

CONTRIBUȚII LA MODELAREA ȘI ANALIZA RELAȚIONALĂ A INSTRUIRII ASISTATE DE CALCULATOR

Carmen Dumitrescu

cdumit2002@yahoo.com

Universitatea Maritimă din Constanța

Rezumat: Lucrarea prezintă rezultate din domeniul etapizării tehnologiei de proiectare a programei destinate unui sistem de instruire asistată de calculator și sunt analizate unele tehnici folosite în prezent pentru reprezentarea prin matrice relaționale a distribuției dozelor de cunoștințe în programa de instruire asistată de calculator. Se propun noi metode de reprezentare și analiză, bazate pe teoria grafurilor.

Cuvinte cheie: modelare, instruire asistată de calculator, analiză.

1. Strategii de dozare și prezentare a cunoștințelor

1.1. Dozarea liniară SKINNER

Pionierul în domeniul științei învățării și arta instruirii este savantul american B.F. Skinner de la Harvard University. Abordarea sistematică a procesului de instruire în relația profesor – student s-a produs pentru prima dată cu ocazia analizei implicațiilor în programarea transmiterii de cunoștințe și automatizarea unora din verigile acestui proces complex. Skinner a întreprins cercetări științifice experimentale privind modul de planificare a transmiterii secvențiale a cunoștințelor până se constată atingerea comportamentului dorit “desirable behavioral capabilities”. Rezultatele cercetărilor sale au fost comunicate în articolul publicat în revista “Science”[11]. În acest articol, autorul a propus un sistem de programare a instruirii numit “linear programming”. Din acest moment, au început cercetări intense, care au condus la concluzia că nu este posibilă o programare a transmiterii asistate de calculator a cunoștințelor fără a sesiza modificările intervenite în comportamentul celui instruit în raport cu obiectul de studiu și a modificărilor atitudinii acestuia în timpul procesului de instruire, introducându-se așa numitul procedeu autoadaptiv de instruire “Self-Adaptive Instruction from computer based”. Pe parcurs, s-au impus, în urma cercetărilor, trei sisteme de planificare a transmiterii cunoștințelor cu ajutorul instruirii asistate de calculator: liniară (Skinner), [10], ramificată (Crowder), [1] și adaptivă (Pask), [9].

Stimularea este privită ca instrument pentru a crește probabilitatea obținerii și altor răspunsuri corecte de la un cursant.

Skinner afirmă și demonstrează experimental că simpla confirmare a corectitudinii răspunsului constituie un stimul puternic pentru student. Aceste idei i-au venit lui Skinner în urma experiențelor cu porumbei pe care îi învăța să se rotească antiorar. Dorind să obțină un porumbel care să se rotească antiorar, el folosea hrana ca stimul de fiecare dată când pasărea făcea o încercare de mișcare (răspuns) care contribuia la învățarea sensului de rotație dorit (adică stimulul fiecare mișcare în sensul dorit). Skinner afirmă că din astfel de experimente se pot trage următoarele concluzii cu importante implicații în programarea instruirii asistate de calculator:

- trebuie navigat cu pași mărunți spre atingerea țelului urmărit pentru a putea acorda ritmul de stimul cu modificările modului de comportare a individului; dacă se constată însușirea prea rapidă cu restricții rigide, se poate ajunge în situația în care cel instruit să nu mai facă față acestora;
- navigarea spre țelul urmărit trebuie să fie lentă, în sensul că studentul trebuie să fie testat cu probleme nu foarte grele deoarece, în fazele incipiente de instruire, posibilitățile cursantului sunt încă reduse, iar o navigare prea rapidă spre țel face ca însușirea să fie parțială, și nu se va asimila întregul volum de cunoștințe necesar;
- trebuie anticipate posibilele greutăți care vor apărea pentru a modifica metoda de instruire în funcție de comportamentul cursantului, pe parcursul navigării spre țel.

Skinner propune ca întreg materialul de însușit de către cursant să fie partiționat în doze numite „cadre” (frames). La instruirea asistată de calculator, spațiul disponibil pentru afișarea unei imagini grafice (text sau figură) este limitat și din aceasta cauză o DOZĂ se poate extinde pe mai multe ecrane de monitor.

În tabelul 1, este prezentată o secvența scurtă dintr-o bază de cunoștințe, asociată unui program de

instruire, în care este aplicată strategia de dozare liniară Skinner. Cele patru doze de cunoștințe existente, urmează să fie transmise cursantului în ordinea din tabel (liniar). Dacă zonele cu stimuli discriminativi de intersectare (care conțin elemente comune) sunt prea mari, atunci programul de partiționare este prea simplu, iar când aceste zone sunt prea mici, dozele devin practic independente. În prima doză din figură, cursantul primește o cantitate mică de informație și i se cere ca, în spațiile libere (punctate), să intercaleze cuvinte sau propoziții. În exemplul din tabel, cursantului, prin intermediul sugerării, i se acordă sprijin pentru a furniza răspunsul corect.

Tabelul 1. Exemplu de dozare liniară Skinner

DOZA	CUNOSTINȚE & STIMUL + TEST	RĂSPUNS
doza1	Viteza navei crește la mărirea turației sau pasului elicei de propulsie. Chiar dacă turația este constantă mărind pasul elicei viteza navei (doza de legătură)	CREȘTE
doza2	În cazul elicei cu pas fix, viteza navei poate numai datorita mării turației elicei.	CREȘTE
doza3	Prin urmare, diversele tipuri de elice impun structuri ale sistemului de reglare automată a vitezei navei	DIFERITE
doza4	Accelerarea deplasării navei este proporțională cu pasului sau turației (dacă elicea are pas variabil!!)	CREȘTEREA

Dacă zonele cu stimuli discriminativi, plasați pe intersecția dintre dozele vecine (care conțin elemente comune), sunt prea mari, atunci programul de partiționare este prea simplu, iar când sunt prea mici, dozele devin practic independente. În prima doză din tabelul 1, cursantul primește o cantitate mică de informație și i se cere ca, în spațiile libere (punctate), să intercaleze cuvinte sau propoziții. În exemplul din tabel, cursantului, prin intermediul sugerării, i se acordă sprijin pentru a furniza răspunsul corect. De exemplu, în *doza 1* se comunică faptul că viteza *crește* cu mărirea pasului sau turației elicei de propulsie a navei. Tot aici, se pune o întrebare la care răspunsul corect CREȘTE este cerut. Pentru fixarea cunoștințelor în ultima coloană, este dat răspunsul corect la întrebare precedentă, punând cursantul în situația de a-și putea evalua singur gradul de însușire a cunoștințelor și corectitudinea analizei logice. Răspunsurile corecte sunt „mascate”. Cursantul le poate demasca să verifice corectitudinea răspunsului la întrebarea precedentă. Aflând corectitudinea răspunsului precedent, capătă satisfacția succesului, iar motivația efortului de studiu este cu atât mai mare cu cât frecvența răspunsurilor corecte este mai mare [10], [11].

1.2. Dozarea ramificată CROWDER

Abordarea lui Crowder în dozarea materialului conținut în ecrane este total diferită de cea folosită de către adepții filosofiei conform căreia răspunsurile date de student sunt parte intrinsecă a procesului de instruire. În concepția lui Crowder, răspunsurile furnizate de către student sunt utile doar pentru dirijarea și constituirea ordinii dozării materialelor din ferestre sau ecrane. El consideră aceasta drept o caracteristică determinantă a dozării întreșesute (tip rețea). Adoptarea unei asemenea strategii în dozare, conduce la metoda indicării răspunsului corect dintr-o mulțime dată de răspunsuri (test tip grilă) după studiul dozei principale de material de studiu transmis studentului.

Crowder apreciază că metoda indicării răspunsului corect dintr-o mulțime dată, servește următoarelor cinci obiective:

- verificarea însușirii și gradului de înțelegere a materialului transmis în ferestre recente;
- asigurarea căii de urmat pentru corectarea erorii în cazul unui răspuns incorect;
- asigurarea experimentelor de utilizare a cunoștințelor recent însușite;
- activizarea studentului în studierea materialului transmis prin ecrane; stimularea studentului în cazul unor răspunsuri corecte.

El arată că, uneori, trebuie concepute întrebări care nu corespund nici unuia din cele cinci obiective enumerate. De exemplu, se poate să fie necesare întrebări de baraj mai dificile pentru a stabili dacă studentul trebuie să urmeze programul normal de instruire sau anumite părți din programul de instruire pot fi omise deoarece studentul are deja cunoștințele conținute în aceste zone ale programului de instruire. Crowder consideră că un program de instruire corect trebuie să asigure un procentaj de 85% de răspunsuri corecte din partea studentului. După această zonă de informații (cunoștințe), pentru antrenare (învățare) urmează întrebarea cu indicarea răspunsului, adică testul de tip grilă, care finalizează procesul prin faza

de verificare. Răspunsul aferent unei „doze” determină în mod automat următoarea doză de cunoștințe care trebuie afișată în ecran. Dacă studentul a indicat un răspuns corect, i se comunică aceasta și i se explică de ce răspunsul indicat de el este corect. Dacă studentul a indicat un răspuns eronat, i se comunică acest fapt și i se explică care ar putea fi cauza probabilă a eșecului său. După un asemenea eșec, studentul este dirijat ori spre restudierea ultimei „doze” cu scopul repetării tentativei de indicare a răspunsului corect sau, în prealabil, i se sugerează acestuia studierea unui material suplimentar (o doză secundară) înainte de a fi dirijat spre doza principală la care s-a produs ramificația datorită eșecului.

Crowder a legat sistemul dozării arborescente propus, de testarea prin întrebări tip grilă. Trebuie însă remarcat faptul că nu există motive suficient de serioase care să interzică construirea răspunsului de către student, renunțând la testul grilă în dozarea arborescentă. Totodată, trebuie menționat că nu există argumente convingătoare, care să demonstreze o eficiență superioară pentru testul grilă, față de testul construit cu răspunsuri date de student. Probabil că, aici, hotărârea o va lua profesorul care dezvoltă aplicația, în funcție de preferințe. Crowder consideră că un program de instruire corect trebuie să asigure un procentaj de 85 % de răspunsuri corecte din partea studentului. El mai consideră că „pașii mărunți” în instruire și navigarea lină și lentă din programele liniare sau slab ramificate sunt jigitoare pentru studenții capabili și sărguincioși. Elementul de bază al dozării (programării) ramificate a instruirii este tot o „doză” sau „ecranul” care, în mod obișnuit, este un volum de cunoștințe exprimat prin aproximativ 70 de cuvinte sau, uneori, chiar mai mult.

Deoarece în urma experimentărilor făcute în laboratoarele Universității de marină civilă cu studenții Facultății de inginerie Electromecanică Navală s-a constatat că strategia Crowder este mai adecvată specificului facultății, în preocupările noastre științifice de analiză a strategiilor acestea i s-a acordat o atenție mai mare [4], [5], [6]. De aceea, în continuare, se prezintă un infim segment dintr-un program axat pe instruirea asistată de calculator în cadrul temei privind studierea grupurilor DIESEL-GENERATOARE, numită pe scurt DG1&DG2, ale navelor maritime autopropulsate. În figurile 1 și 2, sunt prezentate două din imaginile grafice care fac parte din programul de instruire privitor la DG1&DG2.

**Tema 1: SIMBOLURI GRAFICE DE REPREZENTARE A UTILAJELOR ȘI DISPOZITIVELOR
ÎN SCHEMA INSTALAȚIEI DG1&DG2 A UNEI NAVE CU AUTOPROPULSIE**

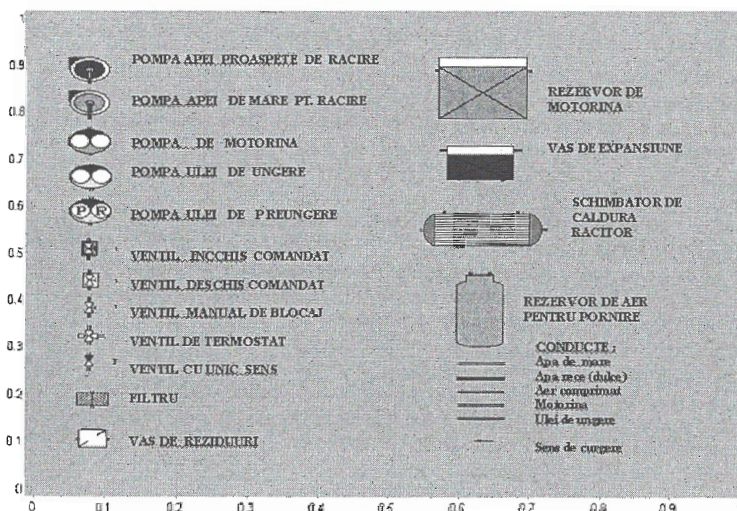


Figura 1. Simboluri grafice de reprezentare ale utilajelor și dispozitivelor din DG1&DG2

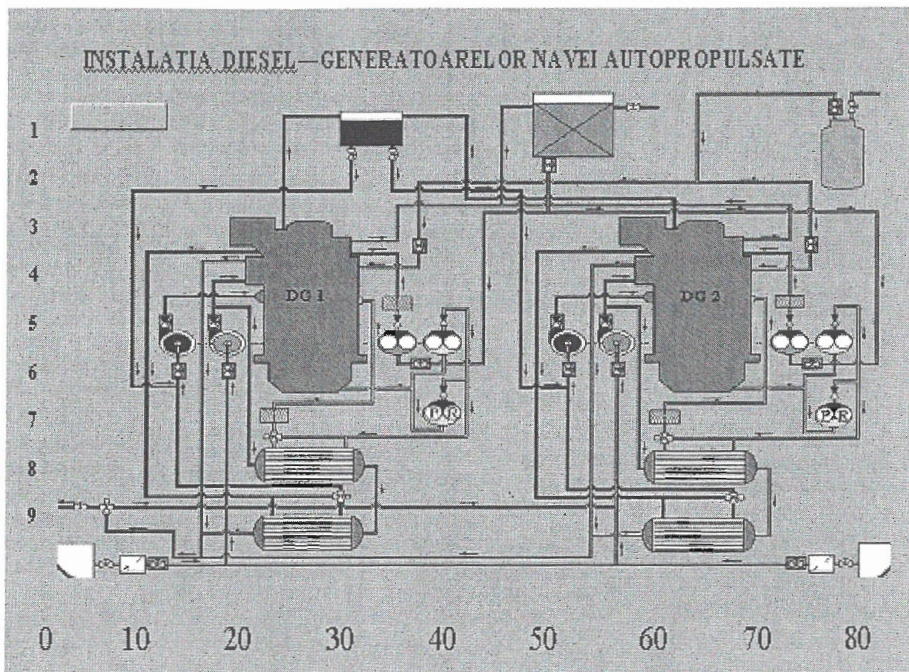


Figura 2. Schema tehnologică a instalației DG1&DG2 de pe o navă maritimă

În figura 3, se observă arborele de navigare în programul de instruire prin procedeul propus de Crowder. Un student care parcurge materialul fără nici un eșec la întrebările tip grilă va parcurge traseul de la doza D1 trecând prin dozele D2 și D3 spre doza finală D4. Dacă studentul, ajungând la D2, indică un răspuns puțin eronat, după ce a parcurs materialul din D2, el este orientat spre doza auxiliară D2A sau D2B. Acolo, el află în ce constă greșeala făcută și obține explicații referitoare la caracterul și cauzele greșelii făcute, după care el este orientat din nou spre repetarea studierii dozei D2. Astfel, i se acordă șansa de a repeta încercarea alegerii răspunsului corect din mulțimea dată de răspunsuri. Dozele D3A, D3B, D3C indică traseul de studiu, pe care are loc navigarea în instruire când răspunsul indicat ilustrează carențe serioase în pregătirea și aptitudinile studentului. În acest caz, studentului, nu numai că i se comunică eșecul, ci totodată, materialul conținut în D3 este defalcat și amănunțit explicat în doze mari măsurate D3A, D3B, D3C însoțite de exemple și exerciții suplimentare sau de aplicații și de probleme. Dacă studentul demonstrează în oricare din modulele auxiliare că eșecul care a declanșat ramificația se datorează unei simple neatenții, și nu neștiinței, se întrerupe navigarea prin dozele auxiliare și se trece direct la doza D4. Timpul folosit de student pentru instruire, utilizând dozarea de tip Crowder depinde de viteza cu care studentul parcurge fiecare doză primită spre însușire, dar mai depinde, totodată, și de cantitatea de material de studiat, conținut în secvențele de doze auxiliare prin care este obligat să navigheze studentul pe parcursul instruirii.

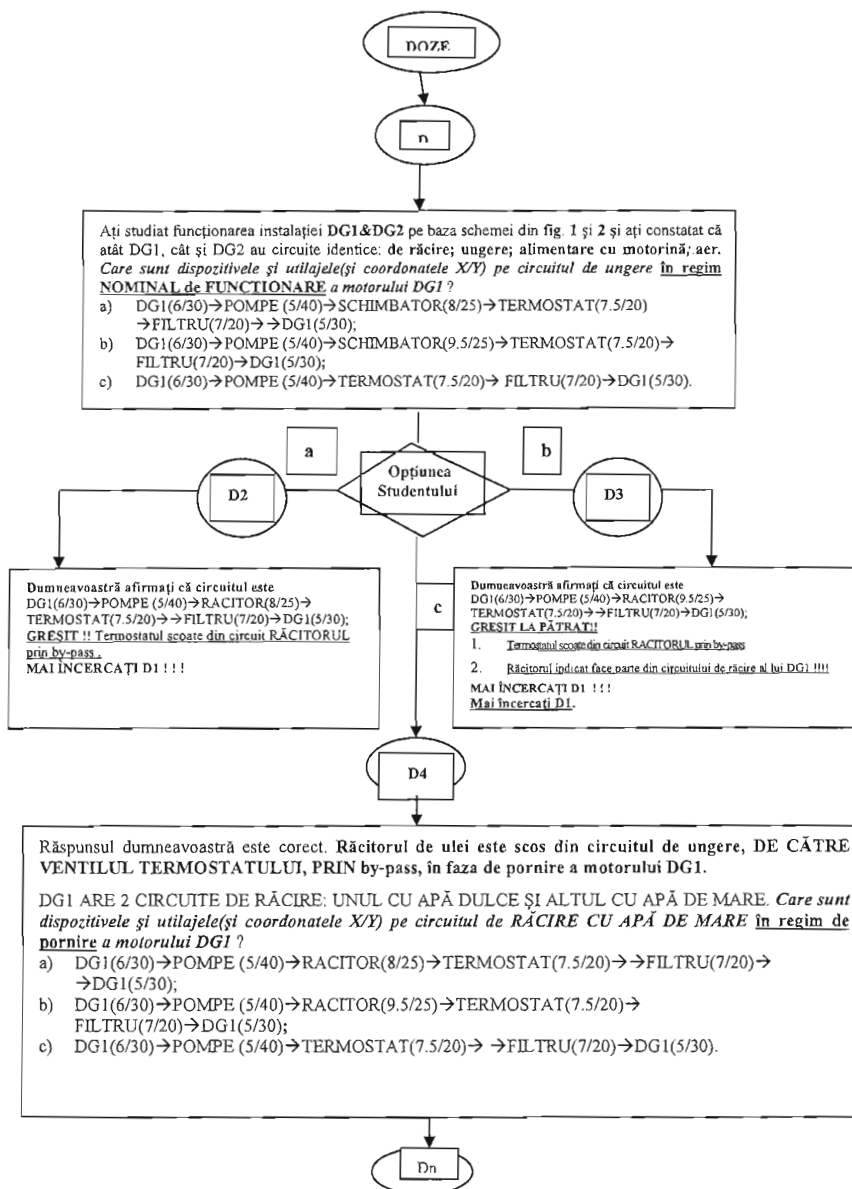


Figura 3. Exemplu de dozare ramificată Crowder

1.3. Dozarea adaptivă Pask

Ciberneticianul englez Pask a constatat că procesul de instruire se dovedește, în ansamblu, mai eficient atunci când în procesul instruirii există și anumite răspunsuri greșite. Bazat pe aceste observații

experimentale, au fost elaborate programe de calculator pentru instruire atât în domeniul formării deprinderilor, cât și în domeniul formării de noțiuni.

Aceste programe de calculator au la bază ipoteza conform căreia este necesară o anumită cantitate de greșeli pentru formarea deprinderilor în dirijarea manuală a navei. Cu alte cuvinte, dacă nu se fac erori, efectul instruirii este mai slab. Procentajul de erori este folosit în două moduri:

- imediat ce procentajul de greșeli scade sub un anumit prag, calculatorul crește automat dificultatea dozelor de cunoștințe transmise;
- când procentajul de greșeli este peste un anumit prag, calculatorul micșorează gradul de dificultate a dozelor de cunoștințe și, totodată, transmite cursantului „informații ajutătoare suplimentare” care îl ajută în alegerea unui răspuns corect și îi propune o serie de execuții suplimentare pe acele teme care s-au dovedit pentru cursant cele mai dificile.

În perioada instruirii, calculatorul capătă și acumulează informații despre natura greșelilor, ritmul de însușire a materialului transmis etc. ceea ce permite evaluarea conținutului și a calităților materialului expus în dozele (ecranele) de cunoștințe transmise. În acest mod, în sistemul calculator-student are loc un proces de concurență și colaborare, care seamănă, într-o anumită măsură, cu evoluția relației profesor-student în procesul de instruire. Se apreciază că astfel de programe de instruire asistată de calculator au un cost ridicat, ceea ce face ca, deocamdată, să fie puțin răspândite fiind într-o fază incipientă de dezvoltare, dar ele reprezintă cel mai de viitor sistem de instruire asistată de calculator. Numai acest sistem face din calculator un adevărat colaborator pentru student atunci când el este părăsit de profesor în efortul său de instruire. Lipsa profesorului în acest proces este mai puțin simțită de student dacă calculatorul modelează mai bine comportamentul profesorului în procesul de instruire asistată. Cu privire la problema înlocuirii totale a profesorului de către calculator, rămâne valabilă observația făcută de Pask: „Așa-i trebuie celui profesor care poate fi înlocuit printr-un calculator!” Cu alte cuvinte, se consideră că orice sistem de instruire bazat pe calculator nu poate concura cu sistemul profesor-student.

În procesul de instruire, sistemul calculator-student este un instrument deosebit de eficace, el permițând aplicarea învățământului socratic în condițiile sistemului „un sigur profesor, mai mulți studenți” deoarece permite fiecărui student în parte să parcurgă și să-și însușească materialul predat în ritmul biologic propriu, ceea ce duce la creșterea eficienței procesului.

2. Construirea modelului relațional

2.1. Reprezentarea relațiilor dintre doze prin diagrame

După descompunerea materialului în concepte și noțiuni care trebuie transmise cursantului, se elaborează *secvența logică finală de instruire*. În majoritatea cazurilor, această listă este prea generală pentru scopurile prezentării unei lecții de instruire programată.

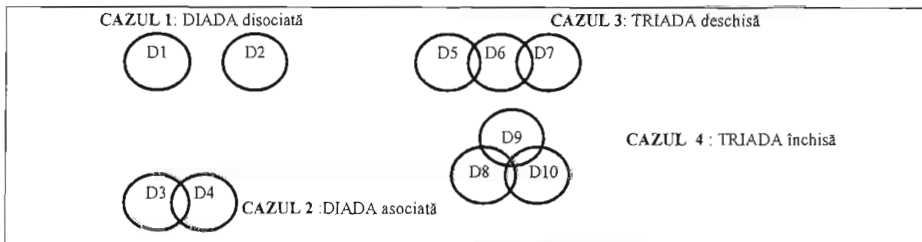


Figura 4. Relații simetrice între dozele de cunoștințe

De aceea, pasul următor în pregătirea programului de instruire, este spargerea acestora în doze elementare simple așa cum s-a arătat mai sus. După partiționarea materialului în doze simple, acestea sunt ordonate în secvențe și numerotate astfel încât apelarea uneia dintre reguli să se poată face prin acest identificator care este numărul de ordine primit. Ca să se poată cerceta asemănările și diferențele dintre aceste reguli și logica înlănțuirii lor, Skinner propune un model grafic, similar cu diagramele Walch, folosite pentru reprezentări grafice ilustrative în teoria algebrică și a mulțimilor. Prin acest model, se pun în evidență două tipuri de relații dintre reguli: reguli asociate și reguli disociate.

Prin reprezentarea grafică precum este cea din figura 4, se obține modelul care exprimă relația dintre diversele doze din baza de cunoștințe. Sunt posibile diverse relații între dozele D1, D2, D3...D9. Din figura unde D3 și D4 sunt reguli asociate relațional, legăturile D1 și D2 neconținând elemente comune (de legătură) se vor numi reguli disociate. În mod asemănător, perechile de doze D5 cu D6 și respectiv D6 cu D7 sunt fiecare perechi asociate. Se poate afirma că și D5 este asociat cu D7 deoarece fiecare în parte este asociat cu D6. Dar, pentru a evita ambiguitatea interpretării, se recomandă ca două reguli să fie considerate asociate numai dacă ambele au cel puțin un element propriu comun. De aceea, dozele ca D5 și D7, la care legătura dintre ele se face prin D6 sunt considerate disociate, în timp ce, reguli ca D8 și D9 sunt considerate asociate deoarece au un contact direct între ele. Prin urmare, relațiile între dozele perechi de cunoștințe sunt binare fiind fie asociate, fie disociate. Diagramele din figura 2 pot modela numai relații simetrice, adică, spre exemplu, „dacă elementele din perechea (D1, D2) sunt disociate atunci și (D2, D1) sunt disociate sau invers, „dacă perechea (D1, D2) sunt în relație de asociere atunci și (D2, D1) sunt în relație de asociere.

2.2. Modelul de tip EVANS [7]

Modelul de tip EVANS presupune înregistrarea într-o matrice a acestor relații de asociere și disociere dintre dozele de cunoștințe. Analiza corectitudinii logice a înlănțuirii dozelor într-un program – secvență de instruire asistată de calculator necesită un efort considerabil din partea programatorului. Pentru un proces nou de instruire, care conține 30 de doze, vor trebui analizate $450 = 30 \times 30 / 2$ de relații. Evans propune întocmirea unei matrice de relații care ușurează această muncă și garantează că diverse relații posibile vor fi analizate cu strictețe. Pașii succesivi de întocmire a matricei sunt ilustrați în figurile 3,4 etc.

Primul pas prezentat în figura 3 constă în declararea unei matrice $n \times n$ cu liniile $i = 1, 2, 3, \dots, n$ și coloanele $j = 1, 2, 3, \dots, n$ în care n este numărul de reguli.

1	a	b	c						
2									
		3	d						
			4						
				5			e		
					6				
						7			
							8		
								9	
									10

a)

1	A	A		D								
A	2	A		A	A	A						
A	A	3	A	A	A	A	D					
			A	4	A	A			A			
					5	A						
						6	A	A	A			
							A	7	A	A		
							A	A	8	A		
							A	A	A	9	A	
											A	10

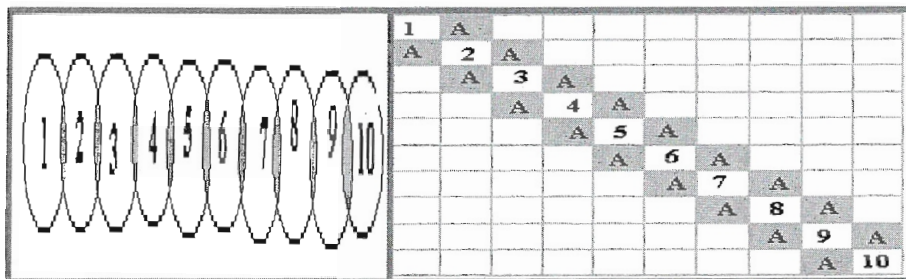
b)

Figura 5. Exemplu de matrice EVANS pentru 10 doze

Pasul doi constă în scrierea pe diagonală a numărului de ordine al regulii. Diagonala indicată de aceste numere de ordine se numește *diagonala definitorie* -“definition line”. În figura 5a (unde cu a,b,c,d,e, sunt identificatorii diverselor celule, iar cu 1,2 ,3 ...sunt notate dozele), este ilustrat modul în care se fixează în matrice rezultatul determinării relației dintre diverse reguli. Pentru a putea deosebi ușor relațiile de ASOCIERE (de tip A) și DISOCIERE (de tip D) se vor folosi litere: A pentru asociere, D pentru disociere ca în figura 5b. Construirea matricei începe cu **dozele 1 și 2** respectând indicațiile prezentate în continuare.

- dacă există o relație între 1 și 2, acest lucru se specifică în pătratul (a, pentru 1 cu 3 în (b) etc.); în continuare, se analizează existența relațiilor dintre 1 și toate celelalte pe rând;
- apoi se trece la analiza existenței relației dintre 2 și toate celelalte pe rând etc.;
- dacă în acest proces, spre exemplu, se descoperă o relație între 3 și 5 în pătratul (d) între paranteze se menționează acest fapt; similar, în (e) se menționează existența unei relații între 5 și 9; după ce se analizează toate relațiile dintre regulile de pe diagonală se parcurge analiza inversă de la ultima până se ajunge la analiza dintre 2 și 1, procedând ca mai sus.

În unele zone, dozele existente sub diagonală sunt simetrice cu cele de deasupra diagonalei ca în figura 2.b. Dacă se constată că matricea este asimetrică față de diagonală, înseamnă că, undeva, s-au strecurat greșeli și trebuie eliminate. În cazul în care regula 1 se intersectează cu 2, iar regula 2 se intersectează și cu 1 și cu 3 etc. acesta este cazul înlănțuirii ideale a dozelor, ca în figura 4.

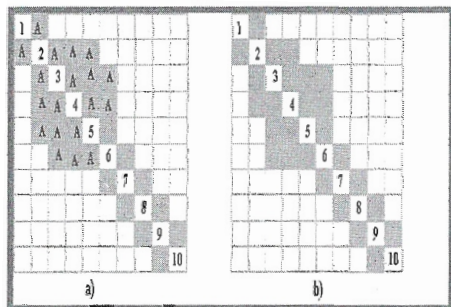


a)

b)

Figura 6. Secvență ideală de reguli intersectabile în reprezentare: a) Walch; b) Cowder

În practică, există și alte relații între reguli, care provoacă apariția și a altor pătrate hașurate în afara celor aliniate de-a lungul diagonalei ca în figura 6. În aceste condiții, devin posibile mai multe variante de secvențiere a dozelor de cunoștințe în cadrul programului de instruire. Pentru a ilustra acesta, în figura 6.a și b, se prezintă modificările care intervin în structura matricei prin inversarea dozei 3 cu 4, iar în figura 8 sunt ilustrate zone concept în matricea Evans.



a)

b)

Figura 7. Transformarea matricei a) în b) prin schimbarea dozei 3 cu 4

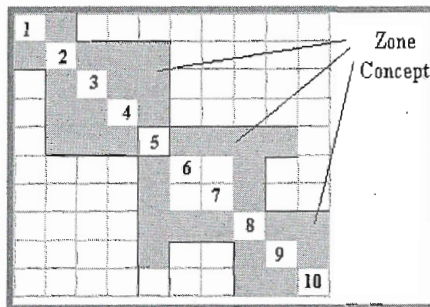


Figura 8. Zone concept în matricea Evans

Așadar, cu toate că de-a lungul diagonalei există un șir continuu de celule hașurate, acestea nu garantează că secvența de doze(reguli) respectivă este cea mai potrivită, ci pur și simplu ea exprimă una dintre variantele posibile de secvențiere a dozelor. Prin urmare, matricele conțin celule hașurate distribuite de o parte și de alta a diagonalei. O caracteristică a matricelor constă în faptul că celulele sunt distribuite neuniform de-a lungul diagonalei, distribuția prezentând concentrări masive, periodice (din loc în loc) de-a lungul diagonalei ca în figura 8. Acestea sunt zone aferente diverselor noțiuni (concepte). Existența unei asemenea concentrații exprimă strânsă legătură dintre regulile aferente aceluiași concept. Aceste zone vor fi numite zone concept. O matrice corect construită va conține zonele concept distribuite strict de-a lungul diagonalei. Este foarte puțin probabil ca prima variantă de matrice elaborată de programator să fie ideală. De aceea, este foarte important ca programatorul să fie capabil să identifice factorii care conduc la o distribuție neideală a pătratelor hașurate și astfel să fie capabil să aducă corecturile necesare matricei inițiale. Sursele de erori sunt, de regulă, următoarele:

- distribuirea incorectă a regulilor în secvențe;
- inversarea a două reguli (permutarea regulilor);
- atribuirea unui loc nepotrivit a unei reguli în secvență;
- omisiunea unei reguli;
- includerea unor reguli prea complexe.

Aceste cinci cauze sunt cele mai des întâlnite și, de aceea, în continuare, se prezintă o descriere a modificărilor și influențelor asupra matricei pe care acestea le pot produce. Pentru a arăta că metoda de modelare prin grafuri propusa de noi, este cel puțin echivalentă cu metoda Evans, aceste probleme privind sursele de erori și depistarea lor le vom prezenta și cum sunt reflectate în cazul modelării prin grafuri.

3. Modelarea prin grafuri a programului de instruire

3.1. Utilizarea grafurilor neorientate

Matricele relaționale EVANS și cu atât mai mult diagramele Walch nu posedă proprietatea de a reflecta relații orientate între dozele de cunoștințe. Prima inovație introdusă în acest sens este *reprezentarea prin vectori binari a relațiilor dintre doze. În cadrul acestei lucrări, sunt prezentate doar rezultatele obținute.*

Pentru a valorifica facilitățile oferite de calculul numeric și simbolic, în analiza relațiilor între dozele de cunoștințe vom asocia fiecărei reguli (doze) un *vector de adiacență*.

În *cazul relațiilor de asociere neorientată*, fiecare regulă, din cele N este reprezentată printr-un vector binar N - dimensional. Un vector w_i asociat dozei D_i din mulțimea de reguli are N elemente:

$$w_i = [x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(N)], \quad (1)$$

în care $x_i(j) = 1$ dacă între D_i și D_j există un arc și $x_i(j) = 0$ în caz contrar.

Gradul K_i sau, respectiv, numărul de doze adiacente cu D_i este:

$$K_i = x_i(1) + \dots + x_i(N) \quad (2)$$

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	
wD1=[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	] → KD1=0 → D1 disociată de restul
wD2=[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	] → KD2=0 → D2 disociată de restul
wD3=[	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	] → KD3=1 → D3 asociată cu D4
wD4=[	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	] → KD4=1 → D4 asociată cu D3
wD5=[	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	] → KD5=1 → D5 asociată cu D6
wD6=[	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	] → KD6=2 → D6 asociată cu D5 și cu D7
wD7=[	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	] → KD7=1 → D7 asociată cu D6
wD8=[	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	] → KD8=2 → D8 asociată cu D9 și D10
wD9=[	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	] → KD9=2 → D9 asociată cu D8 și D10
wD10=[	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	] → KD10=2 → D10 asociată cu D8 și D9

Figura 9. Vectori de incidență și gradele asociate dozelor D1.... D10 din figura 4

Dacă ne referim la ansamblul de 10 doze din figura 4, cei 10 vectori asociați dozelor D1,D2,...,D10 sunt reprezentați în figura 9. Toți acești vectori pot fi strânși într-o matrice W care are 10 linii reprezentate de cei zece vectori și 10 coloane. Coloanele acestei matrice sunt identice cu liniile, deci matricea este simetrică, iar pe diagonala principală are numai zerouri. Caracterul binar și simetria față de diagonală arată că W este matricea de adiacență a unui graf *neorientat*.

Un graf G este definit prin perechea $G = (V, E)$ în care V este mulțimea nodurilor (sau vârfurilor), iar E este mulțimea arcelor, definită pe produsul cartezian $V \times V$:

$$E \subset V \times V \quad (3)$$

Pentru analiza relațională a dozelor de cunoștințe, cea mai importantă caracteristică globală a grafului este conexitatea grafului.

Un graf conex nu conține noduri disociate de toate celelalte și, prin urmare, nu conține noduri de grad zero. Acest rezultat din teoria grafurilor este valorificat în algoritmul propus, în continuare, pentru verificarea automată a înlănțuirii corecte a dozelor de cunoștințe în vederea implementării unui proces de instruire asistată de calculator și este prezentat aici, sub forma unei teoreme.

Evaluarea relațională automată a înlănțuirii dozelor de cunoștințe se bazează pe anumite rezultate cunoscute din teoria grafurilor privind conexitatea și centralitatea. Pe baza acestor rezultate, se pot formula două teoreme: teorema dozelor de grad nul și teorema permutării dozelor.

Din figura 2 se poate observa că D1 și D2 sunt izolate de toate celelalte deoarece gradul $KD1 = 0$, și $KD2 = 0$ deci graful nu este conex. O asemenea distribuție a dozelor este inacceptabilă deoarece D1 și D2 nu au nici o legătură cu toate celelalte din ansamblul respectiv de 10 doze. Din analiza rezultatelor furnizate de calculator și

afișate în figura 9 rezultă următoarea concluzie importantă, exprimată de teorema dozelor de grad nul:

„Dacă există cel puțin o doză de grad nul (disociată de toate celelalte doze), înseamnă că ansamblul de doze este modelat printr-un graf neconex și, deci, mulțimea respectivă de doze nu reprezintă o înlănțuire acceptabilă ca model al unui proces corect de instruire”.

Din figura 4, se poate observa că D1 și D2 sunt izolate de toate celelalte deoarece gradul $KD1 = 0$ și $KD2 = 0$ deci graful nu este *conex*.

Teorema permutării dozelor. În sprijinirea metodei propuse și pentru ilustrarea ei, Evans prezintă o serie de cazuri din care se poate vedea cum se reflectă, în modelul matriceal de tip Evans și în diagrama Walsh, anumite anomalii în distribuirea dozelor dintr-un ansamblu dat de doze. În continuare, se prezintă aceste exemple în care ansamblul de doze este modelat printr-un graf neorientat, la care în noduri sunt plasate dozele, iar prezența arcelor reprezintă relațiile de asociere dintre doze. Într-un asemenea caz al distribuirii incorecte a regulilor în secvențe, celulele hașurate ale matricei Evans sunt împărțite haotic, astfel încât numai puține dintre ele sunt amplasate în imediata apropiere a diagonalei. Astfel, sunt dificil de distins zonele aferente conceptelor (noțiunilor). Este puțin probabil ca un profesor cu experiență să elaboreze o astfel de secvență cu o amplasare incorectă a regulilor, dar dacă totuși aceasta se va întâmpla, singura soluție este să se reia de la capăt întreaga procedură, încercând o altă abordare și prelucrare a materialului de transmis studentului prin sistemul de instruire asistată de calculator.

Permutarea dozelor Pentru a ușura analiza matricei W, se introduc coordonatele fiecărei celule (exprimate prin numărul liniei și al coloanei la intersecția căreia se află celula). De exemplu, (3,7) semnifică faptul că este vorba de celula care se află la intersecția dintre linia aferentă dozei 3 și coloana aferentă dozei 7. În această celulă, se înscrie zero, dacă dozele 3 și 7 sunt disociate, și se înscrie 1, în caz contrar.

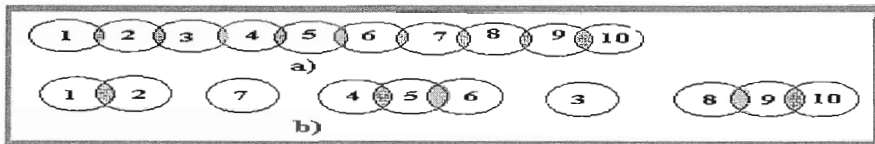


Figura 10. Permutarea regulilor 3 și 7

În figura 10a, este prezentată schema Walsh a unei secvențe ideale de reguli sub forma unui lanț, în care fiecare regulă se intersectează cu cele vecine (zona hașurată). Dacă în această secvență regula 3 face schimb de locuri cu regula 7, vor apare întreruperi în secvență, ca în schema b) din figura 10. În cadrul cercetărilor noastre, am constatat că reprezentarea relațiilor dintre doze prin cercuri (ca în figura de mai sus) este prea restrictivă, nepermițând ilustrarea unor conexiuni mai complexe dintre reguli. Cu toate că tabloul distribuției dozelor oferit de matricea Evans este mult mai sugestiv, prelucrarea numerică a matricei Evans pe calculator și analiza automată a relațiilor necesită algoritmi complicați de prelucrare. Mult mai comodă este folosirea unui graf în care este posibilă reprezentarea multiplelor legături posibile dintre reguli, existând posibilitatea analizei pe calculator și depistarea automată a acestor anomalii. În figura 11, sunt reprezentați vectorii asociați secvențelor a) și b) din figura 10. Se poate constata că schimbul de locuri între 3 și 7 din secvența b) și care este descrisă de vectorii din figura 9d conduce la secvența ideală a) descrisă de vectorii de incidență din figura 11c.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
$WD1 =$	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$WD2 =$	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$WD3 =$	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
$WD4 =$	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
$WD5 =$	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
$WD6 =$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
$WD7 =$	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
$WD8 =$	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
$WD9 =$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

c)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
$WD1 =$	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$WD2 =$	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$WD7 =$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$WD4 =$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
$WD5 =$	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
$WD6 =$	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
$WD3 =$	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
$WD8 =$	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
$WD9 =$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

d)

Figura 11. Modelarea relațiilor prin vectorii de adiacența ai dozelor din figura 8

Este important de observat care este legătura între reprezentarea c) și reprezentarea d) din figura 9. Este de la sine înțeles că cele două reprezentări se referă la aceleași doze D1 ...D10, dar care sunt înlănțuite în mod diferit și anume reprezentarea d) provine din reprezentarea unei înlănțuirii modelate prin c) în care dozele D3 și D7 au schimbat locurile între ele (în cadrul înlănțuirii). Atunci este normal că, revenind asupra schimbării modelată în d) să se obțină reprezentarea c) din care a provenit. Această schimbare de locuri provoacă apariția unei „cruci de Malta” în jurul celei, de pe diagonala secundară, la intersecția coloanei 3 cu linia 7 (de culoare roșie în d) și o alta în jurul celei de la intersecția coloanei 7 și liniei 3 pe aceeași diagonală. Se poate observa că, făcând transformarea inversă, adică schimbând (în c) între ele locurile celor două cruci de Malta(reprezentate în culoare roșie) se obține reprezentarea din a) care exprimă o distribuție uniformă și simetrică a celulelor de valoare 1, de-a lungul diagonalei principale. O asemenea distribuție a celulelor unitare este specifică înlănțuirilor ideale ale dozelor de cunoștințe.

Analiza automată a relațiilor dintre dozele de cunoștințe, apelând la teoria grafurilor, presupune implementarea componentei software pentru parcurgerea următorilor trei pași ai algoritmului de analiză relațională automată a ansamblului de doze construit de programator:

PASUL1: UTILIZATORUL INTRODUCHE TOTI VECTORII AFERENȚI DOZELOR D1...D10;

PASUL 2: Pe baza vectorilor introduși, se se calculează gradele $KD_i = w_{Di} * (w_{Di})'$ și matricea W;

PASUL3: Se construiește o imagine grafică a grafului descris de matricea W.

În figura 12, sunt exemplificate(prin prima și ultima) cele 10 casete INPUTDLG, afișate la pasul, pe monitor de către calculator pentru ca utilizatorul să introducă valorile binare ale celor 10 vectori de adiacență.

Rezultatele calculului și prelucrării grafice, executate la pasul 2 și pasul 3 sunt afișate în figura 13. Comparând matricele Evans cu cele două reprezentări prin vectorii de adiacență, observăm oarecare asemănare între ele, dar acesta este un aspect secundar al problemei. Aspectul cel mai important este că această reprezentare prin vectorii de adiacență a relațiilor dintre doze permite apelarea la teoria grafurilor și rezolvarea întregii probleme a analizei relaționale pe calculator. Analizând rezultatele furnizate de calculator în cazul ideal în figura 8 constatăm că o asemenea înlănțuire ideală a dozelor de cunoștințe este caracterizată de următorul șir de grade ale dozelor: „toate dozele au grade de valoare 2, cu excepția primei și ultimei doze care au gradul egal cu 1”.

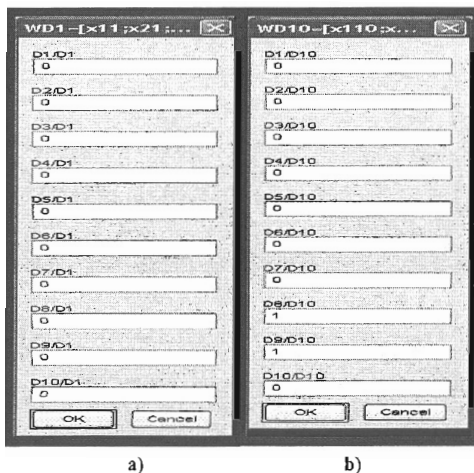


Figura 12. Prima și ultima din cele 10 casete pentru introducerea vectorilor: a)WD1 și b) WD10

Exemplul din figura 14 ilustrează cum, printr-o simplă schimbare de locuri între doze, se poate aduce ansamblul de doze (figura 10b)la o distribuie ideală a dozelor (figura 12a) caracterizată de o anumită distribuție a gradelor diverselor doze (noduri ale grafului asociat). Schimbând între ele dozele 7 și 3 se poate transforma o secvență neideală în una ideală (în sensul că dozele sunt distribuite uniform de-a lungul diagonalei). Dar, se observă, totodată, că și dozele din figura 12 b formează același șir de grade. Concluzia este teorema permutării dozelor:

DACA, „toate dozele au grade de valoare 2, cu excepția primei și ultimei doză care au gradul egal cu 1, „ATUNCI fie dozele constituie un șir ideal, fie șirul respectiv poate fi transformat într-un șir ideal prin permutarea între ele a două doze”.

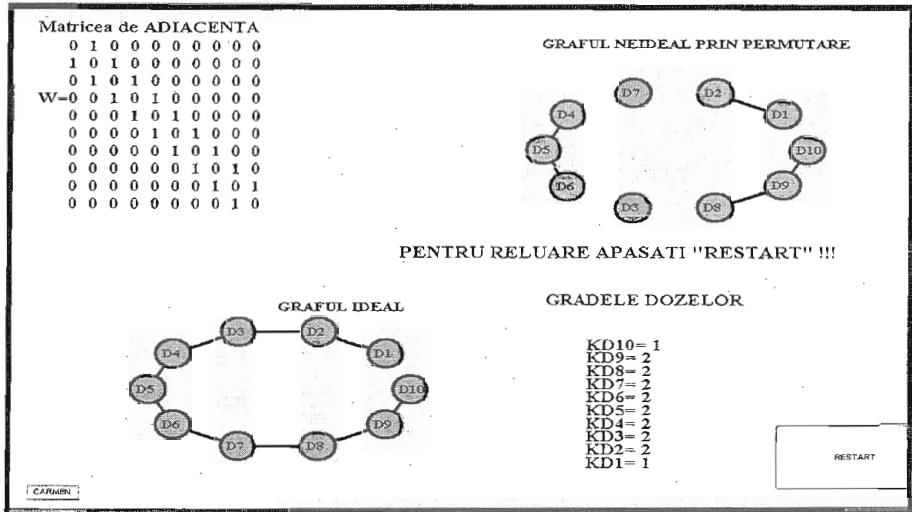


Figura 13. Reprezentarea prin vectorii de adiacență ai dozelor din figura 10

3.2 Modelarea prin grafuri orientate a programului de instruire

Diagrama unei secvențe, precum cea din figura 6a, cât și matricea EVANS aferentă din figura 6b, nu pot reflecta situații în care relația este nesimetrică. De exemplu, o doză D1 de cunoștințe din matematică precede o doză de cunoștințe D2 din fizică, dar nu și invers. Deci, avem relații asociative asimetrice, orientate de la D1 la D2, a căror prezență o numim „asociate direct”, o notăm cu (+1), iar de la D2 la D1 o notăm cu (-1) și o numim „asociate invers”, iar atunci când cele două reguli sunt disociate, notăm relația cu zero. În acest caz, matricea relațională capătă alt aspect față de matricea EVANS și sugerează ideea reprezentării matricei de incidență a grafurilor orientate. Această observație a determinat orientarea activităților noastre de cercetare științifică spre valorificarea unor rezultate din teoria grafurilor, în analiza asistată de calculator a modelului relațional, al procesului de instruire.

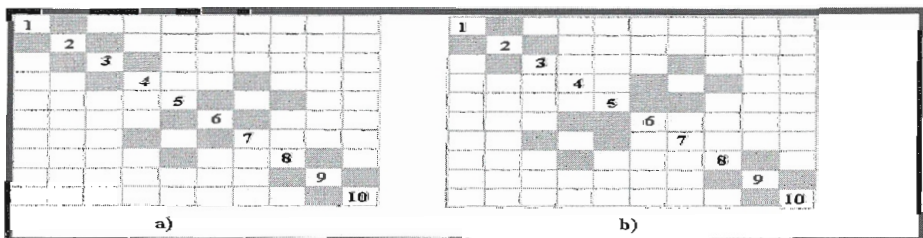


Figura 14. Două matrice Evans care pot fi aduse la forma ideală prin permutări de doze

De exemplu, o doză D1 de cunoștințe din matematică *precede* o doză de cunoștințe D2 din fizică, dar nu și invers. Deci, avem în față cazul unei *relații asociative asimetrice*. Pentru modelarea unor astfel de situații, se vor utiliza grafuri orientate. Avantajul utilizării acestor *grafuri în modelarea parcurgerii programului de instruire constă în faptul că sunt precizate nu numai direcția de parcurs a lanțului programat de doze, ci și sensul de avansare, ceea ce este important, mai ales, pentru modelarea unei strategii Crowder de instruire.*

Alte două exemple de aducere, prin permutări de doze a distribuției neideale la o distribuție ideală a dozelor de cunoștințe sunt prezentate în figura 14. Astfel, matricea a) din figura 14 devine ideală prin schimbul de locuri între 5 și 7 iar matricea b) devine ideală prin schimbul de locuri între 4 și 7.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
WD1	=	[0	1	0	0	0	0	0	0	0]
WD2	=	[1	0	1	0	0	0	0	0	0]
WD3	=	[0	1	0	1	0	0	0	0	0]
WD4	=	[0	0	1	0	0	0	1	0	0]
WD5	=	[0	0	0	0	0	1	0	1	0]
WD6	=	[0	0	0	0	1	0	1	0	0]
WD7	=	[0	0	0	1	0	1	0	0	0]
WD8	=	[0	0	0	0	1	0	0	0	1]
WD9	=	[0	0	0	0	0	0	0	1	0]
WD10	=	[0	0	0	0	0	0	0	0	1]

c)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
WD1	=	[0	1	0	0	0	0	0	0	0]
WD2	=	[1	0	1	0	0	0	0	0	0]
WD3	=	[0	1	0	0	0	0	1	0	0]
WD4	=	[0	0	0	0	0	1	0	1	0]
WD5	=	[0	0	0	0	0	1	1	0	0]
WD6	=	[0	0	0	1	1	0	0	0	0]
WD7	=	[0	0	1	0	1	0	0	0	0]
WD8	=	[0	0	0	1	0	0	0	1	0]
WD9	=	[0	0	0	0	0	0	0	1	0]
WD10	=	[0	0	0	0	0	0	0	0	1]

d)

Figura 15. Reprezentarea prin vectorii de adiacență a dozelor din figura 14a și b.

În figura 15c și d, sunt reprezentați vectorii de adiacență pentru matricea Evans din figura 14 a și b. Se constată că, în ambele cazuri, gradele celor 10 doze sunt aceleași: $KD_1=1$; $KD_2=2$; $KD_3=2$; $KD_4=2$; $KD_5=2$; $KD_6=2$; $KD_7=2$; $KD_8=2$; $KD_9=2$; $KD_{10}=1$. Aceasta înseamnă că acest ansamblu poate fi adus la o formă ideală, în sensul descris mai sus, deoarece respectă condiția necesară privind distribuția ideală a gradelor dozelor din ansamblu. Acest exemplu este utilizat, în continuare, pentru ilustrarea modelării prin grafuri orientate.

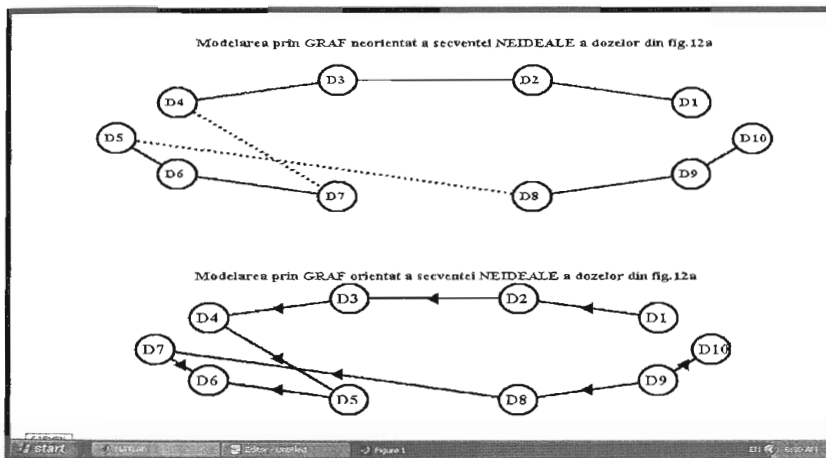


Figura 16. Reprezentarea prin graf orientat și prin graf neorientat a dozelor din figura 14a

Din cele prezentate, se poate constata că reprezentarea prin grafuri, a înălțurii dozelor de cunoștințe în cadrul programului de instruire prezintă avantajul formalizării, algoritimizării și analizei relaționale asistată de calculator. Totuși, aceste grafuri ca și matricele Evans nu pot modela relații nesimetrice între dozele din înălțuirea programată a dozelor de cunoștințe. Pentru a ilustra diferența între cele două tipuri de modele, exemplul din figura 14a este reprezentat în două variante, în imaginea grafică din figura 16. Din acest exemplu, se poate vedea că reprezentarea prin grafuri orientate este mai sugestivă fără a prejudicia posibilitățile de algoritimizare în vederea analizei asistate de calculator a ansamblului de cunoștințe care compun programul de instruire și evaluarea caracteristicilor relaționale de ansamblu ale acestuia cum ar fi zonele de tip concept și conexitatea dozelor de cunoștințe din program.

4. Concluzii

Pentru analiza ordonării dozelor de cunoștințe din programul de instruire, sunt propuse în lucrare procedee bazate pe teoria grafurilor, care permite formalizarea problemei. Pe această bază, sunt propuși algoritmi și programe destinate efectuării pe calculator a analizei programului de instruire. Se poate

concluziona că utilizarea grafurilor orientate în modelarea planului de instruire oferă o imagine mai sugestivă asupra procedeele de corecție în cazul prezenței unor doze înlănțuite greșit în programul de instruire. În ceea ce privește strategiile de dozare a cunoștințelor din programul de instruire și ordinea transmiterii acestora, experimentările efectuate în Universitatea de Marină Civilă – Constanța au demonstrat că strategia Crowder de transmitere a cunoștințelor este mai adecvată specificului facultății de inginerie electromecanică navală. Referitor la modelarea procesului de transmitere a cunoștințelor conform acestei strategii, navigarea în procesul instruirii este condiționată strict de rezultatul obținut de cursant la pasul precedent din program, fapt care face mai adecvate alte formalisme de modelare, de genul Rețelelor Petri, care conțin mecanismele necesare condiționării pașilor de instruire din program.

Bibliografie

1. **CROWDER, N. A.:** Intrinsically Programmed Materials for Teaching Complex Skills and Concepts – Air Force Office Science – 1998.
2. **CROWDER N. A.:** Automatic Tutoring by means of Intrinsic programming – Air Force Office of Science – 1999.
3. **CROWDER, N. A.:** Simple Ways to Use Student Response for programme Control – Application of Digital Computers to Automated Instruction, Washington, oct. 2001.
4. **DUMITRESCU, C.:** Methods and Steps to Be Followed In Modeling the Educational, Testing and Training Process Assisted By Computer”, The Sixth International Conference on Economic Informatics, Romania, Bucharest, May 8-11, 2003.
5. **DUMITRESCU, C.:** Elemente teoretice ale proiectării proceselor de instruire e-Learning. Sesiunea anuală de comunicări științifice cu participare internațională – Strategii XXI-2006”, secțiunea **E-learning și software educațional**, 13-14 aprilie 2006, București, Editura Universității Naționale de Apărare “Carol I”, ISBN: 973-7854-35-7 (13) 978-973-7854-35-3.
6. **DUMITRESCU, C.:** „Requirements and Steps in Achieving Computer Aided Education”, Proceedings of the 3rd Balkan Region Conference on Engineering Education, „**Advancing Engineering Education**”, 12 - 15 September 2005, Sibiu, Romania, ISBN: 973-739-147-0, <http://brcee2005.ulbsibiu.ro/>
7. **EVANS, D.:** The Ruleg System for Construction of Programmed Verbal Learning Sequences. Univ.Pittsburg, Pennsylvania, 1980.
8. **PASK, G.:** An Approach to Cybernetics,Hutchinson &Co., London, 1961.
9. **PASK, G.:** Computers that Teach ,New Scientist. 16,308-311, 1961.
10. **SKINNER, B. F.:** The Science of Learning and the Art of Teaching, Harvard, “Educational Review”, 1964.
11. **SKINNER, B. F.:** Teaching Machines, Science Review nr. 27 (1958).
12. **THOMAS, C. A.:** Programed Learning In Perspective – The Adelphi Press – Essex, Great Britain, 1963.