ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN BUCUREŞTI

Valerică GREAVU-ȘERBAN

Cloud Computing
Caracteristici și Modele

Colecția

Cercetare avansată postdoctorală în științe economice

ISBN: 978-606-505-982-5

Editura ASE

București

2015

Editura ASE
Piața Romană nr. 6, sector 1, București, România
cod 010374
www.ase.ro
www.editura.ase.ro
editura@ase.ro

Referenți:

Prof. univ. dr. Nicolae ISTUDOR, ASE
Prof. univ. dr. Ion STANCU, ASE

ISBN 978-606-505-982-5

APA Citation:
Greavu-Șerban, V. (2015), *Cloud Computing: Caracteristici și Modele*, Editura ASE.

Autorul își asumă întreaga responsabilitate pentru ideile exprimate, pentru originalitatea materialului și pentru sursele bibliografice menționate.

Această lucrare a fost cofinanțată din Fondul Social European, prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, proiect POSDRU/159/1.5/S/142115 „Performanță și excelență în cercetarea doctorală și postdoctorală în domeniul științelor economice din România”.

Cuprins

Contents

Summary

The emergence of the phenomenon known as cloud computing represents a fundamental change in the way that are developed, delivered, updated, maintained and paid IT services in modern organizations.

Cloud computing signifies the convergence of two major trends in IT today: *IT efficiency* - where the power of modern computers is used more efficiently through a high scale hardware and software resources, and *business agility* - where information technology can be used as a tool for competitive market by delivering fast, parallel batch processing, the use of business intelligence tools that require computationally intensive and interactive mobile applications that meet user requirements in real time.

There are probably as many definitions as many commentators / authors of the subject. The formal definition of cloud computing concept is: *cloud computing represent an IT services organization model, which assumes that processing services (hardware and software) are delivered on demand to customers via computer networks, in a manner of self-service, independent of the location of the device used*. The resources required to deliver a high level of service quality are distributed, dynamically scalable, rapidly delivered through virtualization and released with minimal interaction from the service provider. Users pay for the service as an operational expense without requiring significant initial capital investment. Cloud services uses a measurement system that allocates computing resources into blocks corresponding to the level of processing required.

Cloud providers make available to the IT & C specialist's web tools for managing and monitoring resources processing, storage, network and applications used. A cloud user can connect from any location with Internet access on cloud management portals, can create virtual machines with certain configurations (CPU, RAM, storage, network configuration), can choose a particular operating system and a set of pre-installed applications (depending on the destination of virtual machine), these operations consume only a few minutes, thus responding quickly to a business requirements. Compared to set up a physical server, is needed much longer without taking into account procurement processes that can last from case to case, several weeks.

The main objective of this paper is to present the conceptual and integration of the cloud in the area of economic research field, establishing the basis for future research to standardize the implementation of business processes in the area of cloud computing.

To achieve the objectives of this paper were taken the following actions:

- Comprehensive analysis of the current cloud computing solutions and identify specific potential of each of them (Chapters 3 and 4);
- Identification of trends in the development of cloud technologies (Chapter 1, 2 and 6);
- The actual size of the implementation of business solutions in the cloud in terms of economic, financial and technological constraints (Chapter 2 and 5);
- Develop a set of recommendations and useful rules in choosing a model for the adoption of cloud technologies.

Achieving and exposure information in this paper was based on security compliance management triad: CIA - Confidentiality, Integrity and Availability.

Chapter description:

Chapter 1 - Contains an overview of the evolution of the main concepts, tools and devices that preceded the emergence of cloud computing.

Chapter 2 - Details the basic characteristics of cloud computing: Network communication, flexibility, self-service, multi-tenant and services measured. It also presents a number of benefits and limitations as well as economic implications.

Chapter 3 - Presents the most common methods of implementing cloud technologies: public, private, community and hybrid exposing the main features and characteristics.

Chapter 4 - Presents the main patterns of implementation of ICT services in the cloud: SaaS, PaaS, IaaS, but do a review of other concepts like Everything as a Service.

Chapter 5 - Presents a conceptual model of cloud architecture (the synthetic approach author) detailing the main connection methods specific to each level, exemplifying how to configure a network infrastructure on Windows Azure model, concluding with a statement of the main risks to may be subject to cloud computing.

Chapter 6 - Contains a collection of reviews and comments related to cloud events were perceived on media and literature in recent years, trying to identify the next wave of cloud's development and associated technologies.

This paper does not cover specific programming on cloud computing and not enter into the details of using databases in the cloud. Also, do not expose detail aspects about cloud engineering field and expose only tangentially specific economic components of cloud applications.

Introducere

Apariția fenomenului, cunoscut sub denumirea de *cloud computing*, reprezintă o schimbare fundamentală în felul în care sunt dezvoltate, livrate, actualizate, întreținute și plătite serviciile IT din cadrul organizațiilor moderne.

Cloud computing semnifică convergența a două tendințe majore ale IT-ului zilelor noastre: *eficiența IT* - unde puterea calculatoarelor moderne este utilizată mai eficient printr-o scalare înaltă a resurselor de hardware și software și *agilitatea de business* – unde tehnologia informațională poate fi folosită ca instrument competitiv pe piață prin livrare rapidă, loturi paralele de procesare, utilizarea instrumentelor de inteligență a afacerilor, care necesită calcul intensiv și aplicații mobile interactive și care răspund în timp real cerințelor utilizatorului.

Există probabil atâtea definiții câți comentatori/autori ai subiectului. Definiția formală a ceea ce înseamnă conceptul de cloud computing este următoarea: *este un model de organizare al serviciilor IT, care presupune că serviciile de prelucrare (hardware şi software) sunt livrate la cerere către clienți prin intermediul rețelelor de calculatoare, într-o manieră de autoservire, independent de locația dispozitivului utilizat*. Resursele necesare pentru a livra un serviciu la un nivel înalt de calitate sunt distribuite, scalabile în mod dinamic, livrate rapid prin virtualizare și lansate cu minim de interacțiune din partea furnizorului de servicii. Utilizatorii plătesc pentru acest serviciu ca o cheltuială operațională, fără a necesita investiții semnificative de capital inițial. Serviciile de cloud utilizează un sistem de măsurare care alocă resursele de calcul în blocuri corespunzătoare nivelului de prelucrare solicitat.

Cloud computing este un subiect vast, care cuprinde mai multe subiecte diferite. Pentru a descrie în mod adecvat ofertele de cloud computing, trebuie să tratăm în detaliu elemente de infrastructură, arhitecturi orientate spre servicii, rețele sociale, protocoale de comunicare, standarde, interfețe de programare aplicații (API[1]), și zeci de alte subiecte. Demersul de a scrie o carte atotcuprinzătoare despre acest subiect se va limita permanent doar la noțiunile introductive ale domeniului pentru a putea avea o finalitate (Sosinsky, 2011). *Scopul* acestei cărți este acela de a prezenta la nivel conceptual o serie de termeni de bază ai cloud computing-ului, modele de implementare și de servicii, precum și câteva aspecte economice și manageriale ale fenomenului.

Cloud computing-ul este conceptul care aduce cele mai mari schimbări în evoluția dinamică a tehnologiei informației și comunicației (IT&C). Zilnic oamenii generează, accesează, prelucrează și stochează seturi de date noi, beneficiind de mai multă putere de procesare decât

[1] API - Application Programming Interface – Interfețe de programare a aplicațiilor

oricând înainte. Pentru corporații, o consecință profundă a acestui consum digital în creștere este necesitatea de a investi permanent sume de bani în echipamente de prelucrare și stocare. Serviciile cloud computing devin adevărate incubatoare pentru noile aplicații, menite să răspundă cererii de obținere rapidă de informații și acces facil la acestea.

Dinamica piețelor de desfacere și a proceselor economice obligă managerii IT să devină din ce în ce mai agili în adaptarea aplicațiilor și serviciilor IT&C pentru a răspunde rapid cerințelor din ce în ce mai complexe ale persoanelor din mediul de afaceri.

Odată cu creșterea puterii de procesare a echipamentelor de calcul, apariția tehnologiilor de virtualizare a fost un real succes, oferind o nouă dimensiune portabilității sistemelor de operare și aplicațiilor. Extensibilitatea sistemului informațional este încă limitată de capacitatea de procesare, memoria RAM și spațiul de stocare din cadrul centrului de calcul al companiei.

Înființarea sau modernizarea unui centrul local de calcul (on-premise) implică investiții și activități periodice de achiziție și configurare a echipamentelor fizice, configurarea instrumentelor de virtualizare, achiziția și instalarea sistemelor de operare și aplicațiilor necesare, configurarea mediilor de comunicație, inclusiv echipamentele fizice de rețea, configurarea firewall-urilor și a echipamentelor de stocare de tip Enterprise (SAN, NAS). Elaborarea politicilor de guvernanță, monitorizare și întreținere sau implementarea standardelor de calitate (ISO 9001) sau de securitate (ISO 27001) implică costuri suplimentare pentru companie, responsabilitatea investițiilor fiind împărțită pe mai multe niveluri ale piramidei organizaționale și pe întreg ciclul de viață al centrului de calcul.

O practică frecventă în achiziția de echipamente fizice este acea de supradimensionare capacităților de procesare, memorie RAM și stocare, justificate de e o creștere a nevoilor în timp. În fapt, majoritatea echipamentelor de calcul nu sunt folosite la potențialul lor complet aproape niciodată, ajungând să fie înlocuite datorită uzurii morale, a lipsei de suport din partea producătorului sau a lipsei pieselor de schimb.

Cloud computing-ul oferă o alternativă modernă la centrul de calcul tradițional. Un furnizor de cloud este singurul responsabil pentru achiziționarea de echipamente fizice și de întreținerea acestora, oferind o gamă largă de servicii și configurații utilizabile după necesarul de prelucrare a fiecărei companii. Închirierea de servicii din cloud transformă astfel investițiile de capital în dispozitive fizice și licențe în costuri operaționale, permițând astfel utilizarea unor fonduri financiare semnificative în scopuri dedicate afacerii de bază. De asemenea, tehnologiile cloud permit accesul punctual la resurse hardware sau software, care în mod normal ar fi prea scumpe pentru a putea fi achiziționate. Din punct de vedere economic eficiența serviciilor cloud este

justificată și prin faptul că acele echipamente sau licențe sunt plătite doar în momentul în care sunt utilizate.

Furnizorii de cloud pun la dispoziția specialiștilor IT&C instrumente web pentru gestionarea și monitorizarea resurselor de procesare, stocare, rețea sau a aplicațiilor utilizate. Un utilizator cloud se poate conecta din orice locație cu acces la internet la portalurile de management cloud și pot crea mașini virtuale cu anumite configurații (procesor, memorie RAM, spațiu de stocare, configurație de rețea), pot alege un anumit sistem de operare și un set de aplicații preinstalate (în funcție de destinația mașinii virtuale), toate aceste operațiuni consumând doar câteva minute, răspunzând astfel rapid unei cerințe de business. Comparativ, pentru a configura un server fizic este nevoie de mult mai mult timp, fără a lua în calcul procesele de achiziție care pot dura, de la caz la caz, câteva săptămâni.

Obiectivul principal al lucrării este de a prezenta zona conceptuală și integrarea domeniului cloud în aria cercetării domeniului economic, stabilind baza de cercetare pentru standardizarea viitoare a implementării proceselor de afaceri în zona de cloud-computing.

Pentru îndeplinirea obiectivelor lucrării s-au întreprins următoarele acțiuni:

- analiza comprehensivă a soluțiilor de cloud computing actuale cu identificarea potențialului și specificului fiecăruia dintre ele (Capitolele 3 și 4);
- identificare tendințelor în zona dezvoltării tehnologiilor cloud (Capitolul 1, 2 și 6);
- dimensiunea reală a implementării soluțiilor de afaceri în cloud din prisma constrângerilor economice-financiare și tehnologice (Capitolul 2 și 5);
- elaborarea unui set de recomandări și reguli utile în alegerea unui model de adopție a tehnologiilor cloud.

Îndeplinirea obiectivelor și expunerea informațiilor din această lucrare au avut la bază respectarea triadei manageriale de securitate: C.I.A - Confidențialitate, Integritate și Accesibilitate.

Descrierea capitolelor:

Capitolul 1 - Conține o prezentare a evoluției principalelor concepte, instrumente și dispozitive care au precedat apariția cloud computing-ului.

Capitolul 2 - Detaliază caracteristicile de bază ale cloud computing-ului: comunicare în rețea, flexibilitate, autoservire, multi-tenanță și servicii comensurabile. De asemenea sunt prezentate o serie de beneficii și limitări precum și implicațiile economice.

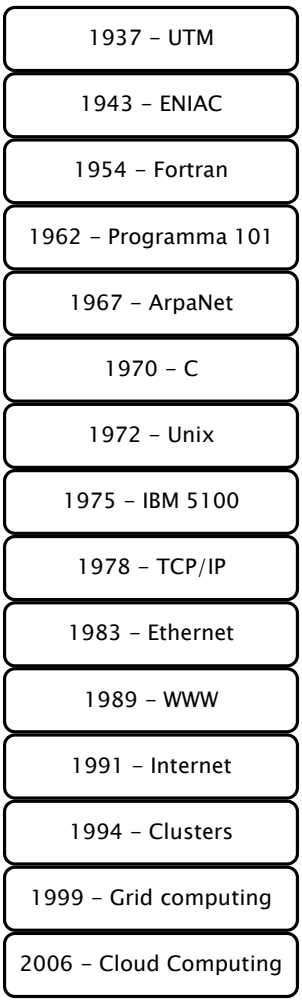
Capitolul 3 - Prezintă cele mai comune metode de implementare a tehnologiilor cloud: public, privat, hibrid și de comunitate expunând principalele particularități și caracteristici ale fiecăreia.
Capitolul 4 - Expune principalele modele de implementare a serviciilor IT&C în cloud: SaaS, PaaS, IaaS, realizând și o trecere în revistă și a altor concepte de tip Everything as a Service etc.
Capitolul 5 - Prezintă un model conceptual de arhitectură cloud (în abordarea sintetică a autorului) detaliind principalele metode de conectare, specificul fiecărui nivel, exemplificând modul de configurare a unei infrastructuri de rețea pe modelul Windows Azure, încheind cu o expunere a principalelor riscuri la care pot fi expuse implementările cloud.
Capitolul 6 - Conține o colecție de opinii și comentarii legate de evenimentele cloud așa cum au fost percepute în media și literatura ultimilor ani, încercând o identificare a următoarelor valuri de dezvoltare a cloud-ului și tehnologiilor asociate.

Această lucrare nu acoperă domeniul programării specifice cloud computing-ului și nici nu intră în detaliile utilizării bazelor de date în cloud. De asemenea, nu expunem aspecte de detaliu cu privire la ingineria domeniului cloud și expunem doar tangențial componente ale aplicațiilor economice specifice domeniului cloud.

1 Cloud era

Relativ la scara istoriei, evoluția tehnologiilor de calcul și de rețea este contemporană cu majoritatea dintre noi. Expansiunea tehnologiilor IT&C aduce schimbări semnificative în modul în care lucrează și interacționează social oamenii. Majoritatea dintre noi au fost martorii trecerii de la bani la cardurile cu care poți achiziționa produse din cele mai îndepărtate colțuri ale lumii, de la poza *pixelată* de pe o dischetă de 5 inch la televizoarele conectate la baze de date de filme on-line, de la telefonul public cu fise la dispozitivele mobile, cu comunicare video în timp real și încă nu știm ce ne rezervă viitorul. Profitând de interesul ofensiv sau defensiv al armatelor lumii de a investi în tehnologiile IT&C, cercetătorii din marile universități ale lumii au pus bazele unei evoluții constante și sustenabile a acestora. Interesul comercial a fost de asemenea unul din factorii decisivi în adopția tehnologiilor informaționale, prețurile scăzând de la decadă la decadă, coroborat cu o creștere a gamei de produse și servicii puse la dispoziția consumatorilor.

Figura 1 – Evoluții în timp a tehnologiilor corelate cu cloud computing-ul



Sursa: Proiecție proprie

În luna august a anului 2006, firma Amazon anunță lansarea primului serviciu de tip cloud disponibil companiilor[2]. Principalele repere în timp pe care se bazează apariția conceptului de cloud computing au la bază apariția primelor calculatoare electronice care să respecte principiile universale ale mașinilor Turing, a limbajelor de programare, sistemelor de operare, calculatoarelor personale și a celor portabile. Rolul esențial este jucat de apariția protocoalelor de comunicare TCP/IP și deschiderea în 1991 a Internetului către publicul larg.

Istoria și proveniența tehnologiile cloud este tratată de anumiți autori ca un derivat al conceptului de mainframe, predominant în perioada anilor 1960-1970 sau a centrelor teritoriale de date care au funcționat o perioadă însemnată de timp în anumite centre industriale mari.

[2] *Announcing Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) – beta*, https://aws.amazon.com/about-aws/whats-new/2006/08/24/announcing-amazon-elastic-compute-cloud-amazon-ec2---beta/

Înființate în perioada anilor 1966-1970, în România aceste centre teritoriale de date aveau scopul[3] de a:

- studia cadrul general și proiectarea sistemului unitar național de prelucrare automată a datelor,
- proiectarea de sisteme informatice,
- elaborarea de programe de calcul și prelucrarea automată a datelor,
- analiza de sisteme și elaborarea de modele, ca activitate subordonată proiectării de sisteme informatice,
- colaborarea cu Centrele teritoriale de calcul, cu unitățile economice care au centre de calcul și cu alte centre de calcul din organe centrale și instituții de învățământ,
- efectuarea de studii și cercetări științifice,
- urmărirea și îndrumarea introducerii în proiectele de sisteme de prelucrare automata a datelor, a metodelor, procedeelor și echipamentelor de calcul noi și efectuarea de cercetări și experimente asupra acestora,
- acordarea de asistență tehnică la elaborarea de sisteme informatice și expertizarea de sisteme informatice,
- prestarea de servicii de calcul și prelucrarea datelor prin centrul de calcul propriu etc.

Odată cu schimbarea regimului politic din anul 1989, dar și pe fondul apariției Internetului și calculatoarelor personale, majoritatea centrelor teritoriale de date, transformate în societăți comerciale pe acțiuni, s-au desființat sau au mai supraviețuit o perioadă de timp prin schimbarea obiectului de activitate. Centrele și institutele de cercetare care au supraviețuit tranziției își continuă menirea pentru care au fost înființate. Printre exemplele de succes amintim Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică - ICI București, Centrul Teritorial de Calcul Electronic din Piatra Neamț, Compania de Informatică Aplicată, fostul Centrul Teritorial de Calcul Electronic din Cluj-Napoca.

Menționăm că, în literatura de specialitate, articolele tehnice sau documentații există mai multe forme de a referi *centrul de calcul* din cadrul companiei: centrul de date, sala serverelor, datacenter, centru de prelucrare/procesare. În literatura în limba engleză, centrul de calcul din cadrul companiei este întâlnit sub terminologia de *on-premise*, iar procesele de calcul care implică accesul prin internet sunt întâlnite sub denumirea de *on-line*.

[3] Prelucrare după: *35 de ani de informatica. Istoria unui institut* - http://www.ici.ro/Evenimente/ici35/istoric.html

Anii care au urmat lansării TCP/IP și a Internetului, au determinat o cerere constantă de putere de calcul și a necesarului de centralizare într-un singur loc a datelor companiilor, determinând apariția și evoluția a trei tehnologii cheie care au revoluționat domeniul rețelelor de calculatoare: clusterele de calculatoare, grid computing-ul și cloud computing-ul (Vicat-Blanc, Soudan, Guillier, & Goglin, 2011). În accepțiunea generală definirea simplificată a acestor concepte și tehnologii este:

- clusterele de calculatoare sunt colecții de PC-uri sau servere interconectate într-o rețea locală de calculatoare caracterizată prin viteză mare de transmitere a datelor și latență redusă;
- grid computing-ul presupune interconectarea unui număr mare de resurse de procesare într-o rețea de tip WAN;
- cloud computing oferă servicii de acces la resurse de prelucrare, stocare sau aplicații prin intermediul Internetului. Infrastructura fizică de organizare a centrelor de cloud este transparentă față de utilizatorii finali, calea de acces și administrare fiind reprezentată de browser-ele web, aplicații specifice de comunicare securizată sau API-uri specifice.

Primele forme de *cluster* (NOW (Anderson, Culler, & Patterson, 1995) și Beowulf (Sterling, și alții, 1995)) apar în perioada anilor 1994 și introduceau ideea de a unifica puterea de calcul a mai multor calculatoare independente cu scopul de a agrega într-un singur punct puterea de prelucrare. Succesul incipient al acestor modele a fost determinat de costul redus al PC-urilor comparativ cu super-computerele specializate. Chiar dacă anticipate inițial, cheltuielile suplimentare legate de conectica de rețea între nodurile clusterului au impus reanalizarea modelului de funcționare a acestora, majoritatea cercetărilor concentrându-se pe îmbunătățirea metodelor de eficientizare a comunicației și disponibilității.

Caracteristicile prelucrării de tip cluster sunt:

- Creșterea puterii de calcul în cadrul organizației;
- Asigurarea disponibilității anumitor servicii IT prin utilizarea tehnologiilor de load balancing (NLB);
- Gestionarea eficientă a momentelor de prelucrare masivă a datelor;
- Utilizarea eficientă și simplitatea gestiunii fizice a resurselor (procesoare, memorie RAM, spațiu pe disc și lățime de bandă de rețea).

Clusterele sunt utilizate în prezent în arhitecturi on-premise în special pentru disponibilitatea ridicată a serviciilor de web și baze de date, dar pot fi utilizate și în modele de servicii IaaS în cloud.

Termenul de *grid* computing a fost utilizat pentru prima dată în 1998 (Foster & Kesselman, 2003) presupunând agregarea și partajarea puterii de procesare a mai multor calculatoare într-un format transparent față de utilizatorul final și cu o adresare și accesibilitate globală.

Viziunea care stă la baza conceptului de grid este de a oferi acces la o capacitate teoretic nelimitată de resurse de procesare a informațiilor și putere de calcul într-un mod care este la fel de simplu și asemănător ca accesul la energia electrică.

Grid-ul poate fi implementat și utilizat în mod *privat*, asimilat, dar fără a se confunda, de multe ori cunoscut și sub denumirea de prelucrare distribuită (*distributed computing*) și *public* cu diferite forme de implementare și manifestare. În zilele noastre grid-ul public este întâlnit în prezent sub mai multe forme: grid-urile de cercetare (exemplu World Community Grid - worldcommunitygrid.org), sub forma rețelelor *peer-to-peer* (P2P; exemplu: rețelele de sharing tip torrente) și *rețele de botnet* utilizate în scop distructiv. În anul 2009, înregistrăm cea mai spectaculoasă revenire a grid computing-ului, sub forma rețelelor peer-to-peer, legată de introducerea monedelor electronice și a instrumentelor de minare a acestora. Pentru a obține *Bitcoin* un participant la rețeaua Bitcoin folosește puterea de calcul a calculatorului propriu, sau a unor instrumente dedicate conectate la propriul calculator (*asic*) pentru a întreține în fapt puterea de procesare a rețelei și a genera noi unități ale monedei electronice.

Rolul pe care îl au modele de prelucrare grid este exploatat de cercetarea științifică și mai puțin în domeniul activităților economice. Printre avantajele majore ale grid-ului amintim:

- disponibilitatea unui număr mare de calculatoare conectate la Internet, oferind putere de calcul într-un mod simplu și transparent, atunci când este nevoie de ea;
- utilizarea eficientă a resurselor de procesare răspândite global;
- limitarea costurilor cu resursele fizice necesare anumitor investigații științifice;
- accesul ca nod de prelucrare în grid este voluntar și se bazează pe dorința oamenilor de a-i ajuta pe alții.

În viziunea anumitor autori (Kondo, Javadi, Malecot, Cappello, & Anderson, 2009), ar trebui să existe o delimitare în definirea conceptelor de grid ca metodă de prelucrare distribuită utilizată de cercetători și *volunteer computing* – participare voluntară la procesarea de date. Volunteer computing-ul este mult mai des utilizat în rețelele P2P dar se bazează pe aceleași principii de funcționare, un nod al rețelei P2P primind sarcini de execuție și prelucrare în mod

transparent. Nu împărtășim părerea autorilor conform cărora acest concept face parte din categoria cloud computing-ului pentru că diferă în modul de implementare, întreținere și în calitatea serviciilor pe care le oferă (QoS) și nu este atractiv pentru companii. Un exemplu sugestiv este acela în care o companie care are nevoie la finalul unei luni de prelucrarea unui volum imens de date pentru obținerea unor rapoarte de sinteză, lansează la ora 3 AM o cerere de prelucrare către anumite rețele de volunteer computing în vederea obținerii rapide a informațiilor. Neavând nici un contract sau un acord de utilizare a serviciilor (SLA) este foarte probabil ca numărul de noduri de procesare în aria geografică de activitate a firmei să fie foarte mic, ceea ce ar putea provoca întârzieri în obținerea la timp a rezultatelor dorite.

Conform altor surse (Yeluri & Castro-Leon, 2014), cloud-ul de tip comunitate, *community cloud*, este în prezent predecesorul de drept a grid computing-ului, dar părerea noastră este că cele două modele de procesare distribuită vor coexista o bună perioadă de timp.

Cloud computing-ul apare în anul 2006/2007 ca o alternativă la cerințele în creștere a companiilor, în special pentru putere de calcul garantată, sigură, flexibilă și pentru a răspunde tendinței de mobilitate a propriilor angajați. Specificul serviciilor cloud este acela de a fi livrate prin intermediul Internetului sub forma aplicațiilor specifice (SaaS), ca platforme de dezvoltare și prelucrare a propriilor aplicații (PaaS) sau ca metodă de emulare a centrelor de calcul din on-premise (IaaS).

În scurt timp de la lansare, marile companii din domeniul IT&C au speculat potențialul enorm de afaceri al noului domeniu, investind sume considerabile de bani în centre de date specializate, cercetare, sisteme de întreținere la standarde ridicate precum și centre de suport dedicate. Utilizatorii finali sunt interesați deoarece serviciile oferite sunt la un preț rezonabil și pot fi accesate de pe orice browser, oferind acces la resursele informaționale și de calcul din orice locație facilitând colaborarea și lucrul de la distanță. Departamentele IT din cadrul companiilor au devenit interesate de noul model bazându-se pe o reducere a investițiilor de capital, eliminarea, cel puțin teoretică a constrângerilor legate de puterea de prelucrare și spațiul de stocare, dezvoltare și implementare rapidă a aplicațiilor și proceselor de afaceri precum și simplificarea modului de întreținere a mediilor de rețea complexe. (Mather, Kumaraswamy, & Latif, 2009)

În sens aproape unanim specialiștii domeniului abordează conceptul de cloud pornind de la definiția NIST (Mell & Grance, 2011) conform căreia: *cloud computing-ul permite furnizorilor de servicii cloud și al consumatorilor stabilirea unui set inițial de așteptări cu privire la managementul, securitatea și interoperabilitatea, precum și determinarea valorii juste generate de utilizarea tehnologiei cloud*.

Marea provocare pentru furnizorii de cloud devenea atingerea unui nivel al serviciilor disponibile în termeni de securitate, fiabilitate și performanță comparabile cu cele din infrastructurile locale. Pentru măsurarea corectă a fost necesară introducerea unui set de indicatori de calitate și performanță la nivel ridicat pentru câștigarea încrederii clienților. Astfel procentele de disponibilitate a serviciilor în cloud sunt mult mai mari decât pot fi asigurate de centrele de calcul locale. Amazon[4], Google[5] și Microsoft[6] specifică un timp de disponibilitate (*uptime*) de peste 99,9% a disponibilității serviciilor în SLA-urile proprii, în anumite condiții oferind despăgubiri clienților dacă procentul de uptime scade sub acest procent.

La începutul anilor 2000, odată cu dezvoltarea tehnologiilor de virtualizare, conceptul de consolidare a serverelor fizice vechi a asigurat continuitatea funcționării unor aplicații învechite pe o perioadă considerabilă de timp și o optimizare a costurilor cu întreținerea echipamentelor fizice vechi. Extensibilitatea și fiabilitatea virtualizării era în schimb limitată de resursele fizice ale centrului de calcul, fiind necesare permanent investiții pentru îmbunătățirea acestor parametri. De asemenea, modificarea aplicațiilor, actualizarea sistemelor de operare și alte operațiuni de întreținere introduc timp de inactivitate și de indisponibilitate în rularea aplicațiilor. Tehnologiile cloud au preluat succesul virtualizării oferind clienților capacități de extensibilitate a mașinilor virtuale, teoretic nelimitate, operațiunile de întreținere fiind planificate la intervale mari de timp. Specialiștii în proiectarea infrastructurilor de aplicații sau mașinilor virtuale în cloud sunt instruiți să configureze disponibilitatea serviciilor prin alocarea seturilor de resurse în locații geografice diferite.

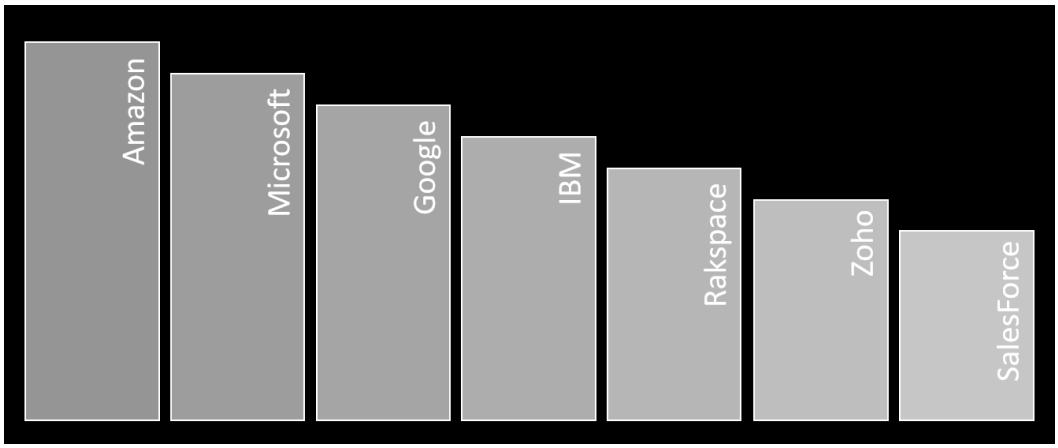
Epoca cloud computing-ului este considerată astăzi o piatră de hotar a tehnologiilor informaționale, impactul acestora în modul în care se vor derula afacerile viitorului fiind greu de anticipat. Puterea de calcul teoretic nelimitată, accesul de oriunde și colaborarea la un alt nivel va avea un impact direct în eficiența departamentelor de IT prin schimbarea modului în care își vor desfășura atribuțiile și a activității economice în general prin accesul mai rapid la activele informaționale din cadrul companiei.

Principalii critici ai modelului cloud anticipează o reducere a cererii de forță de muncă specializată în domeniul configurării, întreținerii și monitorizării rețelelor locale de calculatoare și a centrelor de calcul. Noile tendințe pe piața muncii demonstrează contrariul: există o schimbare relativă a domeniul de cunoștințe, dar studii paralele demonstrează o creștere a cererii de specialiști pentru domeniul rețelelor, chiar și în recenta perioadă de criză.

[4] Amazon EC2 Service Level Agreement - http://aws.amazon.com/ec2/sla/
[5] Google Cloud Storage, Google Prediction API, and Google BigQuery SLA - https://cloud.google.com/storage/sla
[6] Azure Services Service Level Agreement - http://azure.microsoft.com/en-us/support/legal/sla/

Administratorii de rețea se vor familiariza cu operațiunile din cloud, programatorii vor învăța noi metode de conectare și paradigme de programare specifice cloud-ului, specialiștii în baze de date vor continua să monitorizeze, optimizeze și întrețină baze de date din cloud, iar componenta de business va formula permanent noi și noi cerințe, adaptate la noile instrumente de producție, promovare și desfacere a produselor și serviciilor oferite.

Figura 2 – Principalii furnizori de cloud public (2014)



Sursa: Prelucrare proprie

Conform studiilor efectuate de Gartner în anul 2014, citate în mai multe surse (Marinescu, 2013) , principalii jucători pe piața de cloud sunt: Amazon, Microsoft, Google, IBM, Centrury Link și alți competitori de nișă.

La fiecare decadă de timp erudiții în tehnologie lansează o serie de concepte care devin virale în lumea tehnologiei (Rensin, 2012). O parte dintre ele se dovedesc a fi doar instrumente de marketing, altele precum cloud computing-ul persistă în timp și devin un fenomen care ne acaparează uneori fără să fim conștienți de implicațiile sale. Cele mai simple modele de telefoane mobile conectate la Internet au capacitatea de stocare a datelor în cloud, precum și instrumente de partajare sau colaborare cu alții. Lucrurile nu au început și nici nu se finalizează aici.

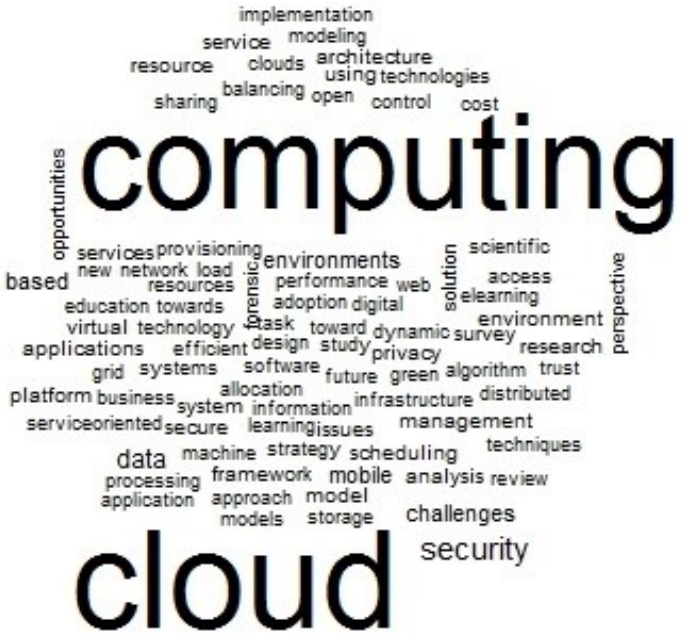
Evoluția tehnologiilor de procesare a datelor dă un nou sens termenului de putere de calcul (Dongarra & Walker, 2001). Chiar dacă este puțin mediatizat conceptul de *petascale computing* este frecvent întâlnit în domenii precum simulatoare climaterice, nucleare, chimie cuantică precum și în cercetarea spațiului cosmic. Fiind o tehnologie foarte scumpă, accesul la ea este limitat, oamenii beneficiind doar de rezultatele ei pentru încă o bună perioadă de timp.

În capitolele următoare vom detalia principalele caracteristici definitorii ale cloud computing-ului a modelelor de servicii și de implementare.

2 Caracteristici definitorii ale cloud computing-ului

Conceputul de cloud computing a devenit atât de omniprezent în activitatea economică și socială încât pare aproape normal să știm sau să înțelegem ce înseamnă. În fapt, sesizăm că multe din principiile și conceptele care guvernează acest concept devin pe zi ce trece tot mai transparente față de utilizatorul final.

Figura 3 - Proiecție plot a terminologiei cloud computing



Sursa: Prelucrare proprie în R.

Caracteristicile esențiale ale infrastructurilor cloud includ autoservice la cerere, acces în bandă largă la rețea, resurse utilizate în mod partajat, flexibilitate rapidă și instrumente de comensurare a calității serviciilor oferite. Accesul la cloud este permis în mod concurent unui număr mare de consumatori prin intermediul tehnologiilor de virtualizare cu funcții de *auto-scalare* și provizionare automatizate în funcție de numărul de cereri de procesare. Din punct de vedere teoretic cantitatea de resurse de procesare și stocare de care poate beneficia un utilizator este nelimitată.

În acest capitol vom descrie succint principalele caracteristici ale tehnologiilor cloud expunând principalele beneficii și limitări. Aceste caracteristici ne vor ajuta să prezentăm principalele modele de servicii și implementare a tehnologiilor cloud, precum și metodele de organizare, management și securitate a datelor.

2.1 Caracteristicile esențiale ale tehnologiilor cloud

În opinia unor autori (Grossman, 2009), cloud computing nu are o definiție standard, dar accepțiunea generală simplificată este acea de a oferi servicii computaționale prin intermediul unei rețele de calculatoare, în special Internetul.

În sens mai larg (Sosinsky, 2011), cloud computing-ul se referă la aplicațiile și serviciile care rulează pe sisteme de rețea distribuite, care folosesc tehnicile de virtualizare a resurselor și care pot fi accesate în mod general prin intermediul Internetului, folosind protocoalele și serviciile standard de rețea (Collier & Shahan, 2015). Cloud-ul asigură transparența resurselor fizice și a configurațiilor acestea, utilizatorii finali având percepția că resursele de care dispun sunt teoretic nelimitate.

Alți autori renunță să caute/ofere definiții (Sullivan, 2010) concrete ale conceptului, preferând să prezinte caracteristicile esențiale ale cloud-ului:

- Scalabilitate[7] masivă;
- Abilitatea de a aloca cu ușurință resurse;
- O platformă de management a serviciilor.

Menționăm că în opinia generală printre caracteristicile esențiale este menționată și noțiunea de *Securitate* cu toate implicațiile triadei CIA[8] (Oprea, 2007).

În demersul nostru de a accede spre zona tehnică spre zona tehnică, o altă caracteristică de bază este *auto-scalarea* cunoscută și sub numele de *provizionare,* care asigură flexibilitatea necesară alocării corecte în timp a resurselor de prelucrare. În sensul acestei afirmații, provizionarea nu este același lucru cu configurarea inițială a mediului de lucru intern (on-premise) și a celor din cloud pentru accesul la servicii: configurare rețea, implementarea mecanismelor de balansare a cererilor (NLB), configurarea firewall-urilor, configurarea inițială a imaginilor serverelor. *Auto-scalarea* se referă la menținerea unei alocări dinamice a resurselor de procesare în funcție de numărul cererilor de procesare în timp real. De exemplu, un cluster din cloud format din două noduri de procesare poate fi configurat să oprească funcționarea unuia din noduri (*decomisionare*) în momentul în care cantitatea de cereri de prelucrare este redusă. În contextul unei creșteri a cererilor, bazându-se pe indicatorii de calitate a latenței în oferirea răspunsurilor, sistemele de management ale cloud-ului, folosind funcțiile de auto-scalare pornesc la propriu serverul decomisionat fără a fi necesară intervenția administratorilor în acest scop.

Utilizând același mecanism de monitorizare a încărcării cu operațiuni de procesare, *provizionarea* alocă resurse suplimentare de cloud, care inițial nu au fost prevăzute. Din punct de vedere economic auto-scalarea presupune un mecanism de economisire a resurselor și

[7] Menționăm că în DEX nu există termenul de *scalabilitate*, el fiind adoptat în limba română relativ recent prin translatare fonetică a termenului englezesc *scalability* – folosit cu preponderență în domeniul tehnologiilor informaționale. Utilizarea corectă ar fi un derivat al termenului *scalare* care provine din psihologie și presupune măsurarea intensității opțiunilor, atitudinilor și cunoștințelor.

[8] CIA – Confidentiality Integrity Availability – Confidențialitate Integritate Disponibilitate.

implicit, facturi mai mici, provizionarea presupune plăți suplimentare pentru putere de procesare în vederea îndeplinirii unei sarcini de lucru punctuale.

Scalabilitatea în alocarea resurselor a apărut înaintea tehnologiilor cloud cu scopul de a construi arhitecturi de prelucrare a datelor care să combată efectele negative care afectează experiența de lucru a utilizatorilor (Wilder, 2012) în momentul în care încearcă rularea unor procese masive iar timpul de răspuns este în scădere.

Din punct de vedere al aplicațiilor *scalabilitatea* este măsurată prin numărul de utilizatori care pot accesa și utiliza în parametrii acceptabili aceeași resursă. Punctul în care utilizatorii nu se mai pot conecta la acea resursă este cunoscut sub numele de *limită de scalabilitate*. În *scalabilitatea pe verticală,* optimizarea procesului și obținerea de indicatori superiori de accesibilitate, se realizează prin suplimentarea, sau adăugarea, sau achiziția de dispozitive hardware la cele existente: procesor, memorie RAM, spațiu de stocare, lățime de bandă de rețea. Altă formă de manifestare a scalabilității este *scalabilitatea pe orizontală* care presupune alocarea de putere de calcul prin adăugarea unor noi noduri (alte calculatoare destinate procesării aceleiași cereri). Din punct de vedere fizic scalabilitatea pe orizontală este mai scumpă, dar ea a devenit eficientă și aplicabilă atât în local (on-premise) cât și în cloud, în contextul utilizării tehnologiilor de virtualizare.

În completarea principalelor caracteristici ale cloud-ului, alți autori (Mather, Kumaraswamy, & Latif, 2009) identifică noile oportunități de afaceri ale conceptului și introduc în lista de caracteristici esențiale conceptele de: utilizare partajată (*multi-tenancy*), plata doar pentru cât utilizezi (*pay-as-you-go*) și autoservire (*self-service*).

Partajarea resurselor sau *multi-tenanța*[9] este diferită de modelele clasice de prelucrare (centrele de calcul locale), care presupun deținerea unor echipamente specializate (servere) configurate și izolate prin securizare în mod corespunzător. Aceste resurse fizice pot executa operațiuni de procesare doar pentru proprietarul lor. În cloud, resursele fizice aparțin de drept unei companii (CSP[10]) care furnizează servicii cloud prin partajarea acestor resurse către clienții săi. Izolarea accesului se realizează pe mai multe straturi: nivel rețea, nivel mașină virtuală și nivel aplicație, stratul fizic de funcționare a serviciilor fiind complet transparent față de utilizatori.

Modelul economic al cloud-ului se bazează pe principiul: *plătești atât cât utilizezi* (pay-as-you-go) referindu-se la puterea de prelucrare și stocare alocată execuției unui proces, cât și pe durata

[9] Termenul nu are echivalent în nici o altă limbă în afară de limba engleză, fiind folosit sub forma multi-tenant. Traducerea construcției termenului ar putea fi: mai mulți chiriași sau multi-închiriere. Din punct de vedere fonetic în limba română termenul poate fi adaptat sub forma prezentată în această lucrare.

[10] CSP = Cloud Service Provider – Furnizor de servicii cloud.

utilizării acestora. Fiecare contract de furnizare a acestor servicii conține în mod detaliat prețul pe unitate de procesare, RAM, aplicații, capacități de stocare, sau sunt oferite pachete predefinite de mașini virtuale, care conțin configurațiile și aplicațiile dorite. Reducerea costurilor pentru pachetele pre-configurate se realizează prin configurarea tehnică a auto-scalabilității.

Autoservirea (self-service) în termenii tehnologiei informației este un concept elaborat bazat pe capacitatea utilizatorilor din business de a utiliza instrumente IT în îndeplinirea sarcinilor de serviciu. *Knowledge worker* (lucrătorul cu cunoștințele), în viziunea lui Peter Drucker, este principalul beneficiar al conceptului de *self-service*. Întâlnit destul de rar în companiile din România, autoservirea cu instrumente de procesare este totuși destul de des întâlnită în procesele de alocare a spațiului pe discurile companiei sau în instrumentele de *lucru colaborativ* cu sunt portalurile bazate pe tehnologiile SharePoint.

Din punct de vedere tehnic self-service presupune utilizarea unor instrumente simple pentru utilizator în vederea construirii unui mediu transparent complex de execuție a anumitor operațiuni. Instrumentele de asistență a operațiunilor (*wizard*) și-au dovedit atractivitatea chiar de la apariția lor în primele pachete software cu interfață grafică. Dar în partea ”nevăzută” a lor aplicațiile, sistemele de management și infrastructurile de aplicații cloud trebuie să fie capabile să execute operațiuni, uneori de o complexitate deosebită. În deservirea acestor tipuri de cereri fiecare infrastructură cloud trebuie să conțină un set de instrumente specifice de *automatizare* a operațiunilor, prin folosirea unor scripturi bazate pe linii de comenzi intuitive și cu suficient de mulți parametri încât să poată fi folosite în cât mai multe cazuri. Aceste comenzi sunt folosite și de specialiști în scopul provizionării inițiale a infrastructurilor de aplicații și servicii și sunt specifice fiecărui furnizor de cloud:

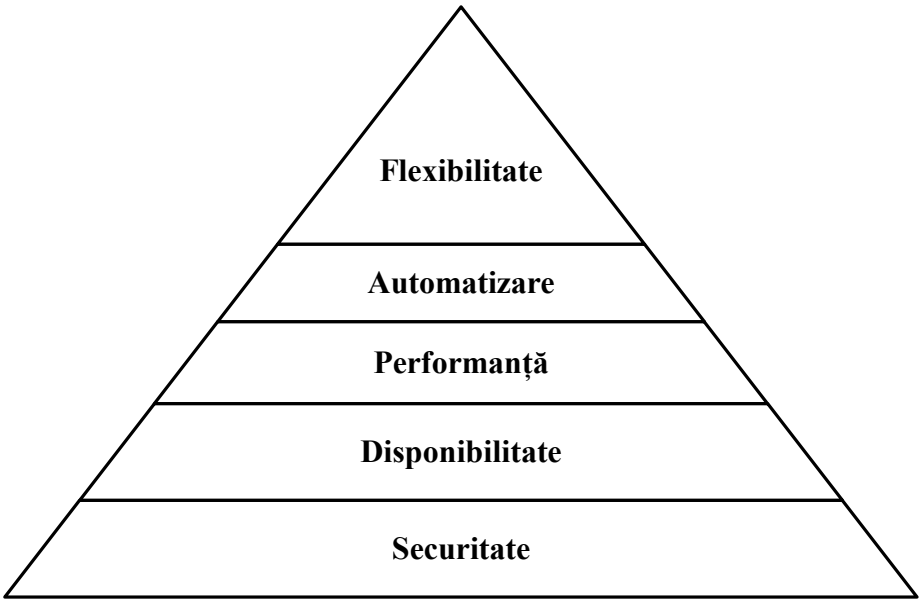
- Microsoft Azure și Office 365 folosesc pentru automatizare PowerShell, un limbaj de *scripting* dezvoltat încă de la începutul anilor 2000 și care permite automatizarea majorității tipurilor de procese din cloud;
- Google folosește Google Apps Script care este un derivat pentru cloud al limbajului JavaScript precum și SDK[11] pentru API-urile de interconectare la servicii;
- Azure Web Services folosește limbajul Java și Ruby pentru automatizare.

[11] SDK (Software Development Kit) – set de instrumente și librării software destinate în special programatorilor pentru dezvoltarea aplicațiilor personalizate

Modelele de autoservire în cloud trebuie să stabilească în mod imperativ un mod detaliat de comensurare a calității serviciilor (QoS[12]) pe care le oferă (Yeluri & Castro-Leon, 2014), așteptările utilizatorilor fiind întotdeauna legate de un timp de răspuns la cererile lor cât mai rapid.

Goetsch (2014) expune o ierarhie a caracteristicilor cloud-ului, oferind în acest fel o perspectivă a dependenței între concepte.

Figura 4 – Ierarhia caracteristicilor cloud computing



Sursa: Prelucrare după **(Goetsch, 2014)**

Într-un mod sec, scurt și concis, specific standardelor americane, definiția din NIST (Mell & Grance, 2011) a cloud-ului specifică existența a cinci caracteristici esențiale, trei modele de servicii și patru modele de implementare. Orice depășește această delimitare este literatură în viziunea anumitor critici fără efecte de implementare rapidă în practica din companiile americane.

Aceste caracteristici sunt:

- Autoservire la cerere;
- Acces pe bază de rețele de calculatoare de bandă largă;
- Partajarea resurselor de prelucrare;
- Flexibilitate rapidă;

[12] QoS – Quality of Services (calitatea serviciilor oferite) – este un concept utilizat în tehnologia informației care semnifică percepția utilizatorilor despre calitatea unui serviciu oferit prin intermediul rețelelor de calculatoare.

- Servicii comensurabile care în sensul definiției se referă la faptul că *sistemele cloud trebuie să asigure monitorizarea, controlul și optimizarea utilizării resurselor prin intermediul unor instrumente specifice de măsurare, la un nivel de abstractizare specific fiecărui tip de serviciu pus la dispoziție*.

În domeniul tehnologiilor informaționale, *abstractizarea* este o tehnică de gestionare a complexității sistemelor informatice. Scopul său este de a stabili un anumit nivel de complexitate care poate fi înțeles de un utilizator al sistemului, suprimând detaliile esențiale care guvernează nivelul de lucru la care utilizatorul are acces.

Cloud computing abstractizează detaliile de implementare a sistemului față utilizatori și dezvoltatori. Aplicațiile rulează pe sisteme fizice care nu sunt specificate, datele sunt stocate în locații care nu sunt cunoscute, administrarea sistemelor este *externalizată*, iar omniprezența utilizatorilor la acele aplicații nu este vizibilă decât în zona de cloud închiriată de companie.

Unde se află totuși infrastructura fizică a cloud-urilor? Fiind proiecte de maximă importanță suntem convinși că se află în zone geografice retrase și cu o securitate fizică a perimetrului bine asigurată. În diferite surse[13] și prospecte (Sosinsky, 2011) identificăm faptul că furnizorii de cloud au criterii bine stabilite de alegere a zonelor de amplasare a centrelor de calcul pentru cloud:

- Zone în care costul electricității este redus. Centrele de date pentru cloud conțin sute de mii de calculatoare fapt care determină un consum ridicat de energie electrică;
- Zone care pot oferi surse de energie regenerabilă (zone cu soare, cu vânt constant sau alte forme);
- Să dispună de resurse de apă din abundență. Apa rece reprezintă o metodă ieftină de răcire a echipamentelor de calcul, transformând-o în apă care poate fi transformată ulterior în aburi la costuri reduse, generând astfel energie suplimentară funcționării;
- Zona să permită din punct de vedere al terenului implementarea rețelelor de comunicații date de mare viteză. Un centru de calcul pentru cloud are nevoie de linii redundante de acces la Internet, pentru a asigura disponibilitatea garantată prin contracte. Această cerință implică amplasarea la distanțe cât mai egale de mai multe noduri mari ale rețelei de internet, regăsite de obicei în marile centre urbane;
- Costul pământului să fie redus, și poziționat în zone discrete cât mai izolat de zonele populate;

[13] We power the Microsoft Cloud - http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/cloud-os/global-datacenters.aspx

- Furnizorii de cloud plătesc taxe locale pentru proprietăți și nu numai, de aceea vizează locațiile geografice în care pot obține reduceri de taxe semnificative;
- Locații geografice în care activitatea seismică este cât mai redusă sau fără influențe climaterice și meteorologie semnificative.

Toate aceste strategii de amplasare a centrelor cloud oferă furnizorilor o marjă de profit suficient de bună în așa fel încât să poată oferi serviciile specifice la prețuri accesibile. În același timp sistemele de tip cloud permit utilizarea la maxim a puterii de calcul a serverelor sau dispozitivelor de prelucrare și stocare. Calculatoarele pe care le folosim în mod curent pentru activitățile economico-sociale nu ajung decât în cazuri excepționale să folosească întreaga putere a procesorului, sau întreaga memorie RAM și în rare cazuri tot spațiul disponibil de pe disc. În cloud, toate aceste resurse fizice sunt utilizate permanent în proporție de 60 până la 80% din capacitate (Yeluri & Castro-Leon, 2014). Această utilizare este posibilă datorită funcțiilor de *virtualizare* implementate în toate modele de cloud. Spre exemplu dacă dispunem de un server care are 16Gb de RAM și 1024 Gb de spațiu liber pe disc, putem crea cel puțin șase mașini virtuale cu 2 Gb RAM fiecare și un spațiu pe disc de 100 Gb. Restul resurselor sunt păstrate pentru provizionări ulterioare. Prin folosirea funcțiilor de auto-scalare putem crea chiar mai multe mașini virtuale pe același server care să deservească în mod serial diferite cereri.

Majoritatea specialiștilor în domeniul economic și al tehnologiilor de afaceri sunt oarecum preocupați despre modul în care funcționează cloud-ul în partea sa nevăzută, principalele întrebări care rezultă fiind legate de instrumentele de management al capacității cloud-ului de a deservi nevoile de afaceri pe un termen îndelungat de timp la un nivel de calitate specificat în SLA (Service Level Agreement) (Sabharwal & Wali, 2013).

Având în vedere varietatea de modele de implementare și organizare a serviciilor oferite de cloud este foarte important ca factorii de decizie din cadrul companiilor să fie corect informați în legătură cu tipul acestora și mai mult să poate fi pregătiți să facă o evaluare corectă a proceselor de afaceri care pot fi deservite de furnizori cloud.

Urmând tendințele din literatura internațională, autorii români asimilează cloud computing-ul cu un instrument de optimizare a activităților socio-umane. Chiar dacă este puțin utilizat în universități, (doar câteva universități din România folosesc tehnologii cloud pentru procesele academice și administrative), întâlnim exemple de propunere a aplicabilității în domeniul e-Learning-ului (Pocatilu, Alecu, & Vetrici, 2009), (Mircea & Andreescu, 2011), sau doar a evaluării asistate de computer (Homocianu & Airinei, 2015).

Într-un plan mai larg specialiști din domeniului cercetării academice mizează pe un impact major al cloud-ului în domeniile toate domeniile economice (Georgescu & Matei, 2013), a

contabilității (Țugui & Gheorghe, 2014), a marketingului digital în general (Daj, Samoilă, & Ursuţiu, 2012) sau a pieței de IT în particular (Munteanu & Fotache, Meeting technological challenges on the IT market in times of economic crisis: Cloud Computing, 2010), business intelligence (Mircea, Ghilic-Micu, & Stoica, 2011) și desigur așa cum era de așteptat în domeniul medical (Lupşe, Vida, & Stoicu-Tivadar, 2015) și al tehnologiilor mobile (Dospinescu & Perca, 2013).

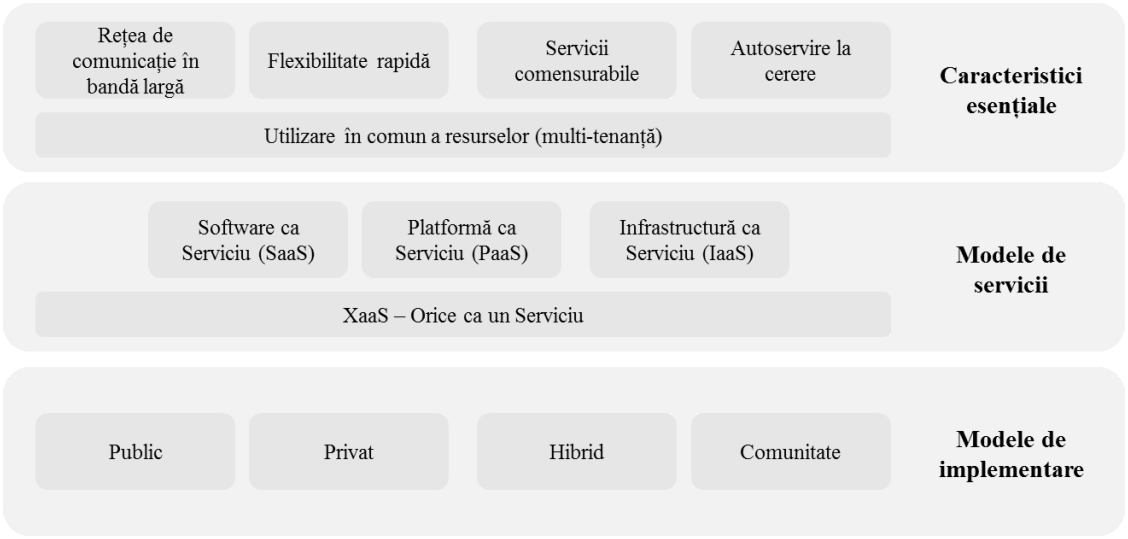
În sens economic adopția cloud-ului este supusă unor factori specifici (Avram (Olaru), 2014) , parcurși în detaliu și în această lucrare, precum și printr-o serie de măsuri de combatere a lipsei unei viziuni unitare de aplicare și utilizare a instrumentelor de tip ERP (Hurbean & Fotache, 2014), coroborată cu o lipsă de specialiști în domeniul acestor tipuri de instrumente în cloud. Cu toate că domeniul economic este predominant în această carte, nu trebuie să excludem domeniul jocurilor on-line găzduit în cloud (Ungureanu, Panu, Alboaie, Buraga, & Iftene, 2014), insuficient tratat în modelele de afaceri, dar care aduc un profit semnificativ anumitor companii.

Indubitabil nici pe viitor nu vom putea vorbi despre cloud fără a discuta despre securitate (Georgescu & Suicimezov, Issues regarding security principles in cloud computing, 2012), (Răduț, Popa, & Codreanu, 2012) ca principiu de asigurare a continuității afacerilor, precum și de zona specifică a instrumentelor de cercetare (Petcu & Vasilakos, Portability in Clouds: Approaches and Research Opportunities, 2014) cu principalele lor modele (Georgescu & Suicimezov, 2014) și metode de colectare, prelucrare și interpretare a rezultatelor.

Este demn de menționat în această secțiune existența unui capitol distinct cu privire la dezvoltarea tehnologiilor cloud computing în *Strategia Națională privind Agenda Digitală pentru România* (Ministerul pentru Societatea Informațională, 2014) în care sunt detaliate principalele strategii europene, naționale și linii strategice de dezvoltare a tehnologiilor.

Conchidem această secțiune cu o reprezentare grafică comprehensivă a terminologiei cloud rezultată din sinteza definițiilor NIST.

Figura 5 – Sinteza definiției cloud computing din NIST



Sursa: Adaptare după **(Yeluri & Castro-Leon, 2014)**

În capitolele următoare vom detalia principalele caracteristici ale modelelor de implementare și de servicii puse la dispoziție de tehnologiile cloud în directă legătură cu principalele caracteristici expuse în conținutul acestui capitol.

2.2 Principalele beneficii și limitări ale cloud-ului

Caracteristicile fundamentale prezentate anterior determină o serie de avantaje de care pot beneficia utilizatorii tehnologiilor cloud, pe care le expunem succint în această secțiune, o parte din ele fiind detaliate în capitolele următoare.

Abilitatea tehnică a furnizorilor de cloud de exploatare la un nivel ridicat a echipamentelor de calcul, precum și mediul concurențial destul de agresiv, determină un nivel redus al prețurilor pentru care sunt comercializate serviciile cloud. Clienții beneficiază astfel de o *prețuri mici* comparativ cu costul total de apartenență (TCO[14]) al puterii de calcul similare pe care ar trebui să o implementeze local (on-premise).

Datorită pachetelor predefinite de mașini virtuale și software preinstalat utilizatorii vor beneficia de un *acces mai ușor* la serviciile informaționale de care au nevoie pentru desfășurarea activităților. De exemplu, pentru a instala un server de baze de date on-premise este nevoie de un server dedicat pe care trebuie instalat un sistem de operare, configurate servicii specifice de stocare, instalare de aplicații prerechizite, instalarea aplicațiilor pentru bazele de date și configurarea și securizarea corectă a acestora. Toate aceste operațiuni necesită licențe, timp și

[14] TCO – Total Cost of Ownership – Costul total de apartenență, care include costurile de achiziție și întreținere a unui echipament de calcul.

oameni specializați. În cloud se poate alege un pachet predefinit de server care să aibă preinstalat sistemul de baze de date dorit. În felul acesta beneficiarul nu va plăti licențe sau timpul necesar instalării și configurării ci doar timpul de utilizare a respectivei mașini virtuale fiindu-i în acest fel mult mai ușor să aibă acces la serviciul de baze de date dorit.

Fiabilitatea și *calitatea serviciilor oferite* (QoS) sunt alte beneficii ale tehnologiilor cloud. Infrastructurile de rețea și mașinile virtuale pot fi configurate să asigure un nivel de balansare (NLB) în deservirea cererilor în mod dinamic, asigurând astfel *disponibilitatea* ridicată a serviciilor la un cost redus și un nivel tehnic mult mai performant decât instrumentele care ar putea fi configurate on-premise.

O reducere considerabilă a costurilor poate fi desprinsă și din *externalizarea* serviciilor de administrare și întreținere a infrastructurilor hardware și de rețea. Chiar dacă este asemănător cu *outsourcing*-ul, beneficiarul de cloud nu trebuie să încheie contracte de întreținere și de suport separate cu alți furnizori specializați. Această metodă de administrare simplifică și modul în care se realizează operațiunile de întreținere și update, responsabilitatea pentru acestea revenind exclusiv furnizorului de cloud. Uneori *upgrade*-ul sistemelor de operare se face la costuri de licențiere ridicate și implică o serie de teste prealabile de funcționalitate viitoare a aplicațiilor implementare. În cazuri excepționale operațiunile de întreținere și upgrade din on-premise induc o întrerupere pe o perioadă destul de mare a livrării serviciilor către beneficiarii din business.

Standardele americane în domeniul tehnologiilor (NIST) (Badger, Grance, Patt-Corner, & Voas, 2012) adaugă pe lista beneficiilor o serie de promisiuni frecvente pe care le fac furnizorii de cloud și care ar trebui să fie incluse în contractele de furnizare a serviciilor.

Disponibilitatea pe care o oferă furnizorii de cloud este cuprinsă între 99% și 99,5%, uneori anumite servicii fiind comercializate cu până 100% disponibilitate, ceea ce doar teoretic este posibil. Aceste cifre par a fi foarte mari, dar clienții trebuie să fie atenți la modul în care se calculează aceste procente de disponibilitate. De exemplu unele metode de calcul adresează o anumită perioadă de facturare de la 1 la 3 luni sau pot adresa o perioadă mai lungă de timp de până la un an.

Tabel 1 – Calcule timp indisponibilitate la un SLA de 99,5%

	Zile	Ore	Minute	Disponibilitate 99,5%	Ore indisponibilitate
Zi	1,00	24,00	1440,00	7,20	0,12
Luna	30,41	729,84	43790,40	218,95	3,65
Trimestru	91,23	2189,52	131371,20	656,86	10,95

Semestru	182,50	4380,00	262800,00	1314,00	21,90
An	365,00	8760,00	525600,00	2628,00	43,80

Sursa: Calcul propriu

Aparent un timpul de indisponibilitate de 7 minute la 24 de ore nu este chiar foarte mare. Depinde în schimb foarte mult de tipul afacerii. Luând exemplul unui magazin de comerț electronic care derulează zeci de tranzacții pe minut, aceste minute înseamnă clienți pierduți, factorul de multiplicare al insatisfacției fiind mult mai mare în cazul experiențelor negative, ceea ce înseamnă că dacă se repetă experiența în mod zilnic, întreaga afacere poate fi pusă sub semnul întrebării.

Analizând exemplul unui serviciu cu SLA la 3 luni, anticipăm un timp de indisponibilitate cumulată de aproximativ 11 ore. Interesant este că furnizorul de cloud poate experimenta o problemă tehnică majoră care-i permite în limitele contractului semnat o indisponibilitate de 10 ore simultan fără să fie afectat comercial sau juridic. Prejudiciul de imagine poate fi incomensurabil, de aceea furnizorii de cloud dispun de resurse umane specializate pentru monitorizarea serviciilor, prevenirea eventualelor cauze care pot provoca indisponibilitatea și echipe de restaurare rapidă în caz de întreruperi.

În cazul în care apar probleme majore de disponibilitate a serviciilor furnizorii de cloud sunt obligați să stipuleze în contracte un set de *despăgubiri* care se calculează de obicei ca procent din factura de servicii aferente perioadei de facturare agreate fără a depăși 100% din valoarea facturii pe care ar trebui să o plătească beneficiarul serviciilor. Responsabilitatea de a informa o întrerupere revine în sarcina clientului de cloud, care trebuie să informeze furnizorul în timp cât mai scurt de la sesizare cu privire la natura indisponibilității și durata de manifestare a acesteia. Furnizorii de cloud nu sunt obligați să informeze voluntar consumatorii despre eventualele întreruperi, în afara ferestrelor de mentenanță care trebuie să fie anunțate la intervale suficiente de timp în așa fel încât să permită clientului o dozare a activităților de procesare în afara acelor perioade.

Transparența este una din cheile încrederii în livrarea serviciilor de cloud, de aceea fiecare furnizor pune la dispoziția publicului larg o pagină de internet cu starea curentă a serviciilor precum și istoricul întreruperilor, motivarea acestora și metodele de remediere:

- Google Cloud Status: https://status.cloud.google.com/
- Amazon - Service Health Dashboard - http://status.aws.amazon.com/
- Microsoft Azure Status: http://azure.microsoft.com/en-us/status/

În cazul în care un client de cloud încalcă acordurilor contractului de furnizare a serviciului sau nu își plătește facturile la timp, furnizorul de cloud nu este obligat să asigure *persistența datelor* clientului, dar din rațiuni de natură comercială aceștia păstrează aceste date în cloud pentru o perioadă de până la 30 de zile, timp în care clientul are posibilitatea de a transfera informațiile către alt furnizor sau să creeze o copie de siguranță a lor în local.

Din punct de vedere legal, furnizorii de cloud se angajează *să nu vândă datele clienților*, sau să creeze licențe și patente în scopul obținerii de foloase materiale. Furnizorii de cloud pot accesa în mod excepțional datele clienților la solicitarea expresă a organismele judiciare.

Chiar dacă lista de beneficii este foarte mare și foarte mulți oameni sunt entuziasmați de acestea, aderăm la idea conform căreia cloud computing-ul nu este un panaceu (Sosinsky, 2011), fiind suficient de multe cazuri particulare de aplicații și servicii care nu rulează suficient de eficient și corect în contextul de cloud. De exemplu, este puțin probabil ca instituții financiare care vehiculează date financiare confidențiale să încerce o migrare spre instrumente de cloud publice. Nu generalizăm acest exemplu pentru companiile care intermediază tranzacții financiare fără a stoca informații detaliate despre acestea în cloud. De obicei în astfel de cazuri se folosesc metodele de implementare a cloud-ului în mod privat sau hibrid.

Principalele limitări ale cloud computing-ului specificate de furnizorii specializați în contractele legate de furnizarea serviciilor și calitatea acestora sunt legate de ferestrele anunțate de întreținere, forța majoră, elemente de securitate și schimbări ale API-urilor.

Întreținerea echipamentelor de calcul implică, indiferent de modul lor de organizare, o serie de întreruperi și disfuncționalități. Modelul ciclului de viață al unui sistem de operare implică o îmbunătățire continuă a anumitor componente (*updates*) care, în funcție de rolul lor, pot solicita utilizatorului repornirea sistemului de operare pentru aplicarea lor corectă. Mașinile fizice sau virtuale din cloud au la rândul lor nevoie de reporniri planificate a sistemelor de operare, timpul de neoperare al dispozitivelor respective fiind anunțat din timp de furnizor și nu este considerat din punct de vedere contractual o întrerupere excepțională de furnizare a unui serviciu. Dacă apar probleme, care necesită un timp suplimentar de rezolvare față de cel planificat, atunci intră în acțiune clauzele de indisponibilitate.

Strategiile de amplasare a centrelor de procesare pentru cloud, limitează teoretic *evenimentele naturale* care pot duce la întreruperea furnizării serviciilor. Furnizorii de cloud preferă totuși să se asigure contractual în fața evenimentelor de tipul dezastrelor naturale care pot genera întreruperi ale alimentării cu electricitate sau întreruperi ale conexiunii de rețea între client și furnizorul de servicii. De asemenea, nu intră în responsabilitățile furnizorului faptul că un client se află într-o regiune geografică lipsită de conectivitate la internet, care îi fac practic imposibilă

utilizatorului conectarea la propriile date și servicii. Pentru a diminua totuși aceste efecte, nu tocmai excepționale, furnizorii de cloud oferă clienților metode de acces la date în format *offline* sau *cached*. Chiar dacă au funcționalități limitate, clienții pot avea acces la propriile date stocate local. Cel mai sugestiv exemplu este reprezentat de agenda telefonică a mobilelor din ziua de astăzi sau a fotografiilor realizate cu aceste dispozitive. Modul de organizare permite stocarea în cloud a datelor, oferind clienților portabilitatea și partajarea aceluiași set de date între dispozitive, dar în cazul unor disfuncționalități ale conectivității, posesorii telefoanelor le pot utiliza.

Furnizorii de cloud își rezervă dreptul de *schimbare a acordurilor privind furnizarea serviciilor* oricând consideră necesar acest lucru, identificând astfel o altă limitare în adopția cloud computing-ului. Furnizorii anunță din timp aceste schimbări prin intermediul mesajelor de e-mail sau prin postarea pe site-urile proprii, în așa fel încât consumatorii să poată lua o decizie în acest sens, mai ales dacă schimbările se referă la costul serviciilor oferite.

Breşele de securitate cu toate implicațiile lor (modificarea neautorizată sau scurgerea datelor, întreruperea anumitor servicii), sunt considerate un risc pe care trebuie să și-l asume clientului. Furnizorii promit că vor depune toate eforturile pentru protejarea datelor clienților dar nu sunt definite în mod detaliat care sunt activitățile suspecte care pot fi considerate în responsabilitatea clientului și care revin furnizorului.

Schimbarea API-urilor este probabil cea mai puțin plăcută dintre limitările cloud-ului, furnizorii rezervându-și dreptul de a schimba sau șterge anumite API-uri atunci când consideră necesar. Această acțiune îi afectează în general pe programatori, și pot influența rularea corectă a unor aplicații din cloud până în momentul în care sunt actualizate.

2.3 Dimensiuni economice ale cloud-computing-ului

Cloud computing-ul reprezintă în același timp o afacere a timpurilor curente care va domina pentru o bună perioadă de timp modul în care se vor derula afacerile în contextul suportului tehnologiilor informaționale. Capacitatea de a lua decizii se bazează în zilele noastre pe puterea instrumentelor IT de a colecta, prelucra și livra informațiile pentru procesul decizional (Airinei, și alții, 2014).

Încă din vremurile timpurii ale apariției fenomenului de cloud computing, Weinman (2008) enunța un decalog economic al tehnologiilor cloud: *cloudonomics*, care au dictat până în prezent modul în care sunt furnizate-achiziționate serviciile din cloud.

Principalul beneficiu economic al soluțiilor de cloud computing îl reprezintă un cost total de deținere (TCO[15]) mai scăzut, ca urmare a utilizării eficiente a resurselor prin punerea în comun a acestora (multi-tenanţa) și inovațiile din domeniul tehnologiei. Spre exemplu (Sabharwal & Wali, 2013), prin folosirea tehnologiilor destinate virtualizării, câteva servere pot fi conectate într-un singur dispozitiv fizic, rezultând astfel reducerea costurilor și îmbunătățirea capabilităților de suport prin intermediul unui sistem de management al serviciilor centralizat.
Cloud computing-ul, ca model de afaceri este considerat eficient datorită faptului că transformă cheltuielile de capital în cheltuieli de exploatare, facilitând astfel disponibilitatea fondurilor financiare pentru derularea operațiunilor de afaceri curente. De asemenea, are rolul de a transfera o parte din riscurile de operare de la organizație către furnizorul de cloud (Sosinsky, 2011).
Companiile pierd adesea din vedere costurile indirecte care însoțesc achiziția, instalarea și utilizarea (operarea) serviciilor pe echipamentele informatice proprii, aceste costuri ajungând sa depășească uneori costul de achiziție al hardware-ului. Atunci când se realizează analiza costurilor, companiile trebuie să înglobeze toate elementele de cost, inclusiv:

- *Personalul implicat și costurile cu electricitatea*. Care este costul indivizilor care au drept scop negocierea preturilor de achiziție și al contractelor de suport? Care sunt costurile oamenilor din IT care operează echipamentele? Care sunt costurile cu electricitatea, sistemele de aer condiționat, chiria cu centrul de calcul în care este localizat echipamentul?;
- *Administrarea sistemelor și urmărirea activelor*. (Badger, Grance, Patt-Corner, & Voas, 2012) Care este costul cu personalul responsabil de administrarea sistemelor de baze de date și actualizării sistemului? Care este costul indivizilor care sunt responsabili de gestionarea licențelor software și/sau a închirierii de hardware și cine este responsabil de casarea acestor bunuri la sfârșitul ciclului de viață a acestora?
- *Costul de oportunitate* de a nu investi resursele monetare în alte obiective decât cele specifice afacerii. Există alte oportunități de utilizare a resurselor financiare decât investiția în echipamente și licențe? Aproximativ 70% din bugetul IT al marilor corporații este repartizat către întreținerea sistemelor și infrastructurii existente (Hugos & Hulitzky, 2011). Prin utilizarea serviciilor de cloud, o companie, poate reduce acest procent și poate investi banii în alte scopuri, care furnizează un profit mai mare.

[15] TCO – Total Cost of Ownership – Formulă de calcul comprehensivă a unei investiții în domeniul IT.

În abordările comparative ale investițiilor în cloud versus investițiile locale, specialiștii din domeniul economic folosesc metoda Capex versus Opex. *Capex* presupune o investiție pe care o face compania în bunuri fizice, care să deservească activitatea sa curentă. Capex implică indisponibilizarea sumei de bani investite, recuperarea investiției realizându-se pe parcursul mai multor exerciții economico-financiare prin amortizare. În cazul în care firma nu deține capital pentru investiția dorită, ea trebuie să apeleze la serviciile unei instituții financiare, care determină apariția costurilor suplimentare legate de obținerea fondurilor financiare (comisioane, dobânzi etc).

Opex reprezintă metoda de achiziție a dreptului de folosință a unui bun sau serviciu fără a fi neapărat în proprietatea companiei. Modelul Opex implică plata unei sume lunare de bani incluse în costurile operaționale. Avantajul metodei Opex este acela al faptului că permite, în funcție de tipul și clauzele contractuale, renunțarea la beneficiile aduse de acel produs sau serviciu, fără a mai plăti facturile viitoare. Un alt avantaj este, așa cum aminteam anterior, acela al transferului responsabilității cu privire la întreținere către proprietarul de drept al bunului. Dezavantajul Opex este acela al faptului că în prețul produsului sau serviciului sunt incluse per ansamblu cheltuieli suplimentare de gestionare a acestuia de către firma furnizoare, sub formă de comisioane, dobânzi sau asigurări. Chiar dacă este folosit la chirii și mașini, Opex se aplică cu preponderență drepturilor de utilizare a serviciilor care nu pot fi achiziționate în fapt: energie electrică, telefonie mobilă și alte utilități. Opex poate fi considerat ca model de plată și în domeniul resurselor umane.

TCO reprezintă o îmbinare a celor două modele de investiții. De exemplu: TCO = costul de achiziție a unui copiator (Capex) + costul cu curentul electric, toner și hârtie pentru utilizarea acestuia (Opex) Furnizorii de cloud propun companiilor client modelul de achiziție a serviciilor în format Opex, sumele de plată fiind plătite lunar, trimestrial sau anual la un preț prestabilit sau în funcție de consum. Fiecare serviciu de cloud este furnizat cu un set de specificații tehnice, achiziția unui pachet suplimentar presupunând plăți suplimentare.

Exista mai multe motive pentru care organizațiile considera cloud computing-ul ca fiind o alternativa viabila a utilizării tehnologiilor informaționale. Astfel, în viitorul apropiat viziunea asupra rolului atribuit departamentelor de IT va fi una diferită (Mather, Kumaraswamy, & Latif, 2009), în timp ce o serie de modele de distribuire a serviciilor precum și constituire a structurilor organizaționale din mediul (IT) tradițional ar putea fi remodelate pentru a fi în concordanta cu puterea de calcul furnizata prin intermediul cloud-ului. Printre aceste motive se numără:

- Costul redus al soluțiilor de cloud;

- Viteza de răspuns și flexibilitate crescute;
- Costurile IT corespund volumelor reale tranzacționate;
- Utilizatorii din mediul de afaceri dețin controlul direct al deciziilor în ceea ce privește tehnologiile utilizate și volumul acestora;
- Delimitarea dintre aplicațiile utilizate de utilizatori în mediul privat și cele utilizate în interiorul companiei tinde sa se estompeze prin utilizarea pe scară largă a tehnologiilor web în furnizarea serviciilor informaționale.

Avantajele implementării serviciilor utilizând infrastructura cloud au în vedere următoarele aspecte:

- timpul redus necesar implementării noilor servicii;
- controlul costurilor în timp real;
- scalabilitate în concordanță cu cererea;
- capacitatea de adaptare a resurselor utilizate.

Fiecare din avantajele enumerate se află în strânsă legătură cu arhitectura pe care este construit serviciul de cloud dar și cu practicile utilizate în cadrul procesului de management al costurilor de calcul și al serviciilor de stocare a informațiilor (Sullivan, 2010).

Principalele modele de furnizare a serviciilor de cloud, la momentul actual, sunt:

- *Contractele pe termen lung*: Clienții achiziționează capacitate (putere de prelucrare, spațiu) pe o perioadă de lungă durată, stabilită anterior. În cazul acestui model furnizorul de cloud poate oferi o reducere de la prețul standard având în vedere certitudinile oferite prin intermediul contractului fix semnat (cerințe consistente și de lungă durată), model similar celui de *hosting* pentru paginile web;
- *Putere de calcul la cerere*: în acest caz, clienților li se percepe taxă pe ora de utilizare a unui serviciu; principalul dezavantaj pentru furnizorul de cloud îl reprezintă faptul că de cele mai multe ori apar fluctuații în ceea ce privește cererea, întrucât clienții acestora, care de obicei sunt organizați în modele de implementare hibride, pot apela solicita resurse de prelucrare fără o estimare prealabilă, creând uneori probleme în alocarea cererilor. Pentru a face față acestor solicitări, furnizorul poate recurge la optimizarea randamentului infrastructurii doar într-un anumit context specificat (Sabharwal & Wali, 2013): un anumit număr de utilizatori și anumita dimensiune a cererilor de servicii raportate la disponibilitatea de putere de calcul de care entitatea dispune la un moment dat în timp.

Nu în ultimul rând, Sullivan (2010) afirmă că eficacitatea rezultata în urma reducerii timpului și costului cloud-ului va fi maximizată în situația în care strategia de afaceri va fi aliniată cu cea a serviciilor IT. În scenariile care au în vedere serviciile publice de cloud precum și cele de externalizare, un important aspect îl constituie oportunitățile consumatorilor de a utiliza resursele de calcul la costuri relativ reduse; în plus, cloud computing-ul promovează agilitate în afaceri prin reducerea costurilor presupuse de proiectele pilot, rafinând în etape succesive soluția finală.

În ciuda beneficiilor substanțiale implicate de utilizarea acestor tehnologii trebuie avute în vedere și o serie de riscuri economice pe care acestea le aduc cu sine:

- afectarea indicatorilor cu privire continuitatea proceselor de afaceri (Sullivan, 2010);
- schimbările care pot rezulta din modificarea SLA (Hugos & Hulitzky, 2011);
- dependența, în multe cazuri, de tehnologia proprietară a furnizorului de cloud (Smith, 2014);
- portabilitatea scăzută a serviciilor dezvoltate în cloud (Goetsch, 2014);
- interoperabilitatea scăzută între furnizorii de soluții cloud;
- modul de tratare a evenimentelor de tipul dezastrelor naturale și nu numai (Yeluri & Castro-Leon, 2014).

Planurile de continuitate a afacerilor reprezintă o adevărată provocare la adresa managerilor IT (Reese, 2009, pg. 65-66), iar contextul cloud complică oarecum scenariile de acces la serviciile proprii, din cauza lipsei de transparență a infrastructurilor fizice ale furnizorului de cloud și a mecanismelor de reconectare a centrelor de calcul locale sau din locațiile secundare la serviciile cloud.

Cumulând mai multe studii și articole de-a lungul timpului, s-a observat că există un tipar al firmelor care adoptă cu precădere tehnologiile cloud pentru întreaga activitate IT sau doar pentru anumite sectoare ale acestora:

- aplicații pentru comunicarea electronică (email sau IM) și colaborare;
- consolidarea infrastructurilor fizice de servere vechi prin virtualizare;
- companii din domeniul social media;
- companii care activează în domeniul afacerilor electronice;
- prelucrarea și analiza unor volume mari de date;
- aplicații mobile;
- aplicații CRM;
- creare de platforme pilot pentru testarea anumitor aplicații;
- servicii de creare a copiilor de siguranță sau pentru persistența fișierelor.

La nivel macroeconomic o serie de autori (Hill, Hirsch, Lake, & Moshiri, 2012, p. 53), subliniază rolul cloud computing-ului în accelerarea proceselor de globalizare prin modul în care modelele de implementare și de servicii puse la dispoziție dau o altă dimensiune colaborării dincolo de granițele fizice ale unei țări și a pieței globale de desfacere pentru aplicațiile implementate.

Un principiu important în contextul *migrării spre cloud* este asigurarea interoperabilității cu mediul de producție curent în așa fel încât să fie permisă migrarea rapidă de la o configurație la alta. Exemplu, dacă mediul de producție are anumite tipuri de baze de date atunci se recomandă cel puțin în primă fază utilizarea același model de implementare în cloud.

Sumar

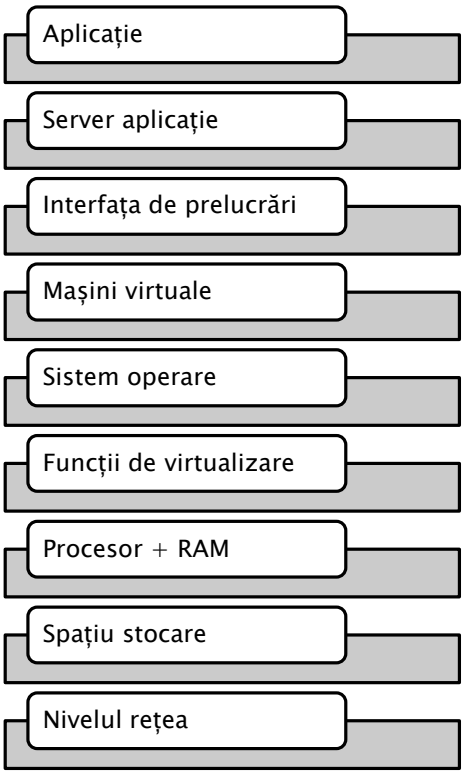
Cloud computing-ul reprezintă o alternativă viabilă la centrele de date locale ale companiilor. Un furnizor de cloud este responsabil solitar de achiziția de echipamente fizice și licențe și de întreținerea acestora. Furnizorii de cloud pun la dispoziția utilizatorilor un set extins de servicii de procesare și stocare a datelor, care îndeplinesc un set de caracteristici esențiale delimitând conceptul cloud de alte metode de procesare existente. Modelul economic de succes al furnizorilor de cloud este determinat de eficiența exploatării echipamentelor fizice și modul de comercializare a serviciilor: plătești atât cât consumi (pay-as-you-go).

Accesul la cloud se realizează în mod curent prin intermediul navigatoarelor de internet și presupune administrarea serviciilor prin intermediul unui portal web. Cloud computing-ul nu este un panaceu al problemelor tehnice și economice ale unei companii. Conceptul oferă o serie de beneficii extinse de exploatare dar și limitări specificate de obicei prin intermediul contractelor de livrare a serviciilor (SLA). Decizia de migrare în cloud trebuie să fie bazată pe o analiză completă și obiectivă a ofertelor tehnice și financiare precum și a responsabilităților pe care și le asumă fiecare parte contractantă.

3 Modele de implementare ale cloud computing-ului

La baza sistemelor informaționale moderne se află din punct de vedere tehnic nivelul de rețea. Echipamentele de producție, de monitorizare, înregistrarea evidențelor și de asistență a proceselor de desfacere sunt interconectate asigurând astfel fluidizarea circuitului informațional. Colectarea și prelucrarea datelor necesită un spațiu de stocare pentru a asigura persistența în timp. Echipamentele de calcul dispun de resurse fizice esențiale: procesor și memorie RAM pentru activarea sau nu a funcțiilor de virtualizare, necesare îndeplinirii principiilor de bază ale arhitecturilor informaționale moderne: utilizarea eficientă a resurselor, flexibilitate, extensibilitate, separarea responsabilităților, asigurarea disponibilității de nivel înalt. Echipamentele fizice au nevoie de sisteme de operare specifice pentru crearea sau nu a unei topologii de rețea de servicii virtuale care să permită prin intermediul interfețelor de prelucrări instalarea componentelor de suport a serverelor de aplicații. Nivelul aplicație este cel care permite accesul utilizatorilor pentru desfășurarea activităților curente, celelalte niveluri fiind de multe ori transparente față de acesta.

Figura 6 - Arhitectură generalistă a unui sistem informațional de rețea



Sursa: Adaptare după **(Goetsch, 2014)**

Goetsch (2014) consideră că acest model general de arhitectură este aplicabil tuturor formelor de implementare a sistemelor informaționale, atât în cloud cât și în local, diferența dintre modele fiind dată în primul rând de modul de administrare și proprietatea echipamentelor.

Literatura tehnică și academică este generoasă în termeni specifici cloud computing-ului sau care au fost adoptați și adaptați în acest domeniu din ce în ce mai vast. Unii autori consideră conceptul în sine un ”*buzzword*”[16] sau o sumă a acestora. Evoluția recentă ne confirmă că cloud-ul este un model concret și matur de a oferi servicii informaționale, depășind periodicitatea cu care se rulează termenii care se dovedesc a fi doar elemente de promovare sub altă înfățișare a conceptelor mai vechi. *XaaS* sau *EaaS* (Everything as a Service) – Orice ca un Serviciu, conțin

[16] *buzzword* – cuvânt fără echivalență în limba română și care reprezintă un cuvânt sau concept la modă în articolele științifice sau din media.

într-adevăr derivate excesive ale *aaS*-urilor care sunt considerate cu adevărat definitorii pentru cloud computing.

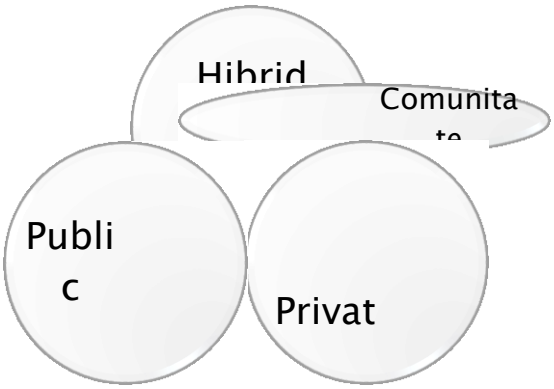
Sosinsky (2011) stipulează că în această mare de concepte, există totuși un consens general acceptat cu privire la două seturi de modele, care permit clasificarea serviciilor de tip cloud:

- *Modelele de implementare* – cu referire la forma de proprietate, localizarea și modul de gestionare a infrastructurii de tip cloud: public, privat, hibrid etc.;
- *Modelele de servicii* – cu referire la tipurile de servicii care sunt oferite clienților prin intermediul implementărilor cloud: SaaS, PaaS, IaaS etc.

Articolele tehnice și științifice tratează într-o ordine diferită analiza modelelor de implementare și de servicii, unii autori preferând să detalieze serviciile înaintea modelelor de implementare. Ordinea de prezentare în acest material este justificată de faptul că pentru a putea livra servicii către consumatori, furnizorii au nevoie de o infrastructură implementată.

Conceptul de cloud a acaparat în egală măsură interesul marilor companii de software cât și a corporațiilor de dimensiuni foarte mari precum și a instituțiilor de reglementare, cercetare și ale organismelor guvernamentale. În funcție de proveniența sumelor investite, a formei de proprietate și natura clienților s-au delimitat în timp trei modele principale de implementare ale cloud computing-ului și o formă încă nu foarte bine reglementată:

Figura 7 - Diagramă Venn de reprezentare a principalelor modele de implementare



Sursa: Proiecție proprie

- *Cloud-ul public* – bazat pe investițiile unei companii mari de software și destinat consumatorilor globali indiferent de dimensiune și domeniu de activitate;
- *Cloud-ul privat* – bazat pe investițiile unei companii sau unui conglomerat de companii *verticalizate*, destinat în mare parte exclusiv consumatorilor din interiorul companiei;
- *Cloud-ul hibrid* – bazat pe folosirea unor servicii oferite de cloud-ul public interconectate cu entități informaționale interne, destinat în mare parte companiilor de dimensiuni foarte mari și vizează extinderea anumitor capacități de procesare internă în scopul deservicii consumatorilor din interiorul companiei.

- *Cloud-ul de comunitate* – bazat pe partajarea în comun a resurselor unui grup de organizații din cadrul aceluiași domeniu de activitate economico-socială.

În articolele de specialitate identificăm și alte forme de implementare a tehnologiilor cloud, cea mai reprezentativă fiind aceea a cloud-ului de comunitate dar și forme derivate de tipul: *Distributed Cloud Computing* cu referire la sistemele informaționale distribuite, guvernate de principiile și caracteristicile cloud (Antonescu & Braun, 2014); arhitecturi *inter-cloud* cu referire la metodele și modul de integrare a serviciilor și resurselor între mai mulți furnizori de cloud public și mai multe cloud-uri private (Buyya, Ranjan, & Calheiros, 2010); arhitecturi *multi-cloud* (Petcu, 2014) cu referire la metodele de gestionare și operare a mai multor furnizori de cloud integrați cu cloud-uri private.
În continuare acestei cărți vom detalia principalele caracteristici ale modelelor de implementare prezentate, detaliind factorii care fac diferența între cele 4 modele.

3.1 Cloud-ul public

Modelul public de implementare a cloud computing-ului se adresează utilizării de către companii de orice dimensiune sau de către indivizi, în sensul accesului la resurse de procesare și stocare teoretic nelimitate. Este considerat un model economic de succes și este implementat de companii mari de software, instituții academice, guvernamentale sau de cercetare. Infrastructura fizică de deservire a clienților este localizată în centrele de procesare ale furnizorului de cloud.
Pentru a asigura un nivel ridicat de disponibilitate a serviciilor, furnizorii de cloud public dețin mai multe centre de procesare, amplasate în diferite regiuni geografice. Utilizatorul de cloud poate alege locația de amplasare a propriilor servicii din rațiuni de proximitate, sau în anumite cazuri pe baza constrângerilor legale. Legislația europeană este foarte strictă în privința protecția datelor cu caracter personal[17] îngreunând astfel procesul de adopție a cloud-ului în marile companii europene. Microsoft a fost primul furnizor major de cloud non-EU care a reușit să obțină un acord de comercializare a serviciilor de cloud public în Europa în prima parte a anului 2014[18].

[17] Directive 95/46/EC of the European Parliament and of the Council of 24 October 1995 on the protection of individuals with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data - http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31995L0046:en:HTML
[18] ARTICLE 29 Data Protection Working Party, Ref. Ares(2014)1033670 - 02/04/2014, http://ec.europa.eu/justice/data-protection/article-29/documentation/other-document/files/2014/20140402_microsoft.pdf

Furnizorii de cloud public își permit să păstreze un nivel redus al tarifelor bazându-se pe tehnica economiilor de scară: achiziție de cantități mari de dispozitive fizice, trafic de rețea, electricitate, dar și prin automatizarea propriilor procese de întreținere a echipamentelor (Goetsch, 2014).

Un exemplu tipic de utilizare a tehnologiilor cloud public este bazat pe nevoia de procesare pe termen scurt a unei cantități mari de informații, la perioade îndelungate de timp. Un exemplu concret din România este site-ul pentru Bacalaureat al Ministerului Educației și Cercetării Științifice, realizat în parteneriat cu firma Siveco pe platforma Microsoft Azure. Interesul pentru acel site crește foarte mult în perioada susținerii examenelor și a afișării rezultatelor. Momentele de încărcare maximă a platformei sunt de două maxim trei ori pe an. Nu cunoaștem detalii tehnice despre nivelul încărcării cu cereri după afișarea rezultatelor, dar de exemplu pentru sesiunea din iunie/iulie în 2015, la afișarea rezultatelor site-ul nu a mai răspuns cererilor de accesare în timp util, ajungând până la nivelul de time-out în toată dimineața zilei de 7 iulie (detalii și în presa perioadei). La câteva zile distanță, încărcarea unor liste de sinteză durează sub o secundă ceea ce înseamnă o performanță foarte bună. Practic această întrerupere nu ar fi trebuit să existe având în vedere funcțiile de auto-scalare și provizionare ale cloud-ului public, una din caracteristicile sale esențiale. Nivelul de flexibilitate a implementării, sau elasticitatea, așa cum este adesea tradusă în materialele în limba română, trebuie estimată și configurată corect și încadrată într-un plan bugetar care să permită operațiunile de provizionare în mod corespunzător numărului de cereri.

Un alt model de aplicabilitate și utilizate a cloud-ului public este acela al comerțului electronic. În momentul în care competiția pe piața digitală este din ce în ce mai aprigă, comercianții electronici trebuie să fie cât mai dinamici, satisfacția clientului fiind direct legată de viteza de deschidere a paginilor și calitatea serviciilor de căutare și organizare a datelor. În partea ”nevăzută” a site-urilor de comerț electronic funcționează aplicații de business intelligence care calculează în timp real traseul unui client prin site în așa fel încât să-i poată oferi variante multiple de produse.

Oarecum în același sens cu afirmația anterioară, cel mai mare *retailer* de comerț electronic mondial, Amazon, a devenit primul furnizor de servicii cloud la nivel mondial.

Pe lângă puterea de procesare, beneficiul imediat pentru client este legat de modul de licențiere și de optimizarea cheltuielilor cu echipamentele de calcul. Nu luăm în calcul economiile corelate cu instalarea, configurarea, întreținerea și suportul aplicațiilor.

Un cost mult prea puțin promovat în materialele care susțin conceptul de cloud este acela al transferului de date (Sullivan, 2010). În contextul, puțin probabil, în care toate datele companiei,

aplicațiile și alte servicii informaționale ar fi stocate într-un cloud public, companiile trebuie să ia în calcul cheltuielile de acces și descărcare/încărcare a lor. Costurile cu accesul la Internet cresc și mai mult odată cu implementarea serviciilor redundante: Internet prin cablu de la doi furnizori, sau prin cablu și prin mobil.

Prin faptul că serviciile de cloud publice sunt adresate oricui de pe Internet și a caracteristicilor de multi-tenanță, scepticii modelului consideră că datele unei companii pot fi stocate în același loc cu ale altei companii (Goetsch, 2014), orice breșă teoretică de securitate oferind acces altui client la datele altcuiva. De asemenea, pentru accesul la cloud-ul public, pachetele de date pot traversa orice rută, care la un moment dat poate fi interceptată și decriptată.

Majoritatea specialiștilor consideră că aplicațiile critice pentru derularea afacerii ar trebui să nu fie partajate exclusiv în implementările publice de cloud pentru a diminua riscul unei indisponibilități de durată a serviciilor oferite recomandând variantele hibride de implementare. În opinia noastră cloud-ul public este o oportunitate de a folosi putere de calcul de dimensiune mare, de a avea acces la versiuni de aplicații pe care nu mulți își permit să le achiziționeze și nu în ultimă instanță pentru procesele de învățare.

Cei mai mulți consumatori în contextul serviciilor de cloud public sunt la ora actuală posesorii de telefoane mobile inteligente, o mare parte a datelor lor, fotografii, contacte, mesaje, copii de siguranță fiind stocate în cloud. Apple, Google și Microsoft sunt cei mai mari furnizori de cloud public pentru dispozitivele mobile, pentru stocare și pentru achiziția de aplicații. În același timp companiile Google și Microsoft oferă în mod gratuit clienților pachete de aplicații de creare și prelucrare a documentelor de tip Office. Clientul primește acele servicii în mod aparent gratuit, dar firmele furnizoare recuperează o parte din costurile de întreținere prin publicitatea contextuală. Alteori sunt considerate *costuri de fidelizare*: un serviciu oferit gratuit unei persoane o face să meargă pe aceeași linie de produse: tip de telefon, sistem de operare, furnizor de servicii și altele.

3.2 Cloud-ul privat

Cloud-ul privat este derivat din centrele de prelucrare a companiilor de dimensiuni mari și este adresat în special utilizatorilor din cadrul acelei companii. Drepturile de proprietate a echipamentelor și licențelor aparțin companiei care implementează această formă de organizare a livrării serviciilor informaționale. În același timp responsabilitatea pentru întreținerea, monitorizarea și dezvoltarea serviciilor de cloud aparțin companiei.

O formă distinctă a cloud-ului privat este aceea a unei terțe companii specializate care se angajează să ofere aceste servicii partenerilor instituționali (Jansen & Grance, 2011). Este

aplicabil de obicei companiilor de dimensiuni mari și foarte mari sau a companiilor pe verticală. În această formă de organizare, echipamentele și licențele aparțin companiei proprietare iar întreținerea, dezvoltarea și suportul este externalizat către firma specializată, între cele două existând un SLA similar acestor tipurilor de servicii în cloud.

Încercarea de a oferi toate serviciile informaționale prin intermediul unui cloud privat poate crește foarte mult valoarea investită în echipamente și licențe, iar odată cu creșterea complexității vor crește și costurile de întreținere. Cel mai important aspect al planificării unui cloud privat este *determinarea corectă* a serviciilor care pot fi oferite în acest mod de organizare. Din ce în ce mai multe companii preferă să implementeze în cloud serviciile de stocare, e-mail, colaborare și o serie destul de limitată de aplicații de business (Bittman, 2012). În etapa de planificare a serviciilor unui cloud privat, companiile trebuie să respecte principiul controlului sau al costurilor, realizând o analiză corectă a gradul de utilizarea a acestora, capacitatea de standardizare a serviciului și operațiunile de automatizare a livrării serviciului în așa fel încât să poată fi accesat într-un timp cât mai scurt.

Succesul unei implementări private se bazează pe *agilitatea* componentei de business în utilizarea instrumentelor tehnologiei informaționale. Departamentele de IT pregătesc serviciile pentru autoservire iar angajații apelează la cerere aplicațiile și serviciile de care au nevoie pentru desfășurarea activităților curente.

Autoservirea în IT sau self-service-ul implică o serie de automatizări în deservirea cererilor și politici de guvernanță bine definite, dar în ciuda numeroșilor critici, are *avantajul vitezei de acces* la serviciile informaționale. Un exemplu comparativ se bazează pe necesitatea creării unui site de lucru colaborativ pentru o echipă de lucru în cadrul unui proiect din cadrul companiei. Responsabilul de proiect trebuie să depună o cerere pentru crearea unui spațiu de lucru în cadrul sistemului colaborativ din cadrul companiei. Cererea implică un proces de analiză și aprobare care poate dura mai multe zile în funcție de numărul de pași parcurși în procesul de aprobare. După aprobare urmează implementarea acelui site, prin alocarea la un departament specializat de implementare care centralizează toate cererile de același tip. Implementarea presupune activarea anumitor funcționalități specifice, acordarea de permisiuni, livrarea documentației sumare și o scurtă instruire a membrilor echipei. În format self-service, responsabilul de proiect are la îndemână un asistent electronic de creare a site-ului. Instrumentele de automatizare verifică respectarea procedurilor de guvernanță, creează site-ul automat și notifică membrii echipei că pot începe utilizarea acestuia. Timpul necesar se reduce de la câteva zile la câteva minute.

Conceptul de virtualizare și stocare centralizată nu reprezintă concepte exclusive ale cloud-ului. Diferența dintre un centru de prelucrare de mari dimensiuni ale unei companii mari și o formă de cloud privat apare abia în momentul în care este implementat corect termenul de autoservire (self-service) cu aplicații și instrumente informaționale pe baza unui catalog de servicii pus la dispoziția utilizatorilor.

Conceptul de cloud implică în mod teoretic o reducere a costurilor de deservire a utilizatorilor și a costurilor operaționale și de întreținere. Această perspectivă impune o nouă delimitare între centrul de calcul tradițional și cloud-ul privat. Linia de demarcație între cele două concepte este foarte subțire. Succesul economic al furnizorilor de cloud privat: divizii proprii sau furnizori externi dedicați, este dat de modul în care reușesc să ofere servicii specializate într-un timp cât mai scurt și la costuri reduse.

Din punct de vedere al agilității identificăm o diferență de natură tehnică: conceptul de virtualizare este un model orizontal de extensibilitate prin acumularea de putere de calcul prin alocarea de resurse de prelucrare, comparativ cu cloud-ul care reprezintă un model de dezvoltare pe verticală prin adăugarea de servicii.

Pentru a implementa arhitecturile de tip cloud privat, companiile trebuie să investească sume considerabile de bani pentru dezvoltarea mai multor centre de prelucrare în locații geografice diferite bazându-se pe aceleași principii de implementare ale centrelor de calcul a furnizorilor de cloud public. Totodată centrele de prelucrare trebuie să îndeplinească o serie de cerințe standard de implementare, standardul general acceptat fiind TIA-942 – Standardul de implementare a centrelor de calcul[19].

Din punct de vedere al funcționalității și operării infrastructurilor fizice de servere, cele mai reprezentative cerințe ale standardului fac referire la:

- Alimentarea cu energie electrică folosind linii redundante de electricitate și generatoare de curent care să preia automat sarcinile de alimentare în cazul în care apar întreruperi sau fluctuații;
- Climatizarea trebuie să asigure o temperatură constantă (18^0-27^0 Celsius fără variații mai mari de 5^0 Celsius pe oră) și în același timp un nivel de umiditate corespunzător (maximum 60%);
- Metode de prevenire și stingere a incendiilor, bazate de obicei pe spumă sau gaz inert;
- Securitatea fizică.

[19] TIA-942 Certified Data Centers | Consultants | Auditors | TIA-942.org - http://www.tia-942.org/

Obiectivele care trebuie îndeplinite pentru ca un centru de prelucrare să fie considerat un cloud privat sunt:

- asigurarea unei infrastructuri convergente prin omogenizarea și standardizarea echipamentelor utilizate;
- asigurarea instrumentelor de automatizare pentru managementul aplicațiilor, sistemelor de operare pentru întreaga infrastructură;
- implementarea unui catalog de servicii informaționale (O'Loughlin, 2010) care să poată fi utilizate prin autoservire;
- responsabilizarea utilizatorilor prin implementarea unor politici specifice de cost al utilizării resurselor și serviciilor (Burns, 2014). Utilizatorii nu plătesc efectiv bani pentru utilizarea serviciilor respective, dar o parte din bugetul departamentului sau echipei este direcționat către asigurarea continuității serviciilor cloud-ului privat.

Activitățile cheie care trebuie derulate în implementarea fizică a centrelor de cloud privat sunt:

- Alocarea sau relocarea și instalarea fizică a echipamentelor de prelucrare și rețea; relocarea trebuie să se desfășoare fără a afecta serviciile de business care sunt în uz (Sullivan, 2010);
- Documentarea, dezvoltarea și implementarea procedurilor operaționale;
- Implementarea cadrului general de management al infrastructurilor, aplicațiilor și modului de livrare pentru utilizatori.

La momentul scrierii acestei cărți cele mai cunoscute soluții de creare a cloud-urilor private sunt:

- System Center 2012 – Microsoft;
- IBM Cloud – IBM;
- vCloud Suite – VMware;
- CloudPlatform – Citrix;
- Cloud Forms – Red Hat.

Pentru mai multă productivitate, standardizare, automatizare și întreținere, majoritatea implementărilor de cloud privat folosesc o serie de instrumente specifice de management, firme precum VMware, Dell, HP, IBM fiind în topul producătorilor de astfel de instrumente de management. Decizia în a achiziția celui mai bun instrument pentru managementul cloud-ului privat trebuie să aibă în vedere următoarele:

- *Capacitatea de diagnoză*: presupune identificarea corectă a erorilor și mecanisme de alertare în caz de defecțiuni;

- *Suportul pentru platforme multiple*: presupune capacitatea instrumentului de a putea gestiona mi multe mecanisme de virtualizare;
- *Capacitatea de monitorizarea* a resurselor care nu sunt suficient utilizate și decomisionarea acestora în vederea eficientizării costurilor de operare;
- *Capacitatea de raportare* a performanțelor.

În Tabelul 2 prezentăm comparativ caracteristicile distinctive dintre cloud-ul public și cloud-ul privat.

Tabel 2 – Comparație între caracteristici

Cloud public	**Cloud privat**
Flexibilitate completă	Flexibilitate redusă
Capacitate teoretică nelimitată	Capacitate fizică fixă
Plata pentru utilizare comensurabilă	Preț fix pe serviciu
Dezvoltare sau adaptare a aplicațiilor oferite	Aplicațiile dedicate
Configurare de către furnizor	Configurare de compania proprietară
Întreținere și gestionare de furnizor	Întreținere și gestionare de companie
Capacitate limitată de schimbare a configurațiilor de bază	Capacitate completă de schimbare a configurațiilor de bază
Capacitate limitată de utilizare a dispozitivelor hardware personalizate	Capacitate completă de utilizare a dispozitivelor hardware personalizate

Sursa: Adaptare după (Goetsch, 2014)

Decizia de a alegere a unei forme de implementare are la bază atât factorii de cost, cât și factorii de securitate și arhitectură a aplicațiilor actuale ale unui sistem informațional.

3.3 Cloud-ul hibrid

Cloud-ul hibrid reprezintă o formă de organizare a sistemelor informaționale prin utilizarea componentelor locale, organizate sau nu în formă de cloud privat, și a funcțiilor specifice cloud-urilor publice. Avantajele acestui model sunt reprezentate de un echilibru între aspectele economice, tehnice și de securitate.

Cloud-ul public poate fi utilizat ca o extensie a infrastructurilor de cloud privat, o serie de procese standardizate și date care nu sunt esențiale pentru propria afacere, pot fi găzduite în cloud-ul public (Sullivan, 2010). Implementarea trebuie să fie transparentă față de utilizatori și reprezintă în fapt o singură entitate din punct de vedere managerial. Teoretic flexibilitatea balansării prelucrărilor între public și privat este nelimitată (Farley, 2013), practic implementările de acest gen depind foarte mult de tipul serviciilor alese, de similaritățile aplicațiilor și serviciilor din public versus privat și nu în ultimul rând de viteza de transfer a datelor.

Presupunând că o mașină virtuală partajată între public și cloud prelucrează o anumită cantitate de date, o întrerupere a funcționării uneia dintre ele ar trebui să nu fie detectabilă de utilizator. În mod concret acțiunile care se întâmplă în momentul întreruperii sunt:

- instrumentele de monitorizare observă în timp real faptul că o mașină nu mai este disponibilă;
- declanșează mecanismele de migrare în timp real, folosind rețeaua de Internet prin VPN;
- confirmă consistența și integritatea datelor transferate la destinație;
- scalează puterea de calcul a mașinii virtuale rămasă ultimul nod în prelucrare.

Toate aceste operațiuni necesită un număr de secunde, care însumate alterează experiența de lucru a utilizatorilor în timpul prelucrării.

Metodele de gestionare, operare și întreținere pot fi integrate, funcțiile de monitorizare din cloud-urile publice sunt utilizate pentru managementul centralizat al cloud-ului hibrid, sau pot fi descentralizate, fiecare serviciu informațional fiind deservit fie din local fie din cloud-ul public.

Tehnologia de bază care asigură integrarea dintre cele două sau mai multe componente ale cloud-ului hibrid este VPN[20]-ul (rețelele virtuale private). Rețelele private sunt la ora actuală cele mai sigure canale de comunicație a datelor în mod securizat prin utilizarea rețelelor publice de Internet.

Exemple de implementare a cloud-ului hibrid:

- Puterea de prelucrare este în cloud, datele de lucru sunt în cloud, persistența datelor este în local;
- Servicii generaliste: mail, colaborare, comunicare instant sunt în cloud public, autentificarea este în cloud privat.

Un model fiabil de implementare a cloud-ului hibrid vine ca răspuns al cerințelor sistemelor de management al securității (ISO 27001[21]) care impun companiilor să dețină centre de date și prelucrare alternative (Greavu-Șerban, Prezentare ISO27001: sistemul de management al securităţii informaţionale, 2010). Asigurarea continuității afacerii (BCP[22]) și a locațiilor secundare de recuperare în caz de dezastru implică investiții și eforturi ridicate, iar de cele mai

[20] VPN – Virtual Private Network – Rețea Virtuală Privată, asigură conexiunea securizată între două locații ale aceleași companii.

[21] ISO/IEC 27001 - Information security management – Managementul securității informațiilor, sistem de standardizare a nivelului de securitate din cadrul companiilor, aplicabil și în România. Detalii la: http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso27001.htm

[22] BCP – Business Continuity Planning – Planul de continuare a afacerii, un set de reguli și proceduri de urmat pentru asigurarea continuității operațiunilor de bază ale companiei în caz de dezastre.

multe ori nu sunt întreținute corespunzător (dezvoltările din locația principală nu sunt replicate sau suficient testate în locația secundară, copiile de siguranță nu sunt restaurate complet sau nu sunt testate periodic, versiuni diferite ale aplicațiilor etc.) pentru a putea relua în scurt timp activitatea firmei în cazul unei întreruperi a activității locației principale. Implementarea modelului de cloud hibrid în acest caz presupune crearea unei locații secundare de date în cloud (Garber, Malik, & Fazio, 2013).

În opinia generală, principalul dezavantaj al cloud-ului hibrid este legat de transferul datelor companiei dincolo de ”granița” firewall-urilor (Sullivan, 2010). Furnizorii de cloud public oferă asigurări cu privire la confidențialitatea, integritatea și disponibilitatea datelor, dar există un număr însemnat de manageri care sunt suspecți cu privire la siguranța datelor proprii. Un dezavantaj derivat este legat de faptul că un volum mare de date sunt transferate prin rețele publice de Internet, fapt care duce la creșterea costurilor cu accesul la Internet dar și la riscul de a fi interceptate prin locurile prin care trec.

Un alt dezavantaj este legat de costurile mari de implementare și gestionare a complexității. Oricât de bune ar fi instrumentele de integrare, la ora actuală există puțini specialiști care să realizeze integrări perfectibile într-un timp și la costuri rezonabile.

Pentru diminuarea latenței în rularea aplicațiilor cu distribuție hibridă, unii autori (Tulloch, 2013) recomandă schimbarea paradigmei de dezvoltare a aplicațiilor de business prin asigurarea mecanismelor de persistență a datelor istorice în on-premise și păstrarea datelor de lucru în cloud.

3.4 Cloud-ul de comunitate

Cloud-ul de comunitate, cunoscut și sub acronimul C3[23], reprezintă unul din cele mai vehiculate modele de implementare a cloud-ului pe lângă cele trei deja consacrate. În acest model, infrastructura cloud este dezvoltată pentru utilizarea unei comunități specifice de utilizatori din organizații care partajează o misiune comună, aceleași cerințe de securitate, politici și elemente de guvernanță comune (Sosinsky, 2011). Proprietarul unui cloud de comunitate poate fi o organizație, companie sau mai multe organizații din același sector economico-social, sau politic, sau de o terță parte, diferită de furnizorii publici de cloud.

Diferența față de cloud-ul privat este dată de partajarea costurilor de implementare și operare din bugetele mai multor organizații sau companii. Unul din cele mai întâlnite exemple se

[23] C3 – Community Cloud Computing – Cloud computing pentru comunități

bazează pe strategiile guvernelor lumii de implementare a propriilor instrumente de cloud pentru comunitățile din diferite sectoare de activitate economico-socială.

Specialiștii (Marinos & Briscoe, 2009) delimitează o serie de concepte care diferențiază cloud-ul de comunitate de celelalte modele, cele mai importante fiind:

- Deschiderea – presupune acceptarea la cerere a partenerilor din cadrul aceleiași comunități;
- Comunitatea – caracteristică socială de specializare a cloud-ului comunitar pe anumite domenii de activitate;
- Identitate – construirea și adopția unei identități comune pentru participanți;
- Independență – față de furnizorii de cloud public;
- Control – pe baza reglementărilor și a politicilor comune asigurat la nivelul tuturor componentelor cloud-ului;
- Metode de plată interne – cu referire la faptul că plata pentru serviciile consumate din cloud se poate realiza și prin compensare sau servicii colaterale;
- Natura serviciilor oferite – cu referire la specializarea aplicațiilor și serviciilor și dezvoltarea ierarhică a acestora.

Având originile în grid computing, cloud-ul de comunitate poate fi implementat din punct de vedere tehnic prin partajarea resurselor neutilizate ale calculatoarelor membrilor comunității. În felul acesta se poate beneficia de putere de calcul și stocare mare, dar variabilă și neasigurată. Beneficiul economic este dat de reducerea substanțială a investițiilor și de costul redus cu echipamentele, precum și din economiile calculate pe baza duratei de neutilizare a echipamentelor. Pentru a părea diferit de grid computing, managementul nodurilor de prelucrare este organizat sub forma unui centru de date virtual.

Cloud-ul de comunitate poate fi privit ca o entitate în sine care deservește utilizatorii mai multor comunități. Având în vedere diversitatea culturilor organizaționale, specificul regional sau lipsa unor reglementări concrete, pot apărea o serie de probleme specifice:

- Asumarea responsabilității: delimitarea clară a responsabilităților fiecărui participant și impunerea unor norme de conduită;
- Asigurarea funcționalităților și suportului;
- Stabilirea modului de plată pentru serviciile consumate și metode de comensurare corectă a acestora;
- Licențierea: stabilirea corectă a proprietarului licențelor și definirea drepturilor de utilizare în conformitate cu numărul de participanți;

- Costurile de consultanță – stabilirea modului de contractare a consultanței pentru implementare și a surselor de finanțare.

Regulile care guvernează C3-ul precum și direcțiile de dezvoltare și guvernanță pot fi desprinse pe alocuri, direct sau indirect în lucrările autorilor: Tapscott (1996), Kelly (1998), Liebowitz (2002), Benkler (2006), Castells (2010) care dezbat formele de organizare a societății prezentului sau viitorului precum și implicațiile Internetului și a tehnologiilor de rețea în activitatea economico-socială.

Încrederea și *reputația* sunt aspecte esențiale ale existenței și continuității în bune condiții a unui model de cloud de comunitate. Experiența din domeniul comunităților on-line (Alboaie & Vaida, 2011) poate fi preluată, adaptată și formalizată și în domeniul cloud-ului de comunitate stabilind regulile generale de operare și reacție în cazul abaterilor de la normele standard de funcționare a sistemului.

Sumar:

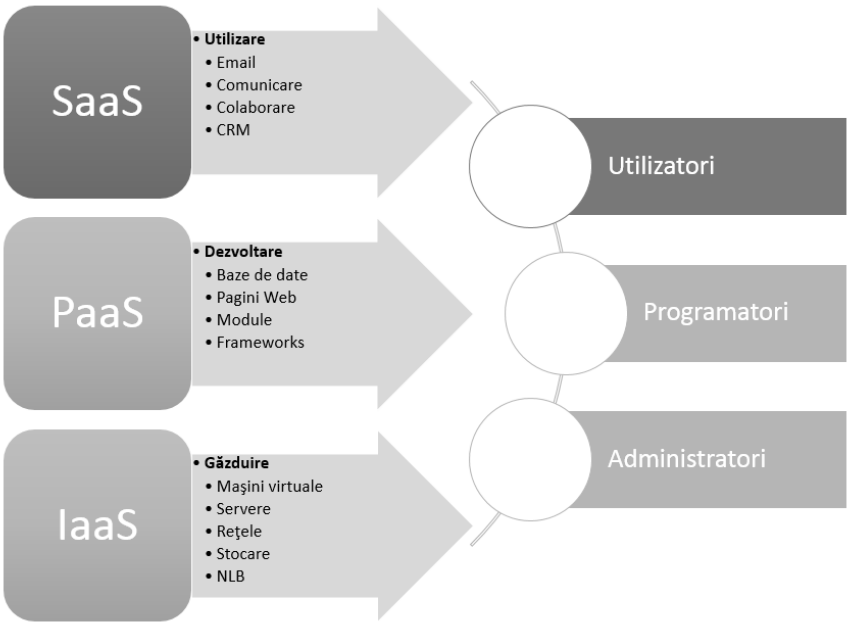
Virtualizarea poate oferi flexibilitatea puterii de calcul alocate unui proces informațional specific dar nu poate îndeplini singură caracteristicile esențiale pentru ca un centru de procesare al unei companii să fie considerat cloud privat. Este nevoie ca serviciile să poată fi oferite cu autoservire la cerere și să poată fi comensurate. Implementarea cloud-ului privat implică investiții inițiale semnificative și o schimbare a modului de livrare a anumitor servicii informaționale.

Considerat de mulți specialiști un domeniu de viitor, cloud-ul hibrid îmbină funcționalitățile și caracteristicilor cloud-ului privat cu cel public, în sensul asigurării unui echilibru între puterea de prelucrare, costuri și serviciile care pot fi livrate. Fiind foarte complex, necesită costuri de implementare și operare sporite dar are avantajul asigurării unui nivel acceptabil al confidențialității, integrității și disponibilității datelor și serviciilor informaționale.

4 Modele de servicii în cloud

Modelele de servicii cloud reprezintă un model de organizare a ofertei de servicii pe care le pot achiziționa clienții oricărui model în scopul rezolvări unei probleme specifice a domeniului de activitate socio-economică. Diferența între cele trei modele de bază este dată de natura utilizatorilor precum și din punct de vedere tehnic, fiecare având un nivel de abstractizare, interacțiune și automatizare diferite. Primele servicii livrate de marii furnizori de cloud public au fost serviciile de e-mail, comunicare și colaborare, iar specific domeniului de business au fost instrumentele de gestiune a relațiilor cu clienții (CRM). Dezvoltarea comunicațiilor și implicit a internetului a determinat apariția multor furnizori de Software as a Service, care ulterior și-au dezvoltat oferta spre site-uri web găzduite, care puteau utiliza baze de date, module și metode de programare specifice, luând astfel naștere conceptul de Platform as a Services. Apariția și dezvoltarea accelerată a tehnologiilor de virtualizare pe fondul unei ieftiniri a componentelor hardware a determinat apariția conceptului de Infrastructure as a Services.

Figura 8 – Imagine de ansamblu a modelelor de servicii cloud



Sursa: Proiecție proprie

După ce aceste concepte au ajuns la maturitatea tehnologică necesară, marii furnizori de cloud public le-au implementat în diferite formate, mai mult sau mai puțin integrate, ofertele acestora fiind uneori comparabile, alteori complet diferite prin natura de distribuție, cunoștințele tehnice, model de preț și de parteneriat, integrarea cu mediile de prelucrare și stocare locale.

În continuare vom detalia principalele caracteristici ale fiecărui model de servicii, evidențiind diferențe între ele și beneficiile fiecăruia.

4.1 SaaS – Software as a Service (Software ca Serviciu)

SaaS reprezintă unul din cele mai utilizate modele de servicii în cloud prin faptul că permite unui număr mare de utilizatori să beneficieze în mod gratuit sau plătit de un set de aplicații specifice, standardizate și necesare în derularea activităților curente. Accesul la aplicații se realizează prin intermediul browser-elor web sau pentru altele prin intermediul aplicațiilor client dedicate (ex. Outlook, Skype, DropBox, Google Drive etc.). La nivel de companie, SaaS reprezintă o alternativă viabilă pentru serverele de e-mail, serverele web, serverele de comunicare în timp real, serverele de colaborare și stocare de documente, la un cost mai mic, modelul de licențiere fiind acela al plății unui abonament lunar sau anual pentru utilizare, întreținere și suport.

Furnizorul de cloud are obligația de a gestiona și întreține aplicațiile, efectuarea actualizărilor și a realizării copiilor de siguranță, un alt avantaj fiind acela al omogenizării serviciilor oferite, prin asigurarea faptului că toți utilizatorii din companie folosesc aceeași versiune a unei aplicații.

În același timp, SaaS prin faptul că este accesibil din Internet oferă o mobilitate crescută angajaților și implicit posibilități noi de colaborare și *teleworking*, accesul fiind asigurat în mod direct sau prin aplicații specifice de pe orice terminal: PC, Laptop, Tabletă, SmartPhone care au o conexiune de date la Internet. În anumite cazuri utilizatorii trebuie să instaleze plug-in-uri specifice în browser-ele lor pentru a putea avea acces la toate funcționalitățile puse la dispoziție. Alteori, în funcție de furnizor, sunt disponibile doar anumite funcționalități în browser: Office 365 nu este suportat complet pe browser-ul Chrome, iar din Google App for Work se pot încărca doar în Chrome anumite aplicații.

Din punct de vedere al caracteristicilor cloud, SaaS are la bază multi-tenanța, o singură versiune a aplicației fiind oferită tuturor clienților prin *instanțiere multiplă* și balansare automată și transparentă a cererilor de prelucrare între centrele distribuite teritorial (Collier & Shahan, 2015).

Nivelul de personalizare a aplicațiilor în SaaS este destul de limitat, utilizatorul având la îndemână doar seturi restrânse și dedicate de instrumente pentru implementarea specificului propriilor procese de afaceri. Aplicațiile de tip Office permit în mod limitat personalizarea mediului de lucru și eventual crearea unui conținut activ (*macros*) pentru datele și fișierele proprii, fără a putea modifica funcționalitatea aplicațiilor on-line. Pe de altă parte în aplicații pentru CRM sau de colaborare (SharePoint) pot fi implementate prin intermediul pseudocod-ului procese personalizate de colaborare sau fluxuri de lucru specifice.

Din punct de vedere al automatizării și administrării, fiecare furnizor de cloud, oferă un set extins de script-uri și API-uri pentru conectarea de la distanță în format linie de comandă la modulele de administrare.

Chiar dacă furnizorii de cloud garantează confidențialitatea, integritatea și disponibilitatea datelor și proceselor de afaceri stocate și rulate în cloud, multi-tenanța alimentează încă reticența unor manageri în decizia de acces în cloud. Un aspect pozitiv este legat de varietatea de proceduri șablon (*template*) colectate și implementate pe baza celor mai bune practici, care pot fi adoptate și adaptate pentru optimizarea propriilor procese de afaceri.

Orlando (2011) într-un studiu realizat pentru firma IBM prezintă patru factori de succes în adopția SaaS din punct de vedere al ROI[24]:

- *Creșterea vitezei de dezvoltare a serviciilor* datorată faptului că aplicațiile au funcționalități standardizate;
- *Rata crescută de adopție* având în vedere că majoritatea utilizatorilor sunt familiarizați cu browser-ele web;
- *Cerințe de suport reduse*;
- *Costul redus de implementare și actualizare*, această operațiune fiind în sarcina furnizorului de cloud.

Modelul de distribuție și licențiere a serviciilor SaaS a creat o nouă piață potențială pentru dezvoltatorii și distribuitorii de software. Fiecare platformă publică de tip cloud SaaS deține un magazin electronic de soluții care pot fi testate și achiziționate de orice client de cloud, lărgind astfel dimensiunea pieței potențiale pentru produsele specifice unui sector de activitate, partajând în același timp cele mai bune practici în domeniu, contribuind la optimizarea și eficientizarea anumitor procese. Complexitatea acestor module depinde de numărul de clienți și de diversitatea specifică fiecăruia. Pentru a ajunge la un numitor comun, dezvoltatorii trebuie să parcurgă mai multe versiuni și să ofere cât mai multe opțiuni de activare/dezactivare a unor funcții precum și posibilitatea de parametrizare a rulării acestora (Hugos & Hulitzky, 2011).

În modelul clasic de licențiere a aplicațiilor, achiziția de aplicații de tip ERP sau chiar CRM se transforma într-un efort semnificativ pentru companiile de dimensiuni mici și chiar medii. În România, marea majoritate a acestora încă folosesc aplicații vechi, care rulează de obicei în format monopost fără capabilități de transmitere și stocare a datelor în rețea. Cabinete financiar contabile sau medicale incluzând farmacii, foloseau aplicații de dimensiuni mici până la

[24] ROI – Return of Investment – Rata de recuperare a investiției – Indicator financiar specific investițiilor în tehnologii IT&C

introducerea sistemelor naționale, cel puțin în domeniul medical. Modelul acesta de distribuție a aplicațiilor și stocare centralizată este un model specific de SaaS pentru cloud-ul privat.

Una din cele mai comprehensive clasificări ale serviciilor informaționale pe care le putem achiziționa din cloud sub forma SaaS este realizată de Departamentul de Științe, Tehnologie a Informației, Inovației și Artelor a stalului Queensland, Australia (2014) din care le enumerăm pe cele mai sugestive, într-o ordine aleatoare:

- managementul proiectelor și portofoliilor;
- business intelligence și data warehouse;
- managementul instruirii și educației;
- managementul călătoriilor;
- managementul evenimentelor;
- managementul granturilor;
- elemente de GIS[25];
- managementul dispozitivelor mobile;
- ERP;
- managementul resurselor umane;
- managementul lanțurilor de aprovizionare și distribuție;
- managementul activităților, schimbărilor și incidentelor;
- managementul fișierelor/documentelor.

Tabel 3 - Cei mai importanți furnizori de SaaS și soluțiile lor:

Furnizor	**Denumire produs**	**Categorie de produse**	**Adresa web**
Salesforce	Sales Cloud	CRM – Gestiunea relațiilor cu clienții Sales – Asistență vânzări	www.salesforce.com
Microsoft	Office 365	Exchange – Mail Skype for Business – Comunicare instant și videoconferințe SharePoint – Management documente Office 365 – Pachetele de bază pentru creare și editare documente Azure AD – Autentificare federativă Onedrive for business – stocare fișiere	portal.office.com
	Dynamics	CRM	www.microsoft.com/en-us/dynamics/
Google	Apps for Work	Gmail – email Hangouts – Comunicare instant Drive – stocare fișiere	www.google.com/work/apps/business/

[25] GIS - geospatial information systems – Sisteme Informaționale Geografice/Geospațiale

Furnizor	Denumire produs	Categorie de produse	Adresa web
		Docs; Sheets, Forms, Slides, Sites – creare și editare de documente Vault – Soluție de arhivare a documentelor	
Zoho	Zoho	CRM Mail Help Desk – soluție pentru suportul utilizatorilor Books – pentru zona financiar contabilă, înregistrare de facturi și deconturilor de cheltuieli Recruit – pentru departamentele de HR Creator – pentru zona de personalizare a proceselor de afaceri și creare de rapoarte pentru celelalte module.	www.zoho.com
Dropbox	Dropbox for Business	Stocare de fișiere, integrare cu Office 365 pentru editare și colaborare.	https://www.dropbox.com/business

Sursa: Prelucrare proprie din surse multiple

Lista furnizorilor de soluții SaaS este mult mai cuprinzătoare, în topurile de pe Internet fiind incluse companii ca: LinkedIn, Workday, NetSuite, Cloud9, ServiceNow și altele.

Piața soluțiilor cloud de tip SaaS este la faza maturității în ceea ce privește calitatea produselor și serviciilor oferite. Provocarea pe termen mediu și lung este legată de integrarea între module, și integrarea detaliată cu sistemele informaționale interne companiei, precum și cu prezența și integrarea cu rețelele de social media pentru crearea oportunităților de distribuție a produselor, recrutarea personalului și colaborarea pe dezvoltarea ideilor și editarea în comun a resurselor partajate.

4.2 PaaS – Platform as a Service (Platformă ca Serviciu)

PaaS reprezintă unul din cele mai complexe modele de servicii cloud pentru că este o suită de aplicații și servicii destinate construirii altor aplicații și servicii, oferind programatorilor seturi specifice de API-uri. În acest model de servicii dezvoltatorii nu au nevoie să își instaleze și configureze propriile servere de prelucrare (*middleware*), de persistență (baze de date) sau de prezentare (servere web). Acestea sunt puse direct la dispoziție de furnizorul de cloud, dezvoltatorul fiind mult mai focusat pe integrarea și logica de business a componentelor propriilor aplicații. Sigur, apar o serie de schimbări de paradigmă în programare, în sensul îmbunătățirii elementelor de securitate și canalelor de comunicație, dar migrarea de la dezvoltarea ”în local” la cea în PaaS este relativ simplă.

Prin intermediul PaaS se pot dezvolta aplicații de sine stătătoare adresate clienților în format SaaS sau pot fi personalizate și dezvoltate module pentru aplicațiile și serviciile deja oferite prin SaaS.

Un alt avantaj este legat de faptul că unii furnizori pun la dispoziția programatorilor instrumente de colaborare și monitorizare a proiectelor de dezvoltare precum și instrumente de versionare a codului, controlul surselor, instrumente de testare și altele.

Un dezavantaj al dezvoltării aplicațiilor în PaaS este lipsa portabilității aplicațiilor dezvoltate între furnizorii de cloud public. În momentul în care o aplicație este dezvoltată pe un anumit API oferit, apar costuri suplimentare legate de adaptarea aplicației și a tuturor nivelurilor acesteia la un alt furnizor.

Chiar dacă fiecare PaaS are propriile sale limbaje de programare și instrumente de dezvoltare, sensul corect al acestora este de a oferi posibilitatea dezvoltării interfețelor utilizator pentru standarde deschise, cum ar fi: HTML, JavaScript, CSS și altele (Sosinsky, 2011).

Furnizorii de cloud oferă de asemenea posibilitatea de stocare a datelor necesare prelucrărilor sau doar pentru a asigura persistența acestora. Majoritatea furnizorilor de cloud oferă suport pentru bazele de date relaționale și din ce în ce mai mult pentru bazele de date NoSQL (Collier & Shahan, 2015), oferind în același timp instrumente avansate de BI sau analiză a datelor.

Principalele categorii de servicii livrate de furnizorii PaaS pot fi clasificate după cum urmează:

- *Dezvoltare de aplicații*;
- *Colaborare*: instrumente care asigură integrarea echipelor distribuite teritorial într-un punct unic de lucru, flexibil și securizat;
- *Managementul datelor*: prin instrumente specifice bazelor de date relaționale, NoSQL sau sisteme de fișiere *blob*;
- *Instrumente de testare și performanță*: destinate analizei aplicațiilor implementate în scopul optimizării consumului de resurse. Orlando (2011) consideră că instrumentele sunt la faza maturității, moment în care ar trebui să permită dezvoltarea aplicațiilor direct din specificațiile BPM[26] a proceselor de afaceri. Cloud-ul este aparent nelimitat, dar bugetele sunt totdeauna restrictive, de aceea scopul programării în PaaS este de a asigura un echilibru optim în consumul de resurse, versus puterea de procesare disponibilă;

[26] BPM – Business Process Modeling – Modelarea proceselor de afaceri – metodă de dezvoltare a aplicațiilor prin generarea automată a codului de execuție direct din schemele specifice de prelucrare și interacțiune.

- *Spațiu de stocare*: aplicațiile pot utiliza datele stocate în cloud în formatul de baze de date sau fișiere sau pot fi integrate în arhitecturi de cloud hibrid pentru a asigura persistența datelor istorice în centrul de calcul al companiei;
- *Managementul tranzacțiilor*: instrumente puse la dispoziția utilizatorilor pentru managementul tranzacțiilor sau servicii de intermediere (*brokerage*) pentru a asigura integritatea tranzacțiilor.

Pentru a putea dezvolta aplicații fiabile, scalabile, sigure și nu în ultimul rând portabile, soluțiile PaaS ar trebui să îndeplinească în mod cumulativ un set de caracteristici esențiale:

- Transparență în procesul de gestionare a datelor;
- Respectarea standardelor și caracteristicilor esențiale ale cloud computing-ului;
- Existența unui mediu de dezvoltare integrat;
- Existența instrumentelor pentru managementul ciclului de viață al dezvoltării aplicațiilor;
- Suport, scalabilitate și securitatea în context-ul multi-tenanței cloud.

Nu în ultimul rând combinația dintre PaaS și tehnologiile cloud-ului privat îmbinate în arhitecturi de tip SOA, permit companiilor livrarea de servicii informaționale atât consumatorilor interni, cât și clienților companiei (Zhe & Xu, 2014) sau partenerilor de afaceri, acest model putând fi considerat un factor cheie în optimizarea logisticii de distribuție, întreținere și suport pentru aplicațiile la nivel de întreprindere.

Având în vedere că fiecare furnizor de PaaS dispune de un magazin on-line de soluții și produse, clienții pot achiziționa module și aplicații pentru îmbunătățirea propriilor medii de lucru în PaaS sau pentru optimizarea dezvoltării aplicațiilor și a distribuției și monitorizării acestora. Unele soluții sunt gratuite, altele se licențiază în același model cu aplicațiile SaaS: plata unui abonament lunar sau anual pentru fiecare utilizator.

Tabel 4 – Principalii furnizori de PaaS

Furnizor	**Denumire produs**	**Principalele limbaje de programare și baze de date suportate**	**Adresa web**
Amazon	Amazon Web Services	• Java, .NET, PHP, Node.js, Python, Ruby • MySQL, Oracle, SQL Server, PostgreSQL	aws.amazon.com
Microsoft	Azure	- .NET, Node.js, Java, PHP, Python, Ruby - SQL Server, DocumentDB, MongoLab, MySQL, PostgreSQL	portal.azure.com
IBM	Bluemix	- Java, Node.js, Ruby - SQL Server, JSON Db, MongoDB, MySQL, PostgreSQL	www.bluemix.net

Furnizor	Denumire produs	Principalele limbaje de programare și baze de date suportate	Adresa web
Red Hat	Openshift	- Java, PHP, Python, Ruby, Node.js, Perl - MongoDB, MySQL, PostgreSQL www.openshift.com	www.openshift.com
Google	App Engine	- Python, Java, PHP, Go - CloudSQL (MySQL)	cloud.google.com/appengine/
CloudBees	Jenkins	- Java, Ruby - MySQL	www.cloudbees.com
Engine Yard	Engine Yard	- PHP, Ruby, Node.js - MySQL, PostgreSQL, Redis	www.engineyard.com
Salesforce	Heroku	- Ruby, Node.js, Python, Java, PHP - PostgreSQL, Redis	www.heroku.com

Sursa: Prelucrare proprie din surse multiple

Piața furnizorilor de PaaS este în expansiune, dominată de implementarea și suportul pentru cele mai comune tehnologii, limbaje de programare și baze de date SQL și NoSQL. Toate acestea apar pentru acoperirea dorinței de portabilitate a aplicațiilor dar și pentru a acapara interesul programatorilor de toate categoriile. O serie de alte servicii și limbaje sunt puse la dispoziție prin intermediul implementărilor IaaS, cele prezentate în tabel având suport nativ PaaS. De asemenea observăm din lista limbajelor suportate o orientare către zona aplicațiilor web dar și spre zona aplicațiilor mobile.

4.3 IaaS – Infrastructure as a Service (Infrastructură ca Serviciu)

IaaS reprezintă unul din cele mai noi modele de servicii în cloud și permite clienților crearea propriilor infrastructuri de calculatoare, echipamente de rețea și de stocare. Este cunoscut și sub denumirea de HaaS (Hardware as a Service) pentru că pune la dispoziție posibilitatea de configurare a echipamentelor prin specificarea numărului de procesoare și tipul lor, cantitatea de memorie RAM alocată, dimensiunea spațiului de stocare și modul de conectare în rețea.

Elementul cheie în facilitarea serviciilor de tip IaaS este *virtualizarea* și echipamentele cu suport pentru *hypervisor*.

Chiar dacă termenul de virtualizare apare la începutul anilor 1970, marile companii de echipamente fizice au implementat primele tehnologii *hypervisor* la începutul anilor 2000. Mai este cunoscut și sub denumirea de VMM[27] și poate fi de tip hypervisor *nativ/fizic* (type-1) implementat ca funcție a echipamentelor de calcul sau *logic* (type-2) ca funcție a anumitor sisteme de operare.

[27] VMM – Virtual Machine Manager – Managerul de Mașini Virtuale

În cloud, modelul de servicii IaaS beneficiază la nivel fizic de hypervisor type-1, care este transparent față de utilizatorii serviciului și de un hypervisor logic pus la dispoziția utilizatorilor pentru crearea propriilor infrastructuri de rețea. În mod specific furnizorii livrează clienților un număr limitat de opțiuni de instalare a sistemelor de operare și a aplicațiilor preinstalate pe mașinile virtuale. Ulterior, clienții pot opta pentru configurarea mașinilor virtuale în deservirea propriilor activități și procese, având posibilitatea de transfer și instalare a propriilor aplicații și oferirea accesului către clienți sau proprii utilizatori prin intermediul tehnologiilor Internet.
Furnizorii dețin dreptul de proprietate asupra echipamentelor fizice și a licențelor sistemelor de operare și aplicațiilor instalate, iar clienții dețin dreptul de proprietate intelectuală pe aplicațiile pe care le construiesc în cloud a datelor stocate.
În IaaS resursele virtuale sunt *mapate*[28] pe dispozitive reale (Sosinsky, 2011) utilizate în mod multi-tenant la o capacitate superioară utilizării în regim normal într-o companie. În momentul în care o cerere de procesare este lansată către o mașină virtuală din IaaS, aceasta este redirecționată către echipamentele de procesare în mod transparent față de utilizator.
Clientul nu are control asupra hypervisor-ului sau echipamentelor fizice pe care sunt stocate și rulează mașinile virtuale, dar are responsabilitatea de gestionare și configurare corectă a sistemelor de operare, spațiului de stocare, a aplicațiilor instalate și în anumite cazuri, are un control limitat asupra unor componente de rețea: NLB-uri sau firewall-uri.
Specificul mașinilor virtuale este acela de a deține spațiu de stocare virtual, cunoscut și sub denumirea de *discuri virtuale.* Discurile virtuale au diferite formate, în funcție de producătorul acestora: vmdk (VMware), vhd (Xen și Microsoft Hyper-V), vhdx (Microsoft Hyper-V), vdi (Oracle VM VirtualBox). La ora actuală eforturile de standardizare nu sunt încă definitivate în domeniul metodelor de stocare a discurilor virtuale, formatul OVF (Open Virtualization Format) fiind în schimb adoptat de majoritatea furnizorilor publici de IaaS.
Discurile virtuale permit companiilor, prin utilizarea unor instrumente specifice să accelereze procesele de adopție în cloud prin operațiunile de *consolidare,* care presupun crearea unei imagini virtuale a unui server fizic și transferul acestuia în mașinile virtuale. IaaS permite în același timp transferul mașinilor virtuale bidirecțional între centrele de date proprii și cele din cloud, beneficiind de principiile de funcționare și integrare a cloud-ului hibrid. În felul acesta se pot efectua teste de anduranță sau asigurarea disponibilității înalte a serviciilor informaționale puse la dispoziția utilizatorilor prin intermediul mașinilor virtuale.

[28] *mapare* – adaptare a termenului *map* din limba engleză, care face referire la conectarea locală a unei resurse disponibile în rețea; termen fără echivalență în limba română și care se utilizează ca atare în documentațiile tehnice traduse din engleză.

Infrastructurile virtuale pot deveni în timp la fel de complexe precum cele reale. În acest context regulile și convențiile de notare din zona centrelor de calcul locale trebuie respectată și în rețelele virtuale IaaS. Există mai multe abordări cu privire la denumirea corectă a serverelor, dar nu este cunoscut un standard aplicabil acestui domeniu. Pare greșit din punct de vedere al securității să definim un server cu numele *mail*, *www* sau *bazadate* pentru că în felul acesta sunt ușor de identificat pe roluri de cineva rău intenționat care încearcă prin diferite metode să facă un inventar al resurselor cu scopul de a compromite funcționarea acestora. Regula de a defini numele serverelor după planetele sistemului solar sau personaje din diferite filme, este foarte bună pentru rețelele mici de calculatoare, din punct de vedere al gestionării lor și al securității, dar devine total nerecomandată în rețelele de dimensiuni mari, din rațiuni de management și suport. Aceeași problemă se aplică în numele stațiilor de lucru.

Dumoulin (2006) propune un set de reguli care trebuie respectate cu privire la strategia de notare a serverelor și stațiilor de lucru, iar Khnaser (2011) ne oferă exemple concrete de notații. Autorii expun principalele criterii care ar trebui avute în vedere la elaborarea convențiilor de nume:

- *parsabilitatea* [29]– posibilitatea de a putea fi parcurs numele dispozitivului pentru a extrage informații în operațiunile de automatizare. Exemplu: Numele unei stații de lucru dintr-un sală de calculatoare: LB327-01 poate identifica locația exactă a acestuia: Laborator corp B nivelul 3 sala 27 prima stație de pe mâna stângă cum intri în sală. Numele sălilor dintr-o clădire reprezintă o convenție de notare foarte importantă în caz de forță majoră, care permit echipelor speciale de intervenție localizarea încăperilor într-un timp cât mai scurt;
- *tipul dispozitivului* – cu referire la rolul și tipul dispozitivului din rețea: Server, Stație de lucru, Laptop, Imprimantă, switch, firewall;
- *locația geografică* – cu referire la stațiile de lucru care sunt răspândite geografic;
- *natura dispozitivului* – Virtual, Fizic, Cluster, Externalizat;
- *rolul în rețea:* server de aplicații, server de baze de date, server de web.

De asemenea, se recomandă ca numele dispozitivelor să nu depășească un anumit număr de caractere (14-20) care să fie același pentru toate dispozitivele (exemplu greșit: LB327-1, LB327-11), să nu facă referire la utilizatorul care-l utilizează (exemplu greșit: Valy-PC, Petronela-PC etc.), să conțină separatori de tipul ”-” între secvențele care compun numele dispozitivului și să conțină la final seturi de numere care să aibă o semnificație ordinală.

[29] Termen fără echivalență exactă în limba română, utilizat în special de programatori. Provine din Englezescul: *parsability* reprezentând proprietatea unui șir de caractere să fie interpretat automat pe secvențe componente.

IaaS este un model de afaceri care permite reducerea costurilor cu achiziția echipamentelor fizice în locație și toate costurile asimilate: instalare, întreținere, operare, echipamente de răcire, curent electric, etc. În domeniul echipamentelor de calcul *uzura morală* este mult mai mare decât la alte bunuri ale organizației, ceea ce presupune alocare permanentă de capital pentru îmbunătățirea competitivității.

Tabel 5 - Principalii furnizori de IaaS la ora actuală

Furnizor	**Denumire produs**	**Hypervisor (type-2)**	**Sisteme de operare suportate**
Amazon	AWS	Xen	Linux (multe versiuni), Windows Server (2003 – 2012)
Microsoft	Azure	Hyper-V	Windows Server (2008 – 2012), Ubuntu, Suse, Oracle Linux, CentOS, Coreos
Google	Cloud Platform	Xen	Debian, Ubuntu, CentOS, Suse, Rhel, Windows Server (2008 – 2012)
Rackspace	Open Cloud	Xen	Linux (multe versiuni), Windows Server + Servere aparent fizice
IBM	Softlayer	VMware, Xen, Hyper-V	CentOS, FreeBSD, Ubuntu, Debian, Windows Servers + Servere aparent fizice

Sursa: Prelucrare proprie din surse multiple

Și alte companii încearcă să țină pasul evoluției în furnizarea de servicii IaaS: HP, GoGrid, OpSource, Terremark, AT&T, dar piața este încă în formare și vor dispărea sau apărea noi companii cu influență în dezvoltarea serviciilor IaaS. Serverele aparent fizice sau *bare metal* sunt practic sisteme virtuale dedicate care nu au un sistem de operare preinstalat, furnizorul punând la dispoziție clientului o consolă de instalare de la distanță. Acest model nu este nou, ci se bazează pe experiența furnizorilor gen Rackspace de furnizare a serviciilor de tip: server hosting, server colocation. Avantajul modelului este că un client poate să își folosească propriile licențe și propriile metode de instalare și configurare a sistemelor de operare și aplicații.

4.4 XaaS – Everything as a Service (Orice ca un Serviciu)

Scepticii tehnologiilor cloud afirmă că lumea științifică și tehnică se sufocă sub propria creație de acronime și concepte. În goana după recunoaștere internațională autorii combină termeni și terminologii în așa fel încât să poată descoperi permanent ceva nou. În fapt specializarea pe un domeniu de servicii a furnizorilor de cloud de dimensiune mai mică, dau o valoare justă termenilor de tipul XaaS.

Tabel 6 - Lista de termeni derivați care pot fi încadrați în modelele clasice de servicii:

Model de servicii derivat	Model de servicii de bază
Storage as a Service Network as a Service Backup as a Service	IaaS
Database as a Service Monitoring as a Service Testing as a Service HPC[30] as a Service Process as a Service Identity as a Service Application as a Service Integration as a Service Security as a Service	PaaS
Communications as a Service Human as a Service Information as a Service Governance as a Service	SaaS

Sursa: Interpretare proprie

Storage as a Service (Stocare ca Serviciu) este una din cele mai utilizate forme de implementare a serviciilor atât pentru zona companiilor cât și spre zona utilizatorului privat. Toți producătorii de telefoane inteligente și tablete, precum și furnizorii de telefonie mobilă pun la dispoziție spațiu de stocare în cloud pentru fișierele utilizatorilor, contacte și copii de siguranță. Spațiul oferit gratuit este limitat, dar permite utilizatorilor achiziția contra cost a unui pachet de servicii superior.

La nivelul companiilor, fiecare implementare de SaaS, IaaS, PaaS conține un spațiu de stocare alocat în funcție de pachetele de servicii achiziționate, costul spațiului suplementar achiziționat fiind în formatul clasic *pay-as-you-use* specific tehnologiilor cloud. Furnizorii de servicii de stocare pun la dispoziția utilizatorilor de toate tipurile, aplicații de sincronizare cu dispozitivele locale.

[30] HPC – High Performance Computing

Cei mai cunoscuți furnizori de servicii de stocare sunt: Dropbox, Google Drive, Microsoft OneDrive, Box iar pentru Enterprise mai sunt cunoscute companiile Rackspace, Softlayer, Nirvanix, IBM, HP și Amazon.

Database as a Service (DaaS – Baze de date ca Serviciu) sunt parte componentă a modelelor de implementare PaaS și nu există furnizori specializați doar pe acest domeniu la fel cum există pentru furnizorii de spațiu de stocare. Utilizatorii au posibilitatea de a se conecta de la distanță la interfața de administrare și serviciile bazelor de date din cloud. Furnizorii de PaaS pun la dispoziție toate tipurile de motoare de baze de date relaționale (SQL) cunoscute: MySQL, PostgreSQL, Oracle, SQL Server, dar din ce în ce mai mult oferă servicii suport pentru baze de date NoSQL și instrumente specializate de analiză, care permit interpretarea unui volum foarte mare de date specifice: Hadoop, R, MapReduce etc.
După configurarea porturilor de comunicație și a rolurilor de administrare și utilizare, utilizatorii DaaS se conectează de pe dispozitivele conectate la Internet ca de pe oricare alt server din rețeaua locală. În cazul bazelor de date foarte mari, există posibilitatea de transfer a datelor în mod programat la anumite intervale de timp. Arhitectura fizică a bazei de date este transparentă față de utilizator, iar funcțiile implementare precum și mecanismele tranzacționale sunt oarecum diferite față de bazele de date locale, fapt care induce o oarecare reticență utilizatorilor de DaaS. În majoritatea cazurilor furnizorii de cloud oferă posibilitatea de a utiliza baze de date instalate și configurate pe mașinile virtuale din IaaS asigurând o portabilitate ridicată a acestora față de modelele PaaS.

Identity as a Service (IDaaS – Identitate ca Serviciu) este unul din cele mai interesante subseturi de modele de implementare a serviciilor cloud PaaS, oferind posibilitatea de identificare digitală a utilizatorului unui serviciu cloud. Fiecare furnizor deține propriile metode de identificare și prin mecanisme federative permite integrarea cu serviciile de identificare locale sau cu alte servicii IDaaS.
Punerea la dispoziția clienților a unor metode federative de integrare cu serverele de autentificare interne reprezintă de cele mai multe ori un factor decisiv în alegerea unui furnizor de cloud sau altul. Fiecare utilizator al unui serviciu de mail public sau al unei rețele sociale dispune de o identitate virtuală. Majoritatea site-urilor actuale solicită utilizatorilor o identitate pentru accesul la o parte din conținut, iar pentru ca accesul să fie simplu și considerat sigur, se folosesc identități oferite de furnizorii de IDaaS publici: Google Account, Windows Live Account dar din ce în ce mai mult sunt solicitate identități de tip LinkedIn, Facebook sau

Twitter. Utilizatorii beneficiază de faptul că nu trebuie să-și creeze parole pentru fiecare site pe care îl vizitează, iar proprietarii site-urilor beneficiază de un set extins de informații despre profilul utilizatorului.

În interiorul companiilor această politică de utilizare a conturilor publice nu este permisă ca metodă de identificare, în primul rând din rațiuni de securitate: dacă un angajat pleacă din companie, pleacă cu identitatea sa proprie. De asemenea, compania nu are dreptul de a inspecta sau audita, verifica identitatea publică a unui angajat. În relațiile comerciale și de identitate vizuală, fiecare utilizator din cadrul unei companii trebuie să folosească identitatea oferită de companie. Riscul major al identităților publice este reprezentat de substituția de identitate. În instituțiile, mai ales publice, din România, sunt din ce în ce mai mulți angajați cu un factor important de autoritate, care utilizează identități publice în demersul lor de solicitare și comunicare a unor informații confidențiale. O persoană rău intenționată își poate crea o identitate falsă similară celei oficiale și poate cere în numele acesteia informații.

Pentru un control îmbunătățit, fiecare firmă dispune de un serviciu de identitate internă: Active Directory, OpenLDAP, Univention Corporation Server (UCS), Apache Directory. Mecanismele de integrare cu IDaaS oferite de furnizorii de cloud public nu sunt tocmai simple de configurat, dar avantajul este că numele de utilizatori și parolele sunt gestionate local, fapt care dă un plus de siguranță clienților de cloud.

Compliance as a Service (CaaS – Conformitate ca Serviciu) reprezintă unul din cele mai noi concepte implementate de furnizorii de cloud computing și presupune inventarierea activelor informaționale stocate în cloud sau integrate în local în acord cu cerințele legale și/sau contractuale specifice țării în care se află clientul sau a politicilor interne ale companiei. În mare parte soluțiile CaaS trebuie realizate și menținute de departamentele juridice din cadrul companiilor în acord cu SLA-urile și SOA încheiate între furnizor și companie.

Politicile de conformitate sunt de cele mai multe ori declarative sau procedurale. Compania solicită semnarea unor documente în care sunt stipulate regulile de lucru cu conținutul informațional și de cele mai multe ori există proceduri manuale de verificare prin sondaj a respectării acestor politici. În alte cazuri politicile sunt implementate la nivelul unui singur serviciu oferit (exemplu serviciu de email) și sunt impuse prin intermediul metodelor și instrumentelor specifice.

Principalele categorii de instrumente pentru conformitate implementate în anumite servicii de cloud (Microsoft, 2015) se referă la:

- *Arhivarea conținutului informațional* stocat în căsuțele de e-mail, presupune definirea unor politici prin care spațiul ocupat de mesajele electronice mai vechi să fie arhivate periodic pe dispozitive de stocare mai ieftine;
- *Managementul dispozitivelor mobile*, prin implementarea unor proceduri specifice de ștergere a conținutului informațional salvat local, în momentul în care dispozitivul este pierdut sau furat;
- *Definirea seturilor de permisiuni*, pentru accesul în modul de auditor la conținutul informațional, pentru identificarea pro-activă a neregulilor cu privire la acesta;
- *Definirea politicilor de retenție*, în sensul asigurării conform specificațiilor legale sau a regulamentelor interne de faptul că un document electronic este păstrat o perioadă specifică în categoria activelor informaționale ale companiei. Politicile de retenție se pot specifica atât la nivelul mesajelor electronice cât și la nivelul documentelor de diferite tipuri. Esențial în managementul politicilor de retenție este definirea corectă a tipurilor de fișiere și a acțiunilor care se vor declanșa automat la data în care perioada de retenție a expirat: ștergere, mutare în altă locație, blocare editare etc.

Sumar:

Scopul modelelor de servicii oferite de furnizorii de cloud este de a realiza o clasificare concretă și încadrare, pe baza caracteristicilor, funcționalităților și modului de operare, a așteptărilor utilizatorilor. Fiecare model are propriile sale avantaje. SaaS are cea mai mare atractivitate pentru că reprezintă modelul cel mai apropiat de așteptările pe termen scurt ale utilizatorilor. Dacă o companie dorește o soluție de CRM sau de email, evaluează ofertele existente pe piață achiziționează un serviciu și după o serie de configurări minimale, compania beneficiară lansează produsul în ”producție”.

PaaS este de interes pentru firmele dezvoltatoare de software pentru că le permite o integrare a echipelor de programatori distribuite geografic și în același timp dezvoltarea de aplicații care pot fi apoi comercializate în format SaaS. Nu în ultimul rând alt beneficiu major este oferit de seturile de instrumente de dezvoltare, testare și măsurarea performanțelor propriilor aplicații în diferitele etape ale ciclului de viață a dezvoltării produsului. Agilitatea dezvoltării aplicațiilor trebuie corelată în schimb, pentru o eficiență majoră, cu abilitatea componentei de business de a se adapta și integra cu echipele de dezvoltare, oferind feedback de calitate și detalierea proceselor cu metodele de prelucrare dar și excepțiile specifice.

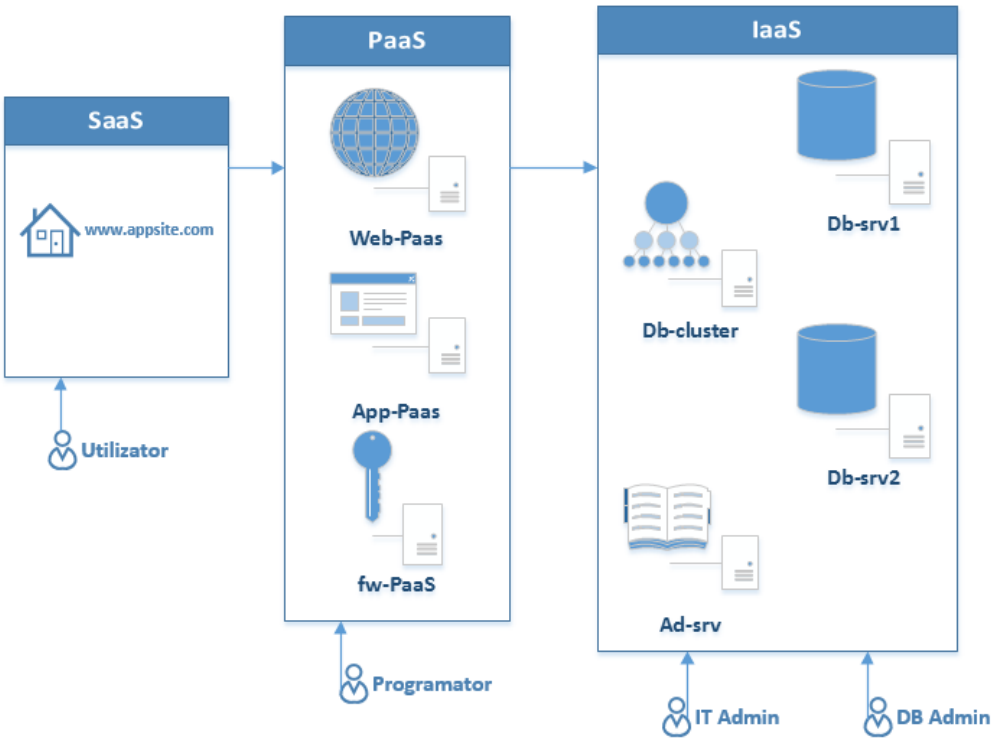
IaaS este cel care oferă adevărata forță de utilizate a soluțiilor cloud, interesul pentru acest model de servicii fiind din partea departamentelor de administrare a infrastructurilor. Mutarea

unui centru de date locale în cloud este un pas mare pentru orice companie. Beneficiile sunt majore dar trebuie luate în calcul și riscurile pe care le poate genera.

5 Aspecte tehnice și de securitate în cloud

Migrarea în cloud, folosind un model sau altul de implementare nu reprezintă tocmai o decizie simplă, atât din punct de vedere tehnic și economic. Multe afaceri mici și mijlocii au propriile lor proceduri și metode de lucru, care le-a asigurat o existență concretă pe piața imensă a afacerilor din domeniul IT&C. Prezentul și amploarea fenomenului cloud ia oarecum prin surprindere afacerile de acest gen pentru că trebuie să se adapteze, sau să își piardă clienții în lipsa unei flexibilități concrete. Furnizorii de soluții SaaS sau PaaS trebuie să se unească între ei pentru a oferi soluții viabile din punct de vedere economic și tehnic, iar vechii furnizori de ”fiare” trebuie să devină partenerii de încredere pentru alte companii mici pe modelele IaaS.
O soluție, care altă dată se putea dezvolta pe un singur server fizic, devine complexă ca abordare dar eficientă din punct de vedere al costurilor totale (TCO) și permite o extensibilitate a pieței potențiale.

Figura 9 - Arhitectură conceptuală soluție cloud computing



Sursa: Proiecție proprie

În continuarea acestui capitol vom prezenta câteva aspecte comune care definesc principalele noțiuni cu privire la conectarea și securitatea în arhitecturile cloud.

5.1 Metode de conectare și schimbul de mesaje

Pentru conectarea în cloud utilizatorii din orice categorie pot folosi mai multe metode: un browser web sau o aplicație proprietară. Aceste aplicații pot rula pe un calculator, o tabletă, un telefon mobil sau orice alt dispozitiv care suportă conectarea la Internet prin intermediul unui browser. Având în vedere faptul că Internetul este o rețea de calculatoare publică iar pachetele de date traversează diferite canale sau rute de comunicare, este absolut necesară securizarea comunicației între serviciul oferit de furnizorul de cloud și dispozitivul de pe care se stabilește conexiune.

Metodele esențiale de securizare a conexiunii sunt:

- utilizarea protocoalelor securizate de transfer al datelor care au la bază protocolul SSL: HTTPS, FTPS, IPSec sau SSH;
- crearea unei rețele virtuale private (VPN) între dispozitiv și cloud sau utilizarea protocoalelor de conectare de la distanță în mod securizat: RDP, ICA, SSH;
- criptarea datelor, în așa fel încât chiar dacă ele sunt interceptate în transfer să nu poată fi citite sau interpretate.

Din punct de vedere tehnic, fiecare specialist în domeniul IT sau corelat trebuie să cunoască semnificația și valoarea porturilor de comunicație pentru protocoalele de conectare enumerate pentru a asigura configurarea corectă a comunicației în mod bidirecțional între client și serviciul din cloud. O excepție de la regula de bază este utilizarea protocolului RDP pe alte porturi de comunicație decât cel standard (TCP 3389). Acest model de conectare pe porturi relative permite anumitor furnizori de cloud să asigure o securitate sporită pentru echipamentele virtuale configurare în IaaS și care au sisteme de operare Windows Server.

Protocolul utilizat de diferitele componente ale unei infrastructuri cloud (fizice și logice) sau niveluri ale serviciilor este *XMPP* (Extensible Messaging and Presence Protocol), care este un limbaj derivat din XML și a fost standardizat pentru a putea transfera mesaje și date de diferite tipuri folosindu-se de funcționalitățile protocolului HTTP. Inventat în epoca de glorie a mesageriei instant, XMPP are astăzi avantajul că poate transmite rapid informații despre prezența sau starea unei entități cloud într-un format standard XML.

Sosinsky (2011) afirmă că prezența nu trebuie privită doar din punct de vedere al identității, ci pentru cloud este importantă starea identității (activ, inactiv) precum și locația acesteia. Prin identitate înțelegem în acest context starea de fapt a unui utilizator conectat: este sau nu activ în contextul de cloud? Așteaptă execuția unui proces sau doar a uitat să se deconecteze de la o resursă? Monitorizarea activității în cloud prin XMPP se realizează prin intermediu aplicațiilor agent de observare, cunoscute sub numele de *watchers* (*observatori* în limba română).

Protocoalele utilizate pentru prezentarea conținutului informațional către utilizatorii serviciilor cloud sunt standardele web deja consacrate: HTML, DHTML, DOM, XHTML, JavaScript, (Sosinsky, 2011) care sunt interpretate nativ de orice browser și care permit în mare parte portabilitatea aplicațiilor între diferiți furnizori de cloud, dar în același timp sunt ușor de utilizat și de implementat.

Transmiterea datelor între client și serviciul cloud sau între aplicațiile din infrastructura cloud se realizează prin intermediul serviciilor web care folosesc protocoalele SOAP (Simple Object Access protocol) și REST (Representational State Transfer) datele și mesajele fiind reprezentate în formatul standard XML sau, din ce în ce mai des, prin JSON (JavaScript Object Notation) care este un *limbaj de serializare* a datelor în format text. Pentru managementul tranzacțiilor între serviciile web se folosește standardul WSDL (Web Services Description Language).

5.2 Interfețele pentru programarea aplicațiilor în cloud (API)

Pentru accesul la platformele PaaS, dar și pentru personalizarea aplicațiilor SaaS sau automatizarea operațiunilor din zonele IaaS, furnizorii de cloud, pun la dispoziția programatorilor o serie de interfețe de programare a aplicațiilor (API) care permit:

- Definirea structurilor de date ale aplicațiilor și obiectelor;
- Crearea vectorilor necesari manipulării structurilor de date și obiectelor;
- Crearea interogărilor pentru obținerea datelor din zonele de stocare și a stării obiectelor;
- Implementarea mecanismelor tranzacționale și altele.

În formele cele mai simple API-urile sunt oferite sub forma unor servicii web apelabile printr-un URL oferit de furnizor, dar și cele mai complicate modele de API-uri în format SOA folosesc protocolul de comunicare HTTP/HTTPS și metodele GET, POST, PUT, DELETE. Din punct de vedere al reprezentării, API-urile sunt furnizate în formatele standard XML sau JSON. Fiecare API oferă acces la un nivel specific din cloud în funcție de nivelul de transparență pe care furnizorul este dispus să îl pună la dispoziție. API-urile conțin de asemenea instrucțiuni necesare programatorilor în ceea ce privește apelul funcțiilor sau compilarea codului sursă. Avantajul oferit de API-uri este acela al uniformizării interfețelor de utilizator prin utilizarea unor componente de interfață predefinite și funcții și librării de acțiuni standard ale aplicației (Salvare, Ștergere, Editare, etc.)

Structura generală a unui API în cloud conține următoarele metode, care au valori specifice acțiunilor aplicate fiecărui obiect și serviciu din cloud:

- **Request** compus din Metodă și Request URI (Cerere)
    - Metodă: GET, POST, LIST, DELETE etc;

    - Parametrii URI;
    - Request Headers (antetul cererii);
    - Autentificare/Autorizare;
    - Request Body: în format XML sau JSON (conținutul cererii);
- **Response** compus din (Răspuns):
    - Status Code (coduri de stare);
    - Response Headers (antetul răspunsului);
    - Response Body (conținutul răspunsului).

În mod particular aplicațiile cloud traversează mai multe noduri de prelucrare și folosesc resurse diversificate, de aceea unii furnizori pun la dispoziția programatorilor, prin intermediul API-urilor protocoale de rezervare a resurselor (RSVP[31]) pentru a asigura disponibilitatea resurselor solicitate din cloud. Un astfel de API conține un *jeton de aplicație* care reprezintă un URI[32] care descrie o resursă specifică și stabilește un anumit *nivel de prioritate al aplicației* care poate fi în limitele priorității de aplicație puse la dispoziție de furnizor.

La ora actuală nu există un standard de facto pentru implementarea și utilizarea API-urilor, de aceea, fiecare furnizor de cloud are propriile metode de implementare ale acestora, asigurând în același timp o transparență față de nivelul inferior al modelului de implementare cloud utilizat. De aceea, programatorii trebuie să fie familiarizați cu specificul de implementare și utilizare al API-urilor puse la dispoziție. În același timp, particularitățile specifice API-urilor îngreunează funcțiile de portabilitate a aplicațiilor și serviciilor dezvoltate după acest model și fac aproape imposibilă integrare între serviciile oferite de diferiți furnizori.

Necesitatea standardizării este promovată de mai multe comunități de programatori (Mather, Kumaraswamy, & Latif, 2009) de la nivel global, care propun implementarea unui standard universal pentru cloud – UCI[33] – ca un model deschis de programare și unificare a funcțiilor API oferite de: *platforme* precum Google App Engine, Salesforce, Mosso etc; *aplicații* de tipul SaaS, Web2.0, email, identificare și autentificare; sau modele de infrastructuri: EC2, VMware, CIM, Microsoft etc). O altă comunitate de specialiști dezvoltă propriile standarde de interfațare într-un model de cloud deschis - OCCI[34] care are drept obiective implementarea de standarde pentru asigurarea interoperabilității, portabilității, integrării și inovării în cloud.

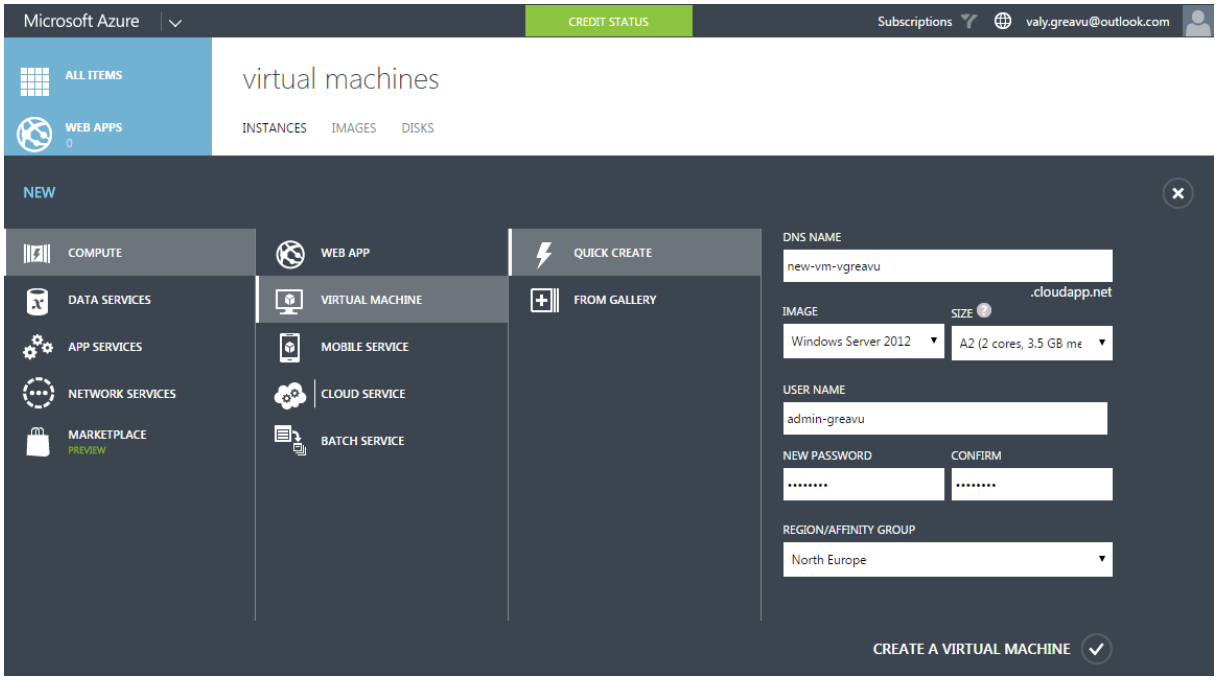
[31] RSVP - Resource ReSerVation Protocol
[32] URI – Universal Resource Identifier – Identificator Universal al unei Resurse
[33] Universal Cloud Interface - http://www.programmableweb.com/
[34] Open Cloud Computing Interface - http://occi-wg.org/about/specification/

Wilder (2012) stipulează, că indiferent de API-ul folosit, programatorii trebuie să respecte două principii fundamentale în dezvoltarea aplicațiilor în cloud: *performanța* și *scalabilitatea*.
Performanța este un indicator de calitate al experienței pe care o are utilizatorul în utilizarea aplicației puse la dispoziție, iar scalabilitatea poate fi considerată un indicator cantitativ direct proporțional cu numărul de utilizatori care accesează simultan aplicația respectivă.
Pentru a veni în sprijinul firmelor producătoare de software, marii furnizori de cloud au început să pună la dispoziția acestora API-uri și instrumente de gestionare a API-urilor proprii. Putând fi un cadru suficient de stabil de dezvoltare a aplicațiilor, firmele își dezvoltă propriile sale module API pentru aplicațiile pe care le creează și dezvoltă asigurând o integrare strânsă între diferite module, precum și un control al versiunilor superior pe viitor.
În contextul modelului de securitate, există încă preocupări legate de securizarea API-urilor proprii, dar și a modului în care API-urile furnizor sunt utilizate și exploatate în aplicații client pentru accesul la cloud. De exemplu, fiecare metodă de autentificare printr-un API presupune ca utilizatorul să fie de acord ca datele sale vor fi accesibile companiei care a realizat aplicația. Suspiciunile de acces neautorizat sunt de multe ori confirmate de aplicații care nu sunt suficient testate sau care sunt construite în scopul extragerii datelor personale, iar avertismentele din momentul instalării sunt ignorate de utilizatori. Periodic, furnizorii de aplicații în cloud pentru consumul utilizatorilor final fac revizii periodice ale modului în care miile de aplicații puse la dispoziția clienților se integrează și respectă standardele de confidențialitate ale comunicației și datelor clientului.

5.3 Crearea și administrarea mașinilor virtuale (Azure)

Prezentam în urmă cu aproape zece ani (Munteanu & Greavu-Șerban, 2006) importanța virtualizării în domeniul educației, prin instrumentele principale de la acea vreme, care permiteau crearea de mașini virtuale care puteau emula calculatoarele reale prin utilizarea partajată a resurselor fizice ale calculatoarelor gazdă.
În zilele noastre, virtualizarea este principalul instrument pe care se bazează dezvoltarea serviciilor IaaS din cloud. Pe lângă funcțiile de creare a mașinilor virtuale, furnizorii de cloud pun astăzi la dispoziție o întreagă infrastructură de dispozitive de rețea virtuală (Sabharwal & Wali, 2013): spațiu de stocare virtual, rețele și dispozitive de rețea virtuale, dispozitive de alocare dinamică a traficului, aplicații și servere de aplicații virtuale și altele.
Având în vedere că aspectele teoretice au fost tratate în mare la descrierea modelului de servicii IaaS, în această secțiune vom detalia o serie de aspecte tehnice legate de crearea și manipularea mașinilor virtuale în cloud.

În afara serviciilor de tip bare-metal oferit de anumiți furnizori, crearea unei mașini virtuale în cloud presupune alegerea sistemului de operare, a eventualelor servicii preinstalate și a configurației componentelor ”fizice” a respectivei resurse. Operațiunea poate fi executată din interfața de administrare a cloud-ului, folosind anumite aplicații de conectare și administrare IaaS preinstalate sau prin intermediul API-urilor integrate în instrumentele de management dezvoltate de companie.



Crearea mașinii virtuale presupune alocarea unui nume de DNS care va fi ulterior utilizat pentru accesul de la distanță la consola de administrare a resurselor interne ale mașinii. Numele de DNS trebuie să fie unic, furnizorul de cloud fiind cel care gestionează unicitatea acestor nume și oferă un domeniu unitar tuturor clienților de cloud. Aceste nume de domenii pot fi personalizate pentru a emula identitatea companiei client.

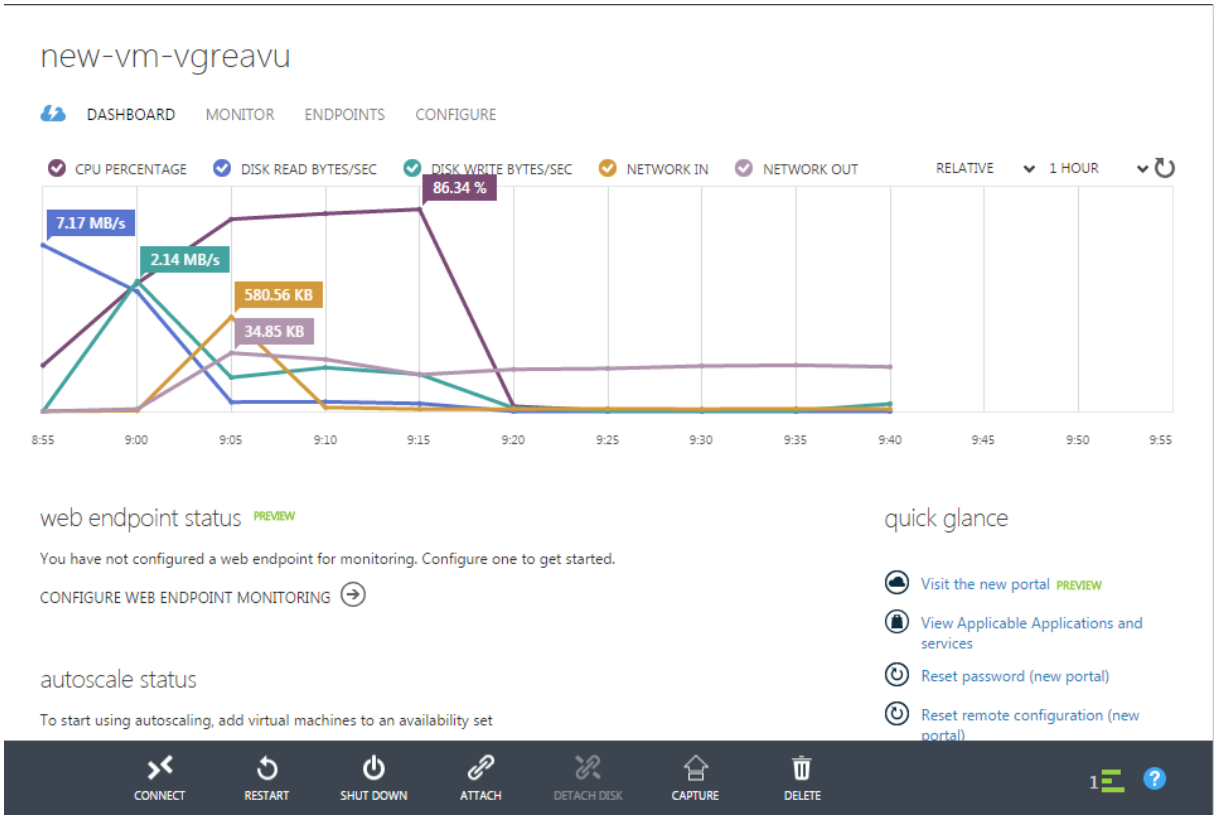
Pasul următor este determinat de stabilirea sistemului de operare care va fi preinstalat pe mașina virtuală creată. Decizia pentru un sistem de operare sau altul este dată de tipul aplicațiilor care vor fi instalate, sau rolul pe care îl va avea serverul în viitoarea rețea virtuală.

În secțiunea *Size* se specifică numărul de procesoare și cantitatea de memorie RAM alocată mașinii virtuale, furnizorul punând la dispoziție un număr consistent de opțiuni și combinații în funcție de specificul și destinația mașinii virtuale. Pentru conectarea la consola de administrare a mașinii virtuale este necesară specificarea *credențialelor*[35] *de autentificare*: *User name* și *Password*. Pe mașinile care vor avea instalate sisteme de operare din familia Linux, furnizorul

[35] *Credențiale* – termen fără echivalență în limba română, utilizat pentru a referi la nivel general datele de autentificare ale unui utilizator la un sistem informatic: nume de utilizator, parolă, PIN, alt cod etc.

oferă automat un nume de utilizator (exemplu: *azureuser*). Ultima parte din configurarea inițială este reprezentată de stabilirea grupului de apartenență al mașinii virtuale la o anumită zonă/regiune geografică.

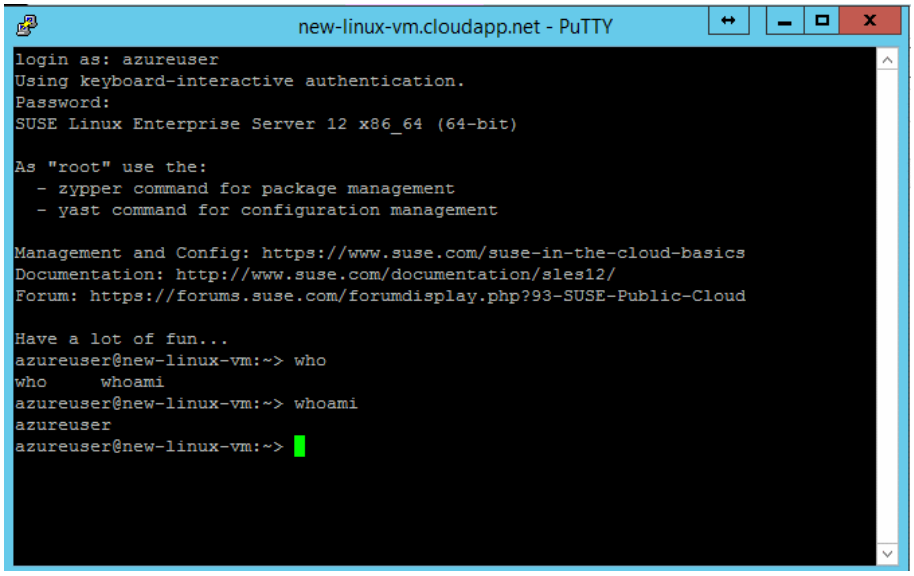
Etapa de provizionare presupune alocarea din cloud a resurselor pentru mașina virtuală, crearea spațiului pentru discul virtual, instalarea sistemului de operare și configurarea autentificării și conexiunilor de rețea.



Fiecare mașină virtuală are propria sa consolă de administrare web, sau prin intermediul instrumentelor specifice preinstalate. Mai multe mașini virtuale pot vi alocate într-un set de disponibilitate care presupune administrarea globală a acestora. De exemplu dacă se construiesc două mașini virtuale alocate în același set de disponibilitate și se configurează o auto-scalare de 50%, în lipsa unor operațiuni de procesare care să implice ambele mașini virtuale una este deprovizionată de sistem până la cererea utilizatorului sau când apare un efort suplimentar de procesare. Din punct de vedere al optimizării costurilor este foarte importantă definirea politicilor de auto-scalare a mașinilor virtuale, pentru că fiecare mașină deschisă are un anumit preț pe oră.

Endpoint-urile reprezintă modul de conectare a utilizatorilor la serviciile mașinii virtuale, în mod implicit pe o mașină Windows fiind deschise porturile de comunicare pentru PowerShell

(TCP: privat și public 5986) și portul RDP (TCP: Privat: 3389; Public - alocare dinamică port de nivel înalt, maximum: 65535[36]). Mașinile virtuale cu sisteme de operare din familia Linux au configurat un singur port de acces implicit la Internet: SSH (TCP:22) care permite conectarea la consolă printr-un set variat de instrumente.



În zona de monitorizare a fiecărei mașini virtuale se pot vizualiza detalii grafice despre utilizarea resurselor de calcul și se pot stabili reguli de alertare în cazul în care se depășește un anumit nivel de utilizare specificat în fereastra de configurare a regulii. De asemenea regula de alertare presupune configurarea posibilității de alertare prin e-mail a administratorului principal sau a unui administrator delegat.

Alte operațiuni de bază care pot fi efectuate din consola de administrare a mașinilor virtuale:

- Oprire/(re)Pornire;
- Atașarea unui spațiu de stocare suplimentar;
- Captura imaginii serverului în așa fel încât să poată fi replicat la alte dispozitive din propria infrastructură virtuală;
- Ștergerea.

Microsoft pune la dispoziția utilizatorilor de Azure un set extins de instrumente pentru programarea în PaaS sau SaaS precum și pentru administrarea de la distanță a infrastructurilor cloud. Denumirea pachetelor de instalare este cunoscută sub acronimul SDK[37] care conțin seturile de API specifice producătorului și sunt disponibile pentru orice sistem de operare sau mediu de programare suportat.

[36] Internet Assigned Numbers Authority (IANA) www.iana.org
[37] SDK - Software Development Kit – Set de instrumente pentru dezvoltarea de software

5.4 Securitate și riscuri în cloud

Lumea științifică și tehnică este deosebit de preocupată de aspectul securității și confidențialității datelor în cloud. Faptul că datele companiei sau ale persoanelor sunt rezidente pe calculatoarele altor companii, naște suspiciuni de acces la acestea. Nu în ultimul rând comunitățile de infractori cibernetici sunt foarte interesate de a studia și exploata riscurile directe și indirecte ale implementărilor de cloud, în speranța colectării unui volum de date și informații care le pot aduce beneficii sau venituri directe și indirecte. În percepția generală a utilizatorilor de cloud cele mai importante concepte legate de securitatea în cloud sunt (Charif & Awad, 2014): criptarea datelor, autentificarea și identificarea, protecția antivirus, modul de configurare a firewall-urilor și disponibilitatea serviciilor.

Securitatea sistemelor informaționale este un domeniu vast și care poate fi evaluată pe baza principiului celei mai slabe componente (Greavu-Șerban & Șerban, 2014). Pentru a securiza fiecare componentă a sistemului informațional, compania trebuie să parcurgă o serie de etape specifice, care includ printre altele inventarierea activelor, stabilirea unui nivel de risc pe fiecare activ pe baza vulnerabilităților specifice și realizarea unui plan de tratare a riscurilor cu scopul diminuării lor. Măzăreanu (2010, p. 52) afirmă că pe lângă un management comprehensiv al riscurilor, companiile trebuie să adopte și adapteze permanent cele mai noi standarde și coduri de bună practică în domeniul securității informaționale. Rhoton (2009, p. 130) oferă exemple concrete de calcul al riscului în adopția și operarea tehnologiilor cloud, incluzând aspecte generale cu privire la pierderea de informații, indisponibilitatea serviciilor, costul neutilizării anumitor resurse dar și imposibilitatea adaptării la cerințele dinamice ale pieței. Autorul propune un sistem de evaluarea a riscurilor calculat pe baza impactului, probabilității și numărul de produse sau servicii influențate în cazul producerii riscului anticipat.

Înțelegerea corectă a modelelor de implementarea și de servicii oferite de cloud și a interdependențelor dintre acestea constituie primul pas în determinarea nivelul de risc acceptabil pentru adopția tehnologiilor cloud. *Încrederea* în cloud poate fi echivalentă cu încrederea care se investește într-o aplicație web clasică (Yeluri & Castro-Leon, 2014) prin intermediul căreia se pot manipula date și se pot lansa diferite comenzi și operațiuni. În cloud dispare teoretic un nivel din arhitectura de securitate a unui sistem informațional: *nivelul fizic*. Datele companiei nu mai sunt pe un server aflat în spatele mai multor uși închise. Zittrain (2008) precizează că o persoană poate avea acces la informațiile din cloud doar prin intermediul unei parole.

În seria sa de mituri despre cloud, Smith (2014) specifică faptul că în cazul în care *neîncrederea* în disponibilitatea serviciilor cloud și a confidențialității datelor, în contextul complexității și

lisei de transparență, se poate alege calea implementărilor de cloud hibrid. Latura ironică a acestei idei are la bază dualitatea dintre *complexitate* și *control*. Arhitecturile de rețea foarte complexe sunt mai greu de controlat, atât de cei care le implementează, cât și de cei care încearcă să le înțeleagă pentru a le exploata vulnerabilitățile. Lipsa *transparenței* poate fi considerată un alt factor de risc în implementarea soluțiilor cloud, pentru că nu asigură un nivel corespunzător de înțelegere a interdependențelor dintre componentele unei implementări complexe (Mather, Kumaraswamy, & Latif, 2009).

Neîncrederea este uneori directă cu nevoia de *intimitate* a datelor pe care o au numite companii în legătură cu datele pe care le stochează și prelucrează în cloud. Chiar dacă în cele mai multe materiale, intimitatea este tratată în categoria *confidențialității*, termenul de intimitate este mult mai potrivit în contextul manipulării datelor cu caracter personal. Scepticii cloud-ului sunt de părere că marii furnizori de cloud sau alte servicii din web-ul social folosesc în scopuri de afaceri datele personale ale angajaților și oamenilor în general. În fapt, această teamă, este suficient de simplă de susținut cu probe concrete. O simplă căutare pe oricare motor de căutare vă va oferi publicitate contextuală în oricare alt site. Motivul este unul profesionist de canalizare a mesajelor publicitare pe nevoile reale ale unui individ. Dar, cum ar putea face furnizorii acest lucru fără stocarea unei cantități de date, fie și infimă, care poate determina un profil temporar sau pe termen îndelungat al unui utilizator al Internetului?

Pentru a determina vulnerabilitățile unui sistem cloud trebuie să ținem seama de o serie de factori diferențiatori față de implementările locale (Hugos & Hulitzky, 2011):

- Intern versus Extern – cu referire la locația de stocare a datelor
- Deschis versus Proprietar – cu referire la forma de proprietate a echipamentelor de prelucrare și stocare și modului de acces la resursele respective;
- Externalizat versus internalizat – cu referire la modul în care se asigură suportul pentru serviciile puse la dispoziție;
- În perimetrul de securitate versus în afara perimetrului – cu referire la modelul clasic de securizare a infrastructurii de rețea locale prin intermediul dispozitivelor de tip firewall.

Standardele americane de securitate în domeniul cloud-ului (Badger, Grance, Patt-Corner, & Voas, 2012) definesc mai multe **clase de controale** specifice pentru determinarea nivelului de vulnerabilitate a unui serviciu în general:

- Managementul Configurațiilor;
- Achiziția de sisteme și servicii;
- Protecția sistemelor și comunicațiilor;

- Integrarea sistemelor și informațiilor.

Fiecare clasă de controale are propriile sale categorii de riscuri și vulnerabilități specifice aplicabile la nivel general sistemelor informaționale, inclusiv arhitecturilor cloud. În opinia generală, principalele vulnerabilități la care se expun companiile sau indivizii în momentul accesului la tehnologiile cloud sunt prezentate succint în paragrafele următoare.

Vulnerabilități ale clienților de conectare în cloud. Având în vedere că metodele de conectare la serviciile cloud includ browser-e și aplicații specifice, clienții trebuie să se asigure că acestea sunt protejate și securizate. Una din cele mai comune probleme legate de browser-e este aceea a instalării *add-on*-urilor de tip *adware* care pot colecta datele de conectare ale utilizatorilor, în felul acesta expunând întreaga companie la riscuri de acces neautorizat la conținutul informațional stocat în cloud. Salvarea parolelor în browser-e sau aplicații poate constitui un alt risc în cazul pierderii sau furtului dispozitivului de acces. Pentru diminuarea riscurilor companiile folosesc metode specifice de securizare a browser-elor și aplicațiilor. Dintre acestea cele mai întâlnite sunt: localizarea geografică a unui dispozitiv, ștergerea de la distanță a conținutului stocat, blocarea dispozitivului sau implementarea mecanismelor de dublă autentificare: nume de utilizator + parolă și un cod temporar generat de o aplicație specifică.

Criptarea datelor și comunicațiilor. Fiecare serviciu de cloud transferă datele prin intermediul canalelor securizate: HTTPS, SSH, RDP, FTPS, dar revine în sarcina clientului să se asigure în momentul conectării că accesează site-ul corect pentru autentificare. *Phishing*-ul a ajuns o tehnică destul de elaborată în redirectarea utilizatorilor către site-uri care emulează cât mai fidel site-urile originale, reușind astfel să intre în posesia datelor de autentificarea ale utilizatorilor. Majoritatea browser-elor moderne au mecanisme de protecție a phishing-ului prin validarea certificatelor se criptare a comunicației dintre client și serviciul cloud. Un alt risc legat de certificatele digitale și criptarea comunicațiilor și datelor este reprezentat de *scurgerea de informații* din cadrul companiei și *repudierea*[38] conținutului informațional. Mecanismele de tipul managementul drepturilor digitale (DRM[39]) și mecanismele privind prevenirea scurgerii informațiilor (DLP[40]) sunt din ce în ce mai utilizate atât în interiorul companiilor cât și în cloud, furnizorii punând la dispoziție servicii DRM integrate cu mecanismele de autentificare și identificare a utilizatorilor. Din cele mai frecvente măsuri implementate în DRM amintim: semnarea conținutului informațional, criptarea conținutului informațional, protecția asupra

[38] ISO/IEC 13888-1:2009(en) - Information technology - Security techniques - Non-repudiation - Part 1: General - https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:13888:-1:ed-3:v1:en
[39] DRM – Digital Rights Management
[40] DLP – Data Loss Prevention

anumitor operațiuni comune precum copierea, redistribuirea, și mecanisme complete de expirare a conținutului informațional după o anumită perioadă de timp. DRM asigură în același timp mecanisme concrete de protecție de tipul FYEO[41] asigurându-se astfel că numai destinatarul unui mesaj este capabil să îl deschidă și citească.

Protecția perimetrului fizic este o cerință concretă de securitate pentru locația clientului care folosește serviciile de cloud. În același timp este un criteriu de selecție a furnizorului de cloud, care trebuie să ofere posibilitatea de acces la aceleași date dintr-o locație secundară sau mai multe. Mecanismele de diminuare a riscurilor împotriva atacurilor fizice pun pe prim plan strategiile de realizare și gestionare a copiilor de siguranță a datelor.

Riscuri legate de performanță și funcționalități. Clienții de cloud trebuie să se asigure în momentul în care aleg un serviciu cloud că au testat suficient de bine performanțele serviciului și că funcționalitățile sunt corespunzătoare specificului proceselor de afaceri ale companiei. Majoritatea furnizorilor de cloud pun la dispoziția clienților versiuni de evaluare a unor funcționalități de cloud, pentru efectuarea implementărilor pilot și definirea planurilor și strategiilor de implementare, migrare și crearea documentațiilor suport. De asemenea este foarte importantă cunoașterea tuturor funcționalităților oferite de anumite servicii. De multe ori, firmele aleg anumite planuri de servicii care oferă funcționalități limitate dar la un preț mai redus, făcând dificilă ulterior dezvoltarea unor funcționalități personalizate. Alteori, clienții au cunoștințe detaliate despre anumite aplicații și servicii implementate local, aleg o soluție similară din cloud și după o perioadă de timp constată că le lipsesc anumite componente cheie de dezvoltare, personalizare și administrare a serviciilor. Serviciile și aplicațiile cloud nu au întotdeauna implementate toate funcționalitățile, sau anumite funcționalități nu pot fi personalizate sau administrate asemănător cu cele din implementările locale, dând naștere nemulțumirilor unor categorii de utilizatori.

Expunerea la atacurile de inginerie socială. Având în vedere că mecanismele de protecție a cloud-urilor îngreunează sau reduc aproape la minimum atacurile clasice de tip *brute-force*, *password guessing*, *denial-of-services*, infractorii cibernetici caută alte metode prin care să aibă acces la conținutul informațional al companiilor. Ingineria socială este un subiect sensibil pentru majoritatea companiilor pentru că, cel puțin în ultimii ani, este cea mai eficientă măsură de acces direct la datele companiei. Bazându-ne pe studii și experimente concrete (Greavu-Șerban & Șerban, 2014) am identificat faptul că la nivelul multor companii din România nu există mecanisme de protecție și/sau conștientizare a angajaților privind aceste tipuri de riscuri.

[41] FYEO - For Your Eyes Only – Exclusiv doar pentru ochii tăi.

”IT-ul tradițional” se bazează pe securitatea unui firewall, dar esența cloud-ului presupune transferul și accesul la date de oriunde, folosind într-adevăr canale securizate, dar mobilitatea expune angajații la interacțiuni cu diferite persoane care le pot convinge prin diferite metode să divulge informații utile pentru construirea unui atac de tipul ingineriei sociale.

6 Criticism și viitorul tehnologiilor cloud

Având la bază tehnologii și modele care au fost descoperite înainte de lansarea pe piață a conceptului de cloud computing, mulți critici ai domeniului consideră cloud-ul un alt cuvânt la modă, care va dispărea rapid. Conform mai multor autori, cloud-ul reprezintă o metodă revoluționară de proiectare și implementare a infrastructurii de servicii bazate pe evoluția tehnologiilor informaționale, de comunicații și a modului de integrare și dezvoltare a afacerilor moderne.

Aspectele critice cu privire la adopția cloud computing-ului au la bază idei, concepte și experiențe ale utilizatorilor, care pot fi sintetizate în următoarele categorii (Linthicum, 2010, p. 31): *securitate, control, costuri, deschidere, conformitate* și *contractele de servicii* (SLA).

Considerat de mulți alți autori un panaceu al dezvoltării tehnologiilor IT&C, cloud-ul nu este practic decât un nou mod de organizare și livrare a serviciilor informaționale. Dispunând teoretic de o capacitate de prelucrare și stocare nelimitată, constatăm că practic fiecărui client îi este alocată implicit o capacitate limitată de resurse în care poate să scaleze aplicațiile sale. Concret, din punct de vedere economic, cloud-ul este ieftin și eficient doar în condiții de utilizare la un volum predefinit de servicii, multe companii preferând implementările hibride pentru a asigura controlul costurilor operaționale determinate de abonamentele cloud.

Disponibilitatea serviciilor IT, într-o lume de afaceri care necesită decizii rapide bazate pe cantități enorme de date, este un alt factor critic în cloud. Furnizorii garantează disponibilitatea înaltă a serviciilor, dar foarte puțini autori tratează, de exemplu, întreruperile de energie electrică dintr-o zonă în care acționează clientul de cloud. Fiecare companie, are implementate măsuri de asigurare a continuității afacerii, în care sunt prevăzute și astfel de cazuri, incluzând linii redundante de alimentare cu energie sau Internet. Și totuși, cum poți să beneficiezi de servicii atât timp cât o mare magistrală de alimentare cu energie sau Internet este întrerupă într-o zonă geografică din cauze naturale, sau de ce nu, umane? Este responsabilitatea companiei de a își asigura alimentarea cu astfel de resurse, dar dacă nu sunt implementate mecanisme de lucru off-line, toate activitățile pot fi întrerupte complet până la remedierea problemelor cu utilități.

Cel mai mare minus al cloud-ului este de departe *neîncrederea* în confidențialitatea datelor stocate în cloud. În aprilie 2014, după ce Microsoft a refuzat să de acces instituțiilor din cadrul Guvernului Statelor Unite ale Americii la datele stocate pe serverele de e-mail din Irlanda, un tribunal din New York a dispus[42] renunțarea la serverele care asigură serviciile din cloud localizate în alte țări, motivând lipsa jurisdicției autorităților americane în afara propriilor

[42] Bourne, J., (2014), *US judge orders Microsoft to give up overseas cloud data*, - www.cloudcomputing-news.net

teritorii. În consecința acestei decizii, Google a început analiza posibilității stocării serverelor pe mare, asigurând în acest fel care nu fac obiectul nici unei jurisdicții teritoriale.

Nevoia de control a organismelor statelor lumii, alimentează teama conspiraționiștilor acestei teorii cu privire la accesul oricând la datele stocate în cloud. În același timp constatăm nevoia unei legislații internaționale unificate care să asigure garanții ferme de confidențialitate, dar care să permită explorarea la cerere a conținutului informațional care ar putea sta la baza unor acte economice și sociale care ar putea aduce prejudicii persoanelor sau companiilor.

Colaborarea, ca factor pozitiv al cloud-ului este considerată mult mai eficientă decât controlul (Hugos & Hulitzky, 2011). Chiar dacă companiile moderne au la baza misiunilor și obiectivelor lor strategii de dezvoltare a relațiilor de colaborare informațională la nivel intern și extern, *transparența* provoacă multe dezbateri vis-a-vis de dimensiunea până la care pot fi implementate sistemele colaborative.

Acestea, și multe altele, determină nu numai companiile și cercetătorii, dar și organismele guvernamentale să întreprindă cercetări și să elaboreze strategii cu privire la evoluția, implementarea și adopția tehnologiilor cloud în cadrul propriilor organisme. În septembrie 2012, Comisia Europeană a adoptat o strategie pentru „*Valorificarea cloud computing-ului în Europa*". Strategia subliniază acțiunile pentru asigurarea unui câștig net de 2,5 milioane de noi locuri de muncă în Europa și o creștere anuală de 160 miliarde a PIB-ului UE (circa 1%), până în 2020. Strategia este concepută pentru a accelera și crește utilizarea cloud computing-ului în economie. Această strategie a fost rezultatul unei analize a politicii generale, a peisajului de reglementare și tehnologic și o consultare a părților interesate, pentru a identifica ce este necesar să se realizeze pentru a valorifica la maximum potențialul pe care cloud-ul îl poate oferi. Acest document stabilește acțiunile cele mai importante și urgente și reprezintă un angajament politic al Comisiei care servește drept apel pentru ca părțile interesate să participe la implementarea acestor acțiuni. (Asociația Națională pentru Securitatea Sistemelor Informatice, 2013)

Este greu de anticipat cum va evolua fenomenul de cloud computing, dar agreăm cu punctul de vedere al lui Sosinsky (2011) conchide că în viitori zece ani domeniul IT&C va suferi o serie de schimbări de funcționare, percepție și dezvoltare. În opinia autorului, pe fondul dezvoltării tehnologiilor de comunicație și a tehnologiilor web, aplicațiile pe care le cunoaștem în prezent vor fi înlocuite complet de aplicațiile oferite din cloud, incluzând chiar modul în care sunt instalate și utilizate sistemele de operare pe calculatoarele prezentului. Compania Google anunță de câțiva ani lansarea unui sistem de operare de tip Browser, care să permită accesul utilizatorilor la tot conținutul lor informațional, inclusiv date și aplicații, direct din cloud prin

intermediul unui singure aplicații de tip browser[43] asigurând astfel o interdependență crescută între dispozitivele pe care le deține un utilizator. Chiar dacă o conexiune la Internet este esențială, producătorul garantează un set de mecanisme puternice de sincronizare cu dispozitivele de stocare locale permițând utilizarea off-line a datelor și aplicațiilor.

Prin stocarea lor centralizată, costul cu prelucrarea, stocarea și obținerea informațiilor va scădea, coroborat cu o creștere a disponibilității acestora de pe orice dispozitiv conectat la Internet. În același timp, un rol din ce în ce mai important în adopția cloud-ului și a modului de comunicare și colaborare va fi influențat de *dezvoltarea rețelelor sociale*. Bazându-se pe tehnologii web standardizate, aplicațiile prezentului și ale viitorului vor fi mai ușor de realizat, implementat și distribuit. De asemenea, modul în care vor opera canalele de distribuție și promovare se vor modifica semnificativ.

Viitorul apropiat va aduce o intensificare a preocupărilor de *integrare managerială și tehnică* a resurselor din cloud. Autori români (Munteanu, Şandru, & Petcu, 2014) propun un model arhitectural de integrare a platformelor de management în cloud care presupune din punct de vedere tehnic implementarea unui set de obiecte și concepte abstractizare care să descrie, întrețină și gestioneze integrarea dintre serviciile și aplicațiile oferite de mai mulți furnizori de cloud. Tehnologiile actuale, permit pe baza standardelor implementate transferul și integrarea informațiilor și mecanismelor de prelucrare între cloud-ul public și cloud-ul privat. Acest aspect este posibil datorită utilizării unor tehnologii omogene și compatibile între cele două modele. Atât timp cât majoritatea furnizorilor încearcă să ofere o gamă cât mai largă de produse și servicii, singurele bariere dintre portabilitate și integrare sunt reprezentate de specificul API-urilor implementate și distribuite de furnizori. Nu vom vedea prea rapid o standardizare a acestora, având în vedere diferențele de arhitectură a limbajelor de programare utilizate, dar acel nivel abstract propus, se poate constitui într-o traducere a instrucțiunilor și metodelor de la un mediu la altul și asigurarea comunicării în timp real a lor. Câștigul economic al integrării între diferite servicii este determinat de alegerea granulară a serviciilor în funcție de bugetele disponibile și ofertele de pe piață.

Cloud computing-ul nu este doar un subiect pentru cercetători și specialiști tehnici. Este în același timp un model de afaceri, care dacă este anticipat și utilizat corect poate aduce beneficii financiare consistente companiilor intermediare în distribuția de servicii cloud. Într-un interviu pentru revista Cloud Magazine România, Star Storage prin intermediul CIO Cătălin Păunescu,

[43] Chromebook - https://www.google.com/chromebook/

anunță cele 5 tendințe majore pentru cloud[44] aferente anului 2015, pe care o să ne asumăm răspunderea de a le interpreta într-o manieră proprie.

1. Rata de adopție a serviciilor de tipul cloud computing va crește cu aproximativ 20%, bazându-se în această afirmație pe tendința în scădere bugetelor de IT din firmele românești destinate achiziției de echipamente fizice.

Majoritatea furnizorilor de cloud care activează în România au propriile studii legate de tendința de adopție a cloud-ului. Estimarea procentuală bazată pe un anumit buget nu este tocmai un factor decisiv în alegerea unei soluții cloud. Suntem de acord că o creștere a bugetelor de IT pentru echipamente fizice s-ar putea traduce într-o tendința de menținere a resurselor de prelucrare on-premise sau o creștere puternică a lor ar putea fi interpretată ca o tendința de creare a unui cloud privat.

2. Decizia de alegere a furnizorului de servicii cloud va avea la bază factori obiectivi, precum: bugete IT cu mult reduse; securitatea datelor companiei; disponibilitatea datelor; simplitate în utilizare și libertate de alegere/schimbare a furnizorului.

Conform opiniei noastre, bazate pe cercetarea efectuată pentru această lucrare, nici unul din acești factori nu sunt determinanți în decizia de achiziție de servicii cloud și nici nu au eficiență ca instrument de marketing. Da, cloud-ul implică o reducere a costurilor operaționale cu sectorul IT din cadrul unei companii, dar, dincolo de orice idee de marketing, sunt necesare investiții în domeniul portabilității proceselor de afaceri înspre zona de cloud. Chiar dacă suntem de acord cu securitatea datelor companiei, precum și cu disponibilitatea datelor și informațiilor, credem că libertatea de schimbare a furnizorului de cloud pe perioade scurte de timp (6/8 luni) este foarte redusă, tinzând spre 0 (zero). Nu ne referim în această sintagmă la intermediarul serviciilor de cloud ci la furnizorul principal. La momentul redactării acestui material, singurul model de servicii în cloud care permite o portabilitate aproape 100% de la un furnizor la altul este IaaS. Migrarea mașinilor virtuale sau a discurilor virtuale, sau în cel mai rău caz, a fișierelor este posibilă la costuri reduse. Celelalte modele de serviciu implică rescrierea aplicațiilor pentru adaptare la API-urile noului furnizor.

3. Serviciile de tipul Software ca Serviciu (SaaS) și Platformă ca Serviciu (PaaS) sunt din ce în ce mai căutate și adoptate în rândul utilizatorilor

Pe lângă multe altele, un avantaj important al tehnologiilor cloud este legat de viteza de execuție și implementare a anumitor procese de business. De aceea, suntem de acord cu această opinie. Servicii precum Office 365, vor putea oferi companiilor, având tendința de a spune ”de orice

[44] CloudMag, *Star Storage | Anunta cele 5 tendinte majore pentru cloud*, http://cloudmag.ro/star-storage-5-tendinte/, 03/02/2015

dimensiune" dar ne limităm la mici și medii, posibilitatea de a deține la costuri reduse procese care le pot optimiza activitatea economică la cote care nu pot fi anticipate inițial. În perioada anilor 2002/2010 unul din cele mai importante instrumente de optimizare a fluxurilor informaționale pentru companiile mici (până la 25 de utilizatori) erau versiunile de sisteme de operare *free*[45] (versiuni Linux) sau versiunea plătită de la Microsoft, Windows Small Business Server. Exploatat corect succesul acelor ani[46] ar putea fi replicat mult mai dinamic în formatul tehnologiilor oferite de Office 365.

4. Aplicațiile software trebuie dezvoltate astfel încât să poată fi implementate și în cloud, simplu și rapid.

Chiar dacă există o diferență de paradigmă suntem de acord cu autorul că rigoarea metodelor de programare în cloud va aduce un beneficiu de siguranță și stabilitate tuturor entităților implicate în procesul de adopție a tehnologiilor Cloud. Tendința identificată de noi este acea de portabilitate, a tuturor aplicațiilor spre zona tehnologiilor Web asigurând în acest fel o dezvoltare suficient de simplă prin standardizare și rapidă prin resurse a viitoarelor aplicații găzduite în modele cloud de tip PaaS. Foarte importante sunt și cercetările în domeniul interoperabilității (Petcu, 2014) dintre furnizorii de cloud asigurând dincolo de portabilitate, o integrare între serviciile oferite de mai mulți furnizori.

5. Cloud-ul hybrid va fi modelul de serviciu ales de companiile de tip enterprise

Opinia omniprezentă a specialiștilor din domeniu profesional sau al cercetării oferă întâietate modelului hibrid în adopția tehnologiilor cloud pentru mediul Enterprise. Cloud-ul nu este doar un concept tehnic ci în același timp un model de afaceri, care schimbă paradigma de abordare a proiectelor viitoare atât pentru furnizorii de soluții cât și pentru cei de consultanță. Cloud-ul hibrid este una din cele mai complexe implementări tehnice, dar configurat și optimizat corect poate aduce beneficii comensurabile companiilor de tip Enterprise, atât din punct de vedere al flexibilității viitoare cât și a accesului la resurse de prelucrare care pot satisface nevoi de business punctuale.

Cloud computing-ul aduce o schimbare a modului în care sunt distribuite serviciile informaționale către utilizatori sau clienți. Arhitecturile cloud permit utilizarea mai eficientă a resurselor de care dispune o companiei și un mecanism de distribuire a serviciilor care poate îmbunătăți experiența utilizatorilor în utilizarea acestora (Sullivan, 2010). Prin alinierea obiectivelor de afaceri cu capacitățile cloud-ului, companiile pot îmbunătăți procesul de acces

[45] Free – cu înțelesul de gratuit, liber de utilizat, open source (surse deschise).
[46] Barleta - Studiu de caz: Windows Implementare Small Business Server - https://www.microsoft.com/romania/business/studiu_de_caz/Barleta_KTB_Infonet.aspx

pe noi piețe de desfacere, reducerea costurilor cu departamentele de IT și o îmbunătățire a eficientei utilizării fondurilor financiare.

Văzut de cele mai multe ori ca un centru de cost, departamentul de IT din cadrul firmelor care adoptă tehnologiile cloud vor suferi o serie de schimbări majore în viitorul apropiat, un rol important în adopția cloud-ului avându-l firmele partenere specializate care permit externalizarea activităților de IT care nu fac obiectul de activitate al companiei. Anumiți autori consideră că personalul din domeniul afacerilor va juca un rol pro-activ în sensul deservirii proprii și a echipei în care lucrează cu servicii informaționale necesare derulării activităților.

Experiența noastră practică demonstrează tocmai inversul acestui demers. Este foarte important ca un utilizator să știe să-și configureze singur o adresă de e-mail, să creeze un spațiu colaborativ pentru lucrul în comun pe activitățile unui proiect concret dar pare aproape imposibil pentru un economist să implementeze propriile sale reguli de business prin utilizarea unor aplicații specializate, chiar de nivel înalt. Am constat în timp că dincolo de ineficiența aplicațiilor dezvoltate de nespecialiști, acestea sunt și mari consumatoare de timp și energii în cadrul echipelor.

Agilitatea unor angajați din domeniul economic de a crea aplicații monstruoase într-un fișier Excel se traduce printr-o integrare foarte dificilă a oricărui alt nou membru. În contextul Internet, orice greșeală în implementarea regulilor de colaborare și transparență, poate compromită întreaga confidențialitate a unor procese economice implementate. Instalarea unui sistem de operare, instalarea unei aplicații, crearea copiilor de siguranță, devirusarea sau depanarea accesului la o imprimantă, sunt aparent, la îndemâna oricărui copil de gimnaziu, dar pot consuma timp sau ore de instruire pentru un angajat din domeniul economic, care va avea nevoie poate odată de două ori pe an de acele cunoștințe, restul timpului consumându-l pentru desfășurarea activităților sale de bază.

Pe baza acestor experiențe tindem să considerăm că departamentele de IT interne își vor continua rolul suport pentru mediul de afaceri, pentru că dincolo de disponibilitatea lor locală au atu-ul de a cunoaște cultura organizațională și a se adapta mult mai rapid unor schimbări și cerințe specifice.

De la calculatorul companiei, pe care se înregistrează date rezultate din procesele economico-financiare, până la frigiderul care îți trimite un e-mail cu lista de alimente pe care trebuie să le achiziționezi dintr-un supermarket, nu mai pare a fi decât un pas. Puterea de calcul a cloud-ului, capacitatea de stocare și de integrare a dus la apariția unor servicii noi de asistență, organizare

și a îmbunătățirii experienței de viață a fiecăruia dintre noi. Aplicații gen Siri[47] de la Apple sau Cortana[48] de la Microsoft, transformă telefoanele inteligente în asistenți digitali, a căror experiență și mod de lucru poate fi transferat ulterior și altor tipuri de obiecte din jurul nostru. Dar cu cât viața noastră devine mai dependentă de tehnologie sau integrată cu aceasta, vor crește și riscurile asociate. Conform Gartner, Internetul Obiectelor (*IoT - Internet of Things*) va crea noi vulnerabilități și cereri de securitate referitoare la mediul fizic și digital având în vedere că se preconizează o creștere a vânzărilor de aproape 30%. În contextul dezvoltării conceptului, o serie de autori (Popescul & Georgescu, 2013) propun dezbateri largi despre aspectele etice care trebuie luate în calcul în programarea regulilor de utilizare și acces la informațiile și mediul de comunicație dintre obiectele din Internet.

Odată cu dezvoltarea Internetului Obiectelor, *Ubiquitous Computing*[49] (Weiser, 1993) capătă un nou sens. Chiar dacă Google este prima companie care a lansat ochelarii pentru *realitatea augmentată*[50], Microsoft lansează primele instrumente HoloLens[51] care permit proiecția imaginilor pe obiectele din jur, permițând modelarea lumii reale prin simulări holografice și transmiterea datelor către calculatoarele conectate la dispozitiv. Cercetarea în domeniul interconectării lumii reale cu lumea virtuală este într-o fază incipientă, posibilitățile și direcțiile fiind aproape nelimitate. Cercetătorii din domeniile tehnice sunt preocupați despre metodele de optimizare a acestei noi interfețe dintre real și virtual prin îmbunătățirea performanțelor dispozitivelor (Borza, Darabanț, & Danescu, 2013) și prin utilizarea tehnologiilor cloud (Dobrea, Maxim, & Ceparu, 2013), recunoașterea facială fiind un domeniu care necesită putere mare de calcul și spațiu mare de stocare, toate acestea fiind disponibile din abundență în cloud. Puterea de calcul imensă, acumularea cunoașterii într-un singur punct, disponibilitate și agilitate, capacitate de decizie, sunt termeni cheie care deschid drumurile științelor care studiază modul în care calculatoarele pot acumula experiență cu cum pot dobândi cunoaștere și conștiință de sine. Compania IBM, cunoscută în domeniul cercetărilor de nivel înalt pe care le efectuează, propune un nou domeniu de cercetare, cognitive computing[52], care are la bază platformele de cloud și care presupune folosirea puterii calculatoarelor în sensul asistării proceselor decizionale din domeniile economico-sociale.

[47] Apple – iOS – Siri - https://www.apple.com/ios/siri/
[48] Mobile Devices - http://www.microsoft.com/en-us/mobile/campaign-cortana/
[49] Ubiquitous computing – calcul omniprezent, concept lansat în anii 1990 și care presupune utilizarea tehnologiilor de calcul și prelucrare a datelor peste tot. Autorul specifică faptul că este un termen opus realității virtuale.
[50] Google Glass - http://www.google.com/glass/start/
[51] Microsoft HoloLens - https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us
[52] IBM Cognitive Computing - http://www.ibm.com/developerworks/cognitive/

În percepția populară, știința se bazează pe imaginația scenariștilor de filme, care își imaginează că o entitate umană poate fi interconectată bio-electric cu corpul uman pentru accesul la cunoașterea Universală (vezi filmul Avatar), iar a doua zi trei specialiști bagă o plantă în priză și o conectează la Internet pentru a afla ce gândește. În realitatea, ajungerea la maturitate a unui concept se bazează, dincolo de știința futurologiei, pe mii de ore de muncă a specialiștilor din domeniile matematicii, fizicii, chimiei, economiei și tehnologiei informației.

La finalul acestei cărți nu avem pretenția de a fi acoperit detaliile tehnice și mecanismele economice de nișă care guvernează tehnologia prezentului. Dar, având la bază cercetarea bazată pe un volum foarte mare de cărți, articole, dar și experiența practică, sperăm ca această carte să fi fost un bun ghid pentru o înțelegere globală a terminologiei cloud computing și a conceptelor corelate, precum și a implicațiilor acestora în viața de zi cu zi a companiilor și oamenilor.

Bibliografie

Airinei, D., Grama, A., Fotache, D., Georgescu, M., Munteanu, A., Dospinescu, O., . . . Păvăloaia, V.-D. (2014). *Tehnologii informaţionale aplicate în organizaţii.* Iași: Editura Universităţii „Alexandru Ioan Cuza”.

Alboaie, L., & Vaida, M. F. (2011). Trust and Reputation Model for Various Online Communities. *Studies in Informatics and Control*, 143-156.

Anderson, T. E., Culler, D. E., & Patterson, D. A. (1995). A case for NOW (networks of workstations). *Micro, IEEE*, 54-64.

Antonescu, A.-F., & Braun, T. (2014). Modeling and Simulation of Concurrent Workload Processing in Cloud-Distributed Enterprise Information Systems. *ACM*, 11-16.

Asociația Națională pentru Securitatea Sistemelor Informatice. (2013, 10). *www.cert-ro.eu.* Preluat de pe Ghid: Securitatea în Cloud: http://cert-ro.ro/files/doc/798_2013111410110505067750 0_X.pdf

Avram (Olaru), M.-G. (2014). Advantages and challenges of adopting cloud computing from an enterprise perspective. *Procedia Technology 12* , 529-534.

Badger, L., Grance, T., Patt-Corner, R., & Voas, J. (2012, 5). *Cloud Computing Synopsis and Recommendations. NIST Special Publication 800-146.* Preluat de pe National Institute of Standards and Technology: http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-146/sp800-146.pdf

Benkler, Y. (2006). *The wealth of networks: How social production transforms markets and freedom.* Londra: Yale University Press.

Bittman, T. J. (2012, 2 28). *Private Cloud Computing: Target Services That Need Agility.* Preluat de pe Gartner: https://www.gartner.com/doc/1935722

Borza, D., Darabanț, A.-S., & Danescu, R. (2013). Eyeglasses lens contour extraction from facial images using an efficient shape description. *Sensors*, 13638-13658.

Burns, C. (2014, 6 4). *How to build a private cloud.* Preluat de pe Network World: http://www.networkworld.com/article/2166356/cloud-computing/how-to-build-a-private-cloud.html

Buyya, R., Ranjan, R., & Calheiros, R. N. (2010). Intercloud: Utility-oriented federation of cloud computing environments for scaling of application services. *Algorithms and architectures for parallel processing*, 13-31.

Castells, M. (2010). *The Information Age: Economy, Society, and Culture Volume II, 2nd Edition with a New Preface.* Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.

Charif, B., & Awad, A.-I. (2014). Business and Government Organizations' Adoption of Cloud Computing. *Intelligent Data Engineering and Automated Learning–IDEAL*, 492-501.

Collier, M., & Shahan, R. (2015). *Fundamentals of Azure. Microsoft Azure Essentials* . Redmond, Washington, USA: Microsoft Press.

Daj, A., Samoilă, C., & Ursuţiu, D. (2012). Digital marketing and regulatory challenges of Machine-to-Machine (M2M) Communications. *Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, 1-5.

Department of Science, Information Technology, Innovation and the Arts. (2014, 5). *Cloud Computing - Implementation Model.* Preluat de pe Queensland Government: http://www.qld.gov.au/dsitia/

Dobrea, D.-M., Maxim, D., & Ceparu, Ș. (2013). A face recognition system based on a Kinect sensor and Windows Azure cloud technology. *International Symposium on Signals, Circuits and Systems* (pg. 1-4). Iași: IEEE.

Dongarra, J. J., & Walker, D. W. (2001). The quest for petascale computing. *Computing in Science & Engineering*, 32-39.

Dospinescu, O., & Perca, M. (2013). Web Services in Mobile Applications. *Informatica Economică* , 17-26.

Dumoulin, P. (2006, 11 7). *Determining a good naming convention for your network.* Preluat de pe TechRepublic: http://www.techrepublic.com/article/determining-a-good-naming-convention-for-your-network/

Farley, M. (2013). *Rethinking Enterprise Storage. A Hybrid Cloud Model.* Redmond, Washington, USA: Microsoft Press.

Foster, I., & Kesselman, C. (2003). *The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure.* San Francisco, USA: Elsevier.

Garber, D., Malik, J., & Fazio, A. (2013). *Windows Azure® Hybrid Cloud.* Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Inc.

Georgescu, M., & Matei, M. (2013). The value of cloud computinf in the business environment. *The USV Annals of Economics and Public Administration*, 222-229.

Georgescu, M., & Suicimezov, N. (2012). Issues regarding security principles in cloud computing. *The USV Annals of Economics and Public Administration* , 221-226.

Georgescu, M., & Suicimezov, N. (2014). Face the Changes of the New Hyper-Cloud . *Journal of Applied Computer Science & Mathematics*, 9-12.

Goetsch, K. (2014). *eCommerce in the Cloud.* Gravenstein Highway North, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.

Greavu-Șerban, V. (2010). Prezentare ISO27001: sistemul de management al securităţii informaţionale. *Progrese în teoria deciziilor economice în condiții de risc și incertitudine, vol. XI* (pg. 96-104). Iasi: Editura Tehnopress.

Greavu-Șerban, V., & Șerban, O. (2014). Social Engineering a General Approach. *Informatica Economică*, 5-14.

Grossman, R. L. (2009). The case for cloud computing. *IT professional, 11*(2), 23-27.

Hill, R., Hirsch, L., Lake, P., & Moshiri, S. (2012). *Guide to Cloud Computing: Principles and Practice.* Londra, UK: Springer Science & Business Media.

Homocianu, D., & Airinei, D. (2015). General Purpose System for Generating Evaluation Forms (GPS4GEF). *In Proceedings of The 14th International Conference on Informatics in Economy (IE 2015)*.

Hugos, M., & Hulitzky, D. (2011). *Business in the Cloud. What every business needs to know about cloud computing.* Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Hurbean, L., & Fotache, D. (2014). ERP III: The Promise of a New Generation. *Conference on Informatics in Economy ASE Bucarest Romania*.

Jansen, W., & Grance, T. (2011, 12). *Guidelines on security and privacy in public cloud computing.* Preluat de pe NIST special publication, 800, 144: http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-144/SP800-144.pdf

Kelly, K. (1998). *New Rules for the Wired Economy.* New York: Penguin Group.

Khnaser, E. (2011, 11 13). *How To Design An Effective Naming Convention.* Preluat de pe Virtualization Review: https://virtualizationreview.com/blogs/virtual-insider/2011/10/how-to-design-an-effective-naming-convention.aspx

Kondo, D., Javadi, B., Malecot, P., Cappello, F., & Anderson, D. P. (2009). Cost-benefit analysis of cloud computing versus desktop grids. *Parallel & Distributed Processing, 2009. IPDPS*, 1-12.

Liebowitz, S. (2002). *Rethinking the Networked Economy: The True Forces Driving the Digital Marketplace.* Dallas: AMACOM - American Management Association.

Linthicum, D. S. (2010). *Cloud Computing and SOA Convergence in Your Enterprise: A Step-by-Step Guide.* Crawfordsville, Indiana, USA: Addison-Wesley.

Lupşe, O.-S., Vida, M. M., & Stoicu-Tivadar, L. (2015). Cloud Computing and Interoperability in Healthcare Information Systems. *INTELLI 2012 : The First International Conference on Intelligent Systems and Applications*, 81-85.

Marinescu, D. (2013). *Cloud computing: Theory and practice.* Wyman Street, Waltham, 02451, USA: Elsevier.

Marinos, A., & Briscoe, G. (2009). Community Cloud Computing. *Cloud Computing* , 472-484.

Mather, T., Kumaraswamy, S., & Latif, S. (2009). *Cloud Security and Privacy.* Gravenstein Highway North, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.

Măzăreanu, V. P. (2010). *Economia digitală și managementul riscurilor.* Iași: Editura Tehnopress.

Mell, P., & Grance, T. (2011, 9). *The NIST Definition of Cloud Computing.* Preluat de pe National Institute of Standards and Technology: http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf

Microsoft. (2015, 4 17). *Office 365 Compliance Center.* Preluat de pe Microsoft Technet: https://technet.microsoft.com/en-us/library/dn876574.aspx

Ministerul pentru Societatea Informațională. (2014). *Strategia Nationala privind Agenda Digitala pentru Romania 2014 – 2020.* Preluat de pe http://www.mcsi.ro/: http://www.mcsi.ro/Transparenta-decizionala/Proiecte-2014

Mircea, M., & Andreescu, A. I. (2011). Using Cloud Computing in Higher Education: A Strategy to Improve Agility in the Current Financial Crisis. *Communications of the IBIMA*, 1-15.

Mircea, M., Ghilic-Micu, B., & Stoica, M. (2011). Combining business intelligence with cloud computing to delivery agility in actual economy. *Journal of Economic Computation and Economic Cybernetics Studies*, 39-54.

Munteanu, A., & Fotache, D. (2010). Meeting technological challenges on the IT market in times of economic crisis: Cloud Computing. *Proceedings of Globalization and Higher Education in Economics and Business Administration*, 12-130.

Munteanu, A., & Greavu-Șerban, V. (2006). *Reţele locale de calculatoare: proiectare şi administrare.* Iași: Polirom.

Munteanu, V. I., Șandru, C., & Petcu, D. (2014). Multi-cloud resource management: cloud service interfacing. *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, 1-23.

O'Loughlin, M. (2010). *The Service Catalog - A practitioner Guide.* Zaltbommel, Netherlands: Van Haren Publishing.

Oprea, D. (2007). *Protecția și securitatea informațiilor.* Iași: Polirom.

Orlando, D. (2011, 1 28). *Cloud computing service models, Part 2: Platform as a Service.* Preluat de pe IBM developerWorks: http://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/cl-cloudservices2paas/

Orlando, D. (2011, 1 31). *Cloud computing service models, Part 3: Software as a Service.* Preluat de pe IBM developerWorks: http://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/cl-cloudservices3saas/

Petcu, D. (2014). Consuming Resources and Services from Multiple Clouds. From Terminology to Cloudware Support. *Journal of Grid Computing*, 321-345.

Petcu, D., & Vasilakos, A. V. (2014). Portability in Clouds: Approaches and Research Opportunities. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 251–270.

Pocatilu, P., Alecu, F., & Vetrici, M. (2009). Using Cloud Computing for E-learning Systems. *RECENT ADVANCES on DATA NETWORKS, COMMUNICATIONS, COMPUTERS*, 54-59.

Popescul, D., & Georgescu, M. (2013). Internet Of Things - Some Ethical Issues. *The USV Annals of Economics and Public Administration*, 210-216.

Răduț, C., Popa, I., & Codreanu, D. (2012). Cloud computing security. *Journal of economic-financial theory and practice*, 171-174.

Reese, G. (2009). *Cloud Application Architectures: Building Applications and Infrastructure in the Cloud.* Sebastopol, Canada: O'Reilly Media, Inc.

Rensin, D. K. (2012). *Building a Windows IT Infrastructure in the Cloud.* Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.

Rhoton, J. (2009). *Cloud Computing Explained: Implementation Handbook for Enterprises.* Milton Keynes, UK: Recursive Press.

Sabharwal, N., & Wali, P. (2013). *Cloud Capacity Management.* New York, USA: Apress.

Smith, D. M. (2014, 10 1). *The Top 10 Cloud Myths.* Preluat de pe Gartner: http://www.gartner.com/doc/2860422

Sosinsky, B. (2011). *Cloud Computing Bible.* Indianapolis, USA: Wiley Publishing, Inc.

Sterling, T., Savarese, D., Becker, D. J., Dorband, J. E., Ranawake, U. A., & Packer, C. V. (1995). BEOWULF: a parallel workstation for scientific computation. *Proceedings of the 24th International Conference on Parallel Processing*, 11-14.

Sullivan, D. (2010). *The Definitive Guide To Cloud Computing.* http://www.realtimepublishers.com/: Realtime Publishers.

Tapscott, D. (1996). *The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence.* New York, USA: McGraw-Hill.

Tulloch, M. (2013). *Introducing Windows Azure.For IT Professionals.* Redmond, Washington: Microsoft Press.

Țugui, A., & Gheorghe, A.-M. (2014). Changing The Role Of Accountancy In The Context Of Cloud-Computing. *Managementul Intercultural*, 149-157.

Ungureanu, Ş., Panu, A., Alboaie, L., Buraga, S. C., & Iftene, A. (2014). InstantPlay – O platformă de Cloud Gaming . *Revista Română de Interacţiune Om-Calculator*, 21-36.

Vicat-Blanc, P., Soudan, S., Guillier, R., & Goglin, B. (2011). *Computing Networks from cluster to cloud computing.* Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

Washam, M. (2015). *Automating Microsoft Azure Infrastructure Services.* Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.

Weinman, J. (2008, 9 6). *The 10 Laws of Cloudonomics.* Preluat de pe Bloomberg Business: http://www.bloomberg.com/bw/stories/2008-09-06/the-10-laws-of-cloudonomicsbusinessweek-business-news-stock-market-and-financial-advice

Weiser, M. (1993). Ubiquitous computing. *IEEE Computer*, 71-72.

Wilder, B. (2012). *Cloud Architecture Patterns.* Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc.

Yeluri, R., & Castro-Leon, E. (2014). *Building the Infrastructure for Cloud Security. A solutions View.* New York, USA: Apress Open.

Zhe, Z., & Xu, J. (2014). Design and Implementation Logistics Cloud Platform Based on SOA. *Applied Mechanics and Materials*, 775-780.

Zittrain, J. (2008). *The Future of the Internet - And How to Stop It.* New Haven, UK: Yale University Press.

Index

Index figuri: