SYSTEM TUTORIAL —UN SALT ÎN LOGICA FUZZY

as.ing. Alexandru Şerbănescu
ing. Alexandru Popa

Universitatea Politehnica *Bucureşti*

Rezumat: Lucrarea este dedicată tehnicilor moderne de învăţare cu ajutorul calculatorului, fiind prezentat un tutorial conceput în scopul însuşirii rapide a logicii fuzzy cu ajutorul facilităţilor oferite de multimedia şi Internet. Sunt prezentate de asemenea câteva din principiile care stau la baza unor asemenea instrumente de învăţare.

Cuvinte cheie: tutorial, sisteme fuzzy multimedia.

1. Introducere

Învăţarea cu ajutorul calculatorului a cunoscut o rapidă dezvoltare datorită posibilităţilor hardware, care au crescut spectaculos în ultimul timp. Principalele motive care au stat la baza acestei dezvoltări au fost generate de interfaţa prietenoasă şi de posibilităţile oferite de domenii noi, cum ar fi Internetul şi inteligenţa artificială. În prezent, cele mai avansate interfeţe utilizează inteligenţa artificială, care se bazează pe unele concepte relativ noi cum ar fi reţelele neurale, algoritmii genetici şi logica fuzzy.

Scopul lucrării noastre a fost de a dezvolta un tutorial interactiv, cu facilităţi Internet şi multimedia, în scopul uşurării înţelegerii şi învăţării unor concepte din logica fuzzy, în acest caz, şi, în general, a oricărui concept sau lucru care trebuie înţeles de cineva. Tot mai mulţi oameni beneficiază de avantajele oferite de inteligenţa artificială şi de unele tehnici moderne, care includ logică fuzzy, iar acest instrument prietenos sperăm că îi va ajuta să înţeleagă una din tehnicile importante care stau la baza lor. Este evident că o simulare 3D, un film sau un material vorbit pot spune mult mai mult decât o pot face textele scrise. Dezvoltarea societăţii moderne se bazează pe progresul tehnic care, în schimb, generează o creştere continuă a complexităţii lumii în care trăim. Această problemă trebuie depăşită de societate şi cel mai bun mijloc de a realiza acest lucru este acela de a utiliza noile facilităţi oferite de dispozitivele moderne, care au generat această necesitate. Multimedia ne poate ajuta să dobândim şi să înţelegem mai repede cunoştinţe chiar cu un grad înalt de abstracţiune. Facilităţile Internet oferă accesul la o bază de date enormă şi, în plus, posibilitatea interconectării între persoane cu interese similare. Tutorialul dezvoltat îşi propune să integreze toate aceste facilităţi.

2. Structura

O bună prezentare destinată satisfacerii scopului pentru care a fost concepută – o comunicare eficientă (rapidă şi cuprinzătoare), trebuie să permită celui ce o urmăreşte să facă acest lucru relaxat şi fără să se plictisească. Unele din căile prin care se poate realiza aceasta sunt:

- utilizarea unei varietăţi de forme în care subiectul uman primeşte informaţia;
- evitarea monotoniei în expunere;
- interacţiunea cu utilizatorul pentru a crea sentimentul de participare;
- utilizarea unor elemente estetice, care să atragă atenţia, dar cu precauţie pentru a nu genera oboseală excesivă;
- punerea accentului pe elementele importante atât în conţinut, cât şi prin formă.

Cea mai mare parte din informaţia pe care o recepţionăm prin simţuri este de natură vizuală şi auditivă. Dacă putem asocia unor imagini vizuale sunete, conexiunea ce se formează în creierul uman face întregul mult mai uşor de reţinut.

Până în prezent, cel mai uşor mod de a interacţiona cu calculatorul este prin intermediul unei interfeţe grafice. De aceea, o succesiune de imagini cu un aspect plăcut, însoţită de un fundal sonor adecvat, poate reprezenta o bună soluţie. Pentru a evita monotonia, se recomandă schimbarea continuă a unor elemente. Interfaţa grafică are la bază interacţiunea subiectului uman cu obiecte grafice, obligându-l pe acesta să ia unele decizii, alegând din mai multe posibilităţi care i se oferă. Suportul CD-ROM oferă posibilitatea stocării unei cantităţi foarte mari de date, putând fi astfel incluse imagini, filme, sunete şi animaţii. Amintim câteva dintre calităţile pe care trebuie să le îndeplinească interfaţa cu utilizatorul în astfel de prezentări care au fost enunţate de prof. Imme de Bruijn (University of Twente-Olanda) cu ocazia conferinţei internaţionale COMBELET'99 (Computer Based Experiments, Learning and Teaching), organizată de Wroclaw University of Technology (Polonia):

- o împărţire strictă în cadre;
- imagini clare şi de bună calitate în poziţii fixe;
- evitarea excesului de text;
- utilizarea raţională a butoanelor;

Structura generală a tutorialului se poate asemăna cu cea a unui arbore cu un trunchi central şi mai multe ramuri, acoperit cu o plasă pe

deasupra, permiţând atât incursiunea rapidă într-o secţiune de interes, cât şi parcurgerea secvenţială a secţiunilor într-o ordine firească. Practic există o pagină de intrare şi o introducere urmate de pagina centrală. Din aceasta se poate trece, practic, în orice secţiune a prezentării sau se poate continua cu prezentarea teoretica. Această pagină conţine mai multe animaţii sugestive, ce se activează succesiv, reprezentând link-uri active la principalele secţiuni. Deasupra fiecărei animaţii există titlul secţiunii respective. Utilizatorul poate să intre în secţiunea respectivă printr-un clic pe titlu sau printr-un clic pe animaţia corespunzătoare, însă numai când aceasta este activă, altfel click-ul neavând nici un efect. Pe toate paginile există un buton de *Exit* şi un buton pentru întoarcerea în pagina de nivel ierarhic superior. Structura pe module a tutorialului poate fi văzută în figura 1, arcele reprezentând posibile direcţii de deplasare.

În general, se recomandă o structură tip "pagină cu pagină", dar, în cazul nostru, am ajuns la concluzia că densitatea informaţiei ar deveni prea mică, tutorialul prea stufos şi, în consecinţă, mai greu de parcurs.

O altă problemă este legată de uniformiatea interfeţei grafice. În general, se recomandă ca butoanele şi alte elemente grafice, cum ar fi zona de lucru (working area) sau poziţia imaginilor să nu se schimbe de-a lungul tutorialului. Acest lucru, însă, induce o stare de monotonie, care poate provoca o scădere a atenţiei utilizatorului, lucru deloc de dorit. În general, am respectat această recomandare, dar nu strict, încercând să personalizăm puţin anumite pagini. Concret, în general, variaţiile constau fie în faptul că imaginile erau plasate în aceeaşi zonă, dar diferit poziţionate, fie că butoanele se găseau în poziţii diferite, dar totdeauna grupate şi aşezate într-o margine, vizibil şi la îndemână. Ideea de bază a fost, în general, de a adapta forma în care se face expunerea ideii pe care trebuie să o reprezinte.

Tutorialul începe cu o abordare teoretică a domeniului (detalii suplimentare în [1],[2]). Sunt prezentate, mai întâi, conceptele de bază într-o manieră intuitivă, dar riguroasă, cu ajutorul unor animaţii şi exemple sugestive. Ulterior, structuri fuzzy complexe sunt descrise cu studii de caz şi explicaţii detaliate. Apoi, se trece la a doua secţiune numită "Studii de caz şi simulare", care include, în prima parte, o serie de descrieri a unor sisteme

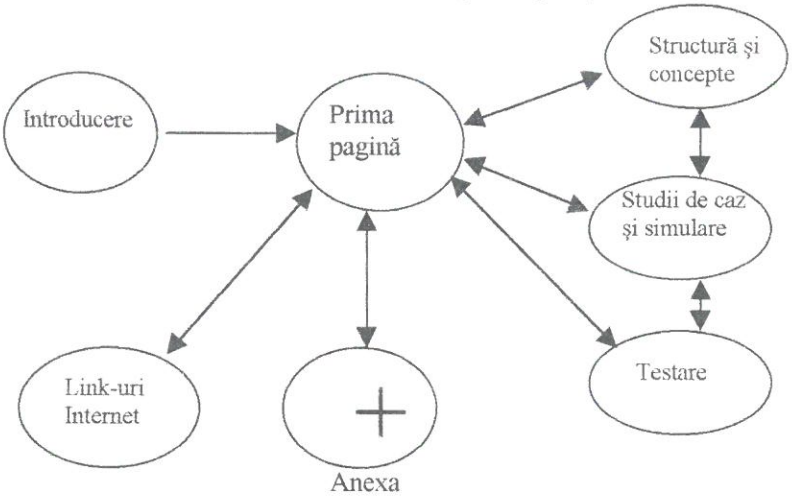
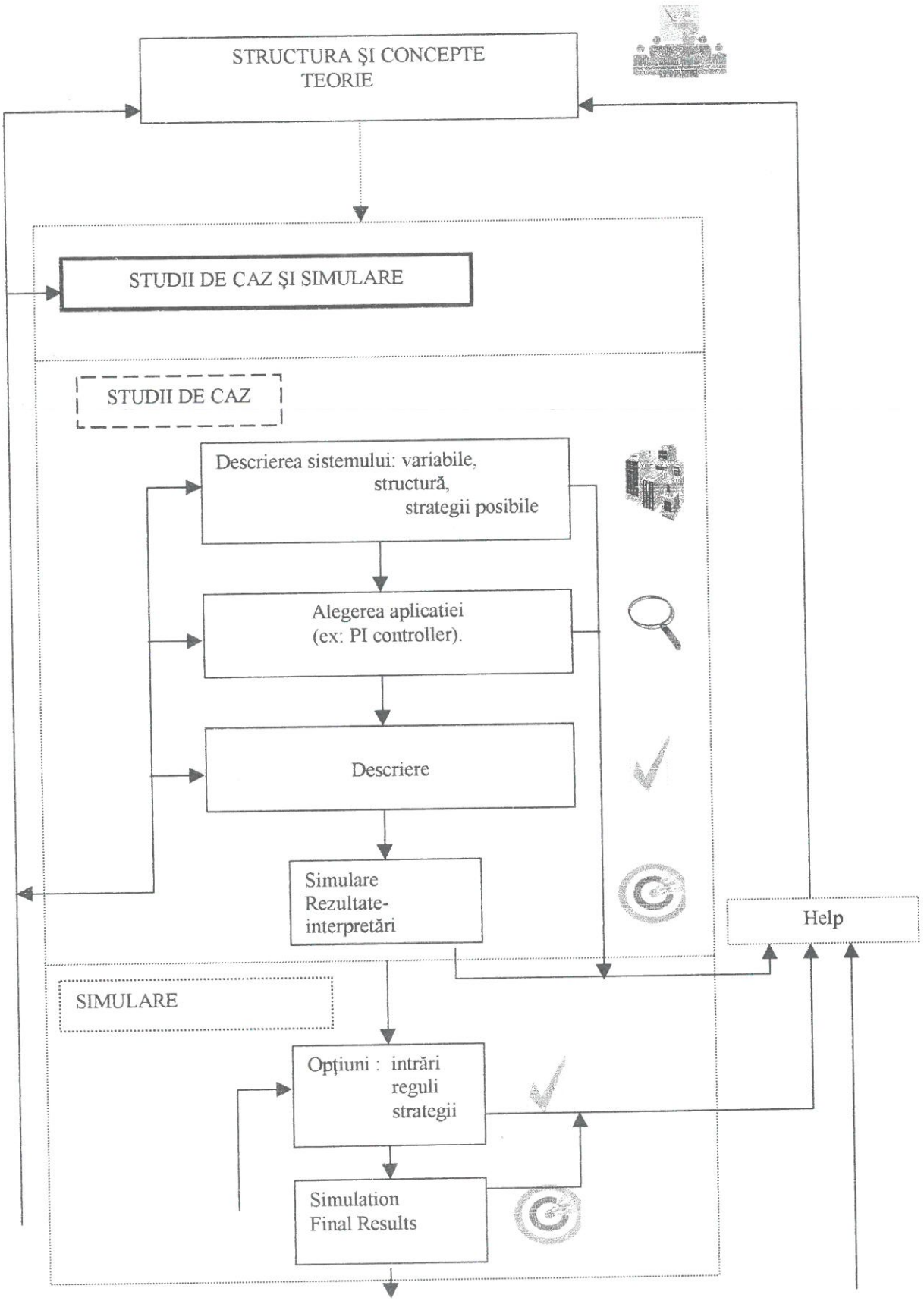


Figura 1. Structura pe module

Compromisul a constat în faptul că fiecare capitol a fost spart în probleme şi, ulterior, în subprobleme fiecărei subprobleme fiindu-i alocată o pagină. În consecinţă, majoritatea textbox-urilor au scrollbar, dar ne-am ferit ca lungimea textului să depăşească 2.5 din înălţimea textbox-ului întrucât lucrarea devenea greu de urmărit.

fuzzy, al căror răspuns este simulat în diverse situaţii reprezentative. Utilizatorul poate alege aplicaţia sau le poate parcurge pe toate, integral sau parţial, putând oricând să revină în pagina principală a secţiunii. Simulările sunt însoţite de comentarii şi de concluzii. Se trece, apoi, la partea de simulare în care se pot stabili funcţiile de transfer ale intrărilor şi ale procesului şi se pot stabili unii parametri ai regulatoarelor fuzzy, cum ar fi funcţiile de apartenenţă şi tabelele de reguli.

Tutorialul are următoarea structură:


STRUCTURA ŞI CONCEPTE
TEORIE
STUDII DE CAZ ŞI SIMULARE
STUDII DE CAZ
Descrierea sistemului: variabile,
structură,
strategii posibile
Alegerea aplicatiei
(ex: PI controller).
Descriere
Simulare
Rezultate-
interpretări
Help
SIMULARE
Opţiuni : intrări
reguli
strategii
Simulation
Final Results

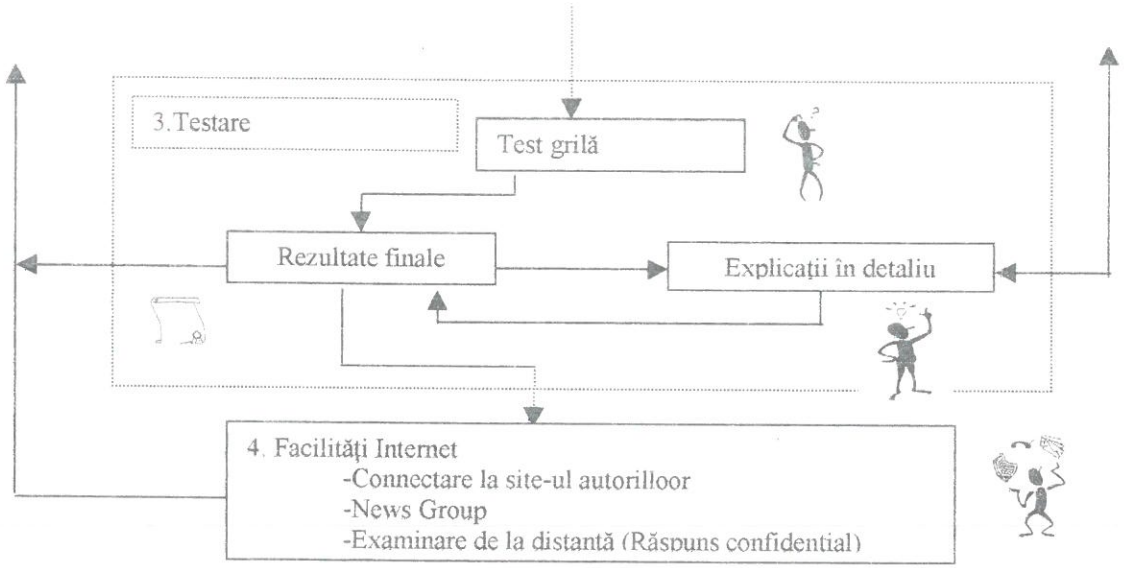


Figura 2. Structura funcțională

După stabilirea tuturor parametrilor, utilizatorul poate porni procesul de simulare. În final, există o secțiune test, care cuprinde un set de întrebări grilă. La sfârșit, se afișează punctajul obținut, existând astfel posibilitatea verificării răspunsurilor cu explicații detaliate.

Ultima secțiune cuprinde o serie de facilități Internet cum ar fi legături la site-ul autorilor, cu posibilități de up-grate sau posibilitatea unei examinări de la distanță. CD-ul conține o anexă cu câteva explicații privind posibilitățile de utilizare a Fuzzy Toolbox din Matlab și date legate de sisteme ce includ logică fuzzy, cum ar fi unele circuite integrate sau exemple de aplicații.

3. Prezentarea teoretică

Prima secțiune este dedicată introducerii în logica fuzzy, prezentându-se unele rațiuni care au stat la baza dezvoltării acestui domeniu. Numeroase cercetări au fost întreprinse în ultimii ani și au fost scrise numeroase cărți și articole de specialitate (vezi [3], [4]).

În unele applicații în care modelul procesului nu este accesibil sau se modifică rapid, controlul uman s-a dovedit a fi mai eficient decât cel bazat pe tehnicile clasice de reglare. După cum se știe, atunci când se află în fața unor probleme reale, oamenii utilizează categorii sau clase de echivalență pentru a formaliza caracteristicile unui anumit element din universul înconjurător. Odată principalele caracteristici fiind stabilite, se trag concluzii și se iau decizii pe baza acestora. Spre exemplu, putem considera că persoana x este tânără și că are timp liber. Pornind de la această ipoteză, putem trage concluzia că ar putea să plece într-o excursie și că, în consecință, ar putea să ne ia și pe noi cu mașina până la o destinație comună. Avem practic două caracteristici: vârsta și timpul liber. Pentru prima, putem considera trei categorii: tânăr, vârsta medie și în vârstă; iar, pentru a cealaltă două: da și nu. Bineînțeles, în acest caz, "da" și "nu" nu au semnificația clasică din logica booleană. Zadeh definește o mulțime fuzzy ca fiind o "clasă cu frontieră netedă", unde, prin neted, înțelegem o derivată mărginită în modul, adică o trecere fără salturi bruște, de la existența unei calități la lipsa ei. În general, putem considera o persoană de 29 de ani parțial tânără și parțial de vârstă medie. Acest fapt poate fi reprezentat cu ajutorul unor funcții de apartenență, cu valoarea maximă 1, spunând că acea persoană este tânără cu o pondere de 0.9 și de vârstă medie cu o pondere de 0.4. Cea mai uzuală formă de reprezentare a mulțimilor fuzzy este cea prin intermediul funcțiilor de apartenență. În cazul nostru, pentru caracteristica vârstă, acestea ar putea să arate în felul următor:

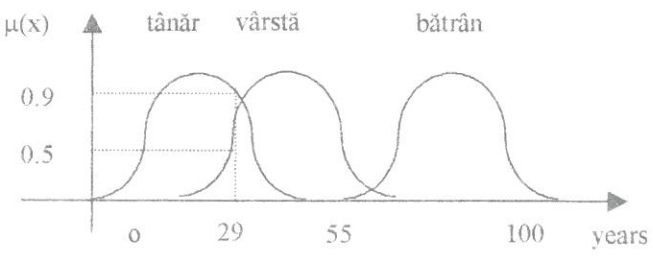


Figura 3. Funcții de apartenență sigmoidale pentru caracteristica vârstă

Pentru a ușura acomodarea cu noile noțiuni și din cauză că sistemele fuzzy sunt atât de legate de

gândirea şi de acţiunile de zi cu zi ale oamenilor, am prezentat toate aceste noţiuni noi într-o manieră intuitivă, utilizând animaţii şi desene sugestive.

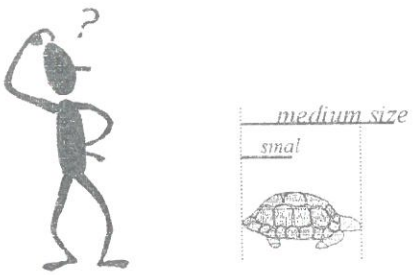


Figura 4. Desen inclus în prezentare

Spre exemplu, 4 din proprietăţile cel mai frecvent "fuzificate" sunt:

- aparţine;
- este posibil;
- este necesar;
- este egal.

Pentru fiecare din cele 4 proprietăţi enunţate mai sus, a fost realizat un desen sugestiv, care să reprezinte grafic înţelesul lor într-o "exprimare metaforică" (figura 5). Prin termenul enunţat anterior, înţelegem o formă estetică, reprezentând o idee. Pentru transmiterea mesajului, putem utiliza un mod explicit, te uiţi la imagine şi constaţi o stare de fapt, sau, implicit, imaginea îţi sugerează că în secvenţa următoare se va întâmpla ceva.

4. Studii de caz şi simulare

Această secţiune prezintă, în prima parte, descrierea câtorva structuri ce includ sisteme fuzzy. Se face, mai întâi, o scurtă introducere a aplicaţiilor, care cuprinde descrierea procesului, sistemul global şi caracteristicile componentei fuzzy (figura 6). Sunt descrise obiectivele (ce se doreşte), structura fuzzy (intrări, ieşiri şi reguli) şi o descriere funcţională. În final, este făcută o paralelă cu controlul clasic.

Urmează, apoi, cea de-a doua parte dedicată simulării comportării unor sisteme descrise la pasul anterior. În partea introductivă, se vor prezenta câteva strategii ce pot fi folosite pentru atingerea unor obiective. Apoi, se vor alege funcţiile de transfer pentru intrări şi proces şi unii parametri ai componentei fuzzy, cum ar fi domeniul şi caracteristicile funcţiilor de apartenenţă, setarea unor valori în tabele de reguli.

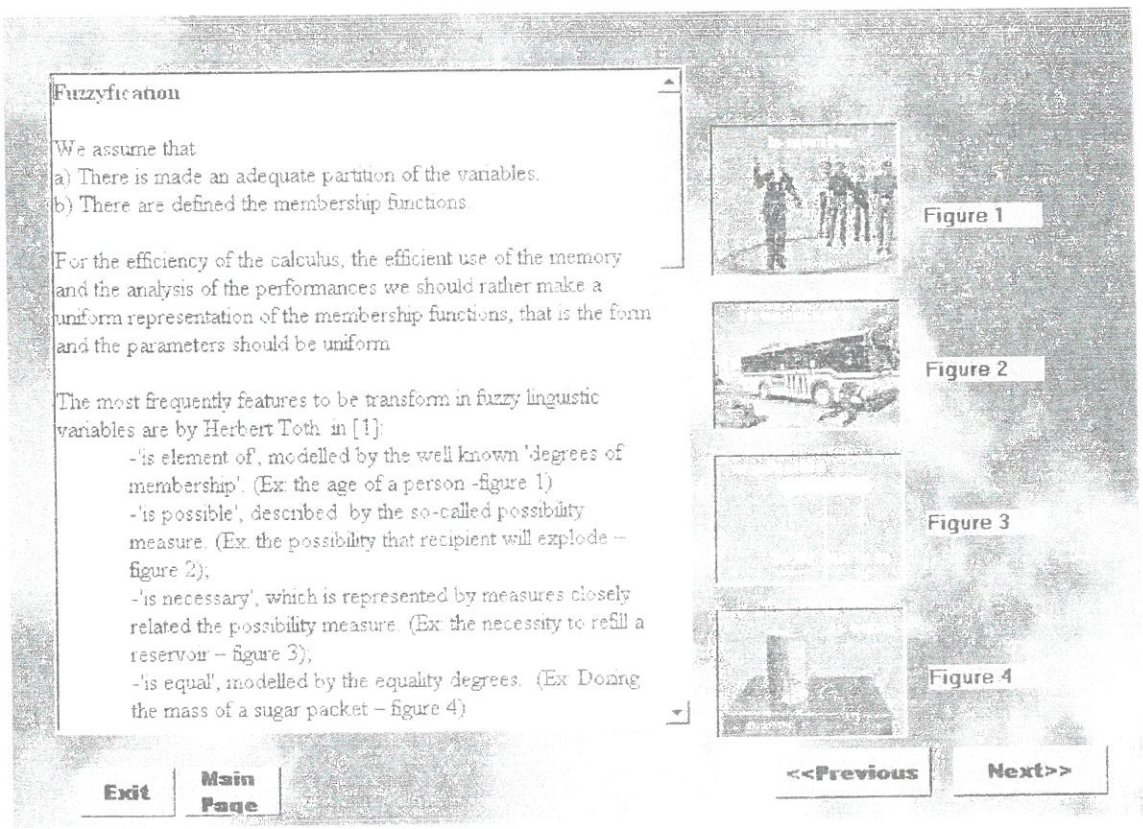


Figura 5. Exemplu de reprezentare metaforică a unor concepte cu caracter abstract

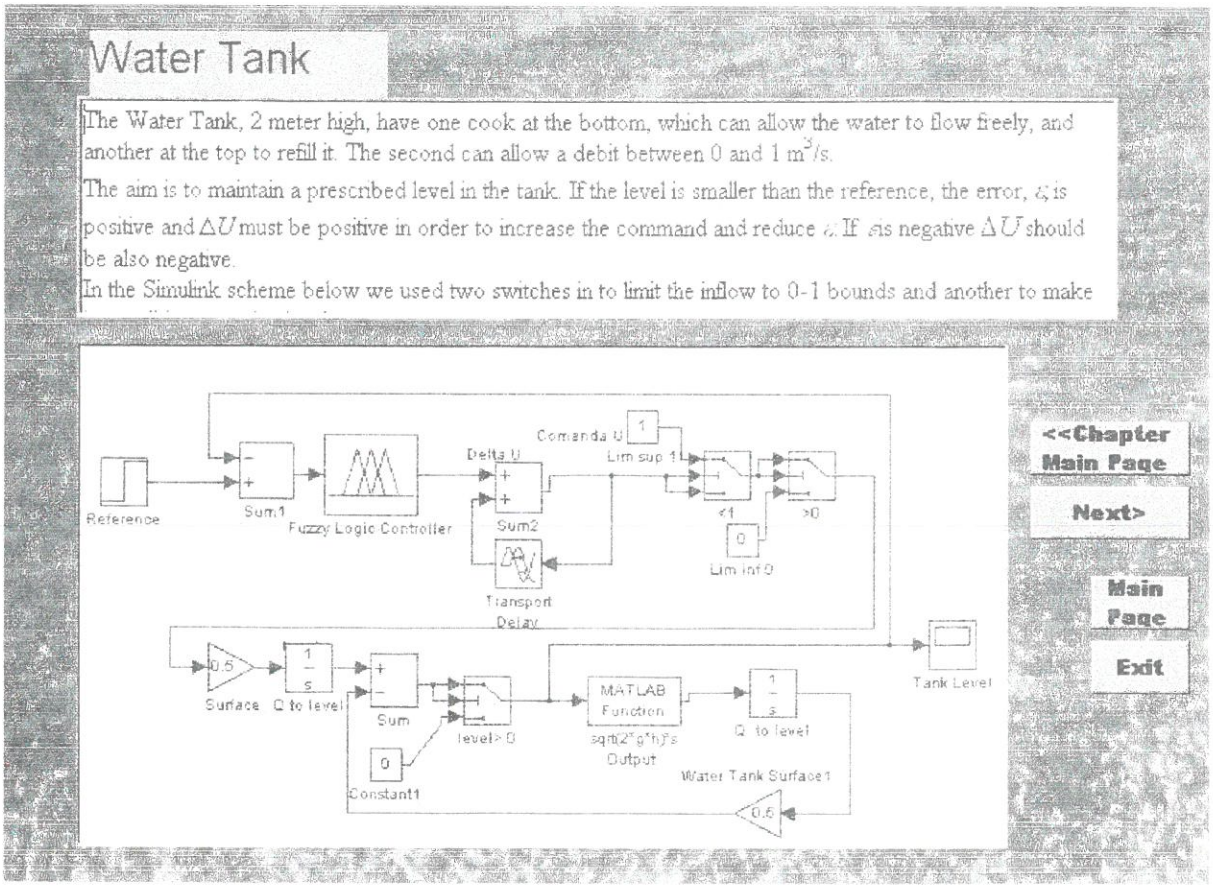
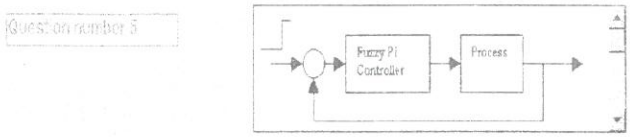


Figura 6

Când toţi aceşti paşi au fost parcurşi simularea poate începe. De-a lungul întregii secţiuni, prin apăsarea butonului Help, se poate deschide o fereastră cu explicaţii.



5. Verificare cunoştinţe

Secţiunea de testare conţine 20 de întrebări grilă, iar, în final, există posibilitatea vizualizării punctajului obţinut. Fiecare pagină conţine o întrebare, informaţiile conexe şi 4 butoane ca în figura 5. Pentru a vizualiza anumite date care nu încap integral în fereastră există scrollbar-uri. Cele 4 butoane au următoarele funcţii:

Next → pagina următoare;

Finish → se încheie testul şi se afişează pagina rezultatelor;

Exit → părăsirea testului fără vizualizarea rezultatelor şi întoarcerea în pagina principală;

Help → apelare help.

După apăsarea butonului *next*, este solicitată confirmarea răspunsului. Dacă răspunsul este "*nu*", atunci se revine la întrebarea curentă iar dacă este "*da*", se trece la întrebarea următoare. După parcurgerea tuturor întrebărilor, va fi afişată pagina cu

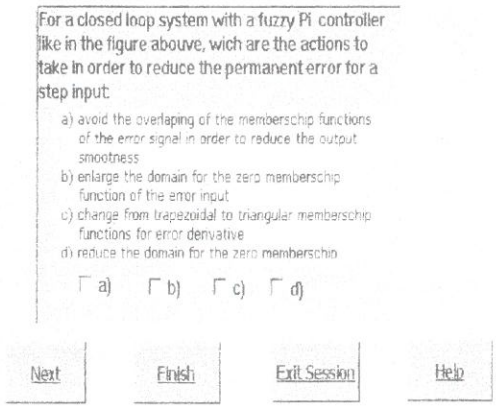


Figura 7. Pagina ce conţine o întrebare

rezultate. Fiecare întrebare va fi punctată cu 1 punct. Întrebările vor fi listate cu calificativul "*corect*" sau "*incorect*" şi scorul total va fi calculat. Dacă se face un dublu click pe întrebare, o fereastră de *help* va apare conţinând răspunsul corect, însoţit de explicaţii

detaliate. Unele părți din text vor fi link-uri active, legând cuvinte cheie la definiții din *help*-ul principal.

6. Facilități Internet

Tutorialul este conceput ca o structură deschisă și va fi subiectul unor dezvoltări ulterioare. Această secțiune conține link-uri la site-ul autorilor și alte site-uri de interes. În plus, va exista posibilitatea unei testări de la distanță, iar rezultatul ce va avea un caracter confidențial va putea fi trimis la o adresă specificată de utilizator.

7. Concluzii

Creșterea continuă a volumului de informații și utilizarea tehnologiilor moderne necesită acumularea și înțelegerea unui număr tot mai mare de cunoștințe, de către tot mai mulți oameni. Tehnicile moderne de învățare, pentru a fi eficiente, trebuie să aibă un anumit grad de interactivitate cu subiectul uman și să transmită informația pe mai multe canale (sunete și imagini) într-o manieră asociativă. Forma nu trebuie să fie excesiv de variată, dar suficient de adaptată conținutului, pentru a transmite ideile cât mai firesc.

În viitor, se așteaptă o puternică dezvoltare a acestui domeniu atât datorită unei creșteri continue a cererii pe piață, cât și datorită progreselor realizate de realitatea virtuală.

Bibliografie

1. **ZADEH, L. A.**: Fuzzy Control: Issues, Contentions and Perspectives. În: Proc. of IFAC 13th Triennial Congress, San Francisco, USA, 1996, pp 35-38.
2. **TOTH, H.**: From Fuzzy-set Theory to Fuzzy Set-Theory: Some Critical Remarks on existing concepts. În: Proc. of the International Fuzzy System Association IFSA, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 23, No.2, August, 1987, pp 219-237.
3. **POPESCU, D., I. DUMITRACHE, I. TĂBUȘ, D. ȘTEFĂNOIU, S. GENTIL, J-FR. SERIGNAT, P. MUNTEANU, L. LEYVAL**: Commande Numérique et Intelligence Artificielle en Automatique, Editura Tehnică, Bucharest, 1997, pp 122-134.
4. **BAUER, P., ST. NOUAK, R. WINKLER**: A brief Course in Fuzzy Logic and Fuzzy Control, http://www.flll.uni-linz.ac.at/pdw/fuzzy/fuzzy.html; December 1996.
5. **STĂNCIULESCU, FL.**: Sistem de control fuzzy. În: Revista Română de Informatică si Automatică, vol.7, nr. 2, 1997, pp 29-38.
6. **DEAC, G., L. DOMȘA**: Windows'95 Tutorial. S.C. SIMS CD S.H.C., Baia Mare, CD-ROM edition, 1996.