

**Universitatea Româno-Americană**

**ALEXANDRU A. POPOVICI**

**SISTEME INFORMATICE  
CU BAZE DE DATE RELAȚIONALE  
ȘI  
OBIECTUALE**



Copyright © 2011, **Editura Pro Universitaria**

Toate drepturile asupra prezentei ediții aparțin  
**Editurii Pro Universitaria**

Nicio parte din acest volum nu poate fi copiată fără acordul scris al  
**Editurii Pro Universitaria**

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**  
**POPOVICI, ALEXANDRU A.**

**Sisteme informatice cu baze de date relaționale  
și obiectuale** / Alexandru A. Popovici. - București : Pro  
Universitaria, 2011

Bibliogr.

ISBN 978-973-129-868-9

336.148(075.8)

## INTRODUCERE

Cartea de față, ca și una anterioară (Popovici, 2000), se ocupă de structura și funcționarea sistemelor informatice ale întreprinderilor și a sistemelor de gestiune a bazelor de date.

Proiectul de a face încă o carte cu acest subiect, dar închinată sistemelor distribuite, în continuarea celei despre bazele informaticii distribuite (Popovici, 2004), a fost amânat, datorită faptului că înseși sistemele centralizate cereau o tratare lărgită și chiar o nouă abordare.

Ca și în cartea din anul 2000, suportul teoretic esențial este dat aici de teoria sistemelor multinivel descentralizate (distribuite), la care trebuie raportată obligatoriu chiar și teoria sistemelor centralizate. În plus față de acea carte (pe lângă un spor de rigoare și de detalii), au fost tratate pe larg tehnologiile obiectuale, care au luat un nou avânt în deceniul trecut, după apariția limbajului UML, de modelare obiectuală.

S-au mai adăugat câteva capitole despre sistemele de asistarea deciziilor (optimizare și simulare), în special cu aspect aplicativ (chestiunile teoretice urmând să fie dezvoltate ulterior, acum fiind în forma notelor de curs, mai concentrată).

În acest mod, apare mai clar al doilea fir conducător al cărții — dualitatea sistemelor, cu aspecte diverse: centralizat-distribuit, relațional-obiectual, standardizat-flexibilizat, primal-dual, structural-dinamic, determinist-stohastic.

Partea întâia se ocupă de modelarea sistemelor informatice, ca și de clasificarea lor, ce o influențează și pe cea a bazelor de date aferente.

Partea a doua tratează teoria și practica bazelor de date și a sistemelor de gestiune corespunzătoare, cu problemele cele mai importante ale bazelor de date relaționale și obiectuale (în mod special *Access 2010*).

Partea a treia dezvoltă sistematic teoria proiectării sistemelor informatice, prin clasificarea metodologiilor și descrierea lui SSADM 4.0 (conceput pentru baze de date relaționale) și a Procesului Unificat (orientat spre tehnologiile obiectuale).

Partea a patra, ultima, descrie practica utilizării sistemelor de asistarea deciziilor (*Excel 2010* și *AIMMS 3.10*), în rezolvarea problemelor de optimizare liniară și neliniară, sau de simulare deterministă și stohastică.

Peste tot, abordarea conceptuală este completată cu una formală (utilizând noțiuni și notații matematice mai precise și mai concise). Majoritatea exemplurilor din cele patru părți se referă (ca și în cărțile din 2000 sau 2004) la întreprinderea fictivă Corina SRL și cuprind materialul într-o adevărată rețea de referințe reciproce concrete (pe lângă cele teoretice). Cartea se sprijină pe o vastă bibliografie, expusă la sfârșit. Nu am pus aici decât lucrări direct consultate (pe hârtie sau în format electronic).

# I STRUCTURA ȘI FUNCȚIONAREA SISTEMELOR INFORMATICE ALE ÎNTREPRINDERILOR

## 1 ORGANIZAREA ÎNTREPRINDERILOR ȘI PRELUCRAREA INFORMAȚIILOR

### 1.1 Abordarea sistemică a întreprinderilor

#### 1.1.1 Concepte fundamentale ale teoriei sistemelor

În cele ce urmează, vom folosi în descrierea întreprinderilor economice o abordare prin teoria sistemelor. Un **sistem** poate fi privit ca o mulțime de **componente** între care există niște legături și care acționează ca un tot în raport de mediul înconjurător (Călin, Belea, 1973; Mesarovič, Takahara, 1975).

Sistem și componentă sunt noțiuni **relative** (orice sistem este o componentă a unui sistem mai vast, după cum orice componentă este un sistem pentru părțile ei) și, totodată, **corelate** (sistemul este format din componente, iar mulțimea componentelor și a relațiilor dintre ele formează sistemul). Sistemele care sunt componente ale unui alt sistem se numesc **subsisteme** ale acestuia.

Marginile sistemului depind de scopurile analizei, dar analiza trebuie să se oprească acolo unde nu mai există date relevante despre componente. Ca pași intermediari ai descompunerii sistemului, se pot obține alte elemente ale acestuia, cum ar fi **subsistemele** și **modulele**.

**Complexitatea sistemelor** are trei dimensiuni (Popovici, 1988):

- structurală — exprimată prin numărul de componente și relații,
- dinamică — schimbarea în timp a componentelor, caracteristicilor acestora, precum și a relațiilor dintre ele,
- stohastică — incertitudinea datelor și relațiilor, ca și dependența stohastică între componente (covarianța lor).

**Abordarea sistemică** este:

- holistică — analiza problemelor se face din punctul de vedere al întregii organizații (în grecește, *holos* înseamnă întreg);
- dinamică — se ocupă de eșalonarea și explorarea în timp a etapelor, implicațiilor și alternativelor de funcționare și dezvoltare;
- teleologică — folosește obiectivele sistemului drept cadru de analiză (în grecește, *telos* înseamnă scop).

Abordările sistemice sunt de trei tipuri:

- deductive — de la întreg la părți, de la vârf la bază (*top-down*),
- inductive — de la părți la întreg, de la bază la vârf (*bottom-up*),
- mixte — prin alternarea abordărilor deductive cu cele inductive.

Ultimele apar drept cele mai adecvate, după cum vom vedea și în capitolele următoare.

**Ciclul de viață** al unui sistem fabricat de oameni se compune din trei **faze**:

- cercetare-dezvoltare (incluzând și proiectarea),
- implementarea (construirea lui efectivă),
- operarea/funcționarea (utilizarea sistemului, ca și eventualele operații de reparații-întreținere și de îmbunătățire).

**Modelele** sunt reprezentări conceptuale și simbolice ale sistemelor, care pun în evidență cele mai importante caracteristici ale lor, relațiile dintre acestea, precum și factorii care le influențează. Modelele sunt exprimate cu ajutorul unor **limbaje de modelare**, pentru care **lingvistica** (ca știință generală a limbajelor naturale și artificiale) are o ramură specializată, numită **semantică** (pentru semnificații) sau **semiotica** (pentru semne) (Schaff, 1966; Martinet, 1970; Mauro, 1978; Eco, 1982).

Limbajele sunt formate din **simboluri** (sau **semne**) și **reguli** de întrebuințare ale acestora. Există trei feluri de reguli de întrebuințare:

- sintactice — modurile corecte de combinare ale simbolurilor;
- semantice — legăturile de semnificație dintre concepte și simboluri;
- pragmatice — modalitățile de acțiune (practicile) prin care se construiesc modelele corecte.

**Corectitudinea** (sau **calitatea**) modelelor constă dintr-o coerență internă și o adecvare externă la realitatea modelată și la ansamblul uman ce receptează și folosește modelele (utilizatorul individual, organizația și societatea). Ea poate fi evaluată prin anumite **cadre semiotice de referință** (*reference semiotic frameworks*), unul dintre cele mai importante fiind SEQUAL.

SEQUAL este format din cele trei dimensiuni ale calității, corespunzătoare regulilor de întrebuințare, la care se adaugă următoarele cinci: completitudinea și validitatea cunoașterii, adecvarea limbajului, semantica percepută de utilizator, completitudinea și validitatea organizațională, acceptarea socială (Krogstie ș.a., 1995).

Modelele de care ne ocupăm sunt matematice, grafice, lingvistice sau combinații (în diverse proporții) între aceste tipuri.

**Modelele matematice** pot fi privite drept niște legături (de obicei funcționale) între **parametri** sau **date constante** (ce nu se schimbă în cadrul modelului), **variabile independente** și **variabilele dependente** (exprimabile prin relații între variabilele independente). Un model matematic poate avea atașate mai multe probleme; rezolvarea unei probleme este legată de configurații de valori ale variabilelor independente, care satisfac unele relații interne și/sau externe.

**Demonstrarea coerenței interne** a modelelor matematice se face atât prin studiul coerenței dimensionale a constantelor și variabilelor, cât și prin analiza comportamentului rezultatelor la variațiile parametrilor de intrare (mai ales pentru valorile extreme). **Verificarea adecvării externe** se realizează prin testarea sistemului sau acțiunii produse conform soluției, sau prin compararea rezultatelor cu date istorice și statistice privind sisteme sau acțiuni similare.

După ce o soluție a fost implementată, ea trebuie controlată sistematic,

identificând **variabilele critice** (adică ale căror schimbări afectează semnificativ soluția). În cazul unor schimbări importante ale acestora, ele trebuie aduse la valori acceptabile, ori soluția sau chiar modelul trebuie adaptate la noile condiții. În cazul unor erori tipice de implementare, se spune că avem de a face cu niște **antimodele** (*antipatterns*) (Brown ș.a., 1998, 1999, 2000).

În continuare vom defini câteva noțiuni matematice din teoria grafurilor și teoria sistemelor, ce vor fi utilizate în toată cartea.

Fie  $X \times Y$  **produsul cartezian** al mulțimilor  $X$  și  $Y$ , cu  $X \times Y = \{(x, y) | x \in X, y \in Y\}$ . Orice submulțime  $R$  a lui  $X \times Y$  definește o **relație binară** între elementele lui  $X$  și ale lui  $Y$ . Pentru doua elemente  $x \in X$ ,  $y \in Y$ , se spune că  $x$  este în relația  $R$  cu  $y$  și se scrie  $xRy$ , dacă  $(x, y) \in R \subseteq X \times Y$ .

O pereche  $G = (X, R)$ , unde  $X$  este o mulțime nevidă finită de elemente numite **vârfuri**, iar  $R \subseteq X \times X$  este o relație binară între elementele lui  $X$ , se numește **graf orientat**. Vârful  $x, y, \dots$  ale grafului se reprezintă prin puncte sau ceruțele, iar relațiile dintre vârfuri, prin săgeți cu originea în  $x$  și săgeata în  $y$ , dacă  $xRy$  (Berge, 1969).

Un șir  $x_1, \dots, x_n$  de vârfuri din  $X$  se numește **drum** de lungime  $n$  de la  $x_1$  la  $x_n$ , dacă  $(x_i, x_{i+1}) \in R$ , pentru  $i = 1, \dots, n-1$ , iar  $x_n$  se numește **descendent** al lui  $x_1$ . Un drum de lungime 0 se numește **buclă** (*loop*), iar un drum de lungime 1 — **arc** sau **muchie** (*edge*).

Se spune că arcul  $(x, y)$  „pleacă” din  $x$  și „intră” în  $y$ , iar  $y$  se numește **descendent direct** al lui  $x$ . Dacă  $x_1 = x_n$ , se spune că drumul respectiv este un **circuit**. Așadar, orice buclă este un circuit. Vârful  $x$  din care nu pleacă nici un arc se numesc vârfuri **terminale**.

**Exemplul 1.1** În Figura 1.1 este reprezentat graful orientat  $G = (X, R)$ , cu  $X = \{u, v, x, y, z\}$  și  $R = \{(u, u), (x, y), (y, x), (y, z), (z, z), (z, v)\}$ ,  $(u, u)$  și  $(z, z)$  fiind bucle,  $(x, y, x)$  — un circuit de lungime 2, iar  $(x, y, z, v)$  — un drum fără circuite, de lungime 3. □

Dacă ordinea vârfurilor în arce nu contează (adică, pentru orice  $(x, y) \in R$  rezultă că și  $(y, x) \in R$ ), atunci  $(X, R)$  se numește **graf neorientat**, iar arcele se pot reprezenta fără săgeți. Grafurile finite, orientate sau nu (cărora li se poate adăuga o funcție  $\delta : R \rightarrow V$ , ce atașează fiecărui arc o valoare cu o anumită semnificație din  $V$ ), se numesc **rețele**.

În teoria matematică a sistemelor, un **sistem închis** este definit numai prin ansamblul părților sale și al relațiilor dintre ele, pe când pentru un **sistem deschis** se consideră și relațiile lui cu mediul înconjurător (Mesarovič, Takahara, 1975).

Un sistem deschis, dar privit ca o „cutie neagră” (opacă, în care nu se vede nimic din afară) este descris prin mulțimile intrărilor ( $I$ ), ieșirilor ( $O$ ) și relația  $R$

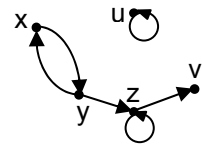
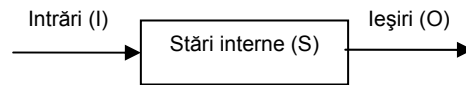


Figura 1.1 Graf orientat

dintre ele,  $R \subseteq I \times O$ . În cazul când relația este o funcție  $f: I \rightarrow O$ , se spune că avem un **sistem funcțional** (ceea ce restrânge generalitatea definiției, dar o face mai operațională și, de aceea, preferabilă).



**Figura 1.2** Reprezentarea unui sistem deschis

În fine, dacă sistemul deschis nu mai este opac și i se cunoaște mulțimea stărilor interne ( $S$ ), el se poate defini prin funcția  $f: I \times S \rightarrow O$  (vezi Figura 1.2).

Dacă intrările unui sistem sunt caracterizate prin **variabilele de intrare**  $x_i$ , cu valori în mulțimile  $I_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ), stările interne — prin  $y_j$  și  $S_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ), iar ieșirile — prin  $z_k$  și  $O_k$  ( $k = 1, \dots, p$ ), atunci  $I \subseteq I_1 \times \dots \times I_m$ ,  $S \subseteq S_1 \times \dots \times S_n$  și  $O \subseteq O_1 \times \dots \times O_p$ .

**Organizarea** este o modalitate de coordonare a activității umane, în vederea atingerii unui scop. **Organizația** este o structură ale cărei elemente principale sunt oamenii (între care există anumite relații), compusă de obicei (și mai ales dacă este de dimensiuni mai mari) din subgrupuri și nivele ierarhice, formate corespunzător împărțirii scopului în sub-scopuri.

**Organizația economică** este un tip particular de organizație, ale cărei scopuri sunt, în principal, de natură economică. Mai exact, se poate spune că o întreprindere economică are următoarele **obiective**: utilitatea, economicitatea și capacitatea de funcționare, precum și siguranța, simplitatea și flexibilitatea.

**Sistemele informaționale** sunt niște subsisteme ale organizațiilor, care le utilizează pentru prelucrarea informațiilor. De aceea, structura lor trebuie să se muleze pe structura organizației, pentru a putea fi folosite corespunzător și a nu veni în conflict cu restul organizației.

**Sistemele informatice** sunt sisteme informaționale dotate cu mijloace automatizate de prelucrare, stocare și transmitere a informațiilor.

**Stocările de informații** sunt de două tipuri:

- **fișiere** — colecții simple de informații corelate, legate de un echipament de stocare, identificate prin nume și întreținute prin diverse programe;
- **baze de date (BD)** — colecții complexe de informații, organizate prin anumite scheme (structuri funcționale) și întreținute prin programe complexe, integrate în **sisteme de gestiune a bazelor de date (SGBD-uri)**.

### 1.1.2 Modelarea întreprinderilor și modelul ISO

**Modelarea întreprinderilor** constă într-o descriere și definire abstractă a structurii lor, a proceselor interne, a informației prelucrate și a resurselor materiale și umane folosite. În general, această modelare prezintă relativ separat cele două

activități esențiale ale întreprinderii — **procesul economic** (*business*) și **procesul de fabricație** (*manufacturing*) —, precum și **prelucrările informaționale** care le însoțesc. În modelarea întreprinderilor se mai întrebuițează și așa-numitele ontologii.

**Ontologia** este o un ansamblu de scheme sau o descriere formală a unor entități (componente) din sistem (incluzând proprietățile, relațiile, restricțiile și comportamentul lor), folosite în vederea analizei sau implementării acestora.

**Ingineria întreprinderilor** constă într-o abordare sistemică a proiectării și creării întreprinderilor, din punct de vedere economic, organizațional, informațional și productiv.

**Reingineria întreprinderilor** constă în reproiectarea și reorganizarea întreprinderilor, în vederea îmbunătățirii performanțelor ei economice și productive.

În continuare vom descrie, cu rol orientativ, modelul ISO al întreprinderii, ce reflectă în mod relativ intuitiv (dar folosind noțiunile matematice din teoria sistemelor, indicate mai sus) atât procesele economice și de fabricație, cât și fluxurile informaționale.

**Modelul ISO** al întreprinderii a fost elaborat de un grup de lucru din *International Standard Organization* și publicat în 1990, în cadrul unui raport tehnic ce urma să stea la baza unui standard, care n-a mai fost adoptat (ISO, 1990). El este format din următoarele trei **componente**:

- modelul activităților generale;
- modelul atelierului de producție (*shop floor*), cu patru nivele — secția, celula, punctul de lucru, echipamentul;
- modelul întreprinderii.

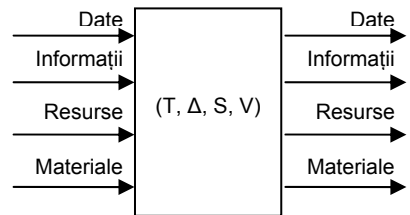
Modelul este bazat pe următoarele patru **entități**: subiecte, acțiuni, activități generale și unități organizatorice.

Se consideră patru tipuri de fluxuri de intrare și de ieșire, numite **subiecte** și reprezentate prin săgeți (Figura 1.3):

- date  $D$  (cantitative și calitative),
- informații  $C$  (de comandă și control),
- resurse  $R$  (umane și financiare),
- materiale  $M$  (materii prime, combustibili, piese, prefabricate etc.).

Asupra lor se pot exercita de către executanți patru tipuri de **acțiuni** (reprezentate prin casete dreptunghiulare):

- transformarea ( $T$ ) — schimbarea stării;
- deplasarea ( $\Delta$ ) — schimbarea locului și poziției prin transport;
- stocarea ( $S$ ) — reținerea într-un loc, până la o deplasare;
- verificarea ( $V$ ) — constatarea dacă rezultatul unei acțiuni este sau nu conform indicațiilor.



**Figura 1.3** Modelul ISO al sistemului întreprinderii

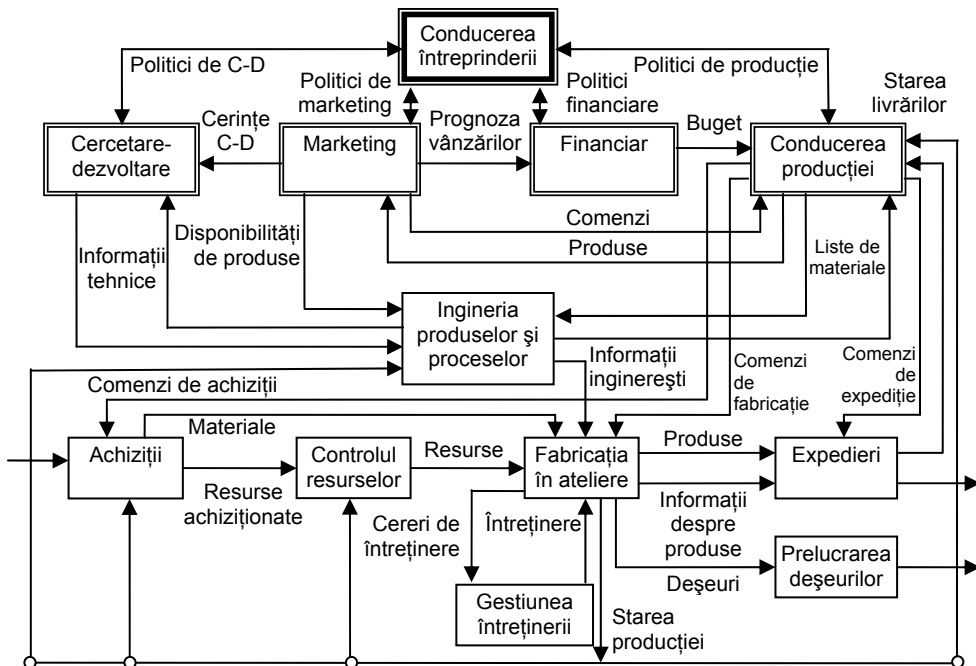
Așadar, sistemul activităților generale este descris de mulțimile stărilor de intrare/ieșire  $I, O \subseteq D \times C \times R \times M$  și ale acțiunilor  $T, \Delta, S, V : I \rightarrow O$ .

**Activitățile generale** sunt de două tipuri (conducere și execuție) și sunt următoarele:

- comandă ( $Cm$ ),
- coordonare ( $Co$ ),
- supervizare ( $Sp$ )
- execuție ( $Ex$ ).

**Tabloul 1.1** Modelul ISO al atelierului de producție

Nivel	Activitate	Conținut (responsabilitate)
Secție	$Sp$ a producției	$Sp$ și $Co$ a producției, asistarea lucrărilor, alocarea resurselor pe lucrări
Celulă	$Co$ a producției	$Sp$ și ordonanțarea lucrărilor
Punct de lucru	$Cm$ a producției	$Co$ și dirijarea lucrărilor
Echipament	$Ex$ a producției	$Ex$ a lucrărilor, conform comenzilor



**Figura 1.4** Modelul ISO al întreprinderii

**Entitățile organizatorice** sunt (în ordinea descrescătoare a complexității):

- conducerea întreprinderii, conținând conducerea cea mai înaltă și compartimentele de cercetare-dezvoltare, marketing (prospectarea pieței), financiar, conducerea producției;

- unitățile funcționale (*facilities*) — ingineria produselor și proceselor, achizițiile, controlul resurselor, gestiunea întreținerii, expedierile, prelucrarea deșeurilor;

- atelierele de producție.

Descrierile celor două modele componente ale modelului ISO se fac cu ajutorul entităților definite mai sus: **Modelul activității generale** rezultă prin combinarea acțiunilor cu subiectele (Figura 1.3), iar **modelului atelierului** — din cea a nivelelor sale cu activitățile generale (Tabelul 1.1).

În fine, **modelul întreprinderii** se obține prin combinarea entităților organizatorice, activităților generale, acțiunilor și subiectelor, fiind reprezentat în Figura 1.4. Pentru firme comerciale, trebuie eliminate unitățile de producție.

## 1.2 Teoriile clasice ale organizării întreprinderilor

**Teoriile organizării întreprinderilor** au trei roluri principale:

- **descriptiv** — de modelare a întreprinderilor existente, așa cum sunt ele;
- **explicativ** — de indicare a înlănțuirii cauzelor și efectelor în și între procesele din întreprindere;
- **normativ** — de orientare în ingineria noilor întreprinderi sau în reingineria celor vechi.

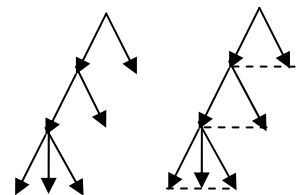
Există mai multe clasificări ale acestor teorii, conform evoluției lor; vom căuta să dăm una care să fie mai adecvată perspectivei din care privim întreprinderile — cea informațional-decizională (Metayer, 1970; Senn, 1987).

Din acest punct de vedere, s-ar putea distinge trei **tipuri de teorii** mai vechi ale organizației economice — autoritar-mecanicist, cibernetic-organicist, socio-uman (descrise pe scurt aici), precum și unul mai nou — multinivel (ce va fi tratat în capitolul următor). Aceste teorii și „stiluri” de organizare sunt în mare măsură determinate de însăși natura producției întreprinderilor în respectivele perioade istorice: lucrul pe bandă rulantă, automatizarea și fabricația integrată prin calculatoare (*Computer Integrated Manufacturing*, CIM), întreprinderea antropocentrică.

### 1.2.1 Teorii autoritar-mecaniciste și fabricația pe bandă rulantă

**Teoriile autoritar-mecanicistă**, dezvoltate la începutul secolului de către F.Taylor și H.Fayol, consideră întreprinderea ca o mașină cu conducător unic (care are acces instantaneu la toate informațiile) și cu decizii executate determinist, conform unor proceduri prestabilite.

Obiectivul acestui fel de întreprindere este maximizarea profiturilor pe termen lung), iar metoda principală: — diviziunea muncii, realizată prin specializare strictă, prin determinarea ierarhiilor și funcțiilor, precum



**Figura 1.5** Ierarhie și ierarhie și cooperare