

Programe inteligente pentru asistarea invatarii¹

Stefan Trausan-Matu

Universitatea "Politehnica" Bucuresti

si

Centrul de Cercetari Avansate in Invatare Automata, Prelucarea Limbajului Natural si Modelare Conceptuala al Academiei Romane

Rezumat

Lucrarea propune citeva idei de plecare in construirea unor sisteme inteligente pentru asistarea cu calculatorul a proceselor de instruire. Aceste idei sunt rezultatul atit al unui studiu asupra teoriilor invatarii din perspective filosofica, psihologica si a inteligentei artificiale, cit si al analizei evolutiei sistemelor informatizate de asistare a invatarii.

Cuvinte cheie: Invatare, inteligenta artificiala, sisteme bazate pe cunostinte, sisteme de asistare cu calculatorul a proceselor de invatamint.

1. Introducere

Un domeniu al activitatii umane deosebit de important si cu multiple implicatii in toate domeniile vietii culturale, economice si sociale este invatamantul. Caracterul deosebit de complex al acestuia si necesitatea sporirii eficientei si calitatii sale, pe de o parte si progresele informaticii, pe de alta parte, au condus la preocupari intense de a dezvolta si integra in procesele de invatamant sisteme de instruire care folosesc calculatorul. Complexitatea problemelor pe care le ridica insa realizarea de sisteme suficient de flexibile pentru instruirea asistata de calculator a dus la ideea integrarii unor tehnici specifice inteligentei artificiale.

Domeniul inteligentei artificiale isi propune realizarea de sisteme informatice performante in rezolvarea de probleme in domenii care de obicei necesita activitatea unor specialisti umani. Cercetarile in inteligenta artificiala au drept rezultat nu numai extinderea remarcabila a posibilitatilor de aplicare a calculatoarelor ci si sporirea cunoasterii noastre despre insasi procesele cognitive umane. De aceea, cercetarile efectuate in inteligenta artificiala sunt de doua ori importante.

Cercetarile prezentate in lucrarea de fata urmaresc mai multe obiective aflate in interdependenta, dupa cum urmeaza: In primul rind, se sconteaza pe gasirea unor modalitati originale de integrare a diverselor tipuri de cunostinte implicate in procesul de instruire (cunostintele referitoare la domeniul in care se face instruirea, cunostintele presupuse ale celui instruit si cunostinte generale referitoare la activitatile de instruire). De asemenea, se va incerca gasirea unor modalitati cat mai eficiente de rafinare a bazelor de cunostinte implicate si de achizitie de noi cunostinte.

In al doilea rind, din punct de vedere cognitiv, rezultatele care se vor obtine pot aduce elemente noi in intelegerea proceselor de asimilare de noi concepte si de rafinare a celor existente in activitatile de instruire, in particular, si in activitatea intelectuala umana, in general.

¹ Publicat in Revista Romana de Informatica si Automatica, vol.5, nr.4, 1995, pp. 7-16

In ultimul rind, dar nu in cele din urma, se preconizeaza obtinerea unor rezultate practice materializate in sisteme informatice de asistare a instruirii in diverse domenii.

Consideram ca se impun cateva remarci legate de terminologie. Se va folosi cuvantul "student" intr-un sens mai larg pentru a denumi generic o persoana aflata intr-un proces de instruire. O discutie deschisa unor sugestii viitoare are drept obiect traducerea cuvantului "tutoring" prin "instruire". Poate o traducere mai adecvata decat cea adoptata ar fi fost prin cuvintul "meditatie". Din motive subiective, legate si de acceptiunea acestui cuvant la noi in tara, s-a preferat traducerea prin "instruire". Aceasta traducere insa scapa accentul pus in "tutoring" pe legatura personala intre student si "meditator". De aceea, in viitor s-ar putea sa se decida alegerea unei alte traduceri.

Urmatorul capitol al lucrarii este dedicat unui studiu asupra proceselor cognitive implicate in invatare precum si asupra abordarilor existente in reprezentarea acestora. In analiza teoriilor existente asupra invatarii au fost considerate trei perspective: filosofica, psihologica si conform inteligentei artificiale. In studiul abordarilor existente asupra reprezentarii mecanismelor de reprezentare a proceselor cognitive s-a plecat de la rezultatele obtinute in inteligenta artificiala si, in special, a invatarii automate. Concluziile acestui studiu sunt fundamentale pentru fundamentarea abordarii cognitive propusa de autor pentru dezvoltarea unui sistem inteligent de instruire, unul din scopurile principale ale cercetarilor desfasurate.

Al treilea capitol prezinta evolutia sistemelor informatizate de asistare a invatarii si propune citeva idei de plecare in construirea unui sistem inteligent de instruire cu calculatorul.

2. Procesele cognitive implicate in invatare si reprezentarea acestora

Problematica mecanismelor proceselor de invatare a constituit un subiect de analiza si disputa timp de milenii. Putem exemplifica aceasta vechime prin existenta a unei teorii a invatarii inca la Platon, teorie expusa in dialogul "Menon". Conform acestei teorii, cunostintele noastre sunt innascute, procesul invatarii constituind, de fapt, un proces de reamintire. De-a lungul mileniilor, problematica proceselor de invatare a stat in atentia mai multor discipline, acest subiect fiind larg dezbatus in special in cadrul filozofiei, el fiind legat de problema mai generala a surselor cunoasterii umane. Invatarea este si unul din domeniile de mare interes al psihologiei. Pedagogia, pe de alta parte, este stiinta care isi propune sa gaseasca cele mai adecvate cai de a desfasura un proces de instruire. In sfirsit (dar nu in cele din urma), domeniul invatarii automate din inteligenta artificiala are drept scop realizarea de sisteme artificiale care invata, realizarea acestui scop necesitind intelegerea mecanismelor invatarii umane.

In continuare, vor fi analizate teoriile existente referitoare la invatare, vor fi prezentate citeva idei ale modelelor de reprezentare a proceselor cognitive folosite in invatarea automata si vor fi trase niste concluzii asupra celor mai adecvate modalitati de a concepe un sistem inteligent de instruire.

2.1. Teorii ale invatarii

Nu exista in prezent o teorie unanim acceptata asupra invatarii [Low78]. Pentru a avea o imagine nuanzata asupra problematii invatarii vom considera trei perspective: perspectiva filosofica asupra surselor cunoasterii, perspectiva psihologica asupra mecanismelor de invatare si, intr-o sectiune ulterioara, perspectiva inteligentei artificiale asupra modelarii proceselor de invatare.

2.1.1. Problema surselor cunoasterii

Unul din domeniile esentiale ale studiului filosofic este teoria cunoasterii. Spre deosebire de psihologia empirica, care cerceteaza facultatile si activitatile mintale ce intervin in constituirea cunostintelor,

teoria cunoasterii considera cunostintele ca fiind date si se intreaba cum sunt ele posibile [Flo94]. In cadrul teoriei cunoasterii, o atentie deosebita s-a acordat, de-a lungul timpului, relevarii surselor cunoasterii. In acest sens, diversele sisteme filosofice pot fi incadrate in doua mari abordari posibile: sisteme care pleaca de la ideea ca de la nastere exista un bagaj de cunostinte in mintea umana si sisteme care considera ca cunoasterea este dobindita empiric, prin procese de invatare din experienta de-a lungul vietii [Flo94]. Controversa innascut sau dobindit inca nu s-a solutionat, ea constituind subiect de discutie nu numai in filosofie ci si in alte stiinte printre care si inteligenta artificiala.

Din punctul de vedere al cercetarilor prezentate in lucrare, raspunsul dat la controversa innascut sau dobindit este foarte important deoarece el este punctul de plecare al abordarilor in intelegerea mecanismelor invatarii. De exemplu, abordarile conectioniste din inteligenta artificiala se incadreaza clar in cea de-a doua abordare pe cind sistemele bazate pe cunostinte pleaca de la prima. In cadrul lucrarii de fata se face o optiune clara catre prima abordare. In acest sens este foarte sugestiva parerea filosofului M. Flonta: "Asadar, pentru a intelege activitati mintale complexe va trebui sa studiem mai intii fiecare subsistem in parte, particularitatile sale. Analogia dintre dezvoltarea biologica si dezvoltarea mintala conduce la punctul de vedere ca mintea este organizata in facultati cognitive distincte, cu structuri specifice. Acest punct de vedere este opus principiului empirist, potrivit caruia cunoasterea ia nastere din datele simturilor prin exercitarea unor mecanisme elementare si uniforme ale invatarii." [Flo94].

2.1.2. Teorii ale invatarii in psihologie

In psihologie invatarea este una din principalele activitati umane studiate. Perspectiva din care este privita invatarea este data de perspectiva teoriei psihologice considerate ("behaviorista" sau cognitiva).

Teoria psihologiei comportamentale ("behaviorista") considera ca, pentru a satisface pretentia de a considera psihologia o stiinta, nu trebuie luate in considerare abordarile introspectioniste, prin esenta subiective, existente pina la inceputul acestui secol. In locul acestei abordari se propune o abordare care ia in considerare exclusiv niste elemente care pot fi masurate, elemente care sunt specifice comportamentului [Sdo90, SeK92].

In sens comportamental, invatarea consta intr-o modificare persistenta a comportamentului persoanei care invata. Aceasta teorie poate fi incadrata in abordarea empirica asupra surselor cunoasterii, abordare conform careia invatarea consta in stabilirea unor relatii intre stimuli exteriori si reactii (comportari) ale celui care invata. In psihologie, acest mod de invatare (care a dominat prima parte a acestui secol) este denumita invatare asociativa sau invatare prin conditionare [Low78, Sdo90, SeK92]. Sunt celebre in acest sens experientele lui Pavlov sau experientele prin care se analiza comportamentul unor soareci plasati intr-un labirint. Invatarea este in aceste teorii legata de niste conditionari care permit stabilirea de asocieri intre servirea hranei si diversi alti stimuli cum ar fi semnale vizuale sau auditive.

Esenta acestei teorii este contiguitatea spatiala sau temporală a stimulilor care se autoconditioneaza. Aceasta contiguitate care determina asociatii sta la baza si a implementarii pe calculator a sistemelor de invatare automata. De exemplu, invatarea folosind retele neuronale pleaca tocmai de la ideea stabilirii unor legaturi fizice cu o pondere mare intre stimuli si efecte. De asemenea, abordarile bazate pe retele semantice in reprezentarea cunostintelor si invatare automata pleaca tot de la ideea stabilirii unor relatii mijlocite intre stimuli si efecte.

Din nefericire, teoria invatarii conditionate nu poate explica toate procesele de invatare. Ea permite explicarea unor fenomene cum ar fi generalizarile (reactii similare la stimuli similari) si diferentierea reactiilor intre stimuli similari dar deosebiti esential [Sdo90, SeK92]. Aceasta teorie permite explicarea multor comportamente dar este o simplificare care nu ia in vedere procesele cognitive specifice gindirii. Limitarea ei este datorata faptului ca ea evita cu obstinatie considerarea acestor procese. Dupa cum remarca J.R. Anderson [And89], greseala este ca behaviorismul a fost initiat ca o metoda de studiu

psihologic și a sfîrșit prin a deveni o teorie psihologică, sarcina care însă îl depășește. Perspectiva din lucrarea de față se aliniază părerii lui K.Lorenz [Flo94] în a considera că această primă abordare reduce gîndirea umană la niște reflexe condiționate sau nu, fără a considera bogăția universului psihic uman, prin această dezumanizînd-o.

O reacție la psihologia comportamentală este psihologia cognitivă. Abordarea cognitivă acordă o atenție deosebită structurilor care stau la baza reprezentării și prelucrării cunoștințelor în cadrul psihicului uman. Această teorie este fundamentată din mai multe puncte de vedere. Pot fi aici aduse drept argumente experiențele care au relevat existența unei așa numite învățări latente și a învățării bazate pe observație.

Învățarea latentă pleacă de la unul din experimentele foarte mult utilizate de behavioriști: învățarea unui labirint de către niște soareci. Pentru a învăța labirintul, soarecii erau condiționați de plasarea de hrană într-un anumit punct (de exemplu, la ieșire). S-a constatat ulterior însă [Sdo90, SeK92], că un lot de soareci poate învăța configurația unui labirint chiar și în absența hranei. Astfel, se considera trei loturi de soareci plasați în labirinte, unul care este condiționat de prezența hranei într-un punct al labirintului, și celelalte două necondiționate de prezența hranei. Conform teoriei învățării condiționate, primul lot, condiționat, învăța configurația labirintului. Dacă însă, după un număr de zile, unuia din cele două loturi necondiționate i se plasează hrană în labirint, s-a observat că el învăța mult mai repede configurația labirintului decît primul lot. Acest lucru a fost explicat prin faptul că acest al doilea lot a învățat latent labirintul, chiar în absența condiționării. Edward Tolman [Sdo90, SeK92] explică acest mecanism de învățare prin faptul că acest al doilea lot și-a format niște așa numite hărți cognitive ("cognitive maps") ale mediului în care au fost plasați. De asemenea, tot Tolman releva faptul că, în plus, se învăța ceea ce se aștepta; așteptările sau anticipațiile fiind fenomene centrale în procesul învățării [Low78].

În final, trebuie precizat că, tot în acest context poate fi încadrată și un alt tip de învățare, așa numită învățare prin observație. Aceasta este efectuată, de exemplu, de copiii care învăț să se comporte prin observarea comportamentului părinților.

O altă teorie remarcabilă în psihologie este gestaltismul. Conform teoriei gestaltiste, învățarea nu este rezultatul unei imbinări dintre elemente separate ale mediului (excitații) și elemente comportamentale (reacții), ci este producerea unui sistem unitar al comportamentului, structurilor proceselor psihice și al personalității sub acțiunea unei situații unitare [Low78]. În acest context, un rol deosebit este acordat procesului de înțelegere. Astfel, învățarea se consideră că se desfășoară prin "înțelegerea unității relationale a formei și conținutului, a mijloacelor și scopurilor, a cauzelor și efectelor, a partilor și întregului, a cazurilor unice și a legilor (...) Înțelegerea apare atunci cînd structura unei probleme a devenit transparentă. (...) Cel ce învăț trebuie să aibă o privire de ansamblu a stării de fapt, să o ordoneze din punct de vedere intelectual și să o patrundă în mod activ." [Low78].

Pentru a încheia aceste considerații asupra teoriilor învățării trebuie amintită și o ultimă abordare remarcabilă din perspectiva cercetărilor din lucrarea de față. Aceasta este psihologia topologică (vectorială) a lui Lewin care consideră învățarea ca o schimbare a cunoștințelor, a valențelor și valorilor [Low78].

2.2 Învățarea din perspectiva inteligenței artificiale; reprezentarea proceselor cognitive implicate în învățare

În inteligența artificială problema învățării a fost considerată din două direcții aflate în strînsă interdependență. În primul rînd, s-au căutat modele care să explice procesele de învățare umană. În al doilea rînd, au fost elaborate sisteme de învățare automată care căuta să imite mecanismele cognitive umane. Aceste două direcții reflectă, de fapt, două scopuri esențiale ale inteligenței artificiale: înțelegerea proceselor mintale și simularea lor pe calculator.

Una din teoriile cele mai cunoscute asupra invatarii folosita in inteligenta artificiala este cea propusa de Anderson pe baza "arhitecturilor cognitive" ACT, ACT* si PUPS [And89]. La baza acestora sta un sistem de reguli de productie care include:

- o memorie de lucru in care sunt introduse fapte din lumea exterioara si in care iau nastere actiunile catre exterior;
- o memorie declarativa a cunostintelor pe care sistemul le foloseste si in care se pot memora cunostinte declarative invatate;
- o memorie procedurala (de reguli de productie) pentru cunostintele procedurale invatate si folosite in rationamente.

Teoria si arhitectura lui Anderson a fost imaginata si validata plecind de la teoria psihologica cognitiva asupra invatarii. Ea a fost folosita in mai multe sisteme inteligente de instruire in programare, in geometrie si in algebra [ABC90]. In aceasta teorie se considera urmatoarele tipuri de invatare:

- inregistrarea declarativa de fapte din mediu in memoria de lucru si apoi in memoriile declarativa sau procedurala (de lunga durata);
- intarirea increderii in cunostintele memorate ori de cite ori ele sunt folosite;
- "compilarea cunostintelor" prin proceduralizare si compunere a mai multor reguli intr-o noua regula;
- generalizarea si diferentierea cunostiunilor.

Cele patru tipuri de invatare de mai sus sunt folosite in ACT*. In PUPS, la acestea se adauga si invatarea prin analogie.

Aportul domeniului invatarii automate din inteligenta artificiala este deosebit de important deoarece a contribuit considerabil la intelegerea unor mecanisme ale invatarii precum si la modelarea proceselor cognitive implicate. Dupa cum releva R. Michalski, [Mic94]: "In invatarea automata, invatarea este vazuta ca un proces de automodificare a cunoasterii curente a celui care invata printr-o interactiune cu niste surse de informatii."

Tot Michalski scoate in evidenta rolul esential al explicatiilor in procesele de invatare: "este foarte dificil de a invata ceva fara sa intelegi acel ceva. Intelegerea este, la rindul ei, rezultatul auto-crearii sau primirii unei explicatii satisfacatoare." [Mic94] Explicatiile pot fi derivationale (sau deductive) si ipotetice (sau inductive). Primei clase ii corespund metode de invatare analitica, care implica procese de restructurare sau intarire a cunostintelor existente. Celei de a doua clase ii corespund considerarea unei ipoteze in conjunctie cu cunostintele existente pentru a genera noi cunostinte.

Invatarea sintetica poate fi din exemple (date de altcineva) sau prin observatii (facute de cel care invata). Din alta perspectiva, invatarea sintetica poate fi empirica (cunostintele existente sunt putin folosite) sau constructiva (esential bazate pe cunostintele existente). Exemple de invatare empirica in inteligenta artificiala sunt retelele neuronale sau algoritmi genetici, invatarea bazata pe explicatii fiind o invatare constructiva [Mic94].

Invatarea analitica poate fi, la rindul ei, bazata pe explicatii sau pe specificatii.

Dupa cum precizeaza Michalski, mecanismele esentiale implicate in invatare pot fi grupate in trei categorii: deductie/inductie, generalizare/specializare si abstractizare/concretizare [Mic94]. Toate aceste mecanisme au fost utilizate in diversele sisteme de invatare automata, in prezent incercandu-se integrarea lor in asa numita invatare multistrategica.

3. Sisteme informatice inteligente de instruire

3.1 Istoric

Ideea de a utiliza calculatorul in procesul de invatamant nu este noua. Initial se preconiza ca profesorul va fi in viitor total inlocuit de calculator. Aceasta previziune nu s-a indeplinit si, dupa unele opinii, se pare ca nici nu se va indeplini vreodata. Argumentele aduse in sprijinul acestei idei (rezultate si in urma experientei in utilizarea de sisteme informatice in instruire) sunt in special legate de faptul ca in procesul de invatamant sunt implicati factori umani care nu pot fi inlocuiti de un calculator: Intre profesor si studenti exista canale de comunicare care nu pot fi realizate de o masina. De asemenea, un calculator nu poate intelege complexitatea naturii umane in scopul adaptarii procesului de invatamant conform specificului unei anumite colectivitati de studenti. Aceste observatii se inscriu de fapt in orientarea generala prezenta astazi, nu numai in sistemele de instruire ci si in alte domenii ale informaticii, de luare in considerare a factorilor umani in sistemele dezvoltate [KoW89, Tra93].

In istoria sistemelor care utilizeaza calculatorul pentru a sprijini procesele de invatamint se pot delimita cateva etape. Acestea etapizare reflecta, pe de o parte, evolutia conceptiilor asupra posibilitatilor de utilizare a calculatoarelor si, pe de alta parte, necesitatea considerarii factorilor umani in dezvoltarea de astfel de sistem.

Intr-o prima faza, programele de calculator dezvoltate in scopuri didactice se caracterizau printr-o secventa fixa de pasi pe care studentul trebuia sa-i parcurga. Fiecare pas prezenta anumite informatii care trebuiau asimilate, trecerea la urmatorul pas fiind facuta in urma raspunsurilor satisfacatoare la un numar de intrebari. Aceste sisteme se caracterizau printr-un caracter mult prea rigid, neindividualizat si insensibil la capacitatea de asimilare si doleantele celui instruit.

In anii 60, au aparut programe care permiteau ramificari in secventele de pasi in instruire. Aceste ramificari puteau fi facute atat de studenti, in functie de ce decideau ca ar trebui sa invete, cat si de sistem. In aceasta categorie de sisteme se pot include si sistemele interactive de indrumare ("help") existente in multe produse informatice actuale (de exemplu, MS-Windows). De asemenea, sistemele hiper-text actuale destinate informarii sau instruirii se incadreaza tot in aceasta categorie.

Urmatoarea etapa in evolutia sistemelor de instruire bazata pe calculator a fost aparitia sistemelor care puteau genera automat material didactic. Aceste sisteme analizau raspunsurile studentilor, le comparau cu raspunsurile corecte si generau comentarii in urma acestor analize. De exemplu, la mijlocul anilor 60 au fost implementate primele sisteme de instruire asistata de calculator cu caracteristici adaptive, care puteau genera probleme de aritmetica in functie de nivelul elevului. Se poate spune ca ele foloseau un rudiment de model al elevului, construit plecand de la niste parametrii calculati in urma analizei performantelor acestuia [SIB82]. Un impediment major al acestor sisteme este ca nu puteau raspunde la intrebari de genul "De ce?" sau "Cum?" puse de student in urma comentariilor sistemului. Acest impediment este datorat inexistentei unor cunostinte explicite asupra domeniului de instruire in sistem. Se poate spune ca distanta intre procesele cognitive ale studentului si procesele interne programului este prea mare [Sok91].

In prezent, cele mai evolute sisteme bazate pe calculator destinate sprijinirii procesului de invatamant sunt asa numitele sisteme inteligente de instruire ("Intelligent Tutoring Systems" - ITS). Aceste sisteme cauta sa depaseasca caracteristicile prea rigide ale sistemelor anterioare de asistare a instruirii prin reprezentarea explicita a cunostintelor domeniului de instruire si prin luarea in considerare a factorului uman al studentului implicat in procesul de instruire. Cunostintele domeniului reprezentate explicit permit unui astfel de sistem sa furnizeze niste explicatii nuanate si poate raspunde la intrebari de genul "De ce?" sau "Cum?" puse de studenti. De asemenea, sistemul are posibilitatea de a-si adapta functionarea in conformitate cu stadiul cunostintelor celui instruit. In acest scop, pe langa componentele care realizeaza efectiv instruirea, sistemul va incerca sa construiasca si sa actualizeze permanent un model (bazat pe cunostinte) al celui instruit. De asemenea, se poate include un modul

dedicat alegerii celor mai adecvate strategii pedagogice in functie de modelul studentului. In sfarsit, un rol important il are modulul destinat interfatarii cat mai prietenoase intre sistem si student.

3.2 Categoriile de cunostinte ale unui sistem inteligent de instruire

Dorinta de a conferi sistemelor realizate cat mai multa adaptabilitate la caracteristicile si evolutia celui instruit s-a simtit nevoia utilizarii unor tehnici specifice inteligentei artificiale. Plecand de la ideea rezultata in urma cercetarilor in inteligenta artificiala conform careia un sistem inteligent este un sistem care are un bagaj important de cunostinte, una din cele mai importante probleme care trebuie avute in vedere este delimitarea categoriilor de cunostinte care trebuie avute in vedere precum si modalitatile cele mai adecvate de reprezentare si prelucrare a lor.

In cadrul unui ITS, categoriile de cunostinte care se pot delimita natural sunt:

- cunostinte generale, asupra domeniului in care este facuta instruirea;
- cunostintele asupra celui instruit, la un moment dat al procesului de instruire (modelul studentului);
- cunostinte pedagogice referitoare la strategii, tactici si euristici de conducere a procesului de instruire.

Toate aceste categorii de cunostinte sunt prelucrate in vederea obtinerii unor regimuri flexibile, individualizate pe fiecare student in vederea obtinerii in final a unei instruiiri optime. Aceste cunostinte vor fi inmagazinate in baze de cunostinte dedicate fiecărei categorii. Bineinteles ca intre aceste baze, si mai ales intre cele pentru ultimele doua categorii de cunostinte, vor exista interconexiuni complexe. Un aspect, considerat in viziunea autorului ca deosebit de important, este restructurarea, rafinarea si evolutia permanenta a acestor baze de cunostinte. In aceasta evolutie vor fi integrate mecanisme de achizitie a cunostintelor si de invatare automata. De asemenea, un rol foarte important va fi acordat considerarii sistemelor ITS dezvoltate ca fiind baza unor experimente destinate formarii si extinderii unor idei si teorii asupra proceselor cognitive care intervin in procesul de instruire.

Pentru reprezentarea cunostintelor exista deja mai multe paradigme cum ar fi obiectele structurate ("frame"), regulile de productie, programarea logica etc. De asemenea, sunt curent folosite mai multe tehnici de prelucrare a acestora. In continuare vor fi considerate pe rand cele trei principale categorii de cunostinte care sunt implicate intr-un sistem inteligent de instruire.

3.3 Baza de cunostinte ale domeniului

Unul din rezultatele obtinute in urma cercetarilor in inteligenta artificiala a fost faptul ca, pentru a avea o comportare inteligenta, un sistem trebuie sa posede un bagaj semnificativ de cunostinte. O ilustrare a importantei acestui rezultat este faptul ca cele mai semnificative aplicatii practice ale inteligentei artificiale sunt asa numitele sistemele experte. Aceste sisteme se incadreaza in clasa, mai larga, a sistemelor bazate pe cunostinte caracterizate prin faptul ca se face o separare neta intre cunostintele pe care le detine sistemul si intre mecanismele de prelucrare a acestor cunostinte.

Din punct de vedere operational, sistemele expert sunt caracterizate de o comportare similara cu cea a unui expert uman intr-un anumit domeniu. Precizarea asupra faptului ca se delimiteaza un anumit domeniu este esentiala, acest fapt fiind datorat tocmai complexitatii reprezentarii si prelucrării cunostintelor precum si a volumului imens de cunostinte, complexitate care face (deocamdata?) imposibila realizarea de sisteme inteligente cu caracter general. De fapt, acest lucru este valabil si pentru gandirea umana, in prezent fiindu-ne imposibil sa putem concepe un om care sa fie expert in general, in orice domeniu.

In concluzie, ca urmare a celor de mai sus, dar din perspectiva ITS, pentru a putea obtine sisteme inteligente de instruire vor trebui realizate sisteme care sa reprezinte explicit si sa prelucreze cunostintele implicate in procesul de instruire. Pentru aceasta vor trebui considerate categoriile de

cunostinte implicate in instruire precizate in capitolul anterior. Se poate spune ca un ITS va trebui sa fie un triplu sistem expert: in domeniului pentru care se face instruirea, in analiza si conturarea cunostintelor pe care studentul le poseda de-a lungul instruirii si in domeniul pedagogiei.

Rolul cunostintelor domeniului este crucial in cadrul celor trei categorii de cunostinte precizate. Dupa cum se releva in mai multe cercetari asupra ITS [SIB82], alegerea unei reprezentari adecvate a cunostintelor domeniului poate avea un rol decisiv in simplificarea prelucrarilor necesare in instruire. Acest fapt era cunoscut si din cercetarile in dezvoltarea de sisteme experte: o buna reprezentare a cunostintelor simplifica procesul de regasire a cunostintelor necesare in rationamente, rezolva aproape trivial problemele de explicare a rationamentelor si usureaza achizitia cunostintelor.

In contextul ITS, reprezentarea cunostintelor domeniului trebuie facuta avand in vedere si celelalte categorii de cunostinte. Astfel, dupa cum se va vedea si din sectiunea urmatoare, baza de cunostinte asupra studentului este in stransa conexiune cu baza de cunostinte a domeniului, in unele abordari, prima fiind chiar un subset a celei de-a doua.

Un aspect foarte important al sistemelor experte in particular si al sistemelor bazate pe cunostinte, in general, este caracterul cunostintelor reprezentate. Se pot distinge astfel doua tipuri de cunostinte: de suprafata si de adancime. Conform acestor doua tipuri de cunostinte au fost delimitate chiar si doua generatii de sisteme experte, in functie de cunostintele pe care le folosesc.

Cunostintele de suprafata (sau compilate) sunt euristici, reguli, retete folosite de un expert in rezolvarea rapida a unei probleme. Inconvenientul acestui tip de cunostinte este faptul ca, daca este necesara rezolvarea unei probleme care necesita cunostinte chiar foarte putin diferite de cele existente in baza sistemului expert, acesta nu va putea rezolva problema. O solutie la acest inconvenient este considerarea cunostintelor de adancime.

Sistemele experte care folosesc cunostinte de adancime pot rezolva potential o gama mult mai extinsa de probleme. Cunostintele de adancime se constituie, de fapt, intr-o teorie, intr-un model al domeniului considerat, ceea ce confera posibilitatea rezolvarii teoretic a oricarei probleme (daca modelul este complet). Un dezavantaj al sistemelor care folosesc sisteme bazate pe modele de adancime este ca, in general, sunt mai lente. De asemenea, de foarte multe ori este foarte greu sa se poata construi un astfel de model.

O solutie care elimina dezavantajele celor doua tipuri de cunostinte este utilizarea in cadrul aceluiasi sistem si a cunostintelor de suprafata si a cunostintelor de adancime. In mod normal, sistemul va face apel la cunostintele de suprafata. Daca insa in rezolvarea unei probleme cunostintele de suprafata nu sunt suficiente, sistemul va apela la cunostintele de adancime. In paralel cu rezolvarea problemei folosind cunostintele de adancime se pot eventual compila cunostinte de suprafata utile in viitoare sesiuni ale sistemului. Se poate considera, de fapt, ca toate cunostintele de suprafata sunt compilari ale cunostintelor de adancime. Aceasta solutie are un corespondent si in modalitatea umana de rezolvare de probleme: In momentul cand trebuie rezolvata o problema se incearca aplicarea unor retete care au dat rezultate anterior. Daca nu se poate gasi o astfel de reteta, se incearca gasirea unei rezolvari folosind teoria domeniului respectiv. Aceasta rezolvare poate duce la invatarea unei noi retete.

Revenind acum la ITS, ramarile facute mai sus raman valabile. Se poate considera ca baza de cunostinte a domeniului este specifica unui expert in domeniul pentru care se face instruirea, expert care poate fi asimilat profesorului. Necesitatea unor modele de adancime este justificata cu atat mai mult cu cat trebuie sa existe posibilitatea raspunderii la intrebari "De ce?" si "Cum?" puse de student. Un alt argument este furnizat de cerinta de a putea compara cunostintele domeniului cu cunostintele studentului: Daca s-ar folosi numai cunostinte de suprafata s-ar putea sa nu se poata demonstra usor echivalenta a doua cunostinte.

Un alt aspect foarte important rezultat in urma cercetarilor in inteligenta artificiala a fost existenta unui bagaj mare de cunostinte tacite, de bun simt pe care omul le foloseste in rationamentele pe care le

face. Reprezentarea și utilizarea acestui tip de cunoștințe este încă un subiect de cercetare fundamentală și rezolvarea ei va fi benefică și pentru ITS.

3.4. Baza de cunoștințe referitoare la student

În multe ITS existente [Kas89], baza de cunoștințe referitoare la student este construită în conexiune cu baza de cunoștințe referitoare la domeniul considerat. Scopul ITS ar fi, în această perspectivă, apropierea cât mai mare a cunoștințelor studentului de cunoștințele domeniului. Bineînțeles, trebuie avut permanent în vedere faptul că modelul studentului este numai o aproximare a cunoștințelor acestuia precum și faptul că studentul ar putea avea și alte reprezentări (de ce nu, chiar mai corecte!) asupra cunoștințelor domeniului.

În funcționarea unui ITS, în ideea realizării unei apropieri între modelul studentului și a cunoștințelor domeniului (modelul unui expert în domeniu) sunt posibile mai multe abordări [Kas89]:

a) Abordarea bazată pe premiza subsetului de cunoștințe: Se consideră că baza de cunoștințe a studentului este un subset al cunoștințelor din baza de cunoștințe a domeniului [CAR77]. Această abordare este cea mai simplă de implementat. Ea funcționează bine atunci când (ca în cazul sistemului WOSUR-II [CAR77]):

- scopul sistemului de instruire este de a împărtăși studentului cunoștințele domeniului; - cunoștințele domeniului sunt exhaustive;
- cunoștințele domeniului sunt suficient de simple astfel încât studentul să poată, cu timpul, să le dobândească.

Această abordare are mai multe dezavantaje. Unul din ele este faptul că nu poate considera cunoștințe sau supozitii ale studentului care nu sunt conforme cu cele din baza de cunoștințe ale domeniului. De exemplu, studentul s-ar putea să folosească un alt model, bazat pe alte cunoștințe, care să fie de asemenea corect. În această situație, sistemul nu va recunoaște corectitudinea cunoștințelor studentului și va căuta cu obstinție să îl determine pe student să se conformeze cunoștințelor sale.

Un alt dezavantaj al acestei abordări apare atunci când sunt necesare cunoștințe de adâncime în vederea determinării cunoștințelor care sunt împărtășite atât de student cât și de expert [Kas89].

b) Abordarea diferențială: Aceasta este o variantă a primei abordări. În loc de a se compara cunoștințele studentului cu cele din baza de cunoștințe a domeniului, se face o comparație a performanțelor studentului cu cele ale expertului. Cunoștințele sistemului sunt împărțite în două clase: cunoștințe pe care studentul ar trebui să le aibă (dacă se comportă ca expertul) și cunoștințe care se presupune că studentul nu le are. Spre deosebire de abordarea anterioară, cunoștințele din baza de cunoștințe ale domeniului care nu sunt în modelul studentului sunt împărțite în două clase: cunoștințe pe care studentul nu le are și cunoștințe pe care studentul le-ar putea avea.

Această abordare rafinează abordarea anterioară dar suferă în principal de aceleași cauze referitoare la presupunerea că modelul studentului este un subset al bazei de cunoștințe a domeniului [Kas89].

c) Abordarea bazată pe un model bazat pe perturbatii. Aceasta abordare pleacă de la ideea că baza de cunoștințe a studentului ar putea avea și cunoștințe care nu sunt cuprinse în baza de cunoștințe a domeniului. Această abordare complică procesul de construire a modelului unui student deoarece introduce mai multe cai de modelare a comportării studentului. De exemplu, o comportare eronată a studentului poate fi datorată lipsei unei cunoștințe (ca în abordările anterioare) dar poate fi determinată și de utilizarea unor cunoștințe neadecvate sau eronate. Această abordare extinde foarte mult spațiul cunoștințelor modelate pentru student care trebuie explorat.

Abordarea de fata presupune ca studentul si expertul sunt suficient de apropiati pentru a putea fi comparati. Acest fapt (utilizat pe scara mai larga si in abordarile precedente), are si o conotatie psihologica: oamenii, in general, cand comunica cu ceilalti, presupun un bagaj comun de cunostinte. Daca acest bagaj n-ar exista sau ar fi foarte mic, comunicarea n-ar putea avea loc. Pe de alta parte, in procesele educationale, daca profesorul concluzioneaza ca studentul nu intelege despre ce vorbeste, isi schimba modelul asupra acestuia si revine in incercarea de a reusi totusi sa realizeze comunicarea [Kas89].

Dupa cum reiese din analiza facuta in [Kas89], cea de-a treia abordare este cea mai complexa si apropiata de realitate. Bineinteles, in cazuri particulare, mai simple, si celelalte doua abordari pot da rezultate satisfacatoare.

Din analiza deficientelor mai multor ITS existente (BUGGY, LMS, GUIDON si WUSOR [Kas89]) au rezultat mai multe idei:

- este necesara considerarea unor modele de adancime, care sa includa cunostinte de psihologia studentului pentru a avea ITS performante [Kas89]. Se preconizeaza sa se introduca in modelul studentului si cunostinte care sa individualizeze profilul acestuia, cunostinte care vor fi folosite impreuna cu cunostintele pedagogice in scopul gasirii celor mai adecvate regimuri de instruire;
- este necesara integrarea regimurilor de functionare normala a unui ITS cu regimuri de achizitie a cunostintelor si invatare automata care sa permita dezvoltarea bazelor de cunostinte implicate. De exemplu, un model initial al unui student ar putea fi construit prin tehnici specifice achizitiei cunostintelor. Analiza succeselor si esecurilor unor sesiuni ar putea declansa mecanisme de invatare automata in vederea rafinarii sau imbogatirii bazei de cunostinte de pedagogie;
- este necesara investigarea unor tehnici de integrare a reprezentarii de adancime a cunostintelor care sa permita realizarea comunicarii necesare atat in compararea modelului studentului cu expertul cat si realizarea unei interfetari cat mai prietenoase, a unui limbaj (in sens larg) comun intre student si sistem (aspect caruia i s-a dat o mai mica importanta in aceasta lucrare dar care este esential).

In viziunea autorului, in realizarea de ITS performante trebuie pus un accent pe o viziune si o abordare integratoare asupra categoriilor de cunostinte implicate care sa plece de la un bagaj de cunostinte fundamentale, de adancime, de psihologie si pedagogie.

3.5. Baza de cunostinte pedagogice

Pedagogia poate fi definita, in sens larg, ca fiind "stiinta care studiaza fenomenul educational cu toate implicatiile sale asupra formarii personalitatii umane in vederea integrarii sale active in viata sociala" [Nic94]. Ea are legaturi stranse cu alte stiinte cum ar fi psihologia, sociologia, filosofia etc.

Se pot delimita mai multe obiective educationale, conform a trei grupe care corespund unor domenii de performanta umana [Nic94]:

- in domeniul cognitiv: cunoastere, intelegere, aplicare, analiza, sinteza, evaluare;
- in domeniul afectiv: receptarea, raspuns (reactie), valorizare (apreciere), organizare, caracterizare printr-un sistem de valori;
- in domeniul psihomotor.

Din punctul de vedere al ITS prima grupa de obiective este cea care va fi considerata prioritar dar, dupa viziunea autorului, sunt importante si obiectivele din a doua grupa. De fapt, realizarea unui canal de comunicatie cat mai prietenoasa intre student si sistem precum si o organizare cat mai atractiva a procesului de instruire pot avea efecte remarcabile in cooperarea studentului in instruire.

Derularea procesului educational se va desfasura in conexiune cu obiectivele urmarite. In acest sens, se face o asa numita proiectare educationala, aceasta incumband trei parametri fundamentali [Nic94]:

- precizarea finalitatilor ce vor fi urmarite;
- elaborarea tehnologiei de realizare a obiectivelor stabilite;

- stabilirea instrumentelor de evaluare a eficienței învățării.

În contextul ITS, procesul educațional poate fi privit ca un proces de proiectare, cunoștințele pedagogice jucând rolul unor cunoștințe de control. Procesul de proiectare educațională (termen consacrat în pedagogie [Nic94]), din punct de vedere al tehnicilor de prelucrare a cunoștințelor, va fi implementat printr-un proces de rezolvare de probleme, ierarhic și oportunist folosind eventual o arhitectură de tip "blackboard" [BaT90a]. În acest mod vor putea fi reprezentate și utilizate strategii de instruire, scenarii, taxonomii de concepte și reguli. Aceste cunoștințe vor fi folosite în conexiune cu celelalte baze de cunoștințe din sistem.

4. Concluzii

În urma studiului efectuat asupra problematicii proceselor de învățare, s-a conturat necesitatea considerării tuturor teoriilor (asociaționista, cognitivista și gestaltista) asupra învățării în contextul sistemelor inteligente de instruire. În acest sens, se considera ca:

- un sistem inteligent de instruire trebuie să antreneze studentul în vederea formării de asociații referitoare la deprinderile utile domeniului considerat (învățare asociativă);
- trebuie avută în vedere prezentarea noilor cunoștințe sub o formă apropiată de structurile ("hartile") cognitive ale studentului, acest fapt având drept implicație necesitatea construirii unei baze de cunoștințe ale domeniului de învățat structurată conceptual cât mai "intuitiv";
- studentul trebuie atras în procese de deducție/inducție de noi cunoștințe, de generalizare/specializare și abstractizare/concretizare a cunoștințelor pe care le posedă;
- un rol deosebit revine înțelegerii și, în acest context, furnizării unor explicații cât mai adecvate, care iau în considerare structurile cognitive preexistente în mintea studentului.

În cadrul lucrării s-au precizat, de asemenea, mai multe argumente în favoarea unei abordări bazate pe cunoștințe, s-au delimitat trei mari categorii de cunoștințe implicate: cunoștințe ale domeniului, modelul studentului și cunoștințe pedagogice.

Intrând mai în detaliu, concluziile cele mai importante referitor la ITS care se preconizează a fi realizat sunt:

- este necesară considerarea unor modele de adâncime, care să includă cunoștințe de psihologie, ale studentului pentru a avea ITS performante [Kas89];
- este necesară integrarea regimurilor de funcționare normală a unui ITS cu regimuri de achiziție a cunoștințelor și învățare automată care să permită dezvoltarea bazelor de cunoștințe implicate. De exemplu, un model inițial al unui student ar putea fi construit prin tehnici specifice achiziției cunoștințelor (de exemplu, metoda construcțiilor personalizate). Analiza succeselor și eșecurilor unor sesiuni ar putea declanșa mecanisme de învățare automată în vederea rafinării sau îmbogățirii bazei de cunoștințe de pedagogie;
- este necesară investigarea unor tehnici de integrare a reprezentării de adâncime a cunoștințelor care să permită realizarea comunicărilor necesare atât în compararea modelului studentului cu expertul cât și realizarea unei interfațări cât mai prietenoase, a unui limbaj (în sens larg) comun între student și sistem (aspect caruia i s-a dat o mai mică importanță în această lucrare dar care este esențial);
- se va acorda o atenție deosebită cunoștințelor pedagogice; în acest sens se considera utilă realizarea unui sistem de rezolvare de probleme ierarhic, oportunist, care să folosească mecanisme de tip "blackboard".

Bibliografie

[ABC90] Anderson, J.R., Boyle, C.F., Corbett, A.T., Lewis, M.W., Cognitive Modeling and Intelligent Tutoring, Artificial Intelligence, 42 (1990), pp. 7-50.

- [AdL80] Adam, A., Laurent, J. P., LAURA, A System to Debug Student Programs, Artificial Intelligence 15, pp. 75-122, nov. 1980.
- [And89] Anderson, J.R., A Theory of the Origins of Human Knowledge, Artificial Intelligence, 40 (1989), pp. 313-351
- [BaF81] Barr., A., Feigenbaum, E.A.(editori), The handbook of artificial intelligence, vol.1, Kaufman, Palo Alto, 1981;
- [BaF82] Barr., A., Feigenbaum, E.A.(editori), The handbook of artificial intelligence, vol.2, Kaufman, Palo Alto, 1982;
- [BaT87a] Barbuceanu, M., Trausan-Matu, St., XRL: An evolutionary multi-paradigm environment for AI programming, in Ph. Jorrand si V. Sgurev (eds.), Artificial Intelligence II: Methodologies, Systems, and Applications, North Holland, 1987, pag. 197-205.
- [BaT87b] Barbuceanu, M., Trausan-Matu, St., Integrating declarative knowledge programming styles and tools in a structured object environment, in J. Mc.Dermott (ed.) Proceedings of 10-th International Joint Conference on Artificial Intelligence IJCAI'87, Milano, Italia, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1987.
- [BaT88] Barbuceanu, M., Trausan-Matu, St., XRL2 - manual, ITCI Bucuresti, 1988.
- [BaT89] Barbuceanu, M., Trausan-Matu, St., XRL: A layered knowledge processing architecture able to enhance itself, Studies and Researches in computers and Informatics, vol. 1, nr. 1, Bucuresti, pag. 76-106.
- [BaT90a] Barbuceanu, M., St. Trausan-Matu, B.Molnar, Concurrent Refinement: A model and shell for hierarchical problem solving, in J.C. Rault (ed.), Proceedings of 10-th Workshop on Expert Systems and Their Applications, Avignon, Franta, 1990.
- [BaT90b] Barbuceanu, M., Trausan-Matu, ST., MODELS: Towards a language construction approach to expert system design and enhancement, Studies and Researches in Computers and Informatics, vol.1, no. 2, iunie 1990, ICI, Bucuresti, pag. 57-76.
- [Flo94] Flonta, M., Cognitio, o introducere critica in teoria cunoasterii, ed. ALL, Bucuresti, 1994.
- [Kas89] Kass, R., Student Modeling in Intelligent Tutoring Systems - Implications for User Modeling, in Kobsa, A., Wahlster, W. (eds.), User Models in Dialog Systems, Springer Verlag, 1989, pp. 386-431.
- [KoW89] Kobsa, A., Wahlster, W. (eds.), User Models in Dialog Systems, Springer Verlag, 1989.
- [Low78] Lowe, H., Introducere in psihologia invatarii la adulti, Ed. didactica si pedagogica, Bucuresti, 1978.
- [Mic94] Michalski, R., Toward a Unified Theory of Learning: Multistrategy Task-Adapted Learning, in B.Buchanan, D.Wilkins, (eds.), Readings in Knowledge Acquisition and Machine Learning, Morgan Kaufmann, 1993, pp. 7-38.
- [Nic94] Nicola, I., Pedagogie, Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti, 1994.
- [Sdo90] Sdorow, L., Psychology, Brown Publishers, 1990
- [SeK92] Seamon, J.G., Kenrick, D., Psychology, Prentice Hall, 1992.
- [SIB82] Sleeman, D., Brown, J.S., Intelligent Tutoring Systems, Academic Press, 1982.
- [Sok91] Sokolnicki, T., Towards Knowledge-Based Tutors: A Survey and Appraisal of Intelligent Tutoring Systems, The Knowledge Engineering Review, vol 6:2, 1991, pp. 59-95.
- [Tra94] Trausan-Matu, St., Proiectarea asistata de calculator a programelor. Reutilizarea programelor prin inginerie inversa. Teza de doctorat, Universitatea "politehnica" Bucuresti, 1994.