

# UTILIZAREA SISTEMELOR MULTI-AGENT ÎNTR-O INFRASTRUCTURĂ CLOUD PENTRU DEZVOLTAREA SISTEMELOR DE GESTIONARE A ÎNVĂȚĂRII

Ovidiu BICA  
ovi@ici.ro

Eugenia TÎRZIU  
ginet@ici.ro

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică - ICI București

**Rezumat:** În acest articol sunt prezentate conceptele utilizate în realizarea proiectului „Modelare perceptuală și mecanisme de generare a acțiunilor în dezvoltarea agenților autonomi” din cadrul programul Nucleu TEHSIN. Dintre conceptele utilizate amintim: e-learning colaborativ, cel mai important instrument de e-learning al sistemului de gestionare a învățării (Learning Management System) – LMS, Sisteme Multi-Agent (SMA) și cloud computing. Scopul principal al acestei lucrări este de a exploata potențialul Sistemelor Multi-Agent și cloud computing pentru îmbunătățirea sistemului de e-learning. În cadrul lucrării, s-a propus o arhitectură de e-learning, care să combine avantajele LMS, Sistemele Multi-Agent și cloud computing.

**Cuvinte cheie:** e-learning, LMS, sisteme multi-agent, agenți inteligenți, cloud computing.

**Abstract:** In this article are presented the concepts used in the "Perceptual modeling and mechanisms for generating actions in the development of autonomous agents" project from TEHSIN core program. Among the concepts used, we mention: collaborative e-learning, the most important Learning Management System - LMS, Multi-Agent Systems and cloud computing. The main purpose of this paper is to exploit the potential of Multi-Agent Systems and cloud computing to improve the e-learning system. An e-learning architecture has been proposed to combine the advantages of LMS, Multi-Agent Systems and cloud computing.

**Keywords:** e-learning, LMS, multi-agents system, intelligent agents, cloud computing.

## 1. Introducere

Agenții sunt și vor fi utilizați tot mai mult într-o diversitate de aplicații, ce variază de la cele industriale, la cele virtuale, de la sisteme de dimensiuni mici și până la sisteme mari, deosebit de complexe. În toate aceste cazuri, poate fi utilizat conceptul de agent și metodele care derivă din acesta. Este remarcabil cât de mare este varietatea de aplicații ce pot fi caracterizate în termenii teoriei agenților și sistemelor multi-agent.

Una din modalitățile spectaculoase prin care agenții inteligenți se impun este aceea a agenților Internet, agenți ce oferă servicii inteligente de Internet. Un sistem de e-Learning trebuie să ofere informația cerută, într-un timp rezonabil, greu de realizat uneori prin metodele de căutare clasice. Aceste operații costisitoare ca timp, cum ar fi căutarea unor informații referitoare la un anumit subiect, pot fi lăsate pe seama unor agenți competenți.

Cercetările cu privire la rezolvarea problemelor utilizând agenți inteligenți au relevat existența problemelor complexe, cum ar fi: de decizie, de planificare, care nu pot fi rezolvate de agenții inteligenți izolați. În concluzie, pentru rezolvarea unor astfel de probleme s-a propus utilizarea sistemelor multi-agent (SMA).

Învățarea este o activitate foarte dinamică cu reguli ce au posibilități limitate, acest lucru motivează apelarea la agenți în mediul educațional.

O sesiune de e-learning trebuie să fie cât mai interactivă, să implice emoțional cursanții; feedback-ul oferit trebuie să fie prompt și la obiect. Aceste cerințe pot fi soluționate de către un agent inteligent care să decidă ce documentație trebuie căutată, cui și când să o trimită.

Totuși, informațiile oferite tutorelui despre nivelul de colaborare cu nivelul fiecărui cursant nu sunt de fiecare dată cele scontate. Mai mult, aceste sisteme se confruntă și cu provocări legate de optimizarea gestionării resurselor la scară largă, în funcție de creșterea masivă a serviciilor

Astfel, în această lucrare se propune o arhitectură dezvoltată ca un sistem LMS bazat pe cloud, care integrează un sistem multi-agent SMA, ce permite colectarea, stocarea și gestionarea datelor și informațiilor despre activitățile cursanților.

Platforma permite urmărirea progresului cursanților și a nivelului lor de colaborare pentru a oferi tutorilor informații legate de

realizarea activităților întreprinse de cursanți. Cu ajutorul acestor informații tutorii promovează învățarea colaborativă, motivează cursanții să folosească instrumentele de lucru colaborative și să evite astfel izolarea lor.

## 2. Agenți inteligenți, noțiuni, concepte

Russel și Norvig [6] au definit **agentul inteligent** ca "o entitate care poate percepe caracteristicile mediului înconjurător prin intermediul senzorilor și care acționează asupra mediului prin intermediul efectorilor".

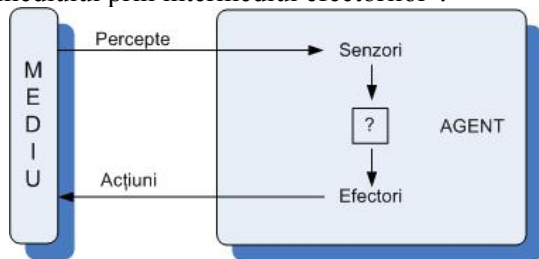


Figura 1. Interacțiunea dintre un agent și mediu

Definiția este orientată spre mediu așa cum se observă și în Figura 1. **Agentul** percepe mediul prin intermediul senzorilor și încearcă să-l influențeze prin intermediul efectorilor. Această definiție permite un set larg de agenți deoarece mediul, senzorii și efectorii nu sunt clar definiți. De exemplu, efectorii pot fi atât brațul unui robot într-un mediu fizic, cât și o facilitare pentru execuția unei comenzi software.

Această generalitate este și dezavantajul acestei definiții; dacă se consideră într-un sens mai general, mediul, senzorii și efectorii, atunci putem privi orice program ca fiind un agent.

Din perspectiva lui Patty Maes [4,5]: "**Agenții inteligenți** sunt sisteme computaționale care populează un anumit mediu dinamic complex, percep și acționează în mod autonom în acest mediu astfel încât sunt capabili să realizeze scopurile sau sarcinile pentru care au fost proiectați."

Astfel, pe lângă aspectul comportamental al unui agent inteligent, în definiția dată de Maes apare și o proprietate a acestora, **autonomia**. Se introduce și conceptul de **proactivitate** (realizarea unui set de sarcini și scopuri). Astfel, putem considera această definiție ca fiind orientată pe independența agenților.

## 3. Sisteme multi-agent

Paradigma sistemelor multi-agent este bazată pe comportarea socială inteligentă, care se realizează prin interacțiuni între membrii inteligenți ai societății, aceștia fiind numiți agenți cognitivi. Agenții inteligenți interacționează pentru a realiza scopuri sociale care depășesc cu mult posibilitățile de care dispune un singur agent inteligent. Interacțiunile care au loc între agenți sunt posibile datorită comunicării între ei.

În cadrul oricărui SMA, comunicarea este cea care joacă un rol esențial. Schimbul de mesaje pe care îl fac agenții este realizat în conformitate cu protocoale prestabilite. Protocoalele de comunicare între agenții inteligenți sunt complicate, incluzând atât operații de nivel elementar, cât și de nivel înalt.

Trimiterea de mesaje, primirea sau confirmarea mesajelor sunt operații elementare. În schimb, operațiile de nivel înalt includ acțiuni de tipul influențare, convingere, detectarea relațiilor inter-agent.

Prin intermediul protocoalelor sofisticate de comunicare între agenții inteligenți, diferiți agenți heterogeni (reprezentând surse diferite de cunoaștere) interacționează cu scopul rezolvării unor probleme complexe care necesită experiența lor combinată.

Funcționarea SMA se bazează pe o infrastructură, care asigură regulile care trebuie respectate și urmate de către agenți, pentru a comunica între ei și pentru a se înțelege reciproc. Infrastructura SMA, într-o formă generală se poate reprezenta astfel (Figura 2.):

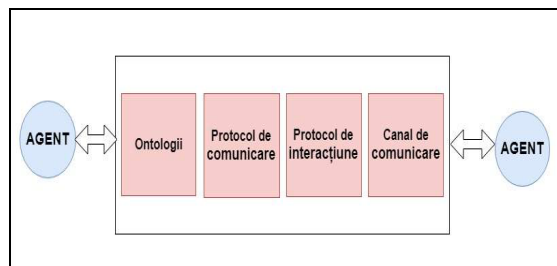


Figura 2. Infrastructura SMA

### *Agenți adaptivi multipli - Sistem adaptiv de e-Learning*

Termenul de e-learning a fost utilizat pe scară largă în educație de la mijlocul anilor

1990. Deși nu există un consens cu privire la definirea noțiunii de e-learning, în general, este considerată ca fiind "utilizarea tehnologiei de telecomunicații pentru furnizarea de informații legate de educație și formare profesională".

În comparație cu învățarea tradițională, e-Learning are aceiași actori și aceleași constrângeri, dar importanța și efectele acesteia asupra eficienței procesului de învățare sunt diferite. Principalii actori în cazul predării tradiționale, dar și la predarea de tip e-learning sunt profesorul, conținutul și cursantul. Principalele constrângeri ale predării tradiționale sunt legate de loc și timp. Aceste constrângeri sunt tratate în e-Learning prin trecerea peste limitele de timp și spațiu pentru stabilirea unui mediu de învățare convenabil, astfel încât cursanții folosesc un mediu de învățare bazat pe web, pentru a dobândi cunoștințe în orice moment și în orice loc.

E-learning se poate adresa unui număr maxim de participanți, cu o diversitate maximă de stiluri de învățare, preferințe și necesități. E-Learning are o serie de avantaje cum ar fi reducerea costurilor totale și a timpului; dovada de completare și certificare, care este esențială pentru inițiativa de formare profesională și posibilitatea de furnizare consistentă de conținut într-o prezentare interactivă. Astfel de medii e-Learning, care îndeplinesc cerințe în care cursanții au un rol central în procesul de învățare, devin tot mai populare.

### ***Beneficii ale sistemului de învățământ la distanță e-learning***

Implementând un sistem de e-learning:

- organizațiile pot economisi bani, evitând cheltuieli de deplasare/transport/ cazare, reducând timpul în care angajatul este plecat de la birou, reducând costurile legate de instruire prin cursuri clasice;
- materialele de curs sunt disponibile "oricând, oriunde" și pot fi accesate după disponibilitatea cursantului. Ele pot fi livrate de câte ori este necesar, reducând timpul reorganizării acestora;
- conținutul cursurilor poate fi tradus în mai multe limbi și accesat de o audiență internațională;
- e-learning-ul, pe lângă faptul că are

costuri mai reduse, este mult mai confortabil ca metodă de instruire, în condițiile actuale de piață, unde mobilitatea forței de muncă este foarte mare;

- un astfel de sistem de învățare la distanță poate sprijini efortul autorităților de reconversie profesională cu costuri minime;
- instruirea on-line, pe cale electronică, are avantajul actualizării informațiilor de curs, fără costuri de tipărire, ca în cazul manualelor clasice;
- programele de instruire ajută angajații să beneficieze de cunoștințe actualizate, care îmbunătățesc productivitatea organizației și gradul de competitivitate;
- statisticile oferite de sistem permit managementului evaluarea programelor de instruire a angajaților, precum și nivelul de instruire a acestora.

Termenul ***adaptiv*** este definit ca o capacitate de schimbare atunci când este necesar, cu scopul de a face față diverselor situații. Din moment ce mediul este foarte complex și fiecare individ are caracteristici care îl fac unic, fiind din punct de vedere fizic și mental diferiți ca indivizi sau cursanți, atunci conceptul de adaptare necesar trebuie să fie mai puțin complex, iar mediile de lucru mai flexibile [7].

***Sistemele adaptive de e-learning*** sunt bazate pe mediul de predare web, care are grijă de cerințele unui individ. Agenții joacă un rol esențial în aceste sisteme, făcându-le mai dinamice, flexibile, centrate pe cursant și robuste în medii dinamice sau imprevizibile.

Sistemul efectiv se măsoară prin algoritmul de selecție a materialelor de învățare în funcție de cerințele cursantului. Acest lucru conduce la dezvoltarea sistemului de e-Learning de adaptare, pentru oferirea materialelor de învățare, luând în considerare cerințele și capacitatea de înțelegere a cursantului.

Pentru proiectarea cât mai eficientă a sistemului de e-Learning trebuie să se țină cont de următoarele îndrumări:

- captarea atenției cursanților (recepție);

- informarea cursantului asupra obiectivelor (speranță);
- stimularea rechemării priorității de învățare (de recuperare);
- prezentarea stimulentei de învățare (percepția selectivă);
- asigurarea ghidurilor de învățare (codare semantică);
- obținerea performanței adecvate (răspuns);
- oferirea unui feedback (consolidare);
- evaluarea performanței cursanților (recuperare);
- îmbunătățirea de memorare și de transfer (generalizare).

În continuare, se prezintă o descriere a arhitecturii generale a sistemului și rolul diferiților agenți din sistem.

#### 4. Sistemul Multiagent Adaptiv de e-Learning

Predarea adaptivă (ALL) este considerată o alternativă la abordarea tradițională "o măsură potrivită la tot" și încurajează dezvoltarea unei predări bazate pe un proces dinamic de învățare. Predarea adaptivă este caracterizată prin diversitate, deoarece conținutul necesar predării pentru unii utilizatori ar putea să nu fie adecvat și interactiv pentru ceilalți, în multe situații utilizatorii învață prin intermediul sistemelor de îndrumare bazate pe web, unde profesorii de la clasele tradiționale acționează ca un mentor în cazul în care cererea de asistență este necesară [2].

Există o mare varietate de Sisteme Educaționale Adaptive și Inteligente bazate pe Web. "Regulile" folosite pentru a descrie crearea unor astfel de sisteme nu sunt încă pe deplin standardizate, criteriile care trebuie utilizate și seturile efective de reguli pedagogice (de exemplu, parametrii de adaptare) sunt încă slab menționate (Brown, ș.a., 2005). Au fost create multe sisteme experimentale, educaționale și adaptive - fiecare dintre ele cu propriile lor specificații. Cu toate acestea, nu s-a făcut nici un efort combinat care să sintetizeze paradigmele comune de design ale acestor sisteme.

Scopul sistemelor de e-learning adaptive este de a crește performanța cursantului prin

ajustarea conținutului și a metodelor de interacțiune a utilizatorilor cu diferite interese, cunoștințe inițiale, și aptitudini. Atunci când se confruntă cu sarcina de a defini modelul utilizatorului, dezvoltatorii de platforme de e-Learning se bazează pe teorii de psihologie și pedagogie educaționale. Patru dintre abordările principale de adaptare a e-learning sunt macro-adaptivitatea, interacțiunea microadaptivă, interacțiunea aptitudine-tratament și abordările constructive-colaborative. În timp ce primele trei sunt limitate la procesul de conținut și de învățare în sine, cea din urmă integrează paradigme noi în ceea ce privește adaptarea.

În abordarea macro-adaptivă de e-learning, selectarea alternativelor de instruire se bazează pe obiectivele de învățare ale utilizatorului, abilitățile și realizările din structura curriculară. Deși este un model adaptiv, este limitat la un număr mic de particularități pe care un utilizator le-ar putea expune, particularitățile fiind prestabilite [3].

Arhitectura generală a unui astfel de sistem este prezentată în Figura 3.

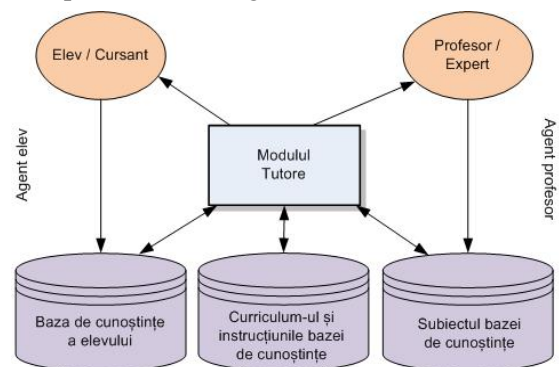


Figura 3. Arhitectura generală a Multisistemului e-Learning de Agent Adaptiv

Acest tip de sisteme sunt de instruire adaptivă și aplică tehnici de inteligență artificială (IA). Scopul acestui sistem este de a oferi în mod automat și cu un cost eficient beneficii de instruire unu-la-unu [8].

Sistemul utilizează un set de agenți interactivi care poate personaliza instruirea bazată pe cunoștințele anterioare ale individului, precum și nevoile lor cognitive și de învățare. Agenții e-learning monitorizează și îmbunătățesc mediul de învățare și colaborările bazate pe cunoștințele anterioare ale cursanților, caracteristicile sociale și stilul de învățare.

Principalele componente ale sistemului sunt:

*Baza de cunoștințe.* În orice mediu de învățare cunoștințele joacă un rol important. Această cunoaștere este în continuare împărțită în trei sub-module:

*Subiectul bazei de cunoștințe.* Această componentă păstrează cunoștințele despre domeniul predării. Păstrează toate cunoștințele declarative, sub formă de fișiere text, audio și video.

*Baza de cunoștințe a cursantului.* Predarea adaptivă este individualizată. Ținta nu este un grup, este mai degrabă un individ. Sistemul menține baza de cunoștințe a cursantului, care este una dinamică. Sistemul monitorizează comportamentul cursantului și stochează modelul mental al cursantului, lucru care ajută la identificarea cauzelor legate de performanța cursantului. În cazul în care performanța nu este satisfăcătoare, atunci sistemul construiește un concept referitor la structura lipsă și acționează în consecință.

*Curriculum-ul și instrucțiunile bazei de cunoștințe.* Curriculum-ul este o componentă esențială a sistemului de învățare-predare. Succesiunea de subiecte, adică ceea ce și cum sunt întrebări importante legate de conținutul domeniului. Cunoștințele despre curriculum și instrucțiuni antrenează selecția de conținut spre cel care învață.

*Modulul tutorelui.* Acest modul are un set de reguli de adaptare și instruire. Modulul interacționează cu baza de cunoștințe a sistemului și prin interfețele ușor de utilizat efectuează predarea individualizată. Acest modul este responsabil pentru proiectarea corectă a cursului de lucru corespunzător individului, comportament în conformitate cu performanța unui individ.

Utilizatorii sistemelor se clasifică în două grupe: Profesorul și Cursantul.

- Profesorul, subiectul expert care face schimbări în conținutul de predare, structura capitolelor, exerciții și cursuri de remediere;
- Cursantul, cel care învață din sistem. Comportamentul cursanților este înregistrat de sistem. Activitatea de predare completă este centrată pe cursant și este în conformitate cu necesitățile cursantului.

*Agenți.* Modulele algoritmice sunt agenții, care sunt părți autonome ale sistemului. Ei

înregistrează acțiunile cursanților și ale profesorului din sistem și acționează în mod inteligent pentru îndeplinirea tuturor sarcinilor. Acestea sunt descrise în secțiunea următoare.

Avantajele sistemelor adaptive de e-learning sunt:

- *eficiente ca și cost:* e-learning este mai rentabil decât învățarea tradițională, deoarece nu se pierde timp și bani necesari transportului. Din moment ce învățarea poate fi realizată în orice locație geografică și nu există cheltuieli de călătorie, acest tip de învățare este mult mai puțin costisitoare decât a face învățarea într-o instituție tradițională;
- *flexibile:* flexibilitatea este un beneficiu major al e-learning-ului. E-learning este avantajos pentru că poate fi făcut oriunde și oricând. Educația este disponibilă când și acolo unde este nevoie de ea. E-learning poate fi făcut la birou, acasă, pe drum, 24 de ore pe zi, șapte zile pe săptămână. Cursanții preferă e-learning pentru că adoptă diferite tipuri de stiluri de învățare. Ei au avantajul de a învăța în ritmul lor propriu. Elevii pot învăța, de asemenea, printr-o varietate de activități, care se aplică la mai multe stiluri de învățare. Cursanții își pot potrivi orele de învățare în programul lor ocupat. În cazul în care dețin un loc de muncă, ei pot participa la orele de e-learning direct de la birou. Cursantul poate să învețe și pe timpul nopții, este disponibilă și această opțiune;
- *învățarea personalizată:* e-learning îi încurajează pe cursanți să urmărească informații prin accesarea de hyperlink-uri și site-uri web din întreaga lume. Cursanții sunt capabili să găsească informații relevante pentru situațiile care îi interesează. E-learning permite selectarea materialelor de învățare care îndeplinesc nivelul de cunoștințe, interes și ceea ce au nevoie să știe pentru a realiza mai eficient o activitate. E-learning se concentrează mai mult pe cursant și este mult mai interesant pentru cursant, deoarece îi furnizează informațiile pe care dorește să le învețe. E-learning este flexibil și poate fi personalizat pentru a satisface nevoile individuale ale cursanților;

- *dezvoltarea cunoștințelor*: e-learning ajută la dezvoltarea cunoștințelor de pe Internet. E-learning îi încurajează pe cursanți să-și asume responsabilitatea personală pentru propria lor învățare. Atunci când cursanții reușesc, își îmbunătățesc și auto-cunoașterea și încrederea în sine.

## 5. Agenții în Sistemele Adaptive de e-learning

Agenții sunt componente importante ale sistemului descris. Eficiența agenților constă în mobilitatea algoritmilor, care lucrează cu volume mari de date într-un mediu distribuit. Sistemul Multi-Agent captează acțiunile utilizatorului (profesor / cursant) și apoi decide măsurile adecvate, care trebuie luate.

Abordările bazate pe agenți oferă mai multe avantaje față de metodele alternative. Agenții sunt extrem de flexibili și robuști într-un mediu dinamic sau imprevizibil datorită proprietăților lor autonome.

Agenții facilitează schimbul de cunoștințe, capacitatea de învățare, de schimbare a comportamentului agentului pe baza experienței dobândite. Agenții pot fi considerați ca asistenți personali, care mențin profilul și preferințele utilizatorului. În sistem există doi agenți principali.

*Agentul de tip Profesor* este responsabil cu menținerea comportamentului de profesor și actualizarea în mod corespunzător a bazei de cunoștințe. Acest lucru este prezentat în figura de mai jos (Figura 4):

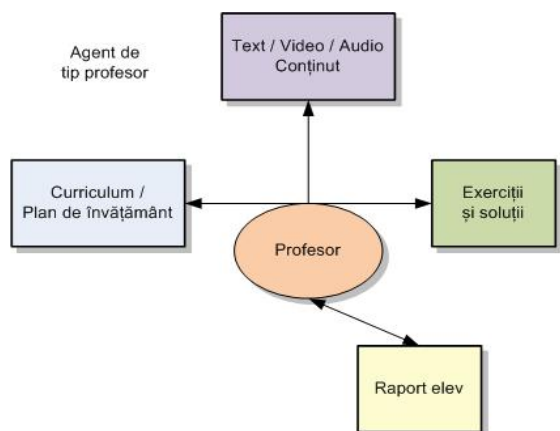


Figura 4. Rolul Agentului de tip Profesor

*Agentul de tip Cursant* pentru sistemul adaptiv individual – comportamentul / acțiunile cursantului sunt înregistrate de către acest

agent. Agentul comunică cu modulul interfeței și decide când și ce să învețe cursantul.

În Figura 5 este prezentat rolul agentului de tip Cursant.

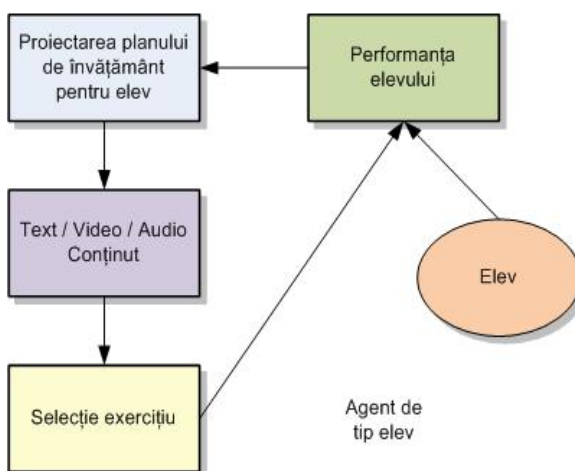


Figura 5. Rolul Agentului de tip Cursant

Caracteristicile principale ale acestor agenți sunt:

- învățarea și îmbunătățirea prin interacțiunea cu mediul;
- adaptarea on-line și în timp real;
- învățarea rapidă a unui volum mare de date;
- adaptarea incrementală la noile reguli de rezolvare a problemelor;
- capacitatea de autoanaliză în ceea ce privește comportamentul, erorile și succesul.

Sistemul se bazează pe o arhitectură distribuită. Interoperabilitatea, schimbul de informații, scalabilitatea și integrarea dinamică de domenii eterogene de specialitate sunt considerate ca fiind cele mai importante avantaje.

Performanța acestui sistem depinde de modul de funcționare a agenților concepuți pentru a crea baza de cunoștințe plecând de la acțiunile profesorului și agenților capabili să susțină cursanții în organizarea și efectuarea cu succes a propriilor lor studii.

Fiecare agent dispune de date private, care trebuie să fie protejate împotriva accesului neautorizat.

## 6. Sistem de gestionare a învățării

Cel mai important instrument de e-learning este sistemul de gestionare a învățării

(Learning Management System) – LMS. Deși este implementat în multe instituții de învățământ, acest sistem nu îndeplinește toate cerințele de interacțiune și colaborare a actorilor implicați, informațiile oferite tutorelui despre nivelul de colaborare cu nivelul fiecărui cursant nu sunt cele scontate. Mai mult de atât, aceste sisteme se confruntă și cu provocări legate de optimizarea gestionării resurselor la scară largă, în funcție de creșterea masivă a serviciilor.

Sistemele de gestionare a învățării, denumite pe scurt LMS-uri, sunt programe de software care permit unei organizații să monitorizeze în timp real procesul de învățare. Construite pe diferite tipuri de platforme (Java, Microsoft, PHP), ele au încorporată o bază de date pentru stocarea unei mari varietăți de informații: de la utilizatori, la programe de training, testări, rezultate, rapoarte etc.

Argumentele pentru utilizarea unui LMS sunt multiple. Dezvoltat in-house (deși sunt puține companii care își pot permite acest lucru), fie că este achiziționat, utilitatea sa imediată va fi vizibilă în ușurința cu care automatizează toate informațiile legate de procesele de training: de la tipul programului, la participanți, termene de livrare, termene de testare etc. Investiția va fi însă cu atât mai repede amortizată cu cât se va avea în vedere un plan de învățare care să includă programe e-learning (cursuri livrate online, cu opțiuni de interactivitate și teste care monitorizează parcurgerea programului și identificarea aspectelor critice care trebuie în continuare aprofundate, fie în clasă, fie prin alte cursuri online).

Asemănător ca interfață cu o bază de date, LMS-ul este mult mai mult decât atât. Cu ajutorul lui, se pot crea grupuri de cursanți, programe de instruire (cu alocarea de cursuri specifice), elabora testări (fie pe baza cursurilor incluse în programa de training, fie individuale), comunica cu cursanții (aceștia primesc de la administrator informații prin mail privind cursurile care le sunt alocate și intervalele de timp în care trebuie parcursă informația), elabora statistici referitoare la gradul de promovabilitate.

Variantele mai complexe ale LMS-urilor includ și funcționalități specifice pentru managementul performanței, de la evaluarea ca atare, managementul competențelor, analiza

lipsurilor existente, urmărirea planurilor de succesiune etc.

Practic, administratorul poate stabili și comunica în timp real care sunt cursurile care trebuie parcurse, standardele de învățare, măsura în care acestea au fost parcurse și aspectele critice la care au apărut probleme de înțelegere (tipuri de răspunsuri greșite, informații cu răspunsuri greșite). Mai mult decât atât, pentru o companie cu mai multe locații, atunci când organizarea unor programe de curs în clasă este dificilă și necesită o investiție semnificativă, un LMS și o strategie de e-learning coerentă pot asigura un proces de instruire consistent și echitabil pentru toți cursanții.

LMS-urile și cursurile pe care le gestionează acesta pot facilita introducerea de produse și servicii noi (prin familiarizarea rapidă a angajaților cu acestea), pot reduce în mod semnificativ bugetele de training, oferind mai multă instruire unui număr mai mare de angajați și pot diminua perioadele de timp petrecute cu activități care nu aduc un câștig direct în procesul de învățare: de la pregătirea materialelor, la timpul petrecut pe drum, etc.

De la prezentarea produselor și serviciilor, la dezvoltarea unor abilități specifice (proiect management, planificare strategică etc.), un LMS de calitate și programe e-learning interactive vor putea oferi o consistență crescută a procesului de instruire, consolidând și în anumite situații înlocuind cu succes training-ul în clasă.

## 7. E-learning colaborativ

E-learning-ul colaborativ este o strategie de învățare care întruchipează aplicarea noilor tehnologii și în care mai mulți cursanți interacționează între ei pentru a-și atinge obiectivele comune.

Sistemul permite organizarea și gestionarea cursurilor la distanță, într-un mod eficient și cu costuri reduse.

Cursanții au acces on-line și personalizat la informațiile relevante despre posibilități de înscriere, programă cursuri, conținut, status derulare curs, teste preliminare. De asemenea, aceștia au acces la instrumente performante precum: forumuri de discuții, documente la care se lucrează colaborativ, conferințe web, camere de discuții în timp real.

Sistemul de învățământ la distanță permite obținerea diverselor tipuri de raportări referitoare la activitățile de instruire, foarte utile pentru instructori, reprezentând și o componentă importantă în programele de certificare a cursanților, în corespondența directă cu nivelul profesional impus atât de companii, cât și de reglementările guvernamentale specifice domeniilor de activitate în care activează.

#### *Modelarea agenților*

Pentru implementarea unei platforme de învățare colaborativă se folosește inteligența artificială bazată pe Sisteme multi-agent (MAS) [1], în care fiecare actor poate colabora și lucra într-un grup pentru a-și atinge obiectivele. Un grup este format din profesori, cursanți și agenți inteligenți. Fiecare actor joacă unul sau mai multe roluri.

Cursantul are două statusuri. El poate fi un "cursant": cursantul este implicat activ în procesul de învățare. Cursantul poate fi, de asemenea, un "cursant colaborativ": cursantul este cel care colaborează. Pentru a asigura sarcinile cursanților și pentru a permite colectarea de urme despre realizarea activităților cursanților, platforma trebuie să poată monitoriza activitățile de învățare efectuate, precum și instrumentele de colaborare utilizate. Fiecare dintre aceste roluri va fi jucat de un alt agent:

- *Agent Asistent de Învățare*: propune cursantului o interfață care face ca sarcina de învățare să fie mai ușoară pentru el. Conține profilul unui cursant;
- *Agent de activități*: asigură urmărirea tuturor activităților cursanților (toate acțiunile realizate de cursant) în timpul unei sesiuni de învățare. Colectează urmele fiecărui cursant și îl stochează în baza de date din cloud;
- *Agent de instrumente*: colectează urme despre instrumentele de colaborare consultate de cursant (chat, forum, wiki, ...) și salvează datele colectate în baza de date bazată pe cloud. De asemenea, oferă statistici privind utilizarea acestor instrumente (durata de utilizare pentru fiecare instrument,

traficul de conexiuni la uneltele folosite, ...).

Profesorul asigură proiectarea și generarea de conținuturi, resurse și scenarii de învățare. Acesta ajută și sprijină cursanții, iar apoi adaptează scenariul de învățare la nevoile lor. Profesorul poate, de asemenea, să încurajeze munca colaborativă și să motiveze cursanții. Pentru asigurarea sarcinilor profesorilor, platforma trebuie să integreze trei agenți artificiali:

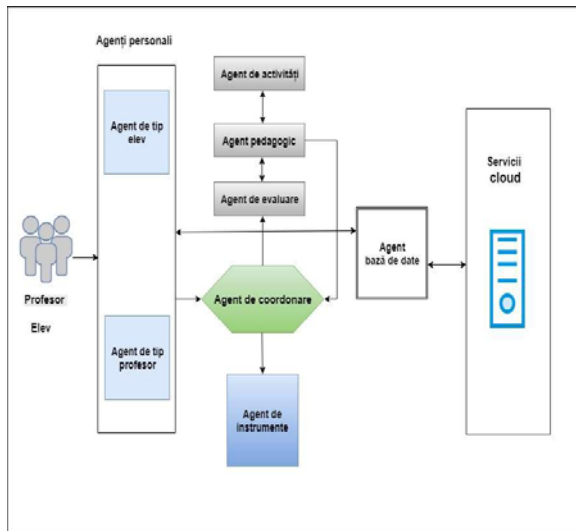
- *Agent de tip profesor*: propune profesorului o interfață pentru a-l asista în crearea conceptelor de învățare și a conceptelor de evaluare;
- *Agent pedagogic*: prezintă cursanților conținuturile pedagogice adaptate profilurilor lor;
- *Agent de evaluare*: permite evaluarea nivelului de cunoștințe ale cursanților utilizând un set de instrumente de testare și exerciții.

Platforma trebuie să fie capabilă să gestioneze baza de date bazată pe cloud care stochează toate informațiile colectate. De asemenea, trebuie să poată gestiona și coordona interacțiunile dintre agenți. Fiecare dintre aceste roluri va fi jucat de un agent:

- *Agent bază de date*: gestionează datele stocate în baza de date bazată pe cloud;
- *Agent de coordonare*: gestionează și coordonează interacțiunile dintre diferiții agenți implementați și baza de date bazată pe cloud. Toți agenții trebuie să treacă prin agentul de coordonare pentru a accesa baza de date a platformei.

Arhitectura propusă va integra opt agenți (Figura 6.). Ciclul de viață al funcționării acestor agenți începe atunci când un utilizator se conectează la platforma colaborativă de e-learning.





**Figura 6. Arhitectura platformei**

Arhitectura propusă de e-learning bazat pe SMA este structurată pe trei nivele, după cum se poate observa în Figura 7:

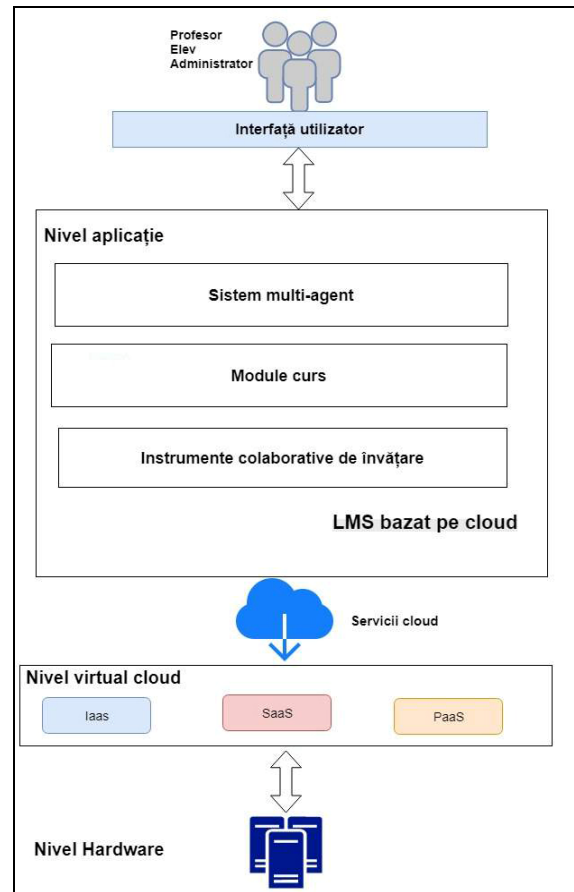
1. **Nivel Hardware** – nivel fizic dinamic și scalabil;
2. **Nivel virtual cloud** – nivel ce conține cele 3 tipuri de servicii cloud (IaaS, SaaS și PaaS) și pune la dispoziție o interfață prin care să fie accesată aplicația;
3. **Nivel Aplicație** – ce este responsabil de generarea, gestionarea și livrarea de conținut e-Learning.

#### *Nivel Hardware*

Acest nivel conține sistemul de management al informațiilor, software-ul sistemului de operare, precum și unele software-uri și resurse hardware obișnuite. Resursele de învățare și datele colectate (de către agenți) despre activitățile cursanților sunt stocate în acest nivel. Acest nivel conține memoria fizică, procesorul, hard disk-ul și restul de componente fizice. Host-ul fizic este dinamic și scalabil.

#### *Nivel virtual cloud*

În cadrul acestui nivel se află mașinile virtuale și serviciile implementate în cadrul platformei.



**Figura 7. Arhitectura SMA de e-learning bazat pe cloud**

#### *Nivel Aplicație*

Acest nivel va conține sistemul de management al învățării bazat pe cloud. Acest nivel integrează practicile de e-learning în modelul de calcul cloud. El include trei medii principale:

1. mediul de învățare colaborativ responsabil cu furnizarea de cursuri constă în partajarea resurselor, generarea și livrarea de conținut, evaluare și management de componente;
2. instrumentele colaborative de învățare (chat, forumuri, Wiki, blog) ce promovează învățarea colaborativă ;
3. sistemul multi-agent include agenții responsabili cu actul pedagogic, urmărirea activităților cursanților, stocarea datelor colectate.

Platforma propusă se bazează pe învățarea colaborativă concepută ca un sistem de gestionare a învățării ce folosește sisteme multi-agent. Platforma este un sistem inteligent ce utilizează servicii cloud și sisteme multi-agent pentru îmbunătățirea învățării colaborative. Scopul este de a integra inteligența sistemelor multi-agent într-o manieră care să permită susținerea în mod activ a procesului de învățare colaborativă, în care agenții inteligenți pot interacționa pentru colectare și schimbul de informații astfel încât cursanții să dobândească cele mai bune cunoștințe.

Pe de altă parte, platforma se bazează pe o arhitectură cloud, care permite ca serviciile cloud să fie disponibile pentru sprijinirea învățării colaborative. Serviciile cloud permit stocarea și gestionarea datelor colectate de sistemele multi-agent pentru furnizarea unei baze de date cu activitățile cursanților. Cu ajutorul acestor servicii resursele de învățare sunt mai complexe și pot fi reperate mai rapid și mai simplu de către cursanți și profesori.

## 8. Concluzii

Sistemele de e-learning se confruntă cu provocări legate de optimizarea la scară mare a gestionării resurselor, în funcție de creșterea imensă a utilizatorilor, serviciilor și conținutului educațional.

Arhitectura platformei colaborative de e-learning combină avantajele LMS, sistemelor multi-agent și cloud computing. Sistemul multi-agent este cuplat cu componentele unui LMS dezvoltat într-o infrastructură cloud.

Platforma oferă noi caracteristici pentru stimularea învățării colaborative. Agenții inteligenți comunică și interacționează pentru a susține diverse activități ale cursanților și tutorilor. Agenții folosesc serviciile cloud pentru a oferi tutorilor și cursanților posibilitatea de a colecta, stoca, gestiona și obține informații despre progresul și nivelul de colaborare al fiecărui actor din grup.

## BIBLIOGRAFIE

1. **ABDERRAHIM EL MHOULI, AZEDDINE NASSEH, MOHAMED ERRADI, JOSE MARFA VASQUEZ:** Using Cloud Computing and a Multi-agents System to Improve Collaborative e-learning in LMS. IEEE 11th International Conference, 2016.
2. **BOTSIOS, S.; GEORGIU, D.; CONTRI, S. N.:** Learning Style Estimation. Educational Technology & Society, 11 (2), Adaptive Educational Hypermedia Systems via on-line, pp. 322-339.
3. **FITRE, A.; BRATU, C. V.; CĂLIN, C.:** Researching the Psychology of Cognitive Style and Learning Style: Is There Really A Future. Intelligent Computer Communication and Processing, IEEE 5th International Conference, 2009, 27-29, pp. 35-38.
4. **MAES, P.:** Intelligent Software, Scientific American 273 (3), (1995a), September.
5. **MAES, P.:** Artificial Intelligence Meets Entertainment: Life Like Autonomous Agents. Communications of the ACM 38 (11), November, (1995b), pp. 108-114.
6. **RUSSELL, S.; NORVIG, P.:** Artificial Intelligence: A Modern Approach. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1995.
7. **SHUTE, V.; TOWLE, B.:** Adaptive E-Learning, Educational Psychologist, 38(2), 2003, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., pp. 105-114.
8. **SURJONO, H.:** The Development of an Adaptive E-Learning System Based on the E-Learning Style Diversity of Visual-Auditory- Kinesthetic. The International Seminar on ICT for Education, Yogyakarta State University, Indonesia, 2009, 13 – 14 February.