

EVOLUȚII NOI ÎN ANALIZA DE SISTEM PENTRU REALIZAREA SISTEMELOR SUPT PENTRU DECIZII

Dr. ing. Florin Gh. Filip

Institutul de Cercetări în Informatică

Rezumat

În articol se intenționează prezentarea unor abordări noi în analiza de sistem, având ca scop construirea de sisteme eficiente de asistare a deciziilor operative. Lucrarea introduce conceptul de **model al decidentului experimentat (MDE)**, având ca scop asistarea sau automatizarea unor activități specifice, legate de instruirea, testarea și experimentarea **modelului obiectului condus (MOC)**.

Articolul demarează cu trecerea în revistă a unor posibile abordări pentru rezolvarea problemelor complexe de luare a deciziei. În continuare, se prezintă un model ierarhizat al obiectivului condus, valabil atât pentru **procese de producție continue (PPC)**, cât și pentru **procese de producție cu prelucrări discrete (PPPD)**. Se examinează unele tendințe și rezultate în construirea de sisteme **supt pentru decizie (semi) expert (SSD-E)** împreună cu un eșantion de reguli de producție al MDE, inclus în prototipul de SSD-E denumit **X-DISPECER**. Un exemplu legat de coordonarea proceselor dintr-o fabrică de celuloză și hârtie ilustrează abordarea propusă.

1. Introducere

Tendința de proiectare și implementare a unor sisteme informatice de **management și control - conducere operativă (M&C)** tot mai complexe și cuprinzătoare /37, 62/ este determinată atât de presiunea tot mai puternică de a crește eficiența economică și de a păstra calitatea mediului înconjurător, cât și de dezvoltările realizate în tehnologia calculatoarelor și a comunicațiilor. Pentru a putea stăpâni complexitatea unor astfel de sisteme, s-au evidențiat mai multe tendințe ca de exemplu: a) "diviziunea muncii", eventual bazată pe metodologia sistemelor ierarhizate /24, 29, 53/ și b) implicarea tot mai mare a cunoștințelor "omului din bucla de reglare".

Experiența practică a demonstrat că numeroase probleme de management și control operativ (M&C) nu mai pot fi rezolvate numai cu ajutorul modelelor matematice tradiționale de M&C. În unele situații, problemele fie sînt prea complexe pentru o formulare matematică riguroasă, fie conduc la modele prea complicate pentru a fi rezolvate prin tehnicile tradiționale de optimizare. În plus, "abordarea prin optimizare" conduce la un "model economic" al proceselor de luare a deciziei (LD). În realitate, alte modele descriptive ale PLD ca, de exemplu, modelul "raționalității limitate" sau al "favoritului implicit" /3, 13/ sau com-

binății ale acestora par a fi mai realiste. După cum arată Kerkhoffs și Vansteenkiste /34/, pentru a putea depăși limitările actuale ale analizei de sistem, cunoștințele necesare abordării cu succes a sistemelor complexe sînt, în mare măsură, de tip curistic, în concordanță cu modul natural de gîndire a expertului uman.

În acest sens, literatura de specialitate abundă deja în exemple de sisteme expert (SE) folosite la rezolvarea unor probleme pentru care s-a încercat multă vreme utilizarea unor modele matematice tradiționale de M&C. În acest sens, nume ca APEX, FOLIO și FINANCIAL ADVISOR (pentru planificarea financiară), EDDAS (pentru management), ESCORT și LINKMAN (pentru urmărirea și conducerea producției), RIVER FLOW EXPERT (pentru gestiunea hidrosistemelor) și PICON (pentru conducerea on-line a instalațiilor tehnologice), menționate în /41/, constituie doar un eșantion dintr-o listă de produse informatice în extindere vertiginoasă de la o zi la alta. De altfel, SE și-au extins aplicabilitatea de la domeniile inițiale, legate de anumite profesii intelectuale sau activități similare, către management /25/, sisteme de reglare /39, 64/, simulare complexă /34, 65/ și, mai ales, sisteme de fabricație integrate cu ajutorul calculatorului (computer integrated manufacturing - CIM) /57/. O direcție de gîndire și dezvoltare asemănătoare, care merită a fi menționată, o constituie abordarea prin "sistemele vagi" /35, 42/. Simplist vorbind, această abordare se bazează pe un model al elementului de reglare automat sau uman care produce comenzi bazate pe anumite reguli, presupunînd că variabilele ce caracterizează obiectul condus iau "valori lingvistice".

O linie paralelă și semnificativă de cercetare și dezvoltare în abordarea problemelor de LD aparține curentului denumit "**sisteme suport pentru decizie**" (SSD) /1, 6, 13, 16, 26, 56/. În contrast cu SE (prin care se intenționează, în mod tradițional, crearea unui "surogat al expertului uman", costisitor și nu întotdeauna disponibil), în SSD, accentul este pus mai degrabă pe suportul (a se citi asistență, ajutor, sprijin etc.) oferit decidentului uman /13/. În SSD tradiționale, dezvoltate în perioada anilor '60 și '70, se avea în vedere o completare și integrare a judecății umane cu modelele analitice computerizate și cu bazele de date. Pornind de la conceptele expuse în /12, 16, 26, 54/, un SSD poate fi definit ca un tip special de sistem informatic folosit pentru a ajuta la luarea unor decizii de M&C "care merită" și care nu sînt de dorit sau nu sînt tehnic apte de a fi complet automatizate, în scopul îmbunătățirii cunoștințelor, creativității și al creșterii satisfacției muncii omului. Articole de sinteză /46, 48, 58, 61/ arată că SSD se adresează unui spectru larg de aplicații din zone funcționale diferite, din producție și conducere economică. Avînd în vedere că pregătirea și cunoștințele diferiților decidenți sînt în mod inevitabil inegale și limitate, poate rezulta concluzia că un ajutor efectiv și "extins" al SSD poate fi furnizat de acele sisteme care împrumută și valorifică din recentele

realizări și modalități de abordare specifice ale SE /13/. În prezent, o nouă tendință care combină modelele analitice specifice SSD tradiționale cu modalitățile de abordare și instrumentele informatice specifice SE pare a deveni din ce în ce mai puternică. De exemplu, "SSD hibride" /52/, "sistemele tandem" și "sistemele de conducere mixte analitice / bazate pe cunoștințe" /36, 60/, "SSD expert" /5/, "SE de reglare bazată pe modele" și "de reglare bazată pe cunoștințe" /4, 39/ au fost deja propuse pentru conducerea economică, CIM, conducerea producției și, respectiv, reglarea proceselor tehnologice.

În contextul de mai sus, în articol se încearcă dezvoltarea unor idei prezentate anterior /13/ prin trecerea în revistă a unor rezultate care pot fi relevante pentru tendința de combinare a metodelor tradiționale de modelare, simulare și optimizare cu metodele și instrumentele informatice specifice SE. Din motive legate de experiența autorului, limitată și ea la domeniul industrial, prezentarea se va concentra pe probleme de decizie operativă din conducerea producției. În continuare, lucrarea este organizată după cum urmează. Mai întâi se va face o evaluare a rolului modelelor matematice în LD și se va generaliza modelul ierarhizat al obiectului condus propus în /14/. Apoi se vor scoate în evidență împrumuturile din zona SE la dezvoltarea de SSD evolute. Un exemplu va ilustra abordarea descrisă.

2. Modele de simulare, optimizare și luare a deciziei

Analize recente /16, 33/ indică o evoluție a "tipului de suport" furnizat de SSD. Astfel, în timp ce la începuturile dezvoltării curentului SSD se oferea o asistență destul de "pasivă", prin realizarea unor analize de tip "Ce se întâmplă dacă ... ?" ("What if ... ?") a alternativelor de decizie imaginate și pregătite de om, în prezent se constată o tendință către o asistență "extinsă", care implică folosirea intensivă a modelelor de optimizare și a unor instrumente informatice de tip sistem "semiexpert" pentru proiectarea alternativelor de decizie. După cum observa mai de mult Young /63/, unele SSD se adresează jumătății din stînga a creierului uman (unde se presupune că predomină procese mentale cantitative și de calcul), iar altele sînt orientate către partea dreaptă a creierului (asistînd procesele cu caracter predominant calitativ, de recunoaștere a situațiilor și de raționament bazat pe analogie). În contextul celor arătate mai sus, se simte nevoia realizării unei analize a modului de folosire a modelelor analitice, eventual combinate cu modele declarative care simulează raționamentul uman.

Foarte multe modele de M&C și tehnici de rezolvare au fost dezvoltate și încercate pe probleme de test tot mai complicate. Cu toate acestea, eficacitatea acestor modele și tehnici în rezolvarea unor probleme reale apărute în unele cazuri este cel puțin limitată. Deși

potențial utile, aceste modele s-au dovedit, în multe cazuri, practic neutilizabile și, în consecință, au fost subutilizate sau chiar ignorate. Se pot găsi multe explicații pentru această situație aparent paradoxală. Haimes /31/ arată că majoritatea problemelor reale de LD sînt caracterizate de obiective multiple, necuantificabile și, de multe ori, chiar conflictuale. În plus, un optim matematic nu poate exista în fapt deoarece soluția optimă a unei probleme reale depinde de numeroși factori, cum ar fi limitările celui care realizează modelul și credibilitatea și corectitudinea datelor. În plus, se poate observa că modelele computerizate sînt dificil de actualizat și de alimentat cu date atunci cînd sînt imbricate în sisteme informatice "intolerante" și "impersonale", care nu permit o atitudine creativă a utilizatorului. Practica a arătat că utilizatorii SSD sînt dispuși să accepte și să beneficieze de modele de simulare și optimizare dacă acestea sînt sub controlul omului și dacă sistemul este interactiv și flexibil (permițînd și stimulînd înțelegerea și alegerea celui mai adecvat model dintre mai multe modele standard conținute într-o bază de modele) și nu impune un "mod înghețat" de abordare /32/. În acest sens, găsirea unei soluții eficiente pentru problema încă deschisă a unui sistem de gestiune a bazei de modele (de fapt, componenta cea mai specifică a unui SSD) pare a contribui la folosirea extensivă a modelelor.

2.1. Un model ierarhizat al obiectului condus

Diferitele categorii de persoane (decidenți, analiști, elaboratori de algoritmi) implicate la diferite momente de timp în activitățile legate de mînuirea modelelor, întîmpină dificultăți specifice, deoarece în mod inevitabil, aceștia percep realitatea înconjurătoare în feluri diferite, potrivit cu sarcinile și calificările lor /14/. De exemplu, decidentul, în multe cazuri, nu poate să specifice problemele sale într-un mod convenabil pentru analistul de sistem, care are ca sarcină construirea unui model formal și alegerea algoritmului de rezolvare adecvat. La rîndul său, elaboratorul de algoritmi computerizați, dacă nu va exploata caracteristicile particulare ale aplicației și va continua să dezvolte proceduri care sînt, în principiu, valabile pentru o clasă de probleme mai largă decît este necesar, va întîmpina greutăți mari, datorate în special dimensiunii modelelor. Pentru a evita neajunsurile cauzate de viziunea și înclinațiile diferite ale celor trei categorii de persoane menționate mai sus, în /14/ a fost propus un model cu trei niveluri al obiectivului condus. Acesta cuprinde un **model extern (ME)**, o **formulare matematică (FM)** și o **reprezentare internă (RI)**, adecvate pentru decidenți, analiști de sistem și, respectiv, elaboratori de algoritmi.

2.2. Modelul extern

ME propus are două straturi: a) ME generic și b) ME specific (de aplicație). ME generic care va fi prezentat mai jos este aplicabil atât pentru procesele de producție continue (PPC), cât și pentru cele cu prelucrări discrete (PPPD) /20/. El este inspirat și extinde aplicabilitatea modelului propus de Nof /44/ pentru cazul PPD și conține elemente în parte asemănătoare cu cele propuse recent în /50/.

Un sistem industrial de producție (SIP) poate fi reprezentat ca un sistem alcătuit din mai multe obiecte între care se stabilesc anumite relații. Tipurile generice de bază ale obiectelor ME sînt: **elementul de prelucrare**, EP (care reprezintă, de fapt, un anumit regim de funcționare al unei instalații tehnologice, în cazul PPC, sau o mașină-uncaltă, în cazul PPPD), **elementul de stocare** (un rezervor sau o grupă de rezervoare, în cazul PPC, sau un post de stocare, în cazul PPPD), **materialul** (materie primă, un semifabricat sau un produs, în cazul PPC). Mediul exterior care influențează (sau este afectat de) SIP este modelat prin alte obiecte specifice ca: **sursa externă** (care furnizează materii prime, utilități în cazul PPC, sau sculele în cazul PPPD) și **consumatorul** (care descrie livrările).

Fiecare obiect al sistemului este caracterizat de către un set de **atribute**. De exemplu, în cazul PPC, elementele de prelucrare, elementele de stocare, materialele, sursele și consumatorii sînt caracterizați prin următoarele seturi de atribute: { instalații tehnologice, **materialul principal** (MP) de intrare/ieșire, debitul MP, proporțiile și sursele/destinațiile fluxurilor de materiale de I/O, înfrzierile pe diferite canale de I/O, prioritatea }, { rezervorul gazdă, materialul conținut, nivelul stocului, obiectele sursă/destinație ale fluxurilor de I/O }, { unitatea de măsură, prețul unitar }, { resursa furnizată, obiectul destinație, valoarea instanțelor sau/și globală permisă, negociabilitatea } și respectiv { materialul livrat, obiectul sursă, cantitatea, negociabilitatea }.

Unele atribute păstrează semnificații (valori) fixe pe parcursul segmentului de timp $[t_1, t_2]$ ale valabilității definiției obiectului. De exemplu, MP al unui element de prelucrare, obiectul sursă al unui consumator sau obiectul destinație al unei surse externe nu se pot schimba. Aceste valori și semnificații fixe constituie **parametrii** modelului.

Alte atribute (**variabilele** modelului) pot varia dinamic în interiorul unor domenii admisibile. De exemplu, debitul unui MP sau nivelul unui stoc pot lua valori în cadrul limitelor $[u_m, u_M]$ și respectiv $[x_m, x_M]$. Pornind de la o definiție de bază (nominală) a unui anumit obiect se pot obține, prin modificarea unuia sau mai multor parametri, **variante de definiție** (VD) ale obiectului.

În PPPD, elementele de prelucrare, stocare și materialele sînt caracterizate prin grupe de atribute ca { numele/codul mașinii-unelte/vehiculului de transport, starea (în așteptare, ocupată de o anumită lansare de la un anumit mo-

ment, în întreținere }, { numele/codul postului, lucrările în așteptare, ultimul moment în care șirul de lucrări a fost modificat } și respectiv { traseul tehnologic, durata operațiilor, cantitatea de repere, starea prelucrării (terminat pe o anumită mașină, în așteptare de la un anumit moment, termenul de livrare, durata la staționare în atelier etc.) }.

Starea STC este definită la un anumit moment de timp prin valorile la acel moment ale seturilor de atribute ale obiectelor și ale sistemului pe ansamblu.

Scopurile unui sistem pe parcursul orizontului de decizie $[t_0, t_{KF-1}]$ sînt definite cu ajutorul unor **valori dorite** sau prin intermediul unor **domenii de variație** preferabile ale unor atribute principale. De exemplu, în cazul PPC, este de așteptat ca unele instalații tehnologice să funcționeze aproape de anumite valori prescrise ale debitelor materialelor principale, iar valorile stocurilor să fie menținute în vecinătatea unor valori optime sau de siguranță reprezentate printr-un vector x_d . De asemenea, cantitățile livrate trebuie să fie conform comenzilor descrise de secvența valorilor vectoriale $\{w(0), w(1), \dots, w(KF-1)\}$, eventual cu unele toleranțe acceptabile, iar valoarea totală a materialelor în sistem să nu depășească o anumită limită. În cazul PPPD, este de dorit ca timpul de terminare a prelucrărilor efectuate asupra unei lucrări să se plaseze în apropierea termenului de livrare, timpul total de inutilizare a mașinilor să tindă către zero etc.

Modelul extern generic este personalizat la instalarea sistemului. Modelul extern specific permite utilizatorului decident **obținerea** unor informații (utilizabile în luarea deciziilor) prin căutări simple în baza de date. Mai mult, dacă este necesar, modelul extern poate fi utilizat de către alte task-uri specifice, avînd ca scop rezolvarea unor probleme de simulare și, uneori, de optimizare.

2.3. Formularea matematică

În scopul calculării valorilor unor atribute variabile sau testării îndeplinirii unor restricții, obiectelor li se pot atașa modele matematice.

Să considerăm, de exemplu în cazul PPC, un "proces de idealizare" pentru a modela elementele de prelucrare și de stocare prin **unități de transformare** (UT) și, respectiv, prin **unități de acumulare** (UA). O UA cu indicele i este caracterizată, în termenii teoriei sistemelor, printr-o variabilă de stare x_i (reprezentînd valoarea stocului), iar o UT cu indicele j printr-o variabilă de comandă m_j (reprezentînd debitul materialului principal). Consumatorii/sursele externe negociabile, care golesc/alimentează direct un anumit ES, sînt reprezentate ca secvențe de perturbații cunoscute $\{w(0), w(1), \dots, w(KF)\}$. Sursele externe și consumatorii negociabili se pot idealiza ca unități de transformare. Consumatorii pentru care sînt importante valorile integrale, precum și resursele partajate se pot "idealiza" sub forma unor unități de acumulare /22, 29, 30/.

Notând cu O_j^+ și \bar{S}_j mulțimile de indici ale obiectelor sursă și, respectiv, destinație ale fluxurilor de ieșire/intrare din VD a UT P_j , ω pentru regimul tehnologic cu indicele ω al instalației j ($j = \overline{1, n_p}$), valoarea z_0^j a unui anumit debit de ieșire pe intervalul cu numărul k poate fi aproximată în funcție de debitul materialului principal prin:

$$z_0^j(k) = \sum_{\tau=0}^{\vartheta_0^j} \beta_{j_0}^{\tau} m_1^j(k-\tau) ; \quad 0 \in O_j^+ \quad (1)$$

unde $\beta_{j_0}^{\tau}$ și ϑ_0^j sînt coeficientul de transfer (randamentul) și, respectiv, înfrîziera pentru fluxul de ieșire cu indicele o la aplicarea unui "semnal treaptă" la intrarea materialului principal al elementului de prelucrare cu numărul j , iar m_1^j este debitul materialului principal (aici, de intrare). În mod asemănător, se pot stabili relații între debitele altor materiale de intrare $u_i^j(k)$ ($i \in \bar{S}_j$) și debitul materialului principal (de intrare):

$$u_i^j(k) = \bar{\beta}_{ji} m_1^j(k) \quad i \in \bar{S}_j, i \neq 1 \quad (2)$$

unde $\bar{\beta}_{ji}$ reprezintă proporția dintre variația unitară a debitului materialului principal și variația necesară a debitului materialului de intrare cu indicele i , corespunzător rețetei (regimului) tehnologic ω . În cazul în care, în loc de randamente, se folosesc randamentele (atunci cînd materialul principal este un produs de ieșire al instalației j) se pot exprima relații asemănătoare pentru materialele de intrare și celelalte produse secundare.

Variația valorii stocului $x_i(k+1)$ al elementului de stocare i ($i = \overline{1, S}$) la sfîrșitul intervalului de timp (t_k, t_{k+1}) este dată de ecuația cu diferențe:

$$x_s(k+1) = x_s(k) + \sum_{j \in \bar{S}_s^+} (D_{sj} z_w + \gamma_{sj} w_j^+) - \sum_{j \in O_s^-} (C_{sj} u^j + \gamma_{sj} w_j^-) \quad (3)$$

unde z_w și u^j reprezintă intrări și, respectiv, ieșiri în/din stoc de la/către alte instalații din sistem; w_j sînt intrări/ieșiri din sistem de la surse externe/către consumatori; \bar{S}_s^+ și O_s^- reprezintă mulțimile de obiecte sursă și, respectiv, destinație pentru fluxurile de materiale către/din elementul de stocare s ; γ_{sj} și matricile linie D_{sj} și C_{sj} specifică existența conexiunilor dintre fluxurile de material în cadrul diferitelor obiecte ale sistemului.

Prin combinarea ecuațiilor (1), (2) și (3) și prin introducerea unor variabile de stare auxiliare, pentru a considera înfrîzierile din (1), modelul sistemului se poate exprima sub forma compactă a unei ecuații vectoriale cu diferențe de ordinul I:

$$x(k+1) = A(k)x(k) + B(k)m(k) + G(k)w(k) \quad (4)$$

unde x , m , w sînt vectorii de stare, comandă și perturbație cu n_x , n_m și, respectiv n_w componente; $A(k)$, $B(k)$ și $G(k)$ sînt matrice de dimensiuni corespunzătoare. Condiția inițială este:

$$x(0) = x_0 \quad (5)$$

În concordanță cu definițiile diferitelor obiecte din sistem și cu definiția sistemului în ansamblu, se pot formula restricții atât pentru variabile de comandă, cît și pentru cele de stare:

$$m_{m_j}(k) \leq m_j(k) \leq m_{M_j}(k), \quad j = \overline{1, n_m} \quad (6)$$

$$x_{m_i}(k) \leq x_i(k) \leq x_{M_i}(k), \quad i = \overline{1, n_x} \quad (7)$$

Trebuie menționat că vectorul extins de stare din (4) poate conține variabile auxiliare, necesare considerării eventualelor restricții isoperimetrice (instantanee globale, sau integrale), datorate, în principal, partajării unor resurse comune, în forma convenabilă (7).

Dacă o parte din scopurile sistemului se exprimă sub forma unor secvențe de valori dorite (normative) pentru variabile de stare și comandă $\{x_d(1), \dots, x_d(KF)\}$ și respectiv $\{m_d(0), \dots, m_d(KF)\}$, se poate formula un criteriu de performanță tipic pentru o problemă de urmărire /19, 29, 30/:

$$J = \sum_{k=0}^{KF-1} (\|x(k+1) - x_d(k+1)\|_Q^2 + \|m(k) - m_d(k)\|_R^2) \quad (8)$$

unde $\|v\|_R^2 = v^T R v$; $Q > 0$ și $R > 0$ sînt matrici diagonale, indicînd ponderea acordată păstrării valorilor diferitelor variabile în apropierea cifrelor normative. Se poate menționa că o parte din obiectivele sistemului se exprimă prin intermediul restricțiilor (4) și (5).

Modelul de optimizare (4) - (8) nu este singura formulare posibilă a problemei de decizie. Literatura de specialitate /27, 28, 29/ mai menționează și alte abordări ca: optimizarea stocastică, programarea dinamică sau optimizarea fluxurilor în rețele de transport.

În cazul PPPD, în funcție de "seturile caracteristice", restricțiile impuse și scopurile specifice fiecărei clase de aplicații, se pot formula diferite tipuri de probleme de decizie /23, 29, 43, 44, 45, 60/.

2.4. Reprezentarea internă

În modelul de optimizare (4) - (8), care corespunde unei anumite configurații de variante de definiție ale diferitelor obiecte, o parte din parametri iau valori variabile în timp pe orizontul de decizie pentru a reprezenta eventuale regimuri tranzitorii, opriri ale instalațiilor, aprovizionări neregulate cu materiale și livrări fluctuante etc. Din această cauză, în cazul în care se folosește forma standard a unor matrici având ca axă distinctă timpul, poate rezulta un număr foarte mare de parametri de memorat. Din fericire, în probleme practice, de cele mai multe ori, matricile modelului sînt rare, avînd o formă particulară și, în plus, elementele nenule sînt relativ constante (păstrînd aceleași valori pe mai multe intervale care compun orizontul de optimizare) /14, 18, 20/. De exemplu:

$$\Lambda(k) = I + \mathcal{X}(k) \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \mu_{ij}(k) &= \mu_{ij}^{[\tau]} = \text{constant pentru} \\ k &\in [k_0^{[\tau]}, k_f^{[\tau]}] \subset [0, KF-1] \end{aligned} \quad (10)$$

$$\pi v_i(k) = \overline{\pi v_i} \cdot \Delta \pi v_i(k)$$

$$\Delta \pi v_i(k) = \Delta \pi v_i^{[\tau]} = \text{constant pentru}$$

$$k \in [k_0^{[\tau]}, k_f^{[\tau]}] \subset [0, KF],$$

unde I este matricea unitate; $\mathcal{X}(k)$ conține elementele nenule din afara diagonalei matricii $\Lambda(k)$ și

$$\mu_{ij} \in \{\tilde{a}_{ij}, b_{ij}\}; \quad \pi v_i \in \{x_{m_i}, x_{d_i}, \dots, m_{M_i}, r_i\}$$

Aceste particularități pot și trebuie a fi exploatate în scopul micșorării consumului de memorie și a timpului de calcul (prin evitarea operațiilor aritmetice triviale). De exemplu, reprezentarea internă (IR) propusă în /14/ este bazată pe următoarele idei: a) memorarea numai a elementelor nenule; b) valoarea unui anumit

element de vector, $\Delta \pi v_i^{[\tau]}$ (sau de matrice $\mu_{ij}^{[\tau]}$), constant pe parcursul segmentului "t" de intervale de timp $[k_0^{[\tau]}, k_f^{[\tau]}]$ este memorat ca o valoare constantă

unică împreună cu capetele segmentului $\tau, k_0^{[\tau]}$, și $k_f^{[\tau]}$; c) secvențele de variabile ale sistemului (stări și comenzi) sînt memorate în formă vectorizată.

În continuare se prezintă o posibilă reprezentare internă propusă în /20/. Elementele nenule ale matricelor $\mathcal{X}(k)$ și $\mathcal{B}(k)$ sînt memorate sub forma a două grupuri a câte cinci vectori α^η și β^η ($\eta = \overline{1,4}$) cu L_α și respectiv, L_β componente, unde:

$$\begin{aligned} \{\alpha_\lambda^1, \dots, \alpha_\lambda^5\} &= \{i, j, \tilde{a}_{ij}(k), k_0^{[\tau]}, k_f^{[\tau]}\} \\ \{\beta_\lambda^1, \dots, \beta_\lambda^5\} &= \{i, j, b_{ij}(k), k_0^{[\tau]}, k_f^{[\tau]}\} \end{aligned}$$

Părțile constante $\overline{\pi v}$ ale parametrilor vectoriali sînt memorate sub forma a două grupuri cu câte patru vectori $\overline{\pi x}^\eta$ și $\overline{\pi m}^\eta$ ($\eta = \overline{1,4}$), avînd n_x și, respectiv, n_m componente, unde:

$$\begin{aligned} \{\overline{\pi x}_i^1, \dots, \overline{\pi x}_i^4\} &= \{x_{m_i}, x_{d_i}, x_{M_i}, q_i\} \\ \{\overline{\pi m}_i^1, \dots, \overline{\pi m}_i^4\} &= \{m_{m_i}, m_{d_i}, m_{M_i}, r_i\} \end{aligned}$$

Părțile variabile (perturbările), $\Delta \pi v(k)$, sînt memorate sub forma a două grupuri a câte șapte vectori πx^η și πm^η ($\eta = \overline{1,7}$) cu câte L_x și respectiv, L_m componente, unde:

$$\begin{aligned} \{\pi x_\lambda^1, \dots, \pi x_\lambda^7\} &= \\ &\{i, \Delta x_{m_i}^{[\tau]}, \Delta x_{d_i}^{[\tau]}, \Delta x_{M_i}^{[\tau]}, \Delta q_i^{[\tau]}, k_0^{[\tau]}, k_f^{[\tau]}\} \\ \{\pi m_\lambda^1, \dots, \pi m_\lambda^7\} &= \\ &\{j, \Delta m_{m_j}^{[\tau]}, \Delta m_{d_j}^{[\tau]}, \Delta m_{M_j}^{[\tau]}, \Delta r_j^{[\tau]}, k_0^{[\tau]}, k_f^{[\tau]}\} \end{aligned}$$

Algoritmul de rezolvare a problemei de optimizare se reformulează în concordanță cu noua reprezentare internă /18, 20/.

Avantajele RI propuse nu se limitează numai la micșorarea consumului de memorie a timpului de calcul, ci cuprind și asigurarea unei flexibilități în generarea de modele necesare, pornind de la un model "de bază", prin simpla "adăugare de modificări" la capătul de jos al vectorilor în care se memorează diferiți parametri. Acest lucru este deosebit de util atunci cînd se intenționează evaluarea mai multor alternative obținute prin modificarea unor parametri prin care se definesc interconexiuni, limite sau priorități. Cu toate aceste avantaje, legate de execuția programelor și exploatarea modelelor, RI prezintă dezavantajul complicării codului, afectînd astfel timpul de pregătire a algoritmului computerizat.

Se mai poate remarca în plus că alegerea celei mai adecvate RI este dependentă de tipul de problemă. De exemplu, dacă parametrii sînt constanți pe orizontul de optimizare, vectorii $\pi x^\eta, \pi m^\eta, \alpha^4, \alpha^5, \beta^4$ și β^5 nu mai sînt necesari, iar dacă $\Lambda=I$, atunci vectorii α^η nu mai sînt necesari. Dacă matricile nu sînt totuși rare și parametrii nu sînt relativ constanți, memorarea sub forma standard matricială este mai adecvată. În consecință, algoritmi de optimizare/simulare sînt aleși dintr-o mulțime de module "candidat" pentru a corespunde variantei de RI.

3. O abordare combinată

Pot fi identificate cel puțin două motive de a combina modelele de optimizare și simulare (MOS) cu instrumentele informatice și modalitățile de abordare specifice sistemelor expert (SE).

În primul rând, este rațional să se folosească abordarea cea mai adecvată (și instrumentul software corespunzător) pentru a rezolva o porțiune separabilă a unei probleme mai complexe de luare a deciziei. În acest sens, multe din aplicațiile menționate în capitolul introductiv au avut ca scop simplificarea unor probleme care sînt în mod evident prea greu de formulat și mai ales de rezolvat prin metode analitice. De exemplu, în /36/ se prezintă câteva probleme tipice pentru fabricația integrată cu ajutorul calculatorului ("computer integrated manufacturing" - CIM) ca: "selectarea traseului sculei" și "ordonanțarea sculelor" în care un SE servește la simplificare, fie prin reducerea volumului de date de intrare, fie prin generarea de restricții. În aceeași ordine de idei, în /20/ se arată cum folosirea unui set de reguli de producție poate ajuta la construirea modelului prin limitarea numărului de candidați posibili din mulțimea de variante de definiție posibile ale obiectelor. SE sînt eficiente mai ales în condițiile în care timpul presează. O aplicație în acest sens este generarea dinamică a unei secvențe de operații /36, 43/, bazată pe un program operativ "întă" (calculat "off-line") cînd condițiile reale de funcționare ale atelierului deviază de la premisele acceptate.

Un al doilea motiv pentru o abordare combinată îl constituie insuficiența experienței a decidentului care încă nu poate folosi la întreaga capacitate sistemul informatic pus la dispoziție. Pentru a depăși această neconcordanță, apare ca necesar și de dorit un model de comportare al unui decident experimentat (MCDE) spre a fi folosit la exploatarea modelului obiectului condus /21/; de asemenea, acest model poate ajuta în mod eficace la selectarea metodei de modelare și a instrumentului software adecvat, precum și la adaptarea unui instrument software de uz general la o anumită aplicație /34, 38/.

Pot fi remarcate opinii potrivit cărora, în aplicații foarte complexe (inclusiv managementul și conducerea sistemelor industriale mari), prelucrarea datelor și modelarea vor fi "scufundate" în procese de raționament simbolic care vor domina și controla întregul sistem "și, în consecință, inteligența artificială va dobîndi poziția unei discipline centrale în rezolvarea problemelor foarte complexe" /34/.

Compararea punctelor tari și mai slabe ale omului și ale calculatorului /40, 47, 59/ indică, după cum era de așteptat, că se va păstra o diviziune a muncii între acești doi factori. În acest sens, perspectiva unei asistențe pur normative a calculatorului (presupunînd eliminarea judecății umane) este îndoielnică nu numai deoarece este încă nerealistă din punct de vedere tehnic, dar și inacceptabilă din punct de vedere etic. Dacă se va presupune că utilizatorul va accepta soluțiile fur-

nizate de algoritmi computerizați, din cauză că "par mai științifice și mai respectabile din punct de vedere tehnologic" /47/, aceasta va conduce la o poziție pasivă a omului. Tendința de polarizare a celor care, într-un fel sau altul, vin în contact cu calculatorul (pe de o parte, elita profesioniștilor informaticieni, care își dezvoltă și aplică potențialul creativ în realizarea de sisteme tot mai sofisticate și, pe de altă parte, masa de utilizatori care își rezolvă sarcinile tot mai rapid și comod, fără a înțelege prea mult cum funcționează sistemul), remarcată la începutul anilor '80 /9/ este foarte posibilă și în cazul acelor SSD care oferă o asistență pur normativă.

3.1. Către SSD "expert"

Cele trei elemente componente ale unui SSD tradițional (SSDT) sînt: baza de date (BD), incluzînd SGBD, baza de modele (BM), incluzînd sistemul de gestiune a BM (SGBM) și respectiv, sistemul de gestiune a dialogului /1, 48, 56/.

În general, se acceptă că în SSD tradiționale cunoștințele privind domeniul de decizie ("la ce" ajută sistemul) ca și cunoștințele privind instrumentul informatic ("cum" ajută sistemul) aparțin în întregime omului. Pentru a facilita absorbirea și păstrarea de către un decident a volumului de cunoștințe legate de problemele de tip "la ce" și "cum", în /51/ se propune o concepție de SSD expert, XSSD, definită prin:

$$S_{XSSD} = \{U, D, D^*, M, M^*, I, R, G, KB\}$$

unde, alături de U, I, D, D*, M, M*, R și G, reprezentînd utilizatori, interfață de intrare baza de date, BD, SGBD, baza de modele BM, SGBM, generatorul de rapoarte și, respectiv, grafica (conținute în SSDT), KB reprezintă baza de cunoștințe inclusiv cele privind domeniul și instrumentul informatic.

Conceptul de XSSD este extins în /10/, unde se propune SSD de tip "stație de lucru" în scopul declarat al atenuării unei eventuale inflexibilități a sistemului și imperfecțiunii comunicațiilor.

Astfel de abordări constituie aparent un pas înainte în efortul de a crește utilitatea și, implicit, acceptarea SSD. Cu toate acestea, propunerile legate de conceptul de XSSD merită un efort suplimentar de analiză și clarificare. La o analiză mai atentă, cadrul conceptual propus în /51/ apare anticipat și chiar acoperit de către descrierea generică a SSD propusă mai de mult în /6/. Aceasta includea trei componente de bază: sistemul de legătură (SL), baza de cunoștințe (BC) și sistemul de rezolvare a problemei (SRP). BC, la rîndul său, cuprinde diferite tipuri de cunoștințe (termenul de cunoștințe fiind folosit într-un sens destul de larg), de exemplu:

- a) cunoștințe empirice (CE) descriind starea obiectului condus și a mediului său;
- b) cunoștințe de modelare (CM) pentru realizarea calculului;

e) cunoștințe derivate (CD) reprezentând rezultatele eventual intermediare;

d) cunoștințe lingvistice (CL) legate de vocabularul aplicației și, eventual, unele reguli gramaticale;

e) cunoștințe de prezentare (CP) legate de formate și alte efecte grafice pe ecranul terminalului;

f) cunoștințe asimilative (CA) descriind căile și modalitățile în care se pot adăuga noi cunoștințe în BC. BC mai includea și metacunoștințe (MC), cu ajutorul cărora se stabilește modul de utilizare în comun a CM și CE, modul de combinare a modulelor, precum și ce modele se pot considera și în ce condiții etc. Deși în /7/ se făcea observația că, în majoritatea SSD existente la momentul respectiv, MC erau lăsate pe seama utilizatorilor, tot în acea lucrare se prezentau perspectivele promițătoare ale unor metode de reprezentare a unor "cunoștințe hibride" care privesc integrarea unor abordări considerate până atunci în mod tradițional ca distincte, în scopul exploatarii avantajelor oferite de fiecare abordare luată separat.

În /51/ se arată că domeniul XSSD este legat mai ales de faza de proiectare ("design") a alternativelor de decizie. Cu toate acestea, procesele de control și depăcerizare care extind și care sînt legate de faza de rezolvare a problemei de decizie pot, la rîndul lor, să beneficieze de sprijinul furnizat de o experiență acumulată.

În aceeași ordine de idei, în /55/ se arată că un SSD trebuie să includă și funcțiile de "urmărire-monitorizare-alertare și comunicație" alături de fazele tradiționale de "culegere de informații-proiectare-alegere". În consecință, au apărut deja referințe /34/ privind încercări de integrare a sistemelor de conducere a proceselor tehnologice, cu tehnici de simulare și cu reglarea efectuată de către om prin folosirea unor rețele de calculatoare.

3.2. X - DISPECER, un SSD evoluat

În loc de a prezenta generalități, în continuare se va da un exemplu ilustrativ pentru tendințele de combinare a abordărilor tradiționale în SSD cu cele inspirate din zona SE.

DISPECER este numele unei familii de SSD-uri pentru coordonarea proceselor de producție cu caracter continuu (din rafinării, complexe chimice, fabrici de celuloză și hîrtie etc.) și a altor sisteme neindustriale (de exemplu, complexe de acumulare și distribuție a apei, rețele de trafic urban auto etc.) care se pot descrie prin tipurile de modele externe ale DISPECER /11, 16, 17, 19/.

În /15/ s-a arătat cum se poate calcula (cu ajutorul DISPECER) o soluție a problemei de programare operativă a producției în PPC, cum această soluție poate fi recalculată, după modificarea unor parametri (limite, valori dorite, ponderi etc.), sau cum pot fi evaluate (prin simulare) variante de decizie introduse direct de către om (pe baza judecății și modelelor sale

mentale și a considerării unor elemente calitative neformalizabile). Cu toate că sistemul, prin flexibilitatea sa și prin multitudinea de facilități oferite, trebuia, în principiu, să permită și să încurajeze o atitudine creativă a utilizatorului (de imaginare nu numai a unor alternative de decizie, dar și a unor căi noi de analiză și construire a alternativelor), aceasta nu s-a manifestat în majoritatea cazurilor. Teoretic, un ipotetic decident foarte creativ, poate avea în sistem un partener valabil și versatil. În realitate însă, în cele mai bune cazuri, utilizatorul apelează doar funcția de optimizare pentru a obține o soluție de bază pentru programul de producție pe care o modifică eventual punctual, în intenția de a se apropia de reprezentarea sa bazată pe experiență. De foarte puține ori, utilizatorul a modificat parametrii problemei și a reapelat optimizarea într-un mod creativ cu scopul descoperirii unor noi alternative. În consecință, autorii sistemului au avut senzația că sistemul este folosit la un nivel foarte scăzut în comparație cu posibilitățile sale. Această "timiditate" în folosire poate fi explicată nu atât prin lipsa aptitudinilor creative ale decidenților, ci, mai degrabă, prin lipsa de experiență în utilizarea unui nou tip de instrument.

Pentru a depăși această situație, s-a încercat dezvoltarea unui model de comportare a unui decident experimentat (MCDE) spre a fi inclus într-un SSD evoluat denumit X-DISPECER. În acest fel, SSD va deveni (poate) mai mult decît un instrument versabil și flexibil și va juca mai degrabă rolul unui "asistent" și chiar "consultant".

În intenția autorilor sistemului X-DISPECER, MCDE va sprijini (sau va realiza automat) o serie de activități grupate în clasele următoare:

a) definirea ME (depinzînd de condiția inițială a sistemului condus și prognoza evoluției mediului în care se află obiectul condus)(regulile R01 și R02);

b) construirea automată a unui model de optimizare/simulare și apelarea dintre mai mulți candidați a algoritmului de rezolvare adecvat (pentru situații ca: prezența sau absența semnificativă a întîrzierilor în proces; probabilitatea ca matricile să fie dense sau rare, cu parametri constanți sau relativ variabili)(regula R12);

c) testarea condițiilor necesare de existență a unei soluții a problemei (regulile R27 și R29);

d) modificarea modelului dacă algoritmul nu converge (regulile R13 și R15);

e) experimentarea modelului (inclusiv evaluarea rezultatelor și modificarea corespunzătoare a unora dintre parametri, avînd în vedere atingerea unor anumite obiective)(regulile R61, R62 și R63).

În continuare, se prezintă cu titlu de exemplu cîteva reguli de producție incluse în MCDE.

R01

DACĂ: P01.1 (instalația P_{σ} trebuie oprită pe un anumit segment de timp, adică

$P_{\sigma} \cdot \omega \leftarrow P_{\sigma} \cdot 0$, pentru $k \in [k_0, k_s]$ și

P01.2 (mulțimea elementelor de stocare adiacente alimentate de P_{σ} nu este vidă:

$$N_s = \{i : i \in O_{\sigma}^+\} \neq \emptyset$$

ATUNCI: P_{σ} trebuie să reia funcționarea după oprire cât mai aproape de capacitatea maximă

$$md_{\sigma}(k_s + 1) \leftarrow m_{M_{\sigma}}$$

R02

DACĂ: P01.1 și P02 și

P02.3 (stocurile din N_s sînt sub valorile dorite, adică:

$$x_i(0) < xd_i, i \in N_s) \text{ și}$$

P02.4 (mulțimea instalațiilor care se alimentează din elementele de stocare alimentate de către instalația P_{σ} nu este vidă:

$$N_p = \{j : j \in \mathcal{D}_i, i \in N_s\} \neq \emptyset \text{ și}$$

P02.5 (există margini de siguranță asupra limitelor pentru debitele de materiale principale (DMP) ale instalațiilor ce compun N_p (a se vedea R12 de mai jos),

ATUNCI: se va permite tuturor instalațiilor P_j ($j \in N_p$) să funcționeze aproape de limitele fizice inferioare în perioada opririi lui P_{σ}

$$m_{m_j}(k) \leftarrow \min(m_{m_j}, m_{mm_j})$$

$$md_j(k) \leftarrow m_{m_j}$$

$$r_j(k) \leftarrow 0,5 r_j(k); k \in [k_0, k_s] \quad CR = 0,5$$

OBSERVAȚIE:

Aici CR este coeficientul recomandat al concluziei regulii de producție.

R12

DACĂ: P12.1 (limitele fizice ale DMP al instalației P_j sînt m_{mm} și m_{MM}) și

P12.2 (parametrii acceptați din punct de vedere economic pentru DMP sînt m_{mj} și $m_{\bar{m}_j}$ și m_{mj}),

ATUNCI: parametrii modelului sînt aleși după cum urmează:

$$m_m \leftarrow \max\{m_{mm}, m_{\bar{m}}\}$$

$$md_j \leftarrow md_j$$

$$m_M \leftarrow \min\{m_M, m_{MM}\}$$

R13

DACĂ: P13.1 (algoritmul de optimizare nu converge după n_{IT} ($n_{IT} = \max(30, 3 \cdot KF \cdot n_x)$) iterații) și

P13.2 (R_w este mulțimea de consumatori și surse externe declarate negociabile),

ATUNCI: se introduc UT auxiliare, caracterizate de următorii parametri:

$$m_m \leftarrow 0$$

$$md_a \leftarrow w_i(k)$$

$$m_M \leftarrow 1,5 \sum_{k=0}^{KF-1} w_i(k); i \in R_w$$

.

.

.

.

.

R15

DACĂ: P15.1 (UT_n modelează un factor extern negociabil) și

P15.2 (r_M este factorul de pondere maxim în definiția problemei de optimizare

$$r_M = \max\{r_i(k), r_j(k)\})$$

ATUNCI: $r_n \leftarrow 10 r_M$

.

.

.

.

.

R27

DACĂ: P27.1 (S_i este un element de stocare final) și

P27.2 ($x_i(0)$ este stocul inițial în S_i) și

P27.3 (\mathcal{S}_i este mulțimea instalațiilor care alimentează S_i) și

P27.4 (C_i este un consumator care golește pe S_i cu cantitățile $\{w_i(0), \dots, w_i(KF-1)\}$ și

P27.5 (nu se satisface condiția necesară:

$$x_i(0) + \sum_{t=0}^k \left(\sum_{j \in \mathcal{S}_i} b_{ij} m_{M_j}(t) - \sum_{l=0}^{k-1} w_l(t) - w_l(k) \right) = d_i < x_{mi}(k))$$

și

P27.6 (există o margine de siguranță a limitei inferioare a stocului

$$x_{mi} > x_{mm_i})$$

ATUNCI: problema nu are soluție; pentru a evita aceasta, se ajustează definiția lui S_i prin relaxarea limitei inferioare a stocului admis:

$$x_{m_i}(k) \leftarrow \max(d_i(k), x_{mm_i}) \quad CR=0.8$$

.

.

.

.

R29

DACĂ: P2.1. și P27.2 și P27.3 și P27.4 și P27.5 și P29.6 (consumatorul C_i ($l \in O_i^-$) este declarat negociabil)

ATUNCI: se creează o UT auxiliară pentru a modela pe C_i avînd următorii parametri:

$$m_{m_a} \leftarrow 0$$

$$md_a(k) \leftarrow w_1(k)$$

$$m_{M_a}(k) \leftarrow d_i(k) + w_1(k) - x_{m_i} \quad CR=0.5$$

R61

DACĂ: P61.1 (evoluțiile stocurilor sînt apreciate pe global ca nesatisfăcătoare (cu un anumit coeficient CA_1)) și

P61.2 (U_s este setul de elemente de stocare cu evoluții cert nesatisfăcătoare pe segmentul de timp $[k_0, k_j]$) și

P61.3 (secvențele de ritmuri de producție sînt apreciate pe global ca acceptabile cu un anumit coeficient, CA_3),

ATUNCI: se creează noi definiții ale elementelor de stocare din U_s prin mărirea penalizărilor abaterilor de la valorile dorite:

$$q_i(k) \leftarrow 10 q_i(k); k \in [k_0, k_f]; i \in U_s \quad CR=0.6$$

R62

DACĂ: P61.1 și P61.2 și P61.3 și

P62.4 (se dorește compensarea locală) și

P62.5 (N_p este mulțimea instalațiilor care se învecinează cu stocurile avînd evoluții nesatisfăcătoare

$$N_p = \{j : j \in \mathcal{S}_i \cup O_i^-, i \in U_s\} \text{ și}$$

P62.6 (R_w este mulțimea instalațiilor cu ritmuri de producție nerelaxabile),

ATUNCI: se creează noi definiții ale instalațiilor vecine care pot fi "relaxate"

$$r_j(k) \leftarrow r_j(k); j \in (N_p - R_w); k = \overline{0, KF-1}$$

$$CR=0.55$$

R63

DACĂ: P61.1 și P61.2 și P61.3 și

P63.4 (pe segmentul $[k_1, k_2]$ nu se admit abateri prea mari, iar toleranțele maxime pentru abaterile de la traiectoriile nominale sînt ϵ_i^- și ϵ_i^+ ($i \in U_s$))

ATUNCI: se creează noi variante de definiție pentru toate stocurile S_i ($i \in U_s$) prin "îngustarea" domeniilor admisibile:

$$x_{m_i}(k) \leftarrow xd_i(1 - \epsilon_i^-)$$

$$x_{M_i}(k) \leftarrow xd_i(1 + \epsilon_i^+)$$

$$(k = \overline{k_1, k_2}; i \in U_s) CR=0.5$$

Alte reguli de producție pot fi găsite în /20, 21/

4. Exemplu numeric

Fie o porțiune dintr-un combinat de producție a celulozei hîrtiei /21/. Aceasta e compusă din cinci instalații tehnologice (v. fig. 1): P_1 (instalație de spălare), P_2 (albitoria), P_3 (instalația de epurare), P_4 și P_5 (presele de celuloză) și trei rezervoare: S_1 (celuloză nealbită), S_2 (celuloză albită) și S_3 (celuloză purificată).

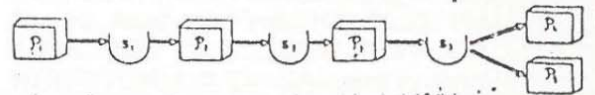


Fig. 1

Modelul extern este specificat pe un orizont de 11 intervale de timp printr-o secvență de variante de definiție a obiectivelor din sistem ca P_j , ω ($k_1:k_2$) și S_j , ω ($k_1:k_2$), unde j, i, ω, k_1 și k_2 sînt indicele instalației, indicele stocului, indicele variantei de definiție și, respectiv, limitele de valabilitate ale variantei de definiție.

În acest exemplu simplificat (fără surse externe și consumatori expliți, fără întârzieri pe canalele de transfer I/O ale instalațiilor și cu conexiuni invariabile în timp între obiecte), mulțimile de parametri $\{m_{m_j}; md_j; m_{M_j}; r_j\}$ și $\{x_{m_i}; xd_i; x_{M_i}; q_i\}$ sînt suficiente pentru a defini variantele de funcționare ale instalației tehnologice P_j și, respectiv, ale stocului S_i . Fie configurația de bază (nominală) a variantelor de funcționare de mai jos:

$$P1.1, P2.1 \text{ și } P3.1 : \{0,5; 0,8; 1; 10\}$$

$$P4.1 : \{0,1; 0,4; 0,8; 30\}$$

$$P5.1 : \{0,1; 0,4; 0,8; 40\}$$

$$S1.1 : \{0,1; 2,5; 5; 1\}$$

$$S2.1 : \{0,1; 3; 6; 2\}$$

$$S3.1 : \{0,1; 3; 6; 3\}$$

Accastă configurație reflectă două lucruri:

a) o funcționare echilibrată a procesului de producție pe ansamblul său;

b) creșterea către capătul final al liniei de producție a importanței stocurilor și instalațiilor tehnologice finale (care funcționează "pe comenzi").

Reprezentarea internă a configurației, definită mai sus, este dată în tabelele 1, 2 și 3.

Fie următoarea situație de decizie: P_1 urmează a fi oprită pentru întrețineri pe un segment de timp compus din primele patru intervale. Valorile inițiale ale stocurilor sînt egale tocmai cu valorile dorite. Prin execuția regulilor R01 și R02 rezultă definițiile variantelor de funcționare de mai jos (în care numerele su-

bliniate reprezintă modificări ale valorilor de bază):

$$P1.0: \{0; 0; 0; 0,1\}$$

$$P1.2: \{0,5; 1; 1; 10\}$$

$$P2.3: \{0,4; 0,4; 1; 5\}$$

Acestea înlocuiesc definițiile anterioare, P1.1 (0:3), P1.1 (4:4) și P2.1 (0:3), în configurația variantelor de funcționare. Configurația de definiții ale variantelor de funcționare corespunzătoare situației de decizie este:

P1.0 (0:3), P1.2 (4:4), P1.1 (5:11)

P2.3 (0:3), P2.1 (4:11)

P3.1 (0:11)

P4.1 (0:11)

P5.1 (0:11)

S1.1 (1:12)

S2.1 (1:12)

S3.1 (1:12).

Reprezentarea internă este dată în tabelele 1, 2, 3 și 4.

Rezultatele optimele sînt prezentate în fig. 2a.

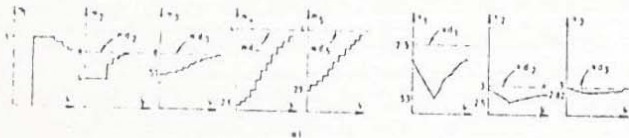


Fig. 2 a

Dacă utilizatorul apreciază că evoluția stocului S_1 , adică traiectoria lui, x_1 , este nesatisfăcătoare pe segmentul de intervale de timp $[k_0, k_1] = [1, 12]$ (adică $U_s = \{1\}$ în R61, R62 și R63) și nu se impun restricții pe x_1 (pentru a declanșa R63), iar toate instalațiile sînt relaxabile ($\mathcal{R}_\omega = \{1, 2, 3, 4, 5\}$) atunci este executată regula R61. Ca urmare, se obține o nouă variantă de funcționare a lui S_1 , și anume S1.2 : $\{0,1; 2,5; 3; 10\}$ care va înlocui pe S1.1. (1:11) în configurația problemei. Reprezentarea internă este definită de tabelele 1, 2, 3, 4 și 5. Rezultatele optimele corespunzătoare sînt prezentate în fig. 2b. Alte teste

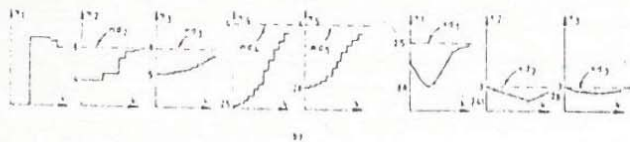


Fig. 2 b

ilustrative sînt prezentate în /21/.

5. Concluzii

După cum se remarcă în /33/, "suportul extins" al SSD înseamnă o contribuție explicită la influențarea și chiar ghidarea procesului de luare a deciziilor în condițiile respectării priorității acordate judecării decidentului și, în același timp, considerarea foarte atentă a unor aspecte legate de modul în care gîndesc decidenții, ce așteaptă de la părțile procesului de decizie pe care le transferă sistemului spre rezolvare, atitudinea față de instrumentele analitice etc. În consecință se poate constata o deplasare și o extindere a ariei de cuprindere a activităților de analiză de sistem. Astfel, pe lângă dezvoltarea unor noi tehnici de modelare, simulare și optimizare eficiente din punct de vedere computațional (a se vedea capitolul al doilea al articolului), se abordează tot mai mult și cu perspective promițătoare modelele imitînd un decident experimentat care mînuiește în mod creativ modelele obiectelor conduse.

Trebuie menționat că, folosirea unor tehnici inspirate din activitatea de cercetare-dezvoltare a sistemelor expert presupune existența unei expertize privind domeniul avut în vedere /40, 54/. Totuși la luarea deciziei de management și conducere operativă folosind modele de simulare și optimizare, expertiza acumulată poate fi incertă, incompletă sau/și nedisponibilă. Modelul propus în capitolul al treilea al articolului ilustrează unele rezultate parțiale și provizorii ale autorului și colegilor săi în efortul de a descoperi și chiar imagina un ansamblu de cunoștințe privitoare la domeniul specific al coordonării proceselor în industriile cu producție continuă.

În final vom face o apreciere personală asupra relației om-calculator. Deși în munca manuală sau chiar în alte activități intelectuale în care resursa umană este insuficientă, considerentele economice pot preleva și se poate imagina și accepta un surogat automat pentru om /47/, în activitatea de luare a deciziilor de management și conducere operativă, credem că sistemul va fi întotdeauna subordonat omului, fiind folosit ca un instrument amplificator al creativității acestuia sau ca, cel mult, un asistent sau consultant calificat.

NOTĂ:

Acest articol reprezintă versiunea română revizuită a materialului "Systems analysis and expert systems techniques in operative decision making" din volumul "Computational Systems Analysis" (A. Sydow, editor) în curs de apariție la Elsevier Science Publisher B.V, Berlin.

TABELUL 1

ELEMENTELE VECTORILOR β^j

1	i	j	b_{ij}	k_1	k_2
1	1	1	1	0	11
2	1	2	-1	0	11
3	2	2	1	0	11
4	2	3	-1	0	11
5	3	3	1	0	11
6	3	4	-1	0	11
7	3	5	-1	0	11

TABELUL 2

ELEMENTELE VECTORILOR $\overline{\pi x}^j$

i	x_{lj}	x_{dj}	x_{uj}	q_j
1	0.1	2.5	5	1
2	0.1	3	6	2
3	0.1	3	6	3

TABELUL 3

ELEMENTELE VECTORILOR $\overline{\pi m}^j$

j	m_{lj}	m_{dj}	m_{uj}	r_j
1	0.5	0.8	1	10
2	0.5	0.8	1	10
3	0.5	0.8	1	10
4	0.1	0.4	0.8	30
5	0.1	0.4	0.8	40

TABELUL 4

ELEMENTELE VECTORILOR πm^j

1	j	ml	md	mu	r	k_1	k_2
1	1	0	0	0	0.1	0	3
2	1	1	1.25	1	1	4	4
3	2	2.1	0.5	1	0.5	0	3

TABELUL 5

ELEMENTELE VECTORILOR πx^j

1	i	xl	xd	xu	q	k_1	k_2
1	1	1	1	1	10	1	11

Bibliografie

1. ARIAV, G. și GINZBERG, M. *DSS design - a systemic view of decision support*. Communications of the ACM, vol. 28, nr. 10, 1988, pp. 1045-1052.
2. BADEA, N., FILIP, F. G. și NEAGU, G. *Computer aids for operations control in DPMS and FMS*. Proceedings of the 1988 International Conf. on Syst. Man and Cybern., International Academic

- Publishers, Beijing, pp. 742-744.
3. BAIH, H. C. și IIUNT, R. G. *Decision making theory and DSS*. DATA BASE, vol. 15, nr. 4, 1984, pp. 10-14.
4. BINDER, Z., BADR, A. și PERRET, R. *Multimodel control and application*. In: R. Vichnevetsky, R. Borne and J. Vignes (ed.), Proceedings of the 12th IMACS World Congress, vol. 3. Gerfidn-Cité Scientifique, Villeneuve d'Asq. 1988, pp. 379-381.
5. BISWAS, G., OLIFF, M. și SEN, A. *An expert decision support systems for production control*. Decision Support Systems, nr. 4, 1988, pp. 235-248.
6. BONCZEK, R. H., HOLSAPPLE, C. W. și WHINSTON, A. B. *Foundations of Decision Support Systems*. Academic Press, New York, 1981.
7. BONCZEK, R. H., HOLSAPPLE, C. W. și WHINSTON, A. B. *Developments in decision support systems* In: Advances in Computer, nr. 23, 1984, pp. 141-175.
8. BOSMAN, A. *Relations between specific decision support systems*. In: Decision Support Systems, nr. 3, 1987, pp. 213-224.
9. BRIEFS, V. *Re-thinking industrial work: computer effects on technical white-collar workers*. In: Computer in industry, vol. 2, nr. 1, 1981, pp. 76-89.
10. CHIEN, Y. S. *An entity-relationship approach to decision support systems and expert systems*. In: Decision Support System, nr. 4, 1988, pp. 225-234.
11. DONCIULESCU, A. D., FILIP, F. G. *DISPATCHER-H: a decision supporting system in water resources dispatching*. In: A. Sydow, M. Thoma și R. Vichnevetsky (ed.). Systems Analysis and Simulation, Akademie Verlag, Berlin, 1985, pp. 263-266.
12. ELAM, J. J. *A vision for decision support systems*. In: G. Fick, and R. H. Sprague (ed.). DSS: Issues and Challenges, Pergamon Press, Oxford, 1985.
13. FILIP, F. G. *SSD: un punct de vedere într-o încercare de sistematizare*. BRITC, vol. 10, nr. 3-4, 1989, pp. 100-126.
14. FILIP, F. G. *Hierarchical Optimisation in Decision Support Systems for Process Coordination* Tech. Rep. RT&HS - 02/87: M07, I.T.C.I., București.
15. FILIP, F. G. *Operative decision-making in the process industry*. In: R. Vichnevetsky, R. Borne și J. Vignes (ed.), Proceedings of the 12th IMACS World Congress, vol. 1. Gerfidn-Cité Scientifique, Villeneuve d'Asq, 1988, pp. 523-525.
16. FILIP, F. G. *Creativity and decision support systems*. Studies and Researches in Computers and Informatics, vol. 1, nr. 1, 1989, pp. 41-49.
17. FILIP, F. G. și DONCIULESCU, A. D. *DISPATCHER-R: a computer aid in modelling and operational control in refineries*. In: S. Kotob (ed.), Automatic Control in Petroleum, Petrochemical and Desalination Industries. Pergamon Press, Oxford, 1986.
18. FILIP, F. G., DONCIULESCU, A. D. și ISTRATE, I. *Practical representation and optimisation algorithm*

- for large-scale systems with sparse structure. In: Proc. of the 1988 IEEE International Conf. on Syst. Man and Cybern., International Academic Publishers, Beijing, pp. 1330-1333.
19. FILIP, F. G., DONCIULESCU, A. D., GAȘPAR, R., MURATCEA, M. și ORĂȘANU, L. *Multilevel optimisation algorithms in computer aided production control in process industry*. In: Computers in Industry, vol. 6, nr. 1, 1985, pp. 47-57, 1985.
 20. FILIP, F. G., DONCIULESCU, A. D. și ISTRATE, I. *Models and data representation for computer aided production control in large-scale industrial systems*. In: K. Reinisch și M. Thoma (ed.). Preprints of the IFAC/IFORS/IMACS Symp. on Large Scale Systems, Eigenverlag der KDT, Berlin, 1989, pp. 332-337.
 21. FILIP, F. G., DONCIULESCU, A. D. și SOCOL, I. *Mixed Knowledge based control for large-scale industrial systems*, proposed to IFAC World Congress, Tallin; also available as Techn. Rep. RT&HS - 02/89: M07, ITCI, București, 1990.
 22. FILIP, F. G., DONCIULESCU, A. D., MAJARU, A. și BĂRĂ, D. *External and Conceptual Models in DDS*. In: Journal of Syst. Anal. Model. Simul. vol. 6, nr. 7, 1989, pp. 507-512.
 23. FILIP, F. G., NEAGU, G. și DONCIULESCU, A. D. *Jobshop Scheduling optimisation in real-time production control*. In: Computers in Industry, vol. 4, nr. 4, 1983, pp. 395-403.
 24. FINDEISEN, W., BAILEY, F. N., BRYDS, M., MALINOWSKI, P., TATJEWski, P. și WOZNIAK, A. *Control and Coordination in Hierarchical Systems*. John Wiley, Chichester/New York, 1980.
 25. FREEMAN, P. R. W. *Knowledge based management systems and data processing*. In: J. R. Ennals (ed.). Artificial Intelligence. Pergamon Infotech Limited, Oxford, 1987, pp. 51-64.
 26. GINZBERG, M. J. și STOHR, E. A. *Decision Support Systems: issues and perspectives*. In: M. J. Ginzberg, W. Reitmann and E. A. Stohr (ed.). Decision Support Systems. North Holland, Amsterdam, 1982.
 27. GOLEMANOV, L. A. și BANTCHEVSKY, Z. *A production and energy management system (PEMS)*. In: S. Kotob (ed.). Automatic Control in Petroleum Petrochemical & Desalination Industries Pergamon Press, Oxford, 1986.
 28. GOLEMANOV, L. A. și LEIVISKÄ, K. *Methods and Algorithms for Production and Energy Management*. Techn. Rep. SYSTEMATICS Sofia and Techn. Univ. of Oulu, 1986.
 29. GURAN, M. și FILIP, F. G. *Sisteme ierarhizate și în timp real*, Editura Tehnică, București, 1986.
 30. GURAN, M., FILIP, F. G., DONCIULESCU, A. D. și ORĂȘANU, L. *Hierarchical optimisation in computer dispatching systems in the process industry*. In: Large Scale Systems, nr. 8, 1985, pp. 157-167.
 31. HAIMES, Y. Y. *Multiple-criteria decision-making*. In: IEEE Trans. on Syst. Man & Cybern., SMC-25, nr. 3, 1985, pp. 25-28..
 32. KEEN, P. G. W. *DSS: translating analytic techniques in to useful tools*. In: Sloan Management Review, Spring, 1980, pp. 33-44.
 33. KEEN, P. G. W. *Decision Support Systems: the next decade*. *Decision Support Systems*, nr. 3, 1987, pp. 253-265.
 34. KERCKHOFFS, E. J. II. și VANSTEENKISTE, G. *The impact of advances information processing on simulation - an illustrative review*. In: SIMULATION, vol. 46, nr. 1, 1986, pp. 17-26.
 35. KIKERT, W. J. M. *Fuzzy Theories on Decision-Making*, Martinus Nijhoff Social Sciences Division, Leiden, 1987.
 36. KUSIAK, A. *Artificial intelligence and CIM systems*. In: A. Kusiak (ed.). Artificial Intelligence: Implications to CIM. IFS Publications Ltd., Kempston, 1988, pp. 3-23.
 37. LEFKOWITZ, I. *Hierarchical control in large-scale industrial systems*. In: D. D. Haimes (ed.). Large-Scale Systems, North Holland, Amsterdam, 1982, pp. 65-98.
 38. LEHMAN, A. *Knowledge-based modelling and simulation: restrictions, alternatives and applications*. In: A. Sydow, S. Tzafestas și R. Vichnevetsky (ed.). Systems Analysis and Simulation 1988. Akademie Verlag, Berlin, pp. 412-418.
 39. LUNZE, E. și WERNSTEDT, J. *Knowledge-based control in control engineering*. In: K. Reinisch și M. Thoma (ed.). Preprints of the IFAC/IFORS/IMACS Symp. on Large Scale Systems 89. Eigenverlag der KDT, Berlin, 1989, pp. 21-32.
 40. MAC FARLANE, A. G. J., GRUEBEL, G. și ACKERMAN, J. *Future design environments for control engineering*. IFAC J. Automatica, vol. 25, nr. 2, 1989, pp. 165-176.
 41. NEBENDAIL, D. *Expert Systems*. John Wiley & Sons (ed.) New York, 1987.
 42. NEGOIȚĂ, C. V. și RALESCU, D. *Simulation, Knowledge-Based Computing, and Fuzzy Statistics*. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1988.
 43. NEWMAN, P. A. *Scheduling in CIM systems*. In: A. Kusiak (ed.). Artificial Intelligence: Implications for Computer Integrated Manufacturing. IFS Publications Ltd., Kempston, 1988, pp. 361-402.
 44. NOF, S. Y. *Theory and practice in decision support for manufacturing control*. In: C. W. Holsapple și A. B. Whinston (ed.). Data Base Management: Theory and Applications. D. Reidel, Dordrecht, 1981, pp. 325-348.
 45. PANWALKER, S. și ISKANDER, W. *A survey of scheduling rules*. In: Operations Research J., vol. 25, nr. 1, 1987, pp. 45-61.
 46. REIMAN, B. C. și WARREN, A. D. *User oriented criteria for the DSS software*. Communications of the ACM, vol. 28, nr. 2, 1985, pp. 166-179.
 47. ROSENBROCK, H. II. *Automation and society*. In: Systems and Control Letters, vol. 1, nr. 1, 1981, pp. 2-6.

48. SAGE, A. P. *An overview of contemporary issues in the design and development of microcomputer decision support systems*. In: S. J. Andriola (ed.). *Microcomputer Decision Support Systems*. QED Information Sciences Inc., Wellesly, 1986, pp. 3-46.
49. SCHMIDT, B. *Systems analysis, model construction, simulation: methodological basis of the simulation system SIMPLEX II*. In: R. Huntsiger, W. Karplus, E. Kerchoffs și G. Vansteenkiste (ed.). *Proceedings of the European Simulation Conf., Nice*, Publication of SCS, 1988.
50. SCHWEITZER, G., KAPP, K. H. și SCHMITT, G. *Modelling concepts towards automation*. In: K. Reinisch și M. Thoma (ed.). *Preprints of the IFAC/IFORS/IMACS Symp. on Large Scale Systems' 89*. Eigenverlag der KDT, Berlin, pp. 6-14.
51. SEN, A. și BISWAS, G. *Decision support systems: an expert systems approach*. In: *Decision Support Systems*, nr. 1, 1985, pp. 197-204.
52. SINGH, M. G. *Recent advances in decision technologies for management*. In: A. Sydow, Tzafestas, S. și Vichnevetsky, R., (ed.). *Systems Analysis and Simulation 1988*. Akademie Verlag, Berlin, pp. 412-418.
53. SINGH, M. G. și TITLI, A. *Systems: Decomposition, Optimisation and Control*. Pergamon Press, Oxford, 1978.
54. SOL, H. G. *Conflicting experiences with DSS*. In: *Decision Support Systems*, nr. 3, 1987, pp. 203-211.
55. SPRAGUE, R. H. jr. *DSS in context*. In: *Decision Support Systems*, nr. 3, 1987, pp. 197-202.
56. SPRAGUE, R. H. JR. și CARLSON, E. D. *Building Effective Decision Support Systems*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1982.
57. TZAFESTAS, S. *Expert systems in CIM operations: key to productivity and quality*. In: A. Sydow, S. Tzafestas and R. Vichnevetsky (ed.). *Systems Analysis and Simulation 1988*. Akademie Verlag, Berlin, pp. 378-388.
58. VAGNER, R. G. *DSS: the real substance*. In: *INTERFACE*, vol. 11, nr. 2, 1981, pp. 77-86.
59. VAMOS, T. *The relevance of epistemology in the computer age*. In: K. Reinisch și M. Thoma (ed.). *Preprints of the IFAC/IFORS/IMACS Symp. on Large Scale Systems 89*. Eigenverlag der KDT, Berlin, pp. 1-5.
60. VILLA, A. *Expert control approaches to manufacturing planning/control problems: a survey*. In: R. Vichnevetsky, R. Borne și J. Vignes (ed.). *Proceedings of the 12th IMACS World Congress*, vol 3, Gerfidn-Cite Scientifique, Villeneuve d' Asq., 1988, pp. 374-375.
61. WANG, M. S. Y. și COURNEY, J. F., JR. *A conceptual architecture for generalised DSS software*. In: *IEEE Trans. on Syst. Man & Cybern. SMC-14*, nr. 5, 1984, pp. 701-711.
62. WILLIAMS, T. J. *The integrated approach to industrial control*. *Preprints of the 10th IFAC World Congress*, vol. 7, 1987, pp. 205-216.
63. YOUNG, L. F. *Computer support for creative decision-making: right brained DSS*. In: H. G. Sol (ed.). *Processes and Tools for Decision Support*. North Holland, Amsterdam, 1983, pp. 47-63.
64. ÅSTRÖM, K. J., ANTON, J. J. și ARZEN, K.-E. *Expert control*. *IFACJ. Automatica*, nr. 22, 1986, pp. 277-286.
65. ÖREN, T. I. *Implications of machine learning in simulation*. In: Elzas, M. S., Ören, T. I. și Zeigler, B. P. (ed.). *Modelling and Simulation in the Artificial Intelligence Era*. Elsevier Publishers, Amsterdam, 1986, pp. 41-57.