

GENERATOARE INTELIGENTE ORIENTATE PE FAMILII DE PROBLEME DECIZIONALE PENTRU E-LEARNING

Maria Beldiga (Vasilache), Tudor Brăgaru, Gheorghe Căpățână

vasilache_m@mail.ru, theosnume@gmail.com, gh_capatana@yahoo.com ,

Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău

Rezumat: În articol sunt expuse structura și principul de funcționare a unui ansamblu din patru generatoare inteligente de familii de probleme decizionale. Generatoarele sunt componente ale unui Sistem Suport Inteligent pentru Decizii (SSID). SSID este destinat asistenței proceselor de luare a deciziilor în diverse domenii de activitate și cercetare și de instruire/autoinstruire a cursanților la disciplina "Sisteme Suport Pentru Decizii" cu aplicarea metodologiei de e-Learning.

Cuvinte cheie: e-Learning, sistem suport pentru decizii, inteligență artificială, generator de probleme, familie de probleme decizionale.

Abstract: The paper presented the structure and operating principle of a set of four generators intelligent to family decision problems. Generators are part of a Intelligent Decision Support System (IDSS). IDSS is intended to support decision-making processes as in various fields and research and training / self how in instruction and self-instruction of learners at "decision support systems" discipline with the application of e-Learning methodology.

Keywords: e-learning, decision support systems, artificial intelligence, generator problems, family of decision problems.

1. Introducere

Dezvoltarea rapidă a tehnologiilor informaționale și comunicaționale (TIC) a adus schimbări cardinale în majoritatea domeniilor de activitate. O schimbare continuă poate fi observată și în instituțiile de învățământ de toate nivelurile, unde tot mai des sunt aplicate mijloace ale tehnologiilor moderne și de comunicații (TIC) sub diverse forme de e-Learning.

În lucrarea sa Perraton H. [1] spunea că: "educația la distanță poate fi organizată fără existența unei teorii" argumentând prin faptul că partea practică este suficientă pentru evaluarea acestui concept.

Dacă până nu demult un sistem de e-Learning se baza pe aplicații care provin din:

- utilizarea calculatorului;
- utilizarea canalelor multimedia;
- utilizarea Internetului/Intranetului/Webului.

Acum la aceste aplicații pot fi adăugate și alte noi clase de sisteme bazate pe TIC care exploatează eficient interacțiunea dintre subiecții e-Learning-ului. Din acest motiv prin e-Learning vom înțelege gama de utilizare a tehnologiilor informaționale și comunicaționale într-o mulțime de situații educaționale: predare, învățare, evaluare/autoevaluare, training etc. În acest context vom distinge două aspecte conceptuale ale termenului – "*umbrelă de e-Learning*" (adaptată după [2]).

1. Conținutul, umplutura sistemelor de e-Learning, care poate fi statică sau dinamică, și adaptivă, conținut care este rulat pe platformele de e-Learning;
2. Suportul program tehnic al platformelor de e-Learning (LMS, LCMS), care este destul de standardizat, însă problema elaborării resurselor educaționale digitale calitative rămâne a fi un proces subiectiv, de rutină, consumator de timp.

Prezenta lucrare este o tentativă reușită de extindere a posibilităților platformelor de e-Learning prin generarea oricărui număr suficient de itemi și rezolvarea lor automată, cu introducerea lor pe platforma MOODLE (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) pentru autoevaluarea deschisă la distanță nelimitată, pentru orice număr de respondenți. Sistemul de e-Learning, dezvoltat de autori, permite generarea itemilor pe o disciplină concretă și anume „Sisteme suport pentru decizii (SSD)”. Sistemul poate fi extins și pentru alte discipline, familiile de itemi ale cărora pot fi modelate matematic.

În continuare se prezintă arhitectura sistemului de e-Learning precum și unele modele de SSD realizate în cadrul acestuia.

2. Sistemul inteligent de e-Learning bazat pe platforma MOODLE

Deoarece platforma de e-Learning MOODLE nu are instrumentele necesare pentru pregătirea cât mai ușoară a itemilor deschiși de tip „Rezolvare de problemă”, inclusiv rezolvarea problemelor de laborator și introducerea în MOODLE în calitate de itemi închiși, autorii prezentului articol au elaborat respectivul Sistem Suport Inteligent orientat pe familii de probleme decizionale (abreviat *SSI_FPD*), care funcționează împreună pe baza platformei de e-Learning MOODLE și pachetului de programe ”Matematica 8”.

Disciplina „Sisteme Suport pentru Decizii (SSD)” este inclusă în planurile de studii la Universitatea de Stat din Moldova la specialitățile de informatică. Cursul de e-Learning la disciplina ”SSD” reprezintă un sistem inteligent de instruire și demonstrează următoarele avantaje:

- procesul de învățare se realizează în locații virtuale;
- materialele educaționale sunt accesibile în funcție de formatul oferit;
- persoanele instruite beneficiază de asistența unui tutore (instructor, moderator), real sau virtual;
- prin interacțiune și colaborare, grupul de participanți se constituie într-o comunitate virtuală;
- materialul de studiu urmează un model prestabilit care să asigure aspectele metodologice privind procesul de învățare.
- notarea automată a cursanților la evaluările formative și sumative;
- generarea automată a itemilor și a testelor.

Realizarea pe calculator a SSID pe platformă de e-Learning se bazează pe *metode euristice* și *baze de cunoștințe*. De aceea, genericul SSID elaborat de autori include calificativul „*inteligent*”. Semnificația acestui termen este următoarea. În cadrul tehnologiilor informaționale convenționale titularul de curs elaborează manual un volum considerabil de probleme de laborator și texte personalizate (abreviat: probleme personalizate) și rezultatele acestor probleme. Problemele de laborator și testele trebuie să fie unice pentru fiecare cursant iar în cazul autoinstruirii acestea trebuie să fie unice și la fiecare accesare a cursantului.

Aici remarcăm, că în cadrul tehnologiilor convenționale (existente la moment) de e-Learning activitățile legate de elaborarea problemelor de laborator personalizate și verificarea acestor probleme solicită din partea titularului de curs eforturi și volum de timp considerabile.

În cadrul SSID generarea problemelor personalizate și verificarea rezultatelor problemelor se *efectuează automat*.

SSID elaborat de autori este comod pentru cursanți și profesori în instruirea, autoinstruirea, evaluarea formativă, evaluarea finală ș. a.

Problemele soluționate de SIID rezidă în utilizarea eficientă a platformelor de e-Learning și anume:

1. Pentru autoevaluarea și evaluarea cursanților pe o platformă de e-Learning prin itemi și probleme personalizate, care în condițiile lipsei SIID ar solicita din partea profesorului eforturi și volum de timp considerabile.
2. Generarea și rezolvarea problemelor personalizate.
3. Introducerea problemelor personalizate și a rezultatelor pe platforma de e-Learning pentru desfășurarea propriu zisă a autoevaluării.

În contextul faptelor expuse conchidem că s-a izbutit realizarea unui ansamblu din patru generatoare orientate pe familii de probleme decizionale personalizate. Generatoarele sunt parte integrantă a SSID la disciplina „Sisteme Suport pentru Decizii” realizat de autori pe platforma de e-

3. Sistemul suport pentru decizii

Luarea deciziilor este o activitate non-stop a oamenilor în diverse domenii de activitate.

Filip F. Gh., unul dintre cei mai recunoscuți experți în domeniul sistemelor suport pentru decizii (SSD), în lucrarea [3, p. 12] definește conceptul „decizie” în modul următor: „Decizia reprezintă rezultatul unor activități conștiente de alegere a unei direcții de acțiune și a angajării în aceasta, fapt care implică, de obicei, alocarea unor resurse. Decizia rezultă ca urmare a prelucrării unor informații și cunoștințe și aparține unei persoane sau unui grup de persoane, care dispun de autoritatea necesară și care răspund pentru folosirea eficace a resurselor în anumite situații date”.

În multe cazuri luarea unei decizii rezidă în soluționarea unei probleme decizionale. O clasificare a problemelor decizionale este dată de Simon H. [4] și anume:

- probleme structurate;
- probleme slab-structurate;
- probleme nestructurate.

Problemele structurate sunt numite acele probleme ce pot fi rezolvate de judecata umană, pe când *problemele slab-structurate* și *problemele nestructurate* pot fi rezolvate doar cu ajutorul sistemelor om-calculator. Asemenea sisteme bazate pe tehnologiile informaționale poartă numele de *sisteme suport pentru decizii*.

Analizând multiple definiții ale conceptului SSD propuse de mai mulți autori în lucrările [5 - 7], Filip F. Gh. în lucrarea sa [8, p. 30] prezintă următoarea definiție a conceptului SSD: „Sistemul suport pentru decizii reprezintă o clasă de sisteme informatice, cu caracteristici antropocentrice, adaptive și evolutive care integrează o serie de tehnologii informatice și de comunicații de uz general și specifice și interacționează cu celelalte părți ale sistemului global al organizației”.

Problemele decizionale (structurate și slab-structurate) pot fi privite ca o familie de familii de probleme decizionale (abreviat *FFPD*).

Partiția *FFPD* este următoarea:

$$FFPD = FP_1D \cup FP_2D \cup FP_3D \cup FP_4D,$$

unde:

- FP_1D - familie de probleme decizionale monocriteriale (abreviat FPD_{Mo});
- FP_2D - familie de probleme decizionale multiatribut (abreviat FPD_{Mu});
- FP_3D - familie de probleme decizionale modelată cu ajutorul arborelui de decizie (abreviat FPD_A);
- FP_4D - familie de probleme decizionale multiatribut modelată cu mulțimi fuzzy (abreviat FPD_F);

și

$$FP_iD \cap FP_jD = \emptyset, \quad 1 \leq i \leq 4, \quad 1 \leq j \leq 4, \quad i \neq j.$$

Familiile de probleme decizionale sunt mulțimi extensibile. Mulțimea problemelor decizionale (abreviat *PD*) este o familie de familii de probleme decizionale:

$$PD = \{FPD_{Mo}, FPD_{Mu}, FPD_A, FPD_F\} = FFPD \text{ (a vedea figura 1) [9 - 10].}$$

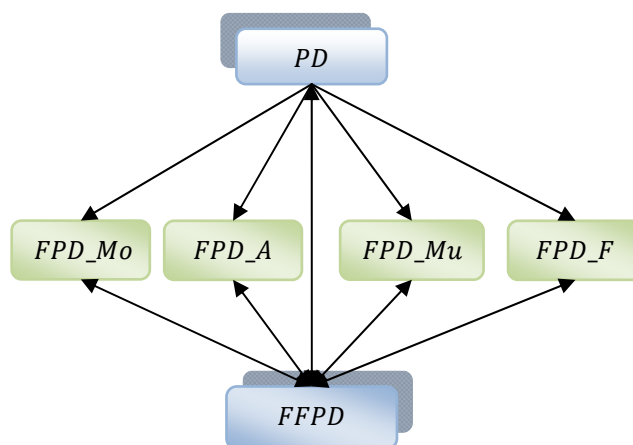


Figura 1. Familia de familii de probleme decizionale *FFPD*.

Definiția 1. [11, p. 135]. Vom numi **familie de familii de probleme decizionale** (FFPD) colecția de familii de probleme decizionale distincte $FFPD = \{FPD_Mo, FPD_Mu, FPD_A, FPD_F\}$.

Fiecare problemă decizională din cadrul cursului „Sisteme Suport pentru Decizii” reprezintă o specificare a unei lucrări de laborator și, concomitent, un element al unei oarecare familii decizionale. Concomitent, fiecare familie decizională poate fi privită ca o teorie formală (axiomatizată).

Definiția 2 (adaptată după Mendelson E. [12]). *Teoria formală (axiomatizată) \mathfrak{S} este considerată definită, dacă se respectă următoarele condiții:*

1. Este dată o oarecare mulțime finită de simboluri – alfabetul teoriei \mathfrak{S} . Șirurile finite de simboluri ale acestui alfabet sunt numite expresii ale teoriei \mathfrak{S} .
2. Există o submulțime a expresiilor teoriei \mathfrak{S} , numită mulțimea formulelor a teoriei \mathfrak{S} .
3. În mulțimea formulelor este conturată o submulțime, numită mulțimea axiomelor a teoriei \mathfrak{S} .
4. Există o mulțime finită R_1, \dots, R_n de relații dintre formule, numită mulțimea regulilor de inferență. Pentru fiecare regulă R_i există un număr natural j așa că pentru fiecare mulțime din j formule și pentru fiecare formulă A efectiv se determină dacă aceste j formule și formula A se află în relația R_i - iar dacă da, atunci A este numită consecință logică a acestor j formule prin relația R_i .

4. Generatoarele de probleme decizionale

Generarea formulărilor problemelor de laborator și a testelor personalizate pentru studenții înscriși la curs reprezintă activități care solicită din partea titularului de curs eforturi și volum de timp considerabile. De aceea, cercetările legate de generarea automată a problemelor personalizate la disciplinele de informatică și evaluarea automatizată a răspunsurilor studenților la aceste probleme reprezintă cercetări foarte actuale.

Fiecare temă a disciplinei „SSD” poate fi privită ca o *teorie formală* în care, alfabetul, mulțimea formulelor și mulțimea regulilor de inferență folosite în tema respectivă constituie un *limbaj formal al acestei teme - teorie formală* în sensul Mendelson. Limbajul teoriei formale este un *limbaj profesional*, submulțime structurată a limbajului natural utilizat de titularul de curs la predarea disciplinei SSD.

După construirea *modelului formal* al unei teme se trece la elaborarea a două componente inteligente de e-Learning pentru tema respectivă: *generatorul de probleme* și *rezolvitorul de probleme*.

În continuare se prezintă arhitectura generatoarelor de probleme decizionale personalizate, elaborate de autori pentru asigurarea metodică a cursului de e-Learning la disciplina SSD.

Dicționarul explicativ al limbii române oferă următoarele definiții a verbului „a genera”: „A compune, a forma, a produce, a da naștere” și altele.

În scopul realizării obiectivelor prezentei lucrări introducem definițiile conceptelor „generator de probleme decizionale” (Definiția 3) și „model generic al problemei decizionale” (Definiția 4).

Definiția 3. Vom numi *generator de probleme decizionale* un mecanism ce determină (dă naștere) din *modelul generic al problemei* la cel puțin a unui nou model specific de probleme decizionale.

Mulțimea de modele generice a problemelor decizionale (abreviat P^G) realizate în prezenta lucrare este următoarea:

$$P^G = \{P_{mo}^G, P_{moA}^G, P_{mu}^G, P_{muAF}^G\},$$

unde:

- P_{mo}^G - modelul generic al problemei decizionale monocriteriale;
- P_{moA}^G - modelul generic al problemei decizionale monocriteriale modelată cu arbori de decizie;
- P_{mu}^G - modelul generic al problemei decizionale multicriteriale;
- P_{muAF}^G - modelul generic al problemei decizionale multiatribut modelată cu mulțimi fuzzy.

Definiția 4. Vom spune că din mulțimea de modele generice ale problemelor decizionale putem genera k modele specifice ale problemelor decizionale, dacă:

$$P^G \rightarrow \begin{matrix} P^{S_1} \\ P^{S_2} \\ \vdots \\ P^{S_k} \end{matrix} .$$

Generatorul de probleme decizionale (abreviat G_{PD}) reprezintă o asociație din patru generatoare de probleme decizionale:

$$G_{PD} = \{G_{F_1}, G_{F_2}, G_{F_3}, G_{F_4}\},$$

unde:

- G_{F_1} - generatorul orientat pe familii de probleme decizionale monocriteriale;
- G_{F_2} - generatorul de probleme decizionale monocriteriale modelate cu arbori de decizie;
- G_{F_3} - generatorul orientat pe familii de probleme decizionale multicriteriale;
- G_{F_4} - generatorul de probleme decizionale multiatribut modelate cu mulțimi Fuzzy.

În continuare vom prezenta succint fiecare generator orientat pe familii de probleme decizionale în parte.

4.1 Generatorul orientat pe familii de probleme decizionale monocriteriale (G_{F_1})

Pentru a dezvolta generatorul orientat pe familii de probleme decizionale monocriteriale este necesar de definit conceptele de bază cu care acesta operează. Aceste concepte sunt expuse în Definițiile 5-7.

Definiția 5. Vom numi *familie de probleme decizionale monocriteriale* sistemul format dintr-o mulțime de probleme decizionale diferite, care au ca scop aflarea *deciziei optime* D_0 :

$$FPD_{M_o} = \{PDM_o_C, PDM_o_I, PDM_o_R\},$$

unde:

- PDM_o_C - probleme decizionale monocriteriale în condiții de certitudine;
- PDM_o_I - probleme decizionale monocriteriale în condiții de incertitudine;

- PDMo_R - probleme decizionale monocriteriale în condiții de risc.

Fiecare familie de probleme are universul (orizontul) ei.

Definiția 6. Univers (orizont) al unei familii de probleme decizionale monocriteriale reprezintă modelul generic, format din sistemul de elemente decizionale:

$$P_{mo}^G = (A_m, S_n, p_n, \mathcal{M}, \alpha),$$

unde:

- P_{mo}^G - modelul generic al familiei de probleme decizionale monocriteriale;
- A_m - cursurile de acțiune alternativă sau variabilele de decizie dependente

$$A_m = \{A_1, \dots, A_i, \dots, A_m\};$$

- S_n - stări ale naturi sau parametri necontrolabili independenți

$$S_n = \{S_1, \dots, S_j, \dots, S_n\};$$

- p_n - probabilitățile stărilor naturii sau parametri necontrolabili dependenți

$$\sum_{j=1}^n p_j = 1; \quad (1)$$

- \mathcal{M} - matricea de decizie formată din variabile dependente

$$\mathcal{M} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix};$$

- α - coeficientul de optimism măsurat pe o scară între 0 și 1

$$\alpha \in [0; 1]. \quad (2)$$

Generatorul de probleme decizionale monocriteriale G_{FI} este un model matematic de generare a problemelor decizionale monocriteriale în baza unei mulțimi de reguli de ordonanță și apartenență ce reprezintă sistemul

$$U_{mo}^{R_{O,A}} = (R_{O1}, R_{O2}, R_A),$$

unde:

- $U_{mo}^{R_{O,A}}$ - universul familiei de probleme decizionale monocriteriale;

- R_{O1} - regula de ordonanță descrescătoare/crescătoare a stărilor naturii S_n

$$S_1 > \dots > S_j > \dots > S_n / S_1 < \dots < S_j < \dots < S_n; \quad (3)$$

- R_{O2} - regula de ordonanță a variabilelor dependente a matricei de decizie

$$\left(\begin{array}{l} a_{11} > \dots > a_{1j} > \dots > a_{1n}/a_{11} < \dots < a_{1j} < \dots < a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} > \dots > a_{ij} > \dots > a_{in}/a_{i1} < \dots < a_{ij} < \dots < a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} > \dots > a_{mj} > \dots > a_{mn}/a_{m1} < \dots < a_{mj} < \dots < a_{mn} \end{array} \right); \quad (4)$$

- R_A - regulile de apartenență a variabilelor dependente a matricei de decizie pe intervalul stabilit de limita de sus și limita de jos:

$$\begin{cases} a_{11} \neq \dots \neq a_{i1} \neq \dots \neq a_{m1} \in [\mathcal{L}_{11}; \mathcal{L}_{m1}] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1j} \neq \dots \neq a_{ij} \neq \dots \neq a_{mj} \in [\mathcal{L}_{1j}; \mathcal{L}_{mj}] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} \neq \dots \neq a_{in} \neq \dots \neq a_{mn} \in [\mathcal{L}_{1n}; \mathcal{L}_{mn}] \end{cases}, \quad (5)$$

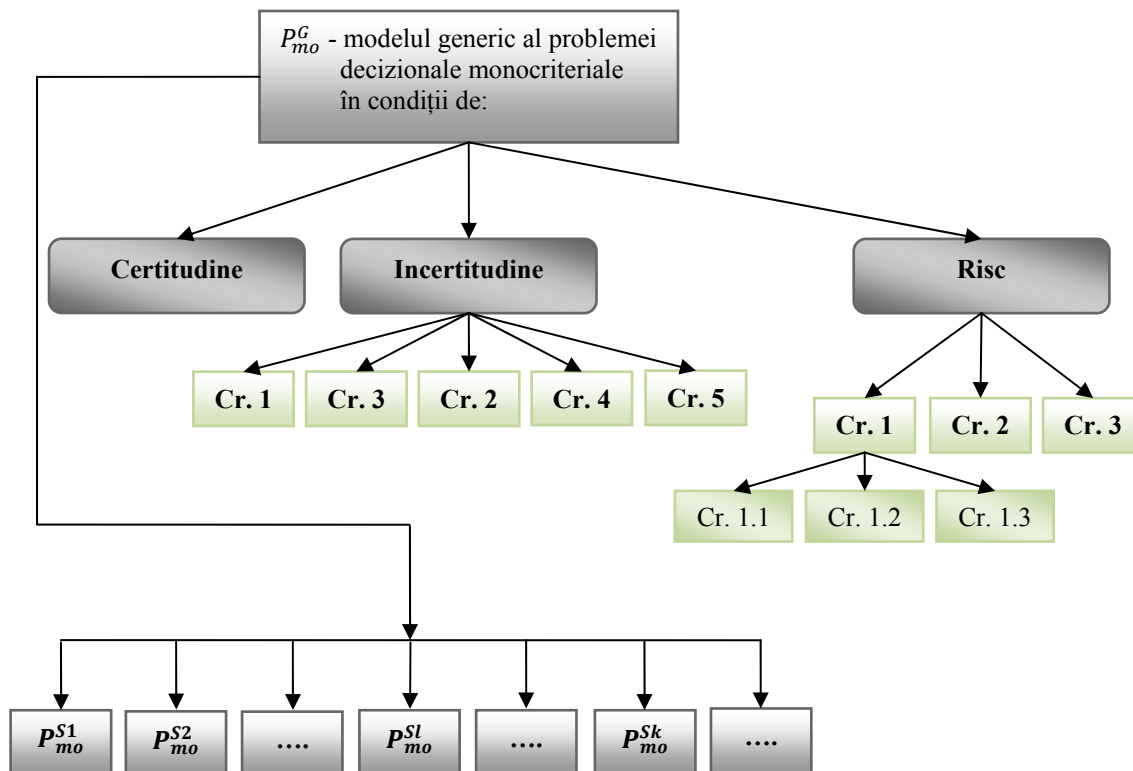


Figura 2. Schema de generare a problemelor decizionale monocriteriale personalizate.

4.2 Generatorul orientat pe familii de probleme decizionale monocriteriale modelate cu arbori de decizie (G_{F_2})

Arborele de decizie reprezintă un instrument util în analiza și modelarea proceselor decizionale. Arborele de decizie are ca scop descrierea în detaliu a căilor posibile în secvențe decizionale.

Într-un arbore de decizie există două tipuri de noduri:

- Dreptunghiurile indică noduri de decizie.* Din aceste noduri pleacă ramuri ce reprezintă alternativele posibile.
- Cercurile reprezintă noduri probalistiche (de rezultate).* Pe ramurile ce pleacă din aceste noduri sunt cunoscute probabilități de apariție a evenimentelor. În aceste noduri se calculează speranțe ale rezultatelor problemelor decizionale.

Orizontul unei familii de probleme decizionale modelate cu arbori de decizie este practic același cu cel al familiei de probleme decizionale monocriteriale

$$P_A^G = (A_m, S_n, p_n, \mathcal{M},).$$

Arborele de decizie constituie o reprezentare izomorfă a matricelor plăților, dar utilitatea lor este mai ridicată în cazul studierii unor procese decizionale secvențiale.

Regula de generare a unui model generic al unei probleme decizionale modelată cu ajutorul arborelui de decizie se conduce de același model matematic elaborat pentru modelul generic al problemei decizionale monocriteriale.

Vom spune că G_{F_2} generează k modele specifice (personalizate) de probleme decizionale monocriteriale din modelul generic al problemei decizionale modelată cu ajutorul arborelui de decizie dacă au loc apartenențele:

$$P_A^G \xrightarrow{g} \left\{ \begin{array}{l} a_{11}^{S1} \neq \dots \neq a_{i1}^{S1} \neq \dots \neq a_{n1}^{S1} \in [\mathcal{L}_{11}; \mathcal{L}_{n1}] \\ \vdots \\ a_{1n}^{S1} \neq \dots \neq a_{in}^{S1} \neq \dots \neq a_{nm}^{S1} \in [\mathcal{L}_{1n}; \mathcal{L}_{nm}] \\ p_1^{S1} \neq \dots \neq p_i^{S1} \neq \dots \neq p_n^{S1} \\ \vdots \\ a_{11}^{Sk} \neq \dots \neq a_{i1}^{Sk} \neq \dots \neq a_{n1}^{Sk} \in [\mathcal{L}_{11}; \mathcal{L}_{n1}] \\ \vdots \\ a_{1n}^{Sk} \neq \dots \neq a_{in}^{Sk} \neq \dots \neq a_{nm}^{Sk} \in [\mathcal{L}_{1n}; \mathcal{L}_{nm}] \\ p_1^{Sk} \neq \dots \neq p_i^{Sk} \neq \dots \neq p_n^{Sk} \end{array} \right. ,$$

unde $p_n^{S1} \neq p_n^{Sk}$, dar $\sum p_n^{S1} = \sum p_n^{Sk} = 1$.

Remarcă: Din modelul generic al problemei decizionale monocriteriale modelate cu arbori de decizie poate fi generată o familie extensibilă de modele specifice (personalizate) de probleme decizionale monocriteriale modelate cu arbori de decizie.

Schema de generare a problemelor decizionale monocriteriale personalizate modelate cu arbori de decizie este prezentată în figura 3.

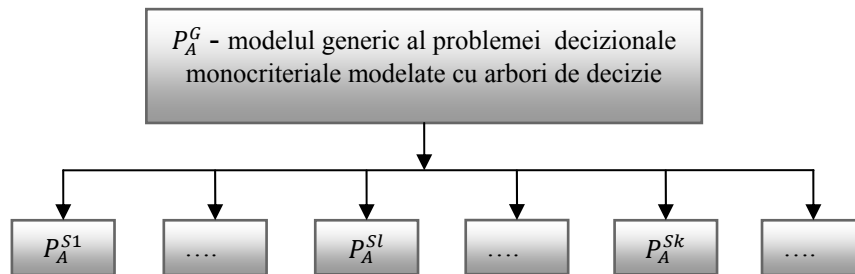


Figura 3. Schema de generare a problemelor decizionale monocriteriale personalizate modelate cu arbori de decizie.

4.2 Generatorul orientat pe familii de probleme decizionale multicriteriale (G_{F_3})

Familia de probleme decizionale multicriteriale are ca scop elaborarea și luarea deciziilor în prezența unor atribute multiple aflate de obicei în conflict.

Definiția 8. Se numește *familie de probleme decizionale multicriteriale* o colecție de probleme decizionale multicriteriale foarte diverse, dar care au și caracteristici comune (caracteristicile sunt adaptate după lucrarea [14, p. 131-132]):

- alternativele;
- atribute multiple;
- conflictul între atribute;
- incompatibilitatea unităților de măsură;
- ponderile criteriilor;
- matricea de decizie.

Problemele decizionale multicriteriale se împart în două clase:

- a) modele decizionale multiatribut;
- b) modele decizionale multiobiectiv.

4.2.1 Modele decizionale multiobiectiv

O problemă decizională multicriterială de tip multiobiectiv (abreviat P_{muo}^G) este caracterizată printr-o mulțime infinită de alternative, fiind descrise sub forma unui sistem de restricții (egalități,

inegalități) în care se maximizează/minimizează funcțiile obiectiv. Acest tip de model este folosit la evaluarea alternativelor cu costuri diferite în vederea obținerii de profituri maxime cu minimizarea costurilor.

Modelul generic al unei probleme decizionale multicriteriale de tip multiobiectiv este format din 4-uplul de elemente:

$$P_{mu_o}^G = \langle A_m, C_n, W_n, \mathcal{M}_c \rangle,$$

unde:

- $A_m = \{A_1, \dots, A_i, \dots, A_m\}$ - mulțimea alternativelor;
- $C_n = \{C_1, \dots, C_j, \dots, C_n\}$ - mulțimea criteriilor decizionale sau atribute multiple;
- $W_n = \{W_1, \dots, W_j, \dots, W_n\}$ - ponderea criteriilor sau coeficienți de importanță, unde $\sum W_n = 1$;

- $\mathcal{M}_c = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \\ W_1 & \dots & W_j & \dots & W_n \end{bmatrix}$ - matricea consecințelor, sau coeficienții atributelor cu

costuri diferite.

Pentru a putea fi generată o problemă decizională multicriterială de tip multiobiectiv $P_{mu_o}^G$, generatorul G_{F_3} trebuie să realizeze o ordonare coerentă a criteriilor, de la cel mai bun, la cel mai puțin bun, în raport cu ansamblul celor n criterii fiind evaluate cu ajutorul coeficienților de importanță.

În limbajul formal al generatorului de probleme G_{F_3} această descriere va fi:

1. dacă $\uparrow C_1; \downarrow C_2; \dots; \downarrow C_{j-1}; \uparrow C_j; \dots; \uparrow C_{n-1}; \downarrow C_n$ (5) mai întâi se face o selecție între criteriile de maximizare (\uparrow) și minimizare (\downarrow): $\uparrow C_1; \dots; C_j; \dots; C_{n-1}; \downarrow C_2; \dots; C_{j-1}; \dots; C_n$; (6)
2. apoi coeficienții de importanță se calculează în ordinea criteriilor de importanță (de exemplu: celui mai important criteriu i se asociază cea mai mare valoare a coeficientului de importanță; ... , celui mai puțin important criteriu i se asociază cea mai mică valoare a coeficientului de importanță);
3. generatorul de probleme G_{F_3} poate să genereze o familie extensibilă de modele de probleme multiobiectiv specifice (personalizate).

Definiția 9. Vom spune că $P_{mu_o}^G \rightarrow P_{mu_{ok}}^S$ dacă (6) și au loc relațiile (7) și (8)

$$P_{mu_o}^G \rightarrow_g \left\{ \begin{array}{l} P_{mu_{o1}}^S \rightarrow \begin{cases} C_{1,o1} \\ C_{2,o1} \\ \vdots \\ C_{n,o1} \end{cases} \\ \vdots \\ P_{mu_{oh}}^S \rightarrow \begin{cases} C_{1,oh} \\ C_{2,oh} \\ \vdots \\ C_{n,oh} \end{cases} \\ \vdots \\ P_{mu_{ok}}^S \rightarrow \begin{cases} C_{1,ok} \\ C_{2,ok} \\ \vdots \\ C_{n,ok} \end{cases} \end{array} \right. \text{ și} \quad (7)$$

3. se ordonează criteriile în funcție de valorile a'_n obținute în urma basculării și se calculează raportul ΔW_j între vecinii de clasament, C_{j-1} și C_j ($a_j > a_{j-1}$)

$$\Delta W_j = a'_j / a'_{j-1}; \quad (11)$$

4. pentru valorile ΔW_j determinate se rezolvă (9) și se calculează ponderea criteriilor de decizie după (10).

După ce modelul generic al problemelor de decizie multiatribut a trecut prin cele două metode de stabilire a ponderilor criteriilor de decizie constatăm că G_F_3 este capabil să genereze din modelul generic al problemelor de decizie multiatribut o familie de modele specifice (personalizate) de decizie multiatribut, adică $P_{mu_A}^G \rightarrow P_{mu_{Ak}}^S$.

4.3 Generatorul orientat pe familii de probleme decizionale multiatribut modelate cu mulțimi fuzzy (G_F_4)

Problemele de analiză multiatribut au fost dezvoltate prin diferite abordări [14, 15, 16]. Esența metodelor abordate constă în determinarea cu precizie de către decident a *coeficienților de importanță pentru fiecare criteriu și a performanței fiecărei alternative în raport cu fiecare criteriu.*

În unele cazuri în procesul decizional pot interveni aprecieri subiective. În aceste cazuri decidentul va opera cu date și informații vagi, imprecise și de natură incertă. Rezultate ale teoriei mulțimilor fuzzy oferă posibilitatea tratării datelor și informațiilor de tipul celor generate de caracteristicile subiective ale naturii umane [15, 16]. Abordarea fuzzy în problemele decizionale multiatribut permite valorificarea informației comunicabile prin limbajul natural și asimilarea elementelor specifice intuiției umane.

Modelul generic al problemei decizionale multiatribut modelată cu mulțimi fuzzy (abreviat $P_{mu_F}^G$) poate fi privit ca un model generic al unei probleme decizionale multiatribut. Dar în acest caz pentru a genera din modelul generic al problemei decizionale multiatribut probleme specifice (personalizate) de decizie multiatribut modelate cu mulțimi fuzzy ($P_{mu_F}^G \rightarrow P_{mu_F}^{S_k}$) sunt necesare evaluări cantitative și calitative pentru a putea determina:

- a) importanța fiecărui criteriu pentru problema analizată;
- b) performanța fiecărei alternative decizionale în raport cu fiecare criteriu.

Vom spune că $P_{mu_F}^G \rightarrow P_{mu_F}^{S_k}$ dacă și în acest caz se respectă regula de ordonanță (3) și prin înlocuirea termenilor lingvistici a_{mn} cu numere fuzzy, există o regulă de transformare a variabilelor lingvistice în variabile numerice.

Această regulă poate fi definită ca o funcție fuzzy de forma $f_n(v_i) \rightarrow \mathcal{R}^+$,

unde:

- $f_n(v_i) = (i - 1 / n - 1)$, $i = \overline{1, n}$; (12)
- v_i - variabilă lingvistică.

Remarcă: Aceeași variabilă lingvistică poate avea reprezentare fuzzy diferită pentru fiecare decident în funcție de situația decizională analizată.

Aproximarea variabilelor lingvistice prin numere fuzzy este redată în tabelul 1, tabel obținut cu aplicarea formulei (12).

Tabelul 1. Aproximarea variabilelor lingvistice prin numere fuzzy.

n	Variabile lingvistice	Reprezentarea fuzzy a variabilelor lingvistice																			
		scala 2 (n=2)						scala 3 (n=3)						scala 4 (n=4)						n=5	
1	Foarte mic (FMc), Nesatisfăcător (N)	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	-	0	0
2	Mic (Mc), Satisfăcător (S)	-	0	-	-	-	1	0,5	-	-	0	-	0	0,5	0,33	-	0,33	0	0,33	0,25	
3	Mediu (Md), Normal (Nr)	-	-	0	-	-	1	-	0,5	-	0,5	0	0,5	1	0,66	0,33	0,66	0,33	-	0,5	
4	Mare (M), Bună (B)	-	-	-	0	1	-	-	-	0,5	-	0,5	1	-	-	0,66	1	0,66	0,66	0,75	
5	Foarte mare (FM), Foarte Bună (FB)	1	1	1	1	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-	1	1	-	1	1	1

Legendă: semnul "-" în acest tabel semnifică lipsa variabilei lingvistice.

5. Studiul de caz

În acest studiu de caz va fi prezentat modul de generare a unei familii extensibile de probleme personalizate decizionale monocriteriale modelate cu arbori de decizie din modelul generic al următoarei probleme.

O întreprinde la moment dorește să investească în doar una din trei opțiuni disponibile: I_1, I_2, I_3 . Alegerea variantei de investiție și determinarea volumul de investiție sunt influențate de eventualele condiții ale pieții de desfacere a produselor rezultante din investiție.

Procentul de profit al întreprinderii în fiecare dintre cele trei investiții este în funcție de următorii factori:

1. solicitarea produselor din investiții va crește;
2. solicitarea produselor din investiții va fi moderată;
3. solicitarea produselor din investiții va scădea (a vedea tabelul 2).

Probabilitățile stărilor naturii 1), 2) și 3) sunt corespunzătoare: $P_1 = 0,1$ (solicitarea produselor din investiții va scădea); $P_2 = 0,3$ (solicitarea produselor din investiții va rămâne moderată); $P_3 = 0,6$ (solicitarea produselor din investiții crește).

Aproximarea investițiilor obținute sunt redate în tabelul 2 și sunt estimate în mii lei.

Tabelul 2. Modelul generic al problemei decizionale.

2. Alternative \ 1. Stări	1. S_1 : scădea	1. S_2 : moderate	1. S_3 : crește
3. I_1	2. 400	2. 700	2. 800
4. I_2	3. -4000	3. 500	3. 3000
5. I_3	4. 200	4. 700	4. 2000

Utilizând formulele (3), (4) și (5) generatorul de probleme G_{F_2} din modelul generic al problemei decizionale formulate mai sus a generat o familie extensibilă din k de probleme decizionale monocriteriale personalizate modelată cu arbori de decizie.

Din motiv că în formula (5) sunt reprezentate limite de sus și limite de jos pentru starea naturii n , în cazul nostru aceste limite vor fi:

- | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1. $n=1$ | 1. $n=2$ | 1. $n=3$ |
| 2. $\mathcal{L}_{11} = -400$; | 2. $\mathcal{L}_{12} = 500$; | 2. $\mathcal{L}_{13} = 800$; |
| 3. $\mathcal{L}_{31} = 400$. | 3. $\mathcal{L}_{32} = 700$. | 3. $\mathcal{L}_{33} = 3000$. |

Rezultatele generării familiei extensibile de probleme decizionale monocriteriale personalizate modelată cu arbori de decizie sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3. Familia extensibilă de probleme decizionale personalizate.

Stări Alternative	S_1^1 : scade	S_2^1 : moderată	S_3^1 : crește	Probabilitățile		
<i>Nr. 1</i>	-122	636	1441	0.1	0.3	0.6
	193	632	975			
	130	620	2954			

Stări Alternative	S_1^2 : scade	S_2^2 : moderată	S_3^2 : crește	Probabilitățile		
<i>Nr. 2</i>	-9	625	1179	0.1	0.3	0.6
	267	650	1897			
	-176	651	1693			

Stări Alternative	S_1^3 : scade	S_2^3 : moderată	S_3^3 : crește	Probabilitățile		
<i>Nr. 3</i>	376	677	2683	0.1	0.3	0.6
	-283	564	2704			
	328	648	2321			

Stări Alternative	S_1^4 : scade	S_2^4 : moderată	S_3^4 : crește	Probabilitățile		
<i>Nr. 4</i>	-365	583	2341	0.1	0.3	0.6
	-172	629	2806			
	-158	588	2808			

Stări Alternative	S_1^5 : scade	S_2^5 : moderată	S_3^5 : crește	Probabilitățile		
<i>Nr. 5</i>	246	689	2935	0.1	0.3	0.6
	-388	501	1598			
	-208	561	2507			

...

Stări Alternative	S_1^k : scade	S_2^k : moderată	S_3^k : crește	Probabilitățile		
<i>Nr. n</i>	112	698	1727	0.1	0.3	0.6
	227	636	811			
	-326	650	922			

...

Remarcă: În prezentul studiu de caz a fost demonstrat principiul de generare a problemelor decizionale personalizate. În situații reale problemele personalizate generate pot fi mult mai complexe.

6. Concluzii

În cadrul tehnologiilor informaționale convenționale productivitatea implementării și utilizării e-Learning-ului este frânată de volumul exagerat de timp consumat de titularul de curs la elaborarea problemelor personalizate pentru lucrările de laborator și a textelor pentru evaluările (formative, finale ș. a.) și verificarea rezultatelor lucrărilor de laborator și a testărilor din motiv, că în cadrul tehnologiilor informaționale convenționale elaborarea problemelor personalizate și

verificarea rezolvării acestora solicită un volum manual considerabil. Aici menționăm, că problemele trebuie să fie personalizate (unice) pentru fiecare cursant iar în cadrul autoinstruirii unice la fiecare accesare a cursantului.

În cadrul SSID dezvoltat de autori elaborarea problemelor personalizate se face în mod automat de un ansamblu din patru generatoare inteligente orientate pe familii de probleme decizionale. De asemenea, în mod automat se efectuează verificarea problemelor personalizate propuse cursanților. Verificarea se face cu ajutorul unui ansamblu format din patru rezolvitoare inteligente orientate pe familiile corespunzătoare de probleme decizionale.

SSID dezvoltat este comod la introducerea problemelor personalizate pe platforma de e-Learning pentru desfășurarea propriu zisă a autoevaluării.

În cadrul studiului de caz a fost demonstrată generarea unei familii de probleme decizionale monocriteriale modelata cu arbori de decizie. În situațiile educaționale complexitatea problemelor decizionale generate poate fi de complexitate mult mai mare, limitată de platforma de e-Learning MOODLE și pachetul de programe ”Matematica 8”.

În articol a fost descrisă structura și principiul de funcționare a ansamblului din patru generatoare inteligente de probleme decizionale, componente ale unui sistem suport inteligent pentru decizii. Acest sistem este destinat asistării proceselor de luare a deciziilor cu ajutorul computerului în diverse domenii de activitate. Sistemul reprezintă, concomitent, și un sistem de e-Learning, care poate fi aplicat în instruirea și autoinstruirea cursanților la disciplina „Sisteme Suport pentru Decizii”.

Realizarea pe calculator a SSID se bazează pe metode euristice și baze de cunoștințe. SSID este orientat pe familii de probleme decizionale și funcționează împreună pe baza platformei de e-Learning MOODLE și pachetului de programe ”Matematica 8”.

Conceptul aplicației ea în considerare metode speciale de asigurare a fiabilității și securitate a SSID.

Metodologia proiectării sistemelor informatice orientate pe familii de probleme propusă în lucrare este o paradigmă originală de proiectare a componentelor de e-Learning și nu numai.

BIBLIOGRAFIE

1. **PERRATON, H.:** *A theory for distance education*, <http://www.greenstone.org/greenstone3/nzdl?a=d&d=HASHc6772bc036cde200f52c0c.4.pp&c=edudev&sib=1&dt=&ec=&et=&p.a=b&p.s=ClassifierBrowse&p.sa> (vizitat la 10.02.2013).
2. **BRAGARU, T.:** Căpățână Gh., Pleșca N., Latul Gh., Cîrhana V., Efros I., Crăciun I., Baban T., Baron Gh. *Învățământ la distanță: concept și terminologie. (Ghid de inițiere).* – Chișinău: CEP USM, 2008. - 101 p.
3. **FILIP, F. Gh.:** *Decizie asistată de calculator: decizii, decidenți – metode de bază și instrumente informatice asociate.* – Ediția a 2-a, revăzută și adăugită. – București: Editura Tehnică, 2005. - 376 p.
4. **SIMON, H.:** *The new science of management decisions.* Revised edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1977.
5. **BUI, T.:** *X A Group Decision Support System for Cooperative Multiple Criteria Decision Making.* Springer Verlag, Berlin 1987.
6. **BĂRBAT, B. E.:** *Sisteme inteligente orientate spre agent.* - Editura Academiei Române, București, 2002.
7. **FILIP, F. Gh.:** *Sisteme suport pentru decizii: un punct de vedere într-o încercare de sistematizare.* În: *Buletinul român pentru informatică și tehnică de calcul*, 1989, pp. 100-126.

8. **FILIP, F. Gh.:** Sisteme suport pentru decizii. – Ed. a II–a, revăzută și adăugită. - București: Editura Tehnică, 2007. - 363 p.
9. **BELDIGA, (VASILACHE) M.; CĂPĂȚĂNĂ, Gh.:** Sistem suport inteligent orientat pe familia de probleme decizionale. În: Studia Universitatis, Seria științe exacte și Economice. – Chișinău: CEP USM, 2012, Nr. 7, pp. 28-34.
10. **BELDIGA, (Vasilache) M.:** Modelarea unei familii de probleme decizionale În: Studia Universitatis, Seria științe exacte și Economice. – Chișinău: CEP USM, 2012, Nr. 7, pp. 34-40.
11. **BELDIGA, M.; CĂPĂȚĂNĂ, Gh.:** Produse inteligente pentru asistența testării cunoștințelor la disciplina ”Sisteme Suport pentru Decizii”. - În: The 20th Conference on Applied and industrial mathematics dedicated to academician Mitrofan M. Cioban, Chișinău, 2012, pp. 134-138.
12. **MENDELSON, E.:** Introduction to Mathematical Logic. 2nd. ed. New York: D. Van Nostrand, 1979, 328 p.
13. **CLEMEN, R. T.:** Making hard decision: An introduction to decision analysis. 2nd Ed. Duxbury Press, Belmont, 1996.
14. **IONESCU, Gh. Gh.; CAZAN, E.; NEGRUȚĂ, A. L.:** Modelarea și optimizarea deciziilor manageriale. - Cluj-Napoca: Editura Dacia, 1999, 327 p.
15. **ZADEH, L. A.:** Fuzzy logic and its applications to decision and control analysis; Proceeding 1978, IEEE, Conference on Decision and Control, 1979.
16. **BELLMAN, R.; ZADEH, L. A.:** decision making in fuzzy environment, in Management Science, Vol.17. B, no. 4, LA, 1970, pp.141-194.