță [2,24]. Ca problemă, planificarea resurselor, implicată de QoS, este din punct de vedere matematic o problemă stochastică cu gradul de dificultate polinomial.

Din punct de vedere academic, în [18] se introduc modele de economisire a costurilor privind Acordul nivelului serviciului cloud (SLA) și se explică modul de calcul al economiilor în detaliu. În [25] se demonstrează, de asemenea, generarea de venituri suplimentare pentru aplicațiile și serviciile dezvoltate în Cloud Computing, mai ales pentru firmele nou create. În urma cercetărilor, în [26] se introduce un model de rentabilitate a investiției pentru energie, care poate calcula costurile de economisire a energiei.

Ce este specific tipului de contract SLA este faptul că SLA precizează nivelul serviciilor prestate printr-un sistem de metrici foarte riguros care prevede inclusiv penalizări atunci când este cazul.

Metricile care definesc nivelurile serviciilor prestate trebuie să garanteze o bună descriere a serviciilor ce urmează a fi prestate, fiabilitatea sistemului, viteza de răspuns la cererile de procesare, raportarea problemelor în funcționare, consecințele neîndeplinirii din diverse motive a clauzelor contractuale, forța majoră. Câteva exemple de metrici utilizate ar fi următoarele[27]:

- *Capacitatea de servire* - reprezintă numărul de clienți care pot fi serviți simultan;
- *Limitare la capacități* - specifică capacitățile resurselor alocate unui client, în mod obligatoriu capacitățile unității centrale și a dispozitivelor de stocare;

- *Disponibilitatea* - arată, pentru un interval de timp dat, în procente, raportul între timpul de funcționare real și timpul de funcționare planificat;
- *Capacitatea de transfer* - exprimă volumul maxim de date ce se poate transfera între două resurse de același tip sau de tip diferit sau numărul maxim de utilizatori care pot executa transfer de date în același timp;
- *Timpul alocat* - este timpul maxim în care este prevăzut să se acorde unui client o anumite capacitate;
- *Timp de execuție* - este timpul mediu necesar unui anumit serviciu ca să fie rezolvat;
- *Timpul de răspuns* - arată timpul scurs între momentul lansării unei cereri client și momentul în care i se răspunde de către sistemul cloud;
- *Elasticitatea* - prevede mai mulți indicatori printre care: timpul în care se face activarea sau dezactivarea unei resurse, timpul în care se face încărcarea sau descărcarea unei aplicații și timpul în care se face scalarea sau de-scalarea unei execuții;
- *Timp de reintrare în funcțiune* - timpul consumat pentru punerea în funcțiune a unei resurse cloud după căderea ei;
- *Schimbările în funcționarea rețelei* - se precizează printr-un orar / plan care specifică schimbările în funcționarea rețelei pe intervale de timp.

Un SLA ideal are următoarele componente [28]:

- Scop - menționează motivul pentru care se încheie acordul SLA.
- Părți - menționează părțile incluse în SLA și locul de muncă.
- Perioada de valabilitate - indică perioada de timp acoperită de SLA.
- Domeniul de aplicare - descrie serviciile menționate în SLA.
- Restricții - precizează pașii esențiali care trebuie făcuți pentru a asigura nivelul necesar de servicii.

- Obiective la nivel de serviciu - stabilește nivelurile de servicii care sunt aprobate de client și furnizori.
- Indicatori la nivel de servicii - utilizați pentru a măsura nivelurile serviciilor.
- Sancțiuni - se descrie ce trebuie făcut atunci când furnizorul nu poate atinge obiectivele din SLA.
- Servicii opționale - servicii care nu sunt de obicei necesare clientului, dar ar putea fi necesare ca excludere.
- Excluderi – exprimă ceea ce nu este inclus în acordul SLA.

3.1. Metrici SLA pentru IaaS

Firmele, cum ar fi Amazon, furnizează infrastructură ca serviciu. Mulți clienți nu știu în mod clar care parametri semnificativi trebuie declarați pentru partea hardware a SLA. În studiul prezentat în [28] s-au menționat principalii parametri pentru clienții care sunt preocupați de utilizarea cloud ca serviciu de infrastructură (Tabelul 1).

Tabelul 1. Metrici SLA pentru IaaS

Parametru	Descriere
Capacitate procesor	Viteza procesorului pentru mașina virtuală (Virtual Machine - VM)
Dimensiune memorie	Dimensiunea memoriei cash pentru VM
Timp pentru resetare	Timpul pentru ca VM să fie gata de utilizare
Depozitare	Dimensiunea stocării datelor pe termen scurt sau lung
Scalare în sus	Numărul maxim de VM-uri pentru un utilizator
Scalare în jos	Numărul minim de VM-uri pentru un utilizator
Timpul de creștere număr de VM	Timpul de creștere pentru un număr de VM-uri
Timpul de descreștere număr de VM	Timpul de descreștere pentru un număr de VM-uri
Scalarea automată	Valoare booleană pentru caracteristica de auto-scalare
Numărul maxim de VM ce poate fi configurat pe server fizic	Numărul maxim de VM care pot fi executate pe un server individual
Disponibilitate	Timp de funcționare a serviciului în timp specificat
Timp de raspuns	Timpul pentru primirea și finalizarea procesului

Tabelul 2. Metrici SLA pentru PaaS

Parametri	Descriere
Integrare	Integrarea cu serviciile electronice și alte platforme.
Scalabilitate	Grad de utilizare cu un număr mare de utilizatori online
Plățiți cât timp lucrați	Încărcarea bazată pe resurse sau timp de serviciu
Medii de desfășurare	Sprrijinirea sistemelor off-line și cloud
Browsere	Firefox, Explorer, etc.
Număr de dezvoltatori	Câți dezvoltatori pot accesa platforma

Un studiu teoretic privind metrici SLA a fost prezentat pentru Cloud Computing în [28]. Într-o structură planificată, parametrii SLA sunt determinați prin metrici. Aceste metrici indică modul în care se pot calcula parametrii serviciului și determină estimări ale parametrilor cuantificabili. Mecanismele SLA planificate pentru cloud computing examinează cele trei tipuri de servicii cloud (SaaS, PaaS și IaaS). Pentru fiecare tip de cloud, SLA precizează principalii parametri semnificativi pe care utilizatorii îi pot utiliza pentru a realiza o formă coerentă, de compromis cu furnizorul de servicii.

3.2. Metrici SLA pentru PaaS

Pentru măsurătorile SLA asociate cu PaaS, studiul [28] ilustrează parametri cheie care pot fi utilizați, așa cum se arată în Tabelul 2.

3.3. Metrici SLA pentru SaaS

Exemple de SaaS sunt site-urile de mail, calendar și site-uri sociale furnizate de Google, Yahoo și Microsoft. Studiul [28] arată metricile și parametri pentru SaaS ca o ilustrare a măsurătorilor pentru acest tip de serviciu de cloud, așa cum se arată în Tabelul 3.

Tabelul 3. Metrici SLA Metrics pentru SaaS

Parametri	Descriere
Fiabilitate	Abilitatea de a continua să funcționeze în majoritatea cazurilor
Utilizabilitate	Interfețe de utilizator integrate ușor
Scalabilitate	Folosit de organizații individuale sau mari
Disponibilitate	Up-time software pentru utilizatori în timp specificat
Personalizare	Flexibil de utilizat cu diferite tipuri de utilizatori

4. Mod de calcul pentru atribute importante SMI

În încercarea de a evalua calitatea serviciilor cloud este necesară alegerea unor criterii de măsurare adecvate.

Serviciile de cloud computing pot fi evaluate pe baza indicatorilor cheie de performanță (Key Performance Indicators - KPI) pentru atribute SMI. Acești indicatori sunt calitativi și cantitativi. Calitativi sunt acei indicatori KPI, care nu pot fi cuantificați și care în cea mare parte se pot deduce, pe baza experiențelor utilizatorilor. Cantitativi sunt acei KPI care pot fi măsurați cu ajutorul software-ului și hardware-ului de monitorizare al furnizorilor. Din moment ce aceste KPI-uri reprezintă servicii generice cloud, doar unele dintre ele sunt importante pentru anumite aplicații și servicii cloud. De exemplu, atributul de instabilitate în utilizabilitate este mai relevant pentru furnizorii de IaaS decât pentru furnizorii SaaS deoarece în SaaS nu există aproape nicio instalare pentru clientul final. În plus, același KPI poate avea diferite definiții bazate pe serviciu [9].

Unii dintre acești parametri depind de aplicațiile clientului iar altele sunt independente. De exemplu, atributul de adecvare depinde de client în timp ce flexibilitatea este determinată de către furnizor. Prin urmare, este dificil de a defini cu exactitate valorile SMI pentru un furnizor, în special atunci când există mai mulți parametri implicați.

Vom da câteva exemple de mod de calcul pentru cele mai importante atribute cuantificabile, în special în contextul IaaS. Cu toate acestea, cele mai multe dintre aceste valori propuse sunt valabile și pentru alte tipuri de servicii.

4.1 Timp de răspuns serviciu cloud

Eficiența disponibilității unui serviciu poate fi măsurată în funcție de timpul de răspuns, adică în cazul IaaS, cât de repede poate fi pus serviciul la dispoziție pentru utilizare. De exemplu, în cazul în care un utilizator solicită o mașină virtuală de la un furnizor de cloud, atunci timpul de răspuns serviciu cloud va reprezenta timpul necesar luat de către furnizorul de cloud pentru a servi această solicitare. Aceasta include asigurarea accesului la mașina virtuală - VM, pornirea VM, atribuirea unei adrese IP și începerea unei implementări a aplicațiilor. Timpul de răspuns serviciu depinde de diverși sub-factori, cum ar fi timpul mediu de răspuns, timpul maxim de răspuns promis de către furnizorul de servicii, precum și de procentul de timp în care acest nivel de timp de răspuns este pierdut.

Timpul mediu de răspuns T_{med} este dat de

$$T_{med} = \sum_{i=1}^n \frac{T_i}{n}, \text{ unde } T_i \text{ este timpul dintre}$$

momentul în care utilizatorul cere un serviciu IaaS și momentul când aceasta este de fapt disponibil. n este numărul total de cereri de servicii IaaS.

Timpul de răspuns maxim T_{max} este timpul de răspuns maxim promis al furnizorului de cloud pentru serviciu.

Timpului de răspuns pentru eșec T_e este dat de procentul de ocazii în care timpul de răspuns a fost mai mare decât timpul maxim de răspuns promis $T_i > T_{max}$. El este dat de

$$\text{formula: } T_e = \frac{n'}{n} \times 100, \text{ unde } n' \text{ este numărul}$$

de ocazii când furnizorul de servicii nu a fost în măsură să-și îndeplinească promisiunea.

Timpul de răspuns este suma dintre timpul de trimitere, timpul de primire și timpul de procesare a cererii.

4.2 Sustenabilitate

Sustenabilitatea este definită ca fiind impactul serviciului cloud utilizat asupra mediului. Sustenabilitatea poate fi măsurată ca medie a amprentei de carbon sau eficiența energetică a serviciului cloud. Proprietatea de sustenabilitate este clasificată ca un atribut de răspundere care este utilizat pentru a măsura proprietățile legate de organizarea furnizorului de servicii în sine, independent de serviciile furnizate. Metrica amprentei de carbon este complexă și depinde de mai mulți factori [30]. Unele dintre valori bine cunoscute care cuantifică diferite aspecte ale unui centru de date cloud pot fi folosite pentru a calcula eficiența energetică și amprenta de carbon a unui centru de date cloud. Acestea sunt:

Eficiența infrastructurii unui centru de date (Data Center Infrastructure Efficiency - DCiE) este definită ca procentul din puterea totală utilizată care merge la echipamentele IT (calcul primar, stocare și rețea). Eficiența utilizării puterii (Power Usage Efficiency - PUE) este inversul lui DCiE și este în general mai mare decât unu.

Performanța centrului de date în raport cu energia consumată (Data Center Performance per Energy - DPPE) corelează performanța centrului de date cu emisiile de carbon. DPPE este calculat folosind următoarea formulă:

$$DPPE = \frac{E_T}{E_S} \times \frac{a \times \sum C_S + b \times \sum C_{St} + c \times \sum C_{NW}}{E_S} \times \frac{1}{PUE} \times \frac{1}{1 - \frac{E_v}{C_{DC}}}$$

unde:

E_T = Energia totală măsurată pentru IT [KWh]

E_S = Energia totală specificată pentru IT (de către furnizor) [KWh]

C_S = Capacitate Server

C_{St} = Capacitate de stocare

C_{NW} = Capacitate rețea

E_v = Energie verde

C_{DC} = Consum total de putere DC (Data Center)

a, b, c = Coeficienți de importanță (ponderi)

În formularea de mai sus:

- E_T / E_S reprezintă utilizarea echipamentelor IT. El este factorul de utilizare medie a tuturor echipamentelor IT din centrul de date și poate fi considerat ca fiind gradul de economisire a energiei realizată, prin tehnici de virtualizare și prin tehnici operaționale care utilizează capacitatea echipamentelor IT disponibile fără eșec.

$$a \times \sum C_S + b \times \sum C_{St} + c \times \sum C_{NW} / E_S$$

reprezintă eficiența energetică a echipamentelor IT și are ca scop promovarea economisirii energiei prin încurajarea instalării de echipamente cu o capacitate mare de procesare per unitate de energie electrică.

- PUE reprezintă eficiența infrastructurii fizice.

- E_v / C_{DC} reprezintă energia verde, din surse regenerabile prezentă în sistem.

4.3 Adecvare

Adecvarea este definită prin gradul în care cerințele unui client sunt îndeplinite de către un furnizor de cloud.

În primul rând, în cazul în care după filtrarea furnizorilor de cloud, există mai mult de un furnizor de cloud care îndeplinește toate cerințele esențiale și ne-esențiale ale clientului, atunci toți acești furnizorii de cloud sunt considerați ca adecvați.

În caz contrar, dacă rezultatul filtrării furnizorilor de cloud este o listă vidă, atunci sunt aleși acei furnizori care îndeplinesc caracteristicile esențiale. În acest caz, potrivirea va fi gradul în care caracteristicile serviciului cloud se apropie de cerințele utilizatorului.

Metrica rezultată este:

$$P = \frac{N_{nes}}{N_{nec}};$$

$$P = \begin{cases} 1 & \text{daca toate caracter. sunt indeplinite;} \\ 0 & \text{in caz contrar} \end{cases};$$

unde:

N_{nes} = numărul de caracteristici ne-esențiale furnizate de serviciu;

N_{nec} = numărul de caracteristici ne-esențiale furnizate de client.

4.4 Precizie

Precizia funcționalității serviciului măsoară gradul de apropiere a valorilor actuale ale utilizatorului atunci când se utilizează un serviciu în comparație cu valorile așteptate pentru acel serviciu. Pentru resurse de calcul, cum ar fi mașinile virtuale, primul indicator de precizie este numărul de situații în care furnizorul de cloud a deviat de la un SLA promis. Acesta este definit ca frecvența de eșec în îndeplinirea promisiunii SLA în termeni de unități de calcul, de rețea și de stocare. Dacă f_i este numărul care indică numărul de eșuări a furnizorului de cloud în atingerea valorilor promise pentru utilizatorul i în timpul serviciului T , atunci se definesc doi indicatori:

- frecvența preciziei F_p este definită ca:

$$F_p = \frac{f_i}{n},$$

unde n este numărul de utilizatori anteriori.

- valoarea preciziei V_p este definită ca:

$$V_p = \sum_i \frac{(\alpha_t - \alpha_i)}{\alpha_i T_i},$$

unde:

- α poate fi rețea sau unitate de depozitare a serviciului și

- T_i este timpul serviciului T pentru utilizatorul i .

4.5 Interoperabilitate

Interoperabilitatea este capacitatea unui serviciu de a interacționa cu alte servicii oferite

de către același furnizor sau de alți furnizori. Este o caracteristică calitativă și poate fi definită prin experiența utilizatorului. Dar din moment ce acesta este un parametru important pentru clienții cloud, o aproximare poate fi definită astfel:

$$I = \frac{N_P}{N_{PI}},$$

unde:

N_P = numărul de platforme oferite de furnizorul de cloud;

N_{PI} = numărul de platforme cerute de utilizatori cu caracteristica interoperabilitate.

4.6 Disponibilitate

Disponibilitatea este procentul de timp în care un client care poate avea acces la acest serviciu. Acesta este dat de:

$$D = \frac{T_{tot} - T_{dis}}{T_{tot}},$$

unde:

T_{tot} = timpul total al serviciului;

T_{dis} = timpul total pentru care serviciul este disponibil.

4.7 Fiabilitate

Fiabilitatea reflectă modul în care un serviciu funcționează fără defecțiuni un anumit timp. Fiabilitatea este definită în funcție de timpul mediu prevăzut de către furnizorul de cloud până la o defecțiune și defecțiunile anterioare întâlnite de către utilizatori. Se măsoară prin:

$$F = P_{def} \times T_{mdef} = \left(1 - \frac{N_{def}}{n}\right) \times T_{mdef},$$

unde:

P_{def} = probabilitatea de defecțiune;

T_{mdef} = timpul mediu prevăzut până la defecțiune;

N_{def} = numărul de utilizatori care au experimentat o defecțiune într-un interval de timp mai mic decât cel prevăzut de către furnizorul de cloud;

n = numărul de utilizatori cloud.

Fiabilitatea stocării poate fi definită în termeni de durabilitate, adică șansa de defectare a unui dispozitiv de stocare.

4.8 Stabilitate

Stabilitatea este definită ca variabilitatea performanțelor unui serviciu. Pentru depozitare, este timpul mediu de citire și scriere. Pentru resursele de calcul, aceasta este abaterea de la performanța specificată în SLA-uri și anume:

$$S = \sum_i \frac{\alpha_i^{PM} - \alpha_i^{SLA}}{T}$$

unde:

- α poate fi unitatea de calcul, unitatea de rețea sau unitatea de stocare a resursei;
- α_i^{PM} = performanța medie observată a utilizatorului i care a închiriat serviciul cloud;
- α_i^{SLA} = performanța conform cu valorile promise în SLA;
- T = timpul serviciului;
- n = numărul total de utilizatori.

4.9 Cost

Costul depinde de două atribute: costul de achiziție și costul în timpul desfășurării serviciului. Nu este ușor să se compare prețurile diferite ale serviciilor, deoarece acestea oferă caracteristici diferite. Chiar și același furnizor oferă diferite mașini virtuale care pot îndeplini cerințele utilizatorilor. De exemplu, Amazon Cloud oferă VM-uri mici, la un cost mai mic decât Rackspace, dar cantitatea de stocare a datelor, lățimea de bandă, și unitatea de calcul sunt destul de diferite între cei doi furnizori [30, 31]. Pentru a se face față acestei probleme, se definește o metrică bazată pe costul unei unități de CPU (cpu), costul unei unități de stocare ($data$), costul unei unități de memorie RAM (RAM) și costul unei unități de lățime de bandă rețea (net). Prin urmare, în cazul în care un VM are un preț p , atunci costul mașinii virtuale C_{VM} este:

$$C_{VM} = \frac{p}{cpu^a \times net^b \times data^c \times RAM^d}$$

unde:

- a , b , c și d sunt ponderi pentru fiecare atribut de resurse și $a + b + c + d = 1$.

Ponderea fiecărui atribut poate varia de la o aplicație la alta. De exemplu, pentru unele aplicații RAM este mai importantă decât unitățile CPU, prin urmare, pentru această aplicație $d > a$.

4.10 Transfer și eficiență

Transferul și eficiența sunt măsuri importante de evaluare a performanței infrastructurii serviciilor oferite de cloud. Transferul este numărul de sarcini finalizate de către serviciul cloud pe unitate de timp. Este diferit de metrica pentru timpul de răspuns serviciu, care măsoară cât de repede este furnizat serviciul.

Transferul depinde de mai mulți factori care pot afecta executarea unei sarcini. Fie o aplicație utilizator cu " n " sarcini care sunt trimise pentru a rula pe " m " mașini ale furnizorului de cloud. Fie $T_e(n, m)$, timpul de execuție a n sarcini pe m mașini. Fie T_0 timpul de depășire din cauza diverșilor factori, cum ar fi întârzierea inițierii infrastructurii sau întârzieri de comunicare între activități.

Prin urmare, transferul total al unui serviciu cloud T_{SC} este dat de:

$$T_{SC} = \frac{n}{T_e(n, m) + T_0}$$

Eficiența sistemului cloud indică utilizarea efectivă a serviciilor închiriate. Prin urmare, o valoare mai mare pentru eficiență indică faptul că depășirea va fi mai mică.

Eficiența sistemului E_{SC} este dată de:

$$E_{SC} = \frac{T_e(n, m)}{T_e(n, m) + T_0}$$

4.11 Scalabilitate

Scalabilitatea este importantă pentru evaluare, pentru a determina dacă un sistem poate suporta simultan un număr mare de cereri de aplicație. Capacitatea de a scala resursele este o parte esențială a elasticității oferite de cloud computing. Cu toate acestea, această valoare este mai aplicabilă din

perspectiva performanței aplicațiilor utilizatorului. Scalabilitatea are două dimensiuni: scalabilitatea cloud orizontală (cunoscută sub numele de "scale out") și scalabilitatea cloud verticală („scale up”). Scalabilitatea cloud orizontală înseamnă creșterea resurselor cloud de același tip, cum ar fi deschiderea mai multor mașini virtuale de același tip în timpul vârfului de sarcină. Scalabilitatea pe verticală, este definită ca fiind abilitatea de a extinde capacitatea unui serviciu cloud, cum ar fi o mașină virtuală prin creșterea resurselor: memoria fizică, viteza CPU, sau lățimea de bandă de rețea. Scalabilitatea verticală este o măsură importantă pentru organizațiile care doresc să se mute în cloud. În cazul în care cloud nu permite unei aplicații să se extindă pe verticală, pot crește costurile utilizării serviciilor cloud, în special la orele de vârf.

Scalabilitatea verticală poate fi calculată ca fiind creșterea maximă disponibilă în resursele unui serviciu cloud. Fie r_{ij} resursa j care trebuie să fie extinsă pe serviciul cloud i . Fie n și m numărul de resurse alocate unui anumit serviciu cloud și respectiv numărul de servicii cloud utilizate de către utilizator. Formula pentru scalabilitate verticală S_V este:

$$S_V = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} C_{r_{ij}} \text{ unde } C_{r_{ij}} = \text{proporția de creștere în } r_{ij}.$$

5. Concluzii

Cloud computing a devenit o paradigmă importantă pentru externalizarea diverselor necesități IT ale organizațiilor. În prezent, există mai mulți furnizori de cloud, care oferă diferite servicii de cloud cu atribute diferite de preț și performanță. Cu un număr tot mai mare de oferte cloud, a devenit o provocare pentru clienții cloud de a găsi cele mai bune servicii cloud, care pot satisface cerințele lor de QoS. Pentru a alege în mod corespunzător între diferite servicii cloud, clienții trebuie să aibă o modalitate de a identifica și de a măsura atributele cheie de performanță, importante pentru aplicațiile lor.

În acest context, se realizează o analiză a diferitelor aspecte privind evaluarea serviciilor cloud pe baza atributelor ce caracterizează aceste servicii și a metricilor asociate acestora.

Se prezintă Indexul de măsurare serviciu SMI) un standard acceptat pentru evaluarea serviciilor cloud. Se detaliază principalele atribute SMI. Se analizează și se clasifică atributele SMI în funcție de tipul acestora în atribute cantitative și calitative.

Se prezintă acordul privind nivelul de furnizare a serviciilor cloud, accord încheiat între utilizatorul și furnizorul de cloud. Acordul se bazează pe măsurarea unor atribute SMI. Se realizează o delimitare a parametrilor de evaluare a serviciilor în funcție de tipul de cloud: SaaS, IaaS sau PaaS. Se formalizează apoi modul de calcul pentru câteva atribute importante ale serviciilor cloud: timp de răspuns, sustenabilitate, adecvare, precizie, interoperabilitate, disponibilitate, fiabilitate, stabilitate, cost, transfer și eficiență și scalabilitate.

Atribute SMI sunt utilizate în procesul de selectare a furnizorilor de servicii cloud [32, 33].

BIBLIOGRAFIE

1. *** Gartner Report: <https://www.cloudcomputing-news.net/news/2017/feb/22/gartner-public-cloud-market-reach-246bn-2017-iaas-and-saas-forefront/>.
2. **ARDAGNA, D.; CASALE, G.; CIAVOTTA, M.; PEREZ J. F.; WANG W.:** Quality-of-Service in cloud computing: modeling techniques and their applications, *Journal of Internet Services and Applications*, Vol: 5, Issue: 11, 2014, pp. 1-12.
3. **STANTCHEV, V.; SCHROFFER C.:** Negotiating and enforcing QoS and SLAs in grid and cloud computing, in *Proc. Int. Conf. on Advances in Grid and Pervasive Computing, GPC 09, 2009*, pp. 25-33.
4. **WAGLE, S.; GUZEK, M.; BOUVRY, P.; BILDORFF R.:** An Evaluation Model for Selecting Cloud Services from Commercially Available Cloud Providers, *IEEE 7th International Conference on Cloud Computing Technology and Science, 2015*.

5. *** Cloud computing reference architecture, 2011, NIST, <http://www.nist.gov/itl/antd/cloud-102214.cfm>".
6. *** Service Measurement Index Framework Version 2.1, 2014, http://csmic.org/downloads/SMI_overview_TwoPointOne.pdf.
7. *** Cloud Services Measurement Initiative Consortium, 2016, <http://csmic.org/>. "Selecting a cloud provider defining widely accepted measures for cloud services".
8. *** Cloud Service Measurement Index Consortium (CSMIC). "Service Measurement Index Version 1.0", 2011.
9. **SAURABH KUMAR G.; VERSTEEG S.; BUYYA R.:** A framework for ranking of cloud computing services. *Future Generation Computer Systems*, Vol. 29, Issue 4, 2013, pp. 1012–1023.
10. **SUBRAMANIAN, T.; SAVARIMUTHU, N.:** Application based brokering algorithm for optimal resource provisioning in multiple heterogeneous clouds. *Vietnam J. Comput. Sci.* 3, 2016, pp.57–70.
11. **HENNAN, R. J.; ROANE J., G.:** Security monitoring tool for computer network. USPatent 7, 904, 456, issued March 8, 2011.
12. **BARTH, W., NAGIOS.:** *System and Network Monitoring*, No Starch Press, 2008.
13. **QU LIE.; WANG YAN.; ORGUN MEHMET, A.; LIU LING.; BOUGUETTAYA ATHMAN.:** Cloud service selection based on contextual subjective assessment and objective assessment. In: *Proceedings of the 2014 International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2014, pp.1483–1484.
14. **SINGH S.; CHAND D.:** Trust evaluation in cloud based on friends and third party's recommendations. In: *Engineering and Computational Sciences (RAECS), Recent Advances in, IEEE*, 2014.
15. *** IEEE Standards Association and Others, IEEE STD 1061–1998, IEEE standard for a software quality metrics methodology, 1998.
16. **LUDWIG, H.; KELLER, A.; KING DAN, A.; FRANCK, R.:** Web service level agreement (WSLA) language specification. IBM Corporation 2003.
17. **ANDRIEUX, A.; CZAJKOWSKI, K.; DAN, A.; KEAHEY, K.; LUDWIG, H.; PRUYNE, J.; ROFRANO, J.; TUECKE, S.; XU, M.:** Web services agreement specification (WS-Agreement). In: *Global Grid Forum*, 2004.
18. **BUYYA, R.; YEO, C. S.; VENUGOPAL, S.; BROBERG, J.; BRANDIC, I.:** Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility, *Journal of Future Generation Computer Systems*, Vol 25, Issue 6, 2009, pp. 559-616.
19. *** Practical Guide to Cloud Service Level Agreements: <http://www.cloud-council.org/deliverables/CSCC-Practical-Guide-to-Cloud-Service-Agreements.pdf>.
20. **CHEN, Y.M.; Peng, Y.J.:** A QoS aware services mashup model for cloud computing applications, *Journal of Industrial Engineering and Management*5(2), 2012, pp. 457-472.
21. **CHEN, T.; BAHSOON, R.:** Self-Adaptive and Sensitivity-Aware QoS Modeling for the Cloud. In: *Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems (SEAMS '13)*, 2013, pp. 44-52, San Francisco, CA, USA.
22. **YE, Z.; BOUGUETTAYA, A.; ZHOU, X.:** QoS-aware cloud service composition based on economic models. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Service-Oriented Computing, ICSOC'12*, Shanghai, China, 2012, pp. 111–126.

23. **WU, X.; DENG M.; ZHANG, R.; ZENG, B.; ZHOU, S.:** A task scheduling algorithm based on QoS-driven. In: Cloud Computing Information Technology and Quantitative Management (ITQM'13), 2013, pp.1162-1169.
24. **CHANG, V.; RAMACHANDRAN, M.:** Quality of Service for Financial Modeling and Prediction-as-a-Service. In: Emerging Software-as-a-Service and Analytics Workshop, in conjunction with CLOSER, 20 - 22 May 2015.
25. **BUYYA, R.; RANJAN, R.; CALHEIROS, R. N.:** InterCloud: Utility-Oriented Federation of Cloud Computing Environments for Scaling of Application Services, Algorithm and Architectures for Parallel Processing. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6081/2010, (2010 a), pp. 13-31.
26. **BUYYA, R.; BELOGLAZOV1, A.; ABAWAJY, J.:** Energy-Efficient Management of Data Center Resources for Cloud Computing: A Vision, Architectural Elements, and Open Challenges. PDPTA'10 - The International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, 12-15 July, Las Vegas,USA, (2010 b).
27. **PASCHKE, A.; SCHNAPPINGER-GERULL, E.:** A Categorization Scheme for SLA Metrics. Multikonferenz wirtschafts informatik 2006: Passau, Germany, Service Oriented Electronic Commerce, 2006, pp. 25-40.
28. **ALJOURAH E.; FAJER AL-MOUSAWI.:** SLA in Cloud Computing Architectures: A Comprehensive Study - Imtiaz Ahmad, Maha Al-Shammri and Zahraa Al-Jady. International Journal of Grid Distribution Computing Vol. 8, No.5, 2015, pp.7-32.
29. **ALHAMAD, M.; DILLON, T.; CHANG, E.:** Conceptual SLA Framework for Cloud Computing, 4th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies, 13-16 April 2010, Australia, pp. 606 – 610.
30. **PAN, H.:** Green Data Centers monthly newsletter February 2010, Information Gatekeepers Inc.
31. ***** RACKSPACE.:** Cloud servers, URL: <http://www.rackspace.com>.
32. **RĂDULESCU, C. Z.:** Cloud providers' services evaluation using triangular fuzzy numbers. In Proceedings of the 21th International Conference on Control Systems and Computer Science (CSCS21, May 29 to May 31, 2017).
33. **RĂDULESCU, C. Z.; BALOG, A.; RĂDULESCU, D. M.; DUMITRACHE, M.:** A decision making framework for weighting and ranking criteria for Cloud provider selection. Proceedings of the 20th International Conference on System Theory, Control and Computing, October 13-15, 2016, Sinaia, Romania, pp. 590-595.