

CAPITOLUL IV

Procesul de modelare în analiza sistemelor economice

Procedeul de bază folosit de analiști în efortul lor pentru a crește înțelegerea noastră despre procesele și fenomenele care au loc într-un sistem, în scopul creșterii eficienței și a îmbunătățirii performanțelor sale, îl constituie **procesul de modelare**. Acest proces este necesar pentru obținerea unor modele deosebit de utile, în special când nu este posibilă realizarea unor experimente de laborator, pentru evaluarea sistemului, a performanțelor sale, precum și pentru analiza variațiilor comportamentale care fac dificilă conducerea sa.

4.1. Conceptul de model: definiții, proprietăți, exemple

Abordarea sistemică a proceselor de conducere pentru obținerea unei eficiențe maxime în atingerea obiectivelor sistemului, necesită o investigare atentă și minuțioasă a sistemului în scopul reprezentării lui prin modele.

Modelul este o reprezentare izomorfă a realității obiective și constituie o descriere simplificată, riguroasă și fundamentată în sensul structurării logice a sistemului, fenomenului, sau procesului pe care îl reprezintă, care facilitează descoperirea unor legături și legități foarte greu de găsit pe alte căi.

La baza procesului de modelare se află existența unei *analogii* între entitatea din realitatea modelată (sistem, subsistem, fenomen, proces etc.) și model. Dacă luăm în considerare mulțimea tuturor obiectelor $\{O\}$, în care putem defini submulțimea obiectelor naturale $\{N\}$, submulțimea obiectelor fizice realizate de oameni $\{A\}$ și mulțimea obiectelor conceptuale (concepțe tehnice, științifice etc.) $\{C\}$, se spune că orice element $x \in O$ este *analog* cu alt element $y \in O$ dacă sunt îndeplinite condițiile:

- a) x și y au proprietăți comune sau chiar identice;
- b) există o corespondență între părți ale lui x și părți ale lui y , sau între proprietăți ale acestor părți.

Pe baza acestor condiții se observă că relația de analogie este adevărată și pentru orice pereche de elemente (x,y) , $x \in A \cup C$ și $y \in O$. Relația de analogie este întotdeauna *simetrică și reflexivă*, iar uneori este și *tranzitivă*, caz în care stabilește o relație de echivalență între elementele unor mulțimi. Cu aceste proprietăți analogia stă la baza procesului de modelare. În felul acesta, un obiect $x \in A \cup C$ modelează un alt obiect $y \in O$ dacă $x \cong y$ (x este analog cu y) și dacă relația de analogie este și tranzitivă.

Sistemul ce trebuie modelat reprezintă sistemul de bază sau *baza* (R) iar sistemul care acționează ca model (rezultatul modelării) este modelul (M).

Definiție: M este un model pentru R , dacă M și R satisfac proprietățile:

1. M și R sunt (ambele) sisteme;
2. Pentru fiecare element $x \in R$ există cel mult un element $x' \in M$;
3. Pentru orice relație p între elementele din R există cel mult o legătură corespunzătoare p' , menținută între elementele corespondente din M ;
4. Pentru fiecare set de elemente $\{x'_1, x'_2, \dots, x'_n\}$ puse în legătură printr-o relație p' în M , elementele corespondente $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ din R sunt puse în legătură de relația p din R , corespunzătoare relației p' din M .

În figura 4.1 sunt ilustrate grafic aceste proprietăți.

Prima condiție arată că atât modelul cât și baza sunt sisteme, cu elemente, legături și obiective. Condițiile 2 și 3 arată că **M** are cel mult tot atâtea elemente, respectiv legături, cât și baza, deci **M** este o reprezentare simplificată a bazei. Ultima condiție face modelul folositor, impunând ca tot ceea ce este adevărat în model să fie adevărat și în bază. Această condiție are o evidentă legătură cu funcția suport de decizie a modelelor, concluziile pe care le tragem utilizând modelul **M**, le putem translata asupra bazei **R**, care este mult mai complexă.

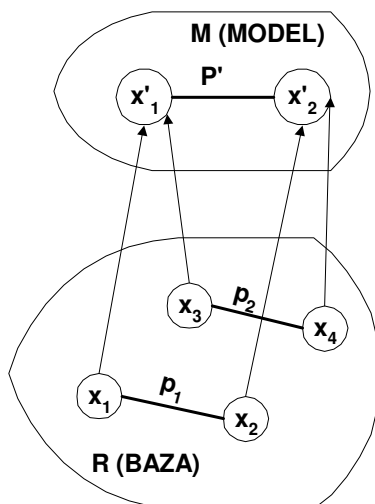


Fig. 4.1 - O definiție a modelului

Totuși, puține modele sunt perfecte, majoritatea conțin erori, sarcina analistului fiind identificarea și corectarea erorilor (modelele mai intuitive și mai simple sunt mai ușor de corectat). Cele mai importante dintre **proprietățile modelării**, utilizate în analiza sistemelor sunt: *nonsimetria, reflexivitatea, tranzitivitatea, nontransferabilitatea, reducerea complexității, nonpartiționarea, și irelevanța*.

1. Nonsimetria: simularea se face într-o singură direcție, dacă A modelează B, atunci B nu poate modela A.

2. Reflexivitatea: din definiția modelului (cele 4 condiții), rezultă că orice sistem este propriul lui model.

3. Tranzitivitatea: dacă A este un model al lui B, iar B este un model al lui C, atunci A este un model și al lui C. De exemplu, un desen al unei bărci de plastic (machetă) este un model al bărcii care se va construi. Prin extensie, putem construi un șir de modele din ce în ce mai simplificate (reducerea complexității) ale sistemului real. Prin această proprietate, specificațiile proiectului fizic modelează sistemul real. Modelarea fiind reflexivă și tranzitivă are asociată o relație de preordine, deci este mai puternică decât analogia.

4. Nontransferabilitatea (neidentitatea) modelelor: două sau mai multe modele ale aceleiași baze nu sunt în mod necesar echivalente sau comparabile. Ele pot să reprezinte diferite aspecte ale sistemului și fără alte informații este dificil de ales între mai multe modele.

5. Reducerea complexității: este un avantaj pe care îl oferă modelarea și care se realizează fie, prin gruparea elementelor similare sau cu aceleași proprietăți fie, prin eliminarea elementelor irelevante sau cu proprietăți irelevante. Obținerea unor modele cu complexitate redusă este un deziderat al procesului de modelare în analiza sistemelor economice.

6. Non-partiționarea: este proprietatea care nu permite divizarea unui sistem în subsisteme (părți) fără a ține seama, pe de o parte, de conexiunile stabilite între ele, iar pe de altă parte, de conexiunile stabilite între ele și sistemul global. Deoarece un model al unei părți dintr-un sistem de bază, nu este în mod necesar un model al întregii baze, în ciuda simplității sale, nu-l putem examina și spera să cunoaștem funcția întregului sistem.

De exemplu, să presupunem o diagramă a activităților de facturare, reprezentată sub forma unei diagrame-flux de materiale, în care se modelează numai partea de început și cea de sfârșit a acestui proces (fig. 4.2). Sunt omise anumite operații (transmiterea prin poștă a facturilor etc.) precum și legătura dintre aceste părți, creându-se astfel impresia că documentul de intrare este același cu cel de ieșire. Evident această legătură este falsă și deci modelul nu este conform cu realitatea, datorită unei partiționări incorecte a sistemului de facturare.

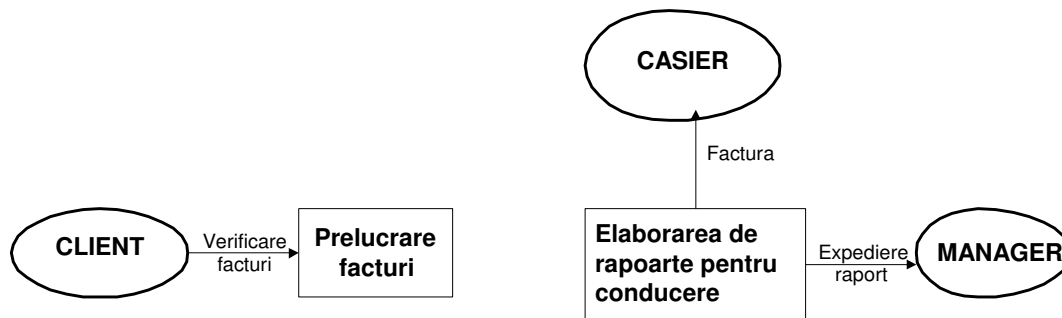


Fig. 4.2 - Partiționarea incorectă a sistemului de facturare

Deoarece s-a creat un sistem unic din părți nelegate direct și s-au legat elemente și procese ale modelului neconforme cu realitatea (documente care intră cu facturi care pleacă), s-a invalidat întregul sistem.

7. Irelevanța, arată că orice model al unui sistem real modelează atât baza sistemului cât și unele elemente, procese și conexiuni irelevante care, împreună cu baza alcătuiesc o *bază lărgită* a sistemului. Deoarece tot ceea ce este adevărat în model este adevărat și în baza lărgită artificial, este dificil să se dovedească falsitatea modelului în acest fel. Analistul are sarcina de a reduce la minim irelevanța prin alegerea unei baze reale unice care să conțină un număr cât mai redus de elemente, procese și conexiuni irelevante/neesențiale. Deoarece utilizatorii tind să trateze modelele ca baze reale este important pentru instruirea lor să cunoască sistemele de bază. Modelele ajută dar nu spun totul despre sistemul modelat.

Aceste proprietăți stabilesc limitele de utilitate ale modelelor. Ele pot să conțină imperfecțiuni și totuși să aibă valoare sau, dimpotrivă, să fie perfecte dar puțin valoroase.

Un model are o structură formată dintr-un set de presupuneri /ipoteze pe baza cărora se pot deduce logic anumite concluzii, folosind eventual unele definiții. Să considerăm, spre exemplu următorul model cunoscut în teoria economică:

Presupuneri:

- Toate firmele încearcă să-și maximizeze profiturile;
- Curba veniturii marginal a oricărei firme intersectează curba costului marginal în partea superioară;
- Curbele veniturii marginal și costului marginal ale oricărei firme sunt constante.

Concluzie: *Fiecare firmă produce acel output care corespunde punctului de intersecție a celor două curbe.*

În acest model sunt incluse în mod implicit definițiile unor termeni de bază ca: profit, cost marginal, venit marginal.

Presupunerea trebuie să caracterizeze tipul de realitate (domeniul) pe care se intenționează să se aplice modelul. Ele nu trebuie să fie o reprezentare exactă a realității, ci doar o abstractizare rezonabilă a acesteia, adică să conțină numai acele aspecte ale realității considerate relevante. Astfel, prima presupunere este suficient de rezonabilă, deși nu toate tipurile de firme încearcă să-și maximizeze profitul. Dacă presupunerile sunt suficient de realiste pentru scopul analizei, chiar dacă ele nu reprezintă exact și complet realitatea, se pot trage concluzii care pot fi aplicate cu succes în realitate.

Modelele ipotetice sunt create pentru realizarea unor experimente intelectuale, pentru izolarea unor variabile importante și determinarea naturii acestora, sau sunt utilizate drept criteriu pentru evaluarea stării curente a sistemului. Astfel, modelul economic al concurenței perfecte poate fi utilizat ca un standard pentru analiza performanței unei piețe reale.

Deși presupunerile conțin uneori construcții ipotetice (abstracții ale realității) sau se referă la elemente care nu sunt observabile în mod direct (funcția de utilitate), ele sunt extrem de folositoare pentru a ajunge la concluzii care au relevanță în realitate și pot fi folosite pentru explicare, predicție și control. Deci nu toate presupunerile trebuie în mod necesar să se refere sau să corespundă la elemente observabile. O presupunere într-o teorie poate să fie în același timp o concluzie a unei alte teorii de nivel mai înalt. Această structură ierarhică de modele constituie de fapt baza pe care economia, ca disciplină, se dezvoltă în mod sistematic.

Obținerea concluziilor pe baza presupunerilor dintr-un model se face printr-un proces deductiv în care aspectele de realism sau adevăr empiric ale presupunerilor sau concluziilor sunt irelevante. Prin urmare, testul de consistență logică, validitatea deducției, nu garantează adevărul empiric al concluziei sau semnificația acesteia.

Limbajele folosite în formularea presupunerilor, ca și în procesul deductiv pentru obținerea concluziilor, includ: limbajul natural, limbajul matematic, reprezentările geometrice și limbajele de programare pe calculator. Alegerea limbajului depinde de cerințele problemei, de facilitățile pe care le oferă, de complexitatea modelului, precum și de experiența și ușurința analistului în folosirea acestuia. Unele limbaje nu sunt potrivite pentru analiza interacțiunilor simultane a unui număr mare de variabile, însă un model cu un număr foarte mare de variabile nu este în mod necesar mai valoros decât unul cu mai puține variabile.

Valoarea unui model este dată de semnificația problemelor la care intenționează să răspundă (scopul modelului) și de calitatea răspunsurilor pe care le dă. Nu se poate afirma că un model este mai realist sau mai potrivit decât altul, dacă nu se specifică întrebările la care poate să răspundă fiecare. Generalitatea unui model depinde de tipurile de întrebări la care modelul este destinat să răspundă. Din punct de vedere al modului de construire a modelelor economico-matematice utilizate în procesele economice din întreprinderile industriale, există mai multe tipuri de modele și anume: *descriptive*, *normative*, *procedurale* și *conceptuale*.

4.1.1. Modele descriptive

Modelele descriptive au ca principal obiectiv reproducerea unor proprietăți ale sistemului modelat și oferă posibilitatea găsirii unor soluții acceptabile, însă uneori pot să apară și unele probleme (dezavantaje) cum ar fi:

- timpul necesar elaborării unor astfel de modele poate să fie prea mare și din acest motiv decizia luată pe baza lor poate să devină tardivă;
- avantajul adus de obținerea unei soluții mai bune prin implementarea unui model descriptiv poate să nu justifice costul elaborării lui.

Modelele descriptive nu conțin variabile de control, însă ele stau la baza construirii modelelor normative. În procesul de elaborare a acestor modele, trebuie descoperite legăturile cauzale dintre variabilele controlabile și cele necontrolabile pe de o parte, și dintre acestea și rezultatele sistemului, pe de altă parte. Pe măsura creșterii complexității structurii sistemului și a conexiunilor sale, crește și gradul de dificultate al procesului de modelare a sistemului.

Realizarea unor analize și experimente cu ajutorul unor modele descriptive oferă posibilitatea stabilirii modificărilor care afectează sau îmbunătățesc performanțele sistemului.

Din tipologia modelelor descriptive vom menționa câteva grupe structurale mai des întâlnite în practica economică.

a) Modelele descriptive ale proceselor tehnologice și de producție: acestea descriu succesiunea secțiilor (instalațiilor) și a operațiilor care alcătuiesc procesul tehnologic al fiecărui produs, duratele acestora, necesarul de materii prime și materiale, consumurile specifice, coeficienții de încărcare a instalațiilor de pe fluxul tehnologic, cantitatea de produse intrată și ieșită din fiecare secție, cantitatea de produse finite etc. Un exemplu sugestiv al unui astfel de model este ilustrat în figura 4.3.

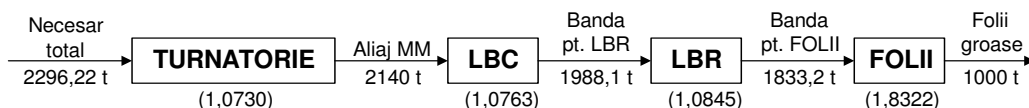


Fig.4.3. Modelul descriptiv al unui proces tehnologic

Modelul descrie succesiunea secțiilor, input-urile și output-urile (fel, cantitate) pentru fiecare secție și coeficienții de încărcare a secțiilor care alcătuiesc fluxul tehnologic necesar pentru obținerea produsului finit "folii groase". Pe baza acestui model se poate calcula necesarul total de materiale pentru obținerea unei anumite cantități planificate de produs finit, ponderând succesiv cantitatea planificată cu coeficienții de încărcare a secțiilor de pe fluxul tehnologic.

În acest exemplu, ponderând succesiv cantitatea de 1000 t cu coeficienții de încărcare, trecuți în paranteză pentru fiecare secție, se obține un necesar total de materiale de 2296,22 t.

O categorie similară cu astfel de modele o constituie *modelele descriptive gen arborescență* care, cu ajutorul unui graf, descriu structura tehnologică a produsului. Arborescența reprezintă descompunerea produsului în componentele sale, conform rețetei de fabricație și cu precizarea normelor de consum, pe atâtea nivele câte sunt necesare pentru ca ultimul nivel să indice resursele materiale necesare. Pe baza acestor modele se pot construi baze de date care să conțină toate datele necesare, algoritmi și procedurile cu ajutorul cărora să se poată calcula necesarul de resurse și costurile aferente pe fiecare nivel, subprodus sau pe produs.

O altă categorie de modele din această grupă structurală, cu largi aplicații în domeniul productiv, o reprezintă *modelele descriptive gen listă*, din care menționăm: *fișa tehnologică a produsului*, care specifică pentru fiecare produs, subansamblu și reper, cantitățile de materii prime și materiale necesare, tipul de manoperă, operațiile care trebuie efectuate, duratele lor pe tipuri de utilaje etc.; *rețetele tehnologice*, care descriu componentele, cantitățile, modul de combinare a acestora și operațiile necesare pentru obținerea unor produse; *graficele Gantt*, care ilustrează sub formă grafică, succesiunea în timp a unei liste de activități condiționate logic ș.a.

b) Modelele informațional-decizionale, abordează aspectele informațional-decizionale și cuprind două categorii de modele: prima categorie include organigrama structurii organizatorice a unității, diagramele informațional-decizionale și modele de tip aval-amonte, care au ca scop descrierea rețelei informațional-decizionale; a doua categorie include modelele ale logicii matematice, modelele ale teoriei deciziei, respectiv modelul general al procesului decizional și arborele decizional, care descriu structura procesului decizional.

În această categorie pot fi considerate și modelele de evidență financiar-contabilă, care reflectă rezultatele activității pe perioada trecută și constituie baza luării unor decizii pentru perioada viitoare.

c) O grupă structurală distinctă de modele descriptive, cu aplicabilitate relativ restrânsă în economia românească, o reprezintă **modelele relațiilor umane** din unitățile productive, comerciale, bancare, administrative etc. Activitatea de modelare a relațiilor umane întâmpină unele dificultăți legate de condițiile observării, obiectul observării (persoane, grupuri, relații între persoane și grupuri) și măsurarea rezultatelor observării. Pentru culegerea datelor se folosesc tehnici de tip interviu și chestionar. Relațiile interpersonale și de grup pot fi evidențiate cu teste sociometrice, modele pentru descrierea comunicării între persoane/grupuri și cu modele de simulare a relațiilor umane.

O categorie importantă o reprezintă modelele care utilizează tehnici de investigare specifice în scopul stabilirii relației dintre motivație (interese, trebuințe, idealuri) și comportament. Alte modele descriptive au în vedere selecția și promovarea personalului (teste de inteligență, de aptitudini, de performanță), stilul de conducere al managerilor, comportamentul personalului în activitatea economică etc.

d) O grupă structurală deosebit de prolifică o reprezintă **modelele informatice** care sunt complexe și cuprind, în funcție de domeniul vizat, modele hardware, modele de tip software de bază, modele de tip software de aplicații și modele de organizare a datelor (fișiere, bănci și baze de date, baze de cunoștințe), toate având prezentă o componentă descriptivă. Pentru a facilita elaborarea modelelor descriptive se pot construi sisteme expert care să includă în baza de cunoștințe toate modelele existente pe domenii de activitate și cu ajutorul unor tehnici specifice să-și îmbogățească această bază prin achiziționarea de noi cunoștințe, în scopul selectării pe baza proprietăților de analogie, a celui mai potrivit model pentru situația considerată.

4.1.2. Modele normative

Aceste modele au o tipologie diversă și sunt utilizate într-o varietate de forme în diferite domenii de activitate. În timp ce modelele descriptive au ca obiectiv reproducerea unor proprietăți ale sistemului modelat, modelele normative urmează să fie utilizate pentru a pune în aplicare reguli cât mai eficiente de decizie care să conducă la creșterea performanțelor sistemului analizat. Practic, modelarea descriptivă se întrepătrunde cu modelarea normativă și pentru majoritatea modelelor economico-matematice domină trăsăturile descriptive (ceea ce există) sau cele normative (ceea ce dorim să fie) și în mod corespunzător, modelele pot să fie în principal descriptive, respectiv, normative. Modelul normativ este o rafinare a modelului descriptiv, acestuia fiindu-i asociat un set de variabile și reguli precise, exprimate de obicei prin relații matematice.

Modelarea normativă se folosește atunci când există modele descriptive pentru problema cunoscută sau dacă problema este bine definită și structurată pentru a permite exprimarea setului de reguli prin relații matematice. Modelele normative au avantajul obținerii unor soluții optime sau acceptabile mult mai rapid și mai puțin costisitor decât în cazul utilizării experimentului pentru problemele complexe. *De exemplu*, dacă ne referim la un **proces decizional** și notăm cu:

$V = \{ V_1, V_2, \dots, V_m \}$ mulțimea variantelor;

$N = \{ N_1, N_2, \dots, N_r \}$ mulțimea stărilor naturii;

$C = \{ C_1, C_2, \dots, C_n \}$ mulțimea criteriilor;

$X = \{ x_{ijl} \}$, $i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, n}$; $l = \overline{1, r}$, mulțimea consecințelor, atunci

acești vectori reprezintă un **model descriptiv** al procesului decizional.

Dacă asociem acestor vectori o regulă precisă, ca de exemplu regula Laplace (pentru stări ale naturii echiprobabile) de maximizare a utilităților sinteză,

$$\max_i \left\{ \frac{1}{r} \sum_{l=1}^r U_i^l \right\}, \text{ unde utilitățile sinteză sunt date de relația,}$$

$$U_i^l = \sum_{j=1}^n k_j \cdot u_{ij}^l, \quad l = \overline{1, r}; \quad i = \overline{1, m},$$

iar, k_j reprezintă coeficientul de importanță al criteriului C_j , atunci acest model devine un **model normativ** pentru determinarea variantei optime în cazul unui proces decizional.

4.1.3. Modele procedurale

Existența unei anumite crize în rezolvarea problemelor pe baza modelării matematice a fost semnalată de unii specialiști prezenți la cel de-al IV-lea Congres European de Cercetare Operațională (Anglia, 1980). Unele metode de optimizare bazate pe modelele normative devin rigide în încercarea de a găsi soluția optimă, se îndepărtează de realitatea economică și nu răspund cerințelor practice, obligând analistul să acorde mai multă atenție și timp procesului de modelare. Astfel, o cauză majoră a manifestării acestei crize o reprezintă dificultățile de a identifica toate tipurile de legături esențiale între elementele sistemului, de a evidenția relațiile cauzale care descriu comportarea în timp a variabilelor și a sistemului, precum și de a descrie cu precizie complexitatea acestora prin relații matematice. Neconsiderarea unor relații importante între elementele sistemului (inclusiv a celor de decizie) ca și gradul redus de aproximare cu care sunt descrise unele conexiuni (prin ipoteze simplificatoare) în cadrul modelelor, au condus la obținerea unor rezultate necorespunzătoare și la limitarea aplicabilității acestora în rezolvarea unor probleme practice complexe. Există situații în care modele perfecte/complete ale sistemului nu se pot aplica în practică datorită dimensiunilor și a complexității prea mari, care fac ca soluția să nu poată fi obținută în timp util sau care nu pot fi rezolvate cu tehnicile disponibile.

Aceste dificultăți au condus la reprezentarea conexiunilor sub forma unor *proceduri*, care din punct de vedere matematic reprezintă o serie de operații elementare a căror succesiune de execuție poate fi stabilită prin algoritmi care se pot converti ușor în programe pe calculator. În felul acesta unele inconveniențe pot fi evitate cu ajutorul *modelării procedurale*.

Pentru cunoașterea și folosirea legilor care guvernează fenomenele sistemului studiat sunt necesare o serie de acțiuni care pot fi sintetizate astfel:

- stabilirea unor legi descriptiv-calitative pe baza observării fenomenelor sub aspect cauzal, descriptiv-calitativ;
- determinarea legilor cantitative care guvernează sistemul pe baza observării fenomenelor sub aspect cantitativ, a analizei datelor colectate și în conformitate cu unele măsurători efectuate;
- adoptarea unor decizii în scopul satisfacerii nevoilor umane și urmărirea efectelor (implicațiilor) acestora în vederea perfecționării deciziilor viitoare.

Aceste aspecte pot fi sintetizate și folosite în construirea unor modele economico-matematice care sunt dependente de informațiile obținute (date, coeficienți sau parametri care intervin în restricții, sau funcțiile care devin o legitate).

Modelarea procedurală se caracterizează prin acordarea unui rol principal algoritmului și unuia secundar modelului și se poate realiza, fie printr-o modelare generală care să surprindă toate cazurile posibile, fie folosind modelarea pe tipuri de probleme, când se alege o clasă de probleme des întâlnite în practică pentru care se elaborează un algoritm specific de rezolvare.

În funcție de precizia cu care sunt măsurate mărimile care caracterizează procesul analizat, de dimensiunea și complexitatea problemelor, de natura datelor de intrare (exacte, stochastice, vagi) metodele folosite în luarea deciziei se vor baza pe algoritmi exacti sau pe algoritmi euristici. Deoarece metodele euristice sunt aplicate frecvent, se pune problema descoperirii regulilor de bază folosite pentru a le perfecționa și a le sistematiza într-un algoritm.

Unii autori susțin că euristica reprezintă un ansamblu de metode care permit obținerea unor soluții **bune**, în sensul că ele nu respectă riguros toate condițiile iar abaterile față de acestea sunt greu de evaluat, însă pot fi acceptate după criteriul operativității cu care au fost obținute și al respectării unui număr minim de cerințe considerate prioritare. O regulă este considerată **bună** dacă soluția obținută are o abatere acceptabilă față de soluția exactă și dacă folosește resursele de calcul în limitele disponibile ca durată, memorie etc.

4.1.4. Modele conceptuale

Metodologiile de analiză de sistem bazate pe modelarea conceptuală abordează sistemele reale prin construcții logice asociate elementelor componente, conexiunilor dintre ele și activităților desfășurate în cadrul sistemului, considerate relevante.

Un model conceptual este format dintr-un set de concepte care alcătuiesc modelul formal, la care se adaugă o anumită viziune a analistului asupra realității investigate referitoare la sistemul modelat. Modelele conceptuale reprezintă de fapt un limbaj specializat cu ajutorul căruia sunt descrise aspectele calitative esențiale ale sistemelor reale, indiferent de gradul lor de complexitate. Ele pot să precedă alte tipuri de modele și sunt utilizate pentru probleme slab sau prost structurate, sau chiar nestructurate (instabile, cu multe modificări) pentru care este dificil sau imposibil de elaborat alte tipuri de modele.

În afara acestui avantaj, modelele conceptuale sunt utile în analiza de sistem deoarece:

- clarifică (precizează) viziunea analistului asupra sistemului analizat;
- definește structura și logica sistemului prin ilustrarea conceptuală, simbolică, pe care o oferă;
- constituie o premiză pe baza căreia se poate realiza activitatea de proiectare a noului sistem.

Limbajul utilizat în cadrul modelelor conceptuale face apel la o serie de concepte fundamentale din teoria generală a sistemelor sau derivate din acestea, din care menționăm:

a) Procesul de transformare, care este reprezentat de mulțimea activităților necesare pentru transformarea intrărilor sistemului în ieșirile dorite. Din acest punct de vedere, orice model conceptual trebuie să conțină cel puțin un proces de transformare.

De exemplu, un sistem productiv/de servire poate fi modelat ca un proces de transformare a unei cereri manifestate pe piață în produse/servicii care să satisfacă aceste cereri.

b) Gradul de conectivitate, reflectă dependența logică surprinsă de model între activitățile sistemului în procesul de transformare.

De exemplu, activitatea de transformare a materiilor prime în produse finite trebuie precedată de activități ca: stabilirea sortimentului și a cantității de produse finite, pregătirea forței de muncă, aprovizionarea cu materii prime și materiale etc., care să asigure desfășurarea normală a fluxului tehnologic care definește procesul studiat.

Dependența sau conectivitatea activităților poate fi relevată pe baza unor premise teoretice, pornind de la fluxul tehnologic, sau apelând la cunoștințele unor experți, consilieri etc.

Una dintre cele mai importante conectivități în analiza de sistem este cea informațional-decizională.

c) **Obiectivul (scopul)** sistemului modelat se află într-o legătură directă cu rezultatele dorite ale proceselor de transformare pe care le include sistemul real și din punct de vedere practic reprezintă însăși rațiunea acestuia de a exista, finalitatea sa. Astfel, asigurarea ritmică cu resursele necesare desfășurării continue a procesului de producție, urmărirea operativă a stocurilor, reducerea stocurilor supranormative, urmărirea consumurilor specifice etc., reprezintă obiective specifice ale modelării subsistemului de aprovizionare.

d) **Performanța modelului/sistemului** este un indicator care cuantifică gradul de îndeplinire a obiectivelor propuse ale sistemului. Informațiile obținute pe baza indicatorilor de performanță sunt folosite pentru efectuarea unor acțiuni de control în cadrul unor proceduri de luare și verificare a deciziilor în vederea stabilirii corecțiilor necesare pentru îmbunătățirea modelului. Totalitatea acestor proceduri formează mecanismul de decizie-control pentru îmbunătățirea performanței sistemului.

De exemplu, dacă obiectivul sistemului îl constituie satisfacerea unei cereri exprimate pe piață, atunci performanța sistemului poate fi dată de nivelul de satisfacere a segmentului de piață, cuantificabil prin determinarea ponderii deținute de sistem pe acea piață. Pe baza acestui indicator se pot adopta deciziile pentru îmbunătățirea calității produsului, a activităților de promovare și de vânzare a produsului (reclamă, studii de piață) etc.

e) **Granițele sistemului** delimitează un cadru mai mult sau mai puțin restrâns, în funcție de scopul analizei, în care se iau acțiunile de decizie-control și sunt definite de limitele până la care activitățile și elementele sistemului răspund mecanismului decizional.

f) **Nivelul/gradul de rezoluție** al modelului reflectă gradul necesar de detaliere a sistemului conform procedurii de analiză structurală (descompunere) și depinde de obiectivele urmărite și de resursele disponibile.

g) **Resursele** (materiale, financiare, umane, de timp) sunt necesare atingerii obiectivelor sistemului și se află sub controlul procedurilor decizionale.

h) **Viziunea observatorului** asupra realității (**conceptul W**). Mulțimea conceptelor enumerate și exemplificate reprezintă *modelul formal* al sistemului. Același sistem poate fi descris în mod distinct de observatori diferiți, percepția fiecăruia fiind influențată mai mult sau mai puțin de factori obiectivi, subiectivi și de incertitudine. De aceea este necesară introducerea unui factor al percepției multiple care reprezintă viziunea proprie analistului ce observă sistemul.

Obiectivul sistemului poate fi înlocuit printr-o așa numită *definiție-rădăcină (de bază)*, care este mai mult decât o simplă reformulare a obiectivului, ea înglobând și viziunea analistului în raport cu care se face descrierea sistemului. Un același sistem poate avea mai multe definiții de bază, ca expresie a multitudinii punctelor de vedere din care poate fi abordat, fiecare observator având "W"-ul său propriu. Analistul trebuie să aleagă o anumită definiție de bază și prin procesul de analiză-modelare să exploreze toate implicațiile practice ale viziunii alese.

Modelele conceptuale sunt modele formale care conțin și viziunea analistului asupra sistemului concretizată în definiții-rădăcină; ele sunt date de numărul minim de concepte cu care se poate descrie un sistem definit de rădăcina sa pentru un anumit nivel de rezoluție și servesc la definirea frontierei, la precizarea interconexiunilor și a elementelor (subsistemelor) relevante ale sistemului. Modelele conceptuale apar ca o construcție logică asociată unei mulțimi de interacțiuni specifice sistemelor cu activitate umană care oferă un mijloc de analiză a oricărei probleme (situații) indiferent de contextul organizațional. Activitățile specifice fiecărui subsistem implică o acțiune efectivă și de aceea în limbajul de modelare conceptuală sistemele și subsistemele analizate sunt reprezentate prin *verbe*.

Modelul este o descriere a unei *situații-problemă* prin care se evidențiază varietatea fizică structurală (folosind chiar un limbaj matematic) și mulțimea interacțiunilor care determină comportamentul sistemului.

Procesul de modelare conceptuală a unui sistem real se desfășoară în mod iterativ până la atingerea nivelului de rezoluție dorit și urmărește parcurgerea etapelor ilustrate în figura 4.4.

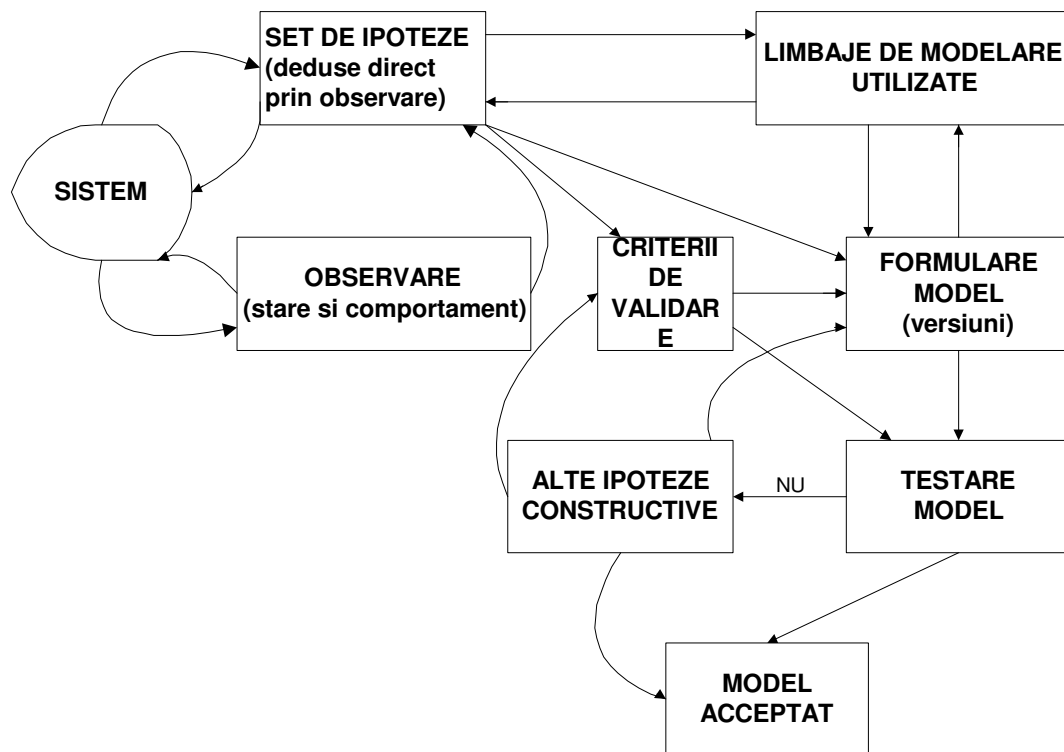


Fig. 4.4 - Procesul de modelare conceptuală

După n iterații se obține varianta finală a modelului conceptual, în conformitate cu nivelul de rezoluție dorit și cu setul de ipoteze și de criterii utilizate.

De exemplu, un model conceptual pentru o întreprindere industrială poate fi construit plecând de la următoarea definiție de bază:

O întreprindere productivă desfășoară o activitate profitabilă pe termen lung dacă utilizează tehnologii adecvate în scopul satisfacerii cererii clienților, în cadrul unor restricții de resurse productive.

Modelul conceptual al unei întreprinderi productive conține într-o primă fază următoarele subsisteme:

- subsistemul de marketing, care are în vedere dezvoltarea activităților de prospectare a piețelor în scopul adaptării producției la nevoile sociale reale și la tendințele de dezvoltare ale acestora;
- subsistemul tehnologic, care urmărește dezvoltarea unor tehnologii și a producției în scopul realizării unor produse și servicii competitive cerute pe piață;
- subsistemul de planificare și control a afacerilor, care urmărește realizarea de produse fezabile, eficiente / profitabile și vandabile;
- subsistemul de producție, care se ocupă cu realizarea efectivă a produselor în condiții de eficiență;
- subsistemul de desfacere / comercial, care se ocupă cu vânzarea produselor și prestarea unor servicii destinate satisfacerii unor nevoi concrete pe piață.

În figura 4.5 este ilustrat un model conceptual pentru o firmă productivă.

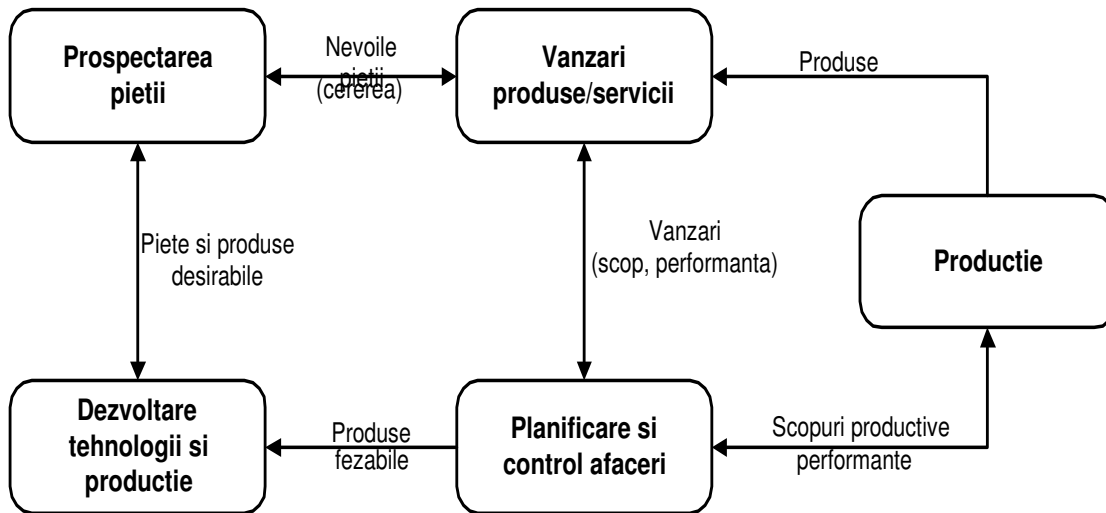


Fig.4.5 - Model conceptual general pentru o firmă productivă

Fiecare subsistem este caracterizat la rândul său printr-o definiție de bază și apoi detaliat la nivel de activități și interconexiuni relevante, corespunzător gradului de rezoluție ales.

Pentru exemplul considerat, modelul conceptual la nivel detaliat al subsistemului de producție este ilustrat în figura 4.6.

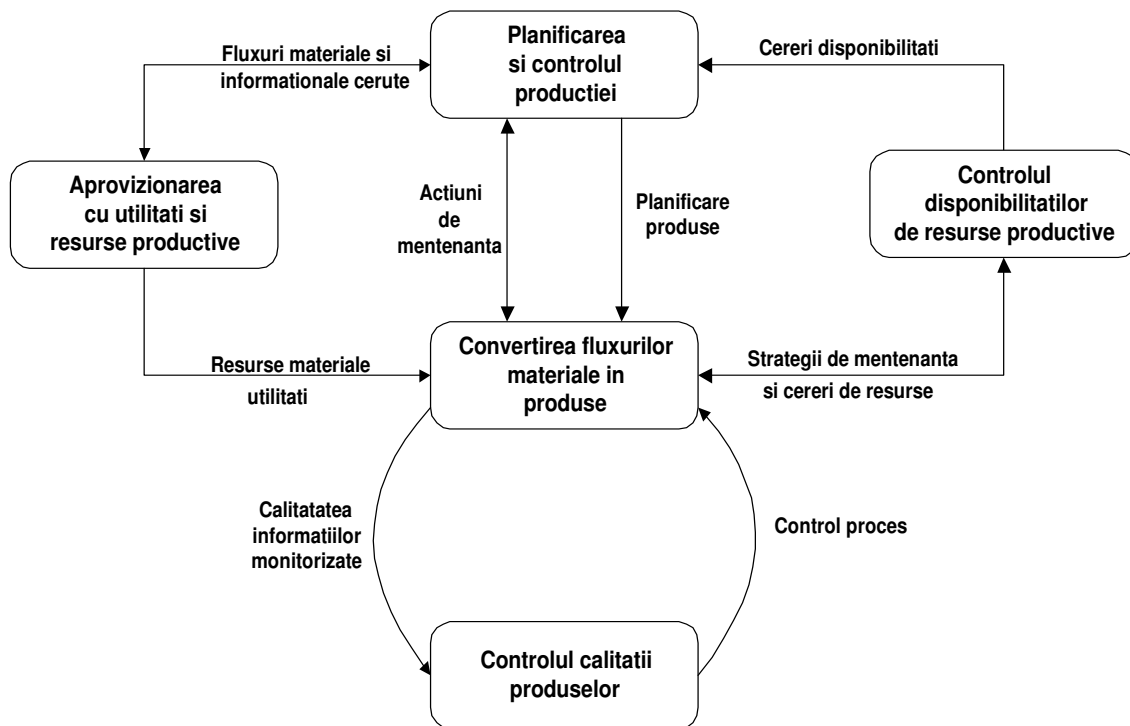


Fig.4.6 - Model conceptual pentru subsistemul producție

Fiecare model conceptual va fi derivat și dezvoltat de la o definiție de bază care arată *ce* este sistemul respectiv și va desemna mulțimea de activități pe care sistemul trebuie să le desfășoare pentru atingerea obiectivelor sale. Apoi, fiecare activitate va fi detaliată la rândul ei, într-un număr de nivele pornind de la propria sa definiție și în funcție de o viziune-sinteză a analistului și a fiecăruia din managerii implicați în analiza sistemului (figura 4.7).

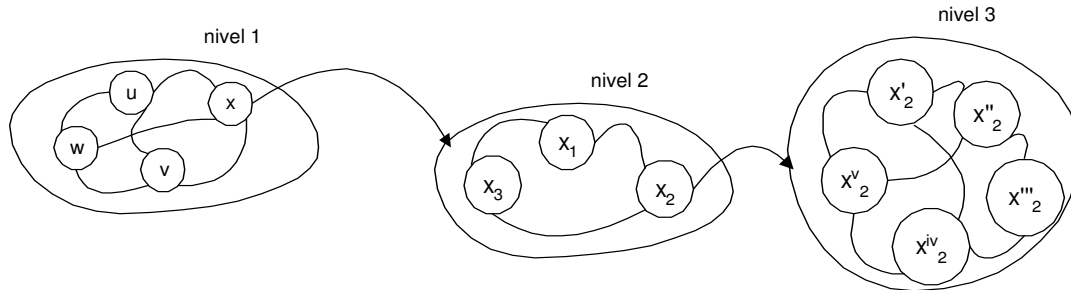


Fig. 4.7 - Detalierea activităților unui sistem pe nivele de rezoluție

Procesele modelate prin analiza de sistem se pretează mai greu abordărilor în sensul optimizării, de aceea modelarea conceptuală are în vedere determinarea aceluia rang al viziunii asupra sistemului, pe baza unui număr cât mai mare de modele echivalente, care să ofere cea mai relevantă imagine asupra situației existente.

4.1.4. Modele obiectuale

Modelarea bazată pe obiecte are la bază un mod de gândire abstract asupra problemelor din lumea reală.

Spre deosebire de metodele clasice de analiză și modelare bazate pe structură, funcții și date, analiza și modelarea orientată pe obiecte este diferită și ea constă în analiza unor obiecte discrete din lumea reală, proiectarea unor obiecte model a acestei realități și apoi implementarea acestora. Filozofia orientată pe obiecte are la bază următoarele concepte importante și anume: *identificarea obiectelor, clasificarea lor, moștenirea, definirea polimorfismelor și ierarhizarea obiectelor.*

- **Identificarea obiectelor** constă în recunoașterea lor și izolarea unor entități din lumea reală, ca obiecte bine definite. Realitatea este abstractizată prin entități de tipuri și caracteristici diferite (oameni, instalații, utilaje, materii prime, procese, organizare etc.) care o descriu și o definesc funcțional. Fiecare entitate are asociate o serie de atribute și se află într-o anumită stare când atributele iau valori numerice specifice.

Obiectele sunt constituite din anumite categorii de date și din ansamblul operațiilor permise asupra acestora. Operațiile reprezintă toate activitățile care se pot efectua asupra unei entități și sunt înglobate în metodele de gestionare a datelor specifice fiecărui obiect.

Operația poate fi privită ca un proces asupra entității alese, iar *metoda* ca o specificație a modului cum este executat acest proces.

De exemplu, dacă obiectul este reprezentat de un utilaj, operațiile permise asupra lui sunt: achiziționarea, punerea în funcțiune, întreținerea, repararea, modernizarea, închirierea, casarea.

Identificarea obiectelor, recunoașterea și izolarea lor ca entități reale bine definite se realizează printr-un *proces care separă esențialul de neesențial.*

- **Clasificarea obiectelor** constă în gruparea lor în clase, având drept criterii atributele esențiale ale entităților și operațiile comune care se execută asupra datelor și entităților.

Un exemplu îl constituie clasa tipurilor de conturi dintr-o bancă. Clasa reprezintă o implementare a fiecărui tip de obiect, ea specificând structura datelor și metoda pentru implementarea fiecărei operații. În esență, o clasă precizează structura datelor și modul de implementare a operațiilor permise pentru fiecare obiect pe care îl conține.

Clasificarea obiectelor utilizează, la rândul ei, conceptul de *încapsulare*.

- **Încapsularea** realizează contopirea datelor ce caracterizează diferite atribute ale unui obiect, cu operațiile care se efectuează asupra lui.

Prin procesul de încapsulare se separă *ceea ce este particular de ceea ce este general* (localul de global) și se combină datele cu prelucrările necesare. Prin acest proces se ascund utilizatorului detaliile implementării obiectelor.

De exemplu, în cadrul unui sistem de aprovizionare pentru o întreprindere, furnizorii și datele aferente acestora pot să constituie un obiect încapsulat, iar ca operații permise se pot considera: încheierea de contracte/comenzi, lansarea acestora, urmărirea derulării contractelor, elaborarea, urmărirea și prelucrarea unor documente specifice aprovizionării (avize de expediție, facturi, note de intrare-recepție etc.), urmărirea obligațiilor contractuale față de furnizori ș.a.

- **Moștenirea** este conceptul pe baza căruia se pot stabili submulțimile de clase (de obiecte) ce posedă trăsături distincte, transmise de la nivelul claselor, precum și unele caracteristici asimilate de la alte clase cu care sunt înrudite. Prin urmare, moștenirea permite transferarea unor trăsături (proprietăți) de la o clasă la alta.

De exemplu, în cazul sistemului de revizii și reparații, clasa mijloacelor fixe amortizabile transmite unele caracteristici existente în normative (durata medie de funcționare, planificarea pe baza ciclurilor de reparații) clasei instalațiilor care are și caracteristici proprii (oprirea completă pentru revizii periodice, continuitatea procesului tehnologic) și care sunt preluate de utilajele și echipamentele componente. Acestea, la rândul lor, au unele caracteristici proprii, cum ar fi: oprirea pentru intervenții în afara perioadelor de revizie, planificarea reparațiilor conform normativelor republicane sau normelor interne, regimul de funcționare, calculul amortizării etc.

Un alt exemplu îl constituie clasa conturilor dintr-o bancă care transmite anumite caracteristici (cod cont, tip cont, valoare cont, data maturării, nume client etc.) clasei conturilor clienților individuali și aceasta transmite o parte din aceste caracteristici clasei conturilor expirate /25/.

- **Ierarhia** pune în evidență direcțiile în care se moștenesc proprietățile. Ierarhia poate să fie *simplă*, atunci când moștenirea se transmite de la o clasă pe o singură direcție, sau *multiplă*, dacă moștenirea se transmite pe direcții diferite din una sau mai multe clase /25/.

Într-o ierarhie de clase obținute prin moștenire, o metodă poate avea forme diferite de la un nivel la altul, specifice nivelului respectiv.

- **Polimorfismul** este proprietatea care ne arată că o aceeași operație poate să aibă sens diferit pentru obiecte sau clase de obiecte diferite. Aceste operații pot fi reunite în metode pe clase de obiecte și apoi particularizate. Pe baza acestei proprietăți, fiecare clasă poate să răspundă într-un mod propriu, specific, la fiecare operație inclusă într-o metodă.

De exemplu, dacă ne referim la problema aprovizionării unei întreprinderi productive și considerăm clasa "*Produse finite pentru care s-au stabilit sarcini de plan și norme de consum*" și clasa "*Produse finite pentru care nu există sarcini de plan și norme de consum*", atunci operația de calcul a necesarului de aprovizionat reprezintă un polimorfism deoarece metoda de

calculul depinde de tipul de produse finite. Astfel, pentru prima clasă, necesarul de aprovizionat se determină pe baza unui algoritm (propriu) specific, în timp ce pentru cea de a doua clasă, necesarul de aprovizionat se determină pe baza consumurilor medii din anii anteriori.

În mod similar, dacă se consideră clasa "*Materii prime și materiale*" și clasa "*Piese de schimb*", operația de calcul a necesarului de aprovizionat reprezintă un poliformism, deoarece metodele folosite pentru a realiza aceeași operație sunt diferite pentru cele două tipuri de obiecte considerate.

Moștenirea atributelor și a operațiilor, încapsularea împreună în fiecare obiect a datelor specifice și a metodelor de gestionare a datelor care includ și procedurile de prelucrare, reprezintă principalele caracteristici ale obiectelor.

Un alt exemplu îl constituie operația de pensionare pentru clasa angajaților și cea a executivului, care reprezintă un polimorfism deoarece metoda depinde de tipul clasei: executiv sau angajați obișnuiți. Caracteristicile personalului (sex, vechime etc.) definesc metoda de pensionare, ea fiind moștenită de toți angajații, dar pentru personalul executiv metoda este diferită și aceasta poate modifica la rândul ei metoda de pensionare a angajaților obișnuiți.

Tehnica de modelare pe obiecte presupune elaborarea următoarelor tipuri de modele:

a) **Modelul pe obiecte static** care are ca scop reprezentarea structurii claselor de obiecte. În timpul elaborării acestui model se realizează un proces de abstractizare prin care se separă esențialul de neesențial, un proces de încapsulare prin care se separă localul de global, și un proces de combinare a datelor cu procedeele de prelucrare și de ierarhizare a acestor obiecte.

De exemplu, pentru linia de asamblare putem defini următoarele clase de obiecte:

- clasa indicatorilor, ce are ca atribute: posturile de lucru, întreaga linie, iar ca operații: formule de calcul a acestor indicatori și comparări cu anumite valori admisibile date;
- clasa posturilor de lucru, ce are ca atribute: numărul postului, timpul disponibil pe post, timpul de ocupare al postului, iar ca operații: calcularea indicatorilor specifici postului, compararea acestora cu valori date aprioric, alocarea activităților pe post;
- clasa activităților, ce are ca atribute: nodul de început, nodul de sfârșit, durata activității, coeficientul de importanță, iar ca operații: căutare, selectare, alocare, ștergere.

Aceste clase pot fi împărțite în subclase. *De exemplu*, dacă ne referim la clasa activităților, avem subclasa activităților alocate și subclasa activităților nealocate și aceasta din urmă poate fi divizată în subclasa activităților candidate și subclasa activităților condiționate. În mod asemănător, clasa posturilor de lucru cuprinde subclasa posturilor deja alocate și nealocate.

b) **Modelul dinamic** urmărește evidențierea relațiilor temporale. Modelul operează cu evenimente și stări ce exprimă valoarea unui atribut prin care se identifică apariția unor noi evenimente.

Modelul dinamic se construiește pe baza diagramei de tranziție a stărilor și a diagramei de trasare a evenimentelor.

Diagrama de trasare a evenimentelor evidențiază clasele și evenimentele ce stabilesc conexiunile dinamice între aceste clase.

Diagrama de tranziție a stărilor arată, pentru fluxul de evenimente atașate unei clase, modul în care obiectele trec dintr-o clasă în alta.

c) **Modelul funcțional** este caracteristic fazei de proiectare și are un triplu rol și anume:

- de a descrie funcțiile apelate de operațiile din modelul static pe obiecte;
- de a arăta acțiunile realizate de modelul dinamic, acțiuni care operează asupra atributelor din modelul obiect;
- de a evidenția restricțiile care acționează în cadrul modelului obiect, static și dinamic.

În faza de proiectare se vor detalia caracteristicile acestui model.

4.2. Rolul modelelor în analiza de sistem

Pentru a caracteriza un model trebuie să răspundem la anumite întrebări care implică unele considerații în legătură cu ceea ce înseamnă **explicarea, predicția și controlul**.

Ce înseamnă că un anumit fenomen (proces) este explicat printr-un model? Care este legătura dintre explicație și predicție? Dacă un model face predicții, poate fi folosit și pentru explicații sau control?

Importanța acestor întrebări a fost semnalată într-un eseu asupra metodologiei economice a lui Friedman, care a adus un argument puternic împotriva testării teoriei pe baza presupunerii realismului ei. Friedman afirmă că validarea empirică a presupunerilor prin ele însele este irelevantă, deoarece dacă concluzia se verifică prin acuratețea predicțiilor atunci teoria ca un întreg este validă. Hempel și Oppenheim au propus următoarele condiții logice pentru ca un model să ofere o explicație adecvată:

1. Fenomenul (procesul) empiric de explicat trebuie dedus în mod logic din setul de presupuneri utilizate pentru explicație;

2. Presupunerile (ipotezele) modelului trebuie să conțină legile generale necesare pentru obținerea logică a fenomenului. O lege, în acest context, înseamnă o relație de legătură care nu a fost respinsă printr-o testare empirică și care este în general conformă cu teoria. În scopul acceptării unui model pentru scopuri explicative este necesar ca anumite presupuneri ale sale să fie testate și convertite în legi. Altfel, fără legi, cel mai bun model poate să sugereze explicații nereale;

3. Setul de presupuneri trebuie să aibă conținut empiric, adică din el să se poată deduce cel puțin o propoziție care poate fi testată prin experimente sau observări (această condiție se regăsește în mod implicit în prima condiție deoarece ea descrie un fenomen empiric);

4. Propozițiile empirice din setul de presupuneri trebuie să fie confirmate de toate dovezile relevante disponibile, ceea ce înseamnă că trebuie să fie "adevărate".

Hempel și Oppenheim au prezentat conceptul de explicație a unui model sub forma unei diagrame (fig. 4.8.) care conține: condițiile (C_i) care descriu faptele relevante în explicarea fenomenului studiat, legile generale ale economiei (L_i) care formează nucleul modelului, precum și descrierea fenomenului empiric ce a fost observat și care trebuie explicat.

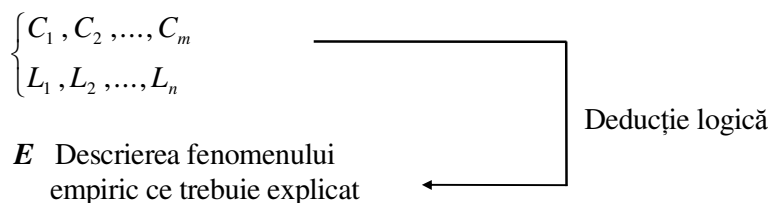


Fig. 4.8. Diagrama explicației științifice

Pentru ilustrarea acestei diagrame putem considera un exemplu semnificativ. În S.U.A., după reluarea fabricației de automobile în 1946, pentru mașinile vândute ca mașini uzate s-au obținut prețuri mai mari decât pentru modele similare de mașini noi. Pentru explicarea acestui fenomen, care este contrar modelelor de prețuri normale, vom enunța condițiile existente și legile generale care au favorizat apariția lui (setul de presupuneri):

- C_1 - Producătorii au stabilit prețurile la mașinile noi dar nu și la cele vechi;
- C_2 - La prețurile fixate pentru mașinile noi, cererea a fost mai mare decât oferta;
- C_3 - Comercianții au transformat mașinile noi în mașini puțin uzate prin rularea lor pe distanțe scurte;

- C_4 - Comercianții de mașini noi au avut și loturi de mașini uzate;
- L_1 – Firmele/comercianții exploatează oportunitățile pentru a le crește profiturile;
- L_2 - Legea cererii arată că la orice nivel al prețului unui produs, există consumatori care își permit să cumpere acel produs dacă le este necesar.

Distincția dintre *explicație* și *predicție* este ușor de realizat: dacă fenomenul a fost observat și dacă legile și condițiile sunt date ulterior, atunci avem *explicație*, iar dacă fenomenul se deduce din condiții și legi înainte de a fi observat, atunci avem *predicție*. Astfel, condițiile pentru explicație sunt potrivite și pentru predicție. Dacă este posibil să se facă predicții corecte fără ca să fie îndeplinite toate condițiile logice, atunci modelul creat nu are puterea de a explica fenomenul respectiv. Puterea predictivă pe care o are modelul, apare și din unele relații de legătură necunoscute dintre variabilele modelului și unele variabile neincluse în model.

Folosirea unui model pentru *control*, necesită determinarea modului în care trebuie să schimbăm una sau mai multe variabile pentru a obține o anumită modificare a sistemului. În mod evident utilizarea modelului pentru control implică procesul de predicție, deoarece trebuie să precizem că *dacă* schimbăm anumite variabile de control, *atunci* anumite modificări se vor produce. În general, pentru control este preferabil să se utilizeze modele care furnizează atât explicații valide cât și predicții corecte. Dacă se folosesc modele care furnizează predicții corecte fără explicații, schimbările introduse în variabilele de control pot altera unele relații fundamentale (de bază) necunoscute care au condus anterior la predicții corecte, ducând în felul acesta la predicții mai puțin precise în continuare.

Pentru a înțelege rolul modelelor în explicație, predicție și control este necesar să cunoaștem câteva din limitele lor de aplicabilitate.

Există o tendință firească de a formula modele cât mai generale, care să aibă relevanță pentru toate firmele din economie, mai degrabă decât de a formula modele particulare la nivel de firmă. Este evident însă faptul că cu cât un model este mai general, cu atât mai puțin sunt detaliate implicațiile lui despre orice aspect particular. Cu alte cuvinte, un model general trebuie să facă abstracție de un număr de variabile care justifică diferența dintre firme (sisteme) pentru a se ajunge la concluzii care se pot aplica la toate unitățile relevante.

Astfel, pentru a se răspunde la multe întrebări, de obicei se construiesc mai multe modele de generalitate variată. Răspunsul la cât de general trebuie să fie un model se poate obține numai prin referire la generalitatea întrebărilor la care trebuie să răspundă modelul respectiv.

În cadrul analizei de sistem, obținerea proiectului logic al sistemului necesită specificații de proiectare conforme cu cerințele exprimate în raportul de investigare. Modelele sistemului fac legătura între datele culese în timpul investigației și specificațiile logice relativ compacte și limitate. Cele mai vizibile produse ale analizei de sistem *sunt diagramele, tabelele, graficele, textul structurat* (descrieri-fotografii) care încearcă să surprindă realitatea investigată, să dea o imagine coerentă și logică a acesteia prin care să orienteze proiectanții și implementatorii sistemului. Pentru un analist modelarea înseamnă, în primul rând, selectarea datelor obținute în cursul investigației preliminare și după aceea, rezumarea datelor în formulare folosite pentru crearea diagramelor și tabelor, precum și elaborarea pe baza datelor disponibile a modelelor și documentelor necesare. Modelarea servește următoarelor scopuri:

- ca mijloc de comunicare între persoane a căror roluri, funcții și pregătire diferă considerabil;
- necesității de a reprezenta resursele informaționale într-un mod sistematic;
- pentru pregătirea datelor necesare și crearea reprezentărilor ce pot fi folosite direct în proiectare.

Aceste scopuri sunt atinse prin funcțiile de *comunicare, documentare și de suport-decizional al modelelor*.

a) **Rolul de comunicare** al modelelor apare ca necesar deoarece atât gama de interese cât și limbajul specializat utilizat în diverse domenii (computere, tehnologii de producție, contabilitate) afectează interacțiunea dintre specialiști cu preocupări și posibilități de exprimare diferite și conduc la o divizare severă între grupuri de specialiști (proiectanți de sistem, clienți, utilizatori, manageri, operatori) și chiar în cadrul aceluiași grup. Astfel:

- *proiectantul* sistemului este preocupat de eficiența, modularitatea, flexibilitatea și claritatea sistemului și argumentează în funcție de eficiența în funcționare, viteza și ușurința de a face schimbări și predicții precum și de implicațiile rezultate din schimbări;

- *programatorul* este preocupat de eleganța, viteza și durata codificării cu un limbaj cunoscut și argumentează în funcție de claritatea codului de scriere (a limbajului), ușurința de a urmări și de a întreține sistemul;

- *operatorul* este preocupat de încrederea în sistem și de nivelul său de instruire în folosirea sistemului și argumentează pentru un sistem ușor de înțeles și care reduce la minim posibilitatea de a face confuzii sau erori în interpretare;

- *utilizatorul* este interesat ca sistemul să fie inteligibil, prietenos și folositor și dorește ca în fiecare moment să știe ce urmează să facă și să fie asistat ca să-și facă munca;

- *managerul* este interesat de eficacitatea costului, de siguranța și ușurința de manevrare a sistemului și argumentează ca sistemul să-i ușureze munca, să nu necesite multă întreținere și să aducă un profit semnificativ, ș.a.m.d.

Există astfel nevoia unui limbaj comun, în care să fie exprimate conceptele utilizate, deoarece pentru ca sistemul să funcționeze corect, toate persoanele implicate trebuie să fie într-o înțelegere perfectă. Cercetările au arătat că în timp ce implicarea utilizatorului este de valoare variabilă, neînțelegerea cerințelor sale poate să conducă la eșecul sistemului. Rolul principal pentru evitarea acestui eșec îl are analistul care trebuie să descrie sistemul diferențiat, pentru fiecare grup interesat (implicat) care vede sistemul în mod diferit.

Pe de altă parte, fiecare actor (proiectant, programator, operator, utilizator, manager) vede sistemul în mod diferit și este puțin probabil ca să fie satisfăcut de o definiție a sistemului dacă elementele de care este preocupat nu sunt descrise complet și în termeni pe care să-i înțeleagă. Astfel, programatorul vede sistemul sub formă de modele, codificări, baze de date; *operatorul* are în vedere schemele, formularele, succesiunea procedurilor; *utilizatorul* vede sistemul prin prisma datelor de intrare care trebuie asigurate; *clienții* văd sistemul ca o "cutie neagră" complexă; *managerul* are preocupări privind asigurarea salariilor, a condițiilor de lucru și a dotării corespunzătoare ș.a.m.d.

În concluzie, o descriere completă poate să fie considerată incompletă din punctul de vedere al fiecăruia dintre actori. Aceștia vor prezenta sugestii de îmbunătățire pe care le vor argumenta pe baze diferite (economice, factori umani), care pot fi deseori într-un dezacord total. Astfel, dacă utilizatorul are puține cunoștințe despre calculator, el trebuie să aibă un dezvoltat simț intuitiv pentru a sesiza când este greșită o procedură; programatorul poate să argumenteze că nu există nici o modalitate ca o anumită funcție să poată fi programată pe baza instrumentelor disponibile; managerul poate să argumenteze pe baza rutinei, experienței și a viziunii de ansamblu pe care o are că o astfel de abordare a sistemului nu poate să funcționeze ș.a.m.d.

Este sarcina analistului să medieze sugestiile și punctele de vedere ale fiecărui grup și să negocieze cererile acestora aflate într-un dezacord general și care nu pot fi schimbate.

În această varietate de preocupări și stiluri de argumentare deseori în contradicție, modelarea ajută să avem o bază comună de comunicare.

Modelele au avantajul prezentării unor imagini clare, simple, intuitive pentru conducere, personalul de exploatare, utilizatori și implementatori, care elimină vocabularul relativ rigid și specializat și pune bazele unor discuții profitabile.

Rolul de comunicare al modelelor ajută analistul să concilieze punctele de vedere opuse ale actorilor. Diferențele datorate lipsei unui limbaj comun, dezacordurile în ceea ce privește punctele de vedere, stilul și valoarea argumentării, pot fi reduse sau chiar eliminate prin selectarea și prezentarea unor modele corespunzătoare.

b) Rolul de documentare al modelării se realizează prin organigrame, grafice, diagrame (de flux, fizice sau de date), tabele care se obțin și se înțeleg mai ușor și care exprimă sintetic idei care tind să devină rapid oficiale pe baza modelului. Modelul, ca document, are în vedere următoarele funcțiuni:

- asigură exprimarea corectă, oficială a faptelor (realității);
- constituie un set de standarde pentru muncă (modul de lucru);
- ilustrează punctele de vedere ale celor implicați în munca de analiză și proiectare;
- reprezintă o procedură de conducere pentru manageri în ceea ce privește mecanismul aprobării/confirmării unor lucrări, raportarea realizărilor și suportul de discuții pentru negocieri.

Deoarece două modele corecte ale aceluiași sistem pot să difere foarte mult, alegerea unui model orientează într-o anumită direcție toată munca de proiectare ulterioară. Este important ca documentul de modelare (diagrame, tabele, grafice, organigrame) să reprezinte corect punctul de vedere al analistului, adică un set de standarde prin care este văzut sistemul.

Descrierea sistemului în scopul modelării depinde de categoriile și instrumentele disponibile pentru observator, de importanța specială fiind:

- frecvența observării sistemului (continuu, periodic, ocazional);
- precizia (finețea) observării, care poate fi mai brută sau mai fină și poate fi dată de unitatea de măsură folosită (de exemplu, numărul documentelor prelucrate zilnic față de numărul documentelor de un anumit tip prelucrate zilnic);
- dacă observatorul face sau nu parte din sistem ceea ce are implicații directe asupra modului de concepere a modelului.

De asemenea, este importantă structura timpului de observare. Astfel, un proces continuu necesită o observare continuă pentru a putea fi evaluat, un proces periodic trebuie observat la momente discrete potrivite, dar nu foarte rare, pentru a putea sesiza tendințele, iar un proces aleator poate să nu fie observat dacă se folosește sistematic dar rar, observarea.

Un rol important al modelului ca document este asistarea în managementul proiectării, deoarece:

- indică *cine*, *când* și *ce* gândește și oficializează rezultatele înțelegerilor între actori;
- reprezintă o dovadă (fotografie) a realizărilor unui anumit analist;
- indică până unde a progresat munca și cum se poate continua.

Astfel, rolul de documentare al modelelor se concretizează prin oficializarea rezultatelor modelării, fixarea unei direcții de acțiune privind proiectarea, precum și prin stabilirea principalelor jaloane (puncte de referință) și documente necesare procesului de proiectare a noului sistem.

c) Rolul de suport-decizional al modelului reiese din legătura între concepte și realitatea unui sistem care funcționează, sau în particular, modelul servește ca suport-decizional pentru analiști. Pentru luarea unor decizii putem supune modelul unor teste (întrebări de tipul "what-if", "ce se întâmplă dacă?") pe baza cărora rezultă tipurile de decizii pe care poate să le adopte analistul, inclusiv reproiectarea în cazul depistării unor locuri înguste.

Astfel, în figura 4.9 este ilustrat, printr-o diagramă a fluxului de date, proiectul logic al unei părți din sistemul de facturare. Considerând că procesele: 1 - "Verificarea documentelor de plată", 2 - "Obținerea raportului privind starea clientului", 3 - "Actualizarea stării clientului", reprezintă exact activitățile de facturare, putem supune acest model unui set de întrebări "what-if", ca de exemplu:

- **ce** se întâmplă **dacă** procesul 3 se încetinește?
- **ce** se întâmplă **dacă** procesul 2 conține anumite erori?
- **ce** se întâmplă **dacă** un client reclamă precizia calculului dintr-o factură de plată?

Aceste întrebări exprimă dilemele proiectantului: **ce** se întâmplă **dacă** modifică proiectul?; **ce** implicații va avea această schimbare asupra celorlalte componente ale sistemului? Proiectanții și analiștii află răspunsurile la aceste întrebări și dileme cu ajutorul modelului.

Dacă adăugăm modelului informații despre eficiență, flux și încredere putem trage concluzii despre eficiența și eficacitatea modelului.

De exemplu, prin adăugarea cifrelor trecute pe figură (în paranteze), care indică viteza fluxului de prelucrare, procesul 3 necesită ca 400 de facturi să fie expediate zilnic prin poștă, sau 50/oră. Deoarece procesul 3 primește zilnic 410 facturi, iar din datele de investigare se știe că un funcționar, chiar cu ajutorul calculatorului, poate să expedieze cel mult 20 de facturi pe oră, rezultă că acest proces este un loc îngust și prin urmare se poate lua decizia de reproiectare a sistemului de facturare.

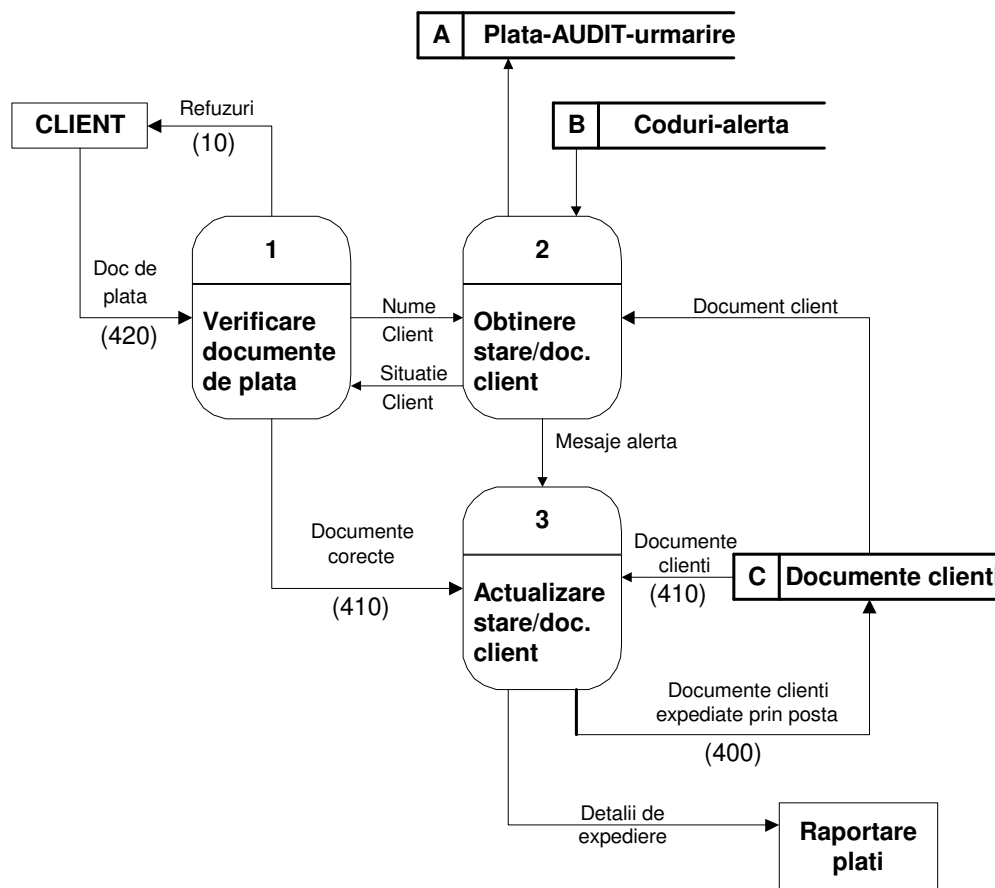


Fig. 4.9 - Rolul suport de decizie al modelelor

Folosirea modelelor pentru a trage concluzii în procesul de proiectare este o tactică valoroasă dar insuficientă deoarece în final va trebui să testăm implementarea proiectului în condiții reale. Pentru a folosi modelele ca suport de decizie în procesul de proiectare este necesar să fie respectate următoarele condiții:

- analiștii să fie capabili să elaboreze corect modelele din date;
- să existe posibilitatea refacerii rapide și cu acuratețe a modelului folosind tehnica de calcul;
- analiștii să fie capabili să perfecționeze, să înlocuiască sau să renunțe la modelele care nu rezistă testelor "*what-if*";
- analiștii să fie dispuși să accepte critici, să asculte, să fie receptivi și să răspundă la o serie de întrebări de tipul "*what-if*" asupra modelului;
- analiștii să fie capabili să aleagă și să construiască cele mai potrivite modele pentru reprezentarea realității, suficient de clare și ușor de înțeles;
- analiștii să fie instruiți în folosirea modelelor ca suport de decizie precum și a instrumentelor noi apărute și folosite de profesioniști în luarea deciziilor de proiectare (Excelerator, Super Major Project).

Modelele exprimă în forme limitate și sistematizate datele colectate și pe baza lor sunt create specificațiile logice ale sistemului. Modelarea este un proces de simplificare a datelor din care rezultă modele limitate prin consistența, completitudinea și validitatea lor. Modelele sunt folosite deoarece pot fi evaluate mai ușor decât o masă de date, reprezintă o bază pentru mai multe analize sistemice și pot fi utilizate direct în proiectarea sistemului.

În procesul de proiectare, modelele facilitează comunicarea între participanți, asigură conversia unor termeni vagi și abstracți în forme mai concrete și mai vizibile și arată progresul ce trebuie făcut de la ceea ce există la ceea ce proiectul trebuie să realizeze. Prin rolurile lor modelele sprijină analiștii în obținerea proiectelor logice.

4.3. Etapele procesului de modelare

În multe privințe este dificil de a prezenta o metodologie de dezvoltare a modelelor, deoarece alegerea instrumentelor și a căilor specifice în care fiecare analist se apropie de problema sa, reprezintă partea științei care este "artă". Totuși se pot prezenta pașii esențiali implicați în construirea modelului, care descriu aspecte de relevanță generală, și anume:

Pas 1. Definirea problemei, se face având în vedere structura sistemului (tehnologică, informațional-decizională, relațiilor umane etc.) și necesită:

- izolarea fenomenelor, a proceselor și observarea comportamentului acestora în scopul de a le înțelege și de a le putea controla;
- formularea întrebărilor la care analistul dorește să răspundă modelul său (cauzele fenomenelor, modul în care se produc și se manifestă, legăturile cu alte modele etc.);
- stabilirea unui cadru general pentru începerea cercetării și identificarea variabilelor de interes major.

Pas 2. Formularea modelului preliminar, implică construirea de către analist a setului de presupuneri necesare explicării fenomenului studiat și obținerea unor concluzii preliminare care se referă în general la natura relațiilor dintre variabile.

Pas 3. Colectarea datelor empirice: modelul preliminar stabilește un cadru teoretic general necesar pentru determinarea datelor relevante care trebuie colectate în vederea estimării parametrilor și a restricțiilor din formele funcționale obținute ale modelului.

Pas 4. Estimarea parametrilor și a formelor funcționale se poate face cu o varietate de tehnici statistice cantitative sau calitative. Pentru modelele pe calculator aceste estimări pot fi făcute prin interogări și observări directe.

Pas 5. Testarea preliminară a modelului, reprezintă o testare brută a acestuia folosind aceleași date ca la estimare. Probabilitatea invalidării modelului prin această procedură este relativ redusă, însă dacă modelul nu este confirmat în aceste împrejurări favorabile, se poate economisi timp prin modificarea și retestarea imediată a modelului.

Pas 6. Testarea suplimentară a modelului, se execută conform unor proceduri speciale care pe baza modelului și a unor noi date colectate realizează predicții asupra fenomenului studiat. Datele trebuie să fie complet diferite de cele folosite în estimările inițiale sau în testarea preliminară a modelului. De obicei toate datele se culeg o dată, deoarece această activitate este costisitoare și consumatoare de timp, însă analistul va utiliza o parte din date pentru estimarea parametrilor, iar cealaltă parte pentru testarea predicțiilor făcute de model.

Pas 7. Acceptarea sau respingerea modelului constă în faptul că dacă predicțiile sunt conforme cu probele empirice disponibile, atunci modelul nu poate fi respins și este inclus în domeniul de cunoaștere al disciplinei până când alte probe devenite disponibile arată că modelul este inadecvat. Dacă modelul este respins pe baza testelor atunci ciclul se reia de la pasul 2.

Modelele ne ajută să exprimăm și să testăm sistemele reale (de bază) fără construirea lor. Deoarece regulile de construire fac ca modelele să fie mai simple decât sistemele pe care le reprezintă, studiul lor se poate face cu un efort mai redus. Modelele sunt în mod firesc exprimări incomplete ale sistemelor reale, însă analiștii hotărăsc gradul de incompletitudine, limitarea aspectelor irelevante etc. Deoarece invaliditatea este amenințarea majoră pentru utilitatea modelelor, instruirea analiștilor pune accent pe colectarea corectă a datelor și pe alegerea celor mai potrivite tehnici de analiză.

Când se dispune de o cantitate suficientă de date investigate, procesul de modelare include următoarele etape importante: **abstractizarea datelor**, **analiza datelor reduse**, **reprezentarea sub formă de modele** a datelor organizate sistematizat (fig. 4.10).

Etapa 1: Abstractizarea înseamnă reducerea și organizarea unui mare volum de date într-un mod sistematic prin:

- a) selectarea datelor esențiale, potrivite scopului propus, din mulțimea de date disponibile;
- b) reducerea acestor date într-un mod consistent și de încredere;
- c) menținerea datelor într-o formă utilizabilă și accesibilă pentru beneficiarul noului sistem.

a) Selectarea datelor este importantă numai dacă au fost colectate date potrivite scopului analizei, deoarece nu se poate face o alegere rezonabilă din date imprecise, insuficiente sau irelevante. Asigurarea că au fost colectate date corecte este importantă în fazele planificării proiectului logic. Selectarea datelor se face în funcție de natura și complexitatea sistemului (procesului) care se modelează, de scopul modelării, de destinația modelului, de instrumentele de modelare și de analiză disponibile (inclusiv cele statistice), precum și de experiența celor care elaborează modelul.

b) Reducerea datelor selectate la proporții care să permită dirijarea lor se face prin *agregarea cerințelor utilizatorilor* sau prin generarea unui număr mai mic de cerințe de tip utilizator, care pe baza facilităților de natură informațională (baze de date, sisteme expert) pot să satisfacă un număr cât mai mare de cereri informaționale ale utilizatorilor.

Cele mai uzuale procedee de reducere a datelor selectate sunt: *catalogarea*, *categorisirea*, *caracterizarea prin statistici*, și *studii de caz*.

De exemplu, să presupunem că avem colectate informațiile privind preferințele pentru formatul de ecran pentru un sistem informatic de gestiune a stocului de la 17 manageri.

Deoarece nu se poate face o analiză numerică pentru a obține "media" formatului de ecran din cele 17 afirmații, se apelează la clasele de preferință pentru formatele de ecran.

Cerințele distincte a patru manageri pentru proiectarea formatului de ecran au fost următoarele:

M-1: dorește ecranul organizat astfel încât pe rânduri să fie materialele, iar pe coloane, datele despre fiecare material;

M-2: dorește ca pe un ecran să apară toate datele pentru un anumit material și să fie ușor de citit și de interpretat;

M-3: dorește să vadă datele privind discrepanțele dintre nivelul stocului și ritmul de epuizare a stocului, sau dintre cantitățile comandate și cele primite;

M-4: dorește să cunoască cerințele de spațiu, spațiul liber și fluxul de materiale.

b1) Catalogarea: de exemplu, din datele culese sub formă de comentarii de la diferiți manageri pe care îi interesează diferite aspecte și caracteristici ale unei probleme, se poate crea un catalog al preferințelor în care se descrie fiecare tip de cerere, eliminând mult din comentarii și evidențiind factorii prin care se deosebesc răspunsurile. Se creează astfel un catalog, care include o tabelă de atribute, în care regăsirea se poate face ușor după orice atribut.

În exemplul considerat, catalogul preferințelor poate să descrie succint fiecare tip de cerere, astfel:

A: produsul prin atribut-tabel;

B: atribute pentru regăsirea unui anumit material;

C: situații de excepție pentru atribute;

D: agregarea spațiului și atributele fluxului de materiale.

b2) Categorisirea, merge un pas mai departe decât catalogarea în sensul că datele asemănătoare sunt grupate într-o aceeași categorie și în același timp se contorizează numărul de elemente intrate în catalog pe fiecare categorie de date.

Astfel, dacă patru manageri răspund la fel ca managerul **M-1**, trei ca **M-2** și șase ca **M-3**, atunci putem reduce datele referitoare la cei 17 manageri la: **M-1** : 5; **M-2** : 4; **M-3** : 7; **M-4** : 1.

b3) Caracterizarea prin statistici sau judecăți de agregare, se poate face dacă majoritatea datelor sunt similare sau dacă tendințele apărute permit caracterizarea datelor în ansamblu. Datele anterioare, pot fi agregate în trei categorii:

$X = \{M-1(5)\}$; $Y = \{M-2(4)\}$; $Z = \{M-3(7) \cap M-4(1)\}$ și pot fi reduse la afirmațiile:

X (tabel) = 5/17 (29%); Y (regăsirea prin cod materiale) = 4/17 (24%); Z (analize detaliate) = 8/17 (47%).

Aceasta înseamnă că aproape jumătate din cerințe favorizează analize detaliate, iar restul, împărțit aproape în mod egal, celelalte două tipuri de cerințe.

b4) Exemplificarea prin studii de caz, constă în obținerea de cazuri tipice ca reprezentative ale datelor. Astfel se poate considera un manager care dorește o situație generală completă a materialelor din stoc și un altul care solicită doar aspecte specifice despre anumite materiale sau care dorește să detecteze unele anomalii care pot să apară în stoc.

Nici-unul din aceste cazuri tipice nu va reprezenta de fapt situația oricărui manager, însă fiecare din aceste seturi de date reduse surprinde într-un anumit sens, esența informațiilor particulare cerute. Alegerea nivelului de reducere a datelor depinde de cerințele analizei datelor și a etapelor de reprezentare.

c) Menținerea datelor abstracte într-o formă accesibilă utilizatorului se poate face prin:

- înregistrarea și păstrarea lor pentru utilizări viitoare (prin recitirea lor analistul înțelege mai bine experiența utilizatorilor, pot fi citate în raportul final etc.);

- protejarea lor prin parole sau chei de acces împotriva distrugerii, alterării sau corupției (pot fi identificate echipe, departamente, organizații);

- actualizarea lor prin alte interviuri sau prin consultarea unor documente noi pentru a-și menține utilitatea.

Etapa 2: Analiza datelor investigate:

Pentru a putea înțelege, caracteriza și sintetiza mai bine datele colectate și abstractizate se pot utiliza diferite tehnici de analiză, cele mai relevante fiind *analiza agregată*, care caută grupări, variabile caracteristice și tendințe care să caracterizeze toate datele și *analiza de caz*, care se preocupă cu găsirea de cazuri tipice sau neobișnuite din date, pentru discuție.

a) Analiza agregată apelează la tehnici statistico-matematice pentru a determina o serie de indicatori (medie, dispersie, covarianță etc.) cu ajutorul cărora se pot caracteriza datele observate, se pot deduce cauzele unor fenomene, se stabilesc legături între diferite caracteristici, sau se poate verifica dacă diferențele dintre grupe sunt semnificative.

Deși tehnicile statistice adaugă precizie, încredere și un ajutor substanțial în sistematizarea analizei, nu este întotdeauna bine să le folosim pentru a face afirmații la nivelul datelor agregate. Pentru a putea face astfel de afirmații, s-a demonstrat că funcția de agregare trebuie să fie *senzitivă* (la orice variație a argumentului trebuie să corespundă o variație a funcției), *noncatastrofică* (o variație mică a argumentului să nu determine variații exagerate ale funcției) și *noncompensatorie* (variațiile oricât de mari ale unei variabile/indicator nu compensează o variație neglijabilă a unei alte variabile/indicator). Dacă nu sunt folosite tehnici statistico-matematice, încrederea noastră depinde de credibilitatea persoanei care face afirmația, de propria noastră intuiție și de alți factori necontrolabili.

Alegerea tehnicilor statistice depinde de tipul de analiză ce trebuie făcut (statistica parametrică, dacă se ocupă de valori, sau neparametrică dacă se ocupă de frecvențele valorilor), obiectivul analizei (descrierea, deducerea sau explicarea cauzelor), tipul datelor (nominale, ordinale, tip "interval", numerice), comportamentul datelor, cunoștințele și experiența celor care trebuie să înțeleagă rezultatele analizei (audiența). Pe baza agregării datelor se pot face afirmații succinte asupra datelor abstractizate prin care se evaluează, se prioritizează și se corelează între ele elemente de date.

b) Analiza de caz constă în obținerea din datele investigate a unor cazuri sau exemple, care se pot asocia, fie unor cazuri obișnuite sau extraordinare, fie unor întâmplări sau evenimente neașteptate sau critice. Aceste cazuri sau evenimente sunt deosebit de instructive și interesante pentru procesul de proiectare. Când accentul este pus pe situații obișnuite și anticipate, un exemplu (caz) care prinde esența și stimulează gândirea este foarte util în proiectare. Descoperirea cazurilor care conduc la eșecul sistemului satisface scopurile investigației în care cea mai mare parte a proiectului este predeterminată.

Scrierea și folosirea studiilor de caz necesită sensibilitate, tact și abilitate din partea analistului. Un studiu al unui caz poate să fie insuficient pentru ca acesta să se repete dacă datele sunt în mare măsură variabile (turbulența mediului), dacă descrierea lui este incorectă, sau dacă evenimentul critic nu se repetă din alte motive. Dacă sunt bine selectate, cazurile ajută la înțelegerea unor situații sau evenimente deosebite înainte de se produce de către conducerea superioară, interesată în a obține rapid o vedere generală pe baza unui caz bine selectat, precum și de către conducerea tehnică, interesată de detaliile tehnice și de dificultățile unor evenimente deosebite.

Analiza agregată se recomandă în situațiile în care precizia este importantă și realizabilă, iar analiza de caz, în situații urgente și dacă sunt indicii sigure că se vor produce evenimente obișnuite sau deosebite. În fiecare caz, statisticile sau cazurile concretizează datele, iar modelul construit le vizualizează. Analiza de caz poate servi și la obținerea unor predicții.

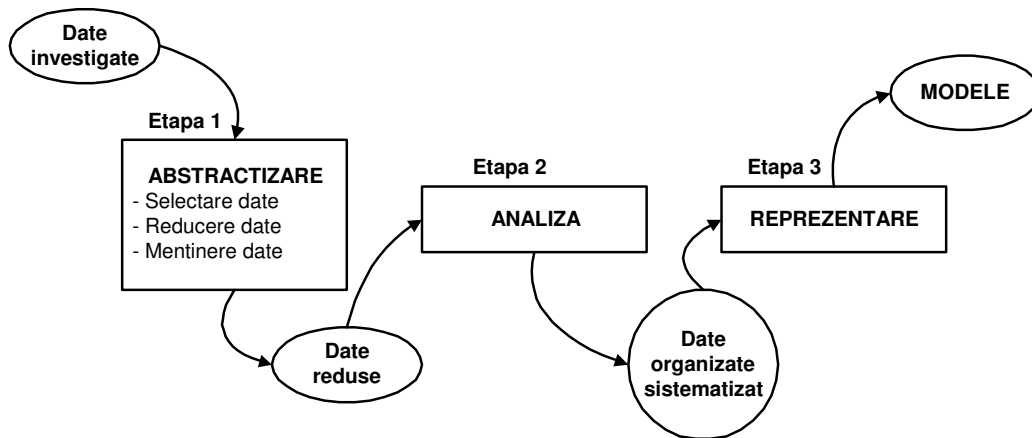


Fig.4.10 - Etapele procesului de modelare

Etapa 3: Reprezentarea datelor sub formă de modele.

După ce analiza datelor este completă, analistul trebuie să reprezinte datele abstractizate sub formă de modele (diagrame, hărți, grafice etc.) ce vor fi folosite în proiectarea sistemului.

Instrumentele de modelare folosite în analiza de sistem se pot caracteriza după mai multe criterii și anume:

a) după *forma fizică* modelele pot fi sub formă de desene, text sau modele fizice (schițe, tabele, texte, diagrame, machete tridimensionale etc.);

b) după *codurile folosite în reprezentare* (setul de simboluri care completează modelul), putem considera: limbajul natural, tabele, grafuri, rețele, schițe, diagrame. Alegerea codului depinde de obișnuința analistului, de scopul modelului și de limitele a ceea ce fiecare cod poate să reprezinte (exprime);

c) după *atributele și articolele reprezentate în model*, analiștii sunt preocupați să exprime prin model: conținutul bazei (un proces, un raport, o acțiune); fluxul de informații, de control, de materiale din cadrul bazei; structura bazei (structura autorității, distribuția în spațiu și timp, dependențele logice) ș.a.;

d) după *modul de reprezentare a timpului* modelele pot fi: *statice* (vizualizează o stare la un moment dat, de exemplu, diagramele de structură), *dinamice* (reflectă schimbările în timp ale sistemului) și *asincrone* (ignoră complet timpul, de exemplu, diagrama fluxului de date).

În alegerea instrumentelor de modelare, în afara acestor criterii de clasificare, analistul trebuie să aibă în vedere și existența unor atribute care se referă la modul de obținere și de citire a lor, evidențierea unor aspecte specifice cum ar fi: precedente, priorități etc.

Principalele tipuri de modele utilizate în analiza de sistem sunt:

- *flowchart-urile* (de sistem, de program, de proces), *diagramele de fluxuri* (de date, de materiale, de documente), *graficele Gantt* și *graficele ADC*, care sunt utilizate pentru a modela dinamic sau asincron fluxurile de materiale, fluxurile de date și fluxurile de control existente în cadrul sistemului analizat;
- *graficele/hărțile de structură* sunt modele statice care reprezintă "fotografii" sau stări ale sistemului la momente în timp, care descriu într-un mod grafic structura sistemului, legăturile logice între elementele sale, precum și contribuția fiecăruia la performanța elementelor de nivel mai înalt de care este legat prin structură. Cele mai obișnuite grafice de structură sunt: graficul de structură modulată, arborele decizional, tabelul decizional, diagramele HIPO, graficul de distribuția muncii, organigramele, dicționarele de date etc.;

- *modelele de logică a procesului*, care descriu cu limbajul natural, limbajul structurat, limbajele de programare sau pseudocodul, modul de funcționare a unui proces.

Tehnicile funcțional-structurale moderne de analiză și proiectare a sistemelor sunt, în esență, o consecință a interacțiunii dintre dinamismul diagramei fluxului de date și a expresivității logice a grafului de structură.

În construirea modelelor analistul se poate folosi de anumite metode generale care depind de complexitatea sistemului studiat și de cunoștințele acumulate în urma observării sistemului. Cele mai cunoscute și utilizate metode generale de construire a modelelor sunt:

a. Metoda directă se aplică atunci când structura sistemului este simplă și clară pentru a putea fi înțeleasă printr-o examinare atentă a acestuia. Uneori este posibil ca să se determine ușor modelul dar variabilele și constantele din model să fie necontrolabile sau imposibil de evaluat și în acest caz este necesar să se modifice modelul;

b. Metoda găsirii unor modele asemănătoare se folosește în cazul sistemelor ce au o structură complexă, iar reprezentarea lor simbolică este mai puțin evidentă;

c. Metoda de analiză a datelor este folosită în cazul în care structura sistemului nu este clară dar poate fi dedusă din analiza datelor ce descriu modul de funcționare a sistemului;

d. Metoda experimentării se utilizează atunci când analiza datelor nu ne permite să stabilim care este influența variabilelor individuale asupra performanței sistemului și în acest caz este necesar să recurgem la experimente;

e. Metoda unei realități artificiale/simulate se aplică atunci când nu există sau nu pot fi obținute suficiente date pentru descrierea sistemului iar experimentarea pe sistem poate să conducă la pagube mari sau la distrugerea lui. În acest caz se construiește o situație experimentală relativ complexă care este în același timp cea mai simplă situație care satisface anumite condiții.

Modelele sistemului se pot obține prin *proceduri manuale*, care includ: șabloane, diagrame pretipărite, simboluri, pseudocodul, limbaje structurate etc. sau prin *proceduri automate*, ce folosesc un soft specializat (Excelerator, Super Project Manager) care include un dicționar automat de date, graful de decizie, procesoare de cuvinte, pseudocodul, proceduri de trasare automată etc. cu ajutorul cărora păstrează controlul și simplifică legăturile complexe existente în sistem.

Cele mai bune rezultate în modelarea automată au fost obținute pentru diagrame, arbori decizionali, grafuri CPM, grafuri PERT, grafuri GANTT; hărți HIPO, flowchart-uri etc. Prin utilizarea tehnicilor automate, modelele obținute devin mult mai ușor manevrabile și se pot testa și analiza rapid cu calculatorul. La aceste avantaje se pot adăuga și facilitățile specifice oferite de pachetele de grafică pe calculator.

4.4. Criterii de evaluare, selectare și testare a modelelor

4.4.1. Criterii de evaluare a modelelor

Sub aspectul deciziei de proiectare și a eficienței economice a implementării modelelor, analistul trebuie să aibă în vedere un cadru general pentru evaluarea acestora. Vom prezenta pe scurt câteva dintre cele mai importante *criterii de evaluare a modelelor*:

a) Valoarea așteptată a modelului arată cât de valoros se așteaptă să fie modelul în anumite situații, având ca subcriterii valoarea instructivă a modelului, precum și economiile care rezultă din deciziile care se iau mai rapid și mai bine pe baza modelului.

b) Costurile inițiale arată cât de scumpă este implementarea modelului într-o anumită situație având în vedere costul de dezvoltare a modelului (de cumpărare sau de închiriere), costul de adaptare și costurile pentru obținerea/culegerea datelor inițiale.

c) Structura modelului este considerată bună în funcție de acceptarea ei de către manageri și au ca subcriterii: *completitudinea, adaptabilitatea, ușurința testării, ușurința înțelegerii și robustețea modelului.*

c1) *Completitudinea* modelului arată măsura în care utilizatorii reprezentativi ai modelului consideră că modelul permite **explicit** (intern - prin structură și parametri) sau **implicit** (extern - prin date de intrare subiective), tratarea tuturor fenomenelor importante și relevante pentru o anumită problemă investigată. Completitudinea presupune ca toate elementele și conexiunile relevante din bază, din punct de vedere al obiectivului/scopului urmărit, să fie incluse în model. Deoarece modelul trebuie să simplifice baza (realitatea) și cu cât este mai complet cu atât este mai greu de construit, de rezolvat și de înțeles, acest criteriu este relativ. Analiztii sunt cei care hotărăsc gradul de completitudine al modelului și limitează aspectele irelevante pe care le includ în model. Deseori în practică un model incomplet poate fi mai ușor de înțeles și de rezolvat și deci mai util decât unul mai complet. Testarea modelului pentru completitudine se face pe baza răspunsurilor la următoarele întrebări:

- Este fiecare element relevant din bază reprezentat în model ?
- Dacă nu, elementele eliminate sunt într-adevăr irelevante ?
- Care este valoarea modelului fără aceste elemente ?

c2) *Ușurința de înțelegere* a modelului arată cât de bine și de repede poate să înțeleagă un utilizator obișnuit logica generală a modelului.

c3) *Adaptabilitatea* modelului arată ușurința cu care se pot schimba valorile parametrilor și structura modelului ca răspuns la noile condiții în care se utilizează modelul, fără a diminua performanțele acestuia.

c4) *Ușurința de testare* se referă la posibilitățile existente în scopul validării modelului pentru o aplicație curentă.

c5) *Robustețea modelului* arată măsura în care este posibil să se obțină informații de ieșire corecte (rezultate), când datele de intrare în model depășesc un anumit ordin.

d) Caracteristicile de utilizare arată cât de ușor se poate utiliza modelul și are drept subcriterii: ușurința de comunicare și de control, volumul de date de intrare, timpul de răspuns, costurile de execuție/rulare etc.

- *Ușurința de comunicare* arată cât de ușor este pentru utilizator să înțeleagă și să introducă datele cerute de model și să interpreteze rezultatele obținute.

- *Ușurința controlului* arată cât de ușor se poate controla modelul de către utilizator, în sensul că acesta trebuie să știe ce schimbări sunt necesare în datele de intrare în model pentru a obține anumite modificări ale ieșirilor.

- *Costurile de rulare* arată cât de scumpă este o rulare a modelului pentru un singur set de valori de intrare.

e) Contextul de utilizare arată gradul (extensia) până la care condițiile specifice în care se utilizează modelul favorizează acceptarea lui de către manageri și are în vedere: domeniul problemei analizate, tipul de decizie considerat, importanța și complexitatea problemei, corespondența între limitele problemei referite în model și cele considerate de manager, frecvența de utilizare, nivelul utilizatorilor în cadrul organizației, numărul de manageri a căror particularitate este cerută pentru a utiliza modelul etc.

f) Validitatea modelului reprezintă criteriul major de evaluare a modelului. Un model care nu este valid nu este conform cu realitatea și conduce la concluzii incorecte (erodate) referitoare la performanțele sistemului.

Principalele cauze care pot provoca o invaliditate a modelului sunt:

- includerea în model, ca urmare a unor investigații superficiale, a unor elemente și/sau conexiuni care nu au corespondență în bază;
- alegerea eronată a modelului datorită nerespectării unor reguli cauzate de lipsa unei experiențe și a unei instruirii insuficiente a analistului, presiunea timpului sau proasta organizare și planificare a activităților;
- colectarea unor date irelevante rezultate dintr-o proastă investigare a sistemului ș.a.

O importanță semnificativă o are istoria validării modelului care arată cât de mult a fost validat modelul în trecut și se referă la validarea structurii și a parametrilor incluși în model, precum și la istoricul utilizării cu succes a acestuia. Testarea validității modelului se face pe baza răspunsurilor date de analist la următoarele întrebări:

- Este realizată corespondența fiecărui element din model cu unele elemente din bază și a fiecărei legături din model cu anumite legături din bază?
- Concluziile care se pot desprinde din model despre bază, sunt adevărate în realitate?

g) Consistența modelului reflectă gradul în care au fost prezentate elementele componente ale procesului modelat prin relațiile dintre ele. Analistii pot testa consistența unui model pe baza următoarelor întrebări:

- Este fiecare element din model bine definit?
- Există ambiguități între elementele modelului sub aspectul conexiunilor logico-funcționale?
- Este modelul construit conform regulilor de modelare?

Modelele trebuie construite astfel încât să nu conducă la confuzii logice în privința descrierii realității, iar analiștii nu trebuie să le considere ca instrumente pentru a studia sensuri ascunse sau unele ambiguități care interesează.

h) Calitatea modelului, prin care reprezentăm fenomene și procese a căror evoluție dorim să o direcționăm și să o ținem sub control, este dată de respectarea următoarelor cerințe principale: *coerența, corectitudinea, consistența, eficiența, completitudinea și utilizabilitatea modelului.*

Coerența modelului este dată de compatibilitatea relațiilor matematice și/sau logice care reprezintă în mod abstract dependențele calitative și cantitative dintre mărimile fizice ale procesului studiat.

Corectitudinea este proprietatea modelului de a nu deforma caracterul real al relațiilor reprezentate, singurul criteriu de apreciere fiind compararea rezultatelor obținute pe model cu rezultatele cunoscute ale procesului modelat, în condiții similare celor experimentate pe model.

Eficiența este calitatea modelului de a da răspunsuri corecte și rapide problemelor de care este interesat utilizatorul, la un cost acceptabil, deci cu un efort de construire și utilizare considerabil mai mic în raport cu efectele economice ale utilizării acestuia.

Utilizabilitatea eficientă constituie însăși finalitatea modelului și are în vedere existența unui compromis între necesitatea realizării unui model cât mai complet și posibilitățile reale de utilizare a modelului, determinate de capacitatea și viteza de calcul pentru obținerea rezultatelor în timp util.

Este evident că datorită complexității proceselor reale, în construirea modelelor trebuie adoptată o anumită limită de detaliere, reținând elementele esențiale și principalele dependențe dintre ele. De aceea modelul va fi totdeauna o reprezentare simplificată a realității care să permită acțiuni bazate pe raționament asupra procesului modelat.

În fața unor sarcini cognitive complexe și dificile se apelează deseori la euristici care simplifică aceste sarcini.

4.4.2. Criterii de selectare a modelelor

Construirea propriu-zisă a modelului se face pe baza cunoașterii detaliate a realității sistemului (procesului) studiat și constă, fie în selectarea și aplicarea unuia din gama extrem de variată de instrumente clasice de modelare cunoscute, puse la dispoziție de teorie, fie în elaborarea unor modele noi.

Atunci când analistul este nevoit să elaboreze modele noi, acestea pot fi obținute pe două căi, și anume:

- prin **combinarea de metode și modele clasice**, ceea ce necesită o bună cunoaștere a teoriei și a realizărilor practice din domeniu de către analist, precum și o abilitate deosebită a acestuia;
- prin **realizarea de modele originale**, care reclamă profunza cunoaștere a realității ce trebuie modelată, precum și solide cunoștințe matematice, imaginație și talent din partea analistului.

În primul caz, frecvent întâlnit în practică, analistul se orientează în alegerea instrumentelor de modelare în funcție de caracteristicile acestora ca și de cerințele specifice analizate. În astfel de situații, corespondența dintre realitate și instrumentul de modelare ales depinde de unele standarde și de tradiția în domeniul analizat, de experiența și abilitatea analistului. Cele mai importante criterii pentru evaluarea instrumentelor de modelare sunt: completitudinea reprezentării, ușurința modificării proiectului, ușurința cu care modelul va fi înțeles de utilizatori, valoarea modelului pentru proiectanții fizici și utilizatori. Desigur, nu se pot alege întotdeauna instrumentele de modelare specifice. Analistul trebuie să țină cont de toate aceste considerente, astfel modelul nu poate fi complet, bine înțeles și corect folosit.

În selectarea instrumentelor de modelare, analistul trebuie să se bazeze pe următoarele criterii:

- completitudinea reprezentării (cerința modelului de a cuprinde totalitatea elementelor componente și a relațiilor dintre ele);
- ușurința înțelegerii și a citirii modelului;
- valoarea rezultatelor obținute de model;
- existența unor teste de potrivire (care să indice corespondența dintre model și bază);
- existența unor teste de validare a modelului.

În afara cerințelor de evaluare și de selectare a instrumentelor de modelare, analistul trebuie să aibă în vedere și următoarele considerații:

- caracteristicile bazei: tipurile de structuri reprezentate, procesele care se modelează, dacă se consideră sau nu timpul;
- caracteristicile instrumentelor de modelare: ce pot ele să reprezinte, ușurința lor pentru reprezentare și testare, tradiția lor;
- existența unor teste care să arate cât de complet, de adecvat sau de valid este modelul;
- considerații practice referitoare la validarea modelului, rezultatele obținute până acum, ușurința citirii, a modificării și a înțelegerii modelului de către proiectanții fizici etc.

Modelele ne ajută să exprimăm și să testăm sistemele de bază fără construirea lor efectivă, obținând economie de timp și de efort în studiul lor. Deoarece modelele sunt exprimări incomplete ale bazei, iar invalidarea diminuează utilitatea lor, analiștii sunt preocupați de colectarea unor date corecte, de limitarea gradului de incompletitudine și a aspectelor irelevante, precum și de alegerea celor mai potrivite tehnici de analiză.

4.4.3. Testarea și implementarea modelelor

În general, testarea modelelor este o operație foarte greu de realizat și devine din ce în ce mai dificilă pe măsura creșterii complexității acestora. Există câteva tehnici de testare prin programare pe calculator, care pot să ajute proiectanții de modele din punct de vedere logic.

De exemplu, diagramele fluxului de date pot fi sistematic verificate pentru validitate cu privire la cererile de date logice. Totuși, un model logic nu poate fi verificat cu teste fizice.

În procesul de modelare al unui sistem real complex se creează, de regulă, un pachet de modele. Sunt cunoscute puține proceduri sistematice pentru testarea corectitudinii modelelor în special pentru consistență.

În primul rând, fiecare model trebuie verificat în mod detaliat din punct de vedere al *sintaxei*. Apoi, fiecare pachet de modele trebuie verificat într-un mod *top-down*. Aceasta înseamnă că se fac verificări pentru a vedea dacă:

- fiecare modul din harta de structură are asociată propria diagramă;
- este detaliată fiecare diagramă a fluxului de date conținut în harta HIPO;
- sunt precizate input-urile și output-urile pentru fiecare proces;
- sunt menționate în dicționarul de date toate fluxurile de date, procesele și entitățile externe.

Testarea fluxului de date într-un model presupune verificarea logică a fluxului de informații. Aceasta înseamnă că pentru fiecare proces se verifică dacă output-urile sale sunt generate unic numai din anumite combinații ale input-urilor și dacă fiecare input este necesar pentru a genera cel puțin un output al procesului.

Scopul acestei testări este de a avea certitudinea că atunci când pachetul de modele se implementează în structura reală indicată, fiecare output al unui proces se obține (depinde) numai din input-urile strict necesare la care se adaugă valoarea generată de proces. Logica procesului poate fi testată în același mod top-down deși logica detaliată poate fi dificil de urmărit.

Așa cum s-a arătat în paragraful precedent, după formularea modelului se face o **testare preliminară** a acestuia, cu ajutorul aceluiași date care s-au folosit pentru determinarea relațiilor sale funcționale. Dacă rezultatul testării este negativ, modelul va fi supus unor analize minuțioase și vor fi făcute modificările necesare până când modelul va fi confirmat prin această testare. Dacă rezultatul testării este pozitiv, modelul este supus unor **teste suplimentare**, care constă în efectuarea pe baza unor noi date colectate a unor predicții asupra comportării sistemului sau a procesului studiat.

Cea mai simplă modalitate de testare a modelului se poate face folosind date pentru cazuri particulare în care soluția este cunoscută. Când acest lucru nu este posibil, rezultatele obținute pe baza modelului sunt comparate cu cele provenite din observarea situațiilor reale similare. Dacă rezultatele (predicțiile) obținute pe baza modelului se abat semnificativ de la probele empirice (datele reale) disponibile, atunci modelul este respins și se va examina cu atenție tot procesul de modelare.

Dacă rezultatul testării este favorabil modelul este acceptat și se trece la **implementarea modelului** în situația reală. Implementarea reprezintă confruntarea modelului cu situația reală și presupune experimentarea sa într-o primă fază. O modalitate este ca experimentarea modelului să se facă direct prin aplicarea pachetului de modele la situația reală concretă și prin constatarea nemijlocită a eficienței sale descriptiv-normative. La experiment trebuie să participe toți cei care sunt implicați în mod direct sau indirect în elaborarea modelului (analști, proiectanți, programatori), în utilizarea lui (utilizatori, operatori) sau din punct de vedere al rezultatelor obținute prin implementarea modelului (manageri, beneficiari).

Acest gen de experimentare se poate realiza pentru un număr redus de situații reale (întreprinderi), deoarece implică riscuri și pierderi potențiale considerabile, însă oferă posibilitatea stabilirii precise și rapide a corecțiilor necesare pentru îmbunătățirea modelului.

Cealaltă modalitate este de a experimenta pachetul de modele pe baza unor scheme de simulare, ceea ce presupune generarea unor situații posibile ale sistemului (variante) și analiza, cu ajutorul modelelor, a consecințelor acestor variante asupra indicatorilor de eficiență ai sistemului modelat. Sunt observate și analizate rezultatele obținute prin simularea diferitelor scheme de experimentare și dacă este necesar, se fac modificările care se impun în modele.

În această fază, prezența utilizatorului este importantă în vederea obținerii unor rezultate practice bune și a validării modelelor. Pentru validarea modelului se analizează curba de evoluție a fiecărei variabile de ieșire și dacă aceasta nu diferă semnificativ de curba cunoscută a valorilor reale, atunci modelul este acceptat. Interpretarea rezultatelor necesită și analiza unor indicatori statistici (media, dispersia, mediana etc.) asociați variabilelor de ieșire din model.