

## O abordare ontologică în personalizarea sistemului de *e-learning*

Lidia BĂJENARU, Mihaela TOMESCU

Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare în Informatică - ICI București,

B-dul Mareșal Averescu Nr. 8-10, București, 011455, România

lidia.bajenaru@ici.ro

mihaela.tomescu@ici.ro

**Rezumat:** Apariția Web-ului semantic și a tehnologiilor sale au deschis calea, în ultimul deceniu, pentru dezvoltarea ontologiilor și a sistemelor care utilizează ontologii în diverse domenii, inclusiv domeniul *e-learning*. În acest articol sunt prezentate elemente ce fundamentează realizarea unui sistem de *e-learning* în domeniul Managementului de Resurse Umane în domeniul sănătății bazat pe ontologii, respectiv noțiuni de bază despre Web-ul semantic, ontologii, personalizarea în *e-learning*. Articolul prezintă un mediu de *e-learning* personalizat, care utilizează tehnologii noi, Web semantic și ontologii pentru îmbunătățirea procesului de instruire în domeniul managementului de resurse umane, adresat managerilor dintr-un spital. Necesitatea acestei abordări este dată de cerințele de formare în domeniul managementului de resurse umane pentru specialiștii din sistemul medical din România, precum și de nevoia soluționării unor limitări actuale ale sistemelor de *e-learning*. Implementarea conceptului de personalizare a învățării în sistemul propus se realizează pornind de la modelul student construit în vederea determinării nivelului de cunoștințe și a obiectivelor instruirii. Modelarea profilului student cu ajutorul ontologiilor a demonstrat posibilitatea reutilizării modelelor, reprezentarea detaliată și completă a cunoștințelor studentului, precum și procesul de raționament al acestuia. Prin acest program de învățare se urmărește creșterea performanțelor, competențelor și capacității de evaluare a managerilor din sănătate, prin aprofundarea cunoașterii în domeniul sănătății publice, al managementului serviciilor de sănătate, precum și al managementului resurselor umane.

**Cuvinte cheie:** Ontologie, Web Semantic, *E-Learning*, Model Student, Personalizare, Managementul Resurselor Umane, Sănătate.

## An Ontology-Based Approach in Personalization of the *e-Learning* System

**Abstract:** The emergence of the Semantic Web and its technologies have opened the way, over the last decade, for the development of ontologies and systems that use ontologies in various fields, including *e-learning*. This article presents elements that underpin the development of an *e-learning* system in the area of the Human Resource Management in the field of ontology health, respectively basic notions about the semantic Web, ontologies, personalization in *e-learning*. The article presents a personalized *e-learning* environment that uses new technologies, semantic Web and ontologies to improve the human resource management training process, being addressed to hospital managers. The necessity of this approach is given by the training requirements in the field of human resources management for the specialists from the medical system in Romania, as well as by the need to solve current limitations of the *e-learning* systems. The implementation of the concept of personalization of learning in the *e-learning* system is performed starting from the *student model* built to determine the level of knowledge and the objectives of training. *Modeling the student profile using ontologies* has demonstrated the possibility of re-using the models, the detailed and complete representation of the student's knowledge as well as the reasoning process. This learning program aims to increase the performance, skills and competence of health managers, by deepening knowledge in the field of public health, healthcare management, and human resource management.

**Keywords:** Ontology, Semantic Web, *E-Learning*, Student Model, Personalisation, Human Resource Management, Healthcare.

## 1. Introducere

Având în vedere nevoia creșterii calității actului medical în societatea românească contemporană la nivelul standardelor europene și internaționale, se impune ca o componentă esențială creșterea calității managementului unității medicale și deci creșterea continuă a nivelului competenței profesionale a managerilor din domeniul sănătății.

Folosirea tehnicilor de *e-learning* reprezintă probabil cea mai eficientă metodă de realizare a unui profil de manager care să corespundă cerințelor actuale.

În această lucrare este prezentat un *mediu de e-learning bazat pe ontologii*, care oferă un curs de formare personalizat pentru profesioniștii din domeniul managementului de resurse umane în domeniul medical (MRUS), la nivel competitiv, conform cerințelor reale ale sistemului de sănătate românesc și european.

Integrarea tehnologiei informației și comunicațiilor (TIC) și folosirea Internet-ului din ce în ce mai mult în mediile educaționale, au adus contribuții importante proceselor de învățare, respectiv în dezvoltarea și personalizarea mediilor de *e-learning* [27]. Există o tendință din ce în ce mai accentuată de folosire a modului de *învățare centrat pe student* și pe transferul de cunoștințe prin intermediul comunităților virtuale.

În sistemele de *e-learning*, conceptul de *ontologie* a devenit tot mai frecvent, având ca scop: implementarea conceptului de Web semantic, integrarea sistemelor de *e-learning*, personalizare și conținut centrat pe utilizator.

*Personalizarea* este o abordare inovativă în sistemele *e-learning*, reprezintă un stadiu avansat în evoluția sistemelor de învățare. Utilizatorii au profiluri diferite (în funcție de studii, pregătire profesională, competențe, deprinderi, preocupări, apartenențe la diverse medii etc.), stiluri de învățare proprii, obiective, preferințe, ceea ce conduce la diferențe și în eficiența individuală a instruirii prin intermediul sistemelor de învățare-informare de tip *e-learning* [9].

Dezvoltarea de ontologii și implementarea acestora în sisteme de *e-learning* facilitează crearea unor cunoștințe comune și partajarea acestora persoanelor interesate, interoperabilitatea semantică între aplicații Web, personalizarea proceselor de învățare, respectiv furnizarea materialului educațional centrat pe student. Un număr de studii recente [7] tratează dezvoltarea personalizării, folosind ontologii, ca fiind una din tendințele în *e-learning*, cu scopul îmbunătățirii calității și eficienței sistemelor de *e-learning*.

În țara noastră programele de formare de tip on-line în managementul sănătății sunt relativ noi, iar utilizarea de ontologii în realizare de soluții în acest domeniu este limitată. Dintre realizările în domeniul *e-learning* amintim platformele și

portalurile destinate educației preuniversitare și universitare, care sprijină procesul de învățare individuală.

În domeniul managementului medical, programe de învățare de tip on-line sunt prezente în programele de formare postuniversitară și în cursurile de formare profesională continuă. Școala Națională de Sănătate Publică, Management și Dezvoltare Profesională din București, care este implicată activ în realizarea strategiilor și politicilor de reformă, desfășoară cursuri de formare pentru creșterea eficacității și eficienței serviciilor de sănătate din țară, cursuri de pregătire în managementul medical folosind tehnici de instruire de tip *blended learning*, prin integrarea instrumentelor de predare on-line în activitățile specifice învățământului tradițional.

Dintre soluții realizate în țara noastră cu ajutorul ontologiilor amintim următoarele:

- platforme cu scopul de a standardiza concepte medicale, specifice sistemelor de sănătate din România, dar, de asemenea, elemente care sunt comune în întreaga lume [23];
- un sistem inteligent de suport decizional orientat în sprijinul sănătății, un prototip software care are la bază folosirea datelor semantice. Adnotarea semantică a datelor îmbunătățește metodele de agregare a datelor, deoarece ajută la completarea relațiilor deja definite [18];
- modelarea nivelului de cunoștințe în domeniul managementului resurselor umane într-o companie de IT, cu scopul utilizării unui vocabular de termeni comun de către cei interesați în domeniul specific [24].

În țările dezvoltate au fost cercetate și dezvoltate diverse soluții pentru îmbunătățirea activității în domeniul sănătății, respectiv în domeniul managementului din sectorul medical, spitale și instituții de asistență medicală. Utilizarea ontologiilor s-a dovedit necesară pentru schimbul de cunoștințe în domeniu, dar și pentru a îmbunătăți gestionarea de lucrări din domeniul medical. Numeroase studii și cercetări atestă preocupările în realizarea diverselor *sisteme* informatice bazate pe ontologii în domeniul medical precum sisteme informatice ce oferă acces părților interesate la surse de date medicale și cunoștințe ce aparțin unei ontologii [17].

Studii precum [14] atestă preocuparea față de *e-learning* în domeniul medical, față de utilizarea tehnologiilor de Internet pentru a spori cunoștințele și performanța în domeniu. Construirea de ontologii și integrarea lor în platforme de *e-learning* pentru a asocia semantică conținutului etc. întâlnim în lucrări precum [8]. Preocupări în domeniul MRU precum și exemple de soluții de instruire cu ajutorul tehnologiilor Web sunt evidențiate în lucrările [20].

În acest articol sunt prezentate elemente ce fundamentează realizarea unui sistem de *e-learning* bazat pe ontologii, respectiv noțiuni de bază despre Web semantic,

ontologii, personalizarea în *e-learning*. De asemenea este prezentată modelarea profilului student într-un sistem de *e-learning* bazat pe ontologii adresat managerilor de unități medicale. Implementarea conceptului de personalizare a învățării în sistemul de *e-learning* se realizează pornind de la *modelul student* construit în vederea determinării nivelului de cunoștințe și a obiectivelor instruirii.

## 2. Ontologii în *e-learning*

### 2.1 Web Semantic și Ontologii

Sintagma *Web semantic* reprezintă o nouă arhitectură WWW care acceptă conținut cu semantică formală, oferind noi posibilități pentru căutarea și navigarea prin spațiul informatic. Oameni și agenți software schimbă informații pe baza semanticii [5].

Termenul „*Web semantic*” reflectă o arhitectură nouă a World Wide Web (WWW), care îmbunătățește conținutul cu semantică formală, ce oferă noi oportunități de navigare în spațiul virtual [5].

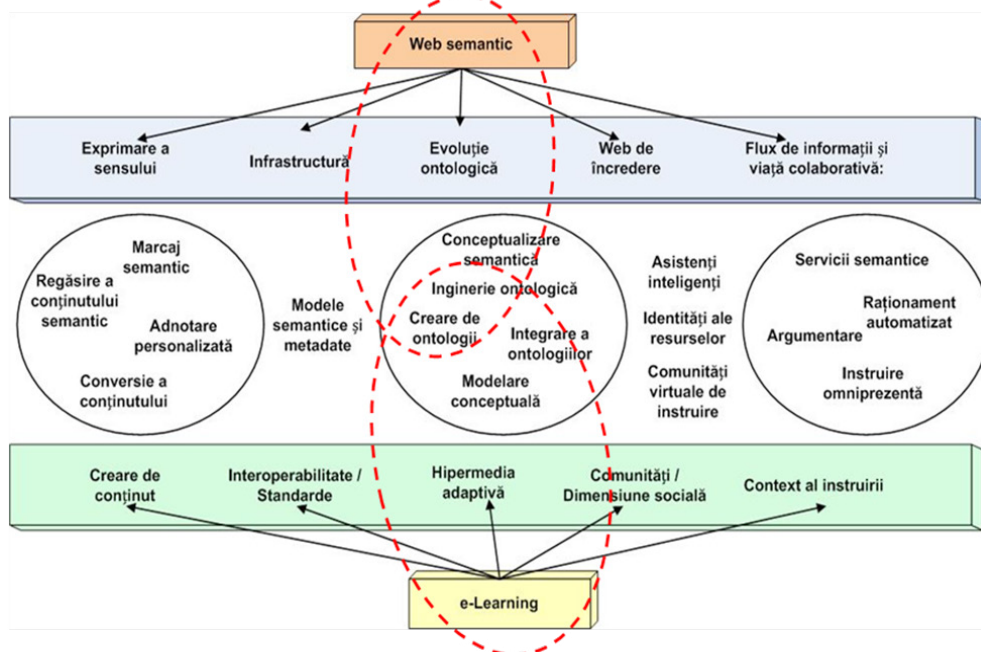
*Web-ul semantic*, o nouă generație Web, încearcă să reprezinte informații astfel încât acestea să poată fi utilizate de către mașini oferind automatizare, integrare și reutilizarea în cadrul aplicațiilor. Termenul *Web semantic* a fost inventat de *Tim Berners-Lee* pentru date ce provin de pe Web, care pot să fie prelucrate de mașini și care pot fi puse în comun și reutilizate de mai multe comunități [5].

Volumul foarte mare de informații pe Web, face greu accesibilă unei persoane informația dorită și adaptată nivelului de cunoștințe și de interes. Web-ul semantic ajută la căutarea rapidă a informațiilor dorite în documente semantice ce pot fi interpretate atât de oameni, cât și de mașini [6].

Web-ul semantic oferă tehnologiile necesare implementării unui sistem de *e-learning*, putând reprezenta o platformă potrivită pentru livrarea materialelor de învățare. Acesta oferă dezvoltatorilor de aplicații tehnologii noi bazate pe Web care asigură un acces mai inteligent la informații pe Web și care permite reutilizarea, partajarea și interoperabilitatea între aplicații Web. Web-ul semantic oferă un nou context pentru rezolvarea de probleme numeroase legate de *e-learning*. Acest lucru este evidențiat în Figura 1, unde sunt reprezentate direcții de cercetare legate de convergența Web-ului semantic și *e-learning*.

Dezvoltarea arhitecturii de bază și dezvoltarea tehnologiilor specifice Web-ului semantic este guvernată de W3C (World Wide Web Consortium) - o instituție internațională care supraveghează standardele Web utilizate în Internet. Consortium W3C emite o listă de priorități pentru realizarea următoarei generații Web: crearea unei infrastructuri, evoluția ontologică, promovarea unui „Web de încredere”, precum și facilitarea fluxului de informații și de activitate de colaborare.

Lucrarea [1] evidențiază provocările pe care Web-ul semantic îl reprezintă pentru *e-learning*, în special, și asupra tehnologiilor de învățare și de cunoștințe în general. În Figura 1 cele trei zone circulare evidențiază cercetările actuale în *e-learning* semantic. Dintre aspectele cheie ale domeniului Web Semantic care interferă cu cele ale domeniului *e-learning*, menționăm perechea evoluția ontologică – sisteme hipermedia adaptive. Considerațiile tradiționale ale hipermedia adaptive în *e-learning* sunt combinate cu elemente de inginerie ontologică ce conduc către sisteme flexibile și noi metodologii. Aspecte precum crearea de ontologii, integrarea ontologică, modelarea conceptuală și conceptualizarea semantică dezvăluie o nouă agendă de cercetare, în care ontologiile promovează performanța sistemelor de învățare.



**Figura 1.** Corespondența Web semantic – *e-learning* (adaptare după [1])

Noile tehnologii, *Web semantic* și ontologia sunt folosite în dezvoltarea sistemelor de *e-learning* cu scopul de a reprezenta modele și de a gestiona resursele de învățare într-un mod mai explicit și eficient. Termenul *ontologie* apare în numeroase cercetări privind îmbunătățirea învățării, creșterea eficienței acestuia prin metode variate.

Printre avantajele Web-ului semantic pentru *e-learning* se evidențiază accesul la materialele de învățare pe Internet, ce pot fi conectate prin ontologie. Acest lucru permite adaptarea programului de instruire, prin interogări semantice referitoare la ceea ce dorește studentul, într-un mod personalizat, permițându-se identificarea conținutului în funcție de necesitățile și scopurile acestuia.

Ontologia este legătura dintre necesitățile studentului și caracteristicile materialului de învățare. Din punct de vedere al studentului, cele mai importante criterii de căutare sunt: material de învățare dorit (conținut) și în ce formă acesta este prezentat (context).

Ontologia - mod formal de a organiza cunoștințele și termenii dintr-un domeniu, reprezintă o bază de cunoștințe care poate fi utilizată și / sau partajată de diferite aplicații și care oferă suport eficient pentru procesul de învățare tip *e-learning*: *conținut personalizat, centrat pe student, automatizarea mediului, modelare componente, vocabular comun pentru specialiști*.

Termenul *ontologie*, definit de Gruber [16], reprezintă o specificație explicită a unei conceptualizări, care facilitează schimbul de cunoștințe dintr-un domeniu. Ontologia, bazată pe un limbaj formal, este definită de un vocabular de concepte, relații dintre concepte și un set de constrângeri aplicate conceptelor. Ontologia descrie conceptele și relațiile dintre acestea specifice unui domeniu de interes, facilitând crearea unor cunoștințe comune și partajate.

Conceptualizarea înseamnă o viziune abstractă, simplificată a lumii. Fiecare conceptualizare se bazează pe concepte, obiecte și alte entități care se presupune că există într-o anumită zonă de interes și relațiile care se află între ele. Cealaltă parte a definiției de mai sus - specificare - înseamnă o reprezentare formală și declarativă. Reprezentarea formală implică faptul că ontologia trebuie să fie citită de mașină.

Structura ontologiei include un set de concepte predefinite, explicite, cu caracteristicile lor detaliate și inter-relațiile dintre concepte, care pot fi folosite pentru a interpreta un domeniu specific. Prin utilizarea acestei structuri se stabilește un vocabular comun de termeni și o reprezentare a cunoștințelor care există într-un anumit domeniu. O reprezentare comună a cunoștințelor unui domeniu poate îmbunătăți cantitatea și calitatea în comunicarea între oameni și mașini.

Ontologiile sunt utilizate pentru dezvoltarea unui număr mare de aplicații în diferite domenii, cum ar fi gestionarea cunoștințelor, procesarea limbajului natural, e-commerce, integrarea inteligentă de informații, regăsirea de informații, proiectarea și integrarea bazei de date, bio-informatică, educație etc.

În sistemele de *e-learning*, conceptul de ontologie a devenit tot mai comun având drept scopuri: interoperabilitatea semantică a serviciilor, implementarea conceptului de *Web semantic*, integrarea sistemelor de *e-learning*, personalizarea învățării, respectiv conținutul educațional centrat pe student [15]. Ontologiile sunt, de asemenea, utilizate pentru *modelarea domeniilor educaționale* și construirea, organizarea și actualizarea resurselor specifice de învățare (de exemplu: profiluri ale studenților, modalități de învățare, obiecte de învățare). Acestea pot fi utilizate pentru a descrie: (1) conținutul materialelor de învățare, (2) contextul pedagogic (cum ar fi introducerea, analiza,

discuții) și (3) structura (setul de ansamblu al relațiilor între părțile unui curs precum: precedent, următor, este-parte-a, referințe etc.).

Modelarea cunoștințelor dintr-un domeniu reprezintă un aspect cheie pentru *integrarea de informații provenite din diferite surse* pentru satisfacerea cerințelor studenților corelate cu caracteristicile și profilul acestora.

În mod oficial, ontologia unui anumit domeniu este terminologia (vocabularul domeniului), toate conceptele esențiale din domeniu, clasificarea, taxonomia, relațiile lor (inclusiv toate ierarhiile și constrângerile importante) și axiomele domeniului.

Vocabularul oferă afirmații logice care descriu termenii, cum sunt relaționați unul cu celălalt, Cum pot sau nu pot fi legate între ei, regulile pentru combinarea termenilor și a relațiilor lor pentru a defini extensiile vocabularului.

Ontologia specifică termenii cu semnificații fără echivoc, cu semantică independentă de cititor și de context. Semnificația termenilor dintr-o ontologie poate fi comunicată între utilizatori și aplicații.

Taxonomia (sau ierarhia de concepte) este o clasificare sau clasificare ierarhică a entităților din domeniul respectiv. Fiecare ontologie oferă o taxonomie într-o formă care poate fi citită de către mașină și care poate fi procesată de mașină.

Scopul principal al ontologiilor nu este de a servi ca vocabulare și taxonomii; acestea vizează în primul rând schimbul de cunoștințe și reutilizarea cunoștințelor între aplicații.

## 2.2 Metode, Metodologii, Instrumente ontologice

În literatura de specialitate au fost propuse mai multe metode și metodologii drept ghid pentru etapele principale ale dezvoltării ontologiilor. Din analiza asupra metodologiilor de construire a ontologiilor reiese că cele mai multe dintre acestea sunt axate pe activitățile de dezvoltare, conceptualizare și implementare a ontologiilor [12]. Dintre metodologiile validate în literatura de specialitate și dintre cele mai folosite amintim *Methontology* [13] și *Metoda 101* [19].

Există o varietate de instrumente [26] care oferă suport pentru activitățile procesului de dezvoltare a ontologiei. Limbajele pentru ontologii au început să fie create la începutul anilor 1990, ca o evoluție a limbajelor existente de reprezentare a cunoștințelor. Dintre limbajele ontologice cele mai utilizate în prezent sunt: *eXtensible Markup Language* (XML), *Resource Description Framework* (RDF) și *Ontology Web Language* (OWL). XML permite crearea de etichete ce pot fi folosite pentru diferite aplicații, dar persoana care a dezvoltat aplicația care utilizează documentul XML trebuie să cunoască semnificația pentru fiecare etichetă.

RDF are un model cadru bazat pe ideea unui triplet. RDF a fost dezvoltat de W3C ca un limbaj semantic bazat pe rețea pentru descrierea resurselor din Web. Un triplet complet de RDF trebuie să aibă o descriere pentru un concept, o descriere a proprietăților conceptului, o descriere a valorilor acestor proprietăți.

*Ontology Web Language* (OWL) este construit pe standarde XML și RDF și extinde aceste standarde, cu un vocabular mai mare, care oferă mai mulți termeni pentru a descrie conceptele, atributele și relațiile dintre aceste noțiuni.

Potrivit unor studii [26] există o varietate de instrumente care oferă suport pentru activitățile procesului de dezvoltare a ontologiei. Instrumente pentru crearea de ontologii au apărut la mijlocul anilor 1990, ca o evoluție a limbajelor existente de reprezentare a cunoștințelor.

*Protégé* (<http://protege.stanford.edu>), elaborat de *Stanford Medical Informatics* (SMI), este o aplicație de sine stătătoare, *open source* cu o arhitectură extensibilă, un instrument popular în modelarea în OWL. *Protégé*, editor de ontologii, a fost dezvoltat folosindu-se o arhitectură *plug-in*, care permite adăugarea de servicii noi.

### 2.3 Personalizarea în *e-learning*

Utilizarea Tehnologiei Informației și Comunicațiilor (TIC) în educație și sănătate reprezintă una dintre strategiile guvernamentale care se regăsesc în Agenda Digitală a României. În baza priorităților stabilite de Comisia Europeană și adoptate de România, dintre intervențiile care urmează a fi implementate sunt: educația prin folosirea eficientă a TIC ce se bazează pe Web 2.0, precum și pregătirea profesională continuă - învățarea pe tot parcursul vieții (LLL), de asemenea cu ajutorul TIC.

Mediile noi informatizate trebuie să suporte noi paradigme de învățare, cum ar fi integrarea învățării în activitatea de la locul de muncă și a învățării pe tot parcursul vieții, învățarea la cerere, învățarea auto-dirijată, motivarea învățării, învățarea colaborativă și învățarea organizațională.

Astfel, *Web semantic* devine o tehnologie inovatoare care stă la baza cerințelor noi de *e-learning*. Aceste tehnologii includ: automatizare, management, dezvoltare ce contribuie la îmbunătățirea procesului de învățare, conținut de curs inovativ cu costuri mici.

Personalizarea, o abordare inovativă în sistemele *e-learning*, se referă la adaptarea învățării în funcție de profilul studentului (studii anterioare, pregătire profesională, competențe, deprinderi, preocupări, apartenențe la diverse medii, stiluri de învățare proprii, obiective și preferințe etc.) [10]. O soluție în realizarea sistemelor adaptive este tehnologia de modelare a profilului student care a fost introdusă în sistemele de îndrumare inteligente (ITS), dar utilizarea sa a fost extinsă la majoritatea aplicațiilor curente de software educațional, care au ca scop să fie adaptive și personalizate.



Modelarea profilului student este unul dintre factorii cheie care afectează sistemele de îndrumare automatizate în luarea deciziilor de instruire, deoarece un *model student* permite înțelegerea și identificarea nevoilor studenților. Prin urmare, un *model student* poate fi folosit pentru a realiza cu acuratețe un profil student și pentru a anticipa nevoile de instruire ale acestuia. De asemenea, acesta oferă cursuri individualizate/personalizate, suport de navigare adaptiv, de ajutor și de feedback studenților, permițându-le astfel să învețe în ritmul lor propriu [21].

*Modelul student* este folosit, pentru acuratețea diagnosticării cerințelor de instruire ale studentului, cu scopul de a previziona nevoile studenților și de a adapta materialul de învățare și procesul de învățare corespunzător fiecărui student. Este folosit pentru a estima nivelul cognitiv și de cunoștințe al studentului și pentru a oferi materialul cel mai potrivit de învățare. Cerințele studentului sunt îndeplinite prin livrarea de educație adaptată, respectiv prin oferirea de resurse de învățare adaptate profilului [22], în urma identificării acestora pe perioada procesului de modelare a studentului.

*Stilul de învățare* este unul dintre parametrii cei mai importanți în diferențierea între indivizi [11] pentru crearea unor medii de învățare adaptive. Stilul de învățare se referă la modurile diferite în care indivizii înțeleg informațiile. Mediile de învățare bazate pe stiluri de învățare au o influență pozitivă asupra realizărilor studenților.

Tehnologii *Web semantic*, cum ar fi *Resource Description Format (RDF)* sau *RDF schema (RDFS)*, oferă facilități în personalizarea profilului student. Modelele RDF sunt folosite pentru a descrie resurse de învățare, dar ele pot fi utilizate de asemenea pentru descrierea studentului.

Web-ul semantic propune adnotarea conținutului documentelor utilizând informații semantice din ontologia domeniului. Interoperabilitatea este obținută prin furnizarea unui mijloc de sintaxă comună cu o semantică bine definită, făcând posibil ca resursele eterogene să poată opera și să se poată asigura partajarea informațiilor între cel care face adnotarea și consumatorul acesteia [25].

### **3. Modelarea profilului student într-un sistem de *e-learning***

Modelul profilului student pentru grupul țintă reprezentat de managerii unei unități medicale, realizat cu ajutorul ontologiilor, a stat la baza sistemului de *e-learning* personalizat, sistem prezentat în lucrări precum [3] [2]. Acest sistem vine în sprijinul necesității de instruire a managerilor responsabili cu gestionarea resurselor umane din unitățile medicale, pentru care sunt necesare verificarea și actualizarea cunoștințelor, în funcție de profilul lor, cu noțiuni impuse de cerințele poziției lor profesionale. Sistemul permite managerilor să-și îmbunătățească performanțele, cunoștințele și abilitățile prin intermediul unei metode automatizate de căutare de informații într-un domeniu particular [3].

Metodologiile *Metoda 101* [19] și *Methodology* [13] au stat la baza dezvoltării ontologiei sistemului de *e-learning*, iar ontologia a fost prezentată în mod formal cu ajutorul instrumentului Protégé, care are capacitatea de a traduce structura ontologiei în limbajul formal OWL (Ontology Web Language).

**Modelul profilului studentului** ghidează tot procesul de învățare și oferă informații esențiale despre fiecare student în parte, realizând profilul acestuia și determinând o instruire mai flexibilă și mai adaptată particularităților acestuia. Modelul este construit incremental de către sistem utilizând surse de date provenite de la student (de pe formularele oferite de sistem) și din interacțiunea student-sistem, structurate pe două direcții: determinarea nivelului actual de cunoștințe al studentului și a obiectivelor (solicitare de student) ce trebuie atinse prin instruirea acestuia.

Determinarea nivelului de cunoștințe ale studentului se bazează pe două aspecte: cunoștințele anterioare instruirii (colectate printr-un test de pre-evaluare) și cunoștințele acumulate în timpul procesului de instruire.

În urma aplicării diferitelor tehnici de determinare a cunoștințelor și obiectivelor studentului, se proiectează un model al studentului reprezentat prin:

- Un model static creat odată cu începerea procesului de instruire și care și nu suferă modificări în timpul interacțiunii dintre student și sistem;
- Un model dinamic care reprezintă profilul studentului actualizat permanent cu informații privind performanțele și cunoștințele acestuia obținute în timpul desfășurării procesului de *e-learning*, informații stocate în portofoliul studentului.

Implementarea conceptului de personalizare a învățării în sistemul de *e-learning* se realizează pornind de la *modelul student* construit în vederea determinării nivelului de cunoștințe, identificării obiectivelor instruirii și pentru a ghida procesul de învățare.

Sistemul de *e-learning* întreține *modelul student actualizat* și colectează date pentru acest model din diverse surse. Acest proces reprezintă *modelarea profilului student* și implică construirea unei reprezentări calitative, care înregistrează comportarea studentului cel puțin sub două aspecte:

- (1) cunoștințele inițiale / anterioare ale studentului (colectate printr-un test de pre-evaluare);
- (2) cunoștințele acumulate pe parcursul procesului de instruire.

Modelul student ghidează tot procesul de învățare și oferă informații esențiale despre fiecare student în parte, realizând profilul acestuia și determinând o instruire flexibilă și adaptată particularităților acestuia. Acest model este construit de către sistem în mod incremental utilizând surse de date provenite de la student, din formularele oferite

de sistem și din interacțiunea student-sistem, structurate pe două direcții și anume: determinarea nivelului actual de cunoștințe al studentului și a obiectivelor (solicitare de student) ce trebuie atinse prin instruirea acestuia.

Cunoștințele anterioare ale studentului se referă la o serie de cunoștințe pe care studentul le are din experiențele anterioare.

Determinarea cunoștințelor actuale ale studentului și a obiectivelor sale de instruire, conduc la construirea modelului student, care este definit printr-un *model static* și unul *dinamic*.

*Modelul static*, creat o singură dată la declanșarea procesului de instruire, nu se modifică în timpul interacțiunii student-sistem. Modelul static conține informații despre următoarele: date de identificare cu caracter personal, stilul de învățare, nivelul de instruire și interesele (scopul) învățării. Acestea nu se schimbă pe parcursul învățării. Datele personale sunt obținute la înscriere prin completarea unui formular. Stilul de învățare se referă la preferințele studentului privitor la organizarea și reprezentarea informației. Nivelul de instruire al studentului, care poate fi începător, mediu și avansat, este un alt atribut necesar în oferirea unui conținut potrivit de instruire.

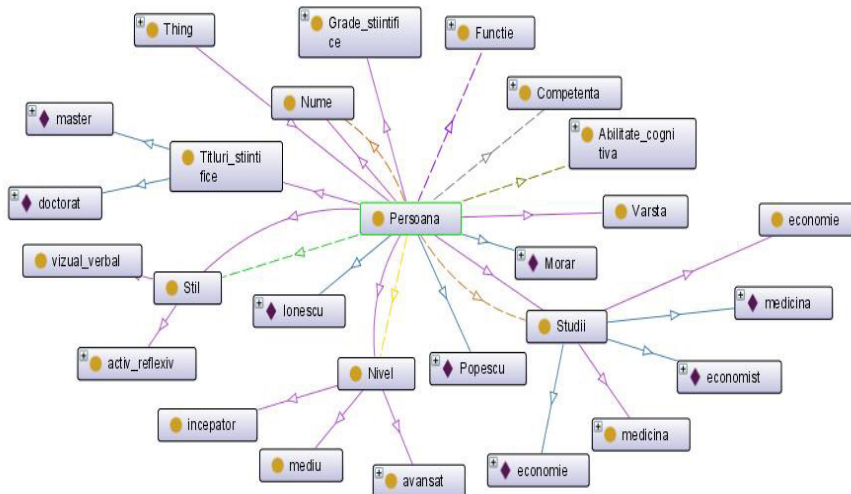
*Modelul dinamic* se actualizează pe măsură ce studentul acumulează noi cunoștințe și obține rezultate în procesul de învățare-instruire. Acesta se schimbă conform progresului de învățare al studentului și în urma interacțiunii cu sistemul. *Modelul dinamic* reprezintă profilul studentului, actualizat permanent cu informații privind performanțele și cunoștințele acestuia obținute în timpul desfășurării procesului de *e-learning*, informații stocate în portofoliul studentului. Portofoliul stochează informații despre performanțele curente ale studentului, precum și rezultatele obținute în urma testelor de cunoștințe. Datele sunt în permanență adunate pentru o actualizare a modelului.

Interesele studentului reprezintă cea mai importantă parte a profilului student, pe care sistemul o are în vedere, în sistemele de regăsire a informației și de filtrări adaptive. Cerințele studentului sunt îndeplinite prin livrarea de educație adaptată, respectiv prin oferirea de resurse de învățare specifice profilului identificat pe perioada procesului de instruire.

Modelarea profilului student constă în reprezentarea componentelor (conceptelor) identificate prin clase, subclase, individualități, proprietăți obiect și relații cu ajutorul mediului de dezvoltare *Protégé*. Ontologiile *Protégé* au fost exportate în formate *RDF Schema* și *OWL*.

În Figura 2 este prezentată structura ontologică a profilului student obținută cu ajutorul aplicației *OntoGraf*, clasa *Persoana* este reprezentată cu toate proprietățile sale, cu individualități corespunzătoare și cu relațiile dintre ele. Exemple de clase aparținând

clasei *Persoana*, sunt următoarele: *Nume*, *Vârsta*, *Studii*, *Titluri științifice*, *Nivel (de instruire)*, *Stil (de învățare)*. Clasele *Studii*, *Nivel de instruire*, *Stil de învățare* conțin la rândul lor subclase specifice.



**Figura 2.** Reprezentare ontologică a profilului student

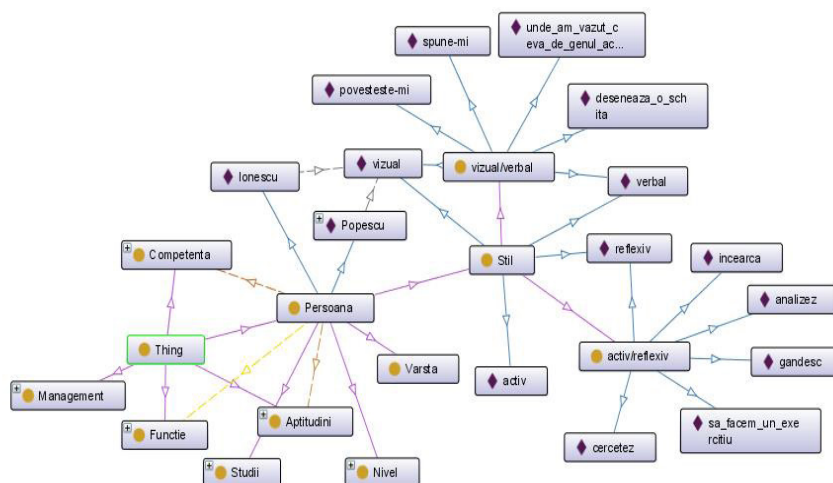
Exemple de valori / individualități pentru clasa *Nume*: *Ionescu*, *Morar*, *Popescu*, individualități ale clasei *Persoana*, care au ca și caracteristici valori ale claselor amintite mai sus, care le definesc profilul.

Un atribut esențial al profilului student, care a stat la baza personalizării procesului de învățare, este stilul de învățare.

Stilul de învățare reprezintă caracteristica esențială în stabilirea conținutului educațional, respectiv materialele de învățare în conformitate cu preferința studentului de a învăța, acumula și prelucra informații.

Modelul folosit pentru definirea stilului este cel formulat de Felder și Silverman [11], implementându-se două din cele patru stiluri și anume stilurile vizual / verbal și activ / reflexiv. Potrivit acestui model, stilul vizual îi caracterizează pe cei care își amintesc cel mai bine ceea ce văd: poze, diagrame, filme, demonstrații, în timp ce studenții caracterizați prin stilul auditiv preferă să asculte prezentările și să li se furnizeze explicații scrise. Studenții cu stil activ înțeleg mai bine și păstrează informațiile dintr-o experiență activă, în timp ce un student reflexiv preferă să învețe prin reflectare la o problemă prezentată. În Figura 3 sunt reprezentări grafice ale conceptelor stilului student.

În Figura 3 se poate observa conceptul central clasa *Persoana* cu una dintre proprietăți, subclasa *Stil*, care are subclasele *activ / reflexiv* și *vizual / verbal*. Fiecare dintre acestea sunt la rândul lor formate din subclase și individualități.



**Figura 3.** Reprezentare grafică a ontologiei stilului profilului student

Modelarea profilului student care are în vedere stilul de învățare ca element esențial în personalizare este prezentată în detaliu în lucrarea [4].

## 4. Concluzii

În acest articol se demonstrează utilitatea și utilizarea tehnologiilor Web semantic în realizarea sistemelor de *e-learning*. Prin intermediul tehnologiilor semantice se poate asigura comunicarea între persoane prin intermediul Web-ului, între persoane și calculator în vederea identificării unei baze de cunoștințe în concordanță cu cerințele organizaționale.

Implementarea conceptului de personalizare a învățării în sistemul prezentat se realizează pornind de la *modelul student* construit în vederea determinării nivelului de cunoștințe și a obiectivelor instruirii. Folosirea de tehnologii semantice și ontologii în implementarea procesului de personalizare a învățării a condus către o îmbunătățire a calității și eficienței sistemului de învățare.

Modelul ontologic prezentat oferă o soluție la o serie de limitări ale sistemelor de învățare on-line, în special cele care se referă la flexibilitatea procesului de învățare asistată de calculator și la metodele didactice care oferă studenților facilități noi.

De asemenea, acest sistem poate asigura compatibilitatea cu sistemele de învățare electronică românească și europeană, prin evaluarea și adoptarea standardelor dedicate domeniului e-învățării.

## BIBLIOGRAFIE

1. Balacheff, N. & Hardin, J. (2006). Advances of the semantic web for e-learning: expanding learning frontiers, *Br J Educ Technol*, 37, 321-330.
2. Băjenaru, L. (2018). An Ontology-Based E-learning Approach for the Healthcare Management System. In *Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Scientific Conference “eLearning and Software for Education”* Bucharest, April 19 - 20, 2018 (pp. 356-362).
3. Băjenaru, L. & Smeureanu, I. (2018). Learning Styles in an Ontology-Based E-learning System, In Silaghi, G. C., Buchmann, R. A. & Boja, C. (Eds.), *Informatics in Economy: 15<sup>th</sup> International Conference, IE 2016, Cluj-Napoca, Romania, June 2-3, 2016, Revised Selected Papers, Lecture Notes in Business Information Processing (LNBIP)*, vol 273 (pp.115-129). Springer International.
4. Băjenaru, L. & Smeureanu, I. (2015). An Ontology Based Approach for Modeling E-learning in Healthcare Human Resource Management, *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research (ECECSR)*, 49(1), 23-40.
5. Berners-Lee, T. & Miller, E. (2002). The Semantic Web lifts off, *ERCIM New*, 51(9).
6. Berto, F. & Plebani, M. (2015). *Ontology and Metaontology*. Deanta Global Publishing Services, Chennai, India.
7. Cakula, S. & Sedleniece, M. (2013). Development of a personalized e-learning model using methods of ontology, *Procedia Computer Science*, 26, 113-120.
8. Cuéllar, M. P., Delgado, M. & Pegalajar, M. C. (2011). A common framework for information sharing in e-learning management systems, *Expert Systems with Applications*, 38, 2260-2270.
9. Essalmi, F., Ayed, L. J. B., Jemni, M., Kinshuk, J. & Graf, S. (2010). A fully personalization strategy of E-learning, scenarios, *Computers in Human Behavior*, 26, 581-591.
10. Felder, R. M. & Brent, R. (2005). Understanding student differences, *Journal of Engineering Education*, 94(1), 57-72.

11. Felder, R. M. & Silverman, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education, *Engineering Education*, 78(7), 674-681.
12. Fernández-López, M. & Gómez-Pérez, A. (2002). Overview and analysis of methodologies for building ontologies, *The Knowledge Engineering Review*, 17(2), 129-156.
13. Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A. & Juristo, N. (1997). *Methontology: From ontological art towards ontological engineering*, 33-4. Paper presented at the Spring Symposium on Ontological Engineering of AAAI.
14. Frenk, J., Chen, L., Bhutta, Z. A., Cohen, J., Crisp, N., Evans, T., Fineberg, H. et al. (2010). Health professionals for a new century: transforming education to strengthen health systems in an interdependent world, *Lancet*, 376(9756), 1923-1958.
15. Gomes, P., Antunes, B., Rodrigues, L., Santos, A., Barbeira, J. & Carvalho, R. (2006). Using Ontologies for e-learning Personalization. In *3<sup>rd</sup> E-learning Conference – Computer Science Education*, Portugal.
16. Gruber, T. R. (1995). Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing, International Workshop on Formal Ontology, *International Journal of Human-Computer Studies*, 43, 907-928. Padova, Italy.
17. Ivanovic, M. & Budimac, Z. (2014). An overview of ontologies and data resources in medical domains, *Expert Systems with Applications*, 41(11), 5158-5166.
18. Manate, B., Munteanu, V. I., Fortis, T. F. & Moore, P. T. (2014). An Intelligent Context-Aware Decision-Support System Oriented towards Healthcare Support. In *Eighth International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS)*, Birmingham (pp. 386-391).
19. Noy, N. & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*.
20. Ongenaes, F., Claeys, M., Dupont, T., Kerckhove, W., Verhoeve, P., Dhaene, T. & De Turck, F. (2013). A probabilistic ontology-based platform for self-learning context-aware healthcare applications, *Expert Systems with Applications*, 40, 7629-7646.
21. Paiva, R., Bittencourt, I. I., Tenorio, T., Jaques, P. & Isotani, S. (2016). What do students do on-line? Modeling students' interactions to improve their learning experience, *Computers in Human Behavior*, 64, 769-781.
22. Sarraipa, J., Baldiris, S., Fabregat, R. & Jardim-Goncalves, R. (2012). Knowledge Representation in Support of Adaptable eLearning Services for All. Proceedings

- of the 4<sup>th</sup> International Conference on Software Development for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion (DSAI 2012), *Procedia Computer Science*, 14, 391-402.
23. Stan, O., Sauciuc, D., Miclea, L. & Dehelean, C. (2013). Interoperable platform for Romanian Healthcare System, *Automation Computers Applied Mathematics*, 21(3).
  24. Szekely, A. (2010). An Approach to Ontology Development in Human Resources Management. In *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference on Virtual Learning* (pp. 153-159).
  25. Tosi, D. & Morasca, S. (2015). Supporting the semi-automatic semantic annotation of Web services: A systematic literature review, *Information and Software Technology*, 61, 16-32.
  26. Youn, S., Arora, A., Chandrasekhar, P., Jayanty, P., Mestry, A. & Sethi, S. (2005). *Survey about Ontology Development Tools for Ontology-based Knowledge Management*, <<http://www.scf.usc.edu/~csci586/projects/>>.
  27. Zhang, X., Ordóñez de Pablos, P. & Zhu, H. (2012). The impact of second life on team learning outcomes from the perspective of IT capabilities, *International Journal of Engineering Education*, 28(6), 1388-1392.