

ACADEMIA ROMÂNĂ
Secția de Știința și Tehnologia Informației
Centrul de Cercetări Avansate în Învățare Automată, Prelucarea
Limbajului Natural și Modelare Conceptuală

Subprogramul de cercetare: Medii hermenofore pentru exploatarea
resurselor WWW
în activități de cercetare și instruire

Studiu asupra instrumentelor hermenofore și a
ontologiilor existente pe web

Ștefan Trăușan-Matu

Raport RR-51
Iunie 2000

1. Introducere

În prezent, hipertextul global World Wide Web (WWW sau, pe scurt web) înglobează o cantitate de date cam de aceeași mărime cu Biblioteca Congresului SUA, și este în permanentă extindere. Mai mult, în doar câțiva ani, WWW a pătruns în toate activitățile societății. În acest sens, țările dezvoltate își pun problema trecerii către așa numita societate informațională, în care WWW va avea un rol central.

Activitățile de învățământ și cercetare sunt o componentă esențială a preconizatei societăți informaționale. În consecință, dezvoltarea de sisteme de instruire și cercetare pe web este esențială. În proiectul nostru de cercetare considerăm că cercetarea fundamentală și învățământul (superior) trebuie abordate în paralel, în special în domeniul informaticii, în permanentă schimbare, și al realităților de azi.

Pentru dezvoltarea de sisteme pe web tendința clară este de utilizare a unor limbaje de adnotare din familia SGML: HTML, XML, DSSSL, XSL, RDF și RDF Schema [W3]. Limbajul XML, în particular, este central în strategiile firmelor mari în domeniu, cum ar fi Microsoft. Acest limbaj se impune atât prin flexibilitatea conectării unor sisteme eterogene cât și prin sprijinul oferit unor prelucrări semantice (de exemplu, de căutare de informații, de clasificare etc.).

În domeniul sistemelor inteligente, în care se încadrează și sistemele inteligente de instruire, tendința actuală este de a reutiliza baze de cunoștințe plasate pe web, microteorii, așa numitele ontologii (de exemplu, CYC, WordNet, Mikrococosmos, FrameNet). Ontologiile pot fi folosite în mai multe aplicații bazate pe cunoștințe (de exemplu, în proiectare, diagnosticare, explicare, instruire, prelucrarea limbajului uman etc.). O astfel de abordare este sprijinită de:

- limbaje de “interschimb” al cunoștințelor cum ar fi KIF, CGIF;
- protocolul de acces la baze de cunoștințe OKBC;
- limbaje dezvoltate în XML pentru descrierea ontologiilor (de exemplu, SHOE sau OML).

Limitările sistemelor inteligente sunt datorate, în special, problemelor ridicate de implementarea mecanismelor care simulează înțelegerea umană. Tehnic vorbind, aceste probleme sunt legate de semantică, de pragmatică, de interpretare, de considerarea contextului, a metaforelor, a cunoștințelor de “bun simț”. Toate aceste probleme sunt tot atâtea argumente în favoarea unei abordări hermeneutice în inteligența artificială.

Pe de altă parte, rezultatele obținute de coordonatorul proiectului în ultimii ani [Tra95-00] au adus elemente noi în înțelegerea proceselor de asimilare de noi concepte și de rafinare a celor existente în activitățile de instruire, în particular, și în activitatea intelectuală umană, în general. În special a fost revelat rolul deosebit al semanticii, al activităților de înțelegere, al unei atitudini hermeneutice.

Hermeneutica este, după opinia lui P. Ricoeur, o abordare complementară celei structuraliste în analiza limbajului, a înțelesului și simbolismului cultural. Ricoeur consideră că hermeneutica și fenomenologia se presupun reciproc, militând pentru o fenomenologie hermeneutică [Wes97].

“Hermeneutica bazează înțelegerea textelor pe intențiile și istoria autorilor și relevanța acestor fapte pentru cititori. În contrast, filosofia analitică identifică de obicei înțelesul cu referenți externi pentru texte iar structuralismul găsiind înțelesul în aranjarea cuvintelor. Hermeneutica privește textele ca mijloace pentru a transmite experiența, crezurile și judecățile de la un subiect sau comunitate către alții. Astfel, determinarea înțelesurilor este o problemă de judecată practică și raționament de “bun simț” și nu privitor la o teorie a priori sau o demonstrație științifică.” [MHD]

“... l-a determinat pe Ricoeur să identifice metafora ca principala sursă de inovare semantică, evoluție lingvistică și, prin urmare, ca întrebare majoră pentru hermeneutică.” [MHD]

Procesul de instruire poate fi considerat, dintr-o perspectivă neneglijabilă ca un proces de inducere de modele mentale adecvate. Explicarea mecanismelor de înțelegere este unul din punctele tari ale teoriei modelelor mentale. Înțelegerea poate fi văzută astfel ca momentul în care realitatea supusă comprehensiunii este pusă în corespondență cu un model mental complet și valid. Empatia, identificarea eu-lui cu starea de lucruri considerată poate fi, în acest caz, tocmai sentimentul de “trăire” în lumea modelului mental.

Din perspectivă pedagogică, în prezent este foarte actuală abordarea constructivistă în care învățarea este văzută ca un proces hermeneutic, de înțelegere, de transpunere în domeniul studiat, de experimentare, de trăire. Astfel, din punct de vedere semantic, considerăm ca adecvate abordările intensionale.

Efortul de a capta aspectele legate de semantică, de conținutul documentelor face obiectul și propunerii de standard RDF Schema, destinat a fi folosit împreună cu XML.

În ultimii ani se aud din ce în ce mai multe opinii că trebuie să se treacă și la o abordare hermeneutică chiar în știința calculatoarelor, în general [Wes97].

Proiectul de față are ca scop principal investigarea posibilităților de a dezvolta medii informatice disponibile pe web (MEDII HERMENOFORE - care generează o atitudine hermeneutică) care:

- să pună la dispoziție instrumente adecvate sprijinirii unei atitudini direcționate către înțelegere (hermeneutice) din partea utilizatorului sau a altor instrumente informatice, (bazate pe cunoștințe): sumarizatoare, detectoare de colocații, clasificatoare semantice etc.
- să integreze cunoștințe aflate în ontologii disponibile pe web;
- să poată genera pagini de web personalizate și orientate către înțelegerea subiectului considerat.
- să inducă atitudini hermeneutice studenților și cercetătorilor care folosesc mediul respectiv;

2. Impactul web asupra învățământului

Au trecut mai puțin de 10 ani de la apariția WWW. Cu toate acestea, WWW a devenit o realitate omniprezență: zi de zi tot mai multe institutii, companii, ziare, posturi de televiziune, și chiar persoane particulare sunt incluse în această rețea. O explicație a acestui fapt este dată de posibilitățile de prelucrare oferite de calculatoare pentru structurarea complexă și regăsirea ușoară a unor volume imense de informații memorate. În plus, utilizarea calculatoarelor, spre deosebire de cărți, permite structurarea în "hipertexte" (texte cu mai multe dimensiuni) a informațiilor.

Textele tipărite (cărțile, revistele) au, în general, o organizare liniară, secvențială. Această organizare este naturală în cazul narațiunii dar este insuficientă în alte cazuri. De aceea au fost imaginate și alte modalități de organizare cum ar fi cea ierarhică, în capitole, secțiuni etc. sau chiar rudimente de structurare în rețea a textelor. De exemplu, în tratatele științifice se fac, de multe ori, trimiteri de la o secțiune la alta. Parcurgerea de către cititor a acestor trimiteri este însă anevoioasă, mai ales când numărul lor este mare.

Memoria noastră de lungă durată precum și modul nostru de a gândi sunt caracterizate de structuri complexe de tip "rețea semantică", formate din concepte-noduri și relații-legături. Organizarea în hipertext și hipermedia pe calculator este formată tocmai din pagini (noduri), denumite curent "pagini de web" și "fire" (legături) care leagă fragmente (cuvinte, sintagme sau zone grafice) din aceste pagini cu alte pagini. Cititorii pot parcurge secvențial paginile și/sau pot trece la alte pagini de-a lungul firelor de legătură. În acest mod, fiecare poate parcurge diferit, personalizat hipertextele (hipermedia). Adecvarea structurilor de tip hipertext și hipermedia la caracteristicile fiziologice și psihologice umane și posibilitatea personalizării sunt cauze ale succesului WWW. Parcurgerea WWW este deosebit de atractivă, prin posibilitățile de "explorare" practic nelimitată de noi pagini de web datorită numărului imens de texte și de legături.

Se evidențiază noua dimensiune introdusă în sistemele hipertext, interactivitatea, posibilitățile cu totul remarcabile de vizualizare, accesul la volume imense de informații. În același timp, însă, trebuie avute în vedere și problemele aduse de aflul de informație care poate duce la depășirea capacităților cognitive ale utilizatorului, la dezorientare și chiar la alienare. De aceea, considerarea unor principii de ergonomie cognitivă în proiectarea paginilor de web, asigurarea personalizării sunt deosebit de importante. În acest scop, problematica generării de pagini de web trebuie să includă aspecte specifice psihologiei, teoriei comunicării, sociologiei, lingvisticii și hermeneuticii.

Un factor deosebit de important în explozia utilizării WWW este posibilitatea de interconectare și implicit de intercomunicare a calculatoarelor prin diverse modalități, de la telefon sau chiar un simplu cablu la sateliți, pe întreg globul prin așa-numita rețea Internet. Ca urmare, se pot face comunicări rapide de mesaje prin "poșta electronică", transferuri de volume mari de date sau lucrul la distanță de pe un calculator pe altul. Existența Internet-ului permite parcurgerea de pe orice calculator a hipertextelor împrăștiate pe diverse calculatoare pe glob, permițându-se astfel extinderea pe tot globul a hipertextelor.

În contextul învățământului și cercetării, WWW este în prezent folosit curent pentru a stoca suporturi de curs, informații despre manifestări științifice, asupra revistelor de specialitate sau a noilor cărți apărute (de multe ori sunt stocate articole sau chiar cărți întregi). Există, de asemenea, deja o obișnuință ca instituțiile de învățământ, laboratoarele și asociațiile științifice, profesorii sau cercetătorii să fie prezentați în pagini de web interconectate și astfel accesibile pe diverse căi. Pentru cei care vor să aibă acces la aceste informații este necesar doar accesul la un calculator legat la Internet și a unui sistem de programe pentru navigare (de exemplu, "Netscape" sau "Internet Explorer"). Utilizarea acestor sisteme este la îndemâna oricui, după câteva minute de indicații. În schimb se poate avea acces rapid la bazele de date ale majorității universităților și instituțiilor sau asociațiilor științifice de pe glob, ale marilor edituri, la biblioteci, la muzee virtuale, la informații asupra manifestărilor științifice etc. Toate aceste pagini de web sunt legate între ele, putând fi descoperite într-un număr nelimitat de moduri, chiar dacă nu este cunoscută adresa lor, atât prin explorarea legăturilor altor pagini sau ca urmare a facilităților de căutare, după diverse criterii, oferite de zeci de "roboți" de căutare.

Orice activitate umană implică și, dintr-o perspectivă informatică, orice program înglobează (explicit sau nu) o cantitate remarcabilă de cunoștințe referitoare la problema de rezolvat și la domeniul cărui aparține acea problemă. Chiar și activități care ne par triviale implică uneori un bagaj imens de cunoștințe de care nici nu ne dăm seama, ele părându-ni-se cunoștințe elementare, "de bun simț". Sistemele informatice sau programele care recunosc importanța cunoștințelor, care își propun să reprezinte și să prelucereze explicit o bază de cunoștințe sunt așa numitele sisteme bazate pe cunoștințe.

Materialele didactice sunt, în principal, texte, eventual cu figuri incluse. Sistemele informatice bazate de cunoștințe permit personalizarea materialului prezentat și comportări "inteligente", similare unui profesor uman ale calculatorului [Tra95]. În plus, se pot folosi și figuri dinamice: animație și chiar film, inclusiv cu sunet. Integrarea sistemului pe WWW oferă, pe de o parte, accesul oricui la el și, pe de altă parte, accesul utilizatorului la toate informațiile existente pe glob (memorate pe calculator).

În considerarea impactului web-ului asupra procesului de învățământ, trebuie avute în vedere două categorii de activități:

- cea efectuată de studenți, adică studiul prin parcurgerea WWW;

- pregătirea făcută de profesori, adică generarea de pagini de web care constituie, în cel mai simplu caz, puncte de plecare (“bookmark”-uri) pentru parcurgerea web-ului de către studenți.

2.1 Studiul prin parcurgerea WWW

Plecând de la perspectiva studentului, existența WWW se materializează în faptul că o parte, mai mică sau mai mare a timpului afectat studiului individual este transferat de la lectura de materiale tiparite, cu dezavantajele inerente (indisponibilitatea unor carti, pretul de multe ori prohibitiv, impersonalizarea acestora), la parcurgerea WWW, cu avantajele deja cunoscute (atractivitate, disponibilitate, personalizare etc.).

Pentru a fi corecti (mai ales în perspectiva unei posibile totale înlocuirii a cartilor prin pagini WWW) trebuie remarcate și unele dezavantaje ale WWW:

- Cartile au anumite particularitati care le confera avantaje evidente (de exemplu, contactul fizic cu cartea studiată).
- Dacă nu se face o sistematizare, o structurare corectă și o îndrumare, poate apărea pericolul rătăcirii, al dezorientării, datorită volumului imens de informații, de documente și căi posibile de parcurgere. De exemplu, [Str92, THH95] consideră că o problemă a hipertextelor este că utilizatorii se pot ușor “rătăci” în hipertexte”. Este foarte greu pentru utilizatori să înțeleagă structura hipertextelor. De aici rezultă importanța asigurării coerenței mentale a hipertextelor. După cum remarca Kelvin Clibbon: “Cognitive overload and disorientation limits the effectiveness of hypertext for learning. By cognitively adapting a hypertext system to the user and by providing instructional cues, the effects of these problems might be reduced.” [Cli95].

Parcurgerea materialelor didactice structurate ca pagini de web poate fi însă benefică prin facilitarea formării unui model mental corect, prin sprijinirea imersiunii și prin personalizare [Tra99b].

Unul din scopurile învățării este construirea în mintea studentului a unui model mental adecvat așa cum reliefa Johnson Laird:

“Un model mental este o reprezentare internă a unei stări de lucruri din lumea externă. Este astfel o formă de reprezentare a cunoștințelor pe care mulți cognitiști o susțin ca fiind modul natural în care mintea omenească construiește realitatea, concepe alternative la ea și cercetează consecințele asumpțiilor într-un proces de simulare mentală.” [JoL92, pag.932]

Modelele mentale sunt, prin urmare, reprezentări bazate pe cunoștințe care pot fi folosite pentru modelarea realității în scopul înțelegerii, al analizei unor realități alternative sau a simulării în scopuri previzionale. Esențială în această viziune este existența unui izomorfism între starea de lucruri și modelul mental [JoL92].

Formarea unui model mental corect poate fi sprijinită, după părerea noastră, mai mult pe web decât în cărți prin:

- utilizarea multi-media, inclusiv animație și realitate virtuală;
- utilizarea extensivă a diagramelor, eventual generate automat;
- structurarea paginilor reflectând structura conceptuală a domeniului.

Suntem de partea unei abordări constructiviste [BIM96, Tra97, TNA98, Wil96] care este o concepție conform căreia fiecare dintre noi ne construim propria realitate, propriul bagaj de cunoștințe, plecând de la experiențele pe care le-am avut [ErK97]. După cum remarcă [BIM96], “Nucleul studiului este activitatea hermeneutică a construcției de interpretări.” Învățarea poate fi și ea văzută constructivist ca un proces hermeneutic, de înțelegere, de transpunere în domeniul studiat, de experimentare, de trăire.

Plecând de la ideile învățării constructiviste se ajunge la următoarele principii [ErK97]:

- învățarea este un proces activ în care studenții experimentează, caută să înțeleagă singuri ceea ce învață, profesorul fiind mai mult un îndrumător;
- învățarea trebuie să fie un proces auto-reglat de către studenți;
- învățarea constructivă este un proces situațional în sensul că studentul trebuie introdus într-un mediu de învățare care îi permite să experimenteze, în care se pot face simulări;
- învățarea trebuie să fie socială, trebuie să existe o permanentă colaborare a studentului cu colegii lui.

Unul din cele mai importante scopuri ale învățării este înțelegerea, aceasta implicând o relație empatică adică identificarea eu-lui studentului cu starea de lucruri, cu universul de învățat [Wri95] sau, mai precis:

“empathia este acel fenomen psihic de retrăire a stărilor, gândurilor și acțiunilor celuilalt, dobândit prin transpunere psihologică a eului într-un model obiectiv de comportament uman, permițând înțelegerea modului în care celălalt interpretează lumea.” [Mar97].

Această identificare poate fi văzută, din perspectiva modelelor mentale ca ducând la o “trăire” în lumea modelului mental [TNA98]. “Satisfacția” trăită în momentul înțelegerii poate fi considerată atât ca rezultat al găsirii unui model mental dar și ca împlinire a idealului de întreg discutat în psihologia gestaltistă [TrA97, TNA98].

Imersiunea este un factor care poate crește eficiența învățării. Prin imersiune unui student nu i se explică conceptele pe care trebuie să le învețe ci este plasat într-un mediu în care este forțat să renunțe la contextele familiare și să folosească conceptele pe care trebuie să le învețe.

Elementele discutate mai sus ne fac să afirmăm că sunt necesare instrumente cât mai evoluate care să permită studenților să experimenteze în contextul WWW, să faciliteze formarea de modele mentale adecvate, să ducă la imersiune în medii simulate. O clasă utilă de astfel de instrumente sunt cel pe care le-am denumit INSTRUMENTE HERMENOFORE.

2.2 Impactul utilizării WWW în scopuri didactice asupra profesorilor

Considerând acum punctul de vedere al unui profesor se naște întrebarea: “Ce trebuie făcut pentru a putea folosi WWW in activitățile didactice?”.

Un prim răspuns este furnizarea studentilor de adrese de pagini existente pe WWW in domeniul de studiu. Un al doilea răspuns, care poate necesita însă un efort mult mai mare din partea profesorului, este scrierea de material didactic sub forma de pagini de web, pagini legate la alte pagini existente din domeniul respectiv. O variantă mai simplă a acestei a doua posibilitate este transferul unor materiale de curs în formatul WWW, variantă care, însă nu beneficiază de adevăratele avantaje ale WWW.

Dacă se dorește crearea unor pagini de web care să beneficieze de adevărata putere a lor, profesorul trebuie să desfășoare următoarele activități:

- Căutarea pe web a documentelor relevante pentru domeniul considerat, activitate materializată în liste de adrese de documente pe WWW (“bookmarks”).
- Crearea unei ontologii a domeniului, materializată în rețele semantice sau baze de cunoștințe de obiecte structurate asociate cu adresele documentelor relevante.
- Identificarea unei ierarhii de probleme care trebuie asimilate și a scopurilor aferente.
- Proiectarea de scenarii de lecții și de secvențe de lecții.
- Proiectarea structurii colecției de pagini de web cu identificarea traseelor posibile.
- Editarea de pagini de web structurate conform ontologiei și care conțin trimeri la adresele relevante pe web.

Aceste activități pot fi grupate, din punct de vedere tehnic, în două categorii:

A. Activități de achiziție a cunoștințelor:

- Achiziția cunoștințelor profesorului în scopul construirii unei baze de cunoștințe. Aici sunt incluse, în afara cunoștințelor de bază ale domeniului și scopurile urmărite, succesiunea lecțiilor etc..
- Extragere de cunoștințe de pe web folosind mașini de căutare și tehnici de inteligență artificială [AMS98, CLF99].
- Structurarea și rafinarea cunoștințelor în scopul obținerii unei ontologii [AMS98, CLF99].

Aceste activități pot fi substanțial facilitate de existența unor instrumente adecvate, pe care le-am denumit INSTRUMENTE HERMENOFORE.

B. Activități de editare a paginilor de web plecând de la baza de cunoștințe construită.

Bineînțeles că nu se poate cere unui profesor să cunoască limbaje și tehnici de reprezentare și prelucrare a cunoștințelor. Prin urmare, este absolut necesară existența unor sisteme de generare automată a paginilor de web care să integreze rezultate specifice domeniilor:

- sistemelor bazate pe cunoștințe;
- reprezentării, parcurgerii și căutării de informații pe Internet;
- generarea de texte, inclusiv în limbaj natural;
- realizarea de instrumente informatice destinate sprijinirii activităților didactice

3. Ontologii

Termenul de "ontologie" a apărut în filosofie pentru a denumi teoria asupra existenței, mai corect spus, asupra ceea ce se consideră că există de către cel care întocmește teoria. Construirea oricărui sistem filosofic pleacă de la o ontologie, adică de la clarificarea problemelor referitoare la categoriile fundamentale de entități din realitate și a relațiilor dintre ele. Această ontologie nu este întotdeauna explicită.

Între ontologie și știința calculatoarelor există strânse legături, atât teoretice cât și practice, prin efectele resimțite de fiecare dintre noi ca urmare a revoluției informaționale. Se pot identifica cel puțin patru legături, prezentate în cele ce urmează.

1. Majoritatea programelor de calculator cu "inteligență artificială" prelucrează structuri de simboluri care sunt menite a reprezenta cunoștințele referitoare la domeniul considerat. Aceste structuri simbolice sunt grupate într-o bază de cunoștințe care constituie, de fapt, un model al domeniului respectiv. În ultimii ani se consideră că această bază de cunoștințe trebuie văzută ca o ontologie, o conceptualizare, o teorie asupra ceea ce există în domeniul avut în vedere.
2. Ontologiile sunt folosite în știința calculatoarelor nu numai explicit, ca în situația sistemelor bazate pe cunoștințe ci și implicit, cum este cazul așa numitei paradigme de programare a calculatoarelor orientată spre obiecte. De această dată, ontologia se referă nu la realitatea înconjurătoare, externă programului, ci la o colecție de obiecte structurată taxonomic, similar unei clasificări, fiecare obiect fiind un fragment de program, care poate fi utilizat în construirea altor programe.
3. În afara acestor prime ipostaze ale legăturii între calculatoare și ontologie, foarte importante sunt următoarele două, care ne afectează pe toți, chiar dacă nu suntem ingineri specialiști în programarea calculatoarelor. Efectul calculatoarelor asupra concepției fiecăruia asupra realității este astăzi nebănuț de mare și probabil va deveni din ce în ce mai evident în viitor. Numărul celor care folosesc calculatoare, chiar și numai pentru distracție, pentru jocuri, este enorm, ca să nu mai vorbim de efectele vizuale speciale, pe calculator, de care beneficiază filmele și televiziunea. Internet-ul a devenit ceva aproape banal, similar televizorului. Realitatea virtuală nu mai este doar subiect de science-fiction. Toate acestea schimbă radical viziunea pe care o are omul obișnuit, "de pe stradă", asupra realității. Această a treia legătură va avea probabil efectul cel mai considerabil, de la reconsiderarea importanței imaginarului până la societatea informațională.
4. În sfârșit, cea de-a patra legătură este și cea mai tulburătoare, chiar și pentru cei care nu au absolut nici o tangență cu calculatoarele: Dacă cercetările făcute astăzi în direcția construirii de roboți cu creativitate și conștiință vor avea succes, orice teorie asupra categoriilor existenței, orice ontologie va fi puternic influențată de acest fapt [Tra00d]. Posibilitatea construirii de roboți cu aceleași "trăsături" ca oamenii este considerată de unii specialiști însă ca puțin probabilă [Ede00], [Tra00d].

Primele trei legături între ontologie și știința calculatoarelor vor fi tot atâtea secțiuni în continuarea lucrării. Cea de-a patra legătură este tratată pe larg într-o lucrare separată [Tra00], așa că nu va mai fi reluată aici.

3.1. Ce aduc ontologiile în programele bazate pe cunoștințe?

Calculatoarele electronice sunt văzute dualist prin distincția între mașina propriu-zisă ("hardware") și programele ("software") care dau "viață" mașinii. Este, sub o altă formă, distincția corp-suflet (după cum reamărcă J. P. Haroche, o formă extremă de dualism [Har00]).

Chiar și activități care ne par triviale implică uneori un bagaj imens de cunoștințe de care nici nu ne dăm seama, ele părându-ne cunoștințe elementare, "de bun simț". De exemplu, dacă cineva ne spune: "Am văzut Statuia Libertății zburând deasupra New-York-ului" înțelegem imediat că respectivul zbură și, din aer, a văzut statuia. Aceasta propoziție are o interpretare "de bun simț". Dacă încercăm însă să scriem un program de calculator care să analizeze această propoziție (sau, în general, să înțeleagă texte în limbajul natural al omului) ne dăm seama că pentru noi această interpretare era simplă în contextul în care noi posedăm cunoștințe de bun simț asupra faptului că statuile nu zboară, că Statuia Libertății este de foarte mari dimensiuni și nu poate zbură, de exemplu, ridicată de un elicopter. Mai mult, faptul că statuile nu zboară este determinat de cunoașterea noastră asupra categoriilor de obiecte care pot zbură și așa mai departe. Dacă n-am poseda aceste cunoștințe "de bun simț", propoziția ar avea mai multe interpretări.

Problema contextelor complexe și a cunoștințelor este întâlnită și la așa numitele sisteme experte sau sisteme bazate pe cunoștințe. Un exemplu tipic pentru această clasă de programe îl constituie un program care să poată diagnostica o boală similar unui medic. Un astfel de program ar trebui să imaginezeze nu numai cunoștințele pe care le-a învățat doctorul în decursul studiilor, ci și experiența acumulată ca practician al medicinei. Toate aceste cunoștințe trebuie să poată fi extinse prin achiziție de noi cunoștințe sau învățare, ele trebuie să poată fi validate și eventual restructurate sau chiar eliminate când se dovedește apariția unei inconsistențe. Cercetările de inteligență artificială au demonstrat faptul că funcționarea complexă a intelectului uman este datorată nu atât unor mecanisme foarte complexe de prelucrare a cunoștințelor cât de baza de cunoștințe, care înglobează un număr foarte mare de cunoștințe, puternic structurate (conform vechiului dicton "Cunoașterea este

putere!"). Deci, aceste baze de cunoștințe sunt colecții puternic structurate de simboluri. Herbert Simon, unul din corifeii inteligenței artificiale, a propus o ipoteză prin care presupunea că un comportament inteligent este realizat de structuri simbolice fizice. Această ipoteză stă la baza tuturor sistemelor bazate pe cunoștințe, așa cum este numită abordări simbolice a inteligenței artificiale¹.

Ca urmare a considerentelor de mai sus, în orice sistem bazat pe cunoștințe se face o separare netă între o bază de cunoștințe și o "mașină" de făcut inferențe. Mașina inferențială poate fi folosită în orice domeniu, pentru orice aplicație, ea fiind invariantă în timp. În schimb, baza de cunoștințe poate fi înlocuită, modificată, dezvoltată sau restructurată.

Problema cea mai dificilă în dezvoltarea oricărui sistem bazat pe cunoștințe este extinderea bazei de cunoștințe prin achiziția de noi cunoștințe sau prin învățare. În inteligența artificială se face distincție între achiziție - introducerea de noi cunoștințe în baza de cunoștințe - și învățare - de exemplu, deducerea unor noi cunoștințe din o serie de cunoștințe existente, prin generalizare.

Pentru achiziția de cunoștințe în inteligența artificială au fost utilizate până acum două abordări. Prima considera achiziția ca un proces de transfer de la un om care posedă cunoștințele la baza de cunoștințe. Această abordare s-a dovedit greșită din mai multe motive. Unul din ele ar fi, de exemplu, că cel care posedă cunoștințele nu le poate identifica ușor, nu le poate furniza ca pe o materie transferabilă. O altă cauză ar fi că orice colecție de cunoștințe este structurată și există structuri care se regăsesc în mai multe situații.

Ca urmare la deficiențele primei abordări în achiziția cunoștințelor a fost propusă abordarea în care achiziția este văzută ca un proces de modelare. Procesul de transfer este înlocuit printr-un proces de construire a unui eșafodaj în care sunt plasate noile cunoștințe pe măsură ce sunt achiziționate. Acest eșafodaj folosește de multe ori eșafodaje deja existente.

Organizarea sistematică a cunoștințelor, a datelor despre realitate într-un eșafodaj, duce, de fapt, la construirea unei teorii asupra a ceea ce există, adică a unei ontologii. Pentru majoritatea oamenilor nu este necesar să-și conducă viața după o teorie bine precizată, nu este absolut necesar să dezvolte o ontologie (sau, de ce nu, să conștientizeze categorizările ontologice pe care le face probabil inconștient). Însă unui program de calculator complex, destinat, de exemplu, înțelegerii limbajului natural, trebuie să i se precizeze ontologia considerată, adică baza de cunoștințe necesară prelucrărilor. Aceeași situație apare și la interconectarea programelor pe Internet, în luarea deciziilor complexe sau în realitatea virtuală. Prin urmare, în ultima perioadă se consideră că în achiziția de cunoștințe trebuie construită o ontologie a domeniului considerat. Problema achiziției cunoștințelor poate fi simplificată prin refolosirea ontologiilor deja construite sau prin construirea de ontologii care să poată fi incluse într-o varietate de aplicații. Ca urmare, există deja ontologii disponibile pe Internet [WN].

O ontologie este rezultatul unei experiențieri, a unor experiențe trăite, în care sunt evidențiate niște constanțe, niște regularități, care ne îndreptățesc să afirmăm că vor fi regăsite în viitor. În urma investigației făcută pentru a găsi esența regularităților se delimitează entități mentale denumite concepte sau categorii, care pot fi diferențiate de alte categorii. Aceste entități pot intra în combinație cu altele formând noi concepte.

Între concepte pot exista diverse relații. Cea mai importantă relație este probabil cea hiperonimică [WN], taxonomică, între un concept și unul sau mai multe concepte mai generale, din care derivează, care îl subsumează, din a căror combinație a fost generat. Prin această relație se pot "moșteni" proprietăți de la conceptul (conceptele) mai general(e) la cel mai particular, dacă aceste proprietăți nu sunt redefinite la conceptul din urmă. Alte relații sunt cea meronimică [WN] ("parte-întreg"), între un concept și părțile sale sau cea antonimică, între două concepte opuse.

O ontologie include așadar categoriile, conceptele fundamentale, proprietățile acestora, relațiile și distincțiile între ele. Un aspect deosebit de important în ceea ce privește ontologiile este comuniunea, (co)existența unei diversități de concepte, cu diferențe și relații între ele. Există doar un număr limitat de concepte sau categorii, adică se poate face un fel de cuantificare, de discretizare a realității. Acestea constituie un punct de sprijin în lumea înconjurătoare, caracterizată de o diversitate uneori copleșitoare pentru intelectul uman, punct de sprijin în special pentru achiziția de noi concepte sau pentru raționamentele făcute de om sau de calculator.

Orice program de calculator poate fi văzut ca un automat care consideră o discretizare, o diversitate de categorii și relațiile între ele. Diferențierea între categorii este la baza uneia dintre cele trei modalități fundamentale de construire a programelor de calculator: decizia între doar câteva variante de continuare a scenariului pe care îl constituie programul unui calculator². Se poate spune că fiecare variantă corespunde unei anumite categorii ontologice. Din această perspectivă, a scrie un program implică, de fapt, structurarea unei ontologii în care sunt identificate mai multe obiecte, asociate unor variabile, care pot fi subsumate unui număr limitat de categorii, și a unui număr de acțiuni, de asemenea subsumabile unui număr limitat de acțiuni fundamentale. Toate acestea sunt asamblate în scenarii posibile.

¹ Spre deosebire de abordarea conexionistă, în care se consideră că inteligența este datorată doar existenței unui număr imens de procesoare simple (neuroni) complex interconectate.

² Celelalte două sunt succedarea temporală, într-o secvență și repetarea aceluiași grup de acțiuni de mai multe ori, până când o anumită decizie determină trecerea la o altă acțiune.

Perspectiva ontologică asupra programelor de calculator este mai puțin evidentă în cazul unor programe bazate pe formalisme matematice, de exemplu al unui program de calcul al inversei unei matrici. Aceasta este doar o impresie, matricea fiind, de fapt, o reprezentare a unei anumite realități ca și operația de inversare, care și ea are un corespondent bine precizat în realitate. Se poate vorbi de o ontologie implicită în programul respectiv, ontologie legată strâns de formalismul matematic folosit.

Existența unei ontologii este însă evidentă, explicită, în cazul programelor bazate pe cunoștințe sau în cazul programării orientate spre obiecte. După cum s-a văzut mai sus, din perspectiva sistemelor bazate pe cunoștințe se poate spune că o ontologie este o bază de cunoștințe organizată astfel încât să permită accesarea și manipularea unei mulțimi de concepte fundamentale într-un anumit domeniu și a relațiilor dintre ele. Ea este considerată o:

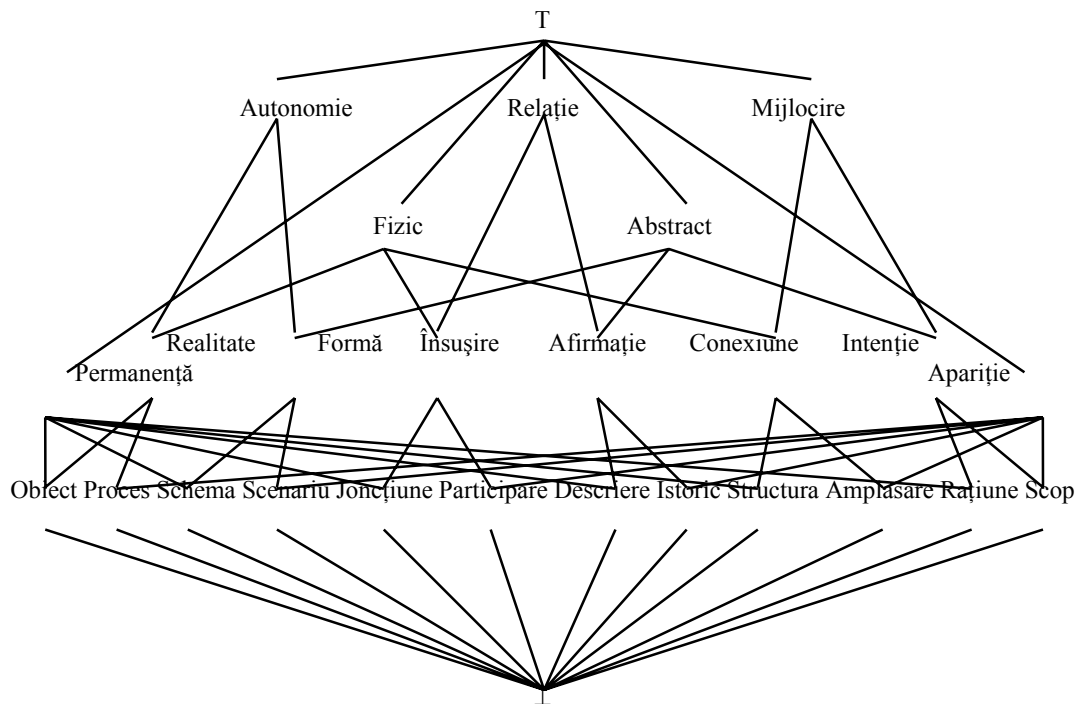
“specificare a unei conceptualizări ... Termenul este împrumutat din filosofie, unde însemna o considerare sistematică a existenței. În inteligența artificială se referă la precizarea a ceea ce se consideră că <<există>>” [Gru96].

O ontologie, în contextul sistemelor bazate de cunoștințe, conține, de obicei, un număr de concepte, care au atribute și care se pot afla în diverse relații între ele. O relație foarte importantă între concepte este relația de moștenire a proprietăților.

“Conceptele reprezintă o clasă de obiecte în lumea reală sau mentală a domeniului studiat” [Wie94 pp 26]. “Ele sunt descrise prin proprietăți care au valori, eventual restricționate și cu valori implicite. Conceptele pot ordonate în ierarhii de concepte care permit moștenirea proprietăților” [Gus94 pp 30].

“Un atribut este o reificare a unei funcții. Poate fi considerat o prescurtare a unui concept fără structură internă și cu o singură proprietate de valoare” [Wie94 pp 27].

John Sowa, unul din “clasicii” inteligenței artificiale dedică un întreg capitol din recenta sa carte [Sow99], construirii unei ontologii (vezi diagrama și tabelul de mai jos) care integrează ideile mai multor filosofi, printre care Aristotel, Kant, Hegel, Peirce, Whitehead și Heidegger, ca să nu-i enumerăm decât pe cei mai remarcabili, ontologie destinată uzului curent al inginerilor care construiesc programe de inteligență artificială. Nu este, de fapt, nimic de mirare aici. Un program inteligent trebuie să aibă un model al realității, realitate definită de conceptele și de relațiile privite ca fundamentale de filosofi.



	Fizic		Abstract	
	Permanență	Apariție	Permanență	Apariție
Autonomie	Obiect	Proces	Schemă	Scenariu
Relație	Joncțiune	Participare	Descriere	Istoric
Mijlocire	Structură	Amplasare	Rațiune	Scop

Considerarea bazei de cunoștințe a unui program ca o ontologie are, din punct de vedere tehnic, mai multe consecințe, care justifică interesul pentru ele:

- Adăugarea de noi cunoștințe, așa numita achiziție de cunoștințe precum și învățarea sau restructurarea bazei de cunoștințe, sunt simplificate, sunt direcționate în cazul în care cunoștințele preexistente sunt structurate într-o ontologie. Este mult mai ușor să adăugi un concept nou la un eșafodaj existent, coerent, prin găsirea unuia sau mai multor concepte mai generale decât el, prin combinarea lor și prin stabilirea unor diferențe față de acestea
- Aceeași ontologie poate fi folosită în mai multe aplicații bazate pe cunoștințe (de exemplu, în proiectare, diagnosticare, explicare, instruire etc.) [Tra00e]. Ontologiile generale, care surprind conceptele, categoriile fundamentale, odată construite pot fi apoi extinse pentru alte aplicații. Ontologiile sunt astfel refolosite, în prezent ele fiind disponibile chiar pe Internet, unele din ele, cum ar fi WordNet [WN] incluzând peste o sută de mii de concepte, această ontologie fiind curent folosită în aplicațiile de înțelegere a limbajului uman.
- Ontologiile permit și o interacțiune om-calculator mult mai prietenoasă, simplifică dialogul în limbaj uman prin particularizarea exprimărilor calculatorului la proprietățile fiecărui concept în parte, prin adecvarea dialogului la realitate. De fapt, orice conversație, între oameni și/sau programe de calculator, trebuie să împărtășească un model al realității, o ontologie, pentru a fi posibilă înțelegerea, comunicarea.
- O perspectivă mult folosită în inteligența artificială este cea în care sistemele bazate pe cunoștințe, în afara faptului că își reprezintă mediul exterior în baza proprie de cunoștințe, au și o reprezentare a propriilor scopuri, alternative, alegeri etc., considerate în rezolvarea unei probleme. Elemente specifice conștienței lui Chalmers [Cha], cum ar fi integrarea informațiilor, raportabilitatea stărilor mentale, accesul la propriile stări, direcționarea atenției și controlul comportamentului necesită un model, atât al mediului exterior, cât și unul al propriilor cunoștințe, scopuri, rațiuni etc. Toate acestea sunt incluse și ele în ontologia programului.

Există două tipuri de ontologii, în funcție de domeniul în care sunt folosite:

- I. Primul tip este cel al ontologiilor destinate sistemelor bazate pe cunoștințe, de exemplu, al unui sistem de diagnostic medical. Aceste ontologii sunt caracterizate de un număr relativ redus de concepte, dar legate între ele printr-un număr mare și variat de relații. Conceptele sunt grupate în scheme conceptuale complexe sau scenarii. Pentru fiecare concept pot exista una sau mai multe particularizări.
- II. Spre deosebire de primul tip de ontologii, ontologiile lexicalizate includ un număr foarte mare de concepte, legate printr-un număr redus de relații. Conceptele sunt reprezentate, ca de exemplu în WordNet, prin mulțimi de cuvinte sinonime. Astfel de ontologii sunt folosite în sistemele de prelucrare a limbajului uman.

3. 2. Organizarea universului programelor de calculator în ontologii

Ontologiile sunt definite (implicit) și în programe de calculator care nu aparțin domeniului inteligenței artificiale. Bibliotecile de obiecte din mediile de programare orientate spre obiecte conțin și ele ontologii implicite: fiecare clasă este un concept. Este vorba, de această dată, nu de ceea ce există în realitate ci de o bibliotecă de obiecte ce reprezintă ceea ce există la dispoziția programatorului, a entităților artificiale care pot fi asamblate și combinate în sistemele create. Ierarhiile de interfețe sunt ierarhii de comportări (sau meta-obiecte în sens XRL [BaT87], de exemplu) și pot fi considerate tot ontologii. Un set de adnotări XML (XML) poate fi și el considerat ca un rudiment de ontologie.

Programele de calculator inteligente necesită, după cum s-a văzut în secțiunea anterioară, un model al realității, o ontologie. Acestea nu sunt însă singurele care necesită ontologii. De exemplu, programele pentru realizarea realității virtuale necesită și ele ontologii pentru a simula realitatea (vezi și secțiunea următoare). În plus, pentru obținerea de imagini grafice fidele realității, se folosesc taxonomii de obiecte specifice programării orientate spre obiecte, adică tot un fel de ontologii.

Ontologiile sunt utile, în cazul programelor bazate pe cunoștințe, pentru asigurarea unei comportări inteligente. Pentru realitatea virtuală este necesară o ontologie pentru a induce utilizatorului uman iluzia realității adevărate. În cel de-al treilea caz, al programării orientate spre obiecte, subiectul secțiunii de față, ontologia (de această dată a domeniului considerat) este necesară pentru a simplifica activitatea de programare.

Abordarea dezvoltării programelor orientată spre obiecte [Tra94c] are mai multe avantaje, atât în oferirea unei metafore comode pentru gândirea umană în contextul dezvoltării de programe complexe, cât și în direcția unei facilitări a reutilizării și a evoluției produselor program rezultate (astfel se explică de fapt și entuziasmul existent în prezent în privința acestei abordări). Aceste trăsături sunt foarte importante în dezvoltarea de programe în general și sunt cu atât mai semnificative în dezvoltarea sistemelor bazate pe cunoștințe, care pot fi considerate programe în permanentă schimbare (cum și expertiza sau ontologia unui om este variabilă în timp).

Justificarea discutării AOO în contextul acestei lucrări este faptul ca ea se conformează întocmai unei perspective psihologice cognitive centrale în inteligența artificială: Conceptul de obiect este mai apropiat de reprezentările pe care oamenii le folosesc, de categoriile ontologice, decât orice altă abstracție de până acum din programare.

Programarea orientată spre obiecte (OOP), aplicarea AOO la programarea calculatoarelor, opusă programării procedurale amintite în secțiunea anterioară, este o paradigmă de programare care își propune depășirea problemelor ridicate de dezvoltarea programelor de mari dimensiuni și cu un grad înalt de variație în timp. Conceptul OOP a apărut în urma mai multor cercetări atât din domeniul teoriei limbajelor de programare (tipuri de date abstracte), a inteligenței artificiale (reprezentarea cunoștințelor, modele de rezolvare distribuite a problemelor), a ingineriei programării (reutilizarea unor fragmente de program), și nu în cele din urmă a modelării și simulării. Noi considerăm că, în plus, AOO are succesul actual și datorită faptului că orice bibliotecă de obiecte este și o ontologie, pentru fiecare om fiind mult mai ușor să înțeleagă și să manipuleze situații pe care le poate înțelege, care sunt apropiate de o experiențiere materializată într-o ontologie.

Spre deosebire de alte paradigme de programare (cum ar fi cea funcțională sau cea logică), OOP nu are o bază formală bine precizată. Obiectele sunt definite conform unei metafore antropomorfe: au o identitate, au o stare caracterizată de valorile unei mulțimi de atribute (componente) și o comportare determinată de o mulțime de proceduri (module program) atașate, care sunt denumite metode. Ele pot comunica prin transmiterea de mesaje, efectul recepționării unui mesaj de către un obiect constând în determinarea metodei atașate tipului respectiv de mesaj și lansarea ei în execuție.

OOP este caracterizată de existența unor clase (categorii) de obiecte. Relația taxonomică sau hiperonimică este deosebit de importantă deoarece prin ea se pot moșteni proprietăți, după cum s-a discutat și în considerațiile despre ontologii în general, din secțiunea anterioară.

Moștenirea proprietăților are mai multe avantaje. În primul rând, asigură continuitate în dezvoltarea și evoluția conceptelor și, implicit, a programelor. Continuitatea este un deziderat în ingineria programării, în sensul că adăugări mici în specificație ar trebui să ducă la adăugări mici în cod. Acest lucru este realizat în mod firesc prin moștenire. De exemplu, dacă se dorește introducerea unui nou concept, de pătrat, într-un program în care există deja conceptul de dreptunghi, acest lucru se rezolvă foarte ușor prin definirea clasei de obiecte pătrat care moștenește toate proprietățile clasei de obiecte dreptunghi. În noua clasă vor trebui definite numai particularitățile care o diferențiază de vechea clasă (de exemplu, faptul că pătratul are laturile egale).

Moștenirea, în conexiune și cu ideea de continuitate, discutată mai sus, sprijină și reutilizarea. Folosind moștenirea, obiectele se pot reutiliza pe scară mai largă decât, de exemplu, simpla copiere. Astfel, în cazul în care se dorește reutilizarea cu modificări a unui obiect (situație care limitează posibilitățile de reutilizare a subrutinelor) se poate crea un nou obiect care moștenește proprietăți de la obiectul reutilizat și care conține doar modificările necesare.

În abordarea OO, obiectele nu sunt entități legate numai prin relații de moștenire. Între obiecte pot exista diverse relații prin care acestea se asociază. O primă relație posibilă între obiecte este relația “utilizează”. Altă relație foarte folosită în abordarea OO este relația determinată de faptul că un obiect poate avea drept componente alte obiecte. Posibilitatea asocierii obiectelor prin stabilirea de legături între ele este deosebit de importantă în construirea de comportamente complexe prin delegarea responsabilităților.

Am insistat asupra programării orientate spre obiecte pentru a evidenția dimensiunea ontologică esențială în această abordare. Trăsăturile definitorii ale AOO sunt proprii oricărei ontologii.

Utilizarea tehnicilor specifice construirii ontologiilor se face în ingineria programării și în analiza și specificarea programelor: În dezvoltarea programelor de mari dimensiuni se începe cu o fază în care se identifică cerințele așteptate de la programul care va fi realizat și în care este specificată noua realitate pe care o va aduce programul care va fi creat.

3.3. Cum afectează calculatoarele modul uman de a vedea realitatea?

Legătura între calculatoare și ontologie nu este doar în sensul înglobării sau utilizării unui fragment al unei ontologii, a unor aspecte ale realității înconjurătoare sau a unei colecții de fragmente de program, în programele de calculator. Revoluția informațională de astăzi și, în special, Internetul și realitatea virtuală duc la o schimbare radicală a concepției pe care omul o are asupra realității. Dintr-o perspectivă “à la Culianu” se poate spune că imaginarul revine în prim plan, sprijinit de imaginile sintetizate, animate, interactive oferite de calculatoare, în defavoarea modalităților textuale de exprimare.

Trebuie să remarcăm însă și, pe de altă parte, noua tinerete a textelor sub forma așa numitelor “hipertexte” de pe WWW (“World Wide Web”, pe scurt “web”), rețeaua mondială de texte și imagini (hipermedia) stocate pe calculatoare conectate la Internet. Un hipertext este, în viziunea noastră, un text structurat conform unei rețele în care pot fi evidențiate concepte și relațiile între acestea. Altfel spus, este un text în care este evidențiată o anumită ontologie. WWW nu numai că poate oferi ontologii implicite în organizarea hipertextelor, el poate depozita și poate permite accesul oricui la ontologii de mari dimensiuni, cum ar fi WordNet.

Pentru a fi corecți, trebuie să precizăm însă și faptul că parcurgerea hipertextelor elimină relația intimă, fizică, de proprietate între cititor și cartea citită și, de asemenea, faptul că structurarea hipertextelor în rețea, față de structurarea liniară, a textelor, este mai puțin adecvată psihicului uman, existând pericolul apariției unei alienări datorate pierderii sentimentului orientării. Pentru a păstra obiectivitatea până la capăt, trebuie precizat însă că tocmai acest sentiment al “rătăcirii” printr-un univers

virtual asemănător unui bazar oriental labirintic este poate tocmai cauza succesului imens de care se bucură WWW, unii considerându-l pe acesta din urmă chiar ca un nou fel de drog. Se poate spune că web-ul ar putea fi chiar o combinație între text și imaginar, bazarul labirintic fiind (de ce nu?), un corespondent modern al tehnicilor mnemotehnice medievale.

Se poate spune că, în ultimul secol, mitul peșterii imaginat de Platon, o metaforă destinată ilustrării unei idei, a devenit o aplicație practică banală care a schimbat esențial viața noastră. Cinematograful și televiziunea, căci despre ele este vorba, sunt proiecții ale realității, uneori pentru anumite persoane chiar mai demne de crezare decât realitatea însăși. Ele sunt, bineînțeles, doar imagini, scene virtuale (înregistrări, copii, surrogate) regizate și jucate, reflectând astfel concepția asupra realității pe care regizorul dorește (sau o obține fără a o dori) să ne-o transmită. Chiar și filmele documentare sau reportajele poartă încărcătura celui care le-a făcut, chiar și numai prin faptul că el a decis ce, când să înregistreze și în ce context să prezinte ce a înregistrat.

Ca în nenumărate alte situații, impactul adus de calculator este și în acest caz remarcabil. De la rolul de spectator, în cazul cinematografului și televizorului, la care văzul și auzul sunt parțial introduse în altă lume, prin realitatea virtuală (RV) ideea de televiziune este extinsă de calculator prin posibilitatea (inter-)acțiunii. Se intră astfel în universul artificial nu doar cu imaginația, vederea și auzul, ci se pot chiar atinge cu mâna obiectele acestei noi realități. Mai mult, nu numai că se poate simți prezența fizică prin pipăire, dar se poate și interveni, se pot apuca și deplasa obiecte, se pot vedea efectele propriilor acțiuni, se poate face chiar un tur de orizont sau chiar o "plimbare".

Deși, pentru moment, datorită limitărilor tehnicii de calcul, iluzia imersiunii totale într-un nou univers are încă lacune, realitatea virtuală are deja aplicații remarcabile în antrenarea piloților de avioane, a medicilor chirurși, în realizarea de teleconferințe, în imersiunea în lumi imaginate sau reale dar inaccesibile (de exemplu, microscopice sau interioare corpului nostru). Toate aceste aplicații sunt caracterizate de o lume deterministă, dirijată doar de legile fizicii. Sunt însă și aplicații de realitate virtuală în care "apar" și alte persoane: jocurile, de exemplu. Putem considera aceste persoane ca roboți virtuali, care, din punct de vedere al inginerului, nu ridică probleme mai grele decât realizarea de roboți reali.

Se știe că foarte mult din personalitatea noastră este formată din experiență, trăiri în comun cu alții, de experiența vieții cotidiene. Un mare semn de întrebare este cum ar fi afectat modul în care concepe ceea ce există un om care trăiește un timp îndelungat în realitatea virtuală? Există, legat de această problemă, cercetări în utilizarea RV în scopuri terapeutice, în bolile psihice. Revenind la oamenii normali, nu ar trebui introduse legi care reglementează ce se întâmplă în realitatea virtuală? Dacă, de exemplu, printr-o realitate virtuală extremă, într-un joc, o persoană reală este traumatizată psihic, rănită sau chiar ucisă. De fapt, se tot vorbește de influența nefastă a violenței pe micul ecran asupra tinerilor. Ce se va întâmpla când RV va deveni la fel de răspândită ca și televiziunea?

3.4. Ontologii reutilizabile pe web

În jurul anului 1962, Douglas Engelbart a dezvoltat primul sistem hipertext, prezentat atunci drept o arhitectură conceptuală destinată creșterii potențialului intelectului uman ("A Conceptual Framework for Augmenting Human Intellect" [Eng95]). Sistemul era destinat manipulării de concepte structurate într-o rețea în care arcele sunt relațiile între concepte. Trebuie remarcat că, pentru sprijinirea utilizatorului unui astfel de sistem a fost inventat și mouse-ul, dispozitiv astăzi uzual de interacțiune om-calculator.

Primul sistem declarat ca fiind hipertext a fost creat de Theodor Nelson în 1967 sub numele de "Xanadu". Nelson își propunea atunci să dezvolte un sistem destinat muncii creative și studiului [Nel95]. El a plecat în îndeplinirea acestei idei de la dorința de a găsi cea mai bună abstracție care să unifice literatura și arta cinematografică.

După această dată, au fost realizate mai multe sisteme hipertext: ZOG și KMS ("Knowledge Management System") la Carnegie Mellon University, Dynabook, NoteCards, dezvoltat de Xerox, Intermedia la Universitatea Brown din S.U.A. și, unul din cele mai cunoscute și de succes sisteme hipertext, dezvoltat de Apple: HyperCard, distribuit împreună cu orice calculator Macintosh cumpărat după 1987.

Fiecare din aceste sisteme au adus idei noi care au fost preluate în sistemele hipertext dezvoltate ulterior. De exemplu, KMS este bazat pe ideea de prototip (în engleză "frame"), introdusă în 1975 de profesorul de inteligență artificială Marvin Minsky de la MIT pentru reprezentarea cunoștințelor [Min75], idee bazată pe conceptul de schemă cognitivă, propus în 1932 de psihologul Bartlett. Plecând de la conceptul de prototip, în KMS au fost introduse relații ierarhice, de moștenire, între concepte.

Cititorii hipertextelor pot parcurge secvențial paginile și/sau pot trece la alte pagini de-a lungul firelor de legătură. În acest mod, fiecare poate parcurge diferit, personalizat hipertextele (hipermedia). Adecvarea structurilor de tip hipertext și hipermedia la caracteristicile fiziologice și psihologice umane și posibilitatea personalizării sunt cauze ale succesului WWW. Parcurgerea WWW este deosebit de atractivă, prin posibilitățile de "explorare" practic nelimitată de noi pagini de web datorită numărului imens de texte și de legături.

În prezent, sistemele hipertext sunt des întâlnite, într-o gamă variată de aplicații, de la "help"-urile interactive din diverse medii de programare și până la sistemele complexe de structurare a cunoștințelor folosite în inteligența artificială. Probabil că cea mai spectaculoasă aplicație a hipertextului este însă World Wide Web (WWW).

WWW este un hipertext gigantic, extins pe întregul glob prin intermediul Internet. Organizarea textelor în acest hipertext gigant se face prin intermediul limbajului de adnotare (marcare) denumit HTML ("HyperText Markup Language"), prin care sunt definite elementele unui document, structura sa, modul în care vizualizat și legăturile cu alte documente.

În prezent, HTML este înlocuit de XML [XML], considerat că va fi limbajul unanim folosit în viitor pentru comunicație pe Internet. În acest limbaj, spre deosebire de HTML, fiecare poate să-și definească propriile categorii de adnotări pentru diverse zone din text. Această activitate de "a da nume", de a identifica diverse entități de conținut care pot apărea într-un text, este, de fapt, primul pas către definirea unei ontologii în domeniul considerat. Nu întâmplător aceste adnotări particularizate sunt considerate ca foarte importante în problema identificării documentelor interesante pentru un anumit utilizator. Efortul de a capta aspectele legate de semantică, de conținutul documentelor face obiectul și a propunerii de standard RDF-Schema [RDFS], destinat a fi folosit împreună cu XML. Limbajul RDF-Schema este, de fapt, un limbaj similar limbajelor de reprezentare a cunoștințelor, sau, dintr-o altă perspectivă, o exprimare textuală a unei rețele semantice, adică o modalitate foarte potrivită pentru a descrie ontologii.

O tendință de ultimă oră este plasarea pe web a unor microteorii pentru diverse domenii sau a unor teorii generale, adică a unor ontologii, care se pot refolosi.

Ontologiile plasate pe web pot fi:

- Generale, cum ar fi Cyc [CYC], ontologia lui Sowa [Sow99] (vezi și secțiunea 3.1), WordNet [WN], FrameNet [Framenet] sau Mikrokosmos [Mik]. Toate aceste ontologii sunt dedicate în special aplicațiilor de lingvistică computațională (dar nu numai).
- Pentru diverse domenii particulare (de exemplu, ontologia pentru domeniul programării descrisă în [Tra00d]).

WordNet [WN] este o ontologie lexicalizată pentru limba engleză (americană), orientată mai mult spre substantive. Framenet [Framenet] este o ontologie care consideră în special verbele, împreună cu informațiile tipice care apar împreună în așa numitele scheme ("frames"). Mikrokosmos este o ontologie generală pentru aplicații de lingvistică computațională care, spre deosebire de WordNet, caută să surprindă conceptele generale, independent de o anumită limbă.

Ontologiile sunt implementate prin:

- Programe de calculator special dezvoltate, scrise în limbaje de programare generale (Lisp, Prolog, Java, C etc.)
- Limbaje de reprezentare a cunoștințelor (de exemplu, XRL [BaT87]).
- Limbaje dezvoltate în XML pentru descrierea ontologiilor (SHOE [SHOE], OML [OML]).

Un rol esențial al unei ontologii este de a fi reutilizate în mai multe aplicații. Două sau mai multe ontologii pot fi puse în corespondență ("aliniate"). Astfel de activități sunt facilitate de:

- Limbaje de "interschimb" al cunoștințelor cum ar fi KIF [KIF] ("Knowledge Interchange Format" - limbaj de interschimb al informațiilor) sau CGIF [CG] ("Conceptual Graph Interchange Format" - limbaj de interschimb al informațiilor pentru grafuri conceptuale).
- Protocolul de acces la baze de cunoștințe OKBC [OKBC] ("Open Knowledge Base Connectivity"),

Efortul de a capta aspectele legate de semantică, de conținutul documentelor face obiectul și propunerii de standard RDF Schema [RDFS], destinat a fi folosit împreună cu XML.

În cele ce urmează dăm o descriere a unui graf conceptua; în CGIF [CG]:

```
[Person: Tom *x1]
[Believe *x2]
(Expr ?x1 ?x2)
(Thme ?x2 [Proposition: [Person: Mary *x3]
                      [Want *x4]
                      (Thme ?x4 [Situation:
                        (Agnt [Marry *x5] ?x3)
                        (Thme ?x5 [Sailor])])])])
```

care poate fi parafrazătă prin cele ce urmează:

```
TOM is a concept of type PERSON labeled as: X1
_118 is a concept of type BELIEVE labeled as: X2
```

_EXPR is a relation on _118 TOM
 MARY is a concept of type PERSON labeled as: X3
 _119 is a concept of type WANT labeled as: X4
 _120 is a concept of type MARRY labeled as: X5
 _AGNT is a relation on MARY _120
 _121 is a concept of type SAILOR
 _THME is a relation on _121 _120
 _122 is a concept of type SITUATION
 _THME is a relation on _122 _119
 _123 is a concept of type PROPOSITION
 _THME is a relation on _123 _118

WordNet

WordNet [WN] este o ontologie lexicalizată destinată în special aplicațiilor de lingvistică computațională. Atomii acestei ontologii sunt mulțimi de sinonime (“synsets”), între care pot exista diverse tipuri de relații:

- hiperonime - concepte mai generale,
- hiponime - concepte mai specifice,
- antonime - concepte opuse ca sens,
- holonime - relația de la parte la întreg,
- meronime - relația de întreg la parte
- attribute,
- cauzare (pentru verbe) .

Pentru un anumit cuvânt se pot obține foarte ușor toate aceste informații, cu următoarea comandă:

```
wn word [-hgla] [-n#] -searchtype [-searchtype...]
```

```

-h      Text de “help”
-g      Afiseaza o parafraza (“gloss”)
-a      Afiseaza informatii lexicografice
-o      Afiseaza offset synset
-s      Afiseaza numarul sensurilor
-n#     Cauta numai sensul cu numarul #

```

searchtype este:

```

-ants {n|v|a|r}   Antonime
-hype {n|v}       Hyperonime
-hypo {n|v}, -tree {n|v}  Hyponime & Arborele de Hiponime
-entav           Cauzari (pentru Verbe)
-syns {n|v|a|r}  Sinonime (ordonate dupa frecventa)
-smemn           Member of Holonyms
-ssubn           Substance of Holonyms
-sprtn           Part of Holonyms
-membn           Has Member Meronyms
-subsn           Has Substance Meronyms
-partn           Has Part Meronyms
-meron           All Meronyms
-holon           All Holonyms
-causv           Verb Cause to
-pert {a|r}      Pertainyms
-attr {n|a}      Attributes
-faml {n|v|a|r}  Familiarity & Polysemy Count
-framv           Verb Frames
-coorn           Coordinate Sisters
-sims {n|v}      Synonyms (grouped by similarity of meaning)
-hmern           Hierarchical Meronyms
-hholn           Hierarchical Holonyms
-grep {n|v|a|r}  List of Compound Words
-over           Overview of Senses

```

În continuare sunt date mai multe exemple de informații furnizate de WordNet.

Synonyms/Hypernyms (Ordered by Frequency) of noun piano

2 senses of piano

Sense 1

piano, pianoforte, forte-piano
 => stringed instrument
 => musical instrument

- => instrument
- => device
 - => instrumentality, instrumentation
 - => artifact, artefact
 - => object, physical object
 - => entity, something
- => percussion instrument, percussive instrument
- => musical instrument
 - => instrument
 - => device
 - => instrumentality, instrumentation
 - => artifact, artefact
 - => object, physical object
 - => entity, something

Sense 2

piano, pianissimo

- => softness
 - => sound property
 - => property
 - => attribute
 - => abstraction

Hyponyms of noun piano

1 of 2 senses of piano

Sense 1

piano, pianoforte, forte-piano

- => grand piano, grand
 - => baby grand, parlor grand, parlour grand
 - => concert grand, concert piano
- => mechanical piano, Pianola, player piano
- => upright, upright piano
 - => spinet

Synonyms/Hypernyms (Ordered by Frequency) of noun piano

2 senses of piano

Sense 1

piano, pianoforte, forte-piano

- => stringed instrument
- => percussion instrument, percussive instrument

Sense 2

piano, pianissimo

- => softness

Meronyms of noun piano

1 of 2 senses of piano

Sense 1

piano, pianoforte, forte-piano

- HAS PART: fallboard
- HAS PART: keyboard
- HAS PART: piano keyboard, fingerboard, clavier
- HAS PART: soft pedal
- HAS PART: sounding board, soundboard
- HAS PART: sustaining pedal, loud pedal

Familiarity of noun piano

piano used as a noun is rare (polysemy count = 2)

Coordinate Terms of noun piano

2 senses of piano

Sense 1

piano, pianoforte, forte-piano

- > stringed instrument
 - => banjo
 - => bowed stringed instrument, string
 - => chordophone
 - => clavichord
 - => clavier, Klavier
 - => dulcimer
 - => guitar
 - => harpsichord
 - => koto

- => piano, pianoforte, forte-piano
- => psaltery
- => sitar
- => zither, cither, zithern
- > percussion instrument, percussive instrument
 - => bones, castanets, clappers, finger cymbals, maraca
 - => chime, bell, gong
 - => cymbal
 - => drum, membranophone, tympan
 - => glockenspiel, orchestral bells
 - => gong, tam-tam
 - => kettle, kettledrum, tympanum, tympani, timpani
 - => marimba, xylophone
 - => piano, pianoforte, forte-piano
 - => steel drum
 - => triangle
 - => vibraphone, vibraharp, vibes

Sense 2

piano, pianissimo
 -> softness
 => faintness
 => decrescendo, diminuendo
 => piano, pianissimo

Synonyms (Grouped by Similarity of Meaning) of noun piano

Sense 1

piano, pianoforte, forte-piano
 => stringed instrument
 => percussion instrument, percussive instrument

Sense 2

piano, pianissimo
 => softness

Meronyms of noun piano

1 of 2 senses of piano

Sense 1

piano, pianoforte, forte-piano
 HAS PART: fallboard
 HAS PART: keyboard
 HAS PART: action
 HAS PART: key
 HAS PART: piano keyboard, fingerboard, clavier
 HAS PART: soft pedal
 HAS PART: sounding board, soundboard
 HAS PART: sound hole
 HAS PART: sustaining pedal, loud pedal
 => stringed instrument
 HAS PART: bridge
 HAS PART: peg
 HAS PART: sounding board, soundboard
 HAS PART: sound hole
 HAS PART: string

Grep of noun piano

concert piano
 forte-piano
 grand piano
 mechanical piano
 piano
 piano accordion
 piano action
 piano damper
 piano keyboard
 piano lesson
 piano player
 piano sonata
 piano stool
 piano teacher
 piano tuner
 piano wire
 pianoforte
 pianola
 player piano

upright piano

Antonyms of adj piano

1 sense of piano

Sense 1

piano (vs. forte), soft

forte (vs. piano), loud

=> fortemente

=> fortissimo

Similarity of adj piano

1 sense of piano

Sense 1

piano (vs. forte), soft

=> pianissimo

=> pianissimo assai

Familiarity of adj piano

piano used as an adjective is very rare (polysemy count = 1)

Grep of adj piano

piano

Antonyms of adv piano

1 sense of piano

Sense 1

piano, softly

=> forte, loudly

Synonyms of adv piano

1 sense of piano

Sense 1

piano, softly

Derived from adj piano (Sense 1)

=>piano (vs. forte), soft

Pertainyms of adv piano

1 sense of piano

Sense 1

piano, softly

Derived from adj piano (Sense 1)

=>piano (vs. forte), soft

Grep of adv piano

piano

Overview of noun piano

The noun piano has 2 senses (first 1 from tagged texts)

1. piano, pianoforte, forte-piano -- (a stringed instrument that is played by depressing keys that cause hammers to strike tuned strings and produce sounds)
2. piano, pianissimo -- ((music) low loudness)

Overview of adj piano

The adj piano has 1 sense (no senses from tagged texts)

1. piano, soft -- (used chiefly as a direction or description in music; "the piano passages in the composition")

Overview of adv piano

The adv piano has 1 sense (no senses from tagged texts)

1. piano, softly -- (used as a direction in music; to be played relatively softly)

Hyponyms of verb compute

1 sense of compute

Sense 1

calculate, cipher, cypher, compute, reckon, figure

- => extract
- => process
- => prorate
- => miscalculate
- => recalculate
- => average, average out
- => factor, factor in, factor out
- => add, add together
- => subtract, deduct, take off
- => multiply
- => divide, fraction
- => interpolate, extrapolate
- => differentiate
- => integrate
- => survey
- => estimate, gauge, approximate, guess, judge
- => budget
- => capitalize
- => resolve, solve

Synonyms/Hypernyms (Ordered by Frequency) of verb compute

1 sense of compute

Sense 1

calculate, cipher, cypher, compute, reckon, figure

- => reason
- => think, cogitate, cerebrare

Hyponyms of verb compute

1 sense of compute

Sense 1

calculate, cipher, cypher, compute, reckon, figure

- => extract
- => process
- => prorate
- => miscalculate
- => recalculate
- => average, average out
- => factor, factor in, factor out
- => add, add together
- => subtract, deduct, take off
- => multiply
 - => square
 - => cube
 - => raise
- => divide, fraction
 - => halve
 - => quarter
- => interpolate, extrapolate
- => differentiate
- => integrate
- => survey
 - => triangulate
- => estimate, gauge, approximate, guess, judge
 - => misgauge
 - => place, put, set
 - => give
 - => lowball, underestimate
 - => make
 - => reckon, count
 - => guesstimate
- => budget
- => capitalize
 - => overcapitalize
- => resolve, solve
 - => factorize, factorise

Synonyms/Hypernyms (Ordered by Frequency) of verb compute

1 sense of compute

Sense 1

calculate, cipher, cypher, compute, reckon, figure

- => reason

Familiarity of verb compute

compute used as a verb is very rare (polysemy count = 1)

Sample Sentences of verb compute

1 sense of compute

Sense 1

calculate, cipher, cypher, compute, reckon, figure

*> Somebody ----s something

*> Somebody ----s that CLAUSE

Synonyms (Grouped by Similarity of Meaning) of verb compute

Sense 1

calculate, cipher, cypher, compute, reckon, figure

=> reason

Grep of verb compute

compute

computerize

4. Medii hermenofore

4.1. Hermeneutica

Hermeneutica este studiul interpretării, inițial ea referindu-se doar la interpretarea textelor [MHD]. În prezent s-a extins accepțiunea termenului hermeneutică, vorbindu-se de o poziție hermeneutică în filosofie, care include pe Heidegger, Gadamer, Habermas și Ricoeur, deosebită de formalisti (filosofia analitică, neo-pozitivism sau pozitivismul logic), reprezentați prin Descartes, Leibniz și Russell [Wes97]. Distincția între cele două abordări pleacă de la problema capturării înțelesului, a semanticii lumii reale. Pe când formalistii pretind că pot reprezenta înțelesul, semantica, doar prin identificarea unui denotat în lumea reală corespunzător unei expresii formale, adepții hermeneuticii neagă această posibilitate, pentru ei înțelesul implicând și considerarea experienței, a credințelor subiectului. Se poate spune că, dintr-un punct de vedere se ajunge la aceeași dispută dintre Husserl și Heidegger sau dintre Dennett și Chalmers.

Hermeneutica este, după opinia lui P. Ricoeur, o abordare complementară celei structuraliste în analiza limbajului, a înțelesului și simbolismului cultural. Ricoeur consideră că hermeneutica și fenomenologia se presupun reciproc, militând pentru o fenomenologie hermeneutică [MHD].

4.2. Necesitatea mediilor hermenofore

Calculatoarele pot fi privite ca o apoteoză a logicismului, o modalitate de materializare și de extindere a gândirii umane. Ele conțin astăzi încrustate pe cei câțiva milimetrii pătrați ai unui cristal de siliciu milioane de tranzistoare legate în circuite complexe care materializează formule și scheme logice de prelucrare a informațiilor. Aceste circuite funcționează conform unor secvențe de comenzi, a unor programe care pot avea milioane de pași, comenzile făcând parte dintr-un limbaj formal foarte bine precizat și conformându-se, de asemenea, unei logici bine precizate, dinamice sau combinatorice. Rezultatul obținut prin interacțiunea între circuite și programe este o prelungire, o amplificare a gândirii umane, așa cum mașinile, motoarele mecanice, calorice sau electrice uzuale sunt extinderi ale forței noastre fizice.

Ca o consecință a faptului că sunt mașini care imită raționamente logice, umane, la câțiva ani doar după apariția primelor calculatoare, s-a pus problema creării unei inteligențe artificiale, a unor programe de calculator care să rezolve probleme la fel și poate chiar mai bine ca un om. Acest scop a fost parțial atins. Amintim aici doar programul de jucat șah care a bătut campionul mondial la acest joc.

Se poate spune că programarea calculatoarelor devine din ce în ce mai mult o activitate filosofică iar programele dotate cu inteligență artificială au implicații majore asupra filosofiei. De exemplu, în inteligența artificială achiziția, reprezentarea și prelucrarea cunoștințelor umane sunt esențiale. În acest domeniu se încearcă să se realizeze “minți” artificiale, se construiesc “agenți inteligenți” dotați cu rudimente de intenționalitate și care cooperează în atingerea unui scop, se încearcă realizarea de programe care să poată înțelege un text similar unui hermeneut uman.

Necesitatea unei ontologii pentru programele inteligente, care acționează în realitate (și care trebuie să se adapteze acestei realități) nu este, probabil, surprinzătoare. Dar de ce pentru știința calculatoarelor, acest vârf de lance al materialismului, al pozitivismului logic, este necesară însă și o abordare hermeneutică? Sunt date răspunsuri în acest sens atât de cercetători în inteligența artificială și știința calculatoarelor cât și de filosofi: știința calculatoarelor are nevoie de filosofie pentru a depăși limitele aplicațiilor posibile, atât în stăpânirea conceptuală a milioane de componente cât și în găsirea poziției celei mai potrivite, a raportului corect om-mașină. Trebuie remarcat însă faptul că și filosofia trebuie să țină cont de noile realități aduse de societatea informațională, schimbările aduse de calculatoare revelând adevăruri greu de înțeles altfel.

Dezvoltarea programelor complexe de calculator, chiar și cele fără inteligență artificială, necesită o activitate metafizică, de construire a unei ontologii. Ceea ce lipsește programelor de inteligență artificială este capacitatea de a face hermeneutică, fapt de o deosebită importanță filosofică prin argumentul adus în defavoarea pozitivismului logic în confruntarea cu hermeneutica.

În ultimii ani se aud din ce în ce mai multe opinii că trebuie să se treacă și la o abordare hermeneutică a științei calculatoarelor, știință considerată până acum cel mai înaintat bastion al abordării formaliste, neo-pozitivistice. Considerarea problemelor de semantică și pragmatică, a considerării contextului sau considerarea corpusurilor în lingvistica computațională, problema cunoștințelor de “bun simț”, problemă esențială în inteligența artificială, sunt tot atâtea argumente în favoarea unei abordări hermeneutice (fenomenologice) în inteligența artificială.

La începuturile inteligenței artificiale, la mijlocul anilor '50, se spunea că în maxim 10 ani se vor face programe automate de traducere dintr-o limbă în alta. Iată că au trecut aproape 40 de ani și promisiunea a rămas cam aceeași. Una din explicații este faptul că comunicarea umană, chiar în limbajul unor copii preșcolari, implică probleme de context nebănuite, presupune un număr imens de cunoștințe de bun simț și nu este clar dacă se va putea vreodată implementa pe calculator datorită problemelor ridicate, de exemplu, de exprimirile metaforice.

Problema exprimărilor metaforice este, de fapt, legată de problema înțelegerii, considerată ca fiind fundamentală de mulți filosofi și specialiști în inteligența artificială. Este deja celebru în comunitatea științei calculatoarelor argumentul “camerei chinezești” imaginat de John Searle care neagă posibilitatea sistemelor de prelucrare a simbolurilor (caracteristica majorității sistemelor de inteligență artificială) de a înțelege într-adevăr ceea ce fac. În camera chinezească se află o persoană care nu știe limba chineză dar care are un set de reguli prin care propozițiile din limba chineză se traduc în limba engleză. Camera comunică cu exteriorul printr-o fantă prin care se introduc texte în limba chineză. Prin aceeași fantă sunt furnizate textele traduse în limba engleză. Întrebarea care se pune este dacă cel din camera chinezească înțelege chineza. Răspunsul dat este valabil și pentru programele de inteligență artificială de traducere automată.

Un mediu familiar ne poate face să înțelegem și să stăpânim fenomene complexe. “Trăirea” unui fenomen, a unei situații este fundamentală pentru înțelegerea lui (înțelegerea este o formă de empatie - [Wri95, pag.29]). Manifestarea acestei idei este ilustrată în numărul mare de metafore pe care le folosim în limbajul curent (și care sunt, după cum spuneam, o problemă pentru programele de înțelegere a limbajului uman). Problema înțelegerii metaforelor este, după părerea noastră legată de problema trăirii, problemă centrală și în conștiință. De exemplu, pentru a înțelege metafora “timpul zboară ca o săgeată” este necesară experiența trecerii subiective a timpului, uneori deosebit de rapidă. “Zborul săgeții” este o altă experiență de viață sugestivă, implicată în exprimarea anterioară.

Ca soluție la caracterul “birocratic” al inteligenței artificiale, Winograd propune o abordare constructivist-hermeneutică [Win87, pp. 20-22], care să țină seamă de context. Este însă foarte greu, precizează Winograd, să se facă programe care să depășească birocratismul, să se implice în rezolvarea unor probleme deoarece această implicare necesită considerarea a ceea ce este “bine” și ce nu.

Există probleme rezolvate rapid de om, fenomene cum ar fi înțelegerea, conștiința, intuiția care, dacă se încearcă rezolvarea lor pe calculator, duc la apariția unui adevărat sindrom al complexității. De exemplu, abordările simbolice de înțelegere a limbajului uman folosesc tehnici bazate pe “unificare”, altfel spus, pe încercarea de a găsi două configurații simbolice care, prin particularizări, devin identice. Aceste tehnici duc, de obicei, la explozii combinaționale care le fac inaplicabile pe scară largă.

De fapt, mai multe probleme “dificile” ale inteligenței artificiale sunt legate unele de altele: inteligența necesită, conform celor spuse de Winograd [Win87] implicare. Implicarea necesită înțelegere, conștiință și un bagaj de cunoștințe etice care, la rândul lor, pot fi generate de experiența de viață, de trăire. Conștiința [Cha] necesită trăire, aceeași trăire fiind cerută și de înțelegere. O explicație posibilă a tuturor acestor probleme ar fi tocmai existența unui “cerc hermeneutic”. Am putea spune, legat de acesta, că omul are la dispoziție un “filtru” care îi permite alegeri rapide (conștiința?) și un “simț” al coerenței, care, deocamdată, deși s-a încercat, nu s-au putut obține artificial.

Obiectul inteligenței artificiale este obținerea de artefacte care să se comporte inteligent, similar unui om. Câteva exemple binecunoscute de astfel de artefacte sunt roboții antropomorfi, programele de jucat șah, calculatoarele care pot dialoga într-un limbaj similar celui uman și, mai recent, agenții inteligenți, programele, roboții care caută, la cererea noastră, documente semnificative pe Internet.

În funcție de ideea fundamentală acceptată sunt două abordări (nu neapărat antagoniste, cum susțin unii suporteri înfocați ai uneia dintre ele) ale inteligenței artificiale:

- abordarea conexionistă: inteligența este datorată rețelilor neuronale deosebit de complexe, care includ un număr foarte mare de unități simple de prelucrare - neuroni - legate între ele printr-un număr imens de conexiuni - sinapse.
- abordarea simbolică, bazată pe așa numita ipoteză a sistemelor simbolice fizice: orice sistem inteligent este un sistem de prelucrare fizică a simbolurilor.

Fiecare din cele două abordări are realizări și limitări. De exemplu, rețelele neuronale artificiale au fost folosite cu succes în recunoașterea imaginilor sau a vocii umane. Ele au limitări însă în înțelegerea limbajului uman, problemele sintaxei și a semanticii combinaționale, a compoziționalității fiind foarte greu de tratat folosind această abordare [Fod88]. De exemplu, Jerry Fodor se referă la exprimarea “rachetă antirachetă” [And90, pag.601], care este imediat înțeleasă de oamenii care nu au mai auzit-o, fapt foarte greu de explicat prin simple asociații (conform modelului ABC- Asociaționism, Behaviorism, Conexionism, care stă la baza rețelilor neuronale artificiale [Den98, pag. 103].

Înțelegerea exprimării de mai sus poate fi însă foarte ușor explicată prin abordarea simbolică, în care se postulează existența unui “limbaj al gândirii” [And90, pag. 600]. Avantajul reprezentării simbolice este foarte bine exprimat și de Daniel C. Dennett:

“Simbolurile, spre deosebire de nodurile țesute în rețelele conexioniste, sunt mobile; ele pot fi manipulate; ele pot forma structuri mai mari, în care contribuția lor la sensul întregului poate fi o funcție definită, generabilă, a structurii - a structurii sintactice - a părților.” [Den98, pag.152].

În abordările simbolice de inteligență artificială, prelucrările sunt efectuate de un program care manipulează structuri simbolice care reprezintă cunoștințe, grupate într-o așa numită bază de cunoștințe. Programele de calcul, în acest caz, sunt

denumite sisteme bazate pe cunoștințe, caracteristica lor definitorie fiind că există o separare netă între baza de cunoștințe (care poate fi dezvoltată incremental în timp sau chiar total înlocuită cu alta) și un mecanism de efectuat raționamente. Una din cele mai grele probleme ale dezvoltării unui astfel de sistem este construirea bazei de cunoștințe, așa numita achiziție de cunoștințe sau, dintr-o perspectivă filosofică, construirea unei ontologii.

Bazele de cunoștințe pot deveni nebănuite de mari. De exemplu, pentru înțelegerea unor propoziții în limbajul uman este necesar un volum nebănuit de mărime de cunoștințe de “bun simț”, pe care le știe și un copil de câțiva ani dar care sunt foarte greu de introdus într-un program. Astfel, înțelegerea instantanee de către noi a propoziției “Am văzut Statuia Libertății zburând deasupra New-York-ului!” în sensul că vorbitorul zbura (și nu statuia), este foarte greu de realizat de calculator (pentru că ar trebui să știe că statuile nu zboară etc.).

În inteligența artificială există divergențe de opinii referitoare nu numai la abordarea, conexiunea sau simbolică, care trebuie urmată ci și dispute privind ceea ce se poate spera să se obțină. După părerea noastră, aceste dispute sunt datorate răspunsului pozitiv sau negativ dat întrebării referitoare la posibilitatea realizării de programe de calculator (de agenți sau de roboți) cu “viață psihică” sau conștiință, elemente determinante în atribuirea unui astfel de artifact a unor trăsături umane.

Există programe de calculator care pot recunoaște forme, care pot memora mult mai mult ca un om, care pot face raționamente mult mai complexe ca cele făcute de un om. În învățarea automată, în rezolvarea inteligentă de probleme și prelucrarea limbajului uman realizările de programe pentru calculator sunt însă mult mai puțin performante și este încă neclar cât de departe se va putea merge. Există, de exemplu, programe de traducere dintr-o limbă în alta, care funcționează performant pentru domenii tehnice, dar nu există (și unii spun că nu se vor putea realiza) sisteme care să traducă texte metaforice, ca să nu mai vorbim de poezie.

O concluzie a celor spuse mai sus ar putea fi că nu se știe dacă se va putea face vreodată inteligență artificială. Ceea ce putem face însă este să construim instrumente care să faciliteze ceea ce omul sigur poate: să înțeleagă.

4.3 Instrumente hermenofore

Instrumentele hermenofore sunt destinate sprijinirii activității hermeneutice umane adică a unei atitudini direcționate către înțelegerea textelor (hipertextelor, hipermedia) din partea utilizatorului sau a altor instrumente informatice, eventual bazate pe cunoștințe. Un rol important în procesul înțelegerii îl au modalitățile de a genera experiențieri, adică experiențe de trăire, fapte de viață (conform teoriei că înțelegerea necesită un proces empatic [Wri95]). Unul dintre cele mai uzitate mijloace de acest gen este folosirea metaforelor [Lak80], [Tra00c]. În acest sens se înscrie preocuparea de a dezvolta instrumente (hermenofore) pentru detectarea, adnotarea și prelucrarea metaforelor.

În general, se poate spune că nu numai metaforele ci, în general, faptele de viață reflectate în texte pot fi identificate prin tehnici de analiză a textelor, atât manuale cât și, mai ales, în contextul instrumentelor informatice și a volumului imens de texte pe web, (semi-)automate. În această categorie pot fi incluse:

- Detectoarele de colocații (concordanțierele). Această clasă de instrumente este folosită de obicei ca punct de plecare și pentru alte instrumente, cum ar fi mineritul textelor, sumarizatoarele și clasificatoarele semantice.
- Adnotatoarele sintactice sau semantice (de exemplu, “Part Of Speech Taggers”). Utilizarea combinată cu detectoarele de colocații pot duce la identificarea de grupuri sintactice (nominale, verbale etc.) sau de co-ocurențe de cuvinte sau grupuri.
- Instrumentele pentru mineritul textelor (“text mining”). Tehnici foarte răspândite sunt cele statistice, care consideră diverse caracteristici care pot fi ușor detectate în texte.
- Identificarea de structuri ascunse în hipertexte [WSD97],
- Sumarizatoarele,
- Clasificatoarele semantice,
- Căutare semantică.

Orice trăire are loc într-un context, necesită o ontologie, care poate fi considerat ca un cadru în care are loc trăirea dar și ca un rezultat al trăirii. Constituirea unei ontologii, adică a unei teorii asupra ceea ce există, este rezultatul constatării unei diversități de entități, a presupunerii unor principii ultime care prin combinații dau naștere fenomenelor și entităților experiențiate. Entitățile și fenomenele sunt caracterizate de regularitate, ceea ce ne conduce la delimitarea unor concepte. În sfârșit, un alt fapt subînțeles este că lumea este coerentă, că poate fi înțeleasă. Între hermeneutică și ontologie există legături privilegiate. Acest lucru se reflectă în faptul că multe din instrumentele enumerate mai sus au drept componentă esențială o ontologie.

În considerarea activităților hermeneutice trebuie să considerăm tocmai ceea ce este specific acestei abordări, contextul particular. În acest sens considerăm că trebuie delimitate:

- cine face hermeneutica (profesor, student, cititori de anumite categorii etc.),
- ce tip de document este analizat (articole de presă, lucrări științifice, literatură, reclame, divertisment),

- în ce scop este făcută analiza hermeneutică (căutare de texte relevante, clasificarea sau rezumarea lor, construirea de ontologii, înțelegere, semnalare evenimente),
- ce se dorește să se obțină (rezumat, ontologie, referință la un document),
- ce instrumente se folosesc (pattern-matching, concordanțiere, adnotatoare, mineritul textelor, identificarea structurilor).

5. Concluzii

Orice program de inteligență artificială (și chiar programe generale, orientate pe obiecte), trebuie să includă o reflectare a realității, o ontologie. Ideal ar fi ca el să poată însă și să poată face hermeneutică, să înțeleagă, să interpreteze texte. Este încă neclar dacă se va putea ajunge aici dar trebuie încercat, cercetările de până acum indicând că aceasta este, poate, confruntarea cea mai grea la care este pusă tehnologia informatică.

Nu se știe dacă se va putea face vreodată inteligență artificială. Ceea ce putem face însă este să construim instrumente care să faciliteze ceea ce omul sigur poate: să înțeleagă. Până la clarificarea posibilităților de a construi programe capabile de hermeneutică propunem dezvoltarea unor medii “hermenofore”, care să faciliteze activitățile hermeneutice utilizatorilor umani. Aceasta este nu un lux ci o necesitate în contextul revoluției declanșată de accesul facil oricui la imensul WWW. Deja există o varietate de astfel de instrumente care pot fi interconectate pentru a obține medii hermenofore care să faciliteze procesele de învățământ.

Bibliografie

- [AMS98] G. Attardi, S. Di Marco, and D. Salvi, “Categorisation by Context,” *Journal of Universal Computer Science*, vol. 4, pp. 718-736, 1998.
- [And83] Anderson, J.R., *The Architecture of Cognition*, 1983.
- [And90] J. A. Anderson, A. Pellionisz, Ed. Rosenfeld (eds.), *Neurocomputing 2, Directions for research*, MIT Press, 1990.
- [BaT87] 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*, Italia, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1987.
- [BIM96] Black, J.B., McClintock, An Interpretation Construction Approach to Constructivist Design, in B.G. Wilson (ed.), *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design*, Education Technology Publications, 1996.
- [BMC89] Bennet, A.F., McConkey, K.M., *Cognition in Individual and Social Contexts*, North Holland, 1989.
- [Bri] S. Bringsjord, *The Zombie Attack on the Computational Conception of Mind*, <http://www.rpi.edu/~brings/SELPA/zombies.ppr/zombies.ppr.html>.
- [Bro93] Brown, E., Chignell, M. H., Learning by Linking: Pedagogical Environments for Hypermedia Authoring, *Journal of Computing in Higher Education*, 1993, vol. 5(1), pp. 27-50.
- [BTH96] B. Molnár, St. Trausan-Matu, P. Hughes, *A Guide for Practitioners on How to Use CommonKADS and the Workbench*, PEKADS/WP3/TR/U3.4.2/1.0, Integral Solutions Limited, UK, 1996.
- [CG] Conceptual Graphs, <http://concept.cs.uah.edu/CG/cg-standard.html>
- [Cha] D. Chalmers, *Facing Up to the Problem of Consciousness*, <http://ling.ucsc.edu/~chalmers/papers/facing.html>.
- [Cli95] Clibbon, K., Conceptually Adapted Hypertext For Learning, *Proceedings of CHI'95*, http://www.acm.org/sigchi/chi95/Electronic/documnts/kc_bdy.html
- [CLF99] Cerri, S.A., Loia, V., Fontanesi, P., Bettinelli, A., Serendipitous acquisition of Web Knowledge by Agents in the context of Human Learning, THAI-ETIS, Varese, Italia, June 1999.
- [Coo97] Cooper, A., *Proiectarea interfețelor utilizator*, Ed. Tehnică, 1997.
- [CoH97] Cornell, G., Horstmann, C.S., *Core Java*, SunSoft Press, 1997.
- [Cor90] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., *Introduction to Algorithms*, The MIT Press, 1990.
- [CTr00] Constandache, G.G., St. Trăușan-Matu, *Ontologia și hermeneutica calculatoarelor*, în curs de apariție, 2000.
- [Cul94] Culiănu, I.P., *Eros și magie în Renaștere; 1484*, Nemira, București 1994.
- [Den98] D. Dennett, *Tipuri mentale*, Ed. Humanitas, 1998.
- [DOM] <http://www.w3.org/DOM>
- [Ede00] M. Edelman, Se poate construi un obiect conștient?, în [CTr00].
- [Eis88] Eisenstadt, M., Motta, E., Pitman, K., West, M., Support for Knowledge Acquisition in the Knowledge Engineer's Assistant (KEATS), *Expert Systems*, feb. 1988, vol. 5, nr. 1, pp. 6-27.
- [Eis90] Eisenstadt, M., Domingue, J., Rajan, T., Motta, E., Visual Knowledge Engineering, *IEEE Transactions on Software Engineering*, oct. 1990, vol. 16, nr. 10, pp. 1164-1177.
- [Eng95] Engelbart, D.G., Toward Augmenting the Human Intellect and Boosting our Collective IQ, *CACM No.8, Vol.38, Aug. 95*, pp. 30-33.
- [Eri95] Erickson, T.D., Working with Interface Metaphors, in R.M. Baecker and all, *Readings in Human-Computer Interaction: Toward the Year 2000.*, Morgan Kaufman, 1995, p.147-150.
- [ErK97] Ertl, B., Kraan, A.G., Internet-Based Learning Environments from a Constructivist point of view, *Proceedings of RILW, Ilieni, 1997*, p. 17-21.
- [GSN98] Van Guilenburg, J.J., Scholten, O., Noomen, G.W., *Știința comunicării*, Ed. Humanitas, 1998.
- [Fod88] J.A. Fodor, Z.W. Pylyshyn, Connectionism and cognitive architecture: a critical analysis, *Cognition* 28: 3-72, 1988.
- [Framenet] <http://www.icsi.berkeley.edu/~framenet>

- [Gam89] Gazdar, G., Mellish, C., Natural Language Processing in LISP - an Introduction to Computational Linguistics. Addison-Wesley: Reading, MA. 1989
- [Ges90] Gessner, R., Building a Hypertext System, Dr. Dobb's Journal, iunie 1990, pp. 22-31.
- [Gon26] F.Gonseth, Les Fondements des Mathematiques, A. Blanchard, Paris, pag. V., 1926.
- [Gru96] Gruber, T., What is an Ontology, <http://www.kr.org/top/definitions.html>
- [Gus94] Gustafsson, M., Menezes, W., CommonKADS Reference Manual, KADS-II/P2/WP/CP/011/1.0, KADS Consortium, ESPRIT KADS-II P5248, 1994.
- [Hall] H.Hall, Phenomenology, Encyclopedia of Artificial Intelligence, pp. 1131-1137.
- [Har00] Haroche, Poate fi depășit dualismul?, în [Ctr00].
- [Jol83] Johnson-Laird, P.N., Mental Models - Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness, Cambridge Univ. Press, 1983.
- [Jol92] Johnson-Laird, P.N., Mental Models, in S. Shapiro, Encyclopedia of Artificial Intelligence, John Wiley & Sons, 1992
- [KIF] Knowledge Interchange Format,
- [Kin90] King, T., A Self-Referential Hypertext Engine, Dr. Dobb's Journal, iunie 1990, pp. 34-38.
- [Lak80] Lakoff, G., Johnson, M., Metaphors We Live by, The University of Chicago Press, 1980.
- [Lie96] Lieury, A., Manual de psihologie generală, Ed. Antet, 1996.
- [Lor96] Loren Buhle, E. and all, Webmaster's Professional Reference, New Riders Publishing, 1996.
- [LPJ94] Liu, C., Peek, J., Jones, R., Buus, B., Nye, A., Managing Internet Information Services, O'Reilly, 1994.
- [LyH99] Lynch, P.J., Horton, S., Yale Style Manual, <http://info.med.yale.edu/caim/manual>
- [MHD] J.C. Mallery, R. Hurwitz, G. Duffy, Hermeneutics, Encyclopedia of Artificial Intelligence, pp. 596-611.
- [Man88] Mann, W.C., Text Generation. The Problem of Text Structure, in D.McDonald, L.Bole, Natural Language Generation Systems, Springer-Verlag, 1988
- [Mar97] Marcus, S., Empatie și personalitate, Ed. Atos, 1997.
- [MiB99] Mizoguchi, R., Bourdeau, J., Ontology-aware systems in AI-ED research, AI-ED Conference, Le Mans, France, 1999
- [Mic94] Miclea, M., Psihologie cognitivă, Gloria S.R.L., Cluj-Napoca, 1994
- [Mik] Mikrokosmos, <http://crl.nmsu.edu/Research/Projects/mikro/index.html>
- [Min75] Minsky, M., A Framework for representing knowledge, in P. Winston (ed.), The Psychology of Computer Vision, Mc Graw-Hill, 1975.
- [Muc96] Mucchielli, A., Noua psihologie, Ed. științifică, București, 1996.
- [Nel95] Nelson, T.H., The Heart of Connection: Hypermedia Unified by Transclusion, CACM No.8, Vol.38, Aug. 95, pp. 31-33.
- [Niv99] B. Nicolescu, Transdisciplinaritatea, Ed. Polirom, 1999.
- [OML] Ontology Markup Language,
<http://wave.eecs.wsu.edu/CKRMI/OML.html>, <http://www.oasis-open.org/cover/oml9808.html>
- [Pla83] Platon, Opere IV, Editura științifică și Enciclopedică, Bucureți, 1983.
- [Pla86] Platon, Opere V, Editura științifică și Enciclopedică, Bucureți, 1986.
- [Pop81] K. Popper, Logica Cercetării, Ed. St. și Encicl., 1981.
- [Rad91] Rada R., Hypertext: from Text to Expertext, McGraw-Hill, 1991.
- [RDF] RDF Specification, <http://www.w3.org>, 1999.
- [RDFS] RDF Schema Specification, W3C, <http://www.w3.org/TR/WD-rdf-schema>, 1999.
- [Self] Self, J., Computational Mathematics, Univ. of Leeds.
- [SGML] SGML web page, <http://www.sil.org/sgml/>
- [SHOE] SHOE <http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/>
- [Sow99] J. Sowa, Knowledge Representation: Logical, Philosophical and Computational Foundations, Brooke Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, 1999.
- [Ste90] Stevens, A., Hypertree: a Hypertext Index Technique, Dr. Dobb's Journal, iunie 1990, pp. 135-140.
- [Str92] Streitz, N., Haake, J., SEPIA: A Cooperative Hypermedia Authoring Environment, Proc. Of the 4th ACM Conf. On Hypertext (ECHT'92), Milan, 1992, <ftp://ftp.darmstadt.gmd.de/pub/ocean/SEPIApaper.ps.Z>
- [SUN95] Rick Levine, Guide to Web Style, SUN Microsystems Inc., 1995, <http://www.sun.com/styleguide/tables/>
- [THH94] Thiring, M., Hannemann, J., Haake, J.M., What's Eliza doing in the Chinese Room? Incoherent Hyperdocuments - and how to avoid them
- [THH95] Thiring, M., Hannemann, J., Haake, J.M., Hypermedia and Cognition: Designing for Comprehension, Communications of the ACM, vol.38, no. 8, pp. 57-66, aug. 1995.
- [Tra94a] Ștefan Trausan-Matu, Interfete Evolute. Note de curs. 1994
- [Tra94b] Ștefan Trausan-Matu, Sisteme de dezvoltare asistata de calculator a programelor; ingineria inversa a programelor. Teza de doctorat, UPB, 1994
- [Tra94c] Ștefan Trausan-Matu, Dezvoltarea orientata spre obiecte a programelor, , in Revista Romana de Informatica si Automatica, vol.4, nr.4, 1994, pag. 15-21.
- [Tra94d] Ștefan Trausan-Matu, Inteligenta artificiala, in revista Academica, anul V, I(49), noiembrie 1994.
- [Tra95] Ștefan Trausan-Matu, Programe inteligente pentru asistarea invatarii, in Revista Romana de Informatica si Automatica, vol.5, nr.4, 1995, pag. 7-16.

- [TrL95] Ștefan Trăușan-Matu, Lopătan, C., Specificații de proiectare a unui mediu de generare de sisteme hipertext pentru structurarea /și conceptualizarea cunoștințelor din texte, Grant CNCUSU: Instrumente informatice cognitive pentru asistarea cu calculatorul a procesului de învățare, noiembrie 1995
- [TrN95] Ștefan Trausan-Matu, Negreanu, L., Definirea unui formalism de reprezentare a cunoștințelor unui student aflat într-un proces de instruire, Raport RR-9, Centrul de Cercetări Avansate în Învățarea Automată, Prelucrarea Limbajului Natural și Modelare Conceptuală, Academia Română, 1995.
- [Tra96] Ștefan Trausan-Matu, Integrarea sistemului de asistare a instruirii cu un sistem de înțelegere și generare a limbajului natural, raport RR-18, Academia Română, CCAIAPLNM, dec. 1996.
- [TrN96] Ștefan Trausan-Matu, Negreanu, L., Sistem inteligent de asistare a instruirii, raport RACAI, RR-14, Academia Română, iunie 96.
- [Tra97a] Ștefan Trăușan-Matu, Ștefan Alexe, Studiu asupra cunoștințelor imagistice și a rolului lor în învățare, Raport RACAI RR-21, Academia Română, Iunie 1997
- [Tra97b] Ștefan Trăușan-Matu, Sistem bazat pe cunoștințe pentru generarea de hipertext WWW în scop didactic, Grant CNCUSU: Instrumente informatice cognitive pentru asistarea cu calculatorul a procesului de învățare, noiembrie 1997.
- [Tra97c] Ștefan Trausan-Matu, Knowledge-Based, Automatic Generation of Educational Web Pages, in Proceedings of Internet as a Vehicle for Teaching Workshop, Ilieni, iun. 1997, pp.141-148. Vezi și <http://rilw.emp.paed.uni-muenchen.de/97/Trausan.html>
- [TNA98] Ștefan Trăușan-Matu, Negreanu, L., Alexe, Șt., Studiu asupra modelării mentale, semanticii și pragmaticii în dialogul student - sistem inteligent de instruire, Raport RACAI RR-31, Iunie 1998.
- [Lar] LarFLaST, <http://www-it.fmi.uni-sofia.bg/larflast/>
- [Tra99a] Ștefan Trausan-Matu, Web Page Generation Facilitating Conceptualization and Immersion for Learning Finance Terminology, Proceedings of RILW99, <http://rilw.emp.paed.uni-muenchen.de/99/papers/Trausan.html>
- [Tra99b] Ștefan Trausan-Matu, Produs program pentru generare dinamică de pagini de Web într-un sistem de instruire inteligent, RACAI Report RR-47.
- [Tra00a] Ștefan Trausan-Matu, Intelligent personalizing web pages and understanding facilities, Proceedings of WITREC-2000, Montpellier, France, <http://www.lirmm.fr/WITREC>
- [Tra00b] Ștefan Trausan-Matu, Immersive Contexts for Learning Foreign Terminology on the Web, Proceedings of WITREC-2000, Montpellier, France, <http://www.lirmm.fr/WITREC>
- [Tra00c] Ștefan Trausan-Matu, Metaphor Processing for Learning Terminology on the Web, accepted at AIMSA-2000.
- [Tra00d] Ștefan Trăușan-Matu, Psihologia roboților, în [CTr00].
- [Tra00e] Ștefan Trăușan-Matu. Sistem de instruire centrat ontologic, in Lucrările CITTI 2000.
- [Tra00f] Ștefan Trăușan-Matu. Interfațarea evoluată om-calculator, MatrixRom, 2000.
- [UIML] Harmonia, The UIML Vision, www.harmonia.com.
- [Vav90] Van Der Veer, G.C., Human-Computer Interaction; Learning, Individual Differences, And Design Recommendations, Offsetdrukkerij Haveka B.V., 1990
- [VHG98a] Murray-Rust, P., West, L., Knowledge, Language and Semantics: XML and VHGTTM, <http://www.vhg.org.uk/pub/aslib98.html>
- [VHG98b] Murray-Rust, P., West, The Virtual HyperGlossary - adding semantics and ontology to XML, <http://www.gca.org/conf/meta98/xmldev98/peterm-r.htm>
- [Vos90] Vose, M., Notenboom, L., Building an Efficient Help System, Dr. Dobb's Journal, iunie 1990, pp. 40-48.
- [Wes97] D.West, Hermeneutic Computer Science, CACM, Vol.40, No.4, pp. 115-116, 1997.
- [Wie94] Wielinga, B. J.(ed.), Expertise Model Definition Document, ESPRIT Project P5248 KADS-II/M2/UvA/026/5.0, University of Amsterdam, 1994.
- [Wil96] B.G. Wilson (ed.), Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design, Education Technology Publications, 1996
- [Win87] T. Winograd, Thinking machines: Can there be? Are we?, Report No. STAN-CS-87-1161, Stanford, 1987.
- [WN] WordNet, <http://www.cogsci.princeton.edu/~wn/>
- [Wri95] von Wright, G.H., Explicație și înțelegere, Humanitas, 1995.
- [WSD97] <http://www.research.att.com/~suciu/workshop-papers.html>
- [XML] <http://www.w3.org/XML>
- [XSL] <http://www.w3.org/XSL>