

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
FACULTATEA DE MECANICĂ
CATEDRA DE TEHNOLOGIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
621.780
366
U 1920

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MECANICĂ
Catedra de Tehnologia Construcțiilor de Mașini

Ing. Ioan BANDREA

TEZA DE DOCTORAT

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC :

Prof. univ. dr. ing. George DRĂGHICI

Timișoara

1998



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA

FACULTATEA DE MECANICĂ

Catedra de Tehnologia Construcțiilor de Mașini

Ing. Ioan BANDREA

TEZA DE DOCTORAT

CONTRIBUȚII LA CONCEPEREA, REALIZAREA ȘI
IMPLEMENTAREA
SISTEMELOR INTEGRATE DE PRODUCȚIE

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

624.780
300 15

Timișoara

1998

Prefață	3
Index de notații și abrevieri	4
Introducere generală	6

Capitolul 1

Stadiul și tendințele de dezvoltare ale sistemelor de producție

1.1. Introducere	11
1.2. Cerințele actuale ale producției	11
1.2.1. Funcțiile întreprinderii	11
1.2.2. Creșterea reactivității întreprinderii	12
1.2.3. Creșterea flexibilității fabricației	13
1.3. Sistemul integrat de producție (CIM)	15
1.3.1. Conceptul CIM	15
1.3.2. Componentele principale ale sistemului CIM	16
1.3.3. Integrarea în sistemul CIM	27
1.3.4. Conceperea și implementarea sistemului CIM	32
1.3.5. Eficiența sistemului CIM	34
1.4. Tendințe în dezvoltarea sistemelor de producție	37
1.4.1. Sistemul CIM3	37
1.4.2. Sistemul CIM-OSA	38
1.4.3. Sistemul suplu de producție (lean production)	39
1.4.4. Sistemul inteligent de producție (IMS)	40
1.4.5. Întreprinderea fractală	41
1.5. Strategia cercetărilor proprii.....	44
1.5.1. Analiza situației existente în întreprinderile românești	44
1.5.2. Premisele de abordare a cercetărilor	45
1.5.3. Etapele cercetărilor	47
1.6. Concluzii	49

Capitolul 2

Contribuții la conceperea și realizarea unor module CIM

2.1. Introducere	53
2.2. Modulul de concepție constructivă asistată de calculator – CAD	53
2.2.1. Considerații generale	53
2.2.2. Concepția modulului CAD	55
2.2.3. Realizarea modulului CAD	59
2.2.4. Interfațarea modulului CAD cu alte module CIM	62
2.3. Modulul de concepție a proceselor de fabricație asistată de calculator – CAPP	63
2.3.1. Considerații generale	63
2.3.2. Concepția modulului CAPP	63
2.3.3. Realizarea modulului CAPP	67
2.3.4. Interfațarea modulului CAPP cu alte module CIM	74
2.4. Modulul de fabricație asistată de calculator – CAM	74
2.4.1. Considerații generale	74
2.4.2. Concepția modulului CAM	76
2.4.3. Realizarea modulului CAM	78
2.4.4. Interfațarea modulului CAM cu alte module CIM	84
2.5. Modulul de planificare și urmărire a producției - PP&C	85
2.5.1. Considerații generale	85
2.5.2. Concepția modulului PP&C	87
2.5.3. Realizarea modulului PP&C	92
2.5.4. Interfațarea modulului PP&C cu celelalte module CIM	96
2.6. Concluzii	99

Capitolul 3

Contribuții la realizarea modulelor CIM pentru transmisii cardanice

3.1. Introducere	103
3.2. Analiza situației existente și strategia de implementare.....	104
3.3. Concepția constructivă asistată de calculator a transmisiilor cardanice	107
3.3.1. Prezentare generală.....	107
3.3.2. Determinarea tipului de transmisie cardanică.....	110
3.3.3. Realizarea desenelor de ansamblu și de execuție.....	110
3.3.4. Optimizarea constructiv-funcțională.....	113
3.3.5. Realizarea bazei de date	117
3.3.6. Efectele concepției constructive asistată de calculator	124
3.4. Concepția proceselor de fabricație asistată de calculator a transmisiilor cardanice	131
3.4.1. Prezentare generală.....	131
3.4.2. Elaborarea automată a documentației tehnologice pentru transmisiile cardanice	132
3.4.3. Realizarea bazei de date	136
3.4.4. Efectele concepției proceselor de fabricație asistată de calculator	137
3.5. Fabricația asistată de calculator a transmisiilor cardanice	138
3.5.1. Prezentare generală.....	138
3.5.2. Prelucrarea asistată pe MUCN	139
3.5.3. Realizarea bazei de date	142
3.5.4. Efectele fabricației asistată de calculator	144
3.6. Concluzii	146

Capitolul 4

Evaluarea performanțelor sistemului integrat de producție

4.1. Introducere	151
4.2. Evaluarea componentelor sistemului CIM	152
4.3. Evaluarea flexibilității	159
4.4. Evaluarea calității	165
4.5. Evaluarea costurilor	171
4.6. Evaluarea globală a sistemului CIM	175
4.7. Evaluarea performanțelor sistemului integrat de producție al transmisiilor cardanice.....	185
4.7.1. Efectele scontate prin implementarea modulelor CIM în fabricația transmisiilor cardanice	185
4.7.2. Modelarea și simularea asistată a sistemului de fabricație a transmisiilor cardanice	186
4.8. Concluzii	195

Concluzii generale197

Bibliografie201

Anexa211

Cunoașterea este cheia dezvoltării economice din secolul XXI. Alvin Toffler spunea: *"orice stat care încătușează cunoașterea în captivitate își îngheață cetățenii într-un trecut de coșmar"*.

Noul model de producție este unul suprasimbolic și diferă în mod dramatic de cel materialist, de masă. Așa cum timpul este unul dintre cele mai importante resurse economice, chiar dacă nu se arată nicăieri în inventarele vreunei companii, el rămâne, efectiv, o resursă ascunsă. Noile cunoștințe grăbesc lucrurile, ne conduc spre o economie de timp-real, instantanee și substituie consumul de timp.

La ora actuală, pe plan mondial, concurența impune realizarea de produse noi în timp foarte scurt, micșorând timpul dintre cererea produsului și livrarea lui pe piață.

Evoluția dinamică a societății românești a determinat schimbări majore și în obiectivele economiei. Economia de piață, cu rigorile și exigențele ei, face necesară acum, mai mult ca oricând, trecerea de la cantitate la calitate, iar accentul trebuie pus pe abordarea domeniilor de vârf ale științei, pe tehnologia avansată și pe metodele manageriale eficiente.

Lucrarea de față prezintă rezultatele cercetărilor întreprinse în domeniul sistemelor integrate de producție - CIM. Acestea au fost concretizate, de-a lungul a peste șase ani, prin contracte de cercetare și lucrări științifice publicate, dar cel mai semnificativ rezultat este concepția și implementarea unui sistem integrat de producție pentru transmisiile cardanice la S.C. COMPA S.A. din Sibiu.

La încheierea tezei de doctorat doresc să adresez sincerele mele mulțumiri conducătorului științific, *domnul Prof. dr. ing. George DRĂGHICI*, pentru îndrumarea, încurajarea, sprijinul și indicațiile acordate pe parcursul elaborării lucrării.

De asemenea, doresc să mulțumesc *colectivelor Catedrelor de TCM de la Facultatea de Mecanică din Timișoara și de la Facultatea de Inginerie din Sibiu*, în special *domnului Prof. dr. ing. Dan Maniu DUȘE*, pentru contribuția la formarea mea ca cercetător și dascăl.

Mulțumiri se cuvin a fi adresate *conducerii S.C. COMPA S.A. Sibiu* pentru buna colaborare și deosebita receptivitate la nou de care au dat dovadă.

Index de notații și abrevieri

AI (IA)	- Artificial Intelligence (Inteligență Artificială)
CAD	- Computer Aided Design (Concepția Constructivă Asistată de Calculator)
CAE	- Computer Aided Engineering (Ingineria Asistată de Calculator)
CAM	- Computer Aided Manufacturing (Fabricația Asistată de Calculator)
CAP	- Computer Aided Planning (Planificarea Asistată de Calculator)
CAPP	- Computer Aided Process Planning (Concepția Proceselor de Fabricație Asistată de Calculator)
CAQ	- Computer Aided Quality (Calitatea Asistată de Calculator)
CAS	- Computer Aided Service (Mentenanța Asistată de Calculator)
CIM	- Computer Integrated Manufacturing (Sistem Integrat de Producție)
CIM3	- Computer Integrated Man-Machine-Manufacturing (Sistem Integrat Om-Mașină-Fabricație)
CIQMS	- Computer Integrated Quality Management System (Managementul Calității Integrate de Calculator)
CNC	- Computer Numerical Control (Comanda Numerică prin Calculator)
DB (BD)	- Data Base (Baza de Date)
DBMS (SGBD)	- Data Base Management System (Sistemul de Gestiune a Bazelor de Date)
DEPTEN	- Program de Definiții Tehnologice
DNC	- Direct Numerical Control (Comanda Numerică Directă)
EDI	- Electronic Data Interchange (Prelucrarea Electronică a Datelor)
EDP	- Electronic Data Processing (Prelucrarea Automată a Datelor)
FEM (MEF)	- Finite Element Methode (Metoda Elementelor Finite)
FMS (SFP)	- Flexible Manufacturing System (Sistem Flexibil de Fabricație)
IMS	- Intelligent Manufacturing System (Sistemul Inteligent de Producție)
JIT	- Just In Time (Exact la Timp)
MUCN	- Mașini Unelte cu Comandă Numerică
OPP (POO)	- Object Oriented Programming (Programarea Orientată Obiect)
PPAC	- Planning Production & Control (Planificarea și Urmărirea Producției)

QFD	- Quality Function Deployment (Dezvoltarea Funcției Calitate)
SFDC	- Shop Floor Data Collection – Colecție de Date
SIMSFF	- Program de Modelare și Simulare a Sistemelor Flexibile de Fabricație
SPC	- Statistical Process Control (Controlul Statistic al Procesului)
TechCIM	- Program de Proiectare Asistată a Proceselor Tehnologice de Fabricație
TQC	- Total Quality Control (Controlul Total al Calității)
TQM	- Total Quality Management (Managementul Calității Totale)

Introducere generală

Informatica și-a găsit locul mai întâi la nivelul funcțiilor administrative ale întreprinderii: contabilitatea și gestiunea, apoi a permis automatizarea controlului și a proceselor de producție. Totodată, tehnicile "clasice" din mecanică, electrotehnică, electronică au evoluat, făcând posibilă realizarea de noi componente performante și adaptate tratării numerice a semnalelor. Adăugarea tehnicilor informatice la ansamblul tehnicilor consacrate, dar de vârf, a permis accesul la automatizarea flexibilă a proceselor de fabricație.

Metodele și mijloacele de producție ale industriei mecanice sunt bulversate de prezența calculatoarelor, roboților, automatelor programabile, comenzilor numerice etc. După apariția mașinilor-unelte cu comandă numerică, evoluțiile au fost în principal marcate de dezvoltarea într-un ritm accelerat a tehnicii de calcul, centrelor de prelucrare, tehnologiilor de grup, sistemelor DNC, senzorilor, tehnicilor de modelare geometrică și procesare grafică a datelor, simulării, sistemelor CAD/CAM, sistemelor și tehnicilor de diagnosticare, limbajelor de programare de înalt nivel, inteligenței artificiale [129].

Din anul 1970 se poate vorbi de un nou nivel de automatizare flexibilă, care poartă numele de Fabricație Integrată cu Calculatorul, sau mai general, Producție Integrată prin Calculator, prezentată în literatura de specialitate sub denumirea Computer Integrated Manufacturing - CIM. Aceasta reprezintă practic saltul calitativ determinat de numeroase acumulări cantitative anterioare, care, prin natura lor individuală au urmărit automatizarea proceselor de concepție, fabricație, planificare și control a producției.

Fabricația integrată cu calculatorul este o versiune automatizată a procesului general de fabricație, în care fiecare funcție este înlocuită printr-un set de tehnologii automatizate. În plus, mecanismele tradiționale de integrare a comunicării orale și scrise sunt înlocuite prin tehnologie numerică. Prin CIM, cele trei funcții principale - concepția produsului și a procesului de fabricație, planificarea și urmărirea producției, fabricația propriu-zisă - sunt înlocuite prin șase zone funcționale: concepția asistată de calculator, tehnologia de grup, sistemele de planificare și urmărire a fabricației, manipularea automată a materialelor, fabricația asistată de calculator și robotica [34].

La conceperea și implementarea unui sistem integrat de producție, principalele demersuri sunt: cel de integrare a echipamentelor și cel de integrare a datelor.



Lucrarea prezintă într-o structură unitară principiile ce stau la baza sistemelor integrate de producție în construcția de mașini, analizându-se componentele acestora, precum și managementul sistemului informațional ce leagă diferitele module CIM. Sunt prezentate contribuțiile referitoare la concepția și realizarea unor module CIM, a fluxului informațional în vederea implementării unui sistem integrat de producție pentru transmisiile cardanice, modelarea, simularea și evaluarea performanțelor sistemului.

Problemele esențiale asupra cărora s-au axat cercetările au fost automatizarea și integrarea activităților dintr-o întreprindere. Automatizarea urmărește aplicarea tehnologiilor adecvate, în timp ce integrarea constă în reunificarea funcțiilor întreprinderii, înlăturând obstacolele dintre acestea. În cadrul cercetărilor s-a urmărit aplicarea unei structuri informaționale care să transporte fluxul de date spre oricare parte a sistemului, realizând o integrare globală a informațiilor tehnice și economice ale întreprinderii. Rezultatele obținute în domeniul conceperii și implementării unor module CIM, concretizate în contracte de cercetare [54,56], oferă soluții de reactivare a întreprinderilor din industria constructoare de mașini din România. Viziunea strategică adoptată permite recunoașterea acelor capacități de producție care pot fi competitive.

O atenție importantă a fost acordată unor concepte sau metode curent folosite pentru a îmbunătăți activitățile de producție, care au fost adaptate condițiilor concrete de integrare a activităților și funcțiilor întreprinderii. Sistemul integrat de producție este considerat ca un sistem automatizat care are o parte de conducere și o parte operativă. Conceptele utilizate au fost: optimizarea criterială, tehnologia de grup, managementul sistemelor informaționale. S-a urmărit evaluarea calității, a flexibilității și a costurilor, folosind modelarea și simularea.

Lucrarea prezintă numeroasele dificultăți legate de conceperea și implementarea sistemelor CIM, ceea ce arată că demersul nu se poate privi îngust, fiind obligatorie luarea în considerare atât a aspectelor tehnice cât și a celor economice, sociale și umane.



În *capitolul întâi* se analizează funcțiile întreprinderii și cerințele actuale ale producției, care pot fi îndeplinite în condițiile implementării sistemelor CIM. Sunt prezentate stadiul și nivelul atins, precum și tendințele în dezvoltarea sistemelor de producție. Analiza situației existente în întreprinderile românești a determinat strategia de abordare a cercetărilor proprii.

Capitolul al doilea prezintă contribuțiile privind conceperea și realizarea unor module CIM pentru principalele activități dintr-o întreprindere: concepția constructivă asistată de calculator - CAD, concepția proceselor de fabricație asistată de calculator - CAPP, fabricația asistată de calculator - CAM și planificarea și urmărirea fabricației - PP&C. Acestea se referă în primul rând la interfețele informaționale între diferitele module CIM, pornind de la analiza funcțiilor, felul datelor, modul de organizare și prelucrare a informațiilor, legătura dintre module. Fluxul sporit de informații asigură comunicarea între servicii. S-a urmărit integrarea aplicațiilor-utilizator, indiferent de platformele hard utilizate, integrare realizată prin compatibilizarea datelor de intrare și ieșire din modulele CIM. A fost tratat, de asemenea, managementul sistemului informațional necesar integrării modulelor CIM, utilizând diferite tehnici de lucru: programarea orientată obiect, teprăia așteptării.

Capitolul trei prezintă căile de implementare a modulelor CIM concepute, în vederea realizării unui sistem integrat de producție pentru transmisiile cardanice, la S.C. COMPA S.A. din Sibiu. Sunt prezentate programe și interfețe software necesare informatizării principalelor activități de concepție și fabricație a transmisiilor cardanice, cât și organizarea fluxului informațional necesar integrării modulelor realizate. Pentru informatizarea concepției constructive se elaborează programe ce utilizează principiile tehnologiei de grup, creându-se baze de date grafice cu piesa reprezentativă și folosind proiectarea parametrică. Aceste baze de date se folosesc atât în faza de concepție cât și în faza de fabricație. În modulul de concepție a proceselor de fabricație asistată de calculator se realizează un program de elaborare automată a tehnologiei, cu posibilitate de adaptare la două condiții de lucru: existența bazelor de date grafic ; absența bazelor de date grafice. Se realizează, de asemenea, programe de procesare și postprocesare pentru prelucrarea asistată pe mașinile-unelte cu comandă numerică.

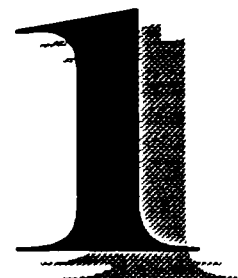
În *capitolul patru* sunt evaluate performanțele sistemelor integrate de producție, realizându-se modelarea și simularea pe baza criteriilor de evaluare a sistemului CIM. Au fost prezentate criteriile de evaluare a flexibilității și calității sistemului, precum și costurile privind implementarea sistemului integrat de producție. Sunt prezentate studiile de caz bazate pe modelarea și simularea asistată de calculator cu ajutorul programului "SIMSFF". Cu ajutorul acestor studii de caz s-au făcut evaluările și demersurile pentru instalarea unui sistem CIM pentru transmisiile cardanice la SC COMPA SA Sibiu.

În *concluziile generale* se sintetizează principalele contribuții pe care le aduce lucrarea la conceperea, realizarea și implementarea sistemelor integrate de producție. Prin problematica abordată, lucrarea conduce în mod inevitabil la deschiderea de noi direcții de cercetare privind conceperea și implementarea sistemelor evolute de producție.

Capitolul I:

STADIUL ȘI TENDINȚELE DE DEZVOLTARE ALE SISTEMELOR DE PRODUȚIE

STADIUL SI TENDINȚELE DE DEZVOLTARE ALE SISTEMELOR DE PRODUCȚIE



1. 1. Introducere

In cadrul capitolului se vor prezenta principalele componente ale unui sistem automatizat de producție și căile prin care se poate realiza integrarea acestora, conceptele sistemelor CIM precum și beneficiile realizate de pe urma instalării lor.

Totodată sunt prezentate nivele de dezvoltare și evoluțiile sistemelor CIM în industriile avansate, urmărindu-se deschiderea de obiective strategice și căi de soluționare în domeniu. Toate acestea sunt analizate și prezentate din perspectiva posibilităților de concepție și implementare a sistemelor integrate de producție în industria constructoare de mașini din țara noastră pornind de la cerințele actuale de dezvoltare a industriei românești și necesitatea câștigării unor piețe de desfacere a produselor ei. Strategia cercetărilor proprii s-a făcut pe baza analizei critice a situației existente în întreprinderile românești din domeniul construcțiilor de mașini, stabilindu-se obiectivele posibil de atins, privind conceperea unor module CIM dedicate condițiilor concrete existente.

1.2. Cerințele actuale ale producției

1.2.1. Funcțiile întreprinderii

Organizarea unei întreprinderi depinde în mod esențial de importanța sa și de tipurile de produse fabricate. Se poate considera că resursele unei întreprinderi sunt organizate după o

structură determinată de funcțiile sale [45,46]. Cele cinci funcții principale ale întreprinderii sunt:

- funcția *marketing*, al cărui rol este de a percepe nevoile pieții;
- funcția *producție*, care regrupează concepția și realizarea cererilor clienței în condițiile impuse de obiectivele întreprinderii;
- funcția *distribuție*, care asigură difuzarea produsului finit;
- funcția *financiară*, care privește optimizarea resurselor financiare ale întreprinderii;
- funcția *personal*, care privește gestiunea personalului necesar la bunul mers al întreprinderii.

Aceste funcții pot fi repartizate în servicii independente pentru marile întreprinderi, regrupate în câteva servicii pentru întreprinderile mijlocii sau centralizate în același serviciu pentru întreprinderile mici.

Funcția *producție* poate fi considerată principala funcție a unei întreprinderi, ea constând în a produce, la timpul dorit, în cantitățile cerute de către clienți, la cost și calitate determinate, realizând optimizarea resurselor întreprinderii în așa fel încât să se asigure perenitatea, dezvoltarea și *competitivitatea* sa.

1.2.2. Creșterea reactivității întreprinderii

În ciclul de viață al unui produs, etapele de concepție și industrializare au o mare responsabilitate, influentând costurile, calitatea și termenele de realizare.

Pe parcursul creației unui produs, cea mai mare parte din întreprinderile manufacturiere aplică un demers liniar. Acest demers a fost impus de modul de organizare al întreprinderii și de fluxul de informații între diferitele servicii. În vederea parcurgerii etapelor ciclului de viață al produsului urmează să intervină în mod succesiv un număr mare de persoane:

- * specialiștii în marketing, care definesc caietul de sarcini al produsului;
- * inginerul de concepție, care va crea o soluție tehnică;
- * desenatorul, care o va reprezenta;
- * designerul, care va ajusta formele în mod estetic;
- * inginerul de calcul, care va dimensiona elementele care trebuie să garanteze un anumit comportament în funcționare sau o anumită durată de viață a produsului;
- * inginerul de metode, care va alege procedeele de obținere a pieselor și va studia procesele de fabricație;

- * muncitorii din atelier, care urmează să realizeze produsul;
- * echipa de încercări, care va accepta sau va respinge produsul, după verificarea conformității cu caietul de sarcini;
- * agentul de vânzare, care va comercializa produsul;
- * echipa de mentenanță, care va urmări produsul pe parcursul utilizării sale.

Această viziune tradițională, moștenire a taylorismului, este calificată, în general, ca secvențială, ținând cont de anclanșarea cronologică a activităților. Ea are meritul de a defini o ordine necesară în parcurgerea ciclului de viață al unui produs, a proceselor sale, precum și stabilirea clară a responsabilităților. Dar, diviziunea muncii între diferite servicii, cât și în interiorul acestora determină o specializare îngustă a personalului și regruparea după criteriul sarcinilor de îndeplinit.

Pentru o întreprindere dornică să păstreze sau să câștige segmente de piață, o soluție posibilă o constituie "spargerea" demersului liniar și secvențial, de la concepție până la producție, încercând realizarea unei suprapuneri parțiale sau paralelizare a unor activități ale ciclului de viață, ceea ce aduce un câștig de timp și reduce termenele de lansare și de punere în distribuție ale produsului [45]. Acest mod de organizare bazat pe *ingineria simultană (concurrentă)* contribuie în mod decisiv la creșterea reactivității întreprinderii.

1.2.3. Creșterea flexibilității fabricației

Producția de bunuri materiale a cunoscut în timp o continuă evoluție. Creșterea productivității muncii a determinat trecerea de la o industrie de tip artizanal, în care rolul hotărâtor îl deține munca manuală, la una de tip manufacturier, caracterizată atât de munca manuală cât și de o subdiviziune a muncii, figura 1.1 [118].

În producția de serie mică și mijlocie, îmbunătățirea tehnologiilor și creșterea performanțelor mașinilor-unelte nu pot, singure, conduce la creșterea eficienței funcționării sistemului industrial. Rezerve mari de raționalizare se află în domeniul automatizării și conducerii, acestea având rolul să asigure sincronizarea multitudinii de activități diferite, specifice acestui tip de producție.

Creșterea flexibilității fabricației implică combinații noi de informații legate de valorificarea resurselor, care să pună în evidență analogiile din structura sarcinii de producție cât și din structura capacității de producție. Flexibilitatea este calitatea unui sistem tehnologic de a se adapta la sarcini de producție diferite, atât din punctul de vedere al formei și dimensiunilor produsului, cât și din punctul de vedere al operațiilor tehnologice care trebuie efectuate pentru producerea lui.

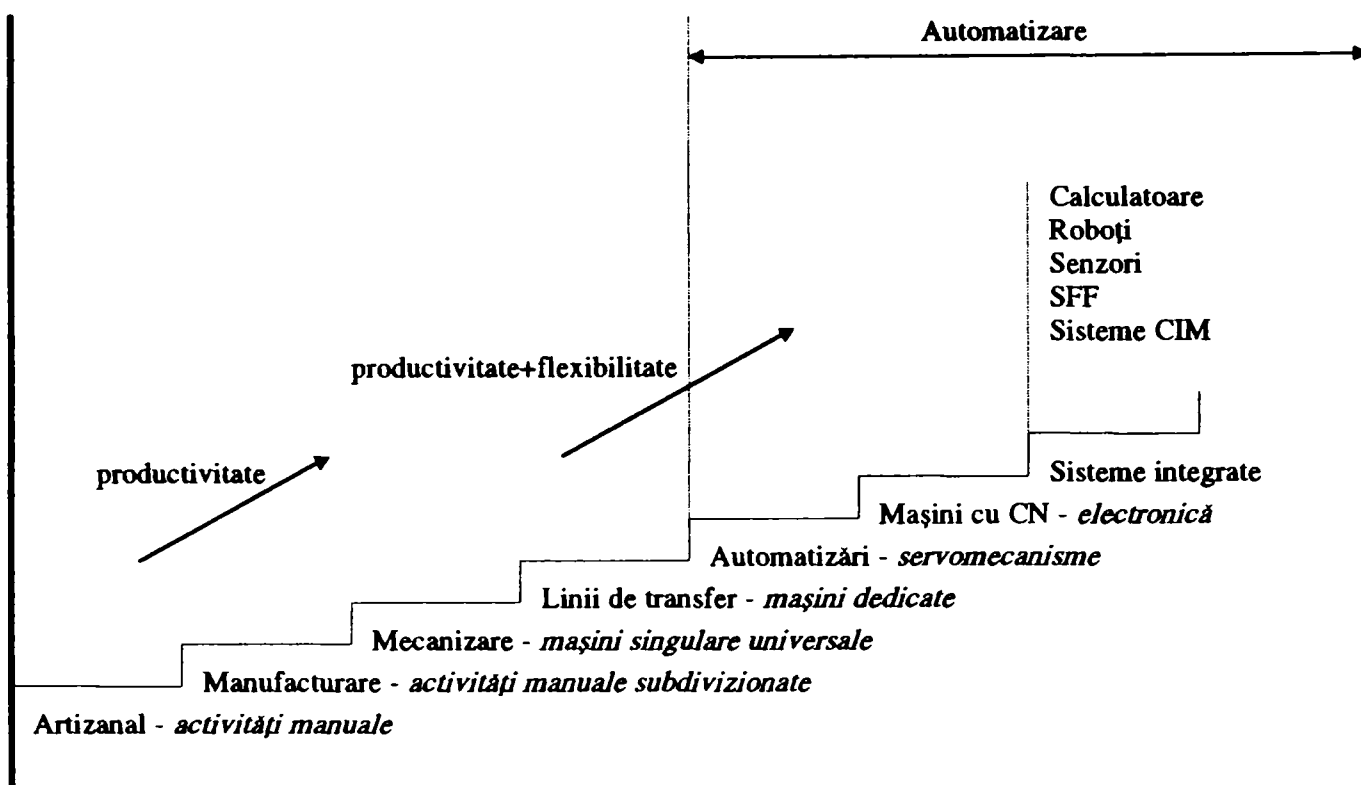


Figura 1.1. Evoluția structurilor de producție, după [118]

Una din premisele fundamentale ale aplicării în condiții optime a tehnologiilor flexibile este tocmai capacitatea de a face să devină transparente spectre largi de produse și de activități asemănătoare, ceea ce crează posibilitatea de a trece la normalizarea, standardizarea și organizarea optimală a fabricației.

Aplicarea în practică a fabricației flexibile a întâmpinat destule greutăți, piedici, din acestea rezultând concluzia că noțiunea de flexibilitate nu înseamnă numai optimizarea sistemului tehnologic sub aspectul economiei de resurse materiale și umane, ci o evaluare legată de dinamismul sistemului, de capacitatea lui de a se adapta atunci când intervin factori noi.

Factorii externi ce pot interveni în modificarea unui sistem de fabricație, necesitând adaptarea lui la condițiile nou create ar putea fi:

- cerințele pieții;
- modificarea sarcinii de producție (a reperelor puse în fabricație, a cantității și calității lor);
- uzura fizică și morală a mașinilor-unelte aflate în dotare;
- uzura morală a procedeelor tehnologice de fabricație.

1.3. Sistemul integrat de producție (CIM)

1.3.1. Conceptul CIM

O soluție prin care se poate ameliora competitivitatea constă în a face întreprinderea să evolueze spre conceptul de sistem integrat de producție (CIM). Acest mod de organizare industrială s-a dezvoltat în Japonia cu scopul de a crește *reactivitatea întreprinderii și flexibilitatea fabricației*. Demersul poate fi definit ca un proces de simplificare, urmat de unificarea întreprinderii prin automatizare și integrare. Simplificarea constă în suprimarea oricărei activități inutile sau redondante, care nu adaugă valoare produsului. Este vorba de a reconsidera fluxurile în întreprindere, în scopul de a simplifica metoda de gestiune a producției și a reduce termenele de fabricație, timpii de schimbare a echipamentelor, mărimea loturilor lansate în fabricație, producția în curs, stocurile, costurile indirecte de transport și magazinare, procedurile etc. [70,86,91,107].

Se poate afirma că fluxul informațional este un factor determinant în caracterizarea conceptului CIM, calitatea, intensitatea și viteza acestuia având implicații hotărâtoare asupra produselor realizate. Tehnologiile informaționale sunt un complex de discipline interconectate pentru constituirea întreprinderilor integrate, având la bază sisteme de baze de date distribuite, unificate și standardizate [67,88,122].

Tehnica de calcul necesară sistemului integrat de producție reprezintă complexul software/hardware/comunicații capabil, pe baza unor algoritmi implementați, să realizeze conducerea optimală, în timp real, a fabricației, figura 1.2 [67,114,129]. Sistemul integrat de producție (CIM) reunește sub cupola sa un mănunchi de subsisteme de sine stătătoare dezvoltate ca urmare a utilizării informaticii în activitățile ciclului de viață ale produsului: concepție, planificare, fabricație, control, mentenanță.

Conceptul CIM cuprinde în principal:

- ◆ PP&C - Planning Production & Control (Planificarea și Urmărirea Producției);
- ◆ CAD - Computer Aided Design (Concepția Constructivă Asistată de Calculator);
- ◆ CAE - Computer Aided Engineering (Ingineria Asistată de Calculator);
- ◆ CAPP - Computer Aided Process Planning (Concepția Proceselor de Fabricație Asistată de Calculator);
- ◆ CAM - Computer Aided Manufacturing (Fabricația Asistată de Calculator);
- ◆ CAP - Computer Aided Planning (Planificarea Asistată de Calculator);
- ◆ CAQ - Computer Aided Quality (Calitatea Asistată de Calculator);
- ◆ CAS - Computer Aided Service (Mentenanța Asistată de Calculator).

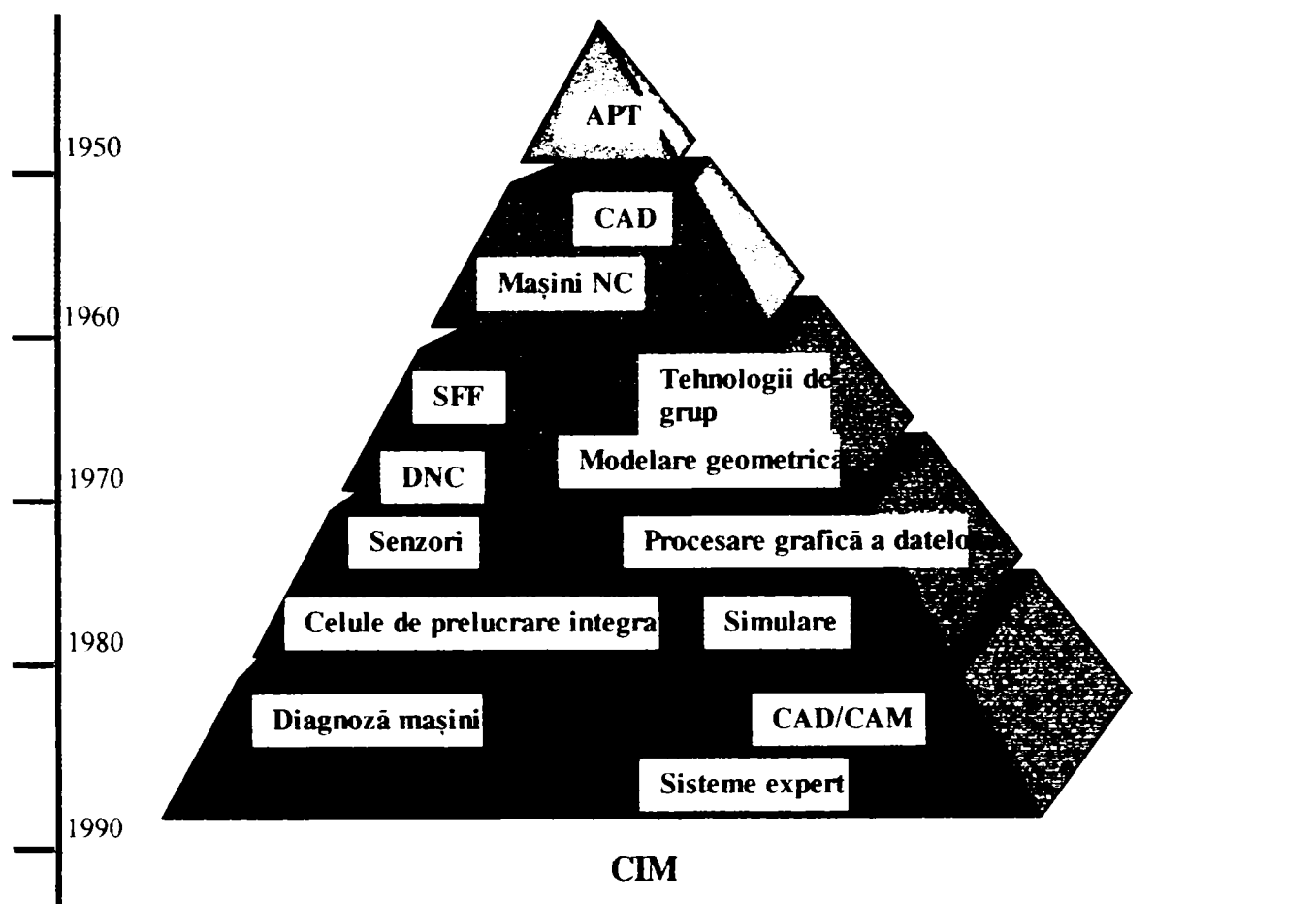


Figura 1.2. Elementele participante la dezvoltarea conceptului CIM

1.3.2. Componentele principale ale sistemului CIM

a) *PP&C - Production Planning & Control (Planificarea și Urmărirea Producției)* este un domeniu clasic de aplicație pentru procesarea electronică a datelor legate de întregul proces de producție. Termenul de PP&C este folosit pentru a descrie modul de folosire a sistemelor informatice pentru planificarea, urmărirea și monitorizarea proceselor ciclului de viață al produsului, de la faza de preluare a datelor (comenzii) până la expedierea produselor, ținând cont, în același timp, de aspectele legate de calitate, date de livrare și capacitate [7,34,81,89,121].

Sistemele PP&C sunt destinate să satisfacă următoarele obiective operaționale:

- îmbunătățirea cunoașterii datelor de livrare;
- perfecționarea livrării informațiilor (în fluxul informațional);
- reducerea termenelor de livrare;
- reducerea nivelurilor de stocuri în timp, cu păstrarea nivelurilor de disponibilități în materiale și componente. Astfel, PP&C sprijină diverse activități din întreprindere sau din afara ei, ele fiind enunțate sub formă de întrebări:

- ◇ *ce produse finite trebuie fabricate, când și în ce cantitate?*
- ◇ *ce grupuri de componente (repere) și subansamble urmează să fie produse la un moment dat și în ce cantitate ?*
- ◇ *câte repere urmează să fie comandate din afară, la ce calitate, la ce moment și de la care furnizor ?*
- ◇ *ce nivel de capacitate este utilizat ? resursele materiale și umane disponibile sunt suficiente pentru a realiza programul de fabricație ?*
- ◇ *ce măsuri de mărire sau micșorare a capacității de fabricație trebuie să fie planificate în cazul nevoii de depășire sau micșorare a capacității disponibile?*

În contextul planificării și urmăririi producției se poate face o distincție între activitățile de planificare și cele de urmărire, figura 1.3.

Date inițiale (de bază)	Administrarea datelor	Liste de inventar / Plane de lucru
<ul style="list-style-type: none"> Programul de producție Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție 	<ul style="list-style-type: none"> Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție 	<ul style="list-style-type: none"> Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție
<ul style="list-style-type: none"> Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție 	<ul style="list-style-type: none"> Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție 	<ul style="list-style-type: none"> Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție
<ul style="list-style-type: none"> Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție 	<ul style="list-style-type: none"> Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție 	<ul style="list-style-type: none"> Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție Programul de distribuție
Funcții de urmărire	Ordine (comenzi) inițiale	Directive inițiale atelier fabricație
		Monitorizare disponibilități
		Necesar documente atelier fabricație
	Ordine (comenzi) generale	Control stocuri atelier fabricație
		Programe termen scurt
		Date operaționale

Figura 1.3. Funcțiile subsistemului PP&C

Planificarea și urmărirea producției industriale se bazează pe diferite tipuri de date. Acestea servesc ca punct de plecare pentru funcțiile principale și complementare.

Tipurile de date sunt:

- ⇒ **date directoare - master date;**
- ⇒ **date (informații) curente;**
- ⇒ **informații variabile.**

Fișierele de informații formează baza sistemului PP&C, alcătuită din prelucrarea comenzii, circulația materialelor, directive de producție și fișiere directe:

- fișierul director al clientului, necesar în vânzări, contabilitate și prelucrarea comenzii. El poate fi utilizat de asemenea pentru planificarea vânzărilor și pentru directa promovare a vânzărilor.
- fișierul director al produsului, solicitat în principal pentru fabricație și pentru optimizarea materialelor necesare.
- fișierul comenzii curente, utilizat pentru comenzile clientului.

Pentru optimizarea materialelor sunt necesare, în general, următoarele fișiere: fișierul director al materialelor, fișierul resurselor materiale, fișierul structurii listelor de piese, fișierul director al furnizorilor, fișierul comenzii de cumpărare curent. În sfera PP&C s-au dezvoltat diferite metode de planificare a producției, dintre care se pot aminti: MRP, PERT, Kanban [41,76,84,107,121] Sistemele de operare compatibile sau unificate și programele sursă solicitate pentru subsistemul PP&C nu sunt încă disponibile la extensia necesară. Dacă se consideră de exemplu 76 de sisteme PP&C disponibile pe piață, atunci numai 5% dintre acestea satisfac cerințele [34].

b) *CAD - Computer Aided Design (Concepția Constructivă Asistată de Calculator)* este termenul utilizat pentru folosirea mijloacelor informatice în concepția produselor. În figura 1.4 este prezentat mecanismul general de concepție și proiectare, distingându-se și locul unde intervine inteligența artificială. Rolul concepției constructive asistate de calculator este acela ca pornind de la cerințele funcționale, estetice și constructive să fie determinate, cu ajutorul calculatorului, proprietățile de formă, de material și de calitate ale obiectului.

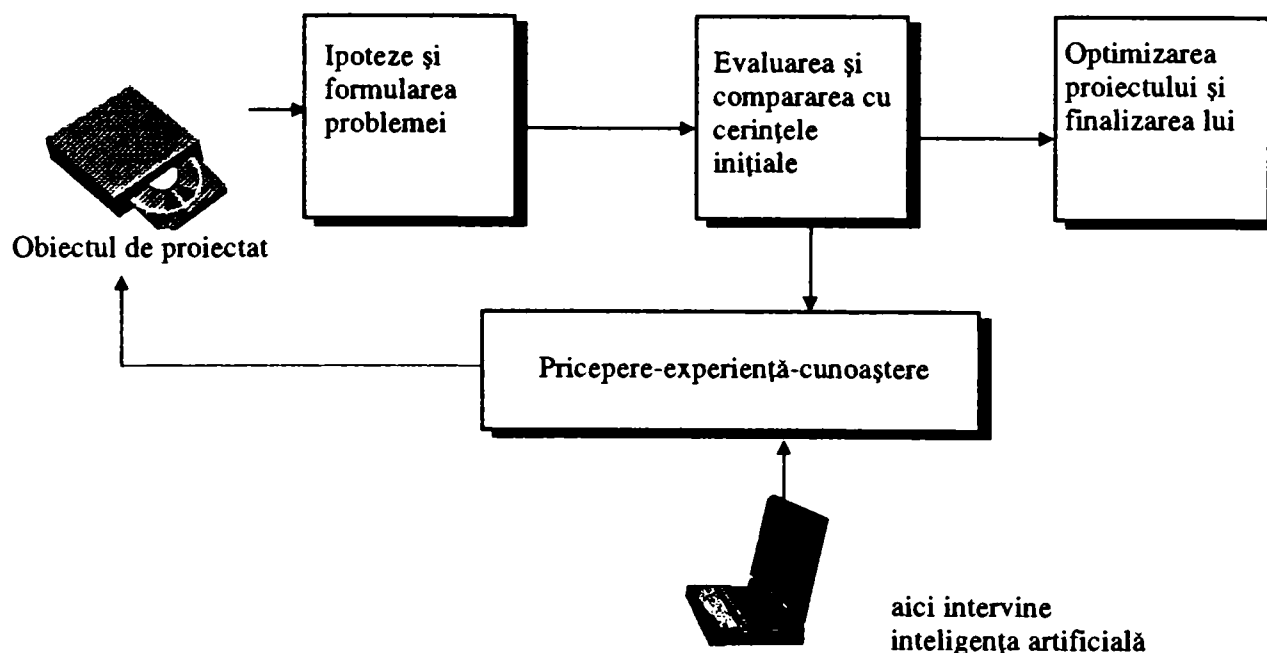


Figura 1.4. Procesul de concepție și proiectare în subsistemul CAD

Procesul de concepție este considerat ca o activitate bazată pe inducție, deducție, intuiție, experiență și creativitate. Prin intermediul mijloacelor informatice este posibil să se transfere progresiv experiența, deducția și inducția de la inginerul de concepție la sistemul CAD, aceasta devenind un sistem inteligent.

Un sistem CAD, având schema generală prezentată în figura 1.5, presupune dialogul permanent, prin intermediul monitorului de concepție, între baza de date tehnice și baza de date generale, pe de o parte, și baza de algoritmi, pe de altă parte.

Fiind sistem om-mașină, sistemul CAD se bazează pe capacitatea creativ-inteligentă a omului și pe puterea de calcul a calculatorului, acesta posedând rapiditate în funcționare, precum și o capacitate superioară de stocare și regăsire a informațiilor [10,23,68].

Sistemele CAD reprezintă deci integrarea metodelor științei calculatoarelor și a celor ingineresti, cuprinzând: baze de date, bănci de metode fundamentale și algoritmi, sisteme de comunicație, sisteme de grafică, programe de aplicație [39,51,106].

Un sistem CAD trebuie să aibă capacitate de decizie care să includă asignarea cerințelor de proiectare și a specificațiilor de proiectare. Aceste caracteristici includ prelucrarea limbajului natural, transformarea și rafinarea prin chestionarea utilizatorului (interactiv) asupra gradului de detaliere a proiectării.

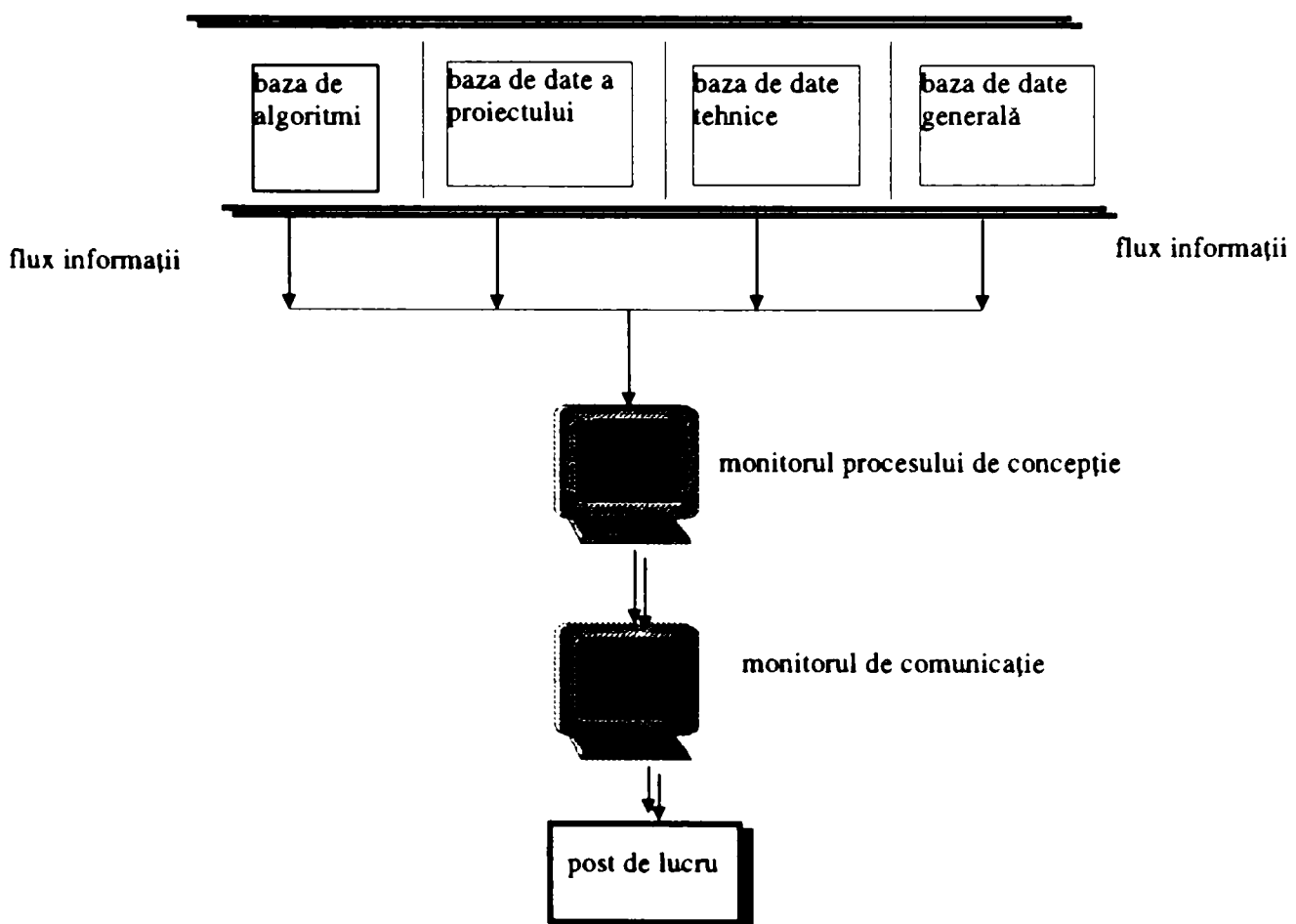


Figura 1.5. Structura generală a unui sistem CAD

Un sistem inteligent destinat concepției asistate de calculator va trebui să prezinte capacitate de arhivare, într-o logică simbolică accesibilă utilizatorului, care să-i permită să formuleze expresiile sale despre cunoștințele de proiectare și să acceseze calculatorul în sensul reprezentării corespunzătoare a acestora [10,39].

Crearea unui sistem CAD presupune integrarea informațiilor negeometrice și tehnico-administrative cu informațiile geometrice, într-o bază de date și cunoștințe, încorporând deci “realitatea” oricărui produs conceput [81].

Trecerea de la geometria analitică clasică, euclidiană, la geometria axionometrică, care se pretează la interfețe logice asupra multor proprietăți abstracte ale entităților geometrice poate constitui soluția de integrare a celor trei tipuri de informații.

Astfel, a apărut necesitatea de a dezvolta sisteme CAD mai inteligente, în domeniul modelării grafice și geometrice [115].

c) CAE – Computer Aided Engineering (Ingineria Asistată de Calculator) este subsistemul destinat optimizării și calculelor inginerești cu ajutorul mijloacelor electronice de calcul. CAE se ocupă cu analiza și evaluarea proiectelor utilizând tehnici asistate de calculator pentru a calcula parametri operaționali, funcționali și de fabricație ai produsului.

În cadrul procesului de proiectare, CAE își găsește locul la nivelul etapelor de sinteză, analiză și evaluare și are de asemenea un loc bine determinat în cadrul conceptului de inginerie simultană.

La nivel de sinteză a soluțiilor, principala activitate a CAE este concentrată pe tehnologicitatea produsului; la nivel de analiză și evaluare, CAE este utilizat pentru analiza calității proiectului produsului. Pe baza informațiilor CAE, proiectul produsului este iterat prin primii pași ai procesului de proiectare până în momentul în care este găsită soluția optimă.

CAE în *etapa de sinteză* presupune realizarea următoarelor activități:

Schițele de principiu rezultate din etapa de concepție sunt dezvoltate în etapa de sinteză, prin adăugarea detaliilor geometrice și remodelarea produsului prin aplicarea condițiilor dictate de tehnologicitate:

◇ din punct de vedere a procesului de fabricație:

- raționalizarea construcției și a schemei cinematice;
- unificarea constructivă;
- masa și consumul de material;

- concordanța formei constructive cu particularitățile metodelor și proceselor de fabricație.

◇ din punct de vedere a tehnologiei de asamblare:

- condiții de manipulare;
- condiții de asamblare;
- condiții privind schema de montaj.

Procedurile utilizate în scopul realizării unor produse cu o tehnologicitate cât mai ridicată au fost înglobate sub terminologia DFMA - Design for Manufacturing and Assembly. Calculele efectuate se referă la timpul de asamblare, costul produsului și o limită teoretică a numărului minim de piese. În plus, sunt evaluate diferite variante de materiale și procese de fabricație. Cu ajutorul acestor programe proiectantul introduce specificațiile pentru un anumit proiect, iar programul oferă o analiză cantitativă a alternativelor de proiectare.

CAE în *etapa de analiză* presupune:

În multe aplicații, datele și informațiile utilizate ca intrări pentru programul CAE sunt sub forma desenelor create în CAD. Fișierul cu informații geometrice produs în CAD este utilizat de programul CAE pentru obținerea informațiilor necesare analizei.

Aplicațiile CAE în etapa de analiză a proiectării au loc în două mari domenii: analiza cu metoda elementelor finite și analiza proprietăților de masă (structură).

Analiza prin metoda elementelor finite este o tehnică numerică utilizată pentru analizarea și studierea performanței funcționale a unei structuri prin divizarea obiectului într-un număr mic de blocuri numite elemente finite.

Analiza proprietăților de masă se referă la posibilitatea realizării de calcule inginerești. Cele mai comune aplicații CAE au posibilitatea calculării ariei sau volumului, iar cele mai complexe realizează calculul centrelor de greutate, momentelor de inerție. Parametrii complexi sunt importanți pentru analiza geometriei reperelor care se află în mișcare de translație sau de rotație.

CAE în *etapa de evaluare* presupune:

Procesul de analiză al proiectului oferă informații ample cu privire la diferitele alternative de proiectare. Examinarea acestor informații pentru a determina gradul de corespondență între proiectul real și obiectivele și specificațiile de proiectare inițiale este una dintre componentele procesului de evaluare. Una dintre activitățile CAE realizată în mod tradițional în etapa de evaluare a proiectului este construirea și testarea prototipului utilizând programe concepute în acest scop. Tehnicile de prototipare rapidă/virtuală tind să înlocuiască actualmente tehnicile clasice de evaluare.

d) **CAPP - Computer Aided Process Planning (Concepția Proceselor de Fabricație Asistată de Calculator)** este subsistemul destinat realizării următoarelor categorii de activități:

- selectarea operațiilor de prelucrare;
- determinarea secvenței operațiilor de prelucrare;
- selectarea (alegerea) utilajului tehnologic;
- alegerea sculelor așchietoare;
- determinarea necesarului de dispozitive de prindere a piesei;
- proiectarea schemelor de prindere și a dispozitivelor;
- stabilirea condițiilor de așchiere.

În figura 1.6. este prezentată evoluția sistemelor CAPP. Tendința este ca sistemele CAPP să înglobeze tot mai multe elemente de inteligență artificială, urmărindu-se atât interpretarea automată a desenelor și metodelor de proiectare, dar și detalierea planului de operații, a modalităților optime de prindere a piesei, analiza economică a proceselor, precum și generarea traiectoriilor optime de așchiere.

Utilizarea sistemelor CAPP prezintă următoarele avantaje:

- reducerea cerințele de experiență ale tehnologului;
- reducerea timpul de concepție a proceselor de fabricație;
- reducerea costurilor, atât în proiectarea proceselor, cât și în realizarea acestora;
- elaborarea proceselor de fabricație în mod minuțios și consistent;
- creșterea productivității.

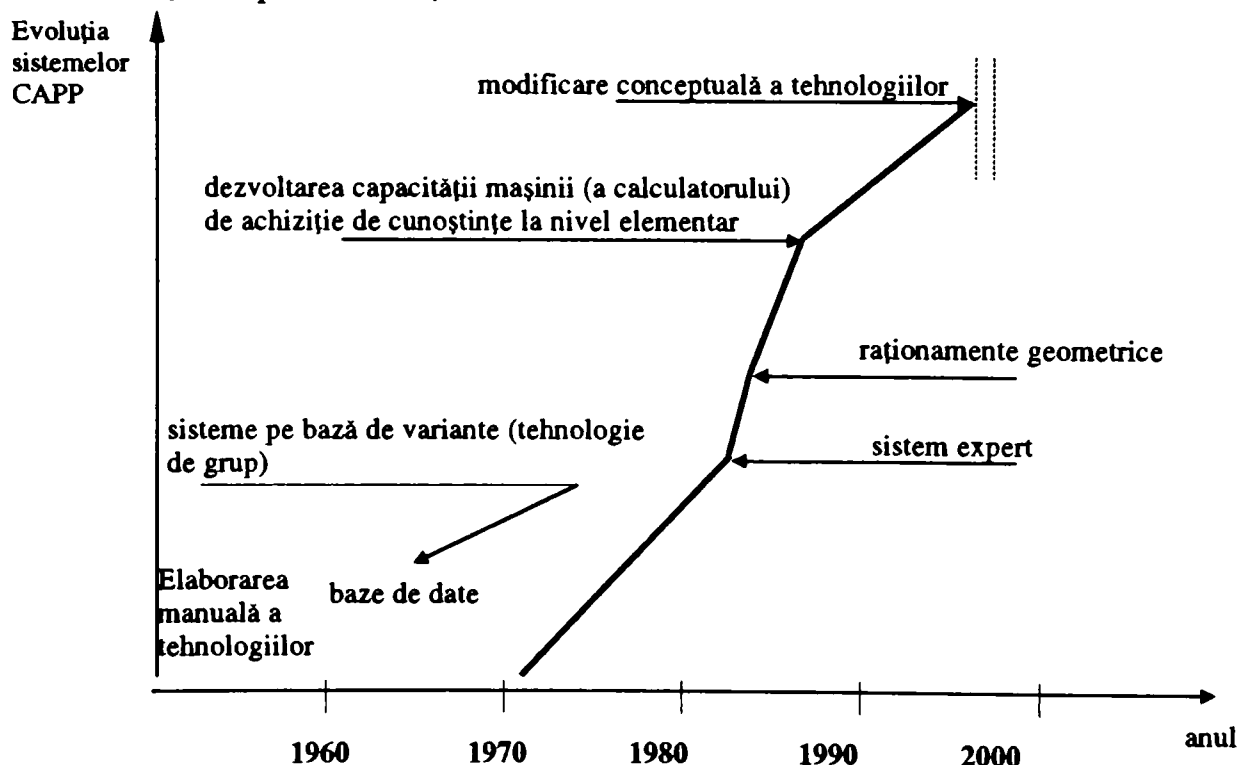


Figura 1.6: Evoluția sistemelor CAPP

e) *CAM - Computer Aided Manufacturing (Fabricația Asistată de Calculator)* este un termen care nu are o consistență clară. Unii folosesc termenul pentru a defini prelucrarea asistată de calculator, alții includ în CAM funcțiile de control ale producției [107,140]. Cel mai adesea, CAM desemnează asistarea cu calculatorul a procesului de fabricație. În esența sa, aceasta presupune elaborarea programelor NC, a tehnologiilor de prelucrare și de montaj [7,11,89].

Funcțiile sistemului CAM sunt:

- ⇒ *comanda fabricației și a atelierelor de fabricație;*
- ⇒ *comanda posturilor de lucru;*
- ⇒ *comanda fluxurilor de materiale;*
- ⇒ *comanda magaziilor și a transportului;*
- ⇒ *comanda procesului de prelucrare*

și necesită baze de date care conțin informații despre:

- * *contracte de fabricație;*
- * *capacități de producție;*
- * *fluxuri de materiale;*
- * *mijloace de producție;*
- * *situația magaziilor și a transportului;*
- * *contracte de service.*

În cadrul sistemului CAM un loc aparte îl ocupă FMS - Flexible Manufacturing System (Sistemul Flexibil de Fabricație). Acesta se definește diferit de la o țară la alta, dar în esență este o unitate de producție capabilă de a fabrica o gamă (familie) de produse discrete cu o intervenție manuală minimă. El cuprinde posturi de lucru echipate cu capacități de producție (mașini-unelte cu comandă numerică sau alte utilaje de asamblare sau tratament) legate printr-un sistem de manipulare a materialelor, în scopul deplasării pieselor de la un post de lucru la altul, funcționând ca un sistem integrat cu comandă complet programabilă [15,108,124]

Din punct de vedere al domeniilor de utilizare a FMS și a răspândirii acestora, în figura 1.7., se observă supremația Japoniei [118].

Apariția și dezvoltarea sistemelor flexibile de prelucrare, asamblare, turnare, sudare au constituit un real sprijin în dezvoltarea sistemelor CIM. Dintre acestea, evoluția cea mai rapidă au avut-o sistemele flexibile de prelucrare [38,61]. Această tendință s-a remarcat încă de la începutul utilizării mașinilor cu comandă numerică, incluzând dezvoltarea sistemelor

DNC până la o treaptă superioară de automatizare a FMS și încorporarea acestora în CIM [35,61,65,69].

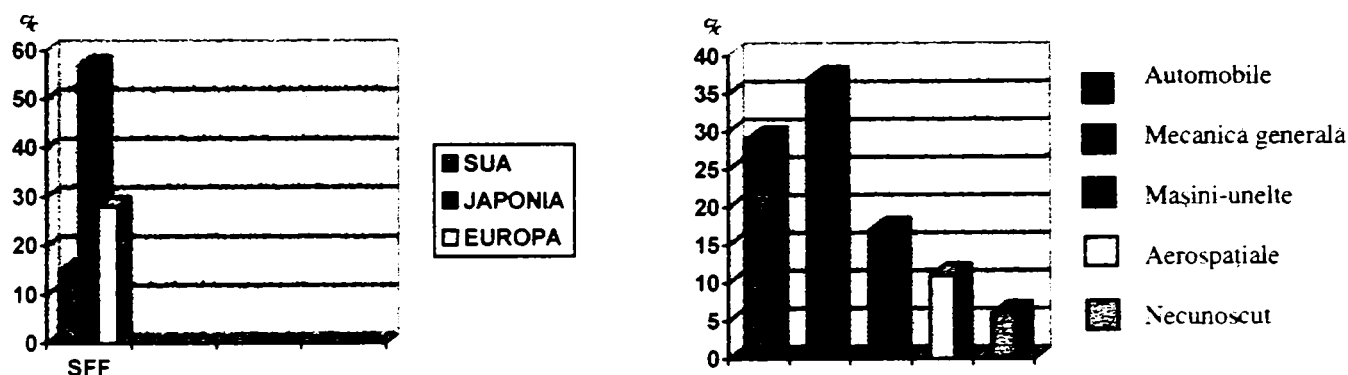


Figura 1.7: Distribuția FMS în lume

Fiind sisteme înalt automatizate, sistemele flexibile de fabricație, indiferent de natura proceselor comandate, sunt conduse de calculatoare. În scopul îmbunătățirii modului de funcționare, pentru a le mări gradul de flexibilitate și în același timp productivitatea, aceste sisteme necesită structuri software tot mai evoluate, utilizând din ce în ce mai multe elemente de inteligență artificială [58].

Atât componentele hardware cât și componentele software ale unui sistem flexibil de fabricație pot fi separate în blocuri funcționale, FMS putând fi privit ca un ansamblu integrat de mașini cu comandă numerică deservite de un sistem automatizat de manipulare, transport și depozitare a semifabricatelor, pieselor finite, sculelor și dispozitivelor, prevăzut cu mijloace automatizate de măsurare și testare, capabil să realizeze sub comanda calculatorului fabricarea simultană sau succesivă a unor piese de tip diferit aparținând unei anumite familii, în condiții de intervenție minimă a operatorului uman și cu timpi de reglare reduși [117,126].

f) CAP- Computer Aided Planning (Planificarea Asistată de Calculator) este un subsistem al CIM unde se realizează planificarea asistată a proceselor de fabricație, unde are loc pregătirea, proiectarea și coordonarea proceselor tehnologice.

O dată cu apariția calculatorului, metodele de planificare a producției, bazate pe algoritmi matematici au putut deveni operative [84].

În dezvoltarea unor metode moderne de planificare a producției s-a pornit de la criteriile de optimizare abordate, criterii care vizau: reducerea timpului și a costurilor de producție, amortizarea investițiilor, circulația minimă a semifabricatelor și reducerea stocurilor, maximizarea producției etc. [32].

Indiferent de metoda folosită, un sistem CAP realizează următoarele categorii de funcții:

- planificarea resurselor de fabricație;
- distribuirea resurselor planificate;
- simularea și optimizarea resurselor planificate;
- monitorizarea proceselor tehnologice de fabricație.

Aceste funcții sunt posibil de realizat datorită unei colecții de structuri de date de sistem care devin operabile printr-un sistem de decizie și un sistem grafic, figura 1.8.

Experiența a demonstrat că planificarea este cu atât mai bine realizată cu cât ține cont de mai multe resurse și este structurată pe două niveluri: nivelul planificării pe termen lung și cel al planificării zilnice [95].

Piața deschisă, ciclul de viață scurt al produselor și intensificarea concurenței reclamă utilizarea sistemelor informatice pentru planificarea și urmărirea procesului de producție.

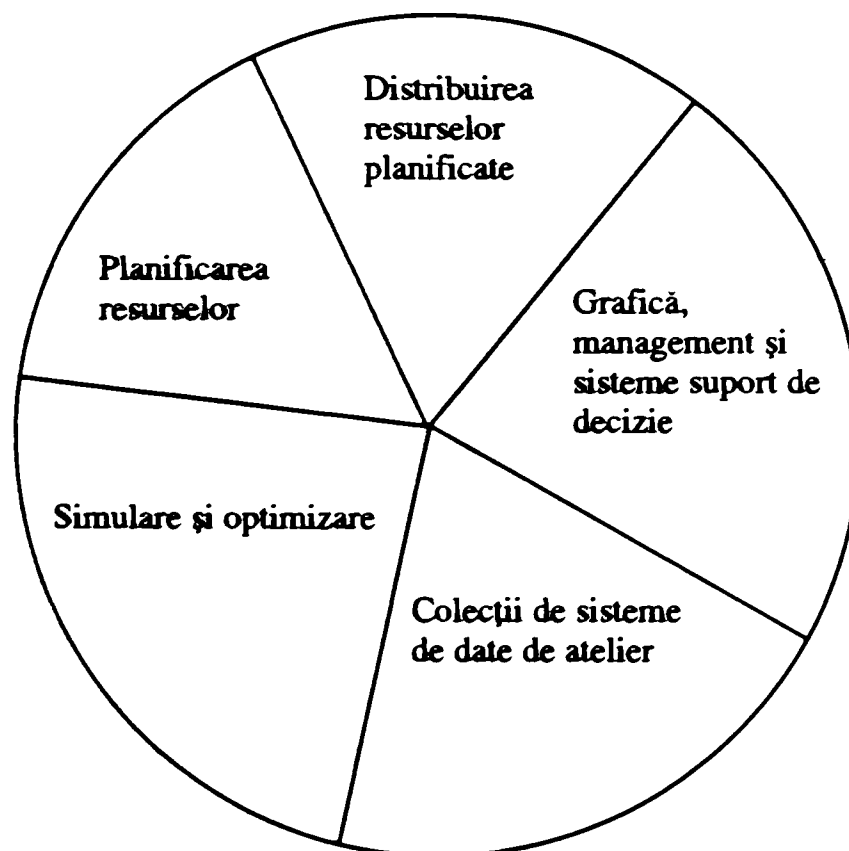


Figura 1.8: Planificarea asistată de calculator a proceselor de producție

În pregătirea și desfășurarea activităților din sistemul CAP un rol important îl are EDP – Electronic Data Processing (Prelucrarea Automată a Datelor). În domeniul planificării există destul de mari rezerve expuse raționalizării, rezerve care au evidențiat că numai după investiții semnificative, mai mult de 80% din costurile pentru comenzi și energie au fost

recuperate în faza de pregătire și planificare a producției. CAP este un termen ce indică suportul EDP pentru planificarea muncii.

g) CAQ - Computer Aided Quality (Calitatea Asistată de Calculator) reprezintă o importantă componentă CIM. Calitatea constituie o noțiune complexă care are în vedere, pe de o parte, proprietățile intrinseci ale produsului de a satisface la un anumit nivel o necesitate oarecare, iar pe de altă parte, aspectele legate de concepția și fabricația produsului. Calitatea nu se adugă după realizarea produsului, ci se crează odată cu el.

Obiectivele strategice ale CAQ sunt următoarele [95,96,97,99,112]:

- * menținerea și promovarea capacității (potențialului) pentru calitate;
- * reducerea riscului slabei calități;
- * acțiuni preventive pentru a preveni garanția produsului;
- * transparența și actualitatea activității de calitate;
- * reacții mai rapide la probleme de calitate.

Obiectivele operaționale ale CAQ sunt:

- ◇ raționalizarea procedurilor de inspectare și testare;
- ◇ reducerea timpului inactiv și a timpului de trecere între punctele de inspectare;
- ◇ înlăturarea costurilor cu documentația;
- ◇ reducerea rețușurilor și a rebuturilor;
- ◇ utilizarea maximă a echipamentului de inspectare și testare;
- ◇ colectarea sistematică și regulată a datelor;
- ◇ inspectarea tehnologică eficientă și oportună;
- ◇ înlănțuirea directă de la sistemele CAQ la toate locurile individuale în cadrul întreprinderii;
- ◇ înlănțuirea on-line între mașini și sistemele CAQ proprii pentru localizarea și eliminarea erorii;
- ◇ folosirea bazelor de date al căror conținut este relevant pentru calitate.

Sistemele CAQ au următoarele caracteristici conceptuale comune:

- *conceptul de nivel* (nivelul planificării, nivelul controlului și nivelul prelucrării), care reglementează responsabilitățile și metodele de acces;
- *conceptul de informație* ce se desprinde din diferitele tipuri de informații (informația de trasare a directivelor, informația actuală, informația rezultantă, reguli);
- *conceptul de comandă*, care desemnează comenzile care urmează a fi inspectate și al căror progres poate fi controlat și planificat;

- *conceptul de colectare a datei*, care furnizează calculatorului suportul pentru colectarea datei referitoare la calitate;
- *conceptul modular* al softului;
- *conceptul de bază de date*, care asigură ca datele referitoare la calitate să fie stocate pe termen lung.

Toate aceste concepte ale CAQ sunt regăsite în toate sferile de activitate ale unui sistem integrat de producție, adică în sfera controlului fabricației, în asamblare, în controlul final al produselor, planificarea mentenanței etc.

Un sistem de calitate poate fi descris prin trei subsisteme :

- *subsistemul de decizie a calității*, al cărui scop este să controleze calitatea produsului;
- *subsistemul de informație a calității*, care alimentează subsistemul de decizie cu informații;
- *subsistemul fizic*, care îndeplinește activități de inspecție a calității, folosind resursele tehnice și umane.

h) CAS – Computer Aided Service (Mentenanța Asistată de Calculator) se referă la mentenanța produsului și a sistemului său de fabricație. Mentenanța este ansamblul activităților care permit menținerea sau readucerea unui bun într-o stare specificată sau în condiții date de siguranță de funcționare, în vederea îndeplinirii unei funcții stabilite. Aceste activități sunt o combinație de acțiuni tehnice, administrative și de management.

În raport cu politica de mentenanță privind momentul de intervenție se disting în principal:

- *mentenanța preventivă*, efectuată pe baza de criterii predeterminate, în intenția de reducere a probabilității de defectare a unui bun sau a degradării unui serviciu.
- *mentenanța corectivă*, efectuată după defectare. Este numită și *mentenanța curativă*. Timpul consacrat acestei mentenanțe afectează direct disponibilitatea mașinilor și timpii de producție.

Un rol aparte îl ocupă gestiunea mentenanței cu ajutorul mijloacelor electronice de calcul, precum și vizualizarea funcției mentenanței întreprinderii.

1.3.3. Integrarea în sistemul CIM

Atunci când se vorbește despre CIM, cuvântul cheie este *integrarea*, figura 1.9. Nevoia de integrare s-a dezvoltat ca răspuns la un set de probleme specifice ce s-au ridicat ca rezultat al procesului de automatizare a producției.

Aceste probleme au fost subliniate într-un studiu special făcut pentru programul ICAM (SUA) [34], studiu ce a evidențiat problemele cu care erau confruntate firmele ce au trecut la automatizare, și anume:

- utilizatorii nu pot controla informația;
- schimbarea este prea costisitoare;
- sistemele nu sunt integrate;
- calitatea datelor este săracă;
- schimbarea sistemelor durează prea mult.

CIM este o vastă întreprindere de procese de conducere pentru automatizare industrială. El apare ca un program special sub care proiectele de automatizare industrială sunt planificate, executate și integrate. CIM crează legături sistemice eficiente între diferitele compartimente izolate care vor influența calitatea procesului de fabricație.

Rețeaua este realizată prin fluxul informațional ce integrează toate componentele CIM, flux ce se constituie ca factor determinant al integrării subsistemelor CIM, figura 1.10. Deoarece integrarea datelor este esența CIM, cheia aplicării sale pe scară largă va fi rafinarea și standardizarea limbajelor de programare care asigură legăturile.

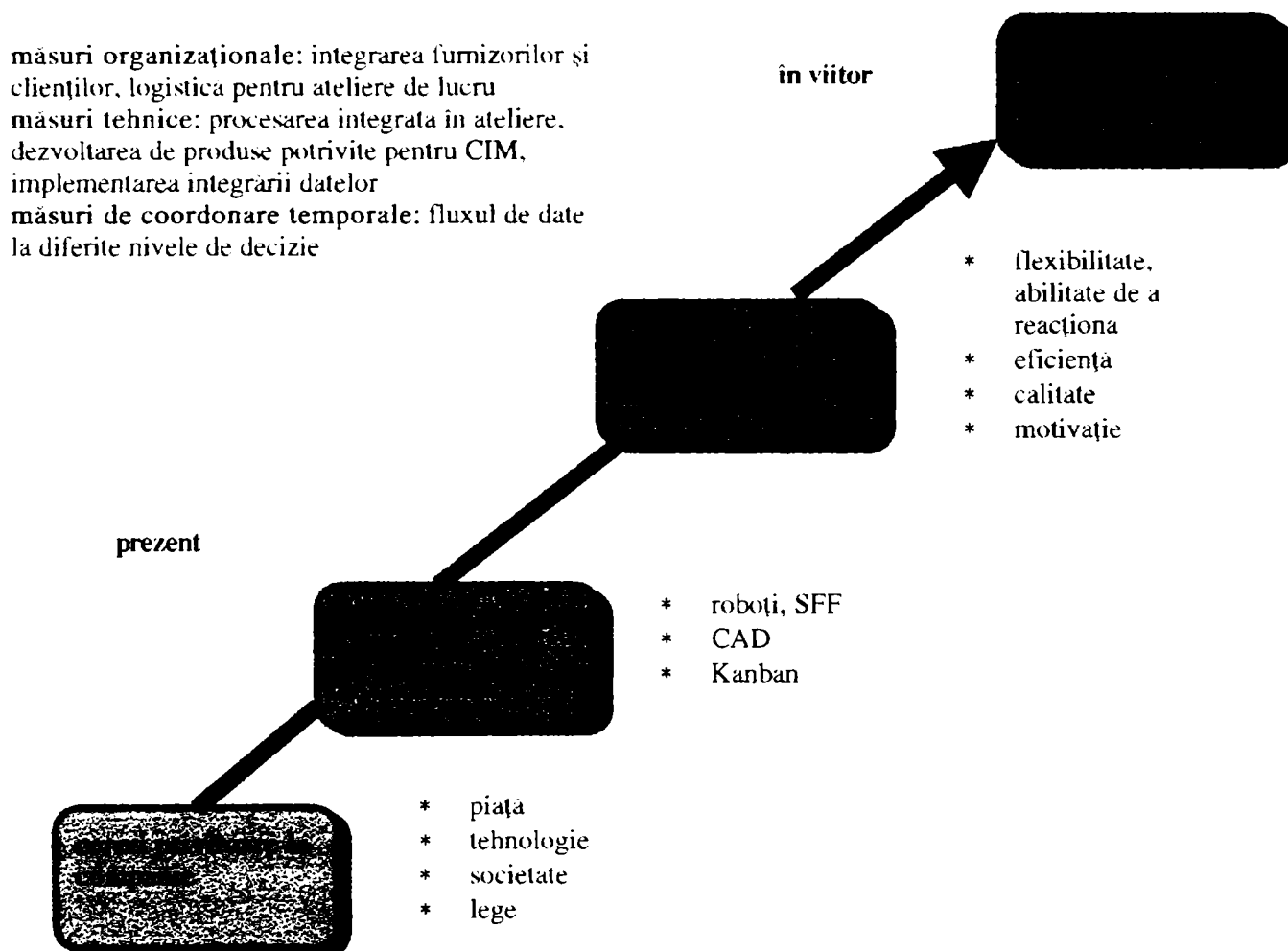


Figura 1.9: Integrarea - elementul cheie în sistemele de producție performante

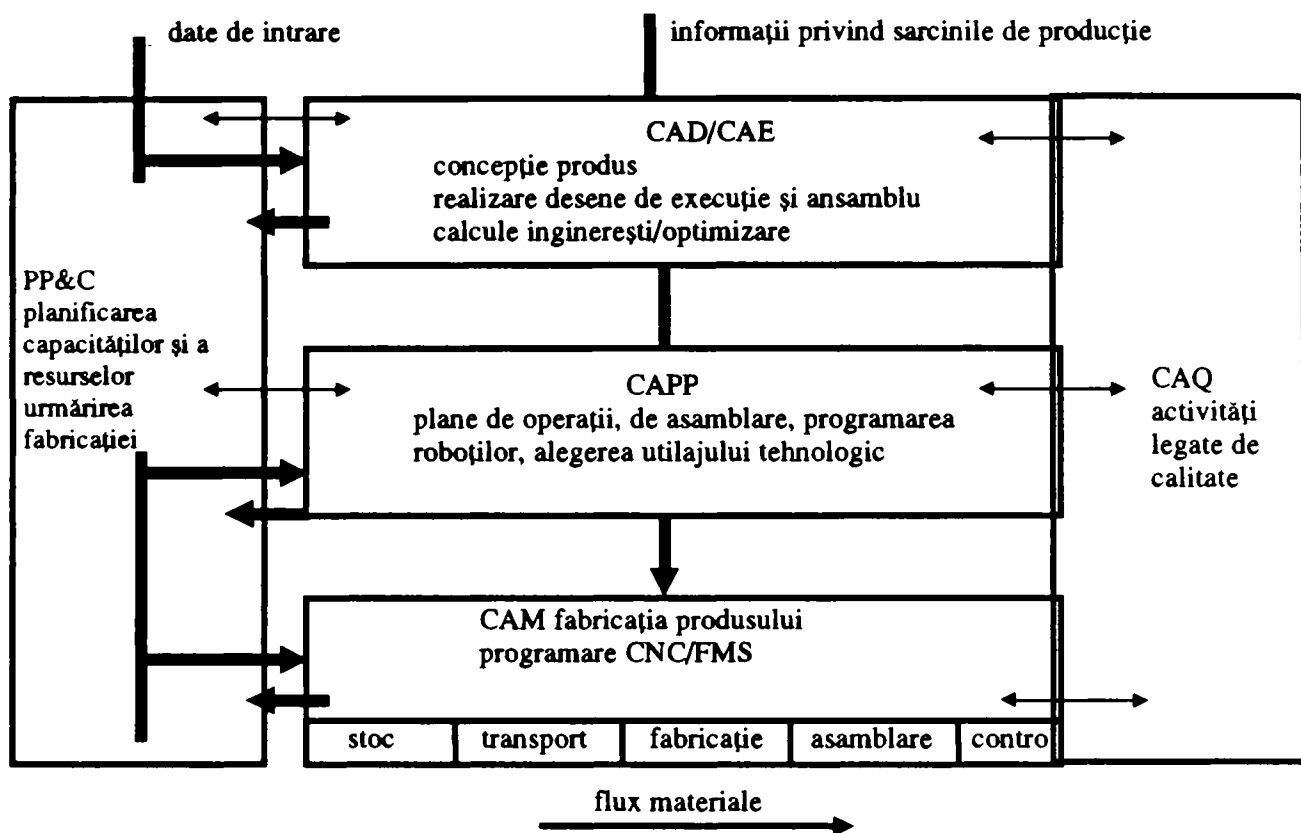


Figura 1.10: Fluxul informațional în sistemul CIM

Funcțiile sistemului integrat de producție sunt prezentate în figura 1.11. Fiecare tehnologie CIM este o unealtă puternică, doar când este legată la o bază de date comună, puterea fiecărei tehnologii crește geometric. Ceea ce face ca funcțiile CIM să-și arate eficiența este fluxul informațional ce leagă toate componentele CIM [6,82,124]

Dată fiind importanța esențială a proiectării în fluxul realizării unui produs de calitate, va fi necesară reunirea experienței deținute de către trei categorii de specialiști, figura 1.12.

Ideea reunirii cunoștințelor într-o bază de date unitară la care să aibă acces toți cei care concurează la realizarea unui produs este des întâlnită în literatura de specialitate [30,48,88], constituind principiul ingineriei simultane (concurrente).

În ultimii ani se discută de integrarea CAD/CAM, fără a se preciza însă poziția CAPP. Dacă se va analiza riguros procesul CAD/CAM se va constata că acesta presupune în mod inevitabil etapa intermediară CAPP, putându-se spune că, de fapt, este vorba de un proces CAD/CAPP/CAM [122]. În figura 1.13 este ilustrat modul în care CAPP se interpune în CAD/CAM. Elementele de inteligență artificială intervin în acest proces de interpretare a configurației geometrice a pieselor, fie la introducerea manuală a caracteristicilor, fie prin preluarea acestora dintr-un modul CAD [2,107].

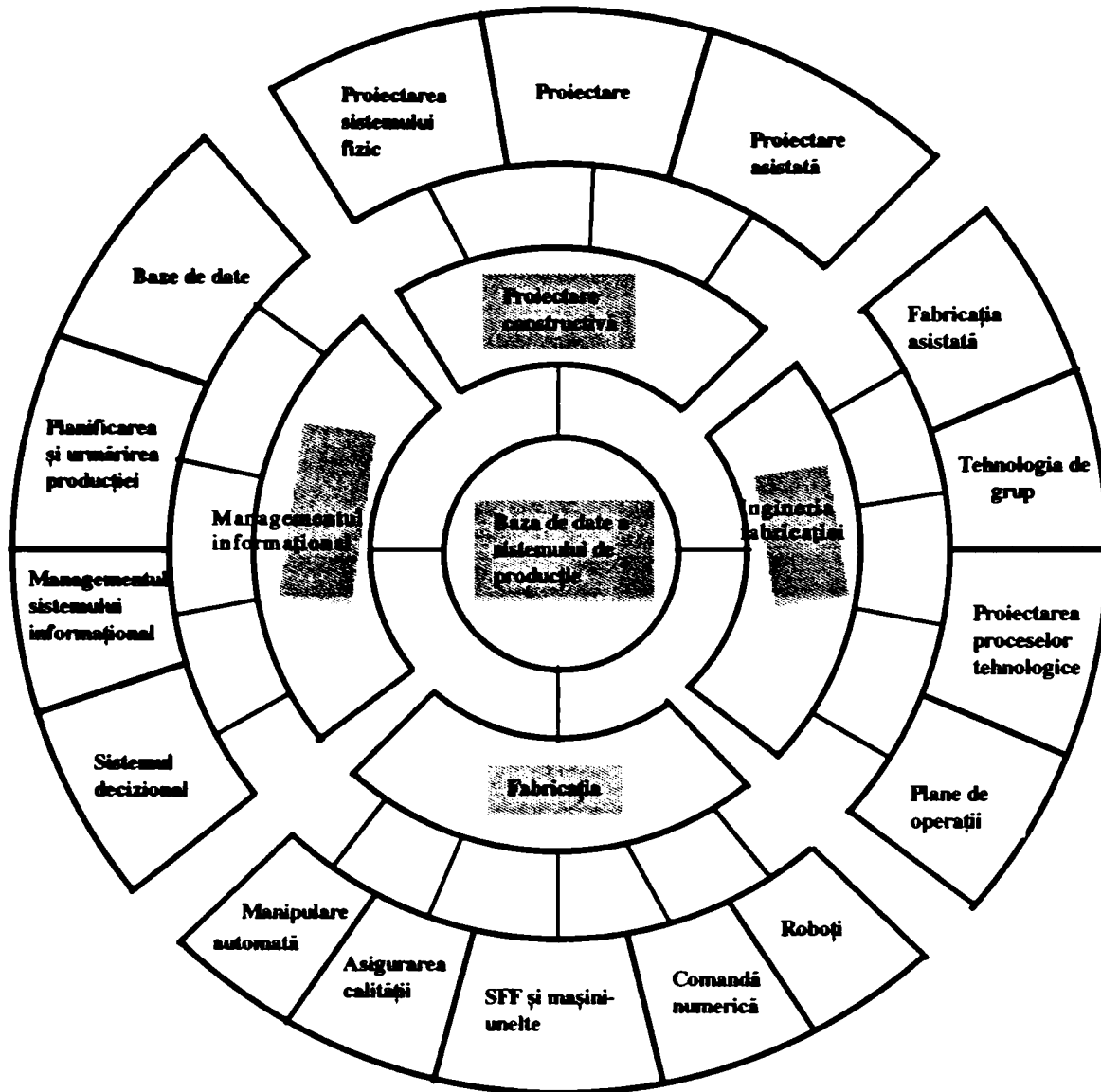


Figura 1.11: Funcțiile CIM, după [34]

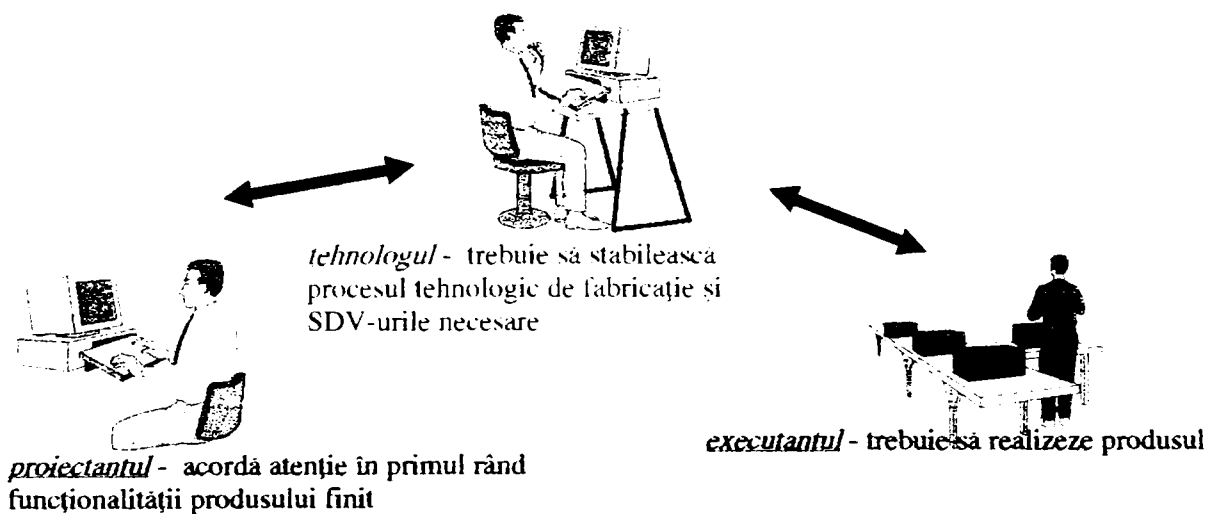


Figura 1.12: Fluxul realizării unui produs

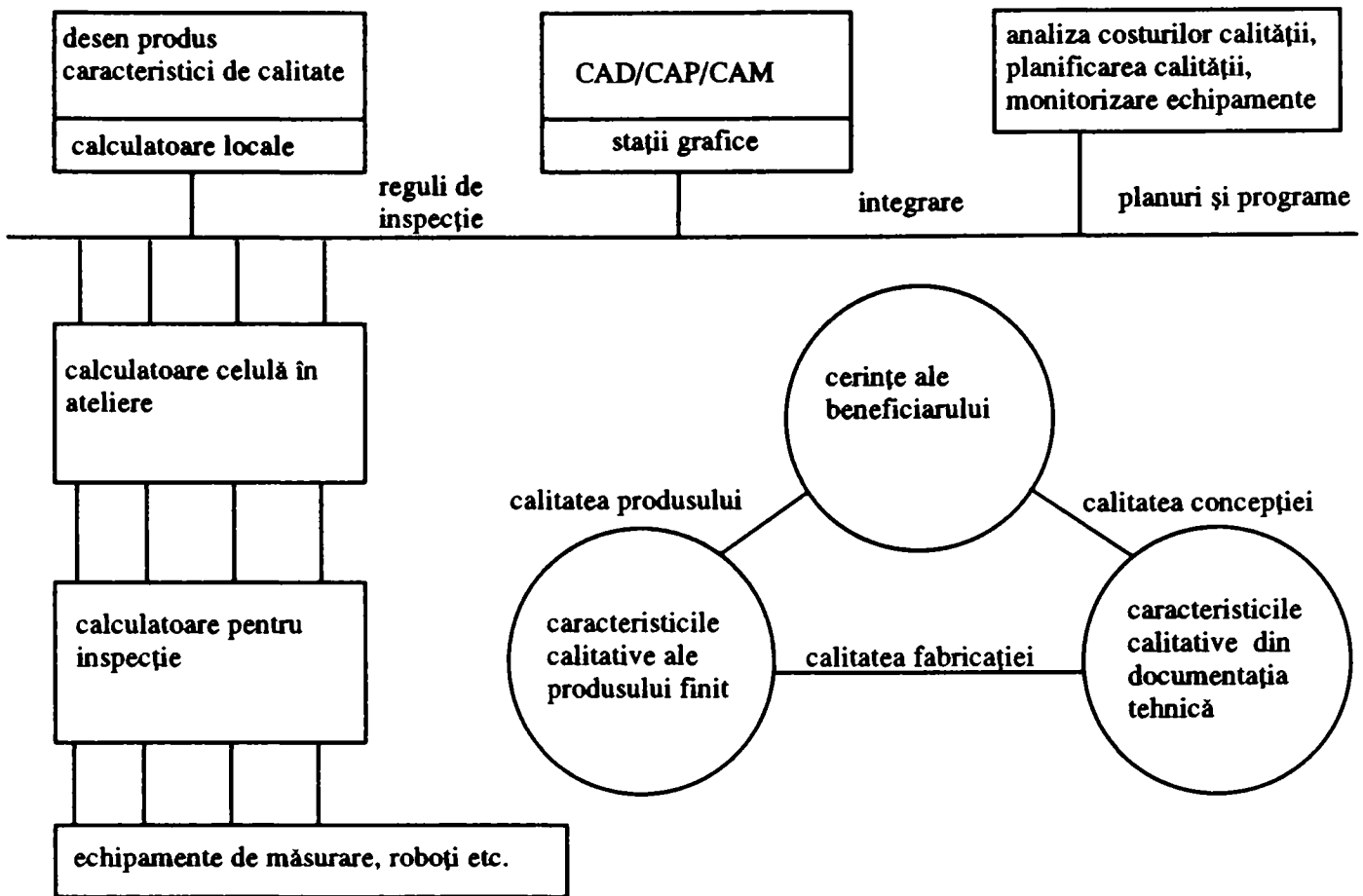


Figura 1.14: Structura hard-soft în CIQMS

1.3.4. Conceperea și implementarea sistemului CIM

Modulele CIM reprezintă punctul de plecare pentru dezvoltarea sistemului CIM. Unele firme produc elemente ale FMS (MUCN, roboți, unități de conducere, automate programabile, sisteme de transport și depozitare, software etc.) în timp ce alte întreprinderi sunt beneficiari ale acestor elemente și sunt interesate în crearea sistemului CIM, pe baza modelelor de referință. CIM nu este un produs care se cumpără pe piață, ci un concept strategic de dezvoltare al întreprinderii.

Cu toate că scopurile vizate de sistemul CIM sunt în concordanță cu scopurile potențialilor utilizatori, există rețineri, mai ales la nivelul întreprinderilor mijlocii. Aceasta se datorează faptului că este dificil să se cunoască modul cum se pot evalua riscurile și avantajele, știind că CIM reprezintă un mod de gândire pentru rezolvarea problemelor, iar implementarea cu succes se poate face doar în condițiile unei individualizări. Experiența acumulată în conceperea și implementarea variantelor CIM arată că o dezvoltare sistematică are aplicabilitate mai ales în cazul întreprinderilor mijlocii. Se poate prezenta un model procedural generic, figura 1.15, pentru implementarea sistemelor CIM. Etapele modelului de

implementare sunt desfășurate pe cinci niveluri distincte: analizarea situației curente, conceperea planului, proiectarea, implementarea, instalarea.

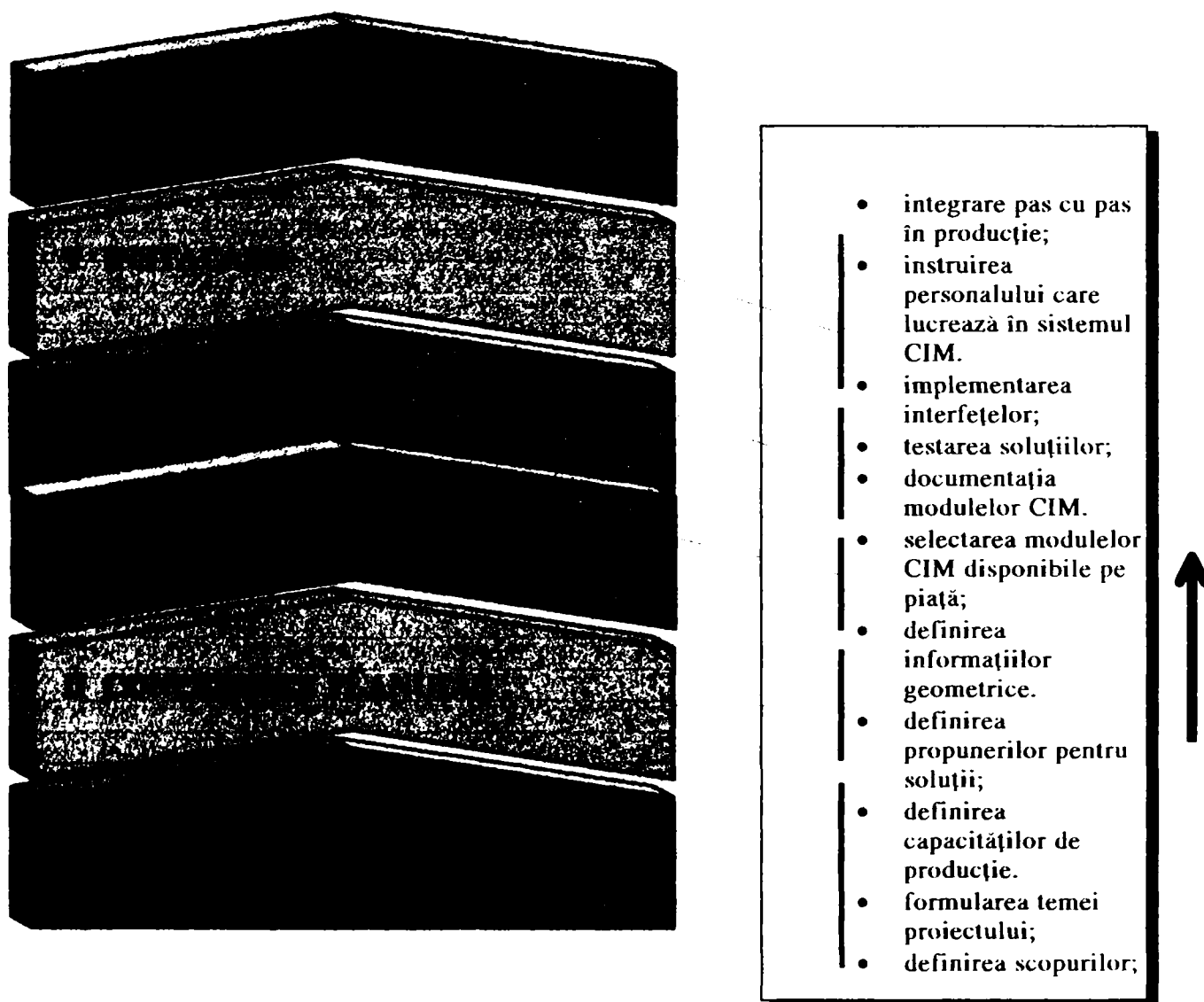


Figura 1.15: Modelul procedural de concepere și implementare a sistemelor CIM

Principala sarcină în *analizarea situației curente* este separarea și ordonarea informațiilor operaționale. Rezultatele se înregistrează într-un raport de analiză, raport ce va permite identificarea variantelor de organizare ale procesului.

În *conceperea planului*, propunerile de soluții identificate în faza precedentă sunt conturate definitiv. Faza de *proiectare* formulează subfuncțiile definite, apărând astfel arhitectura tehnică. După definirea completă a subfuncțiilor și interfețelor se poate trece la *implementare*. Odată ce sistemul a fost integrat în procesul operațional se încheie metodologia.

1.3.5. Eficiența sistemului CIM

Aplicarea conceptului CIM într-o întreprindere conduce la:

- ◆ creșterea competenței tehnologice, prin realizarea unor produse de concepție îmbunătățite la preț mai redus, îmbunătățirea calității produselor, deci în mod implicit, îmbunătățirea imaginii întreprinderii, îmbunătățirea logisticii, prin reducerea depozitelor intermediare, a producției neterminată, deci și a costurilor legate de acestea, perfecționarea profesională a angajaților, satisfacții mai mari în muncă, crearea unor locuri de muncă necesitând calificare superioară;
- ◆ creșterea competenței organizatorice, care se traduce prin scurtarea timpului în care un produs parcurge toate fazele producției și, prin aceasta scăderea costurilor, creșterea flexibilității, creșterea volumului vânzărilor și a serviciilor, având drept efect posibilitatea de creare a unor noi produse, șanse de dezvoltare, creșterea lichidităților financiare disponibile prin diminuarea cerințelor de mijloace și creșterea vitezei de circulație a capitalului.

Patru factori-cheie de management vor determina în final viteza de implementare și odată cu ea succesul unei întreprinderi:

- * articularea unei strategii CIM care recunoaște impactul CIM asupra competitivității generale a întreprinderii, nu doar asupra implicațiilor financiare pe termen scurt. Aceasta înseamnă că, întreprinderea trebuie să determine exact cum va concura (superioritatea ei relativ la preț, calitate, flexibilitate) și cum CIM poate contribui în mod specific la competitivitate;
- * necesitatea planificării la nivel de întreprindere, implicând toate funcțiile de afaceri. Cea mai bună cale de a planifica pentru CIM este de obicei printr-o forță operațională multidisciplinară, cu implicarea directă a top managementului;
- * recunoașterea că structura administrativă și sarcinile forței de muncă trebuie a fi schimbate pentru a beneficia din plin de capabilitatea sistemului CIM. CIM este atât o nouă filozofie cât și o tehnologie nouă care dărâmă barierele departamentale și necesită aptitudini de muncă noi. Este binecunoscut faptul că o cerință esențială pentru folosirea eficientă a CIM este interacțiunea strânsă între inginerie și fabricație rezultând structuri de echipă. De asemenea sunt necesare tipuri similare de grupări sau noi forme de legături organizaționale între marketing, inginerie și fabricație. Sarcinile forței de muncă devin evident mai legate de computer necesitând aptitudini de procesare a informațiilor mai curând decât aptitudini legate direct de producție. În fine, există dovezi că CIM duce la creșterea volumului muncii și deci la posturi noi și mai puține;

- * recunoașterea faptului că diverse activități vor trebui să fie modificate pentru a sprijini tehnologiile CIM. Tehnologiile de grup, de exemplu, vor necesita modificări în standardele de lucru, procedurile de întreținere, prelucrare etc.

Beneficiile aduse de subsistemele CIM, figura 1.16, sunt numeroase pentru a fi discutate în detaliu. Totuși ar fi necesară o sinteză de ansamblu asupra avantajelor majore.

Avantajele tehnologiei de grup includ reducerea numărului de piese într-o bază de date, costuri reduse de introducere a pieselor, coeficienți de utilizare a mașinilor măriți și timp general de pregătire mai scurt. Manipularea automată a materialelor produce beneficii cantitative și calitative. Beneficiile cantitative tipice includ reducerea erorilor de inventariere, reduceri generale de inventare, productivitate mai mare, mai puține livrări întârziate, timpi de livrare mai mici și stocări mai puține. Beneficiile calitative includ relații mai bune și un management profesional. Beneficii tipice în urma manipulării automate a materialelor includ o precizie mai mare a înregistrărilor de inventar, necesar de spațiu de stocare mai mic, productivitate a muncii mai mare, siguranță mărită și siguranța spațiului de depozitare, deteriorarea redusă a produselor și coordonarea mișcărilor materialelor cu echipamentul de manipulare a materialelor.

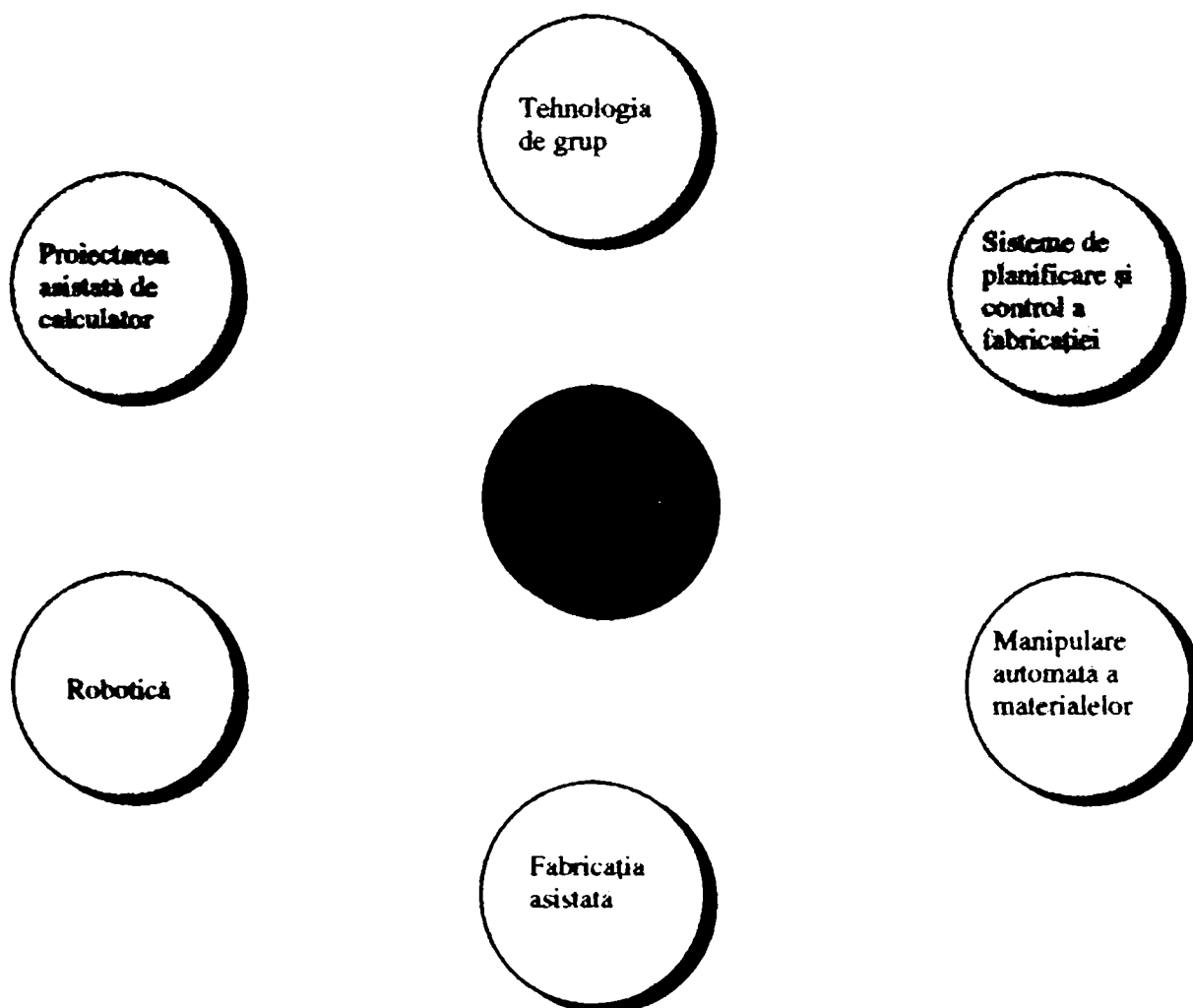


Figura 1.16: Cele șase domenii (tehnologii) funcționale ale CIM

Sistemele CIM au multe beneficii similare cu cele deja menționate pentru celelalte domenii, cum sunt productivitatea muncii mărite, calitatea mai bună a produsului și mai puțin timp de pregătire, adică o flexibilitate ridicată, figura 1.17.

Beneficiile pe termen lung ale unui sistem integrat cum este CIM sunt beneficiile individuale amplificate geometric cu beneficiile integrării fiecărei componente într-un sistem comun:

$$\text{Beneficiile CIM} = \text{Beneficiile fiecărei componente} \times \text{Beneficiile integrării}$$

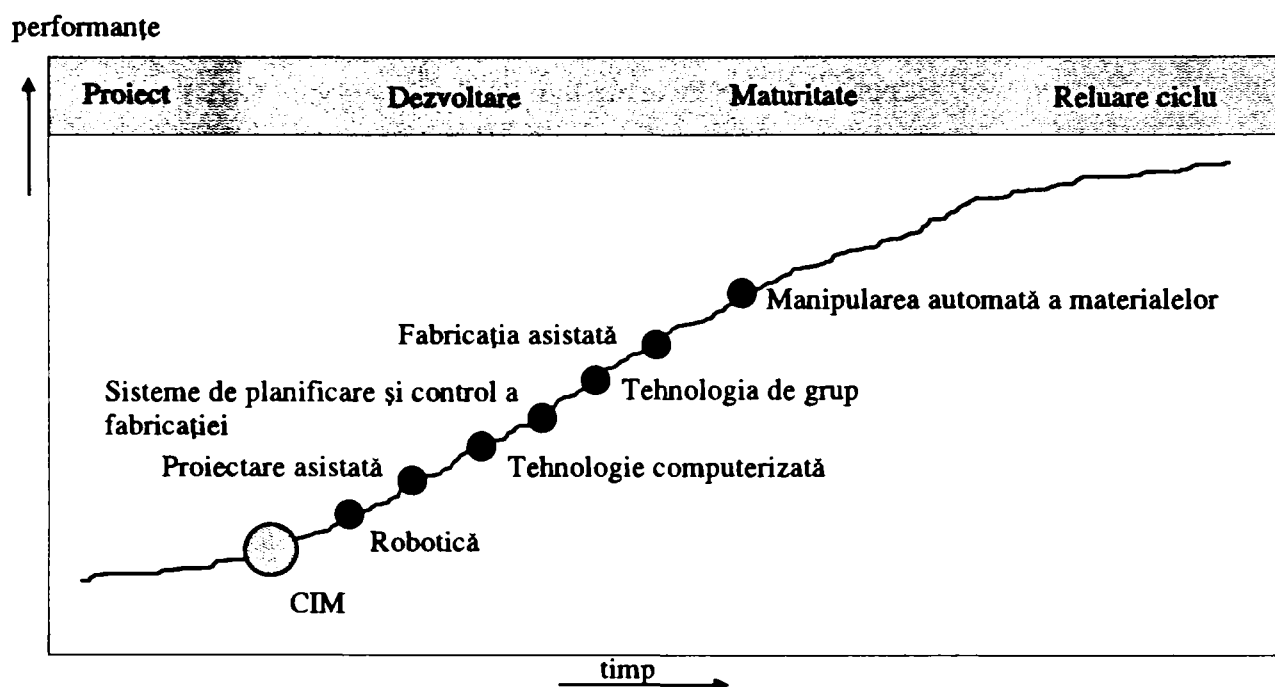


Figura 1.17: Dezvoltarea sistemului CIM ca întreg și a componentelor sale

Punerea la punct și implementarea unui sistem CIM este deosebit de dificilă și durează o perioadă mare de timp (4-5 ani). De fapt este vorba de o strategie CIM pe care trebuie să o adopte orice firmă care va implementa un sistem avansat de producție. O serie de experți sunt de părere că firmele care nu vor avea ca obiectiv strategic implementarea CIM vor dispărea [34,88].

Integrarea duce la un management mai bun al fluxului de date de fabricație, comunicații interdepartamentale mai bune și utilizarea mai bună a resurselor, care pot duce toate la câștiguri mari în calitatea produsului și în eficiența producției. Elocvent, pentru aceasta este studiul realizat pe cinci companii americane care au implementat CIM, care evidențiază, figura 1.18, domeniul și valoarea de îmbunătățiri realizate de pe urma implementării [34].

intreprinderi complet automatizate ele implică și oameni, cel puțin la nivelul conducerii. CIM3 se preocupă în special de găsirea soluțiilor de armonizare a componentei umane și a celei materiale. Acest nou concept se armonizează complet cu cel de TQM (Total Quality Management) lansat și susținut de japonezi. CIM3 încearcă să promoveze un sistem de producție cu adevărat inteligent, mai flexibil și mai cooperativ, ce poate manipula cu ușurință atât reguli cât și excepții, poate gestiona atât activitățile planificate cât și pe cele care apar spontan. O astfel de abordare unitară nu poate avea succes decât dacă se are în vedere utilizarea celor mai noi rezultate în domeniul calculatoarelor, ceea ce implică rezolvarea unor probleme care până nu demult intrau în competența exclusivă a experților umani, bineînțeles prin aportul incontestabil și din ce în ce mai greu de evitat al inteligenței artificiale.

1.4.2. Sistemul CIM-OSA

Utilizarea rațională a tehnologiei informației (IT - Information Technology) în sistemele de producție manufacturieră este una dintre orientările strategice în vederea atingerii obiectivelor de integrare, de automatizare și de flexibilitate a producăției, care ar trebui să le permită să devină mai competitive. Aceste obiective determină redefinirea și adesea simplificarea proceselor întreprinderii (procese de decizie, procese de fabricație, procese administrative), precum și gestionarea continuă a nevoilor de schimbare a acestor procese în funcție de evoluția piesei sau a mediului înconjurător întreprinderii.

CIM-OSA (Open System Architecture for CIM) este o arhitectură de sisteme deschise de producție integrată prin calculator articulată în jurul a trei componente fundamentale [62]:

- un cadru de modelare de întreprindere;
- infrastructură integrantă;
- metodologie care acoperă ciclul de viață al sistemului CIM.

CIM-OSA are ca scop furnizarea unui suport de-a lungul ciclului de viață al sistemului CIM, pentru:

- definirea precisă a obiectivelor întreprinderii și a strategiilor de fabricație;
- configurarea și exploatarea sistemului CIM în corelare cu aceste obiective;
- conducerea sistemului într-un context de schimbare permanentă.

Problema integrării în întreprinderile manufacturiere privește capacitatea de a face să comunice și să lucreze împreună diversele componente ale întreprinderii (oameni, mașini, sisteme informatizate etc.) într-un mediu distribuit și într-un mod coordonat și coerent, în funcție de obiectivele de producție stabilite.

Se pot distinge trei forme de integrare, care se suprapun:

- integrarea fizică a componentelor, care se bazează pe sistemele de comunicare prin rețele de calculatoare și protocoalele de comunicare (MAP, TOP, CNMA și rețele de teren FIP);
- integrarea aplicațiilor sau integrarea prin date, care se bazează pe de o parte pe formate neutre de schimb de date (STEP, EDI etc.) și pe de altă parte pe un ansamblu de servicii informatice care permit schimbul de date;
- integrarea globală a întreprinderii, care vizează integrarea proceselor întreprinderii, adică a tuturor funcțiilor întreprinderii, luând în considerare o bună parte a bazei de cunoștințe a întreprinderii. Este nevoie de un model de întreprindere și de o infrastructură integrantă care să permită execuția acestui model pentru a controla realizarea proceselor întreprinderii. Această ultimă formă de integrare globală constituie obiectivul și originalitatea sistemului CIM-OSA.

1.4.3. Sistemul suplu de producție (lean production)

În Japonia s-a dezvoltat un nou mod de organizare a sistemului de producție care se bazează pe responsabilizarea personalului direct productiv. Conceptele sale au permis punerea în evidență a unor aberații relative la supraautomatizarea proceselor. În raport cu sistemul CIM, care conduce spre uzina integrată, complet automatizată, fără personal, în afară câinelui de pază, producția suplă (*lean production*) constituie un concept mai uman [105].

Producția suplă diferă de producția de masă prin finalitatea sa: perfecțiunea fabricației. Producția de masă se diferențiază de producția unitară prin cantitatea mare de produse la preț scăzut, dar ea se preocupă puțin de calitatea intrinsecă a ceea ce fabrică. Astfel, producția de masă se multumește cu un produs suficient de bun, pe când producția suplă vizează un produs întotdeauna mai bun.

Japonezii au reușit performanța de a ameliora calitatea produselor lor multiplicând în același timp modelele și fabricând în cantități mereu crescânde. Ei au realizat astfel sinteza perfectă a avantajelor producției de masă (productivitate ridicată, cost redus) și ale producției unitare (calitate înaltă).

Producția suplă impune:

- ✓ termene de concepție mai scurte;
- ✓ termene de livrare mai reduse;
- ✓ defecte mai puține;
- ✓ producție în curs și stocuri mai mici;
- ✓ suprafața ocupată mai mică;
- ✓ produse standardizate mai puține.

Rolul angajaților crește în producția suplă, acestora cerându-le:

- pregătire mai ridicată;
- responsabilitate sporită;
- autonomie mai multă.

Superioritatea sistemului japonez, în raport cu sistemul de producție american, oglindită în industria de automobile este demonstrată în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1.

Caracteristici	General Motors	Toyota	GM - Toyota
Termen de asamblare a unei masini [h]	31	16	19
Numar de defecte de asamblare la 100 de masini	135	45	45
Suprafata necesara pentru asamblarea unei masini [mp/masina/an]	0,8	0,5	0,7
Stoc mediu de componente	14 zile	2 ore	2 ore

1.4.4. Sistemul inteligent de producție (IMS)

Sistemul inteligent de producție (IMS - Intelligent Manufacturing System) este un acronim de origine japoneză care corespunde unui program de cercetare și dezvoltare care a demarat în cursul anilor '80. Scopul acestui program este de a cerceta sistemul industrial al anilor viitori, de a întări vitalitatea industriei și de a rezolva problemele cu care aceasta se confruntă: globalizarea piețelor și aplicarea noilor tehnologii de producție [62]. Programul a fost pus în aplicare în 1995 și include 21 țări și peste 350 participanți, având 6 centre regionale: SUA, Canada, Australia, Japonia, Uniunea Europeană și Elveția.

Programul IMS are ca obiective:

- ✓ dezvoltarea generației următoare de tehnologii și norme pe baza experienței din trecut a industriei manufacturiere, organizându-le și sistematizându-le;
- ✓ organizarea cunoștințelor normalizate pentru viitoarele sisteme de producție;
- ✓ începerea cercetării și dezvoltării asupra tehnologiilor de fabricație ale începutului secolului XXI.

Astfel, conceptele legate de IMS vin din realitatea actuală și determină cercetarea realității viitoare.

Temele programului IMS sunt axate pe:

1. Ciclul de viață total al produsului:

- ◆ Sisteme de fabricație pentru viitor. Exemple de propuneri sunt "fabricația agilă", "intreprinderea fractală", "fabricația bionică" etc.

- ◆ Sisteme inteligente de comunicare pentru procesarea informației în procesul de producție;
- ◆ Protecția mediului, consumul minim de energie și materiale;
- ◆ Reciclarea și reutilizarea.

2. Metode de producție

- ◆ Procese de producție ce reduc impactul asupra mediului înconjurător: sisteme cu emisii reduse, sisteme cu reziduuri reduse, procese cu ciclul de viață prestabilit;
- ◆ Procese cu randament ridicat, ce corespund cerințelor de fabricație cu un minim consum energetic;
- ◆ Inovare tehnologică în procesul de producție: metode de schimbare rapidă a produsului fabricat, prin "Metoda Prototipării Rapide", metode de producție cu răspuns flexibil la modificările condițiilor de lucru, schimbarea produsului sau materialelor;
- ◆ Îmbunătățirea flexibilității și autonomiei modulelor de fabricație ce compun sistemul de producție;
- ◆ Îmbunătățirea interacțiunii sau armoniei între diversele componente și funcții ale producției.

3. Instrumente de strategie/planificare/proiectare

- ◆ Schimbarea structurilor verticale și ierarhice către o structură "hietrarhică";
- ◆ Metode și mijloace pentru re-engineering;
- ◆ Instrumente de modelare pentru analiza și dezvoltarea strategiilor de producție;
- ◆ Instrumente pentru planificare într-o întreprindere mare sau mediu productiv virtual.

4. Probleme umane/organizare/sociale

- ◆ Promovarea și dezvoltarea de proiecte pentru îmbunătățirea imaginii activității de producție;
- ◆ Îmbunătățirea pregătirii profesionale;
- ◆ Fabrici autonome mobile (integrarea unor funcții în filiale);
- ◆ Resurse informaționale tehnice ale firmei - pșstrare, dezvoltare, accesare;
- ◆ Metode noi de cuantificare a performanțelor, conform noilor cerințe.

5. Intreprinderi extinse/virtuale

Intreprinderea extinsă este un rezultat al cerințelor de piață, de a cuprinde în întreprindere resurse externe, fără a le poseda. Specializarea afacerii într-un domeniu este cheia către excelență, dar produsul sau serviciul necesită un amalgam de capacități excelente. Piețele în schimbare necesită un mix variabil de resurse. Telul este întreprinderea extinsă, care este comparată cu cea mai mare formă de producție ce poate fi condusă.

Operarea întreprinderilor extinse necesită îmbunătățirea comunicațiilor și a bazelor de date tehnologice care trebuie să ajungă la perfecțiune (apropiere de artă). Marea problemă este cea legată de organizare și nu de probleme tehnologice.

Posibilitățile de cercetare și dezvoltare în acest domeniu sunt:

- metodologii pentru precizarea și susținerea fluxului informațional pe lanțul valoric într-o întreprindere mare;
- arhitectura (economic, funcțional și tehnic) pentru a asigura cooperarea tehnică în lungul lanțului valoric, exemplu: ingineria concurentă într-o companie extinsă;
- metode și metodologii de stabilire a costurilor, siguranței, riscului și recompensei în cadrul unei întreprinderi extinse;
- lucrul în echipă în unități individuale din întreprinderile extinse.

1.4.5. Intreprinderea fractală

Din punct de vedere industrial, frontierele întreprinderii depășesc pe cele ale unei națiuni [31]. Această afirmație s-a întărit în ultimii ani. Numeroase exemple confirmă zilnic această constatare. S-ă cităm: diagnosticul la distanță cu ajutorul transmițerii de date, comanda directă de materiale prin fax, montarea de mașini în întreprinderea client, stocul deportat etc.

Astăzi nu este greu de dovedit că structurile interne ale întreprinderii au devenit instabile și se poate constata că schimbările de mediu au o influență directă asupra angajaților. De exemplu, este obișnuit să se găsească echipe de proiecte formate din ingineri și executanți sau servicii comerciale urmărind comanda din momentul primirii ei până la livrare. Se întâlnesc parcursuri orizontale de-a lungul unor servicii foarte diferite ale întreprinderii și dispariția nivelelor ierarhice.

În fața unei astfel de situații s-ar părea că științele ingineresti se află în fața unei paradigme a lumii industriale care nu mai caută să liniarizeze turbulențele mediului. Dimpotrivă, astăzi, aceste științe caută să exprime și să stăpânească complexitatea și indeterminismul sistemului întreprindere. O astfel de paradigmă este denumită Paragigma Fractală.

O fractală este o unitate organizatorică acționând în mod autonom, ale cărei obiective și servicii sunt clar descrise. Fractalele se organizează în mod individual și integrează obiectivele întreprinderii.

Intreprinderea fractală este deci un sistem deschis compus din unități autonome, finalizate. Această definiție generală trebuie să fie precizată în raport cu cadrul de referință al întreprinderilor:

- Intreprinderea fractală este un sistem global deschis. această viziune globalistă permite integrarea tuturor relațiilor pe care întreprinderea le poate avea cu mediul său. Concepția tradițională a întreprinderii ca sumă a funcțiilor specializate nu mai corespunde. Procesele de producție trebuie să fie orientate spre satisfacerea clientului și spre realizarea de servicii. Ele trebuie, de asemenea, să integreze gestiunea resurselor și concertarea cu clientul. Orice angajat al întreprinderii trebuie să comunice cu mediul, cu clienții și cu partenerii interni. El folosește componentele sale la definirea și la îmbunătățirea proceselor și a structurilor. Pentru creșterea reactivității întreprinderii el poate pune la dispoziție componentele sale dincolo de propriile sale funcții, pentru a garanta termenele și satisfacția clientului;
- Se poate considera că astăzi întreprinderile se dezvoltă în mod neliniar, prin schimbări neprevizibile, dar care trebuie să fie dirijate. De aceea, orice planificare bazată pe principii prea simple prezintă riscul să fie foarte îndepărtată de realitate. În plus, măsurarea abaterilor furnizează adesea rezultate cu întârziere. Devine deci necesară stăpânirea întreprinderii în timp real pentru creșterea reactivității sale;
- În întreprinderea fractală, organizarea în rețea este cea mai adecvată. Reactivitatea întreprinderii necesită structuri organizatorice orientate pe proces și capabile să se autoadapteze la schimbările rapide ale mediului. Organizările ierarhice nu pot satisface astfel de constrângeri;
- Toate relațiile întreprinderii fractale pot fi considerate ca un fel de joc cooperativ câștigător. dacă o organizare industrială caută să atingă un obiectiv unic, atunci coeziunea unităților constituind această organizare este garantată dacă activitatea industrială a fiecăreia este mai importantă în interiorul rețelei decât în exterior;
- Toate frontierele dintre diferitele unități sunt imprecise și permeabile informațiilor. Constrângerile temporare și turbulențele mediului necesită sisteme capabile să administreze procesele în mod global și fără interfața specificată. Dispariția acestor interfețe mărește exigența față de angajați, căci o definiție precisă a funcțiilor și a responsabilităților fiecăruia nu mai este posibilă. Fiecare este chemat să-și ia responsabilități și să acționeze dincolo de domeniul său, pentru a conduce mai bine procesele, pentru a reduce termenele și a maximiza eficiența;
- Prescripțiile și procesele din interiorul unităților fractale nu mai sunt planificate cu precizie. Ele sunt doar orientate spre un obiectiv elaborat de comun acord între angajați și client. În acest nou context de procese schimbate, o planificare precisă ar părea absurdă. Pe baza obiectivelor, determinarea proceselor se poate face prin autoorganizare și

autooptimizare. Astfel eliberați, angajații pot contribui la îmbunătățirea procedeelelor și produselor și pot exploata liber creativitatea și motivația lor;

- Într-o întreprindere fractală informația este disponibilă pentru toți și fiecare angajat o poate primi, trata și evalua. Fractalele, în calitate de unități autonome și autooptimizate sunt unități informative și comunicante. Este imposibil de a prevedea nevoia de informație și de comunicare în fiecare situație. Revine deci indivizilor fiecărei unități fractale de a stabili cum își procură informația, cum o tratează și cum o utilizează pentru a lua decizii. Tehnologiile actuale de tratare a informației și nivelul de formare al angajaților sunt întrutotul satisfăcătoare pentru a permite o astfel de abordare. Aceasta încurajează angajații să comunice și să se responsabilizeze prin decizii autonome bazate pe un nivel de informație îmbunătățit. Angajații trebuie să aibă acces chiar și la informații financiare, strategice și economice ale întreprinderii, în scopul de a putea colabora la definirea obiectivelor și la dezvoltarea acestora.

1.5. Strategia cercetărilor proprii

1.5.1. Analiza situației existente în întreprinderile românești

Cercetările proprii în domeniul producției integrate [20,21,22,54,56] au pornit de la întrebarea: cum se poate realiza optimul din punct de vedere calitate-productivitate-cost în industria constructoare de mașini din România, folosind experiența țărilor avansate economic?

Suportul cercetărilor întreprinse a constituit-o convingerea că, introducerea conceptului CIM duce la depășirea contradicțiilor din sistemele de producție clasice: flexibilitate/productivitate/economicitate/calitate/cantitate. În ultimă instanță, aplicarea conceptului CIM conduce la creșterea capacității concurențiale, a reactivității și flexibilității întreprinderii, în condițiile unei producții tot mai diverse și în loturi de fabricație tot mai mici.

Din analizarea situației existente în întreprinderile constructoare de mașini din România se pot reține o serie de disfuncționalități care au efecte negative asupra producției și a accesului pe piața internațională:

- * sistemele de producție existente sunt sisteme închise;
- * nu există o legătură bine definită între compartimente;
- * nu există suficientă flexibilitate, nici în concepție și nici în fabricația propriu-zisă;

- calitatea produselor este relativ scăzută, cu multe rebuturi și rețușuri (există numeroase întreruperi și reveniri în buclă pentru remedierea sau modificarea parametrilor produsului sau a activităților anterior efectuate);
- productivitatea este scăzută;
- termenele de livrare către clienți sunt de multe ori depășite;
- stocurile de materiale și piese sunt mari;
- nu există un management coerent al activității sistemului de producție;
- costurile pentru proiectare și fabricație sunt însemnate.

1.5.2. Premisele de abordare a cercetărilor

Pentru realizarea unei producții competitive este necesară o viziune strategică asupra modului în care toate resursele productive ale întreprinderii sunt conectate între ele și cu mediul înconjurător. Aceasta necesită crearea unui sistem informațional cu conexiuni și fluxuri informaționale optime.

Prezentarea generală a unui sistem de producție [34], figura 1.19, ilustrează aceste relații generale folosind noțiunea de fabricație la nivel mondial, cu rolul de a defini scopul global al operațiilor de fabricație ale unei întreprinderi. Realizarea acestui scop atrage după sine interacțiuni continue cu clientul și furnizorii, și fabricația integrată prin contopirea diferitelor concepte: controlul calității totale (TQC), sistemul integrat de producție (CIM) și Just-in-Time (JIT) [121]. Partea centrală a acestei integrări este strategia de ansamblu asupra sistemului, pentru că fabricația constă din întreaga gamă de activități, începând de la conceperea produsului și a procesului de fabricație, continuând cu planificarea și urmărirea fabricației, procesul de fabricație în sine, distribuirea și mentenanța produselor. Nici o activitate nu se poate efectua fără a afecta o altă parte a sa, fie anterioară, fie ulterioară. Cercetările realizate au pornit de la sinteza sistemelor de producție existente pe plan intern și extern. Concluzia este că există sisteme integrate de producție, dar care sunt inoperante la noi în țară datorită costurilor enorme, pe care nici o întreprindere nu le-ar putea suporta. Singura soluție posibilă în acest moment este conceperea de module CIM și integrarea capacităților de concepție și fabricație printr-un sistem informațional care să țină seama de potențialul financiar al întreprinderii. Procesul ciclic de dezvoltare și implementare a unei strategii de fabricație, prezentat în figura 1.20, pornește tocmai de la analiza obiectivă a informațiilor din sistemul de producție (informații tehnice, economice, financiare etc.) și luarea deciziilor privind poziționarea fabricației și evaluarea priorităților legate de sarcinile de fabricație.

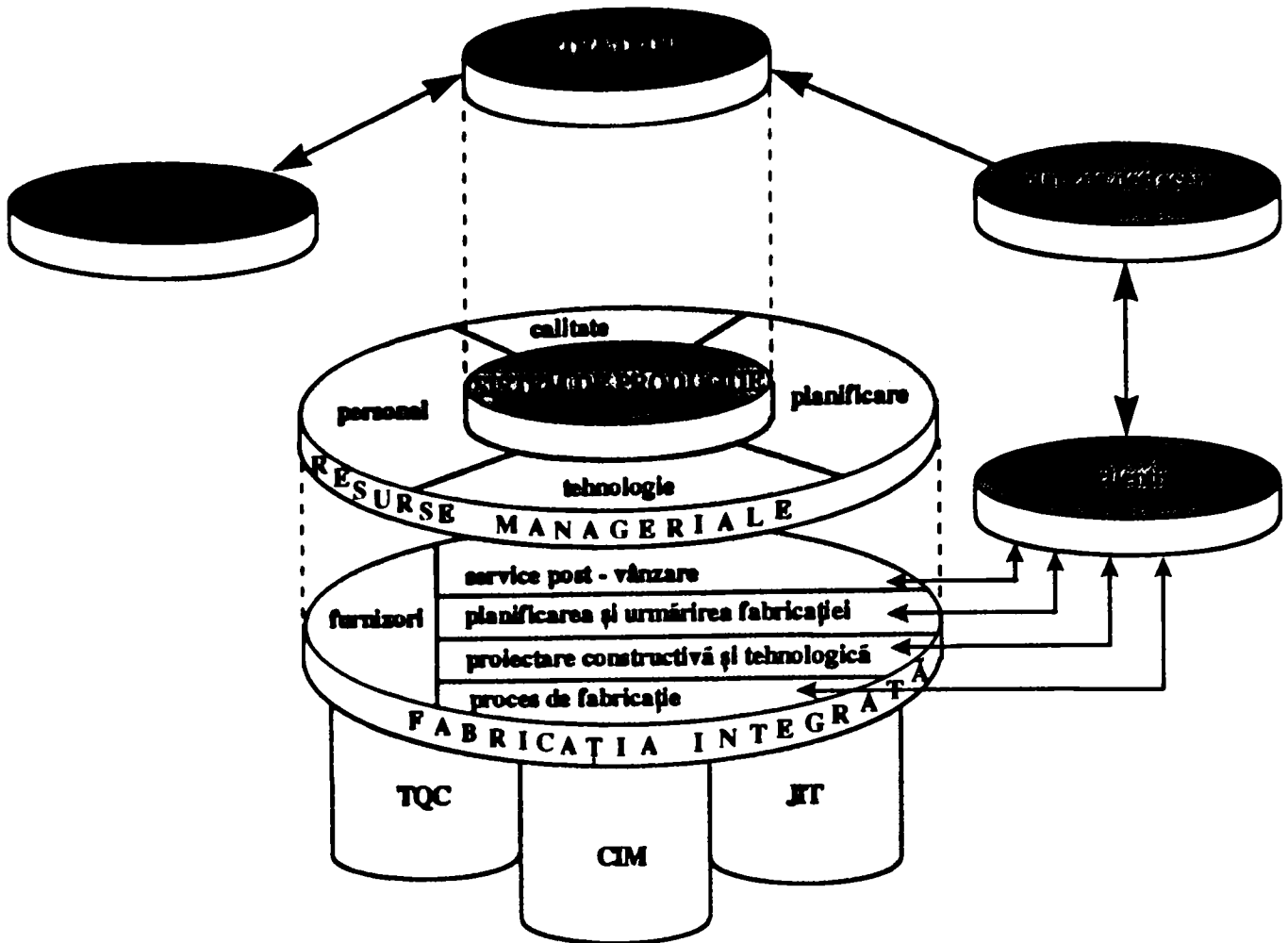


Figura 1.19: Relațiile generale privind sistemele de producție, după [34]

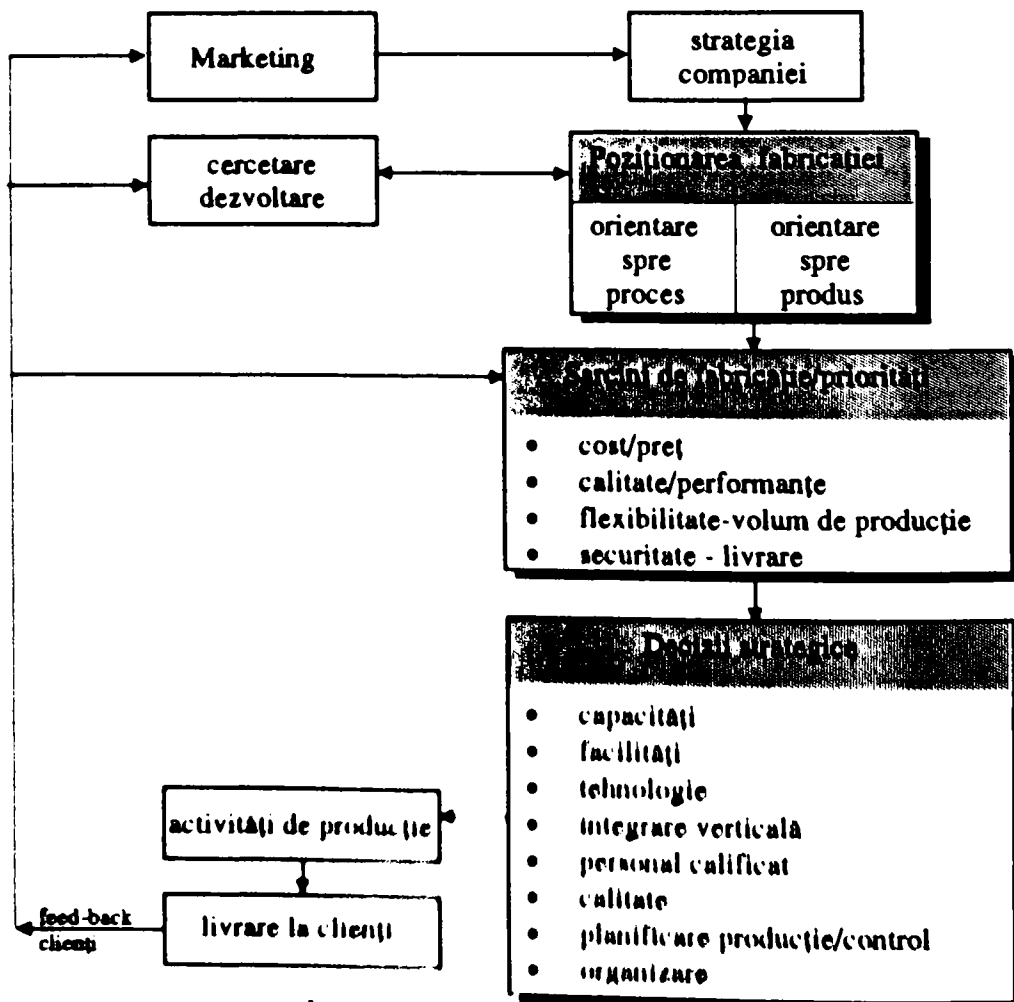


Figura 1.20: Strategia de fabricație

1.5.3. Etapele cercetărilor

Cercetările abordate urmăresc, în principal, găsirea unor soluții viabile pentru aplicarea conceptului CIM în întreprinderile din industria constructoare de mașini din țară. Aceste cercetări au fost desfășurate în etape, care pot fi identificate în figura 1.21.

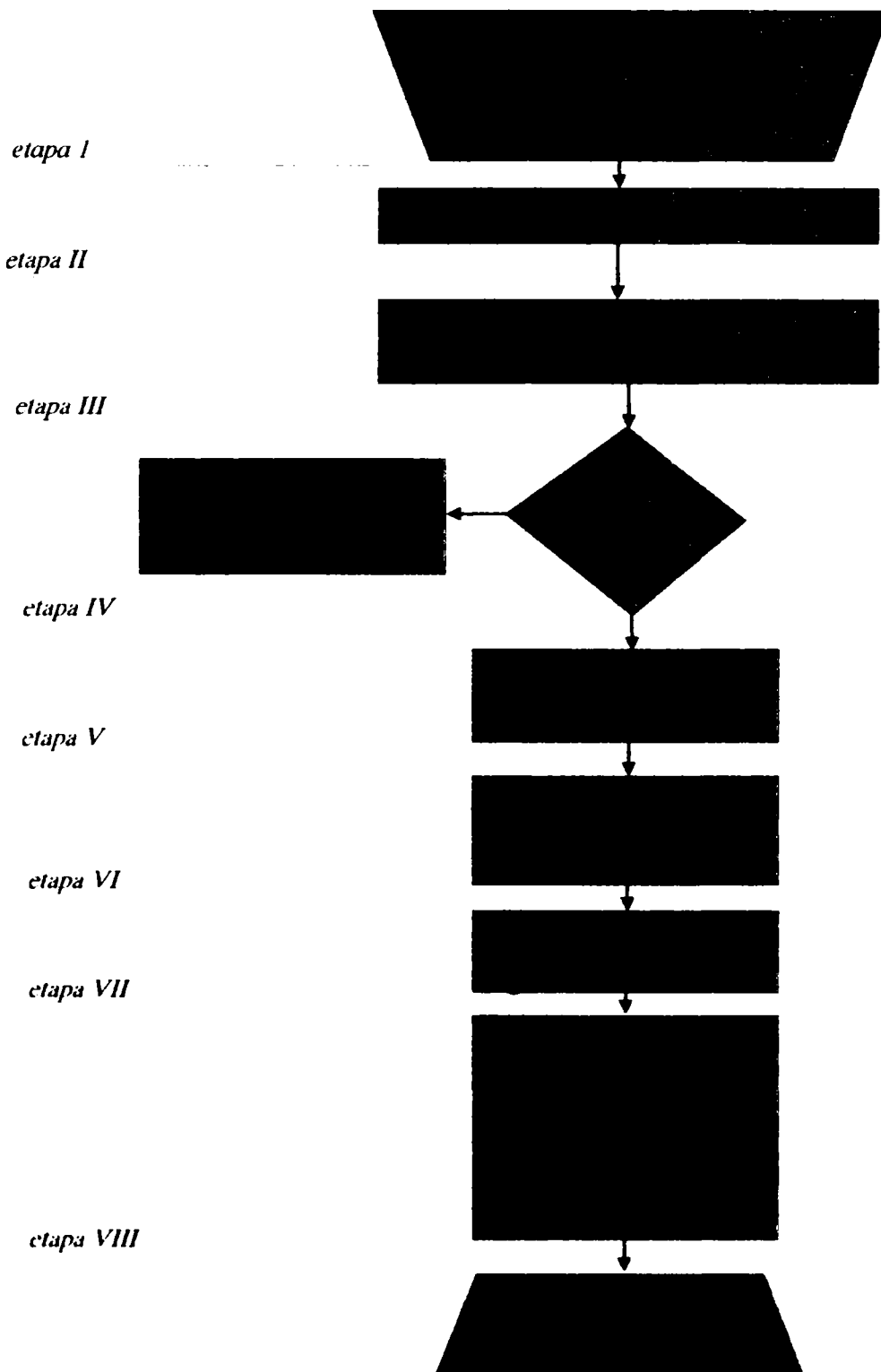


Figura 1.21: Programul de cercetare privind fabricația integrată

Etapa I cuprinde activitatea profesională și științifică desfășurată în domeniul aplicării informatizării în proiectare și fabricație la Intreprinderea de Construcții Aeronautice din Ghimbav - Brașov, și la Facultatea de Inginerie din Sibiu.

Etapa a II-a constă în cercetarea bibliografică privind sistemele integrate de producție. Ea urmărește analizarea componentelor sistemului integrat. Pe baza cercetării bibliografice se pot obține informații utile legate de realizările din industriile avansate (SUA, Germania, Japonia, Franța, Anglia), precum și tendințele actuale în domeniu [134]. Se pot defini astfel obiectivele și strategia cercetărilor. Concluzia esențială este că indiferent cât de performante sunt modulele CIM realizate de industriile avansate, ele nu au efectul dorit în orice loc în care se implementează, ci pentru a obține rezultatele scontate este necesar să se conceapă sau să se adapteze module CIM la condițiile concrete existente.

Etapa a III-a constă din sinteza principalelor realizări în domeniul producției integrate și situația implementării conceptului CIM. Din această sinteză reies beneficiile pe termen mediu și lung în toate sistemele CIM cunoscute (CIM-Fabrik din Hannover, Fabrica MAZAK din Worcester, Fabrica IBM din Charlotte etc.), iar privitor la componentele CIM se poate trage concluzia privind ciclul de viață al componentelor CIM (asemănător cu ciclul de viață al produsului) în raport cu ciclul de viață al sistemului CIM integral.

Etapa a IV-a - analiza critică a soluțiilor existente pe plan mondial este necesară în scopul de a vedea posibilitatea aplicării modulelor CIM realizate de firme de specialitate, de concepere și implementare a sistemului integrat de producție pentru transmisiile cardanice la S.C. COMPA S.A. din Sibiu.

Etapele V și VI - sunt cele în care, pe baza studiului pe componente a sistemului CIM se realizează noi soluții de module, soluții care să corespundă posibilităților concrete de implementare din întreprinderea de transmisii cardanice, dar și din alte firme din țară. Cercetările vizează informatizarea activităților la diferite niveluri (planificarea și urmărirea producției, concepție, fabricație, control), iar fiecare componentă să poată fi integrată în sistem. Totodată se definește cadrul organizatoric și obiectivele pe care trebuie să le atingă modulele CIM realizate. Se elaborează propuneri pentru sistemul informațional și de efectuare a conexiunilor între diferite activități și se realizează diferite programe pentru platformele hard existente în dotarea întreprinderii. Programele se testează și se simulează diferite soluții, din care, pe baza unor procese de optimizare, se selectează și se consideră ca funcționale doar acelea care corespund scopurilor definite.

Etapa a VII-a este foarte importantă din punct de vedere al cercetărilor. În această etapă se definește fluxul informațional ce poate lega diferitele module CIM concepute și realizate, precum și managementul sistemului informațional.

Se definește modul de realizare a legăturilor dintre diferitele activități informatizate, cât și felul datelor vehiculate în sistemul informațional. Se împart pe niveluri de acces datele ce sunt conținute în baza de date, definindu-se tipurile de date (tehnologice și grafice) și modul de gestionare.

Se analizează fluxurile de informații și de materiale din sistemul CIM, precum și timpii de răspuns la diferitele accesări. Se determină interfețele dintre diferitele activități informatizate, interfețe care pot fi de tip hard sau soft.

Se poate spune că în această etapă cercetările urmăresc logica sistemului integrat de producție, adică informațiile și materialele vehiculate, timpii de acces și conexiunea dintre interfețe.

Etapa a VIII-a este etapa în care se efectuează evaluarea cantitativă și calitativă a modulelor CIM propuse, după diferite criterii: calitatea componentelor, productivitatea sistemului, costurile.

Modelarea se face atât pe componente, cât și global, pentru obținerea unui model matematic de evaluare a efectelor integrării activităților într-un sistem CIM. Această modelare poate fi un instrument util pentru cei care doresc să implementeze sistemul CIM în producție, pentru a vedea implicațiile tehnice și economice ale soluțiilor propuse și a estima beneficiile implementării pe termen mediu și lung. Pentru această estimare trebuie realizate baze de date ce conțin informații legate de costurile implementării: costuri cu dotarea hard (echipamente electronice, mașini-unelte, interfețe etc.), costuri cu dotarea soft (programe, baze de date, interfețe etc.), costuri cu specializarea personalului funcție de variantele alese. Este, totodată, etapa în care se evaluează modulele CIM din punct de vedere al flexibilității fabricației.

Se caută găsirea unei funcții a flexibilității fabricației și optimizarea ei. Pentru validarea modelului matematic se realizează un program de modelare și simulare a flexibilității fabricației, în funcție de diferite condiții de lucru. Toate acestea vor permite, în final, stabilirea efectelor economice ce se obțin de pe urma instalării modulelor CIM în fabricația transmisiilor cardanice.

1.6. Concluzii

Capitolul întâi, prin sinteza asupra nivelului de dezvoltare a sistemelor CIM și evoluțiile sistemelor de producție a permis *stabilirea unor direcții de cercetare pentru găsirea unor căi realiste de concepție, dar mai ales de implementare a modulelor CIM în domeniul construcțiilor de mașini din țară.*

Concluzia desprinsă din cercetarea bibliografică poate fi rezumată în aceea că singura cale spre creșterea competitivității întreprinderilor este cea de integrare pas cu pas a activităților ciclului de viață al produsului printr-un sistem informațional adecvat, concomitent cu adoptarea modelului de organizare de tip inginerie simultană (concurrentă), pentru a permite crearea unor structuri fractale în cadrul unor viitoare întreprinderi extinse/virtuale.

Capitolul 2:

CONTRIBUȚII LA CONCEPEREA ȘI
REALIZAREA UNOR MODULE CIM

**CONTRIBUȚII LA
CONCEPEREA ȘI
REALIZAREA UNOR
MODULE CIM**



2.1. Introducere

Privind din perspectiva organizării procesului de cuplare a sistemelor CAD, CAPP și CAM, aceasta tinde către efectul de integrare verticală a informațiilor pentru producerea datelor tehnologice.

Strategia abordării concepției modulelor CIM a urmărit în primul rând posibilitatea integrării modulelor printr-un sistem informațional. La baza concepția modulelor CIM au stat metode și principii, ca: programarea parametrizată, tehnologia de grup, programarea orientată obiect, teoria așteptării. Prin elaborarea unor module CIM s-a încercat găsirea unor proiecte alternative unor module CIM costisitoare, cu posibilități de integrare pas cu pas în sistemele de producție. Obiectivul principal în conceperea unor module CIM a fost cel în care diferitele module realizate să poată fi integrate prin interfețe soft astfel încât să existe compatibilitate între informațiile vehiculate în fluxul informațional.

2.2. Modulul de concepție constructivă asistată de calculator - CAD

2.2.1. Considerații generale

Modulul de concepție constructivă asistată de calculator (CAD) reprezintă un element de bază în CIM, fiind punctul de plecare în concepția și proiectarea produsului.

Având în vedere că procesul de concepție trebuie să ofere soluții optime problemei de rezolvat nu există o metodologie generală care să garanteze optimizarea globală a concepției. De aceea modulul CAD va trebui să permită utilizatorului să conceapă un produs în timp și cost redus și totodată să aibă un grad ridicat de flexibilitate.

Modulul CAD oferă programe de calculator care permit unui inginer proiectant să execute rapid transformări geometrice. Procesul de proiectare a unor produse și componente noi a fost în mod tradițional unul iterativ, în care specificațiile produsului sunt îmbunătățite în stadii succesive, pe baza experienței, a unor calcule, schițe și desene. CAD utilizează programe de calcul și de grafică și a îmbunătățit substanțial productivitatea proiectării. Geometria componentei poate fi afișată grafic și manipulată ușor pe monitorul video. Proiectele alternative pot fi dispuse și evaluate mai rapid, iar o parte din timpul și cheltuielile pentru modele și prototipuri sunt eliminate.

În plus, accesând baza de date, poate fi regăsit un desen deja existent, eliminând astfel efortul de proiectare dublu. Odată ce un proiect este satisfăcător, el este stocat în baza de date și poate fi transmis pe cale electronică la concepția tehnologică, producției sau control. În general, productivitatea desenării crește de trei ori sau mai mult, iar timpul de bază pentru concepția produsului se reduce.

Atunci când se analizează sistemele CAD ele nu trebuie luate individual. Ca și activitate individuală de concepție constructivă, trebuie luate în considerare toate verigile de producție, altfel se ajunge la concluzia că investițiile în achiziționarea sistemelor CAD sunt nerentabile.

CAD este o componentă importantă a sistemului CIM. Principala sarcină pe care o îndeplinește CIM este aceea a interfețelor dintre diferitele module CIM, formând astfel un întreg. Este nevoie de timp pentru a selecta și implementa acest sistem în producția curentă. Înainte de definirea interfețelor trebuie precizat ce fel de informație poate fi introdusă prin intermediul sistemului CAD. Informația (data) geometrică este prima care se cuvine a fi precizată. Problema este că un desen nu conține numai date geometrice, el conține, de asemenea, informații alfanumerice. Un sistem CAD poate fi utilizat pentru a converti informația geometrică cu tehnologia NC, de asemenea, textual informația poate fi transmisă la sistemele PP&C și CAPP pentru a fi stocată sub formă de tabele în bănci de date sau sisteme de cercetare.

Toate aceste date preliminare au fost folosite în cercetările privind realizarea unui modul CAD cât mai general care să poată fi integrat în sistemul CIM.

Premisele pentru conceperea modulului CAD sunt:

- integrarea lui în sistemul integrat de producție - CIM;

- legătura cu celelalte module prin: sistemul informațional, definirea tipurilor de informații vehiculate și compatibilizarea informațiilor;
- posibilitatea recunoașterii datelor geometrice (atributelor geometrice ale produsului) de către modulul CAPP (modul ce folosește datele din CAD ca date de intrere).

2.2.2. Concepția modului CAD

Adeesea concepția produselor este dificilă datorită configurației geometrice complexe. Un desen tridimensional este cel mai sugestiv mod de a descrie un reper. De aceea, față de concepția constructivă tradițională, concepția constructivă asistată permite reprezentarea spațială a reperului cu toate facilitățile ce decurg de aici:

- un model 3D facilitează înțelegerea modului în care e conceput și a modului în care funcționează un produs chiar și de persoane neinițiate (manageri, cei de la marketing, clienți);
- modelul 3D facilitează o proiectare corectă a desenelor de execuție, subansamblu și ansamblu, eliminând erorile care pot duce la interferențe, imposibilități de montaj și de asemenea facilitează proiectarea suprafețelor complexe (matrițe, caroserii auto).

O primă facilitate a modului CAD este cea de modelare geometrică 3D a produsului conceput, modelul putând fi vizualizat din orice direcție și utilizatorul poate obține, în consecință, un set complet de informații ale produsului, fără a fi necesară construcția prototipului. Modelarea se poate face prin trei metode [10,69]:

- modelarea orientată pe muchii (wireframe modelling) descrie corpul sub forma unor linii așezate de-a lungul muchiilor obiectului respectiv; modelul nu include informații legate de suprafață sau volume;
- modelarea orientată pe suprafețe (surface modelling) permite generarea suprafețelor pentru reprezentările wireframe. Sistemul CAD dispune de entități și comenzi specifice pentru generarea rețelelor 3D, a rețelelor poligonale 3D și a rețelelor multifacete. Prin generarea suprafețelor pentru modelele wireframe se obțin corpuri 3D, lipsite de "substanță", dar reprezentative pentru orice domeniu de proiectare, cu atât mai mult cu cât aceste corpuri pot fi supuse unor proceduri de ascundere a liniilor și de umbrire prin comenzi speciale;
- modelarea orientată pe volume (solid modelling) descrie corpurile și în interior. Întregul mediu cu geometria sa, caracteristicile de material și, rezultând de aici, modul de comportare al rezistenței, inerției și centrul de greutate, sunt descrise prin comenzi

speciale, care în plus, permit determinarea proiecțiilor, secțiunilor și intersecțiilor corpurilor 3D.

Transferul de date se realizează după un protocol în care programul de concepție constructivă este atât server cât și client al obiectelor link editate. Desenele pot fi incluse în orice aplicație client (de tip OLE - Object Link and Embedding), iar obiecte pot fi de asemenea incluse în desenele deja realizate. Înglobarea unui desen într-o altă aplicație înseamnă că a fost făcută și stocată o copie a lui. Nu există nici o asociere între fișierul desen și grafica înglobată în document. Legarea unui desen, prin acest protocol, înseamnă că în document a fost creată o legătură între desen și imaginea lui. Diferența dintre înglobare și legarea unui desen este aceea că legarea asociază unui document imaginea curentă a unui desen, iar înglobarea copiază într-un document atributele selectate dintr-un desen.

Avantajul modulului este acela că pe lângă elementele geometrice transmise unui alt modul (în special CAPP) sunt transmise și atributele desenului (date ce țin de calitate, toleranțe etc.). Toate acestea pot fi asimilate în sistemul informațional al sistemului CIM prin programarea obiectuală și baza de date orientată-obiect.

Un alt element folosit în concepția modulului CAD este folosirea conceptului de programare parametrizată. Conceptul de parametrică se referă la crearea formelor care sunt determinate prin valori numerice. Un exemplu de desen parametrizat este cel din figura 2. 1.

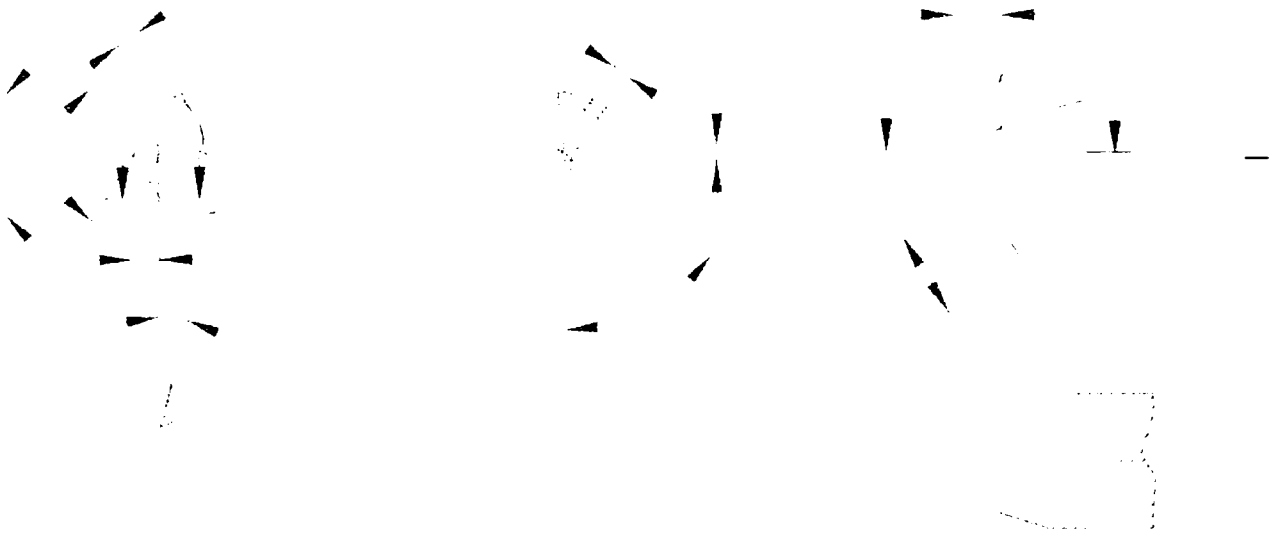


Figura 2.1: Conceptul de parametrizare în modulul CAD

Pentru o macrofuncție definită și pusă la îndemâna utilizatorului pentru introducerea unor valori ale cotelor de desen, cu valorile furnizate se desenează forma. Astfel s-a realizat un program parametric. Un avantaj al folosirii parametricii constă în faptul că după ce există toate dimensiunile care definesc o piesă se poate genera orice vedere dorită: secțiune, plan sau

elevație. O asemenea flexibilitate nu este posibilă dacă se folosesc pentru fiecare formă elemente predezinate.

În practică se întâlnească nu numai componente individuale ci și produse de înaltă complexitate, sisteme tehnologice complexe, cum ar fi, de exemplu, asamblări, agregate etc. Un obiect mai complex trebuie să-și găsească poziția sa proprie în sistemul de proiectare prin extinderea modelelor componente la produsul modul, așa cum este prezentat și în figura 2.2. un ansamblu format din mai multe componente.

Este cunoscut că fiecare sistem conține elemente și relații. În cadrul modulului CAD conceput se disting următoarele tipuri de relații:

- relații matematice, acestea fiind relațiile dintre diferite valori, de exemplu valorile dimensiunilor;

- relații matematice-logice, condiționarea între elemente făcându-se cu ajutorul acestor tipuri de relații, acestea fiind necesare de exemplu pentru formularea unor reguli formale precum: canalul de pană trebuie să fie mai mare de 5 mm;

- relații structurale, acestea fiind relații de tipul aparține sau conține;

- relații topologice, care privesc dimensiunea și poziția elementelor, fiind de fapt cele mai interesante pentru sistemul de proiectare asistat de calculator, în special în legătură cu grupurile componente, de exemplu în legătură cu problemele de asamblare.

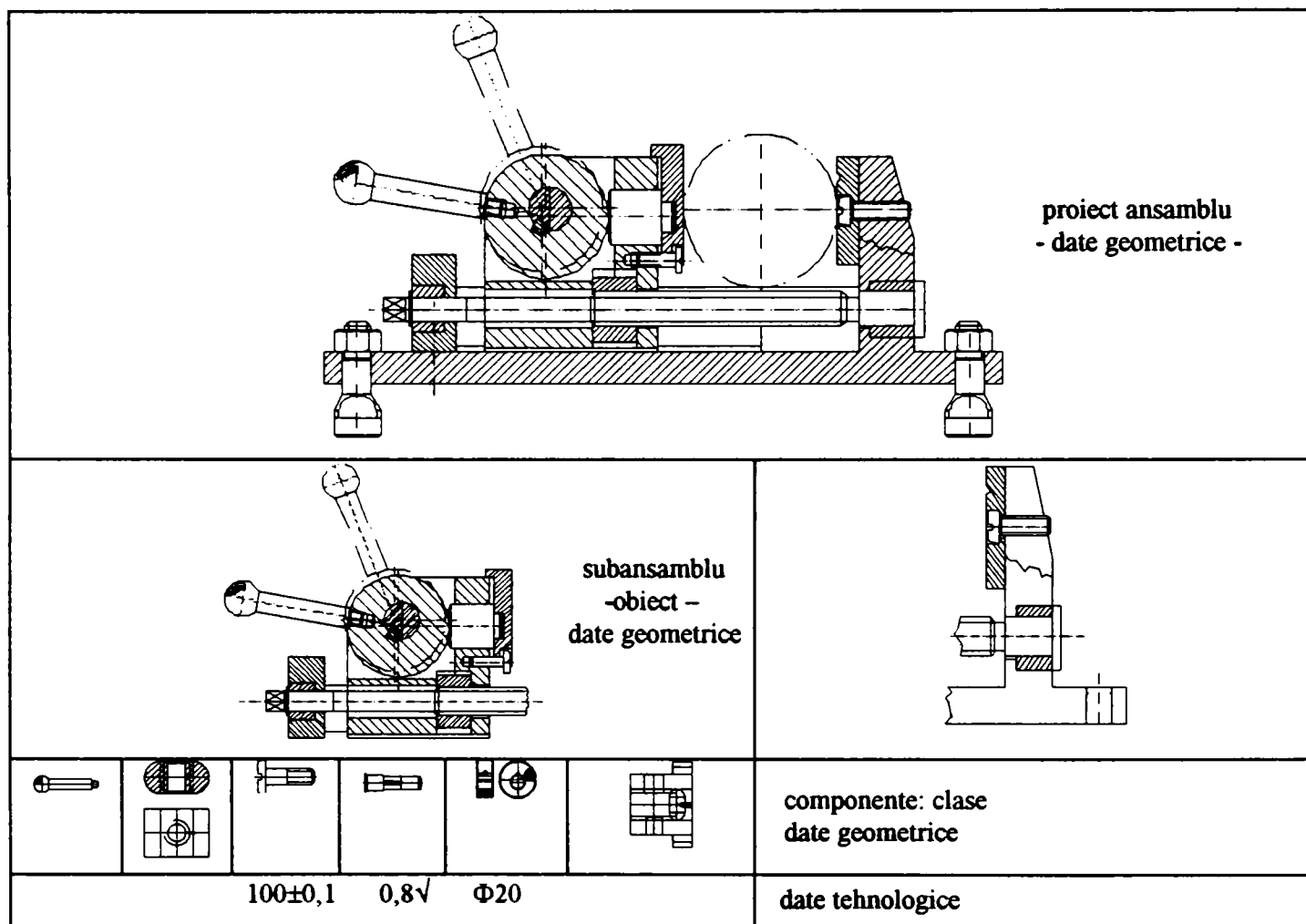
Modulul CAD, conceput pe baza proiectării parametrizate și a structurării pe obiecte a produselor, pentru a permite folosirea în același timp a datelor geometrice și a informațiilor tehnologice, conține toate datele produsului specificat de proiectant din punct de vedere tehnologic, geometric, funcțional și organizatoric. Modelul component este structurat ierarhic, fiind o reprezentare abstractă a componentelor reale tridimensionale. Modulele informative ale sistemului de proiectare pregătesc metodele de analiză funcțională care permit să se facă acordul cu desenul rezultat (final). În cadrul acestui sistem de proiectare este posibil (permis) accesul simultan la bazele de date extensive. Accesul rapid la o cunoaștere relevantă cere structurarea bazei de date (informaționale) luând în considerare diferite criterii. În primul rând este necesară o structurare a claselor:

- Know-Why include de, exemplu, reguli de desenare (proiectare) care pot fi descrise sub forma relațiilor If-Then;

- Know-How poate fi situat în forma programelor practice. Cu acest Know-How sunt determinate fapte care pot fi utilizate de către operator în condițiile respectării anumitor reguli;

- Know-What conține informații care pot fi procesate din cele menționate de Know-How.

Structura diferitelor clase de cunoaștere poate fi universală sau în funcție de diferiți factori specifici. Proiectantul are nevoie de diferite tipuri de baze informaționale pentru diferite situații (cazuri). Deoarece cunoașterea utilizată în partea de analiză este complexă și extinsă procesul informațional trebuie urmărit într-o singură fază, de la pregătirea analizei până la corectare. În faza pregătitoare numai, informarea este necesară să completeze analiza care este filtrată din modelul component și baza informațională. Proiectantul decide dacă se oprește analiza după diagnosticare sau se continuă următorii pași pentru o corectare automată. Pentru un proiect complet nou, proiectantul trebuie să lucreze la funcția cerută. Pornind de la o parte funcțională proiectantul poate construi prin extensie o structură operațională cu modulul CAD realizat.



- baza de date cu elementele codificate -

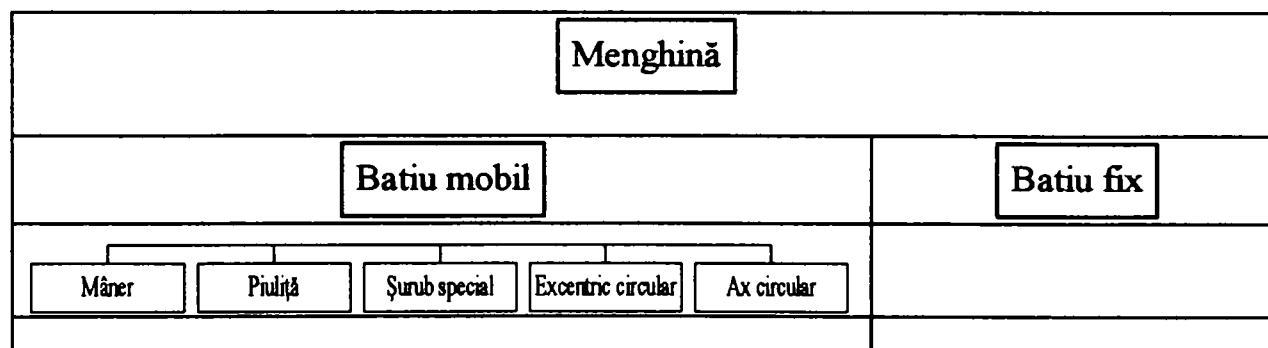


Figure 2.2: Proiectarea parametrizată și orientată obiect pentru un ansamblu realizat în modulul CAD conceput

2.2.3. Realizarea modului CAD

La realizarea modului CAD s-au folosit următoarele elemente principale:

- ◆ programul AutoCAD de proiectare asistată și programare parametrică în LISP;
- ◆ principiul tehnologiei de grup pentru realizarea desenelor parametrizate ale pieselor reprezentative;
- ◆ interfață soft programată în limbaj C++ ce face legătura cu baza de date grafică și tehnologică.

Realizarea modului CAD, bazat pe cele prezentate mai sus, fluxul informațional în acest modul și conexiunile cu alte module CIM sunt prezentate în figura 2.3.

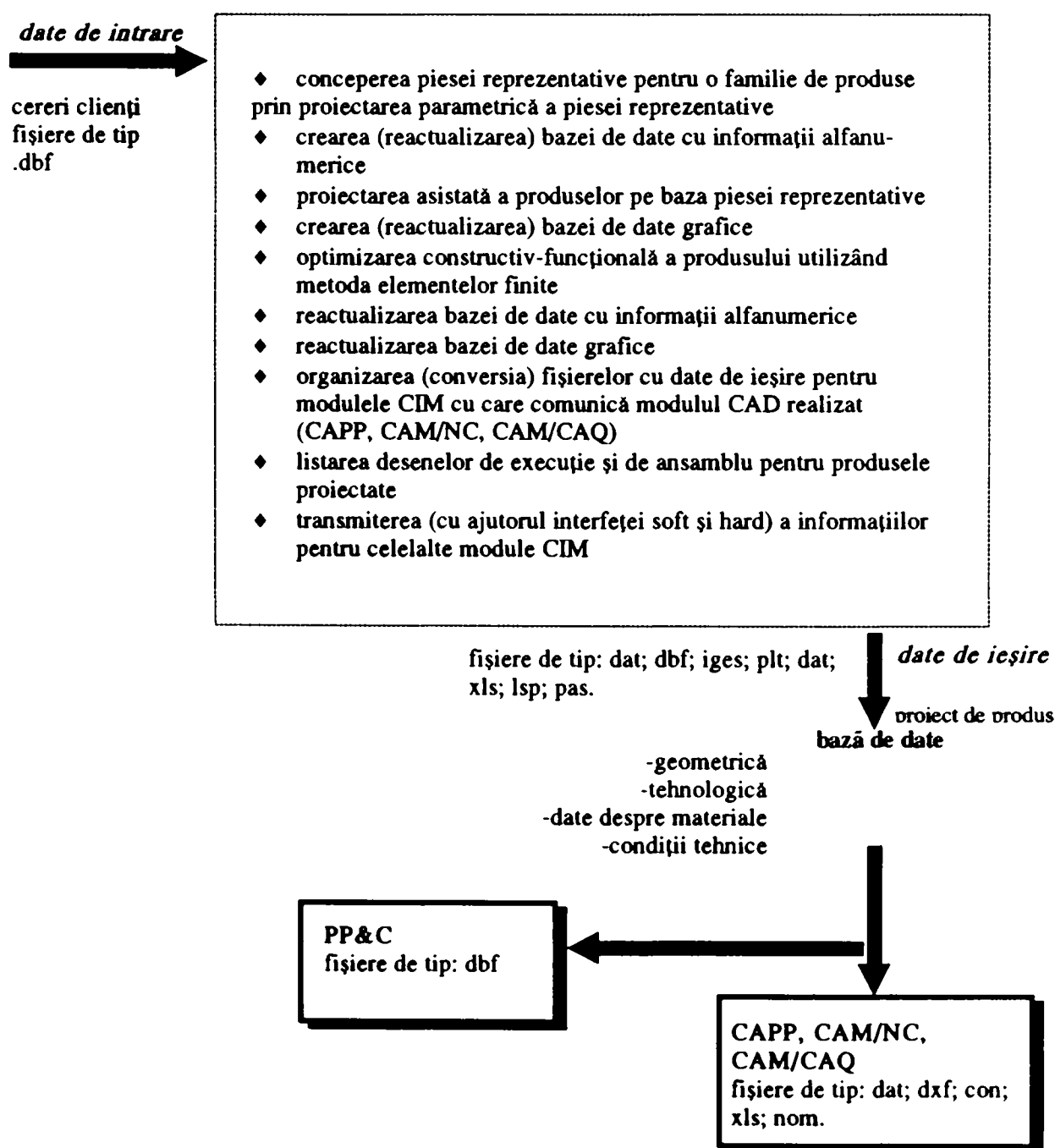


Figura 2.3: Elementele modului CAD

La baza modului CAD au stat principiile tehnologiei de grup [9,12]. Motivația principală a utilizării acesteia este că indiferent cât de des se schimbă programul de producție într-o întreprindere (în condițiile unei producții individuale sau de serie mică), produsele pot fi grupate din punct de vedere constructiv și tehnologic într-o familie (carcase, arbori, piese complexe etc.). Pe baza piesei reprezentative care este proiectată și stocată în baza de date grafice se poate trece la proiectarea asistată a oricărui produs din familia respectivă.

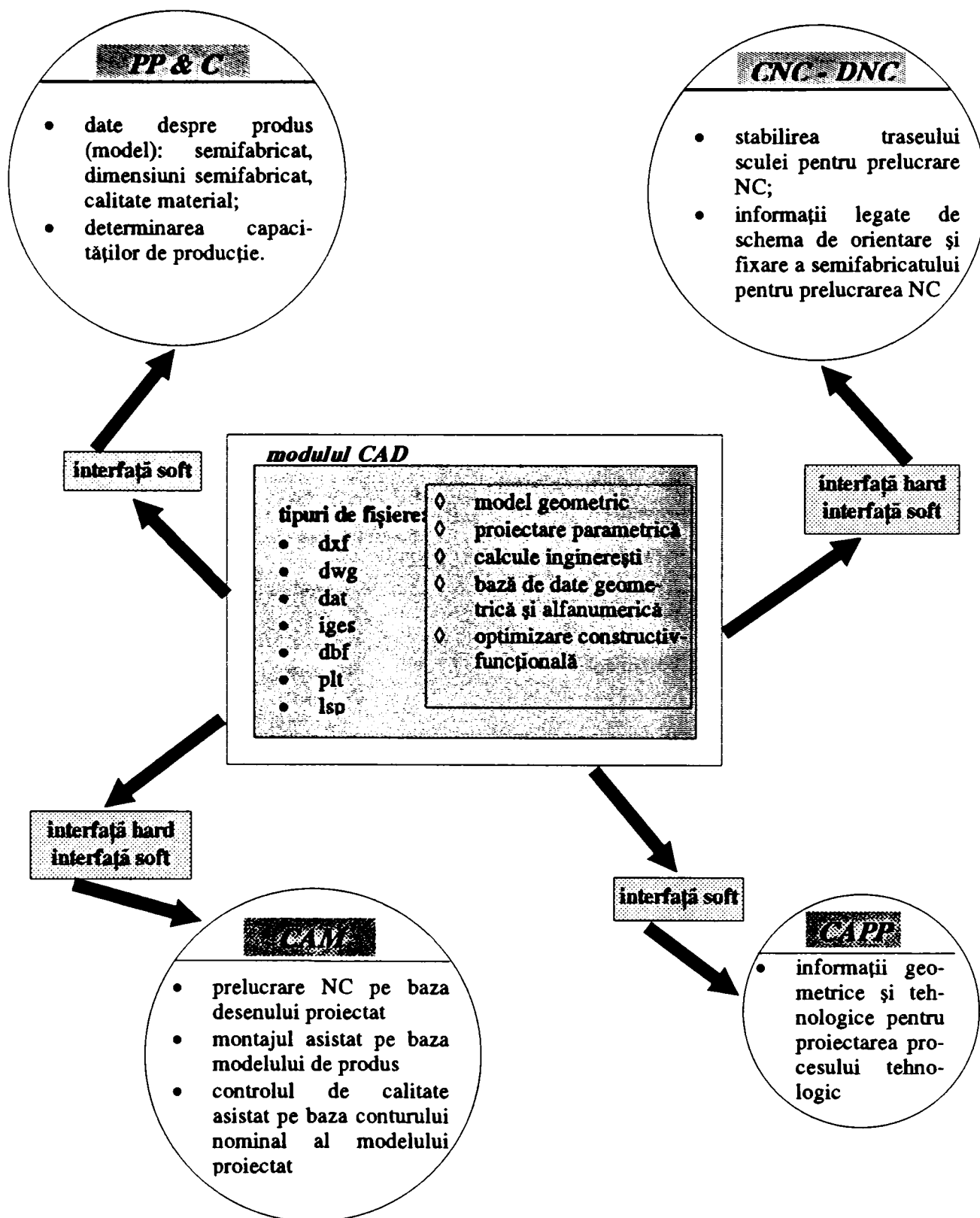


Figura 2.4: Informațiile prelucrate în modulul CAD și integrarea în sistemul CIM

Cu ajutorul bazei de date alfanumerice cu care comunică programul de proiectare constructivă se poate apela fișierul cu dimensiunile produsului pentru o anumită variantă constructivă pentru ca în final să se poată scoate desenele de execuție și de ansamblu ale produsului cerut. Comunicarea între fișierele de tip dwg, dxf și cele de tip dat se face prin interfața realizată în C++. Apoi fișierele rezultate din modulul CAD sunt trecute în baza de date pentru a fi preluate de modulul CAPP și cel de CAM/NC.

Programul PRO-CAD realizează, pe baza codurilor, gestiunea datelor necesare concepției constructive asistate de calculator în legătură cu principalele elemente constructive-funcționale ale reperelor. Programul este bazat pe programarea orientată obiect. Totodată programul face posibilă legătura dintre diferitele clase ale obiectelor prin codurile alfanumerice și atributele acestor clase, elemente cum ar fi: forma suprafețelor reperelor, materialele, condițiile tehnice pentru prelucrare etc. Programul permite actualizarea datelor astfel încât la începutul activităților de concepție constructivă asistate de calculator să existe toate elementele necesare proiectării parametrizate orientate obiect, figura 2.5.

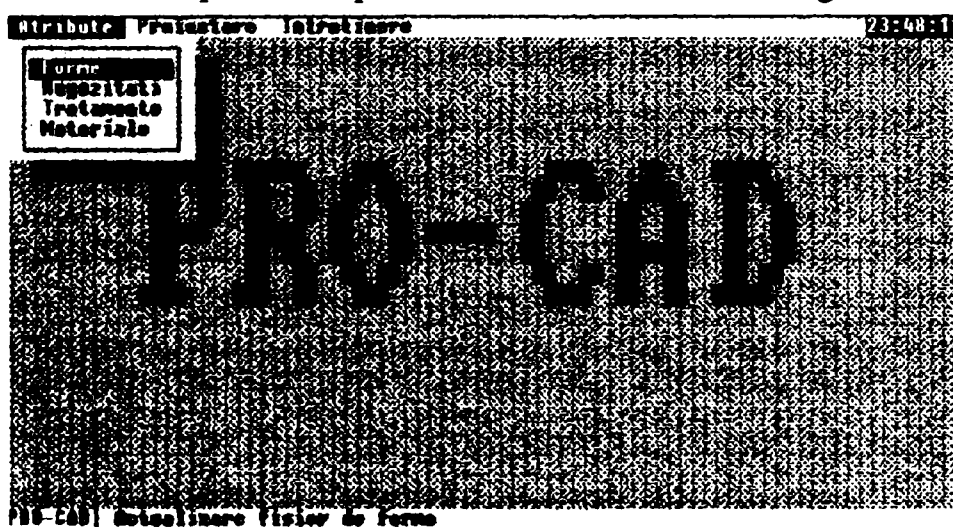


Figura 2.5: Meniul – ATTRIBUTE – a programului PRO-CAD

În figura 2.6 este redat meniul PROIECTARE unde se concepe structurarea ansamblului pe obiecte, codificarea elementelor componente și crearea bazei de date.

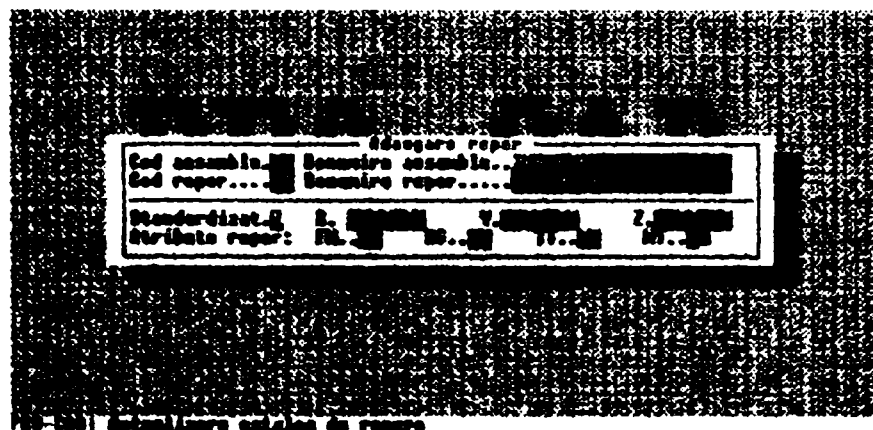


Figura 2.6: Meniul – PROIECTARE – a programului PRO-CAD

Codificarea, figura 2.7, face legătura dintre elementele geometrice ale obiectelor și datele tehnologice care vor fi folosite mai departe în modulul CAPP.

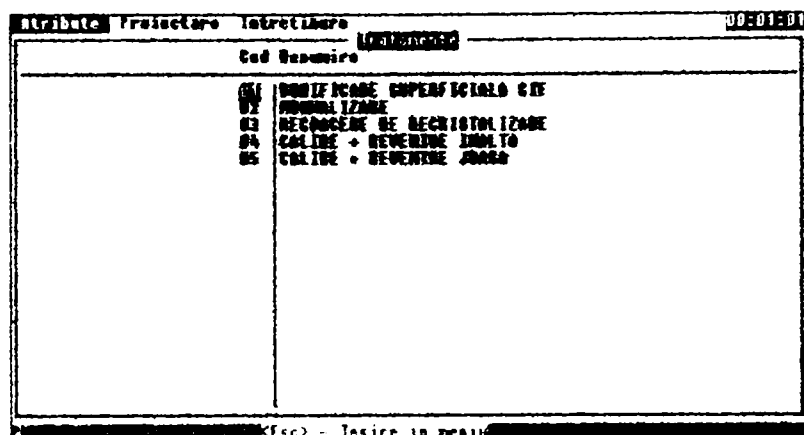


Figura 2.7: Codificarea elementelor tehnologice în programul PRO-CAD

Un loc important în realizarea modului CAD este hardwar-ul necesar, platforma hard putând fi clasificată în trei categorii: calculatorul; dispozitivul (echipamentul) de intrare (de introducere a datelor); dispozitivul (echipamentul) de ieșire (de afișare a datelor). Datele primare au stat la baza analizei posibilităților de realizare a modului CAD cu scopul de a fi integrat în sistemul CIM. Integrarea modului prin sistemul informațional a stat la baza determinării datelor și informațiilor vehiculate, a tipurilor de fișiere, a legăturilor prin intermediul interfețelor (soft și hard) cu alte module CIM, a compatibilității datelor stocate (figura 2.4).

2.2.4. Interfațarea modului CAD cu alte module CIM

Așa cum se observă din figura 2.4. fluxul informațional ce leagă modulul CAD de celelalte module CIM cuprinde mai multe tipuri de date (informații). Pentru buna desfășurare a protocoalelor de prelucrare și vehiculare a datelor este necesară o compatibilitate între informațiile prelucrate în diferite module.

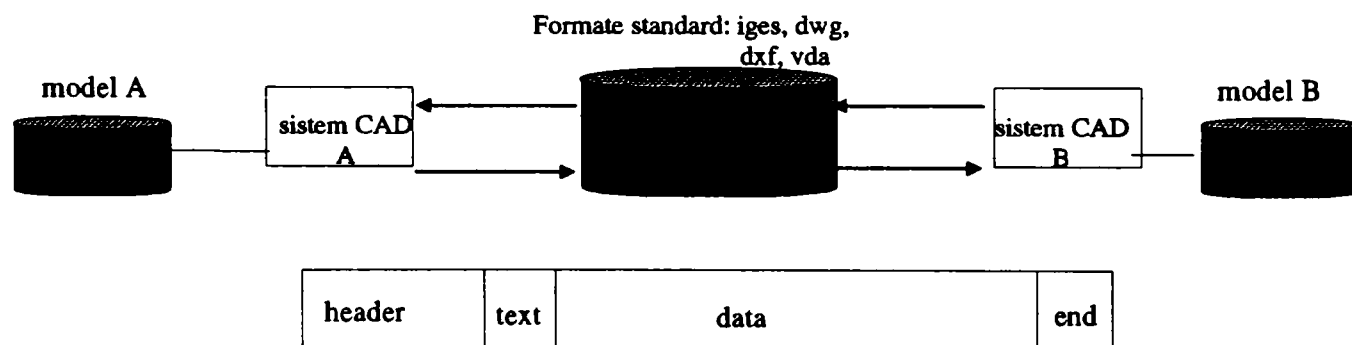


Figura 2.8: Interfața CAD

Interfața soft sau hard face legătura între modulele sistemului CIM, ea făcând conversia informațiilor de ieșire dintr-un modul pentru a fi "înțelese" de modulele pentru care informațiile respective sunt date de intrare. Interfața CAD, figura 2.8., necesară activității de proiectare constructivă, dar și pentru proiectarea tehnologică și fabricația NC, are două module importante: procesorul (se definesc elementele geometrice principale) și postprocesorul (se realizează modelarea și optimizarea).

2.3. Modulul de concepție a proceselor de fabricație asistată de calculator - CAPP

2.3.1. Considerații generale

Modulul de concepție tehnologică asistată de calculator (CAPP) face legătura dintre concepția constructivă asistată de calculator și fabricația asistată. În acest modul sunt concepute procesele tehnologice de prelucrare și apoi, informațiile, sunt transmise fabricației în vederea realizării produsului. Utilizarea unui sistem CAPP nu presupune ca o condiție absolut necesară existența procesului anterior (CAD), după cum nici a procesului posterior (CAM), deci implicit a unor sisteme automatizate de producție, SFF [3, 92]. Dar, atunci când se vorbește despre CIM, cele două procese sunt absolut necesare, iar legătura dintre ele o face CAPP. Dezvoltarea unui sistem CAPP performant presupune luarea în considerare a următoarelor cerințe:

- să fie capabil să "înțeleagă" și să analizeze caracteristicile pieselor;
- să posede cunoștințe multiple referitoare la mașinile-unelte, sculele așchietoare și caracteristicile acestora;
- să posede capacitate de analiză a interdependenței piesă-proces de prelucrare- calitate - cost;
- să posede posibilități multiple de calcul.

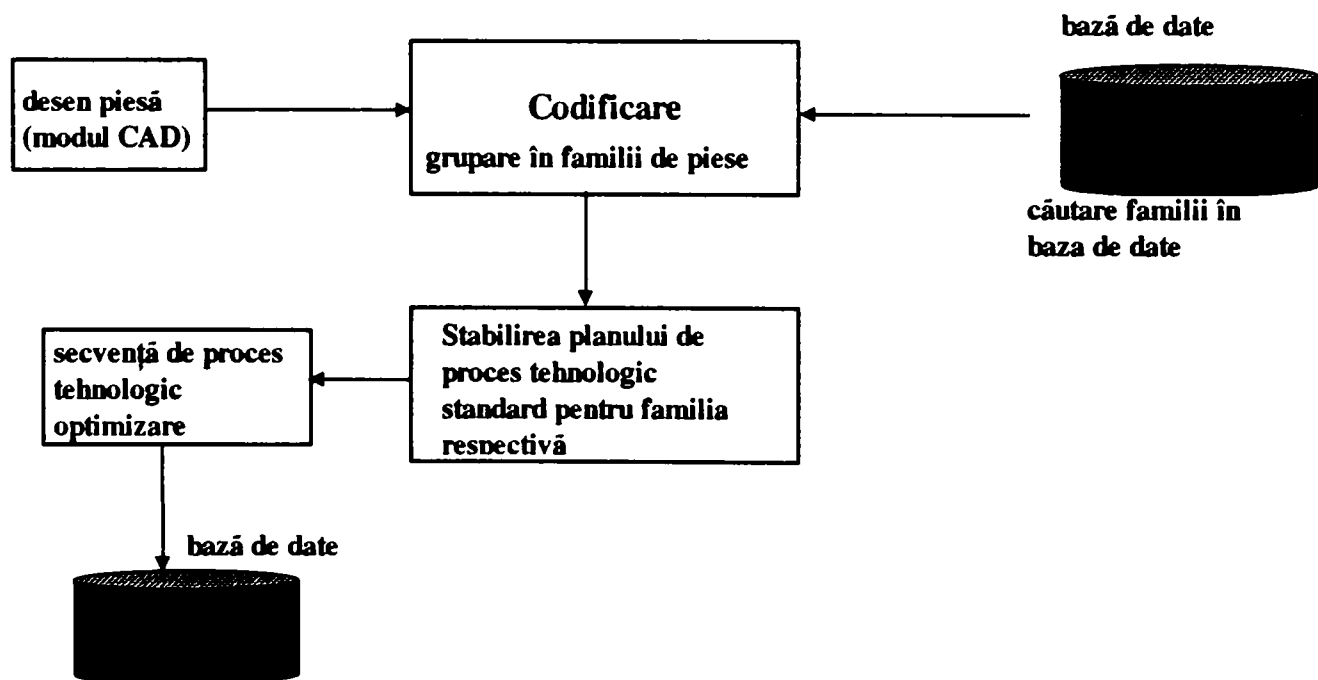
Pornind de la aceste cerințe și prin analiza fluxului informațional s-au definit principalele obiective în conceperea unui modul CAPP care să se integreze în sistemul CIM

2.3.2. Concepția modulului CAPP

La conceperea modulului CAPP s-a avut în vedere posibilitatea folosirii unor metode diverse, două dintre acestea stând la bază: sistemul CAPP pe bază de variante și sistemul CAPP generativ.

Conceptual, *metoda bazată pe variante (VPP – Variant Process Planning)* se sprijină pe ideea că piesele asemănătoare sunt prelucrate în mod asemănător. În acest sens, una dintre principalele componente ale modului CAPP o constituie cea de codificare a pieselor, care folosește principiul tehnologiei de grup. Într-o bază de date consistentă este căutată varianta cea mai apropiată de piesa în cauză. Crearea și modificarea proceselor tip revine tehnologului. Prima activitate efectuată este aceea de codificare, clasificare și grupare în familii, care constituie stadiul de pregătire, urmat de stadiul de producție, care se referă la utilizarea modului CAPP în timpul producției propriu-zise. Baza de date realizată în stadiul de pregătire este supusă completării continue cu noi tipuri de piese ce vor fi prelucrate. Regruparea acestora se face pe baza tehnologiei de grup, modificându-se și adaptându-se, după caz, configurația noului tip de piesă. Rolul principal îl ocupă baza de date și baza de cunoștințe care trebuie reactualizată și îmbunătățită permanent. În figura 2.9 se prezintă schematic structura de lucru într-un modul CAPP prin variante. Se pot cita [9, 24, 31/ ca exemple modulul TAUPROG, sistemele AUTOCAP, GENPLAN, MITURN și MIPLAN pentru piese obținute prin stunjire, respectiv sistemele CUTPLAN și CUTTECH pentru pese obținute prin stunjire și frezare.

Principiul bazat pe realizarea automată a secvențelor procesului de prelucrare, fără intervenția decizională a operatorului, se regăsește la *metoda generativă (GPP – Generative Process Planning)*, prezentată în figura 2.10. Pentru realizarea unui modul CAPP generativ este nevoie de o bază de cunoștințe care să includă cele trei componente principale: descrierea pieselor, baza de date și de cunoștințe și logica de decizie cu algoritmi de calcul. În cadrul acestui mod de lucru, informațiile necesare descrierii piesei sunt transmise fie în 2D sau în 3D, funcție de complexitatea sistemului.



proces tehnologic de prelucrare

Figura 2.9: Sistemul CAPP bazat pe variante

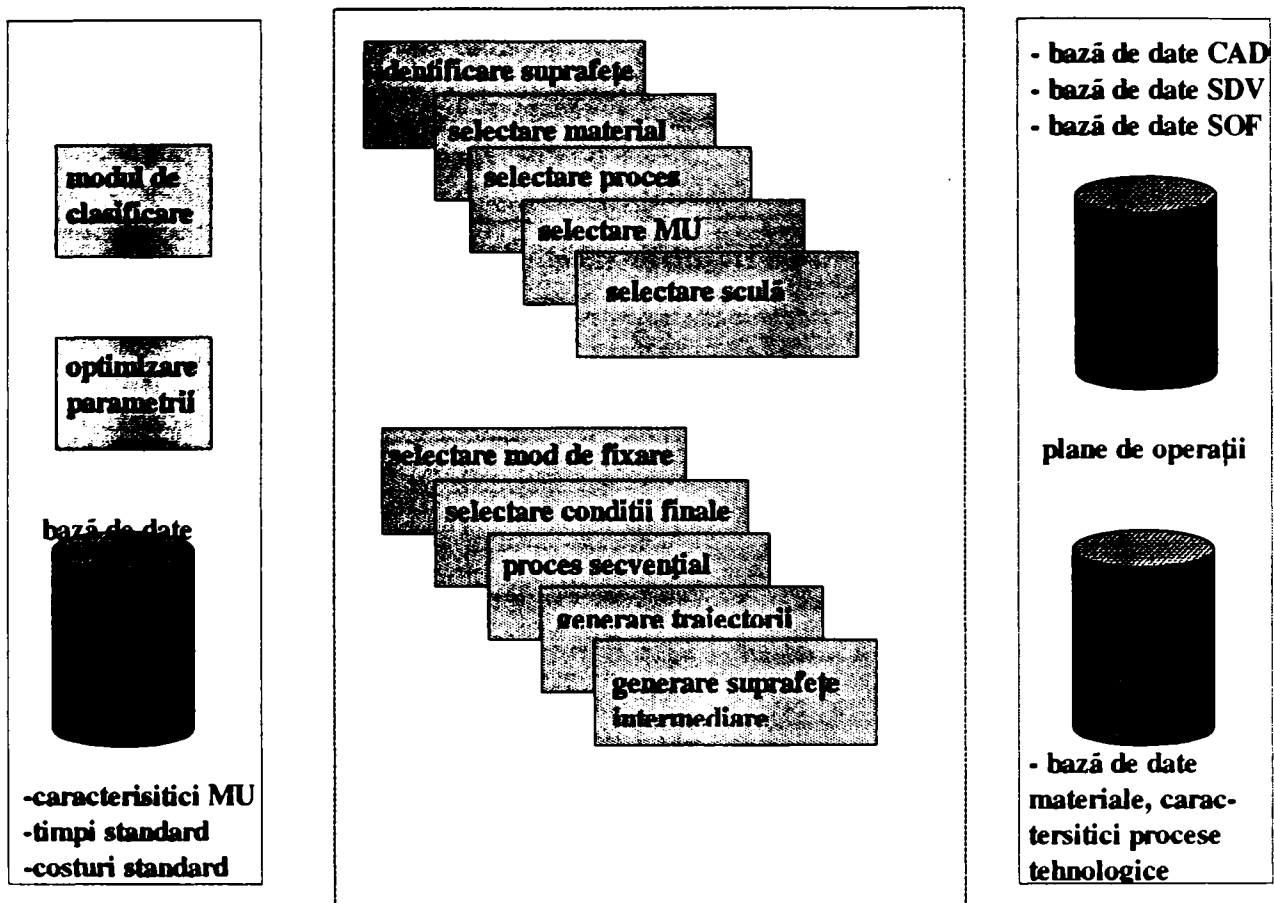


Figura 2.10: Sistemul CAPP generativ

Metoda generativă se bazează pe utilizarea metodologică a cunoștințelor descrise fie sub forma regulilor de producție, în ceea ce privește sistemele care folosesc tehnicile inteligenței artificiale, exemplu PROPEL, GAGMAT, SAPT, XPLANE, STRIPS, TWEAK, EXCAP [9], fie prin înlanțuirile procedurilor predefinite pentru sistemele algoritmice, de exemplu LURPA-TOUR [9] pentru piesele de strunjire, PRICAPP și ICAPP [9,135] pentru piesele de frezare.

Metoda mixtă sau hibridă, care combină metodele generative și pe variante, exemplificată prin sistemul CUTPLAN/CUTTTECH [104] par să fie la ora actuală răspunsul cel mai bun de automatizare a tehnologiei de prelucrare pentru întreprinderile care produc serii mici ale pieselor similare, dar folosirea tehnologiei de grup rămâne problematică în cazul pieselor diversificate.

Având în vedere necesitatea prelucrării și vehiculării unui volum mare de informații, cât și pentru a putea realiza integrarea în sistemul CIM, la concepția modulului CAPP, alături de metodele prin variante și generative a fost necesară folosirea *sistemului de gestiune a bazelor de date orientate-obiect (SGBDO) și a programării orientate-obiect (POO)*.

Sistemele de gestiune a bazelor de date obiectuale fac parte din produsele soft care permit administrarea informațiilor tot mai complexe utilizate în domenii cum sunt: concepția

constructivă asistată de calculator (CAD), concepția proceselor de fabricație asistată de calculator (CAPP), ingineria programării, gestiunea informațiilor.

Diferența dintre abordarea tradițională și cea obiectuală este prezentată în figura 2.11.

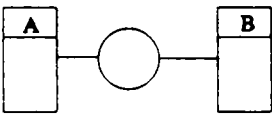
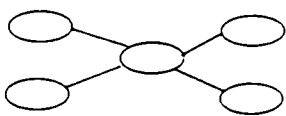

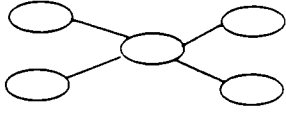
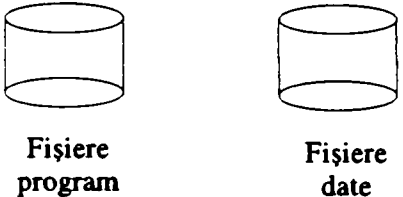
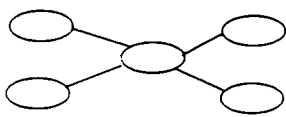
	Abordare tradițională	Abordare obiectuală
Nivel conceptual		
Nivel logic		
Nivel implementare		

Figura 2.11: Comparația între abordarea tradițională și cea obiectuală

Realizarea modelelor obiectuale s-a făcut în concordanță cu cerințele integrării într-un sistem informațional complex și funcțiile sistemelor de gestiune a bazelor de date tradiționale.

Modelul creat are câteva caracteristici esențiale:

- *persistența* - obiectele în memorie sunt salvate pe disc pentru a putea fi partajate de mai mulți utilizatori și utilizate în timpul prelucrărilor ulterioare.
- *independența datelor* - programele de aplicație posedă o interfață abstractă către date, ceea ce înseamnă că structura lor în interiorul bazei de date este ascunsă. Această caracteristică permite utilizatorului să modifice sau să reorganizeze baza de date fără a schimba codul aplicației, ceea ce crește enorm productivitatea.
- *interogarea* - o serie de înregistrări sunt comparate cu cererea și cele care nu sunt compatibile sunt returnate în rezultat. Este un mecanism potrivit pentru a găsi obiecte pe baza caracteristicilor comune.
- *mecanismele tranzacționale*. aceste mecanisme garantează că modificările sunt efectuate într-o manieră corectă. Tranzacțiile permit formarea de grupuri de modificări care sunt înregistrate în bloc, fie în întregime, fie nu sunt înregistrate de loc. Aceasta garantează consistența bazei de date cu ea însăși.

Conceptul de bază folosit este obiectul. Acesta este descris printr-un ansamblu de proprietăți, care constiuie atributele și metodele obiectului (similitudine cu tehnologia de grup), figura 2.12.

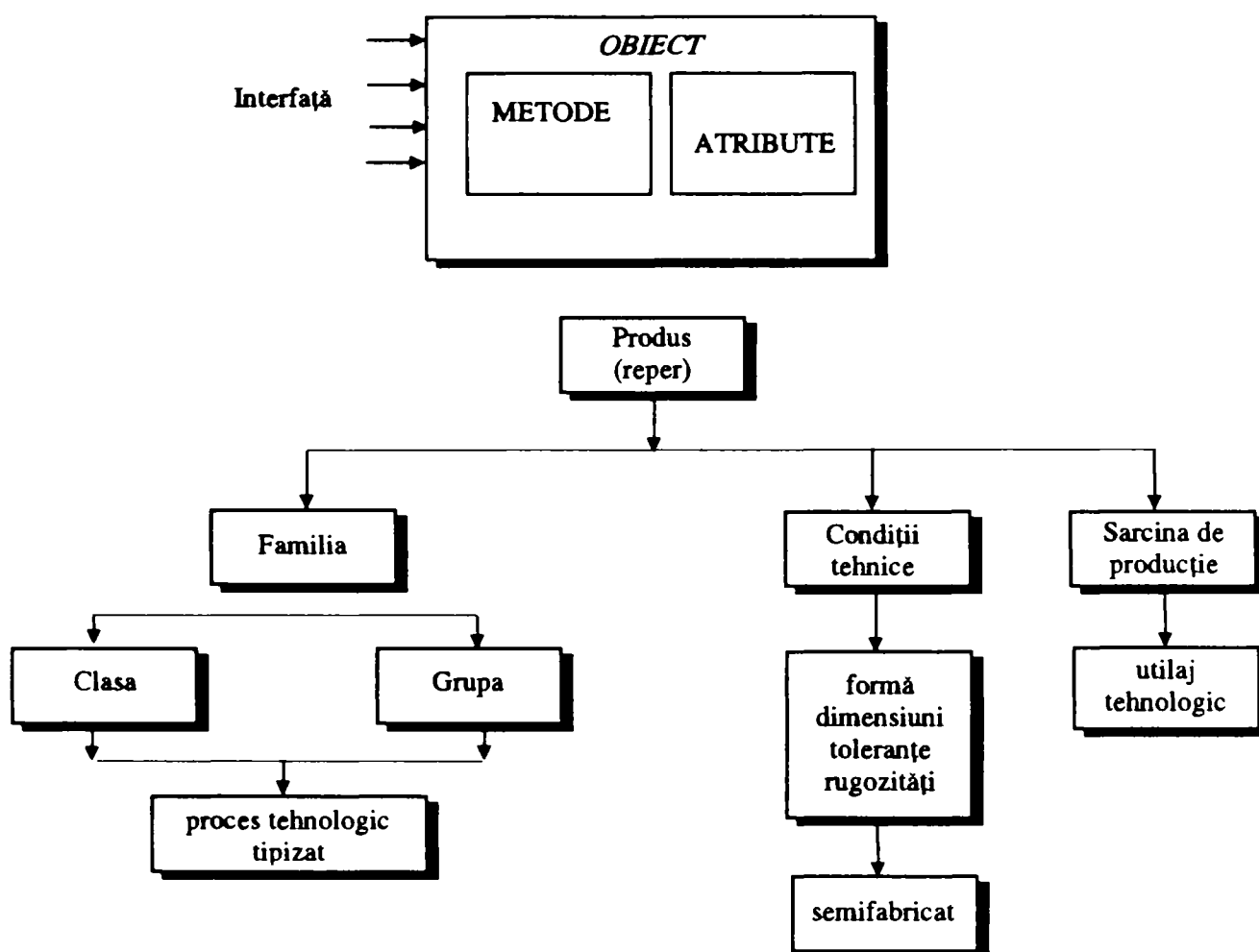


Figura 2.12: Componere obiect - produs (reper) în modulul CAPP

Informațiile de intrare sunt atât sub formă grafică cât și sub formă alfanumerică. Baza de date a modulului CAPP conține:

- ⇒ date grafice legate de repere (desene de execuție) care au ca tipuri de bază ale modelelor obiectuale forma suprafeței și dimensiunile;
- ⇒ date alfanumerice, ce conțin informații tehnologice;
- ⇒ baza de metode, care cuprinde algoritmi de optimizare și algoritmi de calcul.

2.3.3. Realizarea modulului CAPP

Combinarea celor trei soluții prezentate mai sus a condus la realizarea unui modul CAPP hibrid, bazat în principal pe *programul TechCIM*, conceput și realizat în mediul Windows [20], care permite optimizarea procesului de prelucrare după algoritmi proprii, dând și posibilitatea de intervenție a inginerului tehnolog pentru determinarea finală a secvențelor de prelucrare, prin modificarea atributelor obiectelor definite, în funcție de nivelele de acces în bazele de date.

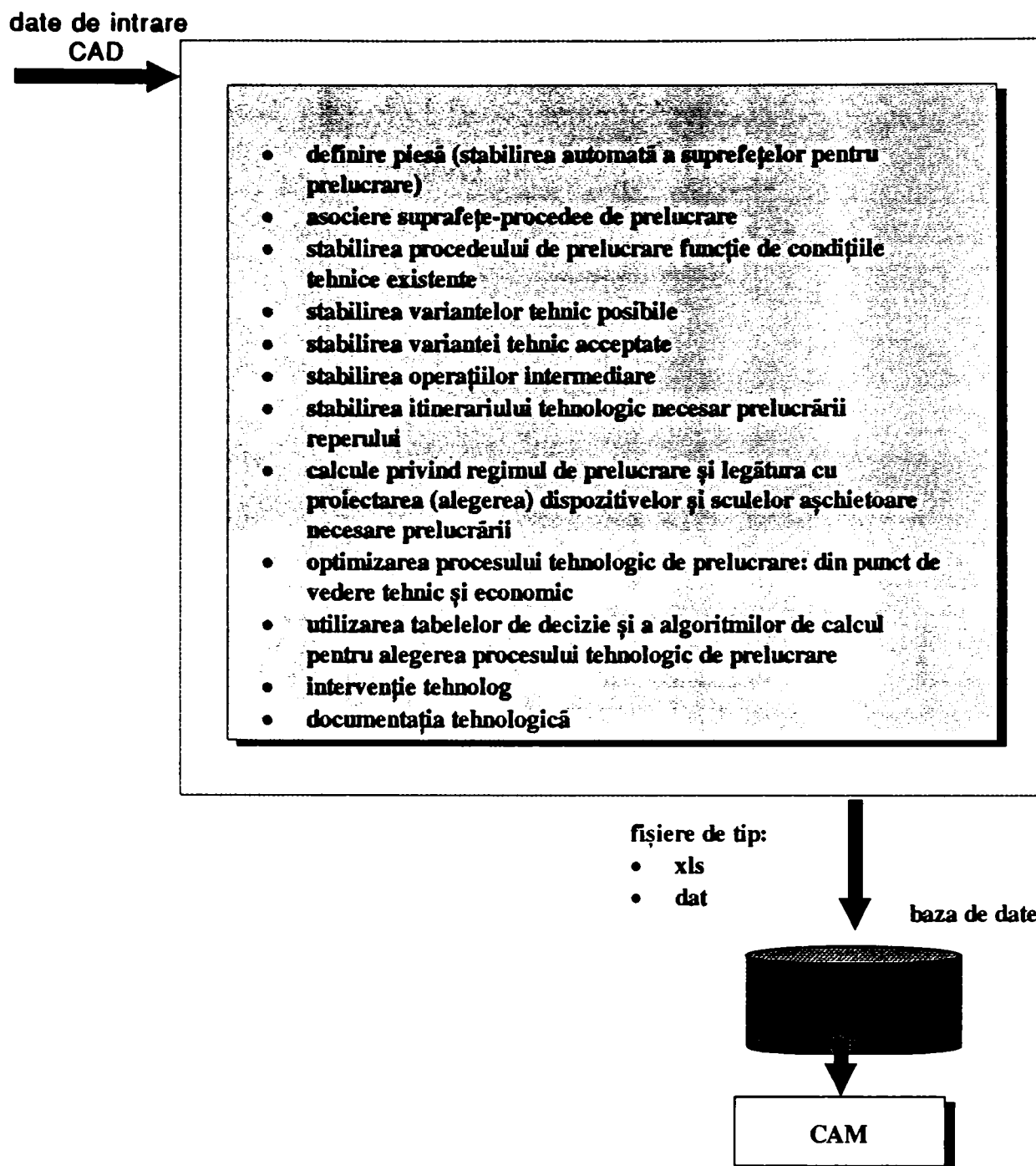


Figura 2.13: Fluxul informațional în modulul CAPP

Fluxul informațional în cadrul modulului CAPP este redat în figura 2.13, iar etapele parcurse încep cu preluarea informațiilor (grafice și tehnice) din baza de date a modului CAD și se termină cu optimizarea procesului tehnologic, funcție de criteriile stabilite anterior.

La realizarea modulului CAPP s-au folosit tablele de decizie, pentru că, în acest caz, procesele de decizie pot fi exprimate prin algoritmi, adică în funcție de reguli bine stabilite. Un tabel de decizie, figura 2.14, are în componență două categorii de informații: condiții și acțiuni.

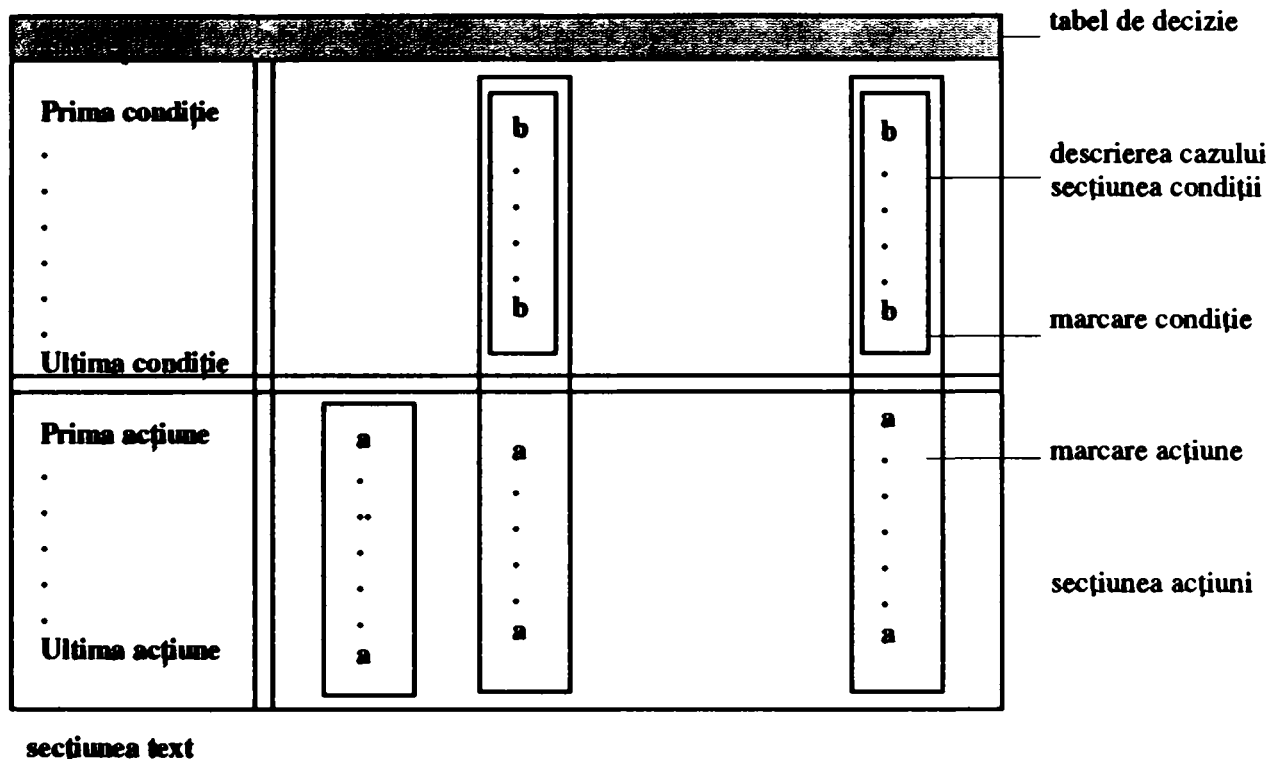


Figura 2.14: Tabelul de decizie în CAPP

În sectorul de sus se află o listă de parametri condiționali - *condiții* - ale căror caracteristici depind de unități - *acțiuni* - care sunt așezate în partea de jos. Regulile indică pentru determinarea exactă, în fiecare caz, ce acțiune va trebui să fie luată în considerare și în ce circumstanțe. Astfel prin crearea unui mare număr de reguli, determinate pentru situațiile specifice ale producției (dotare cu utilaj tehnologic, calificare personal, mod de organizare, investiții etc.) s-au putut stabili condițiile preliminare pentru realizarea modelului de reprezentare a modului CAPP.

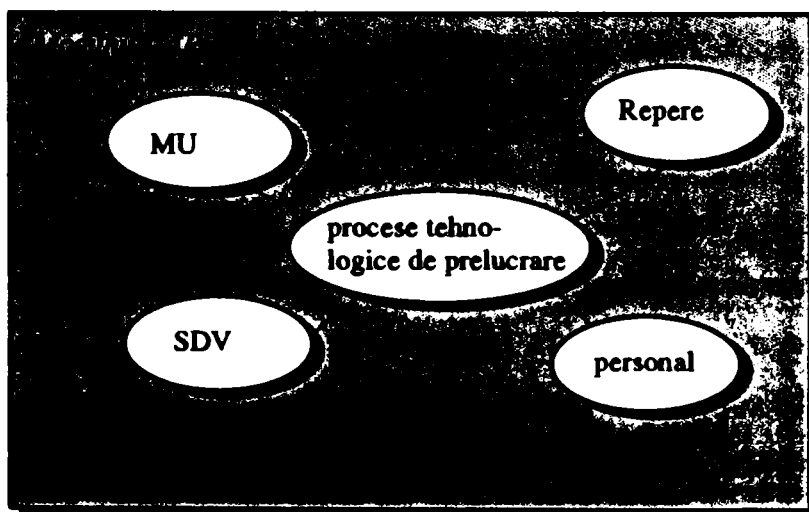


Figura 2.15: Definierea obiectelor pentru modulul CAPP

Figura 2.15 prezintă compunerea obiectelor pentru modelul realizat în modulul CAPP. Clasele unei aplicații sunt organizate sub formă de graf, tabelul 2.1.

Se obține un graf de moștenire, adică un graf unde o clasă moștenește de la clasa superioară (superclasa) anumite caracteristici. Subclasele sunt obținute prin rafinări succesive ale super claselor. Într-un graf de clase există două tipuri de legături: legătura de moștenire și legătura de referință.

Tabelul 2.1.

Obiect - *proces tehnologic de prelucrare*

Clasa *frezare*

atribute

număr_oper:integer;

viteza:float;

avans:float;

turații:float;

metode

creare_operatie();

calcul_regim();

modificare_regim();

optimizare_regim();

Spre deosebire de un model relațional, un model obiectual permite nu doar descrierea aspectului static al unei aplicații în materie de date și de structură, ci și a aspectului dinamic, în materie de comportament al obiectelor și de comunicare. Acest comportament al obiectelor este materializat prin metode care sunt descrise într-o clasă de obiecte și care permit exprimarea unei părți a dinamicii.

De exemplu, optimizarea regimurilor de prelucrare în funcție de un anumit criteriu, pentru un anumit reper. Toate procedurile de manipulare a atributelor sunt proprietatea clasei și nu sunt cunoscute alte obiecte decât prin semnăturile lor, adică prin numele metodei, prin argumente și prin natura rezultatului returnat. Pentru declanșarea unei proceduri este trimis un mesaj care cuprinde: obiectul căruia i se adresează mesajul, numele metodei de activare. Mecanismul moștenirii permite propagarea codului într-o ierarhie de clase.

Mesajele constituie interfața obiectelor cu exteriorul. Fiecare mesaj care intervine pentru un obiect dat corespunde unei metode care răspunde mesajului executând codul.

Realizarea bazei de date obiectuale pentru concepția tehnologică asistată de calculator face posibilă utilizarea programării orientate obiect pentru întocmirea documentației tehnologice.

Pornind de la abordarea sistemică a procesului tehnologic de prelucrare mecanică, figura 2.15, prin definirea subsistemelor ce intervin în sistemul de fabricație se pot defini obiectele pentru fiecare program, de exemplu pentru mașinile-unelte, figura 2.16, fiecare obiect fiind caracterizat prin stare, comportament și identitate.

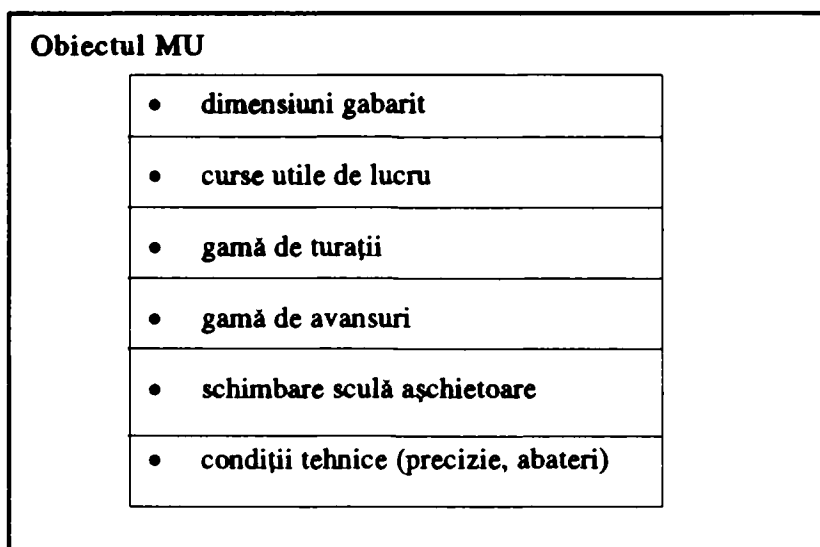


Figura 2.16: Obiectul MU și operațiile lui

Informația unui obiect trebuie să fie accesată sau modificată numai prin intermediul mulțimii de operații (metode) care definesc comportamentul obiectului respectiv.

Prin operațiile de la obiectul MU pot fi apelate părțile componente, figura 2.17.

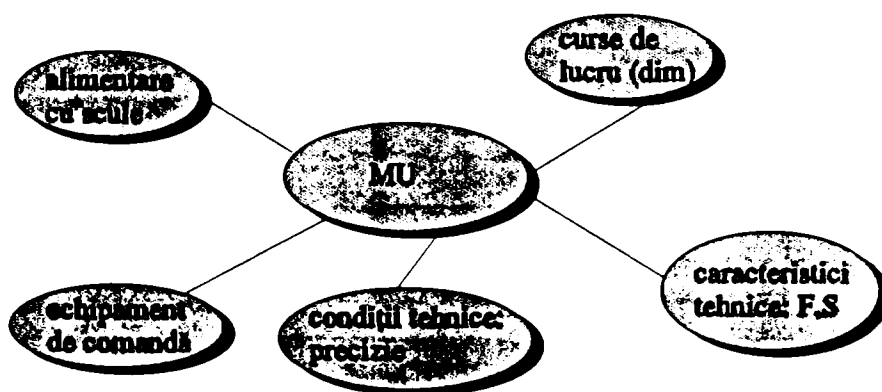


Figura 2.17: Părțile componente ale obiectului de tip MU

Analog și pentru părțile componente ale obiectului operație de prelucrare - OP, figura 2.18, fiind apelate funcțiile specifice programului.

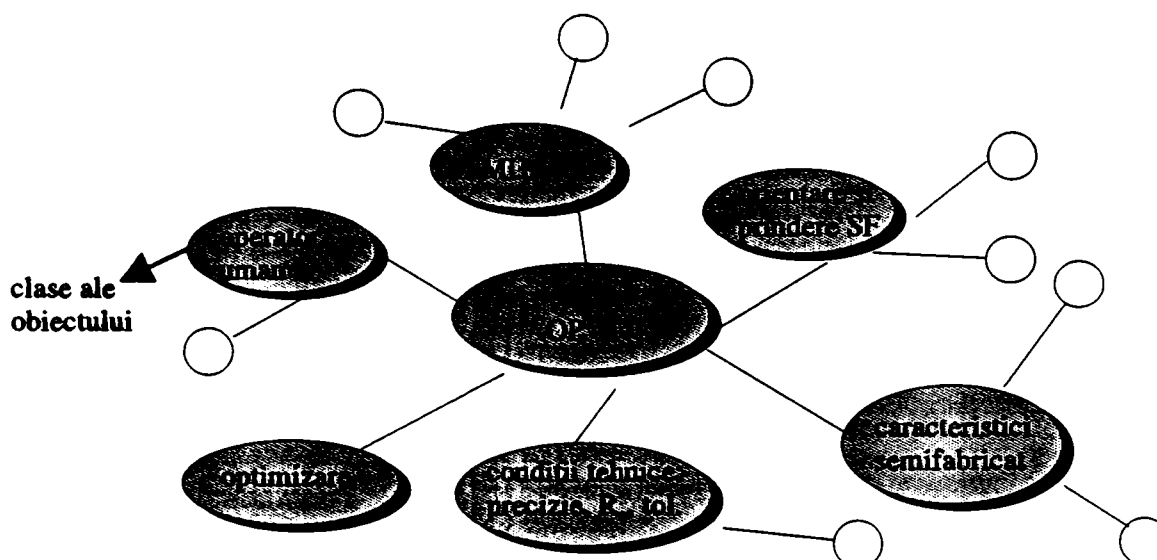


Figura 2.18: Părțile componente ale obiectului OP - operație tehnologică de prelucrare

Fiecare obiect conține informații individuale în care sunt specificate și relațiile cu alte obiecte. Relațiile dintre obiecte pot fi de două tipuri:

- ◆ relații statice, care durează o perioadă lungă de timp, în cadrul cărora obiectele știu unul despre existența celuilalt;
- ◆ relații dinamice, prin intermediul cărora obiectele comunică unul cu celălalt.

Din construcția obiectului, figura 2.19, se poate vedea structura informației cât și implementarea operațiilor.

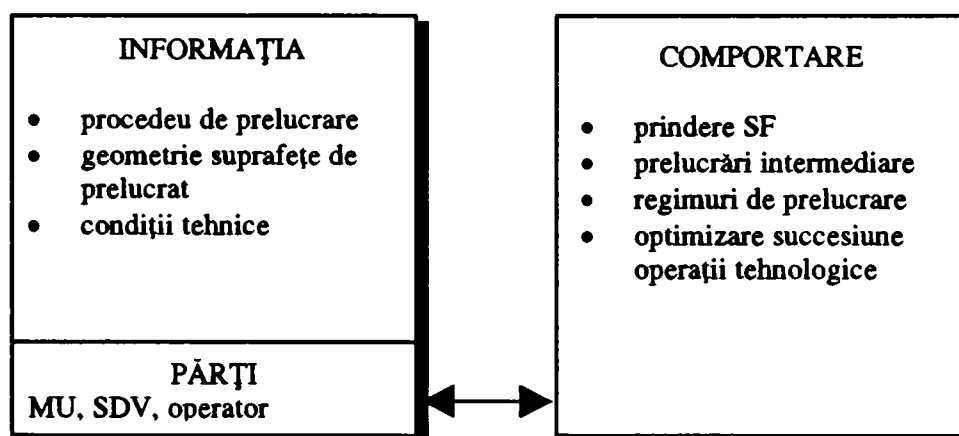


Figura 2.19: Interiorul obiectului OP

Dinamica aplicațiilor orientate-obiect este realizată prin intermediul relațiilor dinamice, în cadrul cărora obiectele transmit mesaje spre alte obiecte, prin care obiectele comunică între ele.

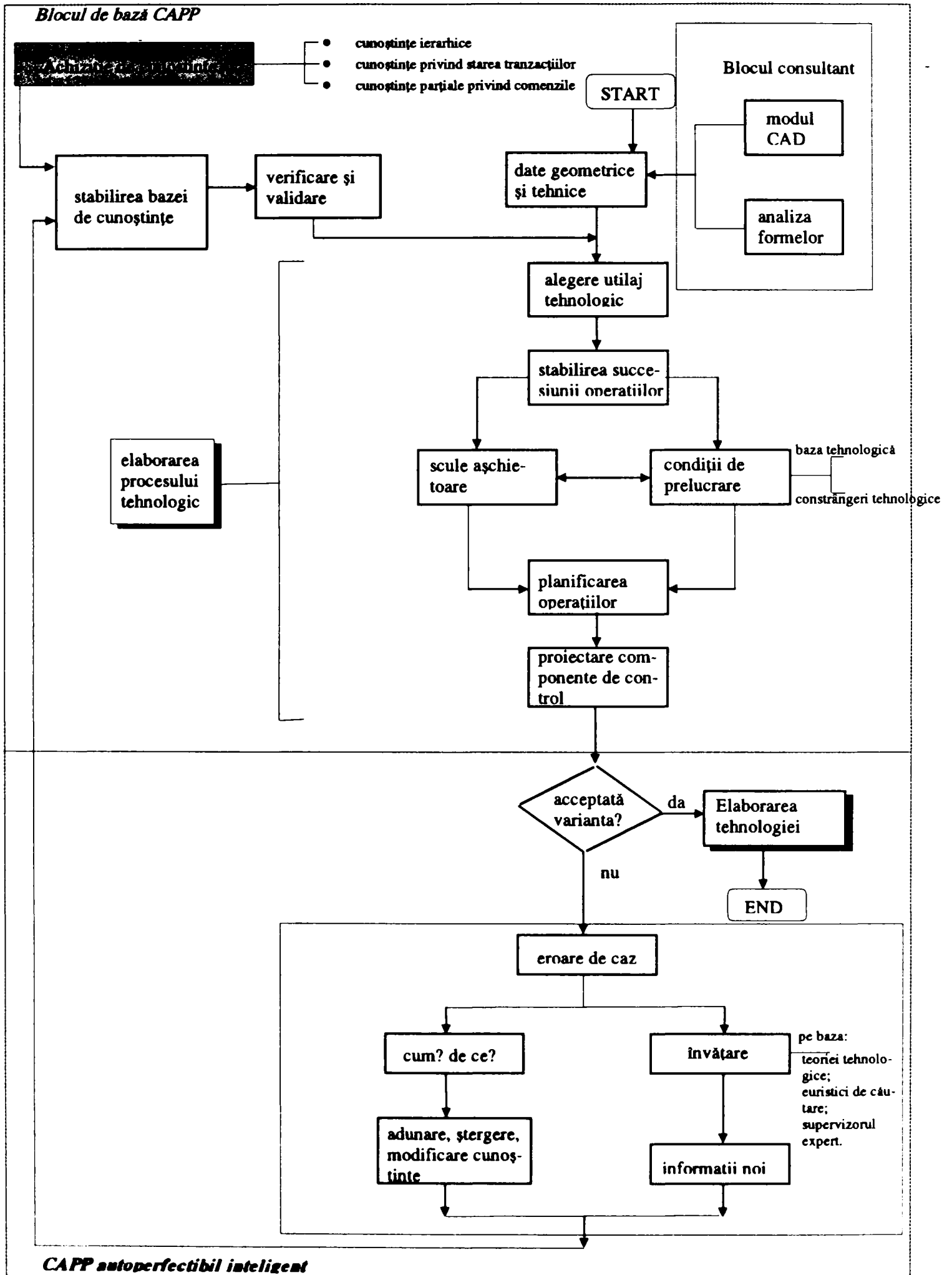


Figura 2.20: Structura sistemului expert CAPP

Avantajul folosirii POO în modelul de reprezentare a modului CAPP este dat și de posibilitățile de reorganizare, relativ ușoare, a claselor și obiectelor funcție de modificările din proces (dotare, calificare personal, sarcina de producție).

Avantajul POO au putut fi obținute în principal datorită disciplinei, asociată cu încapsularea și cu moștenirea (caracteristici ale claselor - permit dezvoltarea unor clase noi prin descrierea diferențelor față de clasele deja existente).

Pornind de la modelul existent care urmărește definirea procesului tehnologic de prelucrare pentru piesele (desenele de execuție) preluate din modulul CAD, urmează să se definitiveze [54] un sistem expert CAPP a cărei structură este prezentată în figura 2.20.

2.3.4. Interfațarea modului CAPP cu alte module CIM

Un rol important în integrarea modului CAPP în sistemul CIM o are interfațarea cu sistemul astfel încât să existe conexiuni între componentele sale. Astfel s-a realizat compatibilitatea informațiilor vehiculate din baza de date din diferite module (programul TehCIM este scris în același limbaj, Excel, ca și o parte din baza de date).

Cheia integrării proiectării asistate a proceselor tehnologice în cadrul structurii CIM o reprezintă dezvoltarea corespunzătoare a caracteristicilor produsului ce urmează a fi fabricat, începând cu etapa de proiectare constructivă. Programul TehCIM permite identificarea automată a caracteristicilor pentru mai multe modele de produse (dintr-o anumită familie de piese, așa cum a fost definit modelul de produs în modulul CAD) făcând legătura cu datele tehnologice necesare proiectării automate a procesului tehnologic de prelucrare. Interfațarea se realizează pe baza informațiilor tehnologice și geometrice prelucrate după anumite coduri alfanumerice recunoscute de program.

2.4. Modulul de fabricație asistată de calculator - CAM

2.4.1. Considerații generale

Modulul de fabricație asistată de calculator (CAM) este cel mai complex din sistemul CIM, efectele integrării răsfrângându-se direct asupra calității și flexibilității fabricației. Este de remarcat ponderea activităților CAM în sistemul integrat de producție.

Modulul CAM înglobează proceduri de generare automată a instrucțiunilor pentru conducerea mașinilor-unelte cu comandă numerică, pornind de la modelul geometric al piesei ce se execută.

Modul de lucru cu programele acestui modul și posibilitățile de transmitere on-line a programelor către posturile de lucru (SFF, MUCN) sunt prezentate în figura 2.21, cu posibilitatea organizării prelucrării în sistem CNC și DNC [20, 65].

Suportul logistic al acestui modul CAM o reprezintă baza de date ce conține informații despre: piesa de prelucrat, materiale, plane de operații, manipulare și transport semifabricate, utilaj tehnologic, SDV-uri etc.

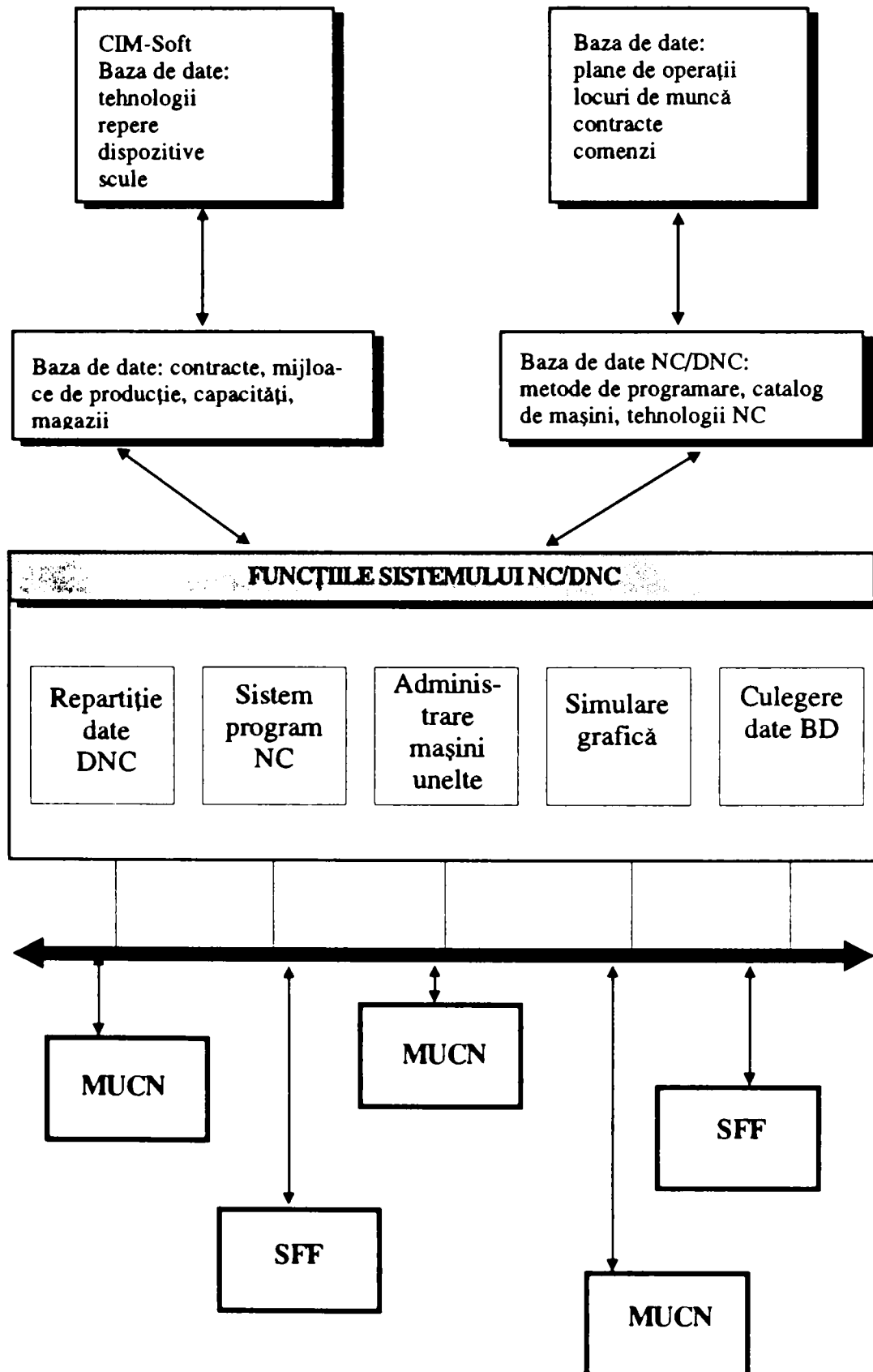


Figura 2.21: Organizarea informației în modulul CAM

Având în vedere complexitatea modului CAM, a volumului mare de informații ce se prelucreează și vehiculează în acest modul, dar mai ales a diversității de tipuri de informații și de activități este necesară concepția fluxului informațional, pentru realizarea căruia modulul CAM este organizat pe nivele, în care se regăsesc atât programele și algoritmi de calcul cât și platformele hard necesare. Organizarea pe aceste nivele pornește de la cerințele ce trebuie îndeplinite în fabricație, dar și de conexiunile dintre diferitele nivele, prin prelucrarea electronică a informațiilor.

2.4.2. Concepția modului CAM

Mai mult decât la celelalte module, analiza obiectivelor ce trebuie îndeplinite în modulul CAM s-a făcut pe baza conceptului de sistem, pentru că modulul CAM poate fi definit ca un ansamblu de elemente (prelucrare, manipulare și transport, montaj, control) legate între ele prin forme de interacțiune sau interdependență (informații), care funcționează în scopul realizării unui obiectiv comun (producția de bunuri).

Modul de realizare a fabricației "în sistem", care spre deosebire de fabricația "în modul" presupune gruparea utilajelor cu funcțiuni în general diferite pentru realizarea unui anumit produs, este cel ce stă la baza modului CAM. Procesul este factorul care definește sistemul și-l menține în coerență. Perturbațiile în funcționarea componentelor se repercutează asupra procesului în ansamblu. Dacă la fabricația de tip modul (fabricația clasică pe mașini universale fără legătură între ele) principalele probleme, în concepție, sunt legate de construcția și funcționarea modului, la fabricația în sistem, problemele de concepție sunt centrate pe automatizare și fiabilitate, având criterii de optimizare diferite.

Este necesară definirea și dezvoltarea modului CAM prin cele trei elemente esențiale, figura 2.22: aspectul funcțional, structural și ierarhic [3, 19].

Aspectul *funcțional* descrie sistemul într-o formulă cauzală, în sensul dependenței ieșirilor din sistem de intrările din sistem. În sistemele de fabricație acest aspect reprezintă viziunea tehnologică, adică transformarea semifabricatelor în produse finite prin anumite procedee. Aspectul *structural* urmărește componența sistemului și relațiile dintre elementele sale. În sistemele de fabricație acest aspect asinulează preocupările constructive, adică proiectarea echipamentelor din care este compus sistemul și crearea posibilităților de interconectare a acestora. Aspectul *ierarhic* conturează limitele sistemului de fabricație, adică posibilitățile de compunere/descompunere ale unui sistem într-un sistem mai mare sau în subsisteme. Acest aspect este aspectul organizatoric care face ca sistemul de fabricație să fie

mai mult decât suma componentelor sale. El atașează ranguri componentelor sistemului de fabricație, le interfațează, le asociază unor funcții, le stabilește criteriile de performanță și modalități de conducere, le integrează și le conectează cu elemente din mediul înconjurător. Aspectul ierarhic al sistemului de fabricație pune în evidență flexibilitatea sistemului deoarece prin atașarea unor noi subsisteme la sistemul considerat, aceasta va include din ce în ce mai multe aptitudini de prelucrare.

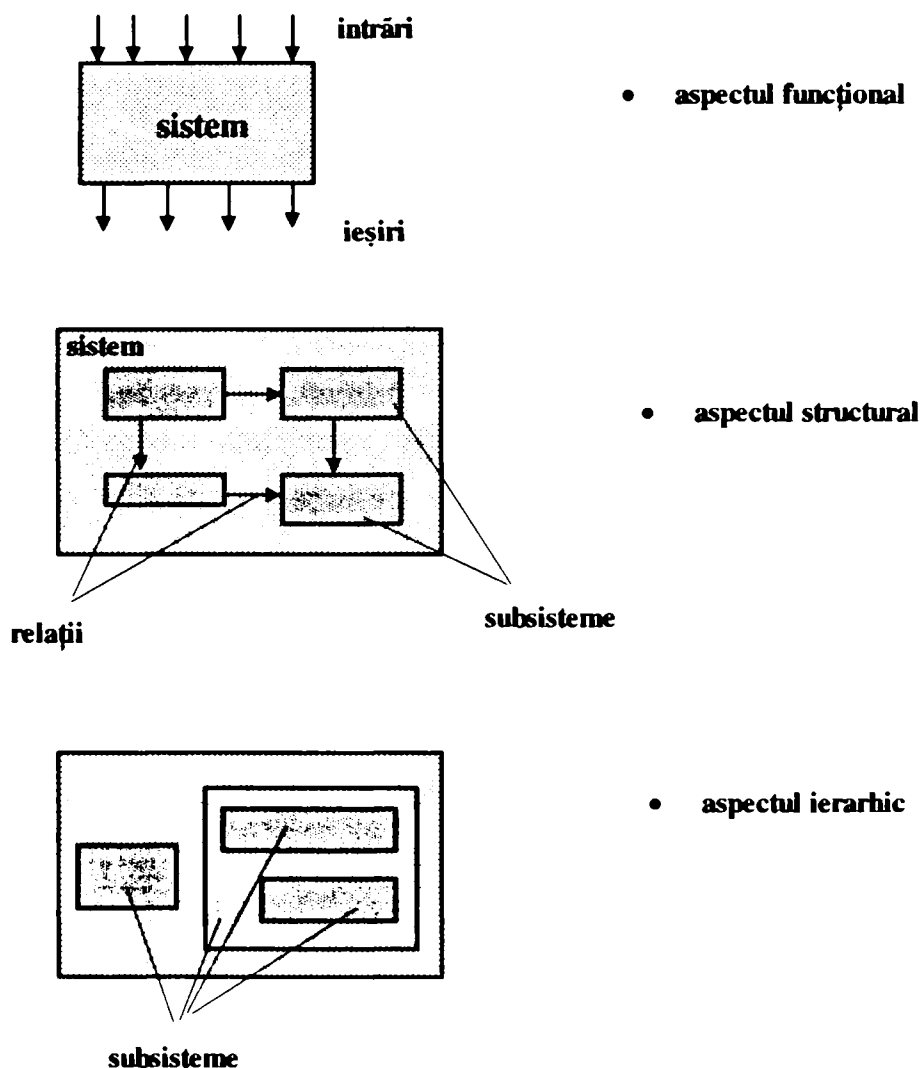


Figura 2.22: Analiza sistemului CAM din punct de vedere funcțional, structural și ierarhic

Informația, ca unitate de bază în sistemul CAM este reprezentată de toată informația produsă în cursul procesului de producție la nivel de atelier de fabricație (sau proiectare). Colectarea datelor la nivel de atelier, cunoscută sub denumirea de SFDC - Shop Floor Data Collection, cuprinde toate acțiunile care sunt necesare pentru a strânge informații tehnice și/sau organizatorice implicate în procesul de producție.

O altă abordare a problemei concepției sistemului CAM se face din punct de vedere al utilajului tehnologic necesar pentru a răspunde cerințelor fluxului informațional determinat de dotarea cu mașini-unelte cu comandă numerică, cu roboți industriali etc.

Componentele sistemului CAM au fost privite și analizate ca niște blocuri funcționale care sunt interconectate prin legăturile fluxului informațional astfel ca sistemul să nu lucreze niciodată independent de celelalte module ale sistemului integrat de producție. Nivelul informațional operează la nivelul relațiilor între subsistemele ce definesc întregul.

Important este structurarea și ordonarea datelor după criterii bine definite, cu nivele de acces prestabilite, astfel încât acestea să fie plasate în funcție de relațiile dintre informații și după priorități. Toate acestea conduc la reducerea spațiului necesar reprezentării datelor și pentru creșterea debitului de informație la toate nivelele sistemului.

Pentru o mai bună corelare a legăturilor, modulul CAM a impus o structurare a activităților pe nivele: nivelul de planificare, nivelul de control, nivelul de producție. Un avantaj important în organizarea modulului pe nivele îl constituie posibilitatea importului de fișiere din baza de date sub alte medii, element decisiv într-un sistem relațional, precum și importul de desene din baza de date grafică.

Baza de date pentru acest modul este completată cu baza de date grafică și tehnologică (caracteristici tehnice) cu sculele așchietoare necesare (standardizate sau tipizate) precum și cu principalele elemente de dispozitive folosite în orientarea și fixarea semifabricatelor pentru prelucrare.

2.4.3. Realizarea modulului CAM

Creșterea flexibilității fabricației folosind modulul CAM este datorată în primul rând fluxului informațional ce face legătura dintre CAPP și acest modul. Legarea mașinilor-unelte cu comandă numerică la calculatoarele ce realizează postprocesarea programelor NC face ca timpii de încărcare cu programe să fie mult mai mici și totodată corectitudinea preluării lor de către echipament să crească.

Pe lângă realizarea postprocesoarelor și a programelor de prelucrare a datelor tehnologice, un loc important în modulul CAM îl ocupă aplicarea principiilor de asamblare automatizate și coordonate de calculator, prin integrarea unor programe specifice.

În ansamblul procesului de fabricație al unui produs este de remarcat ponderea ridicată a operațiilor de asamblare. Un mijloc eficient de reducere a timpului și costurilor de montaj este acela de automatizare a liniilor de montaj, prin introducerea manipuloarelor, roboților industriali și conducerea procesului cu ajutorul calculatorului electronic. Trecerea la montajul automatizat constituie un proces complex la care contribuie mai mulți factori. Ansamblul de condiții privind concepția constructivă a pieselor în legătură cu montajul face parte din complexul de principii, reguli și prescripții de proiectare având drept scop adoptarea acelor

soluții constructive care - menținând nealterată funcționalitate - dau posibilitatea aplicării proceselor tehnologice de înaltă eficiență, sub aspectul costului și al productivității. În ceea ce privește montajul, problema este ceva mai complicată, deoarece tehnologicitatea unui produs este determinată nu numai de configurația reperelor, ci și de caracteristici ale modului în care aceste repere sunt asociate.

Dacă problema proiectării optime din punct de vedere constructiv-funcțional s-a rezolvat prin introducerea proiectării asistate (a modului CAD), cea a montajului presupune o serie de măsuri ce țin atât de concepția fluxului informațional în procesul tehnologic, dar și de proiectare și instalare a liniilor automate de montaj. În continuare, problema constă în completarea modului CAM cu activitățile de montaj asistat de calculator, în scopul reducerii timpului de fabricație acolo unde ponderea operațiilor de montaj este mare.

La baza programului de calcul pentru procesul tehnologic de asamblare (program realizat în limbaj C++) a stat găsirea soluțiilor optime de asamblare a reperelor, folosind informațiile de pe traseul tehnologic de prelucrare până la magazia intermediară de piese, fluxul informațional fiind prezentat în figura 2. 23.

Fișa cu datele tehnologice ale fiecărui reper prelucrat la posturile de lucru este introdusă în baza de date (dimensiunile la care s-a prelucrat reperul, toleranțe, rugozități etc.). În funcție de toleranțele rezultate în procesul de prelucrare piesele sunt sortate în magazia intermediară în sertare diferite, iar gestionarea lor se face cu ajutorul calculatorului electronic, folosind datele din baza de date.

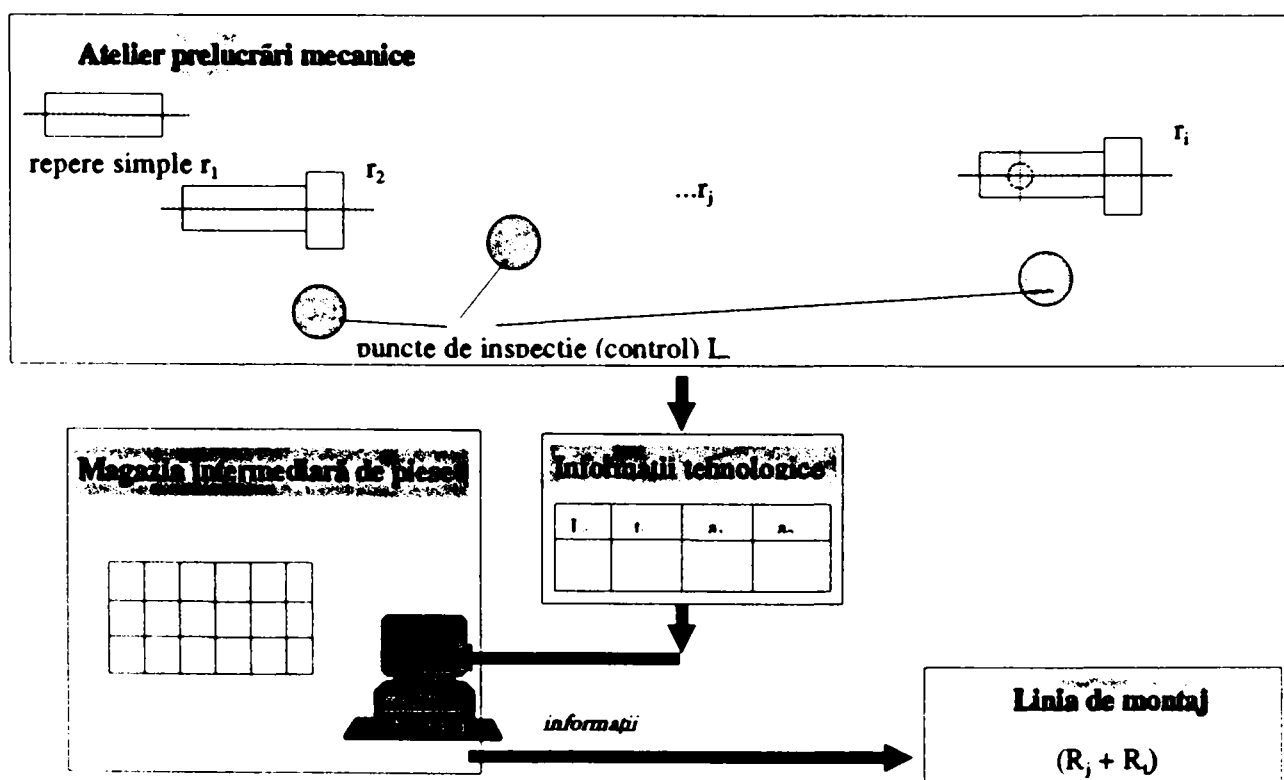


Figura 2.23: Fluxul informațional în montajul asistat de calculator

În urma comenzilor primite de la calculatorul din magazia intermediară, după rularea programului "ANSOPTIM" (program ce utilizează metoda sortării în vederea găsirii ajustajului proiectat, figura 2.24 reprezentând și simularea grafică, ca timp, a modului de alegere optimă a componentelor unui ansamblu, în programul de evaluare), piesele se assemblează în funcție de dimensiunile și toleranțele obținute în procesul de prelucrare automată a datelor. În cazul în care acestea nu satisfac condițiile de montaj, piesele vor fi ajustate operativ la toleranțele prescrise.

Activitățile de fabricație, manipulare, transport, montaj împreună cu activitățile de control la posturile de lucru sunt elementele modului CAM care oferă o variantă de integrare într-un sistem CIM.

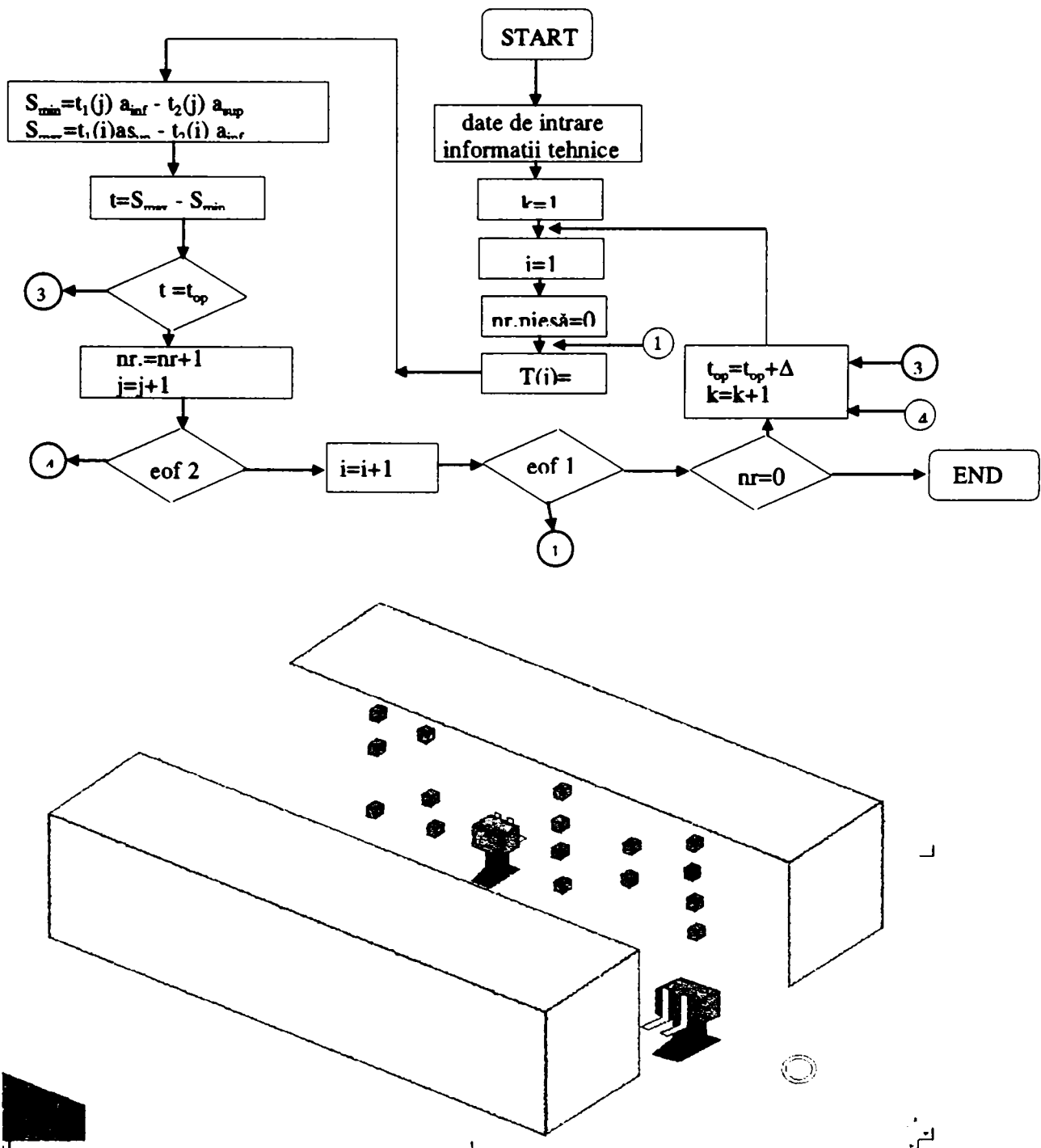


Figura 2.24: Schema logică a programului ANSOPTIM și simularea grafică

Modulul de fabricație asistată - CAM are ca suport programele pentru prelucrarea asistată pe mașinile-unelte cu comandă numerică.

Pachetul de programe conceput conține: un program de date geometrice - "MUCN", un program de definire a elementelor tehnologice - "DEFTEH" și un postprocesor ce realizează diferite tipuri de programe specifice echipamentului NC, denumit "CNC".

Etapele necesare prelucrării asistate, figura 2.25., sunt:

- definirea geometriei reperului (stabilirea originii piesei, stabilirea elementelor geometrice definitorii: puncte, drepte, cercuri, suprafețe);
- determinarea ciclurilor de lucru;
- stabilirea parametrilor tehnologici ai prelucrării;
- generarea automată a programului de prelucrare în limbaj mașină-unelte (cu instrucțiunile specifice echipamentului NC al mașinii);
- transmiterea la echipamentul NC a programului de lucru.

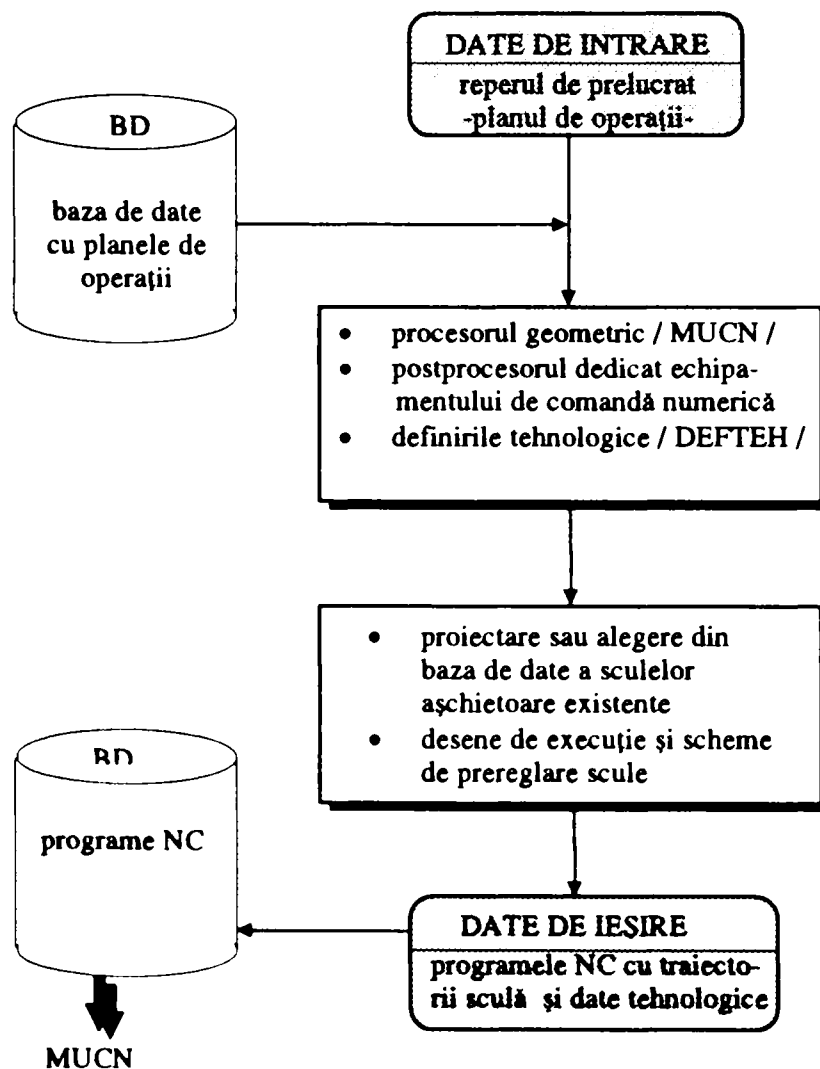


Figura 2.25: Fluxul informațional în modulul CAM - fabricație asistată

Parcurgerea acestor etape este facilitată de existența celor trei programe utilizate în mod interactiv. Programul de procesare geometrică "MUCN" realizează transferul de instrucțiuni geometrice în limbaj calculator. Este varianta în care nu există alt program de proiectare constructivă asistată de calculator, acest program oferind posibilitatea realizării desenului de execuție a piesei prin instrucțiuni specifice programului. În varianta în care există un fișier de date grafice, cu desenul piesei realizat într-un program de proiectare asistată de calculator (AutoCAD), acest desen se preia și nu mai este necesară realizarea lui cu acest modul (fig. 2.26.).

Programul are trei zone de lucru: zona de funcții meniu, zona grafică și zona de dialog. Cu acest program se definește din punct de vedere geometric reperul ce urmează a fi prelucrat. Figura 2.27. prezintă imaginea ecran a programului de procesare geometrică, cu zonele de lucru specificate mai înainte. Pentru definirea ciclului de lucru se poate folosi, de exemplu, funcția meniu *contur* cu care se stabilesc și corecțiile de rază ale sculei, figura 2.28.

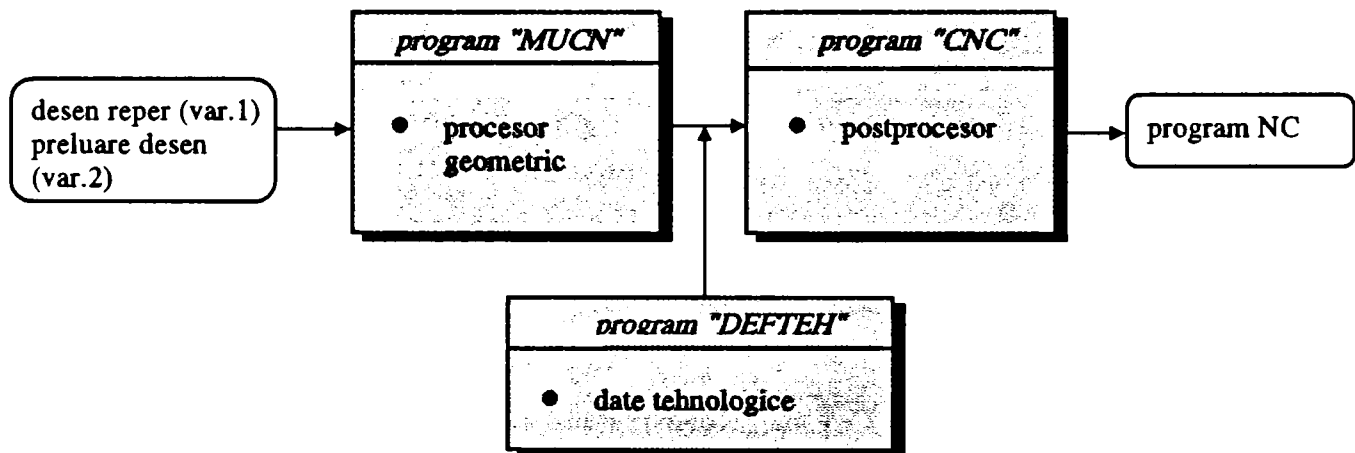


Figura 2.26: Etapele programării asistate CNC cu pachetul de programe MUCN

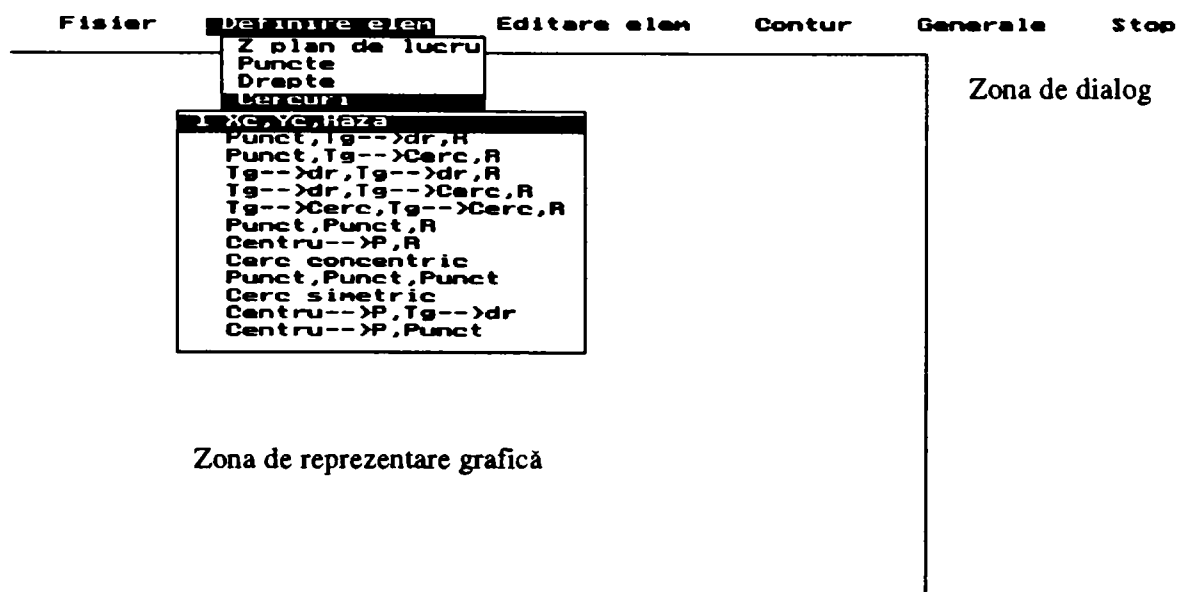


Figura 2.27: Definiri geometrice cu programul MUCN

Postprocesorul "CNC" realizează traducerea definițiilor geometrice (traietoriile sculelor așchietoare) în limbajul mașinii-unelte. Postprocesorul permite stabilirea programului NC în limbaj mașină-unealtă și transmiterea lui on-line la echipamentul NC.

2.4.4. Interfațarea modului CAM cu alte module CIM

Ținând cont de multitudinea de activități ce se desfășoară în modulul CAM, de faptul că în acest modul intră și ies diverse informații din alte module care apoi sunt prelucrate, este foarte importantă realizarea legăturilor dintre modulul CAM și celelalte module ale sistemului CIM.

Legătura dintre modulul CAPP și modulul CAM se face prin baza de date în care sunt stocate planele de operații și fișele tehnologice concepute în modulul CAPP, bază de date concepută și realizată în limbajul Excel. Fișierele cu planele de operații sunt trimise la posturile de lucru din sistemele flexibile de fabricație (secvențe din programul sursă sunt prezentate în listingul 1).

```

auto_ope auto_open
n
  = ACTIVATE("prg.xlm")
  = OPEN(path&"layout.xls",0,TRUE)
  = FULL(TRUE)
  = MESSAGE(TRUE,"Programul este
gata ; poti incepe !")
  = RETURN()

tehnologie
tehnologie = OPEN(path&"fis_pies.xls",0,TRUE)
  = MESSAGE(TRUE,"Completeaza
tabelul si apoi apasa butonul
PRELUCRARE")
  = RETURN()

main
main = ECHO(FALSE)

  = citire_date_piesa()
  = open_2()
  = asociere_supr_proc()
  = close_2()
  = OPEN(path&"proc_pre.xls",0,TRUE
)
  = intersectie_procedee()
  = tabel_operatii()

citire_date_piesa
citire_date_piesa
  = SET.VALUE(counter,1)
  = SET.VALUE(counter,1)
  = SELECT("supr_1")

  = WHILE(ACTIVE.CELL() < > "")
  = MESSAGE(TRUE,"Citirea este in curs !
Suprafata curenta este S "&counter)
  = DEFINE.NAME("supr_s"&counter)
  = citire_param_supr()
  = counter + 1
  = SELECT(OFFSET(ACTIVE.CELL(),1,0))

  = NEXT()
  = BEEP(1)
  = MESSAGE(TRUE,"Datele au fost citite ! Piesa
are "&counter-1&" suprafete.")
  = RETURN()

citire_param_supr
citire_param_supr
  = FOR("counter_1",1,34)
  = SELECT(OFFSET(ACTIVE.CELL(),0,1))

  = IF(ACTIVE.CELL() < > 0)
  = scrie_num_cod()

asociere_supr_proc
asociere_supr_proc
  = SET.VALUE(flag_1,1)
  = FOR("counter_2",1,counter)
  = pregatire_zona_intermediar

  = ACTIVATE("fis_pies.xls")
  = SELECT("forma_supr_s")

  = COPY()
  = ACTIVATE("sup_proc.xls")
  = SELECT("crit_cod_supr")
  = PASTE()

  = EXTRACT(TRUE)
  = SELECT("extr_cod_proc")
  = copiere_date_extrase()

  = MESSAGE(TRUE,"Se aleg
procedeele de prelucrare
a supr. dupa FORMA")
  = ACTIVATE("fis_pies.xls")
  = SELECT("rugoz_supr_s")
  = COPY()
  = ACTIVATE("rugoz.xls")
  = SELECT("crit_rugoz")

  = PASTE()
  = EXTRACT(TRUE)

```

Listing 1: Program-interfață modul CAPP și modul CAM (posturi de lucru ale SFF)

Un alt element important al legăturilor dintre modulul CAM și modulele CIM este cel al transmiterii programelor NC la mașinile-unelte cu comandă numerică. Programele de transmitere sunt realizate în limbaj C++ (funcție de tipul echipamentelor NC ale mașinilor-unelte). Acestea permit transferul direct al programelor NC de la calculatoarele unde se concep la mașinile-unelte cu comandă numerică, scurtându-se timpul de preluare și eliminându-se eventualele greșeli, posibile la folosirea benzii perforate, a discurilor flexibile etc.

2.5. Modulul de planificare și urmărire a producției – PP&C

2.5.1. Considerații generale

În industria constructoare de mașini, proiectarea tehnologică este de obicei organizată în cadrul unui compartiment independent ce cooperează strâns cu compartimentul de proiectare constructivă și cu cel de planificarea producției.

Intr-o întreprindere obișnuită care se bazează pe o structură organizatorică complexă operațiile și funcțiile de management constituie compartimente separate, fiecare având obiective, responsabilități, resurse și mijloace de lucru proprii. Totuși, pentru ca o întreprindere să funcționeze profitabil, departamentele sale trebuie să coopereze strâns. Tehnologia care îmbunătățește o funcție operațională în detrimentul alteia - și blochează resursele întreprinderii - este contraproductivă. Implementat corect, CIM crează legături sistemice (o rețea sistemică) și eficiență între diferite compartimente izolate care vor influența productivitatea.

Activitatea managerială în cadrul unei companii poate fi împărțită în unele zone majore din punct de vedere funcțional (figura 2.30.): managementul de nivel superior cu funcțiile de finanțe/contabilitate, marketing, managementul operațional, resurse umane și alte domenii.

Procesul de conducere implică, în fiecare fază, luarea unor decizii. Având în vedere interacțiunile din interiorul sistemului propriu cu mediul și respectiv cu sistemele conexe, este necesară găsirea unei modalități prin care factorul de decizie să poată lua o hotărâre corectă în timp real. Sistemul informațional este o structură dinamică, orientată spre viitor și proiectată pentru a *genera - prelucra - stoca* și ulterior pentru a *actualiza* informațiile necesare și luarea deciziilor specifice unui proces de conducere și implică existența unui sistem informatic adecvat. Sistemele informaționale pot ajuta semnificativ în procesul de luare a deciziilor pe care le implică procesul de conducere.

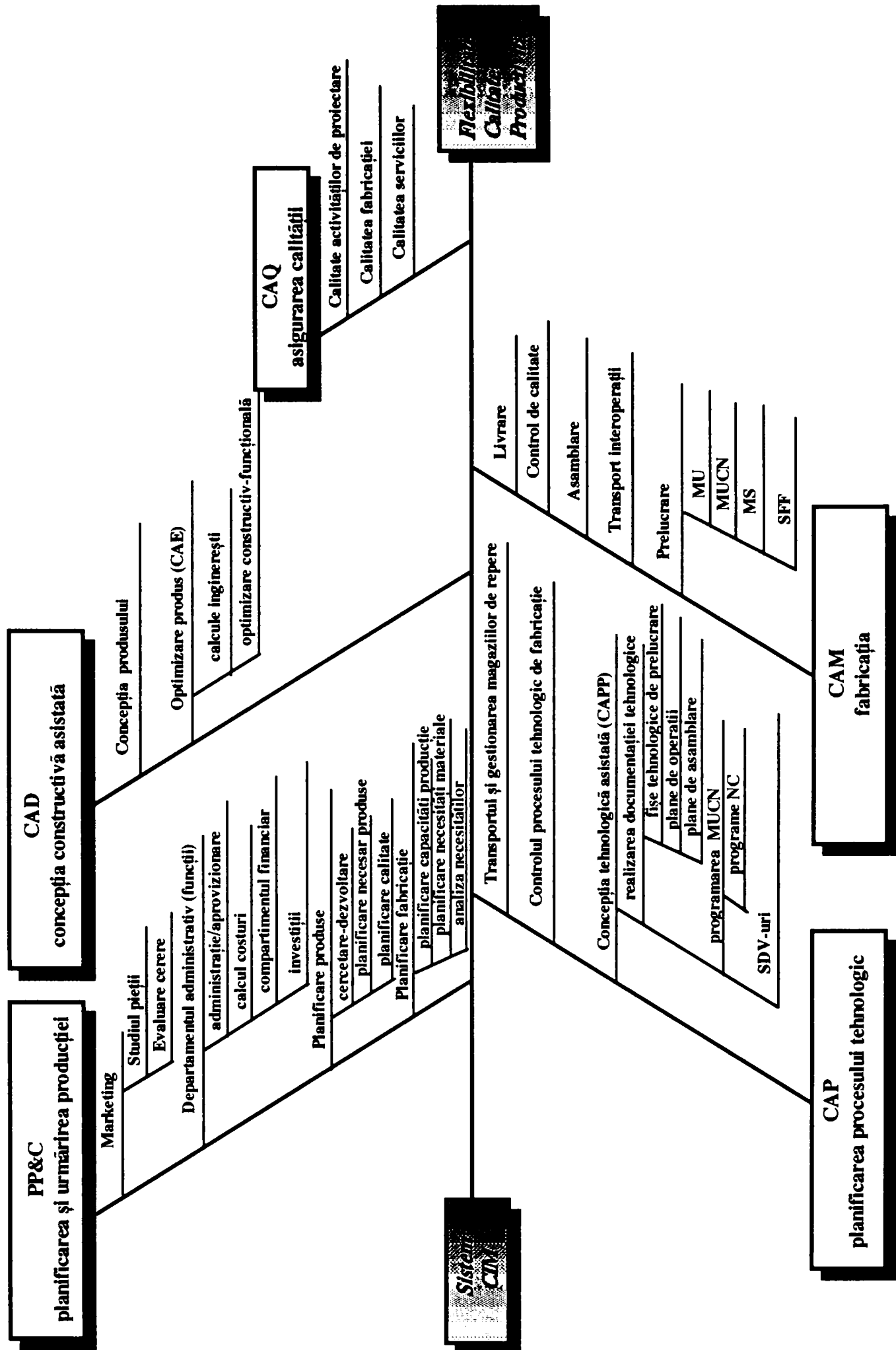


Figura 2.30: Sistemul de producție, relația cauze-efecte

2.5.2. Concepția modului PP&C

Dezvoltarea unui sistem suport eficient pentru luarea deciziilor presupune înțelegerea modului în care sistemul informațional poate contribui la fiecare pas specific procesului de luare a deciziilor.

Reprezentarea sistemului CIM cu ajutorul diagramei cauze-efect (fig. 2.30) s-a făcut funcție de legăturile și interdependențele dintre subsistemele CIM, datorită efectelor cauzate de schimbările dintr-un anumit domeniu de activitate. Și în cazul sistemului CIM orice modificare în sistemul informațional ce-l definește are urmări în eficiența sistemului, adică în realizarea flexibilității, calității și productivității sistemului. Efectele datorate modului de transmitere, prelucrare a fluxului de date și de materiale sunt semnificative, de aceea a fost necesar ca managementului sistemului informațional din sistemul CIM să i se acorde un loc important.

Informația - componentă de bază a sistemului informațional - este ceea ce se comunică, evenimentele ce urmează a fi transmise într-un anumit scop. O informație trebuie să răspundă următoarelor cerințe:

- să fie cuprinzătoare, completă și furnizată la timp;
- să fie obiectivă, bazată pe date verificate;
- să fie prezentată sub forma cea mai accesibilă;
- să nu fie costisitoare.

Subsistemul PP&C fiind un modul preponderent economic apare adesea, ca în orice proces economic, un consum de timp inutil și nedorit al resurselor materiale și umane care se datorește imposibilității de a corela temporal diverse activități care se intercondiționează [71]. Astfel iau naștere fenomenele de așteptare. Scopul principal al teoriei așteptării în cazul PP&C este de a realiza o balanță economică între costul serviciului și costul asociat așteptării pentru acest serviciu.

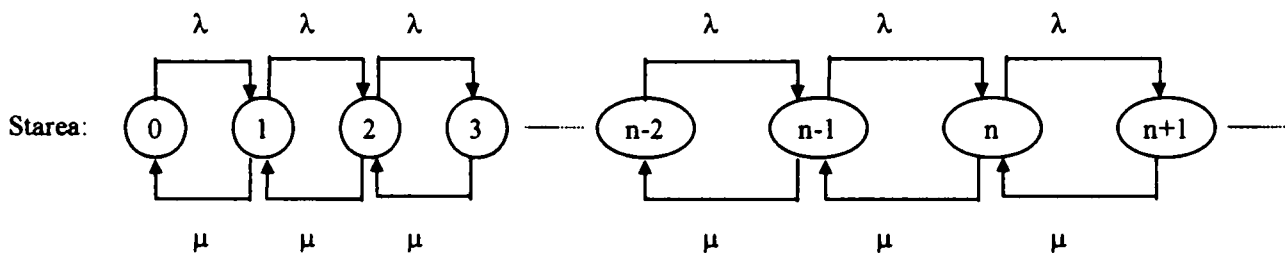
Modulul PP&C a fost conceput ca un sistem de așteptare în care procesele din interior au loc conform principiului apariției-dispariției. Astfel, apariția se referă, în cazul PP&C, la sosirea unei noi comenzi (directive de fabricație) sau client în sistemul de așteptare, iar dispariția se referă la plecarea unei comenzi (directive) sau plecarea clientului.

Modelul ales pentru modulul PPC presupune că toți timpii între sosiri sunt independenți și distribuți identic conform distribuției exponențiale (procesul de intrare este Poisson), și că timpii de servire sunt distribuți identic și independent conform unei alte distribuții exponențiale, și că numărul de servere este s (orice întreg pozitiv). În consecință acest model este un caz special al procesului apariție-dispariție în care rata de sosire medie și

rata de servire medie per server sunt constante (λ , respectiv μ), indiferent de starea sistemului. Când sistemul deține doar un server, ($s = 1$), parametrii pentru procesul de apariție-dispariție sunt $\lambda_n = \lambda$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) și $\mu_n = \mu$ ($n = 1, 2, \dots$). În figura 2.31, a se prezintă diagrama corespunzătoare.

Când sistemul are mai multe servere ($s > 1$), pentru exprimarea lui μ_n , formulele se complică. Se știe că μ_n reprezintă rata de servire medie pentru tot sistemul de așteptare (adică rata medie la care se încheie serviciile, deci când clienții părăsesc sistemul), unde n reprezintă numărul de clienți în prezent în sistem. Conform proprietăților distribuției exponențiale, când

- (a) Cazul serverului unic ($s = 1$) $\lambda_n = \lambda$ pentru $n = 0, 1, 2, \dots$
 $\mu_n = \mu$, pentru $n = 1, 2, \dots$



- (b) Cazul serverului multiplu ($s > 1$) $\lambda_n = \lambda$ pentru $n = 0, 1, 2, \dots$
 $\mu_n = \begin{cases} n\mu, & \text{pentru } n = 1, 2, \dots, s \\ s\mu, & \text{pentru } n = s, s+1, \dots \end{cases}$

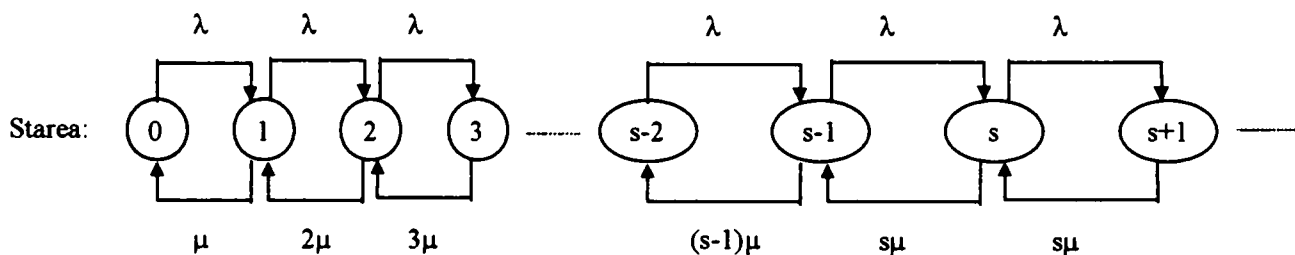


Figura 2.31: Diagramele modelului ales pentru realizarea modulului PP&C

rata de servire medie pe server este μ , rata de servire medie generală pentru serverele n , trebuie să fie $n\mu$. De aceea, $\mu_n = n\mu$, când $n \leq s$, și $\mu_n = s\mu$ când $n \geq s$, deci toate serverele sunt ocupate. În figura 2.31, b se prezintă diagrama pentru această situație.

Când rata maximă de servire medie ($s\mu$) depășește rata de sosire medie (λ), adică când $\rho = \frac{\lambda}{s\mu} < 1$, sistemul de așteptare corespunzător acestui model va atinge eventual o

condiție de stare staționară. În aceste condiții pot fi utilizate rezultatele stării staționare prezentate în capitolul anterior.

Cazul unui singur server

Pentru $s = 1$, factorii C_n pentru procesul de apariție-dispariție se reduc la:

$$C_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n = \rho^n, \text{ pentru } n = 1, 2, \dots$$

De aceea, $P_n = \rho^n P_0$, pentru $n = 1, 2, \dots$,

unde

$$P_0 = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^{\infty} \rho^n} = \left(\sum_{n=0}^{\infty} \rho^n\right)^{-1} = \left(\frac{1}{1-\rho}\right)^{-1} = 1-\rho \quad (2.1.)$$

Astfel,

$$P_n = (1 - \rho) \rho^n, \text{ pentru } n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.2.)$$

În consecință,

$$L = \sum_{n=0}^{\infty} n(1-\rho)\rho^n = (1-\rho)\rho \sum_{n=0}^{\infty} \frac{d}{d\rho}(\rho^n) = (1-\rho)\rho \frac{d}{d\rho} \left(\sum_{n=0}^{\infty} \rho^n\right) = (1-\rho)\rho \frac{d}{d\rho} \left(\frac{1}{1-\rho}\right) = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \quad (2.3.)$$

Similar,

$$L = \sum_{n=1}^{\infty} (n-1)P_n = L - 1(1-P_0) = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \quad (2.4.)$$

Presupunând din nou că $\lambda < \mu$, putem acum să derivăm distribuția de probabilitate a timpului de așteptare în sistem (incluzând serviciul) w pentru o sosire medie când disciplina cozii este primul venit, primul servit. Dacă această sosire găsește deja n clienți în sistem, sosirea va avea să aștepte $(n + 1)$ timpi de servire exponențiali, inclusiv cel propriu. Astfel, fie T_1, T_2, \dots variabilele aleatoare ale timpului de servire având o distribuție exponențială de aparametru μ , și fie $S_{n+1} = T_1 + T_2 + \dots + T_{n+1}$, pentru $n = 1, 2, \dots$, astfel încât S_{n+1} reprezintă *timpul de așteptare condițional*. Se știe că S_{n+1} are o distribuție Erlang (Gamma). Deoarece probabilitatea ca sosirea aleatoare să găsească n clienți în sisem este P_n , înseamnă că:

$$P\{w>t\} = \sum_{n=0}^{\infty} P_n P\{S_{n+1} > t\},$$

care, după calcule se reduce la:

$$P\{w>t\} = e^{-\mu(1-\rho)t}, \text{ pentru } t \geq 0. \quad (2.5.)$$

Concluzia este că w are o distribuție exponențială cu parametrul $\mu(1-\rho)$.

De aceea,

$$w = E(w) = 1/\mu(1-\rho) = 1/(\mu-\lambda). \quad (2.6.)$$

Aceste rezultate includ timpul de servire în timpul de așteptare. În unele cazuri timpul de așteptare mai relevant se socotește doar până începe servirea. Astfel, se consideră timpul de așteptare în coadă (excluzând deci timpul de servire) w_q pentru o sosire medie când disciplina cozii este primul venit, primul servit. Dacă această sosire nu găsește clienți în sistem, este servită imediat, așa că:

$$P\{w_q=0\} = P_0 = 1 - \rho.$$

Dacă sosirea găsește $n > 0$ clienți în sistem, ea trebuie să aștepte n timpi de servire exponențiali până când va începe propria servire, așa că:

$$P\{w>t\} = \sum_{n=1}^{\infty} P_n P\{S_n > t\} = \sum_{n=1}^{\infty} (1-\rho)\rho^n P\{S_n > t\} = \rho \sum_{n=0}^{\infty} P_n P\{S_{n+1} > t\} = \rho P\{w>t\} = \rho e^{-\mu(1-\rho)t}, \quad (2.7.)$$

pentru $t \geq 0$.

Derivând media acestei distribuții (sau aplicând sau $L_q = \lambda W_q$ sau $W_q = W - (1/\mu)$),

$$w_q = E(w_q) = \lambda/\mu(\mu-\lambda). \quad (2.8.)$$

Cazul existenței mai multor servere. Când $s > 1$, factorii C_n devin:

$$C_n = \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!}, \text{ pentru } n = 1, 2, \dots, s, \quad (2.9.)$$

și

$$C_n = \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \left(\frac{\lambda}{s\mu}\right)^{n-s} = \frac{(\lambda/\mu)^n}{s! s^{n-s}}, \text{ pentru } n = s, s+1, \dots \quad (2.10.)$$

În consecință, dacă $\lambda > s\mu$, atunci:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \sum_{n=s}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{s\mu}\right)^{n-s}} = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \frac{1}{1-(\lambda/s\mu)}} \quad (2.11.)$$

și

$$P_n = \begin{cases} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} P_0, & \text{dacă } 0 \leq n \leq s \\ \frac{(\lambda/\mu)^n}{s! s^{n-s}} P_0, & \text{dacă } n \geq s. \end{cases} \quad (2.12.)$$

Utilizând notația $\rho = \lambda/\mu s$,

$$\begin{aligned} L_q &= \sum_{n=s}^{\infty} (n-s) P_n = \sum_{j=0}^{\infty} P_{s+j} = \sum_{j=0}^{\infty} j \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \rho^j P_0 = P_0 \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \rho \sum_{j=0}^{\infty} \frac{d}{d\rho} (\rho^j) = P_0 \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \rho \frac{d}{d\rho} \sum_{j=0}^{\infty} (\rho^j) = \\ &= P_0 \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \rho \frac{d}{d\rho} \left(\frac{1}{1-\rho} \right) = \frac{P_0 (\lambda/\mu)^s \rho}{s! (1-\rho)^2} \end{aligned}$$

$$W_q = L_q/\lambda;$$

$$W = W_q + 1/\mu$$

$$L = \lambda(W_q + 1/\mu) = L_q + \lambda/\mu.$$

Metoda serverului unic pentru găsirea probabilității de distribuție a timpilor de așteptare poate fi extinsă și pentru cazul serverelor multiple. Aceasta conduce (pentru $t \geq 0$):

$$P\{W > t\} = e^{-\mu t} \left[1 + \frac{P_0 (\lambda/\mu)^s}{s! (1-\rho)} \left(\frac{1 - e^{-\mu(s-1-\lambda/\mu)t}}{s-1-\lambda/\mu} \right) \right] \quad (2.13.)$$

Dacă $\lambda \geq s\mu$, astfel că rata medie a sosirilor depășește rata maximă de servire medie, coada crește fără limite, astfel că soluțiile stării staționare precedente nu mai sunt aplicabile.

Teoria așteptării are o largă utilizare în modelarea sistemelor de producție. Plecând de la conceptele sale, modelul PP&C a fost elaborat având în vedere în principal definirea unor elemente matematice: obiecte, operații de prelucrare, unități de depozitare, producție și comandă capabile să descrie fenomenele dinamice ale proceselor de producție.

2.5.3. Realizarea modulului PP&C

Informația generală pentru un produs în timpul planificării producției, proiectării, fabricației, utilizării, întreținerii și scoaterii din uz a acestuia este utilizată în multe scopuri în timpul ciclului de viață. Utilizarea poate implica multe sisteme computerizate. Pentru a sprijini astfel de utilizări, organizațiile trebuie să fie capabile să reprezinte informația produsului lor într-o formă interpretabilă de calculator în mod similar, care trebuie să rămână completă și consistentă atunci când este schimbată între diferite sisteme computerizate.

Specificarea reprezentării unui produs este oferită de către un set de resurse integrate. Fiecare resursă integrată cuprinde un set de descrieri de bază ale datelor produsului, cunoscute ca și construcții resursă. Resursele integrate sunt divizate în două grupuri: resurse generice și resurse aplicații. Resursele generice sunt independente de aplicații și pot fi reciproc asociate. Resursele asociate pot fi asociate resurselor generice și pot adăuga alte construcții resursă pentru a fi utilizate de un grup de aplicații similare.

Resursele integrate definesc un model informațional generic pentru informația produsului. Ele nu sunt suficiente pentru a sprijini cerințele informaționale ale unei aplicații fără a adăuga constrângeri, relații, atribute specifice aplicației.

Realizarea modulului PP&C, care să poată fi integrat în sistemul CIM, s-a bazat pe concepția unui program "PPC", realizat în mediul Windows într-un limbaj Access. Concepția acestui modul rezultă dintr-o analiză detaliată a cerințelor aplicației industriale. Este o prezentare în detaliu a obiectelor aplicației (obiecte cu entități și atribute) și a relațiilor între ele, necesare pentru a sprijini activitățile ce se încadrează în scopul aplicației industriale.

Prin programul creat s-a încercat realizarea unui sistem generic care ar putea fi utilizat de întreprinderi pentru a oferi o îmbunătățire substanțială a producției luate ca un întreg. Componentele structurale ale acestui program și regulile ce definesc relațiile între acestea formează sintaxa programului. Componentele sintaxei "PPC" sunt alcătuite din blocuri și săgeți, reguli și diagrame.

Una din atribuțiile programului "PPC" este cea referitoare la relația existentă între client și reper și mai apoi, produsul final care conține acest reper. Se ține cont și de posibilitatea ca reperul să fie executat în cadrul întreprinderii, creând în acest sens relația categorială reper-executat și reper-cumpărat.

Blocurile reprezintă funcții care definesc activitățile, procesele sau transformările. Săgețile reprezintă date sau obiecte asociate funcțiilor, iar regulile definesc modul în care sunt utilizate componentele. Diagramele prezintă sub un anumit format grafic descrierea modelelor.

Un bloc descrie ceea ce se întâmplă într-o anumită funcție. Fiecare bloc are un nume și un cod alfanumeric reprezentativ care se folosește pentru identificare. Exemplu: planificarea capacităților de producție, planificarea capacităților materiale, prelucrare repere etc.

Săgețile, spre deosebire de alte cazuri de reprezentare, nu reprezintă un flux de informații sau o succesiune de activități, ci ele poartă date și obiecte asociate funcțiilor, necesare luării unor decizii cu ajutorul calculatorului. Exemplu: specificații de fabricație, plan de operații etc. Funcțiile ce primesc date sau obiecte sunt constrânse de către acestea pentru a face disponibilă, într-un anumit fel, o anumită decizie.

Semantica se referă la semnificația componentelor sintactice ale limbajului contribuind la corectitudinea interpretării.

Modelul din figura 2.32. se bazează pe o sintaxă simplă. Intrările sunt transformate sau consumate de funcție pentru a produce ieșirile.

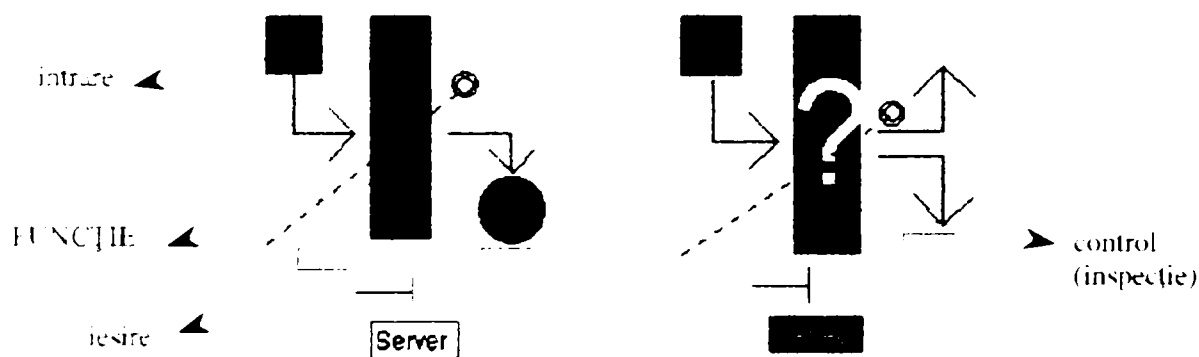


Figura 2.32: Mecanismul transformărilor în programul "PPC"

Programul are în componență subprograme specifice activităților din cadrul modulului PP&C, subprograme care la rândul lor conțin procedurile aferente termenelor de execuție ale diferitelor activități, figura 2.33. Fiecare activitate este divizată în subactivități specifice.

Principalul element al programului este că orice activitate (procedură) este declanșată de termenele de livrare (repere, comenzi, informații, documente). Dacă un anumit termen de livrare este depășit atunci programul avertizează asupra acestui lucru și declanșează o serie de decizii care influențează ulterior desfășurarea activităților.

Diagramele au un rol important în desfășurarea programului "PPC" și ele descriu toate entitățile și relațiile dintre ele. Diagramele sunt folosite în procesul de rafinare a relațiilor specifice dintre funcțiile definite în program.

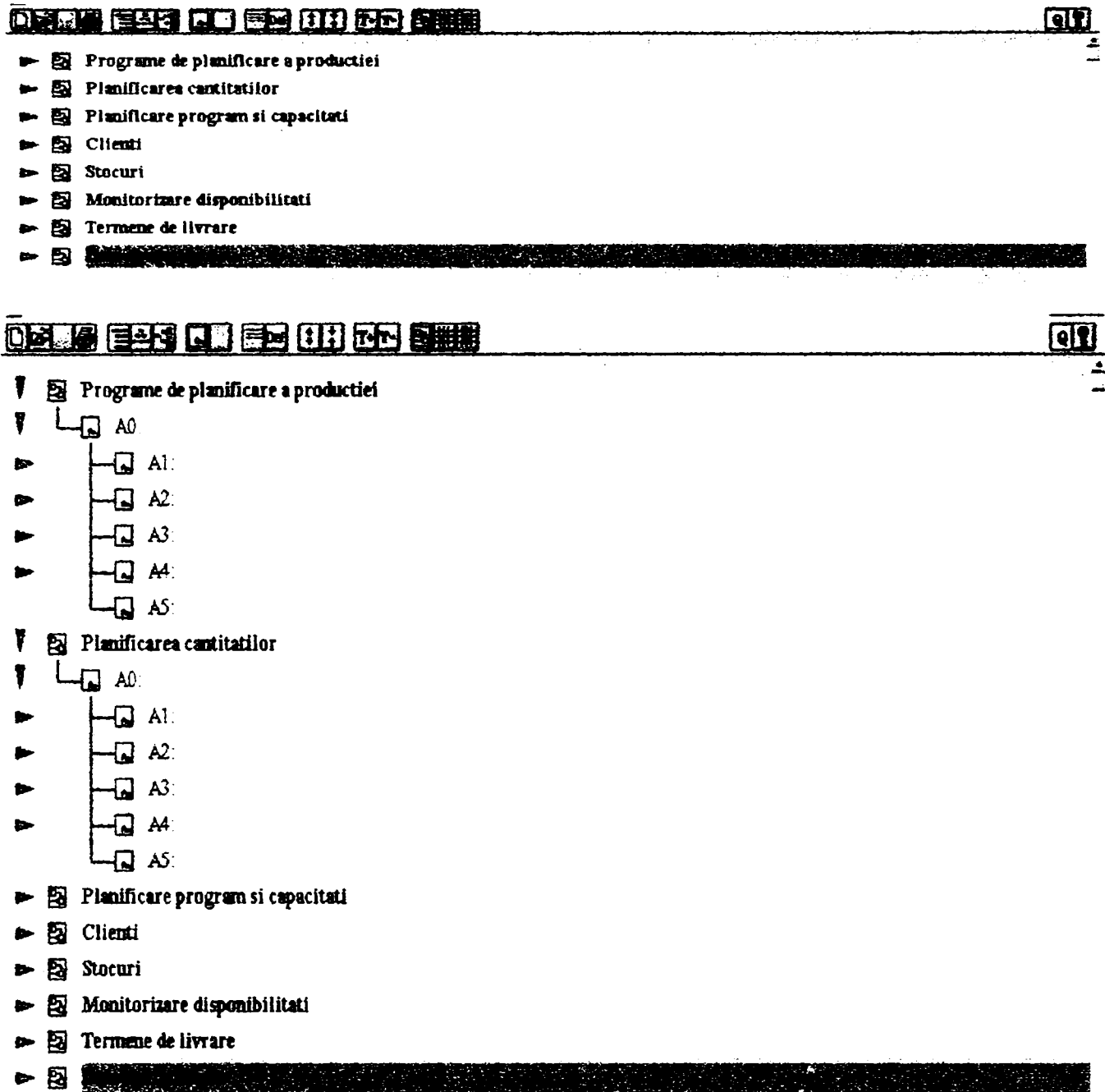


Figura 2.33: Elementele definatorii (subprogramele) ale programului "PPC"

Programul bazat pe modelarea prin teoria așteptării, model prezentat în subcapitolul anterior, folosește ca stație de așteptare orice activitate din cadrul modulului PP&C unde au loc prelucrări ale informațiilor care influențează mai apoi deciziile din modul.

Combinând principiile teoriei așteptării și programarea orientată obiect, fluxul informațional care parcurge activitățile din modulul PP&C, prin programul "PPC", este controlat de termenele de livrare ale reperelor fabricate. Termenele sunt introduse de la faza de comenzi ale clienților, de lansare în fabricație a reperului și acest termen parcurge toate activitățile până la livrarea produsului la beneficiar.

Un element important este acela prin care cu ajutorul programului se pot monitoriza activitățile ce se desfășoară, prin aceasta putându-se afla în orice moment locul unde se află în prelucrare o anumită informație (funcție). Figura 2.34. prezintă o astfel de reprezentare grafică a monitorizării activităților din PP&C. Informațiile cele curente sunt marcate cu eticheta, codul "la zi", iar cele care au o comandă specială cu codul "la c-dă".

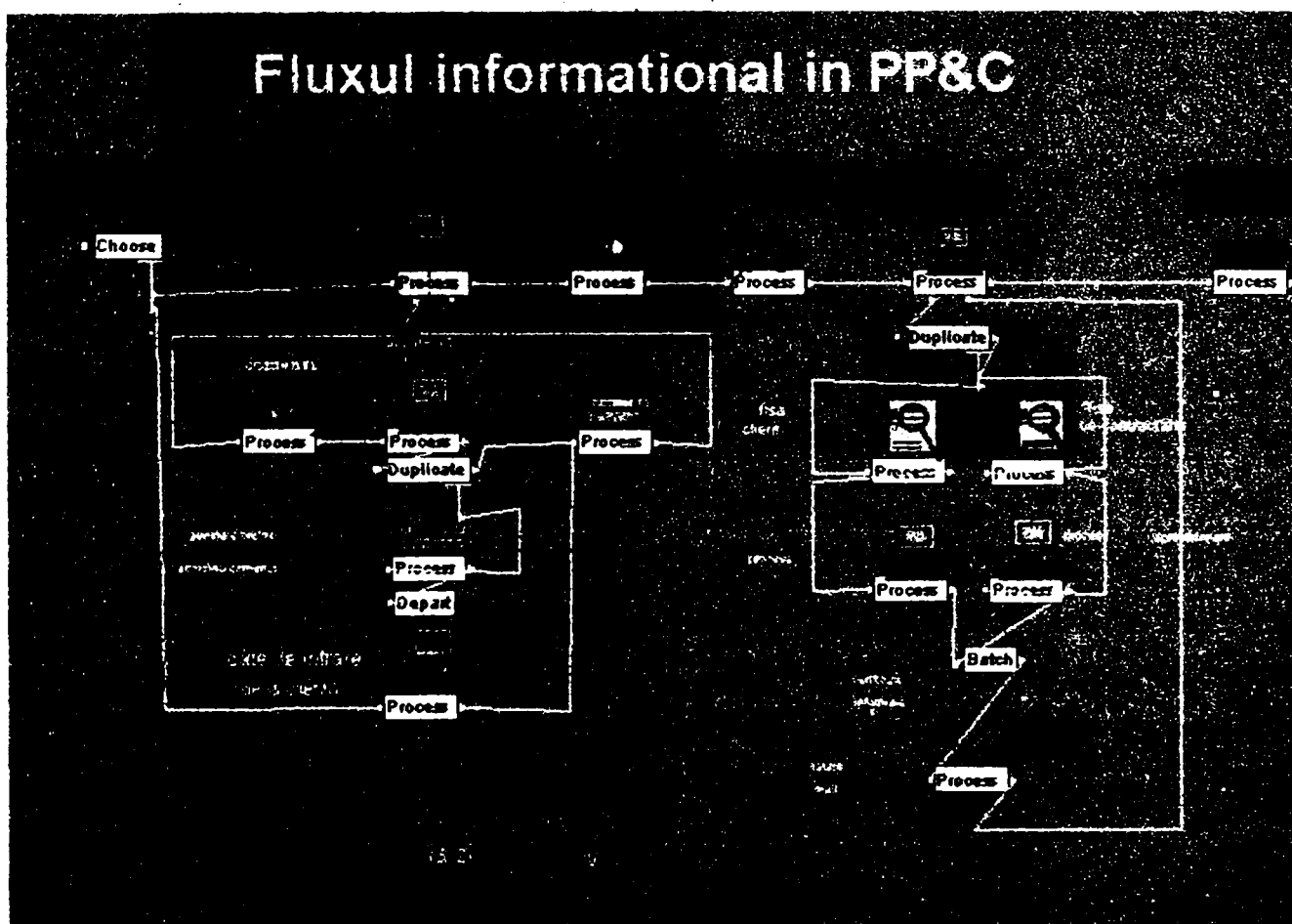


Figura 2.34: Monitorizarea fluxului informațional prin programul "PPC"

Având în vedere activitățile de realizat în modulul PP&C și consumurile pe care acestea le generează, la fiecare nivel organizatoric, a fost necesar să se conceapă planuri și programe de activitate care să cuprindă: succesiunea optimă de desfășurare a activităților, repartizarea sarcinilor pe executanți și stabilirea consumurilor necesare execuției.

Metodele și tehnicile de lucru utilizate în planificarea și coordonarea activităților, au avut în vedere următoarele reguli:

- ⇒ o activitate se realizează prin operații de execuție a sarcinilor, ordonate succesiv, în serie, în paralel sau mixt (în serie și în paralel);
- ⇒ execuția unei operații presupune consum de timp, consum de muncă, consum de materiale;

- ⇒ revizuirea unei activități implică reconsiderarea calculelor privind consumurile;
- ⇒ un program de activități urmează a fi actualizat având în vedere acțiunea factorilor care condiționează realizarea lui.

Utilizatorul programului poate să își aleagă din meniul principal, figura 2.35., orice element de comandă pentru determinarea fluxului informațional în modulul PP&C.

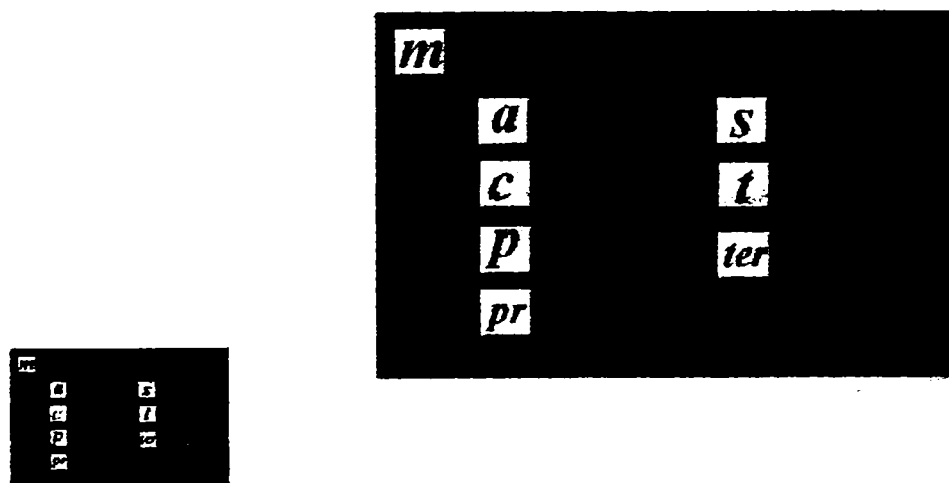


Figura 2.35: Meniul principal al programului "PPC"

În același timp programul permite stabilirea directivelor de fabricație necesare continuării procesului de concepție, proiectare și fabricație a reperelor planificate în modulul PP&C pentru a fi prelucrate în sistemul integrat de producție.

2.5.4. Interfațarea modulului PP&C cu celelalte module CIM

Secvențele de date trebuie transmise și procesate foarte rapid din cauza desfășurării procesului în timp real. Circulația corectă a informației într-o operație de producție poate fi realizată numai după ce se crează o interfață potrivită, corespunzătoare între sistemele electronice de prelucrare a datelor utilizate în diferite module CIM. Aceste interfețe vor asigura că transmiterea informației care trebuie schimbată are loc într-o direcție definită. Deciziile în cadrul procesului de producție pot fi conduse prin utilizarea EDP și a rețelelor de comunicație. Interfațarea modulului PP&C s-a făcut prin intermediul bazei de date, bază de date care este accesată în celelalte module CIM funcție de deciziile emise de modulul PP&C. Bazele de date cu care s-a lucrat și în modulul PP&C sunt cele orientate pe obiecte, fiecare obiect fiind definit prin clase, subclase și funcții.

Programul "PPC" realizează integrarea bazei de date la nivelul PP&C, elementele componente fiind prezentate în figura 2.36.

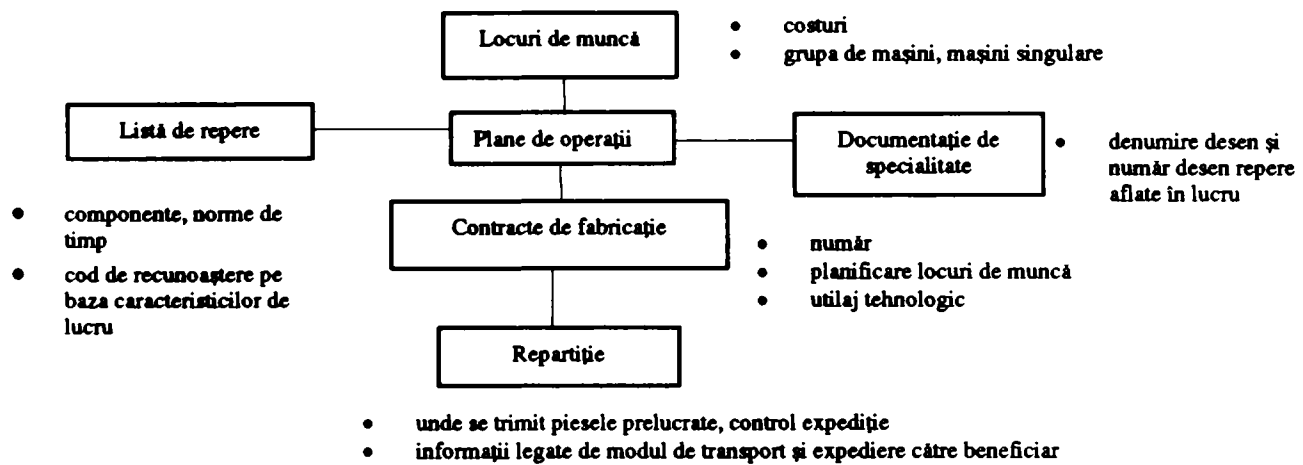


Figura 2.36: Integrarea bazei de date la nivelul PP&C

Accesul și manipularea informațiilor din modulul PP&C și conectarea lui la celelalte module CIM, cu ajutorul programului și a monitorizării asistate, s-a făcut pe baza modelelor abstracte pentru descrierea organizării reale cu date și funcții utilizând principiile modelelor virtuale (Virtual Manufacturing Device). Specificațiile programului facilitează tehnologia de utilizare a modelelor datelor integrate despre produsele necesare pentru integrarea activităților CIM. Datele pentru toate activitățile au același format favorabil pentru schimburile informaționale între modulele legate prin fluxul informațional. Toate programele realizate la nivelul modulelor CIM concepute sunt sub mediul Windows 95, iar programele interfață permit interpretarea datelor din bazele de date orientate obiect, aferente modulelor CIM cu care este legat modulul PP&C.

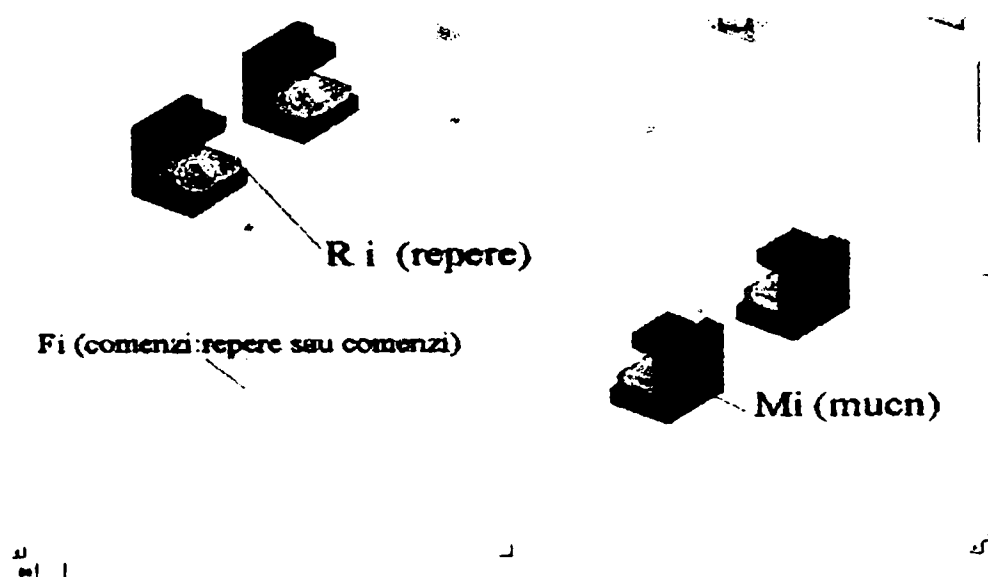


Figura 2.37: Interfațarea modulului PP&C cu fabricația asistată pe MUCN prin intermediul monitorizării capacităților de fabricație

Monitorizarea capacităților de fabricație, a procesului de fabricație, figura 2.37., se realizează pe baza programului care interfațează mașinile-unelte cu comandă numerică, oferind informații modulului PP&C, de unde se pot lua mai apoi decizii de conducere a procesului de fabricație și are următoarele funcții: gradul de încărcare a mașinilor-unelte, stadiul prelucrării (operație, program), evaluarea finalizării prelucrării, semnalare defecte (avarii) apărute.

Diagramele rezultate în urma prelucrării datelor din proces sunt instrumente utile în derularea oricăror decizii la nivelul planificării și urmăririi procesului de producție (fig. 2.38.).

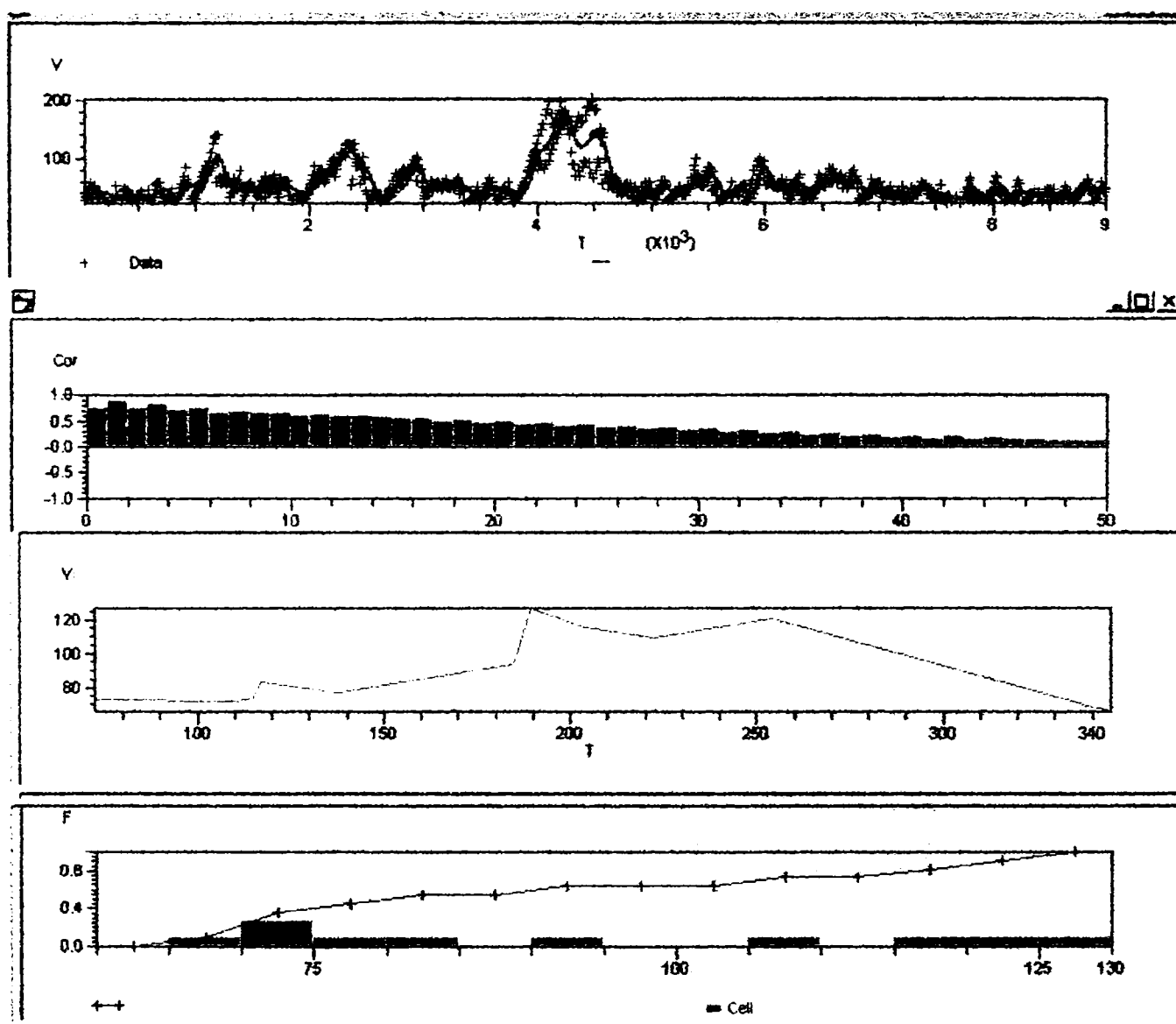


Figura 2.37: Diagramele de analiză din procesul de producție rezultate în urma culegerii și prelucrării datelor cu programul "PPC"

Pentru mărirea eficientizării modulului PP&C și diminuarea cheltuielilor de producție este necesar schimbul de informații referitoare la produsele aflate în fabricație în format neutru, care este lizibil pentru computerele cu diferite arhitecturi din interiorul întreprinderii.

2.6. Concluzii

Prin concepția unor module CIM s-a realizat un sistem informațional care să lege toate programele asistate de calculator prin interfețele concepute, pentru diferite activități din cadrul unui sistem integrat de producție: planificarea producției, concepția constructivă, concepția tehnologică, fabricația.

Bazele de date, informațiile și sistemul informațional definite pentru modulele CIM concepute au urmărit să îndeplinească cel puțin trei caracteristici funcționale:

- să fie compatibile cu infrastructura întreprinderii;
- să fie extensibile astfel încât să permită definirea noilor date fără a altera datele definite anterior;
- să fie transferabile atât perspectivelor utilizator solicitate cât și unei varietăți de stocări de date și structuri de acces.

Concepția modulului CAD s-a făcut cu ajutorul programării parametrizate a modelării volumice a reperelor aflate în faza de proiectare constructivă asistată de calculator. Interfațarea dintre modulul CAD și celelalte module s-a făcut cu ajutorul unui program "PRO-CAD" care gestionează baza de date grafică cu ajutorul codurilor. Compatibilitatea informațiilor tehnologice cu cele grafice, la acest nivel, a fost posibilă prin conceperea programului și a bazelor de date în mediul Windows, așa cum sunt create toate programele de bază și de interfață ale modulelor CIM concepute.

Programarea orientată obiect a fost folosită în concepția modulului CAPP pentru realizarea unei baze de date în care reperele să fie recunoscute după caracteristicile geometrice și cele tehnologice, după care să fie folosite mai departe aceste caracteristici în proiectarea automată a proceselor tehnologice de fabricație. Datelor tehnologice și cele geometrice din baza de date sunt folosite de programul "TechCIM" care realizează automat procesul tehnologic de prelucrare. Datele de ieșire din acest modul (planele de operații) sunt apoi transferate modulului CAM.

Modulul CAM este conceput ca un modul ce reunește prin fluxul informațional și bazele de date trei componente principale: procesorul geometric, în care sunt definite

trajectoriile sculelor în timpul prelucrării asistate de calculator (în cazul când nu există o bază de date realizată în modulul CAD), datele tehnologice, în care sunt realizate elementele tehnologice necesare procesului de prelucrare și postprocesoarele caracteristice diferitelor echipamente NC. Asamblarea acestor componente s-a făcut cu ajutorul fișierelor specifice în care sunt salvate datele prelucrate în fiecare componentă.

Modulul PP&C este conceput prin similitudinea sistemului integrat de producție, a modulelor sale cu stațiile de așteptare. Deci concepția modulului PP&C s-a realizat pe baza teoriei așteptării și a programării orientate obiect. S-a realizat un program "PPC" sub mediul Windows care permite cu ajutorul unor coduri ce conțin termene de finalizare pentru fiecărei activitate specifică modulului (planificare capacități, planificare resurse umane și materiale, termene de livrare, transport etc.) să se urmărească comenzile și să se poată lua o decizie în pregătirea fabricației. Programul permite monitorizarea activităților specifice PP&C.

Concepția, realizarea și integrarea acestor module într-un sistem integrat de producție a condus la crearea unui sistem CIM, cu aplicație în producție, la fabricația transmisiilor cardanice de la SC COMPA SA Sibiu.

Capitolul 3:

CONTRIBUȚII LA REALIZAREA
MODULELOR CIM PENTRU
TRANSMISIILE CARDANICE

**CONTRIBUȚII
LA REALIZAREA
MODULELOR CIM PENTRU
TRANSMISII CARDANICE**



3.1. Introducere

Domeniul larg de utilizare al transmisiilor cardanice a făcut ca în unele țări să ia ființă firme specializate în astfel de produse. La noi în țară acestea se produc la SC COMPA SA Sibiu. Complexitatea și varietatea de transmisii cardanice, problemele privind concepția constructivă și tehnologică legată de fabricația acestora a determinat concentrarea cercetărilor în direcția concepției, realizării și implementării unor module CIM pentru transmisiile cardanice. Obiectivul central a fost cel de realizare a sistemului integrat de producție în fabricația transmisiilor cardanice în vederea creșterii flexibilității fabricației, reducerii costurilor de fabricație și creșterii calității activităților și produselor.

Cercetările teoretice legate de conceptul CIM, de legăturile dintre subsistemele CIM și mai ales managementul sistemului informațional în condițiile producției integrate abordate pe parcurs au condus la realizarea unor module CIM care permit integrarea concepției și fabricației transmisiilor cardanice. Cercetările au fost desfășurate în cadrul unor contracte [54,56] având ca temă managementul sistemului informațional și de materiale în condiții de CIM, la transmisiile cardanice de la întreprinderea SC COMPA SA Sibiu.

3.2. Analiza situației existente și strategia de implementare

În România nu s-a abordat până la ora actuală problema fabricației integrate a transmisiilor cardanice, iar realizarea acesteia în cadrul SC COMPA SA Sibiu ar permite re tehnologizarea întreprinderii, cu eforturi mai puțin importante, datorită integrării pas cu pas. Totodată, crearea bazei de date (caracteristici constructive, caracteristici tehnologice, modele de optimizare, procese tehnologice optime de prelucrare etc.) pentru transmisiile cardanice este utilă și pentru alte firme interesate din țară și din străinătate

Obiectivele strategice urmărite prin realizarea unui sistem integrat de producție pentru transmisiile cardanice sunt:

- *creșterea flexibilității producției (a activităților de concepție și fabricație);*
- *îmbunătățirea calității activităților și a produselor;*
- *reducerea costurilor de fabricație;*
- *creșterea productivității;*
- *diminuarea stocurilor.*

Cercetările întreprinse au vizat:

- ⇒ proiectarea constructivă asistată și optimizarea constructiv-funcțională;
- ⇒ proiectarea asistată a proceselor tehnologice de fabricație;
- ⇒ fabricația asistată;
- ⇒ controlul de calitate asistat.

Studiul de piață efectuat pentru transmisiile cardanice fabricate la SC COMPA SA Sibiu, pe bază de chestionare trimise beneficiarilor, a evidențiat următoarele :

- ponderea maximă o dețin beneficiarii care utilizează transmisiile cardanice drept piese de schimb. Urmează, în ordinea descrescătoare, cei care au preponderente activități de service și comerciale. Totuși, din punct de vedere al volumului anual de transmisii cardanice, acești beneficiari se situează în zona 100...1000 buc/an, ceea ce conduce la ideea necesității de analizare atentă a politicii de distribuție;
- din punct de vedere al domeniului utilizării acestor produse, pe primul loc se situează camioanele (80%), urmate de autoturismele de teren. Se recomandă ca în atenția companiei să stea și utilajele de ridicat, precum și utilajele de construcții, unde participarea pe piață, la ora actuală este deficitară (17,5%);
- majoritatea beneficiarilor utilizează transmisiile cardanice pentru mașini și utilaje cu o vechime între 6 și 10 ani. Prin urmare, se consideră că atenția companiei trebuie să se

concentreze asupra obținerii de informații referitoare la tipodimensiunile de transmisii cardanice care intră în componența mașinilor și utilajelor cu vechime sub 5 ani în prezent, și care vor constitui piața potențială din anii următori;

- în ceea ce privește proveniența mașinilor și utilajelor pentru care sunt destinate transmisiile cardanice furnizate, aceasta este la ora actuală preponderent românească;
- un segment puternic din piața românească de transmisii cardanice este controlat de SC COMPA SA Sibiu. Prin urmare, eforturile companiei trebuie concentrate pentru menținerea pieței actuale prin cunoașterea și înlăturarea deficiențelor referitoare la calitatea produselor și a serviciilor oferite. Astfel, majoritatea celor chestionați au considerat calitatea transmisiilor cardanice produse de companie doar "bună" (14% sunt nemulțumiți), existând deci rezerve privitoare la calitatea acestor produse. Există nemulțumiri legate și de prețul acestor produse, precum și de modul de plată;
- în ceea ce privește percepția beneficiarilor asupra evoluției volumului și gamei de transmisii cardanice necesare, aceasta este în general optimistă.

Se consideră deci că atenția trebuie să se concentreze asupra acoperirii cerințelor de diversificare a gamei de transmisii cardanice, prin inițierea de cercetări privind creșterea flexibilității liniilor de producție existente. În urma acestui studiu de piață s-a recomandat o adâncire a cercetării în scopul stabilirii unei politici mai exacte în domeniul produselor noi, al distribuției și reclamei.

Condițiile din cadrul SC COMPA SA Sibiu au evidențiat posibilitățile de informatizare a compartimentului de planificare și urmărirea producției, cu implicații directe asupra fluxului informațional dintre companie și subcontractanți. Principalul furnizor de semifabricate pentru transmisiile cardanice este SC ROMAN SA Brașov.

Pe baza desenului de produs finit se elaborează desenul semifabricatului (turnat sau forjat), urmează apoi un dialog între cele două companii, din punct de vedere al adaosurilor de prelucrare, toleranțelor, condițiilor tehnice etc. În funcție de rezultatul "dialogului" rezultă tehnologia de elaborare a semifabricatului. Referitor la comenzile pentru semifabricate există un plan anual, respectiv trimestrial pe baza unor contracte încheiate cu furnizorii de semifabricate.

Sistemului integrat de producție este conceput în așa fel încât să permită informatizarea compartimentului de planificare și urmărire a producției, realizându-se un sistem PP&C, care să reducă durata activităților desfășurate. De asemenea, a fost efectuat un studiu cu privire la fabricația unui nou tip de ax cardanic cu două articulații. În cursul acestui studiu s-a încercat a se răspunde la următoarele întrebări: *cum? cu ce?* se fabrică produsul respectiv.

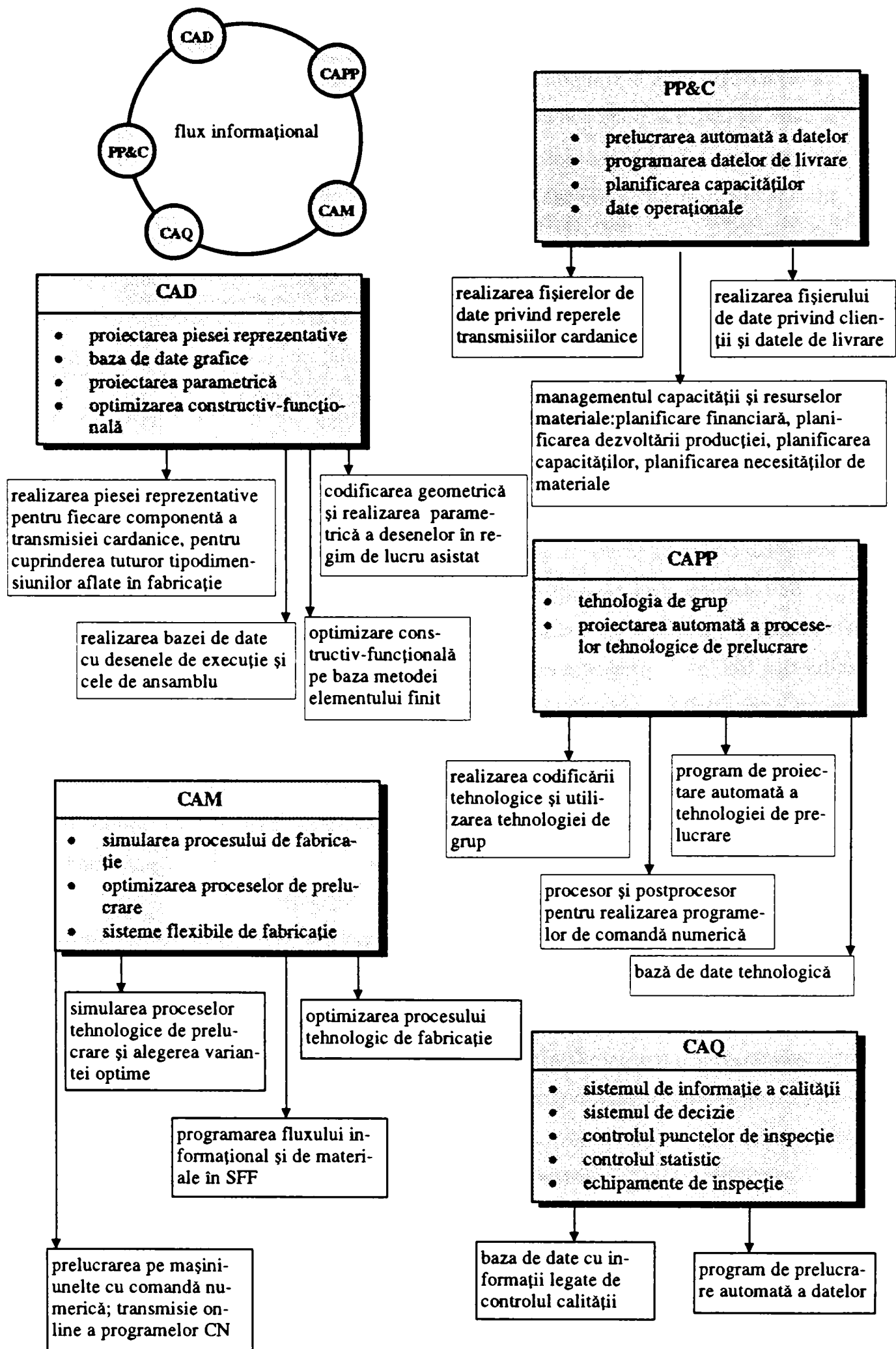


Figura 3.1: Programul de realizare a sistemului CIM pentru transmisii cardanice

Asemenea celorlalte componente ale transmisiilor cardanice, axul se compune din mai multe reperi: fusul axului, furca cu butuc, furca cu flanșă și crucea cardanică, reperi prelucrate în companie. Proiectarea constructivă, cât și proiectarea tehnologică se fac prin metode clasice. În această situație nu există nici un flux informațional între cele două departamente. Prelucrarea reperelor se face în flux pe linii tehnologice specializate pe produs. Pornind de la aceste realități s-a propus realizarea unui program de prelucrare asistată pe mașini-unelte cu comandă numerică care să se integreze în sistemul de producție. Prin acest program se realizează fluxul informațional între departamentul de proiectare constructivă, departamentul de proiectare tehnologică și fabricație.

Acest sistem integrat de producție a transmisiilor cardanice trebuie să răspundă unor cerințe generale complexe privind funcționalitatea acestora, calitatea, productivitatea și flexibilitatea fabricației. Realizarea unui astfel de sistem de producție se poate face cu un efort financiar minim, având în vedere pe de o parte colaborarea externă bună pe care o are compania cu firma germană Krupp, dar mai ales că programul propus necesită o investiție redusă din punct de vedere al achiziției de soft și hard.

Programul general de implementare a modulelor producției integrate în fabricația transmisiilor cardanice este prezentat în figura 3.1 și cuprinde domeniile:

- ⇒ concepția constructivă;
- ⇒ concepția tehnologică;
- ⇒ fabricația;

Urmează ca viitoarele cercetări să se axeze asupra planificării și urmăririi producției în regim asistat, integrând și acest modul în întregul sistem de producție.

3.3. Concepția constructivă asistată de calculator a transmisiilor cardanice

3.3.1. Prezentare generală

Datorită multitudinii variantelor tipodimensionale ale transmisiilor cardanice s-au ridicat o serie de probleme privind creșterea flexibilității fabricației, în special scurtarea timpului scurs între cererea produsului și livrarea lui. Acest lucru este cu atât mai important cu cât este vorba de asigurarea unor piese de schimb, adică a unor reperi care nu se află în fabricația curentă a întreprinderii, fiind vorba de caracterul variabil, aleator al producției.

Proiectarea constructivă clasică a unei transmisii cardanice necesită un volum mare de timp datorită numărului mare de componente pe care le are o transmisie cardanică, figura 3.2. Pe lângă problema timpului de proiectare apare și aceea a calității proiectului, a preciziei în calcule, deoarece dimensionarea transmisiei trebuie făcută în funcție de condițiile unde este utilizată aceasta. Toate aceste considerente au condus la ideea realizării unui modul CIM pentru concepția constructivă asistată de calculator a transmisiilor cardanice aflate în fabricație la întreprinderea sibiană.

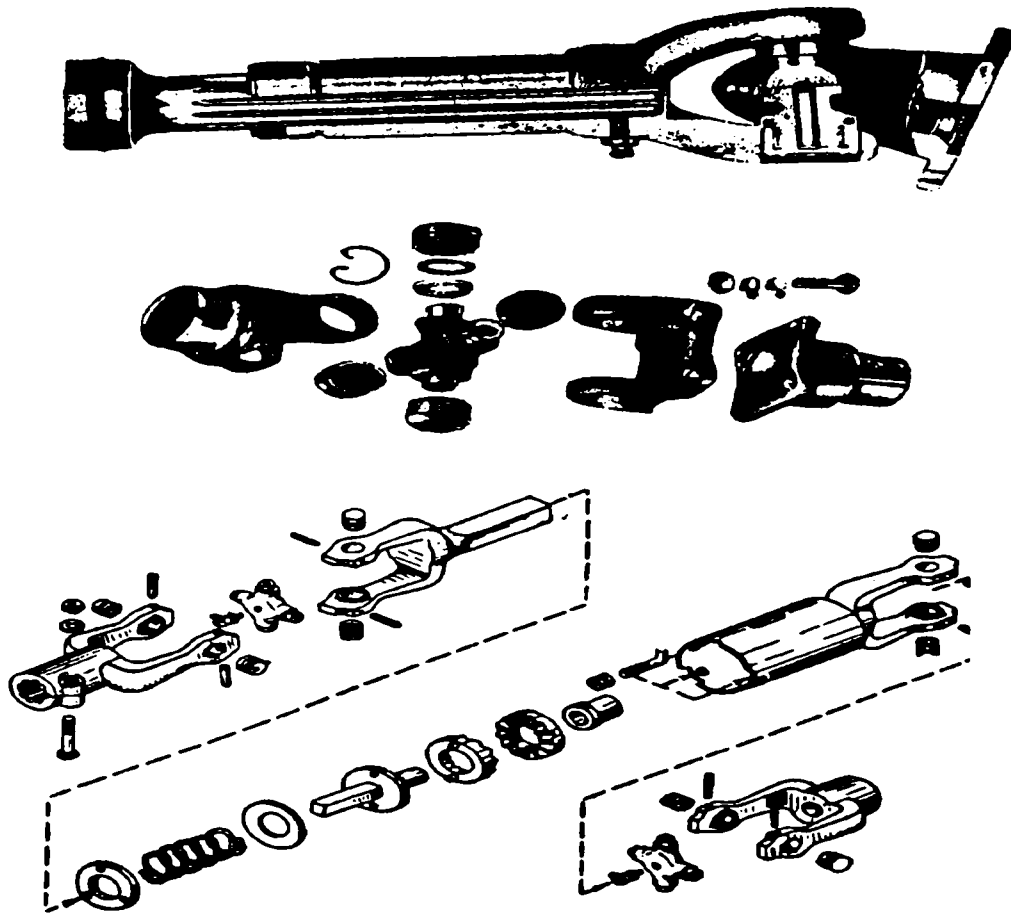


Figura 3.2: Transmisii cardanice - forme constructive

Acest modul CIM trebuie să fie capabil să asigure următoarele:

- ◆ proiectarea asistată a familiei de transmisii;
- ◆ optimizarea constructiv-funcțională a reperelor ce compun transmisia cardanică;
- ◆ proiectarea și optimizarea semifabricatelor pentru reperatele ce compun transmisiile cardanice;
- ◆ crearea unei baze de date cu elemente constructive obținute prin procesul de optimizare;
- ◆ automatizarea alegerii formei constructive de transmisie cardanică ;
- ◆ stabilirea fluxului informațional în modulul de concepție constructivă și integrarea acestui modul în sistemul CIM.

Pentru atingerea obiectivelor propuse au fost necesare următoarele:

- ◇ definirea piesei reprezentative pentru fiecare componentă a transmisiei cardanice ;
- ◇ utilizarea proiectării parametrice a familiilor de piese cu ajutorul programului AUTOCAD, AutoLISP și limbajului C++;
- ◇ optimizarea constructiv-funcțională a reperelor (și implicit a semifabricatelor) folosind metoda elementelor finite și programul ALGOR, specializat pentru această metodă;
- ◇ crearea bazei de date constructive pe baza reperelor optimizate, care să fie ușor de apelat atât în concepția constructivă asistată cât și în concepția tehnologică asistată;
- ◇ realizarea unui program de calcul și crearea unei baze de date specifice, în vederea stabilirii formei constructive a transmisiei cardanice funcție de condițiile de lucru, program realizat în C++. Fluxul informațional pentru acest modul CIM este cel din figura 3.3.

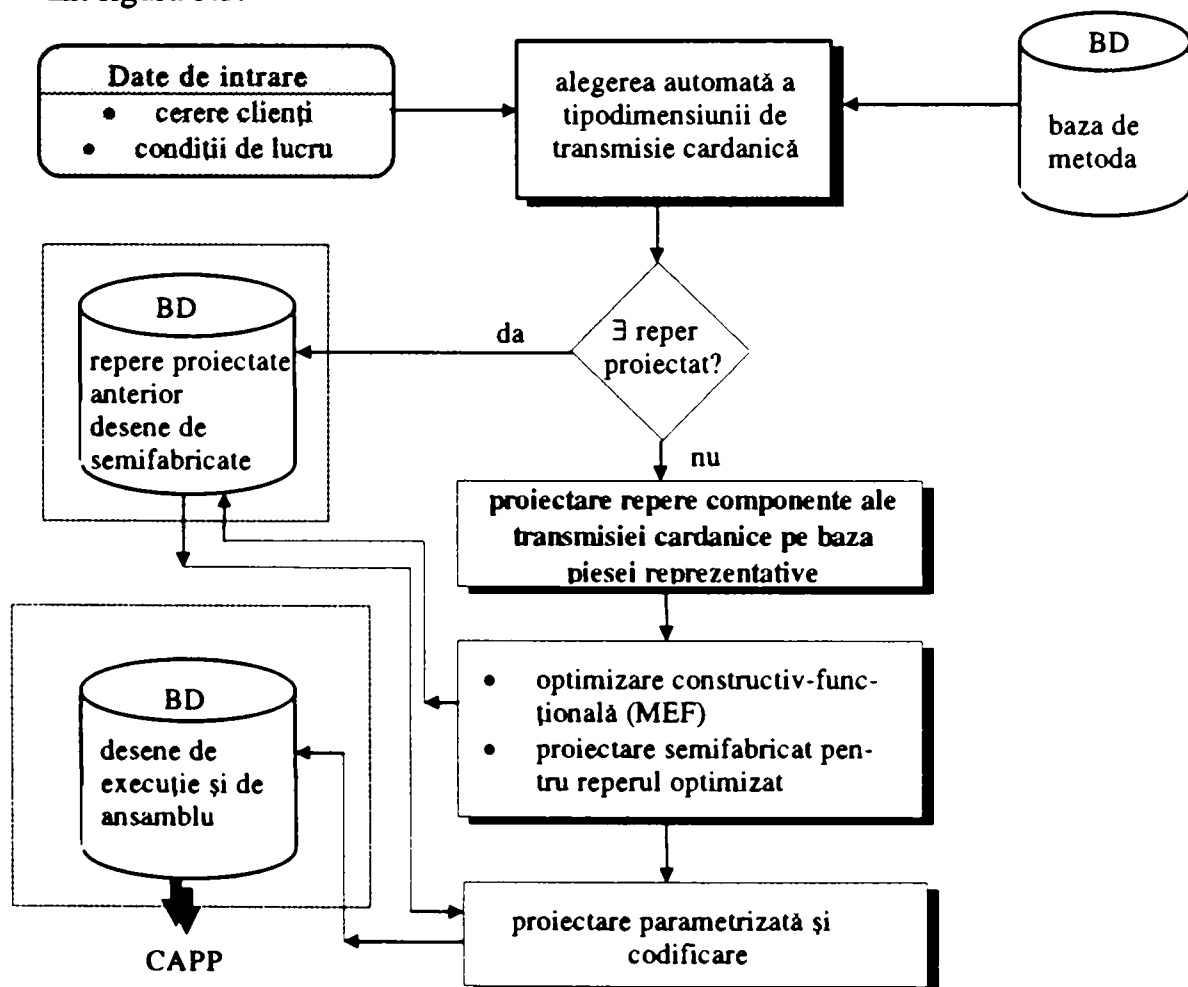


Figura 3.3: Fluxul informațional în modul CAD - concepția constructivă asistată de calculator

În abordarea problemei concepției constructive asistate a transmisiilor cardanice s-a pornit de la ideea generalizării proiectării, în sensul cuprinderii cât mai multor tipodimensiuni de repere din componența transmisiilor cardanice. Consecința acestei abordări generalizate,

pe baza folosirii principiilor tehnologiei de grup este creșterea flexibilității și integrarea concepției constructive și tehnologice. O importantă contribuție o are proiectarea parametrizată a reperelor transmisiilor cardanice care permite creșterea vitezei de proiectare.

3.3.2. Determinarea tipului de transmisie cardanică

Primul pas din modulul CIM (fig. 3.3) constă în determinarea, pe baza caietului de sarcini furnizat de client, a tipului de transmisie cardanică ce trebuie realizat. În acest scop se folosește un program interactiv. Programul sursă și programul pentru baza de date cu informațiile necesare procesului de calcul sunt prezentate în anexă.

Pe baza unor date culese de la locul unde funcționează transmisia cardanică se alege forma constructivă și dimensiunile ei, accesând apoi programul de proiectare constructivă asistată (dacă modelul respectiv nu s-a mai proiectat) sau baza de date cu desenele de ansamblu și de execuție (dacă modelul a mai fost proiectat și optimizat).

Etapele parcurse pentru determinarea tipului de transmisie cardanică sunt cele care apar în meniul principal al programului:

1. *Determinarea momentului maxim pentru calculul transmisiei*
2. *Determinarea arborelui longitudinal*
4. *Calculul lungimii țevii din condiția de rezistență la răsucire*
5. *Verificarea arborelui la turația critică*
6. *Baza de date pentru stabilirea tipului de flanșă*

3.3.3. Realizarea desenelor de ansamblu și de execuție

Pasul al doilea este cel de realizare a desenelor de ansamblu și de execuție ale reperelor ce compun transmisia cardanică.

Pentru creșterea flexibilității proiectării s-a folosit principiul tehnologiei de grup, creând pentru fiecare tip de reper: arbore cardanic, furcă cardanică (fig. 3.4), cruce cardanică, elemente de etanșare, piesa reprezentativă care reunește toate tipurile de suprafețe ale familiei. Au fost analizate 21 de variante constructive de transmisii cardanice, care pot fi la un moment dat în procesul de fabricație sau care pot să apară ca necesar de piese de schimb. Piesa reprezentativă este "reală" pentru că reunește forme geometrice "reale" ale pieselor componente ale transmisiilor cardanice analizate.

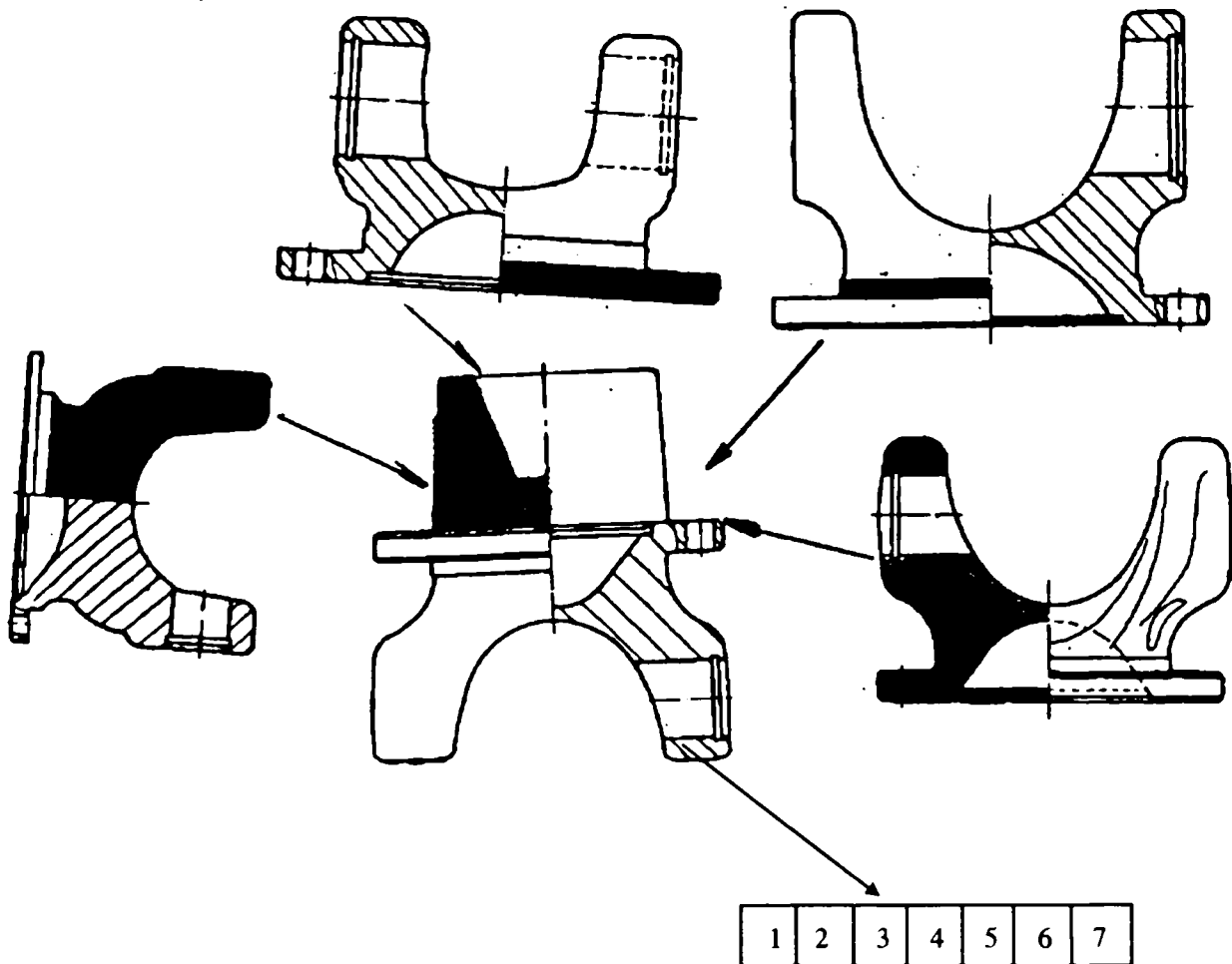


Figura 3.4: Realizarea și codificarea piesei reprezentative pentru furca cardanică

În cadrul procesului de proiectare constructivă fiecare element geometric este codificat, codul fiind folosit și la proiectarea tehnologică, realizând concordanța între suprafețele piesei și operațiile de prelucrare.

Codificarea este alfanumerică și conține date despre: tipul suprafeței, dimensiuni, toleranțe, rugozitate, condiții tehnice speciale. Codificarea însoțește piesa în baza de date, astfel că la concepția procesului tehnologic, subrutinele de program sunt declanșate de aceste coduri alfanumerice.

Atunci când este necesar să se realizeze o piesă nouă se folosește programul AutoCAD în asocierie cu baze de date realizate în limbajul C++. Câteva din desenele proiectate în regim asistat și stocate în baza de date primară sunt prezentate în figura 3.5.

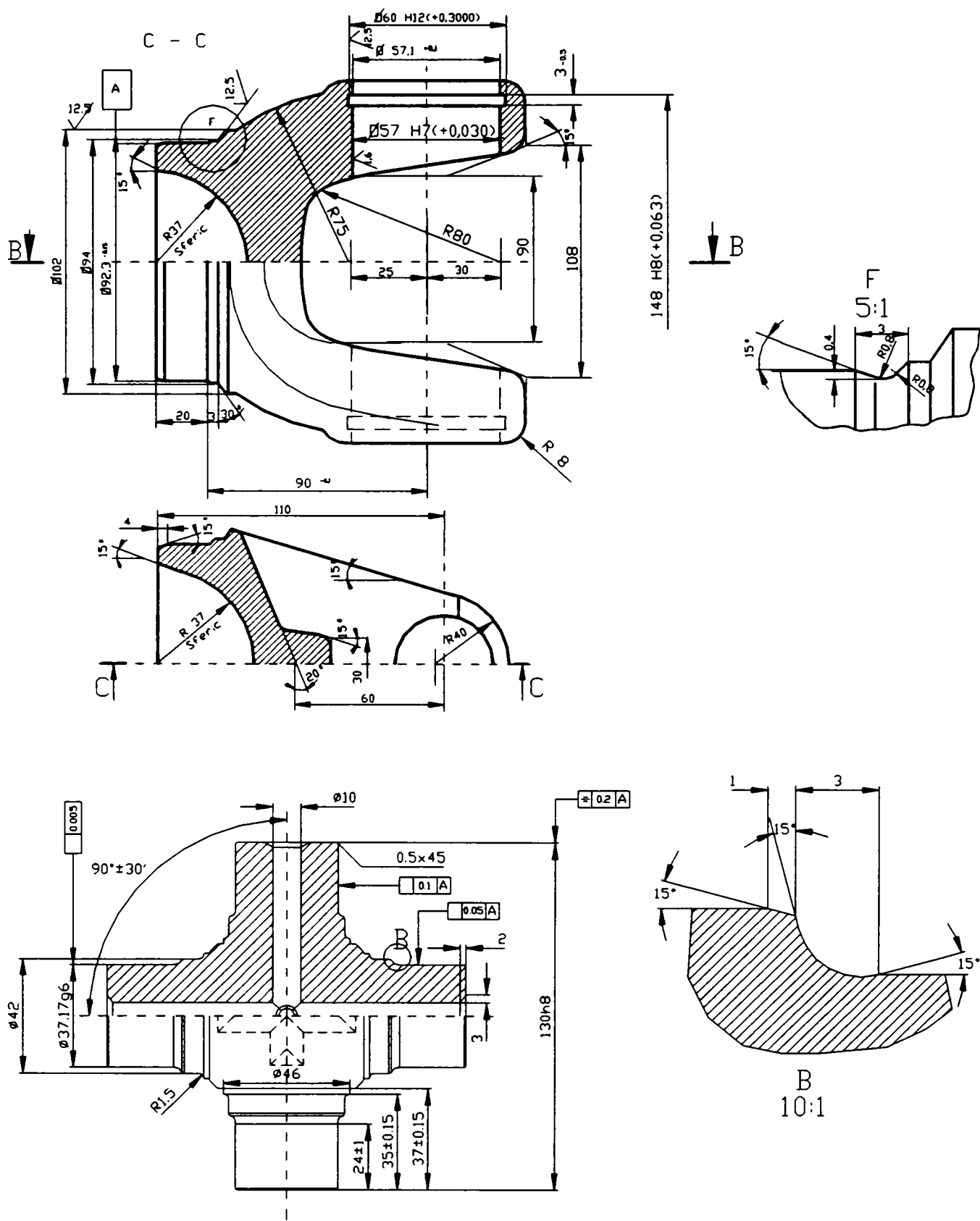


Figura 3.5: Desene din baza de date primară ale componentelor transmisiilor cardanice

3.3.4. Optimizarea constructiv-funcțională

Pasul al treilea este cel de optimizare constructiv-funcțională a reperelor proiectate în regim asistat. Optimizarea ține seama atât de elementele constructive, cât și de elemente tehnologice necesare în concepția și fabricația transmisiilor cardanice. Ea are ca efect realizarea unor reperi optime din punct de vedere constructiv (formă, rezistență), cu economii de material și cu tehnologicitate ridicată.

Optimizarea constructiv-funcțională s-a realizat prin metoda elementelor finite (MEF), cu ajutorul programului ALGOR. Se exemplifică analiza efectuată la ansamblul transmisie cardanică cu numărul 89.39.105.6947 - aflat în fabricație curentă și care are componentele din figura 3.6.

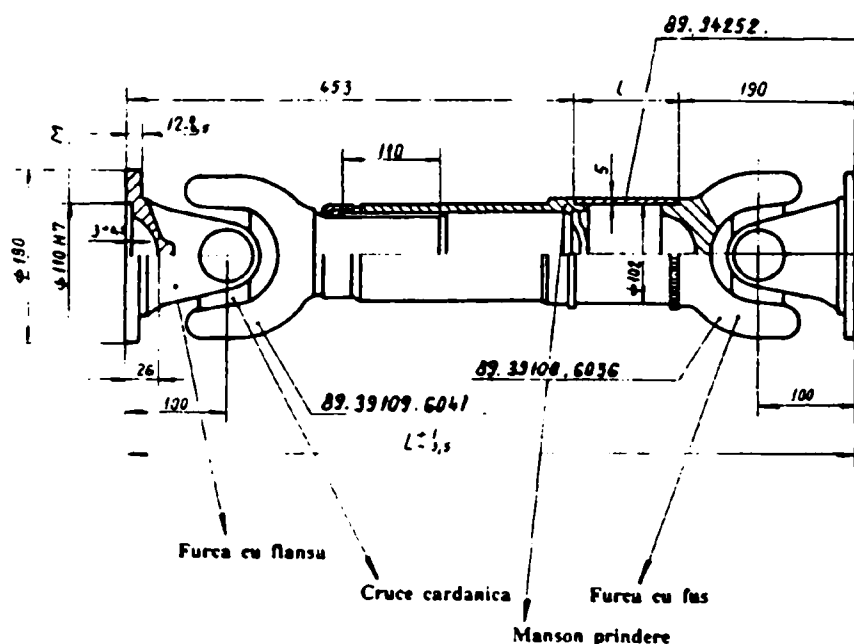


Figura 3.6: Transmisie cardanică - ansamblu (pentru optimizarea constructiv-funcțională prin MEF)

Ca punct de plecare se utilizează un model integral al fenomenului de studiat. Acest model poate fi obținut în mod direct, prin calcul, sau poate fi derivat din modelul diferențial corespunzător, cu ajutorul calculului variațional sau al metodei rezidurilor ponderate. Datorită folosirii unui model integral ca bază de plecare, și a unor seturi de funcții continue pe porțiuni, metoda elementelor finite nu mai este condiționată de existența unei rețele rectangulare. Cu ajutorul ei se pot discretiza practic corpuri geometrice oarecare. S-a ales programul ALGOR pentru că permite importul de fișiere *.DXF din baza de date primare (compusă din desenele de execuție ale componentelor transmisiei cardanice și ale desenelor de ansamblu), fișier care este modelul primar asupra căruia se aplică modelarea prin metoda

elementelor finite. Etapele procesului de optimizare constructiv-funcțională, figura 3.7, sunt integrate în procesul de concepție constructivă asistată și fac parte din CAE (Computer Aided Engineering). Datele de intrare țin de informațiile constructive și tehnologice, de condițiile concrete în care va funcționa transmisia cardanică. Preluarea desenului din baza de date primară se face sub forma unui fișier de tip DXF, fișier realizat în faza de proiectare asistată, cu ajutorul programului AutoCAD. În cazul prezentat, pentru modelarea (discretizarea) cu ajutorul metodei elementelor finite, în cazul reperelor simple, s-au extras din baza de date fișierele: *furcaf.dxf*, *furcafl.dxf*, *crucar.dxf*, *mansc.dxf*, *furcag.dxf*, *capac.dxf*, *inele.dxf* și *inels.dxf*.

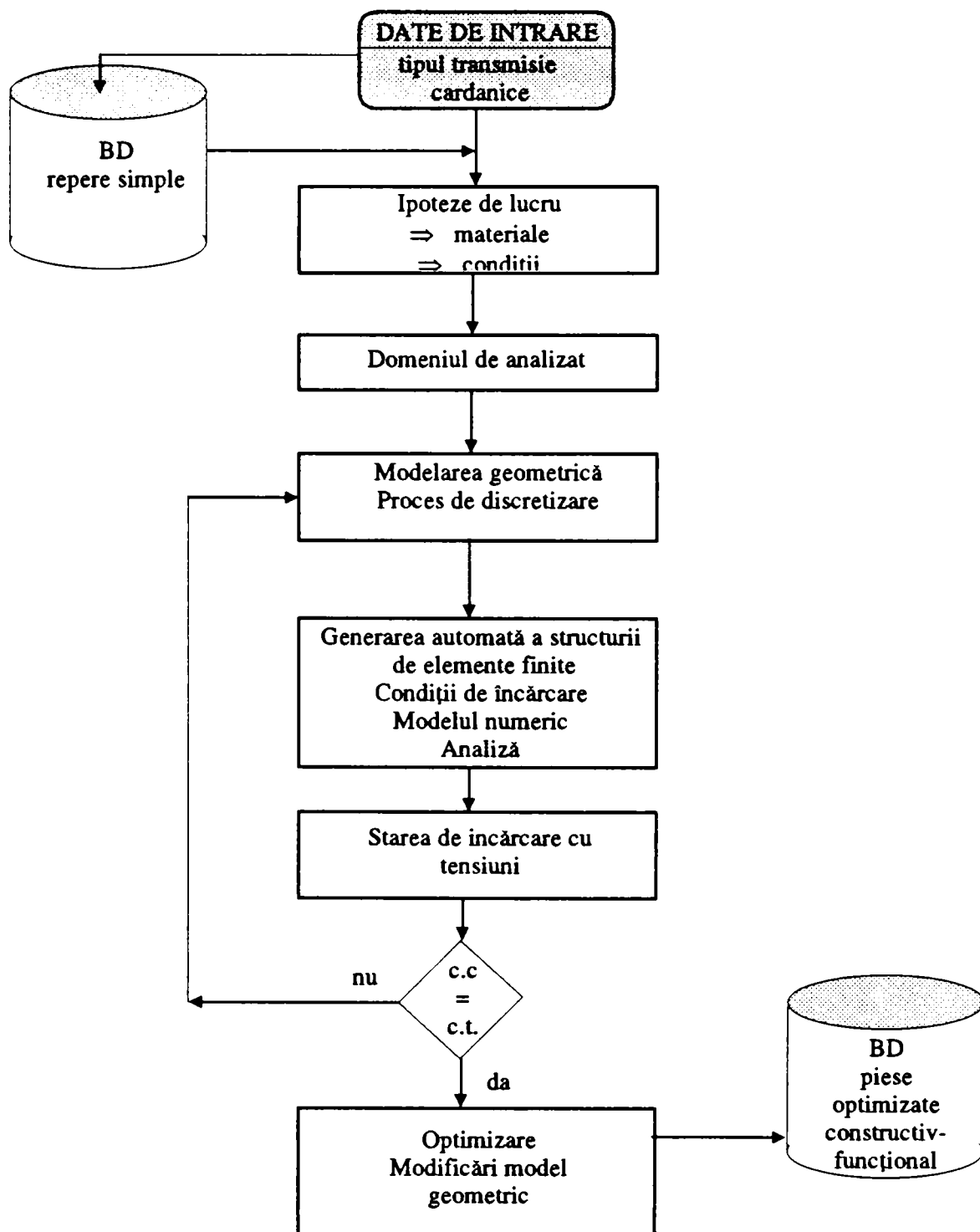


Figura 3.7: Etapele optimizării constructiv-funcționale prin metoda elementelor finite (MEF)

Apoi se realizează ansamblul de transmisie cardanică asupra căruia se aplică ipotezele de lucru, ipoteze care se referă în principal la geometria reperului studiat, proprietățile materialelor folosite, domeniul de variație al principalelor mărimi investigate și, în sfârșit, la regimul de funcționare. Ipotezele de material se referă la structura și proprietățile fizice ale acestuia. S-a considerat că reperatele analizate sunt medii continue și omogene. Referitor la regimul funcțional considerat, ipotezele de lucru au determinat rezolvarea stării de încărcare în regim dinamic (condiții reale de funcționare).

După definirea modelului, etapa următoare este cea de discretizare. Conceptul de discretizare are la bază ideea de descompunere a unei structuri în părțile ei componente. Aceste elemente devin prin modelare matematică elemente finite. Procesul de discretizare al domeniului de analiză are ca suport fizic posibilitatea descompunerii reperului analizat în elemente componente, adică transformarea domeniului de analiză într-un ansamblu de elemente finite. În cazurile analizate s-au folosit elemente triunghiulare spațiale. Figura 3.8 prezintă două astfel de modelări realizate pentru reperatele simple și pentru ansamblul transmisiei cardanice.

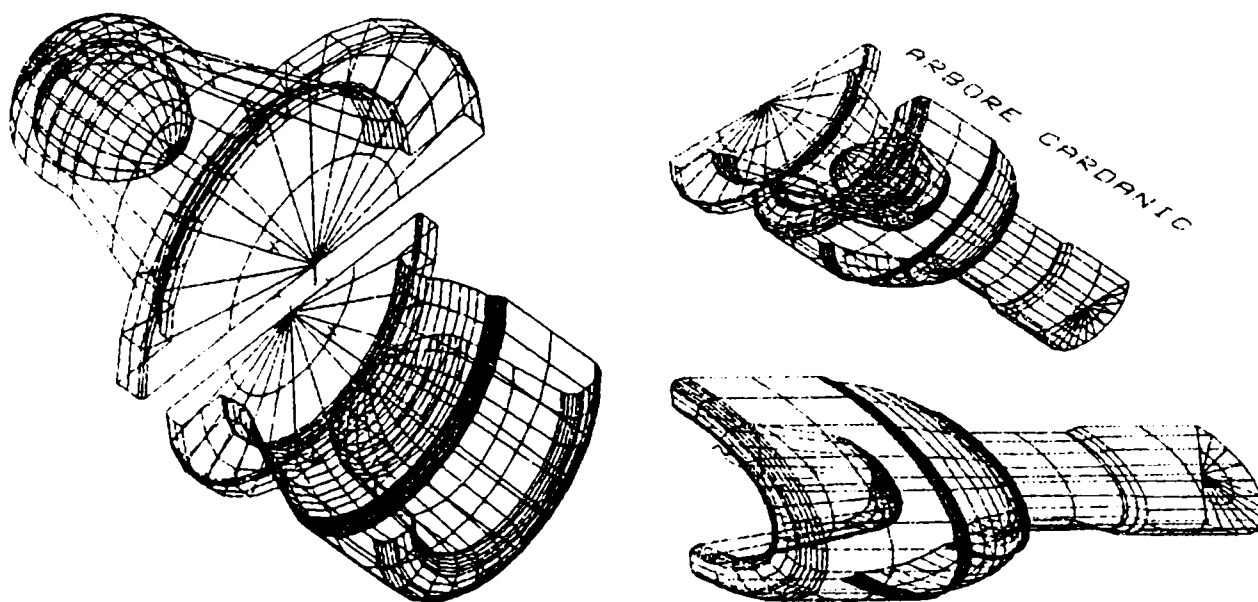


Figura 3.8: Modelarea reperelor transmisiei cardanice prin MEF

Condițiile de funcționare ale ansamblului analizat au impus determinarea stării de tensiuni pentru momentul motor maxim, M_{\max} . În figura 3.9 este prezentată starea de încărcare, precum și diagrama de tensiuni. Pentru fiecare reper și ansamblu s-au realizat astfel de diagrame care prezintă zonele critice de încărcare. Diagrama de încărcare oferă posibilitatea de a optimiza forma constructivă a reperului astfel încât el să corespundă solicitărilor dinamice maxime impuse.

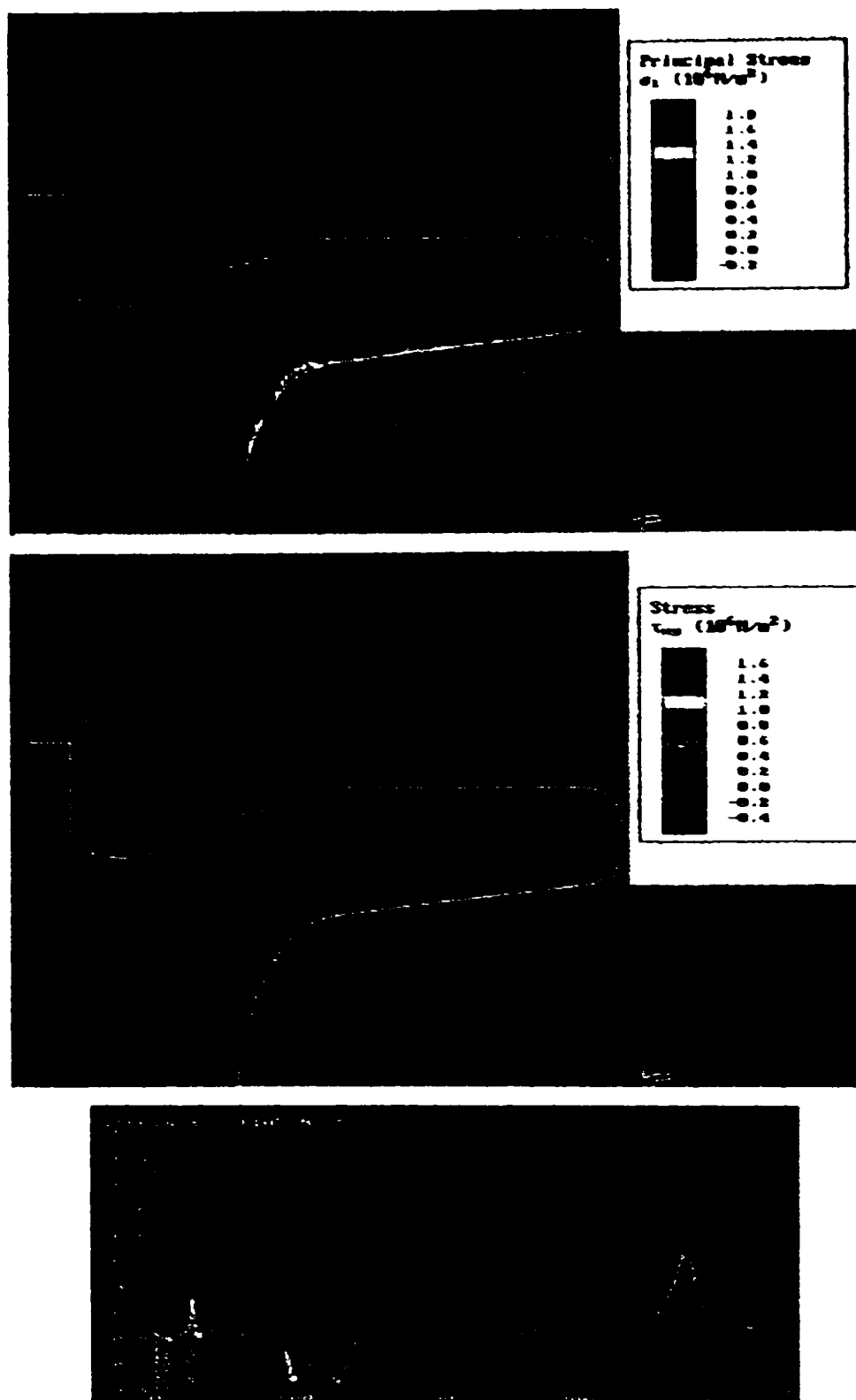


Figura 3.9: Starea de încărcare la furca cu flanșă a transmisiei cardanice

Formele și dimensiunile modificate (optimizate) sunt stocate în baza de date grafice. Desenele stocate în baza de date sunt parametrizate, astfel ca la fiecare modificare de cote să se poată realiza automat desenul de execuție al reperului respectiv. Baza de date creată este utilizată atât în faza de proiectare-reproiectare cât și în faza de concepție a proceselor tehnologice de prelucrare.

Important pentru integrarea concepției constructive asistate într-un sistem CIM este găsirea posibilităților de prelucrare electronică a informațiilor din acest domeniu către concepția tehnologică asistată și fabricația asistată. De aceea a fost creată o bază de date ce conține elementele constructive obținute în urma procesului de optimizare, dar în același timp și informații de natură tehnologică, ce sunt folosite mai departe pentru integrarea prin fluxul informațional.

3.3.5. Realizarea bazei de date

Pasul al patrulea este realizarea bazei de date finale, care conține desene și informații tehnologice despre reperele componente ale transmisiilor cardanice.

Informația cu care lucrează calculatorul este furnizată sub formă de date, datele constituind reprezentarea simbolică a informațiilor. Datele prelucrate în cadrul sistemului informatic nu sunt omogene. Ele sunt date primare, date de ieșire sau date intermediare. Volumul lor este variabil, de obicei mare.

În vederea prelucrării, datele au fost organizate (prin codificare și structurare) și transpuse pe un suport tehnic. Codificarea s-a realizat prin crearea unei corespondențe între mulțimea datelor și o mulțime de simboluri (coduri) în scopul reducerii spațiului necesar reprezentării datelor și pentru creșterea fluxului de informație.

Având în vedere faptul că toate aplicațiile realizate în sistemul informațional sunt sub mediul Windows, crearea bazei de date orientată obiect s-a realizat prin *programul "BAZA" realizat tot sub mediul Windows.*

Folosind fișierele din tabelul 3.1 și programul care face legăturile între fișierele bazei de date și funcțiile indicate în structura sa, acesta realizează următoarele:

- gestionarea reperelor, subansamblurilor, ansamblurilor transmisiilor cardanice;
- gestionarea tehnologiilor aferente;
- lansarea de bonuri de manoperă pentru comenzi, reparații sau rebuturi;
- urmărirea consumurilor de materiale și lansarea bonurilor de consum.

Tabelul 3.1

Denumire	Conținut
REP	Catalog de repere
STR	Fișier cu structurile produselor
TEH	Fișier gestiune tehnologii

DICTIO	Dicționar de comenzi
MTEH	Catalog de materiale
CONS	Fișier cu consumuri de materiale pe reper

Analiza bazei de date existente la SC COMPA SA Sibiu a evidențiat faptul că ea nu conține fișiere cu elemente constructive ale transmisiilor cardanice și nici fișiere cu datele grafice corespunzătoare proiectării acestora. În acest context s-a propus realizarea unei baze de date gestionate de un nou *program* - "*TranCARD*", care să integreze partea de actualizare-consultare a bazei de date cu partea de proiectare. În acest sens, prin restructurarea bazei de date existente și prin introducerea de noi opțiuni s-a finalizat o nouă bază de date. Pentru aceasta s-au introdus noile fișiere din tabelul 3.2.

Tabelul 3.2

Denumire	Conținut
COD_TC	Fișier coduri transmisii cardanice
CAR_CON	Fișier caracteristici constructive generale
ANS	Fișier caracteristici ansamblu
S_ANS	Fișier caracteristici subansamblu
ARBORE	Fișier elemente constructive arbori
FURCA	Fișier elemente constructive furci
CRUCE	Fișier elemente constructive cruci cardanice
CAPAC	Fișier elemente constructive capace
SAIBE	Fișier elemente constructive șaibe
INELE_SIG	Fișier elemente constructive inele de siguranță
INELE_ET	Fișier elemente constructive inele de etanșare

Fișierul COD_TC a fost conceput ca un dicționar pentru transmisiile cardanice. Fiecare transmisie cardanică este codificată în funcție de tipul și varianta constructivă, momentul maxim de torsiune admis, unghiul de frângere și tipul flanșei. Structura acestui fișier este descrisă în tabelul 3.3.

Tabelul 3.3

Nr.	Nume câmp	Tip	Marime	Zecimale	Semnificație
1	TVC	N	3	0	Tipul și varianta constructivă
2	MMAxt	N	5	0	Momentul maxim de torsiune admis

3	UFR	N	3	0	Unghiul de frângere
4	TFLNS	C	1	-	Tipul flanșei
5	DEN	C	50	-	Denumire

Fișierul CAR_CON este fișierul care conține caracteristicile constructive generale ale transmisiilor cardanice realizate. Acest fișier s-a creat datorită faptului că transmisiile cardanice se realizează în foarte multe variante constructive și este necesară o rapidă consultare a bazei de date, mai ales din punctul de vedere al beneficiarului. Tabelul 3.4 conține structura fișierului.

Varianta existentă, BAZA, utilizează pentru definirea unei transmisii cardanice două fișiere: REP.DBF și STR.DBF. Cele două fișiere nu conțin elemente constructive caracteristice. În plus, deoarece o transmisie cardanică este alcătuită în general din subansambluri, care la rândul lor sunt constituite din repere, s-a considerat utilă introducerea a două fișiere ANS.DBF și S_ANS.DBF care să rețină elementele constructive ale fiecărui ansamblu sau subansamblu în parte.

Algoritmul general de lucru la utilizarea bazelor de date cu elemente constructive în vederea proiectării asistate conține următoarele secțiuni:

- ◆ *bază de date cu nomenclatorul de repere în fabricație*; pentru caracterizarea acestora se introduc în baza de date informații referitoare la tipodimensiuni, sub formă codificată, informații despre ansambluri și subansambluri cu care se pune în legătură reperul respectiv, informații despre cote și dimensiuni caracteristice;
- ◆ *baza de metode și desene*; aceasta este utilizată în cazul apariției unui reper nou, inexistent până atunci în nomenclatorul de producție; dacă la verificarea nomenclatorului reperul dat nu este găsit se face apel la baza de metode și de date grafice, care va efectua proiectarea interactivă a noului reper;
- ◆ *baza de date pentru semifabricate optimizate*; aceasta se apelează și se completează cu noul reper în urma proiectării lui prin intermediul bazei de metode.

Tabelul 3.4

Nr.	Nume - Imp	Tip	Mărime	Zecimale	Semnificație
1	TVC	N	3	0	Tipul și varianta constructivă
2	DEN	C	50	-	Denumirea tipului și variantei constructive
3	MOM_I	N	5	0	Limita inferioară a

					momentului maxim
4	MOM_S	N	5	0	Limita superioară a momentului maxim
5	UFR_I	N	3	0	Limita inferioară a unghiului de frângere
6	UFR_S	N	3	0	Limita superioară a unghiului de frângere
7	C_COMP	N	5	0	Cursa de compensare a lungimii
8	TIP_C	C	1	-	Tipul constructiv cu flanșă, cu lagăr
9	NR_G	N	3	0	Număr găuri în flanșă
10	TIP_F	C	1	-	Tip de flanșă
11	LUNG_C	N	6	0	Lungime cardan
12	DEZ_MAX	N	10	20	Dezechilibru maxim
13	LC	N	6	0	Lungime de control
14	DCO	N	6	0	Deplasare axială maximă a centrului de oscilare
15	D_LEG_1	N	6	0	Dimensiunea de legătură flanșă 1
16	D_LEG_2	N	6	0	Dimensiunea de legătură flanșă 2

Pentru realizarea unui flux informațional între concepția constructivă și cea tehnologică se impune formarea unei *baze de date grafice* pentru arhivarea desenelor din procesul de proiectare și optimizare. Din punct de vedere al programelor aplicative, datele au patru componente: data propriu-zisă, sintaxa datei, semantica datei și calea de acces la dată.

Datele propriu-zise se obțin din procesul de modelare. Sintaxa (formatul) datei este standardizată pentru a permite mai multor programe aplicative să utilizeze aceeași bază de date. Semantica datei este dată de atributele care însoțesc informația grafică.

În privința căii de acces la dată, sistemul de gestiune al bazei de date are întreaga responsabilitate.

Baza de metode cuprinde programele care înmagazinează instrumente ingineresti de proiectare, grupate în trei clase: analiză, validare și documentare. Fără această bază de

metode, sistemele grafice interactive pot fi categorisite drept sisteme de desenare automată. În urma analizei se fac corecțiile necesare asupra modelului și se trece la validare.

Baza de date grafice constituie sursa documentării pe întregul ciclu de viață al proiectului.

Sub denumirea de programe aplicative se cumulează toate programele care cunosc schema canonică a bazei de date grafice și care au acces la respectiva bază, putând accesa informațiile grafice pentru a le utiliza în aplicații specifice: fabricație, asamblare, controlul calității etc.

Pentru stocarea datelor necesare proiectării sau rezultate din procesul de proiectare a fost concepută o bază de date care să cuprindă numai elemente constructive.

Astfel, fiecărui element component al transmisiei cardanice i-a fost asociat un fișier care conține elemente constructive necesare generării reperului respectiv.

Pentru aceasta, fiecare reper din clasa respectivă a fost analizat și s-a încercat construirea unui reper generalizat prin particularizarea căruia să se obțină oricare din reperatele aflate în nomenclatorul de fabricație.

Din analiza variantelor constructive pentru crucile cardanice s-au putut evidenția patru variante ale capetelor crucii cardanice.

În acest context au fost elaborate cinci programe care realizează desenul piesei parametrizat, figura 3.10: corpul crucii cardanice; capul de tip A; capul de tip B; capul de tip C; capul de tip D. Lansarea în execuție a pachetului de programe se face prin încărcarea și executarea programului de desenare a corpului crucii cardanice.

În urma dialogului cu inginerul-proiectant se stabilesc efectiv valorile necesare desenării.

Fiecare program realizează următoarele funcții:

- * citirea datelor de intrare (valori cote);
- * citirea punctului de inserare a desenului în spațiul de lucru;
- * calculul punctelor de bază aparținând desenului;
- * desenarea figurii corespunzătoare;
- * hașurarea secțiunilor;
- * cotarea desenului.

În vederea stocării datelor de proiectare se utilizează fișierul CRUCE.DAT, care reține dimensiunile constructive pentru crucea cardanică generalizată în cele patru variante constructive.

Structura acestui fișier este cea din tabelul 3.5.

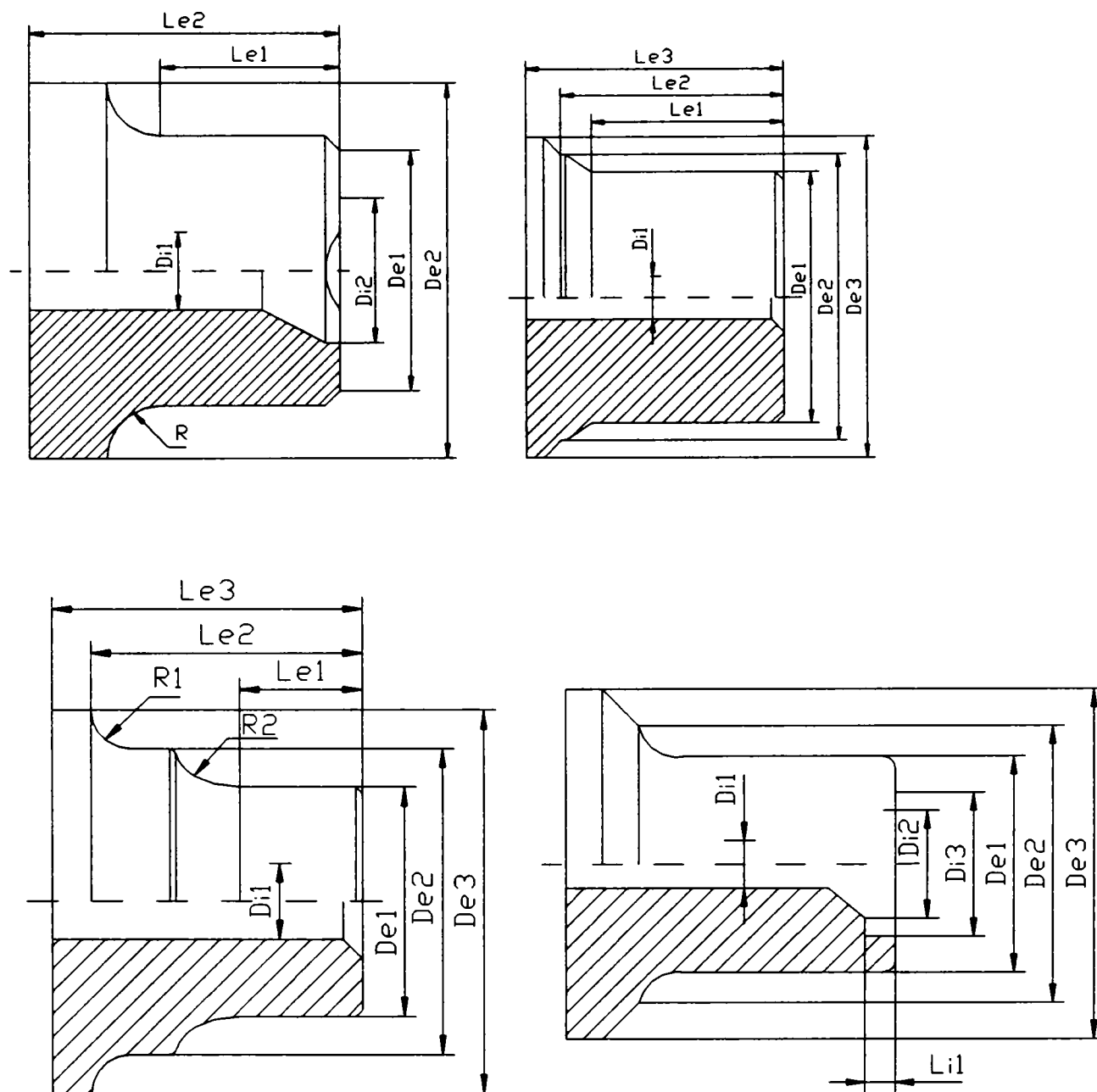


Figura 3.10: Desenele parametrizate pentru crucea cardanică generalizată

Tabelul 3.5.

Nr.	Nume câmp	Tip	Minime	Zecimală	Semnificație
Corp					
1	P	N	8	3	Latura pătrat corp
2	M	N	8	3	Dimensiuni gaură filetată în corp
3	Di2	N	8	3	Diametrul găurii verticale
4	Di2	N	8	3	Diametrul găurii orizontale
5	T	N	8	3	Teșitura muchiiilor
Elemente constructive comune					
6	De1	N	8	3	Diametrele exterioare ale capului

					crucii cardanice (de la cel mai mic la cel mai mare)
7	De2	N	8	3	
8	De3	N	8	3	
9	Di1	N	8	3	Diametrul interior, identic cu D_{i1} sau D_{i2} aparținând corpului
10	Le1	N	8	3	Lungimile exterioare ale capetelor (de la cel mai mic la cel mai mare)
11	Le2	N	8	3	
12	Le3	N	8	3	
Elemente constructive caracteristice variantei Tip A					
13	DI1	N	8	3	Dimensiuni constructive caracteristice variantei Tip A
14	DI2	N	8	3	
15	DI3	N	8	3	
16	LI1	N	8	3	
17	R1	N	8	3	
18	R2	N	8	3	
Elemente constructive caracteristice variantei Tip B					
19	Le1	N	8	3	Dimensiuni constructive caracteristice variantei Tip B
20	Le2	N	8	3	
21	Le3	N	8	3	
22	DI1	N	8	3	
23	R1	N	8	3	
24	R2	N	8	3	
Elemente constructive caracteristice variantei Tip C					
25	Di1	N	8	3	Dimensiuni constructive caracteristice variantei Tip C
26	Di2	N	8	3	
27	Le1	N	8	3	
28	Le2	N	8	3	
29	R	N	8	3	
Elemente constructive caracteristice variantei Tip D					

30	Le1	N	8	3	Dimensiuni constructive caracteristice variantei Tip D
31	Le2	N	8	3	
32	Le3	N	8	3	
33	D11	N	8	3	

Aceste programe ajută la integrarea concepției constructive asistate în sistemul integrat de producție, datele de ieșire din acest subsistem fiind date de intrare pentru subsistemul de concepție a proceselor de fabricație asistate de calculator.

3.3.6. Efectele concepției constructive asistată de calculator

Un exemplu concret de evaluare a efectelor determinate de implementarea modulelor CIM este cel privind modulul CAD. Analiza se bazează pe studiul comparativ al activităților desfășurate în proiectarea clasică față de proiectarea asistată. În tabelul 3.6. se prezintă activitățile de proiectare constructivă clasică.

Tabelul 3.6.

Simbol activitate	Activitate
A	Formularea temei de proiectare
B	Informare asupra soluțiilor constructiv-funcționale existente
C	Sistematizarea informațiilor
D	Analiza inginerescă a soluțiilor existente
E	Identificarea variantelor de realizare primară și realizarea de schițe
E ₁₁	Estimare tehnică
E ₁₂	Îmbunătățirea "punctelor slabe" tehnic
E ₂₁	Estimarea economică
E ₂₂	Îmbunătățirea "punctelor slabe" economic
F	Compararea variantelor și fundamentarea deciziei
G	Realizarea de schițe la scară ale variantei alese
G ₁	Studiul tehnic
G ₂	Studiul economic
H	Realizarea studiului tehnico-economic și fundamentarea deciziei
I ₁	Realizarea desenelor de ansamblu

I ₂	Realizarea desenelor de subansamblu
I ₃	Realizarea desenelor de execuție
I ₄₁	Realizarea borderoului de desene
I ₄₂	Realizarea nomenclatorului de repere
I ₅	Realizarea memoriului justificatv
I ₆	Realizarea directivelor tehnologice
I ₇	Realizarea memoriului tehnic
I ₈	Realizarea cărții mașinii
I ₉	Realizarea caietului de sarcini
I ₁₀	Realizarea memoriului asupra organizării fabricației de serie
I ₁₁	Realizarea proiectului de prospect al produsului
J	Planificarea SDV-urilor
K	Calculație SDV-uri și proiectare
L	Fabricație SDV-uri
M	Omologare SDV-uri
N	Fabricație prototip
O	Omologare prototip
P	Îmbunătățiri pe baza rezultatelor încercării prototipului
R	Proces verbal de omologare a prototipului
S	Fabricația seriei zero
T	Omologarea seriei zero
U	Îmbunătățiri pe baza rezultatelor încercării seriei zero
V	Definitivarea documentației tehnologice

Desfășurarea acestor activități este succesivă, putându-se construi rețeaua PERT din figura 3.11.

Dacă numărul de activități este redus, construirea rețelei nu ridică nici o problemă. Dacă, însă, proiectul conține multe activități, ca în cazul de față, apar probleme în construirea rețelei deoarece este greu de evitat intersectarea liniilor care reunesc nodurile. De aceea s-a recurs la o metodă care permite identificarea nivelurilor de pe diagramă pe care se află fiecare activitate. Metoda presupune parcurgerea unor etape, dintre care cele mai importante sunt cele de realizare a matricei de corespondență, tabelul 3.7. și gruparea activităților pe niveluri. Se trec activitățile A...P în tabelul cu corespondența activităților, apoi se pornește de la activitatea A de pe linia orizontală și, pe verticală, sub rubrica ei se bifează dreptunghiurile

corespunzătoare activităților precedente (A nu are nici un predecesor, deci nu se bifează nimic). După completarea acestei rubrici, pornind de la ultima activitate P de pe orizontală se coboară pe verticală cu o linie care va intersecta stelulele bifate anterior. Se însumează apoi pe orizontală, începând cu A, toate stelulele neintersectate și se trec în prima coloană a tabelului 3.7.

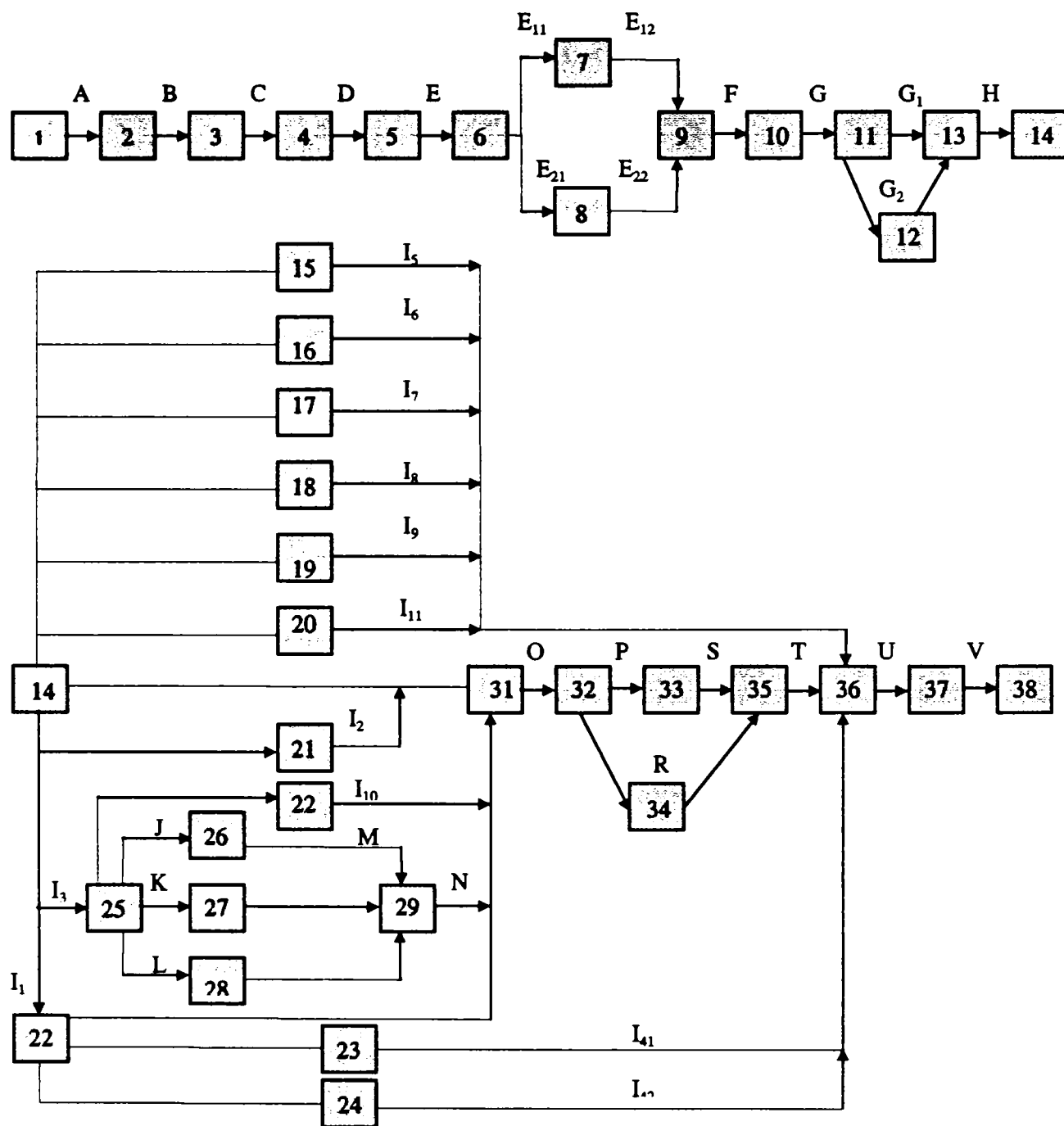


Figura 3.11: Rețeaua PERT pentru activitățile analizate în proiectarea constructivă

Procedându-se similar și parcurgând de la dreapta spre stânga tabelul se poate realiza gruparea pe niveluri. În această etapă s-au obținut 22 de nivele. Se punctează activitățile corespunzătoare celor 22 de nivele, se trec nodurile, obținându-se în acest fel rețeaua.

Pentru realizarea celor 38 de activități, s-au identificat 9 factori "consumatori de timp", fiecare fiind prezent în una sau mai multe activități:

1. Documentarea asupra soluțiilor sau metodelor anterioare de proiectare;
2. Sistematizarea informațiilor;
3. Studiile comparative;
4. Realizarea calculelor
5. Execuția desenelor și fișelor;
6. Încercările experimentale;
7. Corectarea unor soluții constructive stabilite anterior (feed-back);
8. Centralizarea documentației realizată pentru o nouă fază;
9. Prelucrarea datelor.

Tabelul 3.7.

CORESPONDENȚA ACTIVITĂȚILOR																																	
A	B	C	D	E ₁₁	E ₁₂	E ₂₁	E ₂₂	F	G	G ₁	G ₂	H	I ₁	I ₂	I ₃	L ₁	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉	I ₁₀	I ₁₁	J	K	L	M	N	O	P			
B		*																															
C			*																														
D				*																													
E ₁₁					*																												
E ₁₂								*																									
E ₂₁							*																										
E ₂₂								*																									
F									*																								
G										*	*																						
G ₁												*																					
G ₂												*																					
H													*	*	*	*	*				*	*	*		*								
I ₁																																	*
I ₂																			*	*													*
I ₃																							*		*	*	*						*
L ₁																																	*
L ₂																																	*
I ₅																																	*
I ₆																																	*
I ₇																																	*
I ₈																																	*
I ₉																																	*
I ₁₀																																	*
I ₁₁																															*		*

J																																		*				
K																																			*			
L																																				*		
M																																				*		
N																																				*		
O																																				*		
P																																				*		

Fiecare dintre activități a primit un punctaj de la 1 la 10 în funcție de importanța pe care o au acești factori la realizarea activității de proiectare.

Punctajele și procentele s-au acordat după discuții avute cu inginerii proiectanți de la compania producătoare și în funcție de unele indicații din literatura de specialitate [127,134].

Datele au fost rulate cu ajutorul unui program și s-au determinați timpii totali pentru fiecare etapă a proiectării, folosind comparații între timpii "optimiști" și cei "pesimiști" pentru stabilirea timpilor probabili.

Programul prezintă ca date de ieșire: variația, timpii ET (timpul estimat), ES (cel mai apropiat start de activitate), EF (cel mai apropiat final de activitate), LS (cel mai îndepărtat start), LF (cel mai îndepărtat final). Oferă de asemenea o analiză probabilistică asupra activităților desfășurate în domeniul proiectării constructive.

Această analiză este foarte importantă pentru comparația dintre timpii de proiectarea clasică și asistată, pentru că poate stabili probabilitatea de realizare a proiectului în cele două cazuri, evidențiind diferențele și avantajele proiectării asistate.

Factorii esențiali avuți în vedere la stabilirea criteriilor de analiză și optimizare au fost, după cum s-a precizat, productivitatea, calitatea și costul proiectării asistate constructive.

Mediul competițional de astăzi diferă esențial de cel de acum câteva decenii, fiind generat de noi factori. Pe lângă factorii enumerați anterior, nu se poate să fie ignorați factorii cum ar fi: timpul de răspuns la cererile clienților, flexibilitatea etc. dar cel mai important element rămâne informația.

Optimul unui sistem informațional al modulului de proiectare asistată constructivă trebuie analizat plecând de la legile sistemice care dau dovada că acest sistem este la rândul lui un subsistem al unui sistem de nivel superior (sistemul de producție) și în acest caz acționând legea lui Bellman, legea optimului.

Disponând de un sistem CAD performant proiectanții au posibilitatea de a proiecta produse din ce în ce mai complexe comandate de clienți, în condiții de productivitate și calitate ridicată.

Pe baza timpilor estimați anterior s-a construit drumul critic al activității de proiectare constructivă, din care se poate observa că există multe activități succesive care lungesc, durata de concepție a produsului putând fi redusă semnificativ dacă se aplică organizarea de tip inginerie concurentă (simultană) [30], urmărindu-se trei aspecte:

- eliminarea anumitor activități;
- simplificarea activităților;
- paralelizarea unor activități.

Implementarea unui sistem CAD poate contribui la îndeplinirea acestor cerințe, rezultând în final un drum critic mult mai scurt, deci un timp de răspuns mai mic. Evaluarea timpului de răspuns pentru proiectarea asistată trebuie să se facă doar în condițiile în care sistemul CAD este parte a sistemului CIM.

În condițiile instalării modulului CAD destinat transmisiilor cardanice și a bazelor de date prezentate, efectele economice, stabilite pe baza raportului investiții/beneficii sunt puse în evidență.

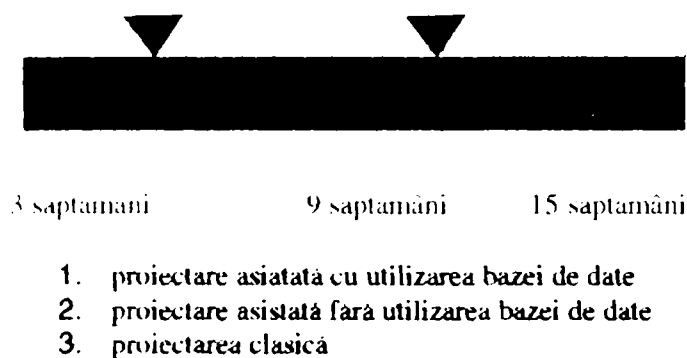


Figura 3.12: Efectul utilizării modulului CIM de proiectare asistată, în proiectarea transmisiilor cardanice

În primul rând, având în vedere eliminarea și simultaneitatea unor activități, s-au redus considerabil numărul de activități din domeniul proiectării constructive (de la 38 de activități la 21 de activități). Timpul de proiectare s-a redus simțitor, costul activității este mai redus, iar calitatea mai bună.

Cele două posibilități ale sistemului pentru proiectare asistată a transmisiilor cardanice sunt:

- folosind bazele de date (existente);
- nefolosind bazele de date (inexistența acestora).

Utilizarea bazei de date cu desene proiectate și optimizare reduce foarte mult timpul de proiectare (45%), dar problema cea mai importantă este realizarea acesteia, care necesită

timp îndelungat și muncă de echipă. Avantajul utilizării sale este redat de același grafic din figura 3.12.

Efectele economice ale folosirii sistemului de proiectare propus sunt determinate de costul necesarului de hard și soft și beneficiile aduse de utilizarea acestei platforme într-un timp relativ scurt.

Dotarea soft și hard necesară realizării modulului CAD, respectând fluxul informațional definit, a ținut cont de trei criterii principale:

- *prețul softului și al platformei hard (în \$);*
- *performanțele tehnice determinate de cerințele beneficiarilor (√);*
- *nivelul de specializare impus personalului ce va lucra cu astfel de sisteme (▽).*

Din tabelul 3.8. se observă că utilizarea programului AutoCAD este o soluție mult mai puțin costisitoare și corespunde atât sistemului propus (de proiectare parametrică), dar și necesităților curente ale companiei. În plus școlarizarea personalului ce lucrează cu acest software nu este foarte pretențioasă și nici costisitoare (de altfel există un număr de ingineri proiectanți care au urmat cursul de proiectare asistată). Platforma hard este și ea mult mai redusă în cazul folosirii fluxului informațional propus decât în cazul unor produse software mai complexe, ce necesită platforme hard mai costisitoare. În tabelul 3.9. se observă analiza efectuată asupra mai multor oferte de platforme hard. Cea mai adecvată soluție pentru sistemul de proiectare asistată s-a dovedit a fi cea care utilizează baza de date cu desenele de execuție și cele de ansamblu folosind AutoCAD și legătura cu baza de date în C.

Tabelul 3.8.

Produsul soft	Preț \$	Performanțe	Calificare personal
Genius 12	8.750	√√	▽▽
Pro/Engineer	18.500	√√√√	▽▽▽
Euclid	21.350	√√√√	▽▽▽
IDEAS	17.800	√√√√	▽▽▽▽

Tabelul 3.9.

Produsul hard	Preț \$	Performanțe	Calificare personal
486DX2	300	√	▽
486DX4	450	√√	▽
Stații grafice	14.800	√√√√√	▽▽▽▽

Din analizele efectuate a reieșit că pentru satisfacerea cerințelor soft și hard din sistemul de proiectare constructivă asistată este necesar să se achiziționeze programele AutoCAD, Excel (Microsoft) și ALGOR, pe platforme hard compuse din calculatoare

Pentium 200 MMX (legate în rețea cu un server puternic de tip stație grafică HP C-120), imprimantă laser, scanner, plotter și digitizor. Toate aceste investiții sunt mai mici decât celelalte oferte soft și hard, având și avantajul că satisfac necesitățile fluxului informațional, iar specializarea personalului nu este de lungă durată și nici costisitoare.

3.4. Concepția proceselor de fabricație asistată de calculator a transmisiilor cardanice

3.4.1. Prezentare generală

Concepția automată a proceselor tehnologice de fabricație este o componentă importantă a sistemului integrat de producție, componentă ce face legătura, prin fluxul informațional, între concepția constructivă asistată și fabricația asistată.

Obiectivele cercetărilor sunt:

- *concepția automată a procesului tehnologic pe baza informațiilor din concepția constructivă asistată (desene de execuție);*
- *crearea unei baze de date tehnologice care să cuprindă pe lângă planele de operații sau fișele tehnologice, informații privind utilajul tehnologic, caracteristici de materiale și SDV-uri.*

Pentru acestea sunt necesare următoarele:

- *realizarea unei baze de date tehnologice, cu ajutorul programului specializat Excel;*
- *realizarea unui program care determină pe baza desenului de execuție a reperului procesul tehnologic de prelucrare optim și întocmește documentația tehnologică de prelucrare (plane de operații și/sau fișe tehnologice).*

Fluxul informațional stabilit, figura 3.13, are scopul de a face legăturile dintre subsistemul de concepție constructivă asistată și subsistemul de fabricație asistată.

Datele de intrare pentru concepția automată a procesului tehnologic de prelucrare sunt fișierele cu desene de execuție ale reperelor transmisiilor cardanice, desene optimizate din punct de vedere constructiv-funcțional în procesul CAD/CAE. În general, concepția tehnologică asistată este mai dificilă decât concepția constructivă asistată, datorită mai multor grade de libertate ce determină procesul tehnologic de prelucrare: materiale, utilaj tehnologic, SDV-uri. De aceea este greu de realizat un program general de concepție tehnologică asistată, cât mai cuprinzător care să poată elabora procesul tehnologic pentru orice condiții de lucru: piese de complexitate geometrică diferite, utilaje tehnologice diferite etc.

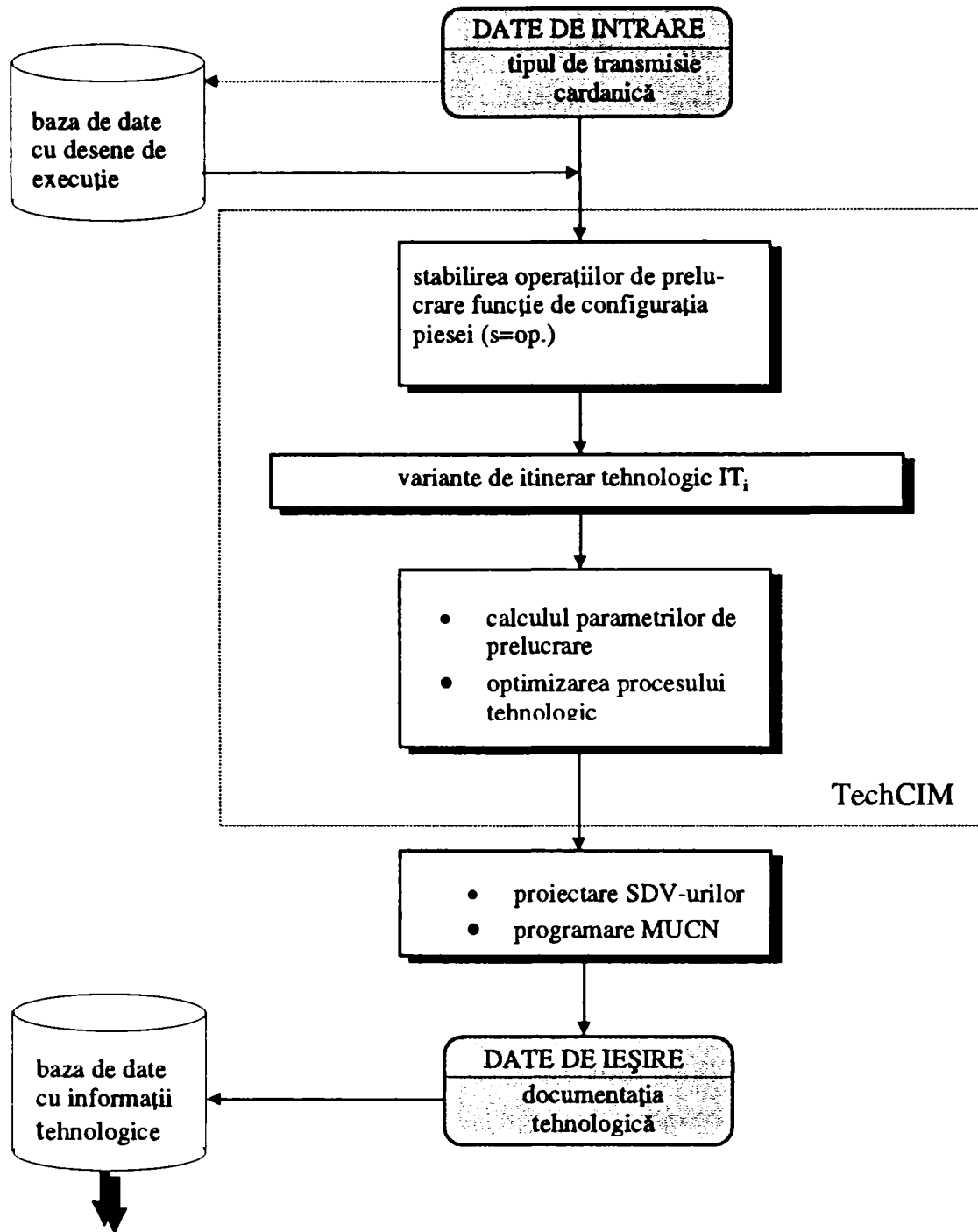


Figura 3.13: Fluxul informațional pentru modulul CAPP - concepție tehnologică asistată

3.4.2. Elaborarea automată a documentației tehnologice pentru transmisiile cardanice

Programul TechCIM realizat pentru concepția asistată a procesului tehnologic de prelucrare a transmisiilor cardanice este un program dedicat familiei de piese complexe cu axe încrucișate. Programul oferă două posibilități de lucru: preluarea automată a datelor constructiv-funcționale, în cazul existenței unei baze de date cu desenele de execuție ale pieselor și preluarea și stabilirea de către inginerul tehnolog a datelor constructiv-funcționale, putând realiza fișa de introducere date, Fisa_PIES.XLS (fișier din program, realizat în Excel).

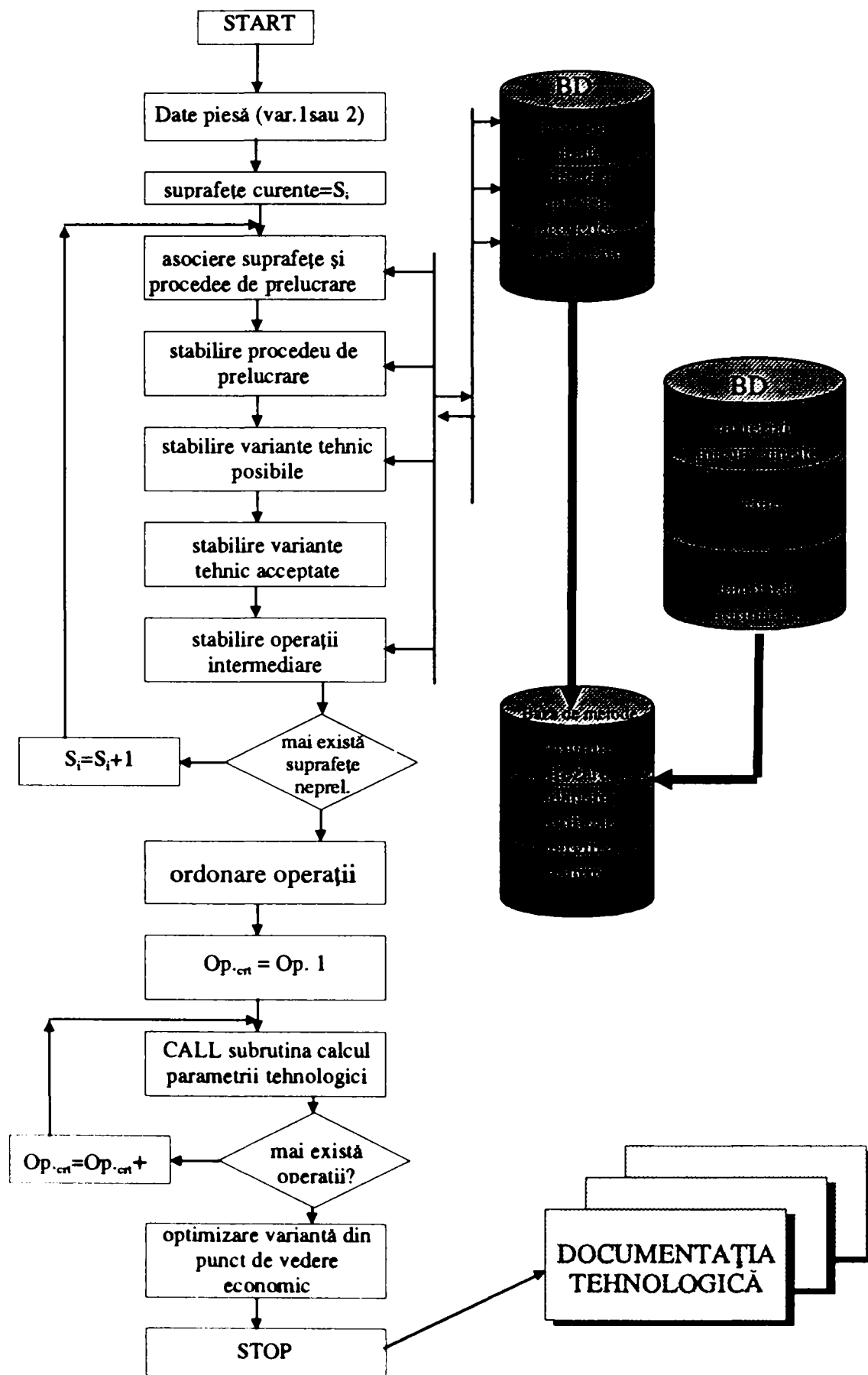


Figura 3.14: Algoritm programului TechCIM

Acest fișier conține date despre material, numărul de piese, numărul de schimburi pe zi, modul de obținere a semifabricatului, dimensiunile lui. După centralizarea tuturor datelor legate de piesă, programul, al cărui algoritm este prezentat în figura 3.14, efectuează analiza automată a suprafețelor de prelucrat.

Correspondența între codificarea suprafețelor și condițiile tehnice de prelucrare din desenul de execuție al reperului se face în pasul următor de program, figura 3.15. Suprafețele se analizează în ordinea de pe fișa datelor de intrare despre piesă, apelându-se o bază de date SUPR_PROC.XLS care conține toate asocierile posibile între forma geometrică a suprafeței și procedeele prin care aceasta se poate prelucra, făcându-se selecția acestora. Pentru o mai ușoară manipulare a datelor s-a folosit codificarea procedeelelor de prelucrare.

Codul este format din trei cifre dintre care primele două reprezintă tipul procedeeului, iar ultima gradul de finisare, astfel:

- 1 - degroșare;
- 2 - semifinisare;
- 3 - finisare;
- 4 - superfinisare.

Următorul pas este stabilirea procedeeului final de prelucrare a suprafeței respective, pe baza datelor tehnice: rugozitatea și toleranțele dimensiunilor. Acesta rezultă prin accesarea unei baze de date, RUGOZ.XLS, care conține rugozitățile ce pot fi obținute prin diferite procedee de prelucrare prin așchiere. Prin compararea procedeelelor rezultate din asocierea formă-procedeu cu cele rezultate din analiza rugozității (intersecția mulțimilor) se stabilesc variantele tehnic posibile.

Urmează o analizare a acestor variante pentru a stabili variantele tehnic acceptabile. Pentru eliminarea unor variante se folosesc mai multe criterii, printre care și eliminarea după ultima cifră a codului de procedeu: dacă există două variante ale aceluiași procedeu care satisfac condițiile - o degroșare și o finisare - se va alege procedeelele mai puțin pretențios, respectiv degroșarea.

Odată definite procedeelele finale este necesar să se stabilească prelucrările intermediare folosind pentru aceasta o bază de date cu informații tehnologice.

Analizând astfel toate suprafețele, în ordinea lor din fișierul FIA_PIES.XLS, rezultă pentru fiecare suprafață una sau mai multe variante de prelucrare. Combinând variantele de prelucrare pentru diferitele suprafețe, rezultă mai multe variante de proces tehnologic. Ordonarea optimă a operațiilor din cadrul unei variante de proces tehnologic se realizează în funcție de mai multe restricții, cum ar fi: gruparea operațiilor de același tip, prelucrarea cu prioritate a bazelor de poziționare și fixare, realizarea degroșărilor înaintea finisărilor, prelucrarea fină a suprafețelor la sfârșitul procesului de prelucrare etc.

The image displays a screenshot of the Microsoft Excel application window. The window title is 'Microsoft Excel'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Formule', 'Format', 'Data', 'Options', 'Macro', 'Window', and 'Help'. The spreadsheet is titled 'FISAPIES.XLS'. The content is divided into two main sections: a technical drawing and a data table.

Technical Drawing: Shows a 3D view of a cylindrical part with a hole. Dimensions are indicated: 'd' for diameter, 'l' for length, 'c' for a specific diameter, 'a' for height, 'b' for hole diameter, and 'r' for radius. A side view shows a chamfered end.

Data Table 1 (Top):

Supl.	FORMA SUPRAFETEI	diam	lung	CONINT	CONEXT	d	min	conct	lung
S1	1	35	20						
S2		1	45						
S3									
S4									
S5									
S6									
S7									
S8									

Data Table 2 (Bottom):

Proiectant	FILEXT	diam	pos	lung	CAN	dim	lung	nr	TEST	dim	lunght	P

Figura 3.15: Codificarea tehnologică a suprafețelor în programul TechCIM

Evaluarea tuturor variantelor de proces tehnologic se face prin analiză criterială, folosind criteriile: existența în dotare a mașinii-unelte, costul și productivitatea.

Criteriile au fost notate cu ponderea 3, 2, respectiv 1. Punctarea se face cu note de la 1 la 2 pentru fiecare variantă de proces tehnologic analizat. În final se prezintă varianta aleasă, cu succesiunea stabilită a operațiilor. În această fază tehnologul poate interveni pentru a schimba, eventual, ordinea operațiilor în cazul în care ordinea stabilită de program nu convine din diferite motive tehnologice.

3.4.3. Realizarea bazei de date

După preluarea variantei, programul trece la analizarea operațiilor în ordinea stabilită. Pentru fiecare operație, programul principal deschide fișierul de calcul al parametrilor de prelucrare (regimului de așchiere).

Baza de metode conține câte un fișier-fișă de lucru pentru fiecare procedeu de prelucrare. În acest fișier se completează datele despre sculă: denumire, număr de dinți, unghiuri, dimensiuni, date standardizate, dacă scula nu este standardizată datele se preiau din modulul de proiectare asistată a sculelor așchietoare.

Din baza de date cu mașini-unelte se alege mașina adecvată în funcție de dimensiunile semifabricatului și condițiile tehnice necesare a fi îndeplinite, dându-se posibilitatea de intervenție a operatorului uman în alegerea optimă a utilajului tehnologic (funcție de dotarea existentă).

La terminarea tuturor calculelor fișa tehnologică sau planul de operații este completat automat cu toate datele necesare, putându-se vizualiza pe ecran, lista la imprimantă și apoi stoca în baza de date pentru a putea fi utilizată în procesul de fabricație. Acestea sunt datele de ieșire ale programului cuprinse în documentația tehnologică.

Pentru buna utilizare a programului de concepție asistată a proceselor tehnologice de prelucrare pentru transmisii cardanice s-a întocmit o bază de date cu informații tehnologice specifice, care conține informații despre materiale, scule, mașini-unelte, dispozitive, condiții de organizare a liniei tehnologice etc.

Aceste informații tehnologice sunt folosite în procesul de fabricație, unde operațiile de prelucrare sunt prevăzute pe mașini-unelte cu comandă numerică.

3.4.4. Efectele concepției proceselor de fabricație asistată de calculator

Pentru instalarea modului de concepție asistată a proceselor tehnologice - CAPP investițiile, în varianta propusă sunt mici. Aceasta datorită programului TechCIM de proiectare automată a proceselor tehnologice de prelucrare pentru piesele din familia *piese complexe cu axe încrucișate*, dar și a platformei hard care este minimă (calculatoare Pentium 200MMX, imprimante laser și matriciale pentru documentația tehnologică, legături la baza de date din proiectarea constructivă asistată). Efectele instalării acestui sistem oferă sunt următoarele:

- timpul de proiectare tehnologică se reduce (40-55%);
- calitatea activității de proiectare tehnologică crește;
- flexibilitatea proiectării tehnologice crește.

Specializarea inginerilor tehnologi care lucrează cu noul sistem necesită costuri mici și este de scurtă durată, programul este interactiv și nu reclamă cunoștințe deosebite din domeniul informaticii.

Figura 3.16 prezintă, comparativ, reducerile în timp ale activității de proiectare tehnologică asistată în varianta propusă față de alte modurile de proiectare ale procesului tehnologic de prelucrare a transmisiilor cardanice.

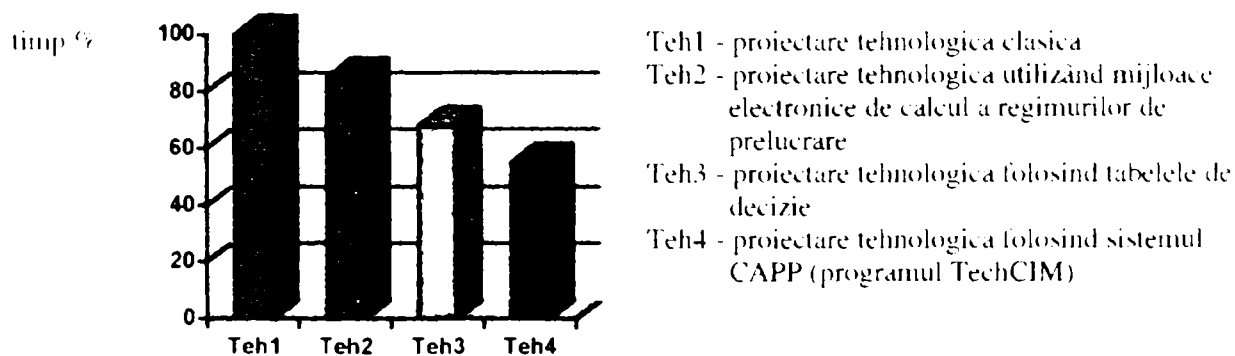


Figura 3.16: Proiectarea tehnologică a transmisiilor cardanice

Calitatea activităților de concepție automată a proceselor tehnologice crește datorită utilizării mijloacelor electronice de calcul și a bazelor de metode ce conțin programe de optimizare. **Flexibilitatea** concepției tehnologice crește datorită existenței bazelor de date cu informații tehnologice și a bazelor de metode cu tehnologii tipizate pentru diferite procedee de prelucrare, dar și datorită existenței bazelor de date cu informații privind utilajul tehnologic existent în dotare.

3.5. Fabricația asistată de calculator a transmisiilor cardanice

3.5.1. Prezentare generală

Continuând proiectul integrării concepției și fabricației transmisiilor cardanice într-un sistem integrat de producție, pasul următor în legarea fluxului informațional îl constituie fabricația asistată.

În cadrul fabricației asistate fluxul informațional și de materiale este primordial. Colectarea datelor la nivel de secții/ateliere de fabricație cuprinde toate activitățile care sunt necesare pentru a selecta informațiile tehnice și/sau organizatorice implicate în procesul de producție.

Un rol decisiv în vederea implementării modulului CAM îl are dotarea sistemului de fabricație cu mașini-unelte cu comandă numerică, care alături de celelalte componente permit automatizarea proceselor tehnologice. Însăși evoluția conceptului de automatizare flexibilă nu ar fi posibil fără asocierea noțiunii de automatizare.

Cercetările întreprinse în scopul implementării modulului CAM au cuprins:

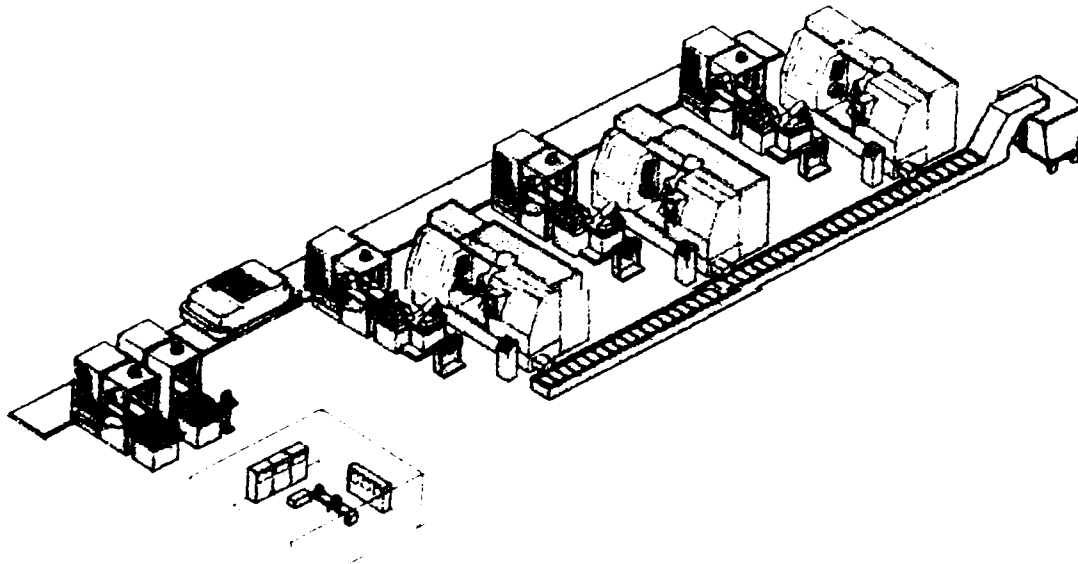
- ◆ realizarea fluxului informațional ce leagă concepția constructivă și cea tehnologică cu prelucrarea în regim asistat pe mașinile-unelte cu comandă numerică;
- ◆ realizarea unei baze de date și a gestiunii sculelor așchietoare necesare în procesul de fabricație.

Pentru aceasta au fost necesare:

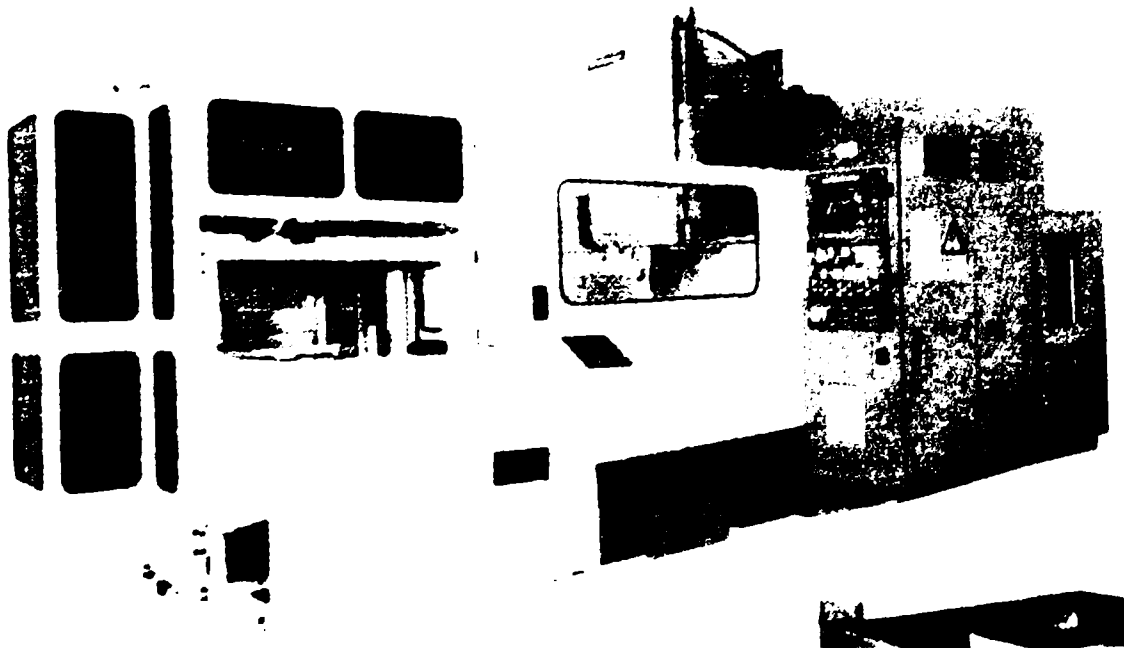
- ◇ utilizarea unor programe procesor și postprocesor, pentru prelucrarea în regim asistat pe mașinile-unelte cu comandă numerică, programe realizate în limbaj Turbo-Pascal și C++;
- ◇ crearea unei baze de date tehnologice despre sculele așchietoare, realizată în limbaj C++, care comunică cu programul AutoCAD pentru realizarea desenelor de execuție a sculelor proiectate sau alese.

Condițiile necesare pentru realizarea unei fabricații asistate în regim integrat cu celelalte subsisteme au fost de achiziționare a unor mașini-unelte cu comandă numerică în concordanță cu procesul tehnologic de prelucrare a familiei de transmisii cardanice.

S-au achiziționat astfel strunguri de tip SP 250 NC, SP 500 NC și un centru de prelucrare MAZAK, componentele sistemului flexibil de prelucrare fiind prezentate în figura 3.17.



Sistemul flexibil de prelucrare a transmisiilor cardanice



Centrul de prelucrare CNC

Figura 3.17: Utilajul tehnologic necesar în fabricație asistată a transmisiilor cardanice

3.5.2. Prelucrarea asistată pe MUCN

Prelucrarea asistată pe mașinile-unelte cu comandă numerică - MUCN este partea cea mai importantă a integrării modului CAM în sistemul de producție. Comanda numerică a mașinilor-unelte este metoda automată de comandă prin care diferitele informații necesare prelucrării pieselor sunt înregistrate codificat numeric (sau alfanumeric) pe un suport de informații adecvat.

Pentru realizarea unui program NC este necesară parcurgerea celor trei etape principale, printr-un flux informațional, etape definite ca: procesor geometric, postprocesor și definiri tehnologice.

Dezvoltarea modulelor corespunzătoare acestor etape, realizate ca etape intermediare în integrarea prelucrării pe MUCN în fluxul informațional al sistemului integrat de producție a condus în final la realizarea unui sistem DNC de prelucrare asistată a reperelor complexe. În figura 3.18. sunt prezentate etapele realizate pentru realizarea fluxului informațional pentru prelucrarea asistată pe mașini-unelte cu comandă numerică.

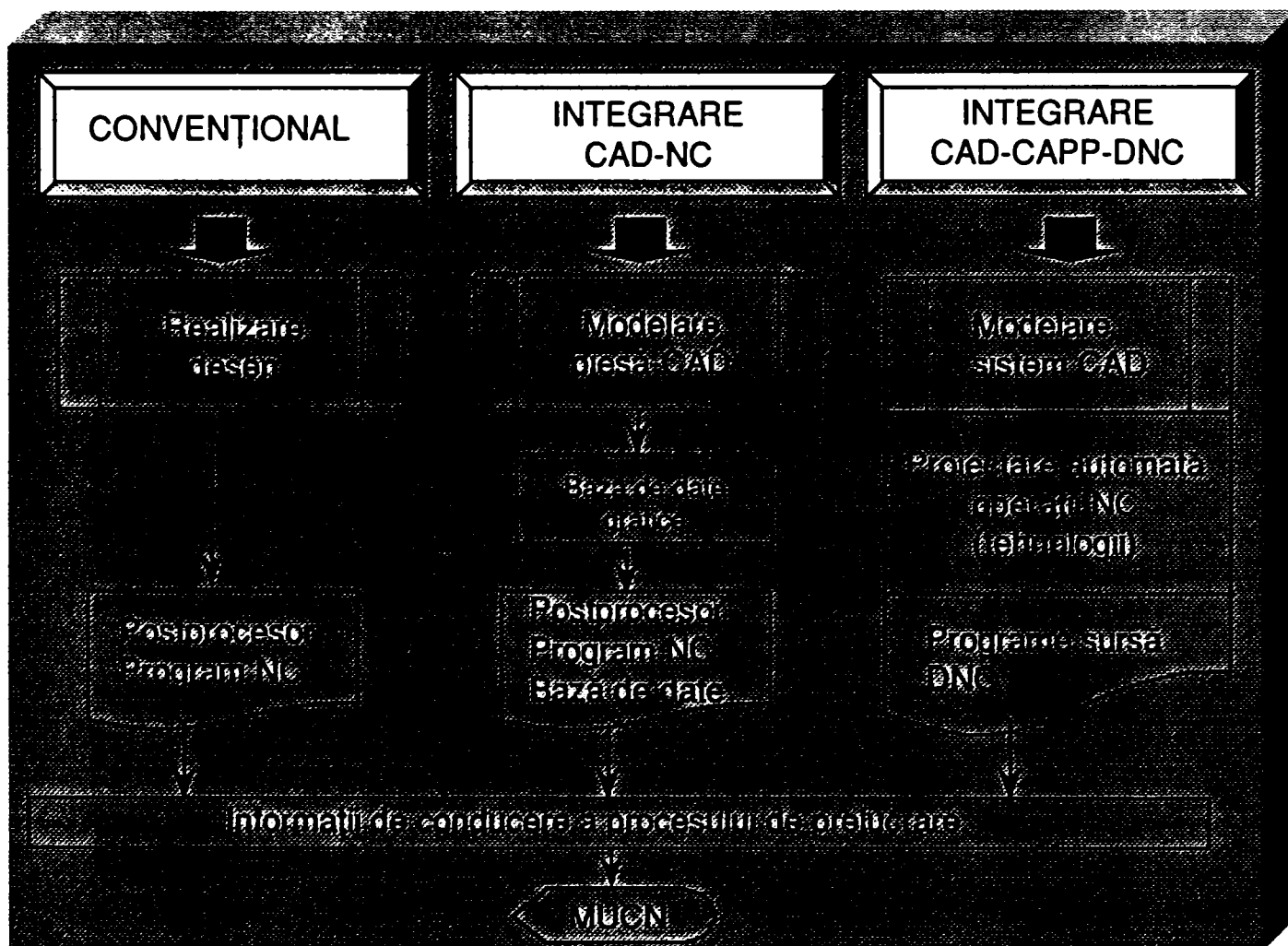


Figura 3.18: Elaborarea structurată a programelor pentru prelucrarea asistată pe MUCN

Elementul principal în realizarea prelucrării pe MUCN este legătura dintre calculator și echipamentul NC printr-o interfață hard și soft, figura 3.19.

Pentru realizarea programului NC de prelucrare asistată a reperelor componente ale transmisiilor cardanice s-au folosit programele "MUCN", "DEFTEH" și "CNC" realizate pentru mediul Windows. Fișierele de date grafice sunt combinate cu cele tehnologice pentru realizarea în final a programului NC de prelucrare, figura 3.20.

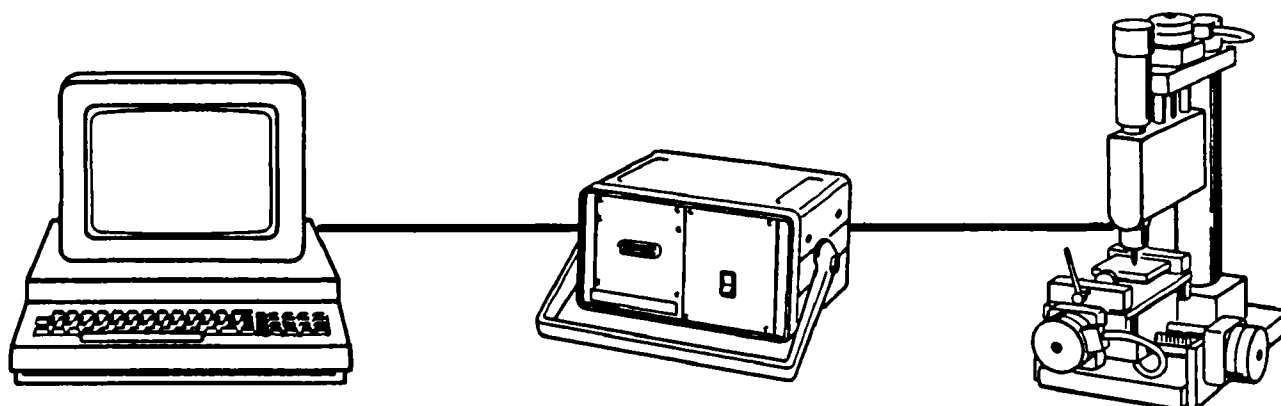


Figura 3.19: Cuplarea ON-LINE calculator-echipament NC

```

Fisier   tehnologie   sfirsit
-----
1 Gaurire
2 Gaurire adinca
3 Lanare
4 Filatara
5 Alazare cu alezor
6 Alazare cu bara
7 Frezare
----- Frezare -----

Numele fisierului cu elemente geometrice (sau <RET>) : an
Punctul de start:
Valoare X = 100
Valoare Y =

100
Numele fisierului cu date tehnologice : an
Lista pieselor din fisierul tehnologic :
1. s6
Selectati numele programului : 1
Numele fisierului pentru stocare: an1
Tip material :ALIAJ USOR = 1, ALIAJ GREU = 2: 1
Capacitate memorie [3..24 kbyte]: 24
Numar program [0..32767] : 110
Frezare contur AM.COM

Punctul de start:
Valoare X = 100
Valoare Y = 100
Frezare contur AM.COM

Punctul de start:
Valoare X = 100
Valoare Y = 100

```

Figura 3.20: Realizarea programului NC de prelucrare utilizând programele concepute pentru modulul CAM

Pentru a stabili cerințele la prelucrarea asistată a MUCN, de realizarea a programelor NC a fost necesar concomitent cu programarea NC să se dezvolte postprocesoare specializate pentru echipamentele CNC aflate în dotarea companiei. Sistemele de programare NC sunt realizate în general în limbaj de programare imperativ cum ar fi comanda numerică sau Fortran. Pentru aceasta s-a creat un postprocesor generic într-un limbaj de programare orientat obiect prin care se poate trece fără mari modificări la realizarea programului NC pentru diferite echipamente CNC.

Realizarea acestui prototip permite realizarea modularizată a programelor postprocesor, nefiind necesară intervenția programatorului-tehnolog la diferite și multiple părți din program în vederea realizării programului NC.

Programul de programarea mașinilor-unelte cu comandă numerică permite realizarea simulării grafice a operațiilor de prelucrare și monitorizarea procesului de prelucrare și conține următoarele elemente principale (fig.3.21.):

- simularea grafică a operației de prelucrare (2 și 3D);
- reprezentarea grafică a corecțiilor de sculă: C_R , C_L ;

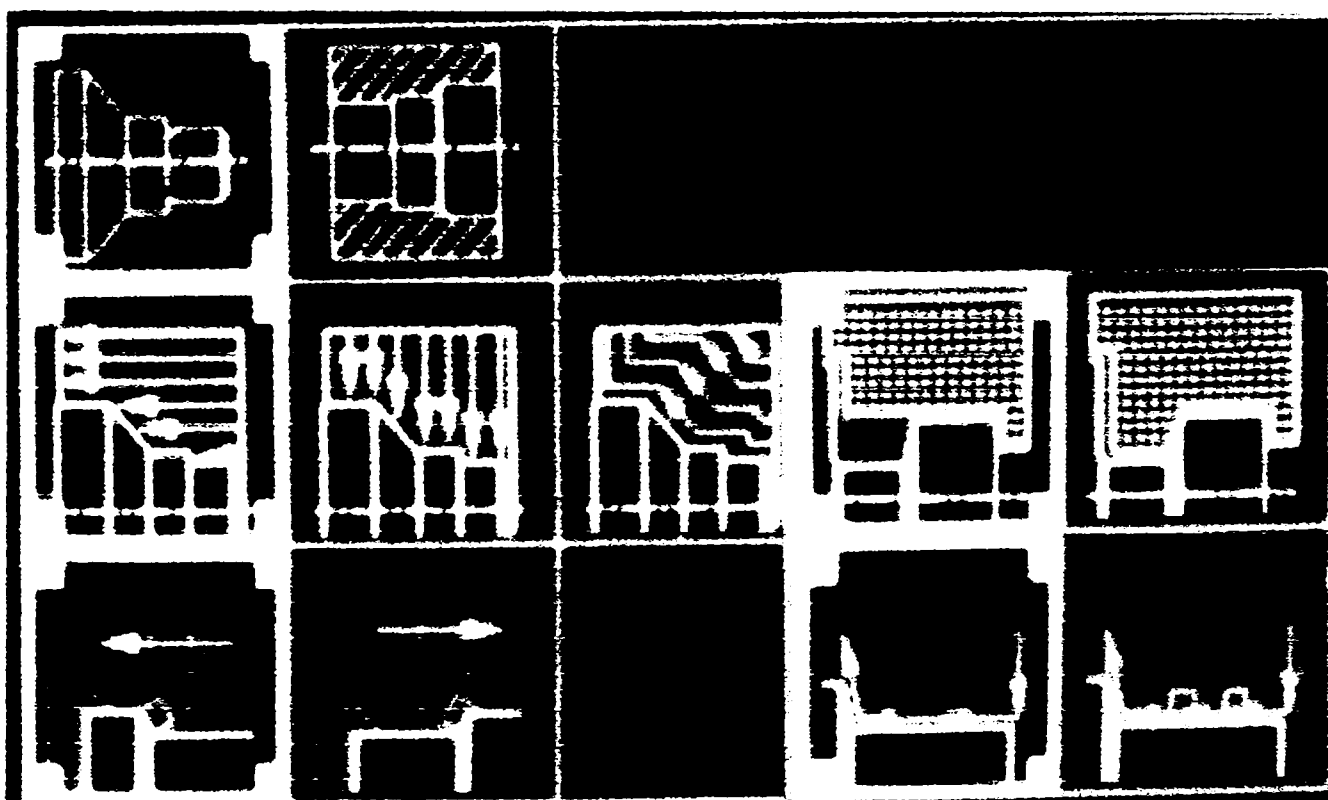


Figura 3.21: Reprezentarea grafică a monitorizării prelucrării asistate pe MUCN

3.5.3. Realizarea bazei de date

Alături de programul de prelucrare NC este necesar să existe informații legate de sculele așchietoare folosite. Pentru aceasta s-a realizat o bază de date în limbaj C++ pentru proiectarea și gestionarea sculele așchietoare utilizate la prelucrarea transmisiilor cardanice, bază de date ce comunică cu programul AutoCAD în vederea realizării desenelor de execuție ale sculelor (atunci când este cazul).

Exemplele prezentate, pentru burghie și alezoare, figura 3.22, oferă date despre construcția sculelor și despre cotele de reglare necesare în prelucrarea pe MUCN.

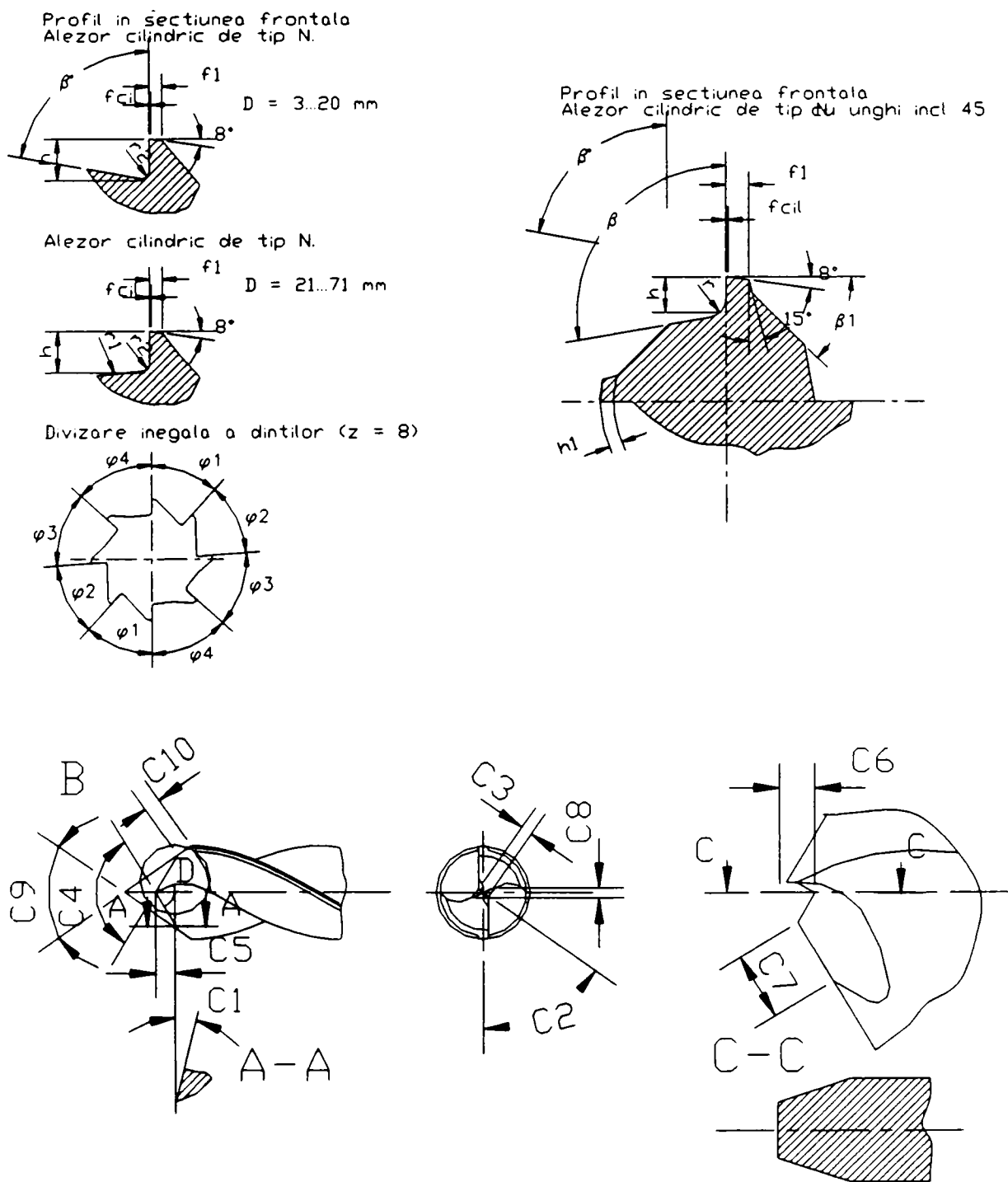


Figura 3.22: Desene de scule din baza de date

Baza de date se poate "comuta" pe programul AutoCAD prin funcția "Edit CAD", pentru realizarea desenelor de execuție ale sculei alese.

Baza de date, figura 3.23., se poate reactualiza cu date noi sau cu orice date privind scula așchietoare nou proiectată (nestandardizată).

Gestiunea bazei de date se realizează de către programul "GESSC" realizat sub mediul Windows care are posibilitatea de a crea informațiile tehnologice și constructive necesare prelucrării pe MUCN a reperelor transmisiilor cardanice.

Baza de Date pentru Alezoare
ACTUALIZARE DIMENSIUNI ALEZOR

TIP ALEZOR

Actiune

De mina

De masina

Forma cozii

Cilindrica

Conica

Prelucrare

Degresare

Finisare

Canal inclinat

NU 6° 45°

Tip

M N

DIMENSIUNI ALEZOR [mm]

Diametru alezor Diam. cozii

Lungimea canalelor Con Morse

Lungimea totala

Da	Lc	Lt	Dc	Cm
10	66	133	10	-1
12	76	152	12	-1
13	44	182	0	1
17	87	175	17	-1
22	107	215	22	-1
28	124	247	28	-1
44	163	326	44	-1
50	174	347	50	-1

Baza de Date pentru Burghie
ACTUALIZARE DIMENSIUNI BURGHIU

TIP BURGHIU

Serie dimensiuni

Extralunga

Lunga

Extrascurta

Scurta

Forma cozii

Cilindrica

Conica

Partea Ulla

Cilindrica

Conica

Placuta CM

DIMENSIUNI BURGHIU [mm]

Diametru burghiu Lungimea L1

Lungimea canalelor Lungimea L2

Lungimea totala Con Morse

Db	Lc	Lt	L1	L2	Cm

Figura 3.23: Baza de date cu sculele așchietoare

Programele realizate au fost testate pe calculatoare existente în laboratorul de "Bazele proiectării asistată de calculator a proceselor tehnologice" al Facultății de Inginerie din Sibiu, fiind apoi instalate în sistemul integrat de producție la SC COMPA SA Sibiu.

3.5.4. Efectele fabricației asistate de calculator

Prin implementarea modului CAM în fabricația transmisiiilor cardanice efectele sunt amplificate și datorită legăturilor dintre subsisteme prin fluxul informațional.

Beneficiile sunt aduse de utilizarea mașinilor-unelte cu comandă numerică. Investițiile cu achiziționarea (care sunt relativ mari) sunt amortizate într-un timp relativ mare (2-3 ani), dar după acest interval de timp se trece la acumularea de beneficii semnificative.

Figura 3.24. prezintă ponderea costurilor legate de instalarea modului CAM propus la fabricația transmisiilor cardanice, unde se observă că achiziționarea echipamentelor sistemului flexibil de fabricație ocupă un loc important.

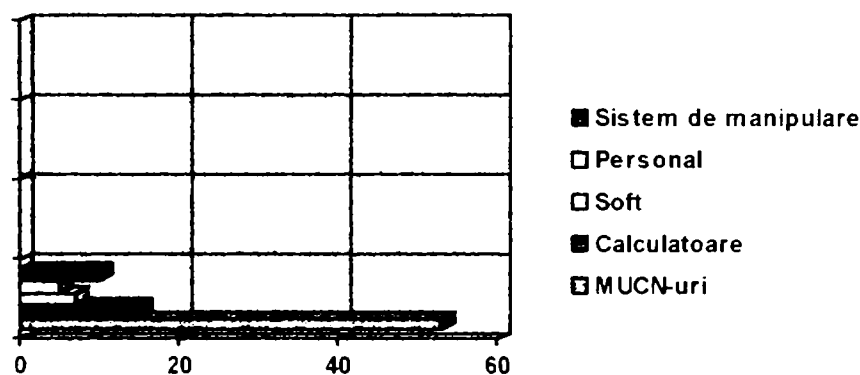


Figura 3.24: Ponderea costurilor legate de instalarea modului CIM-fabricație asistată

Prin implementarea modulului CAM cel mai mare câștig este creșterea flexibilității fabricației, existând deci posibilitatea livrării produselor după un timp mult mai scurt de la primirea comenzii - condiție esențială în satisfacerea pieții interne și externe de transmisiilor cardanice. Figura 3.25. prezintă, în sinteză, nivelul costurilor de instalare a modulelor CIM în producția de transmisiilor cardanice.

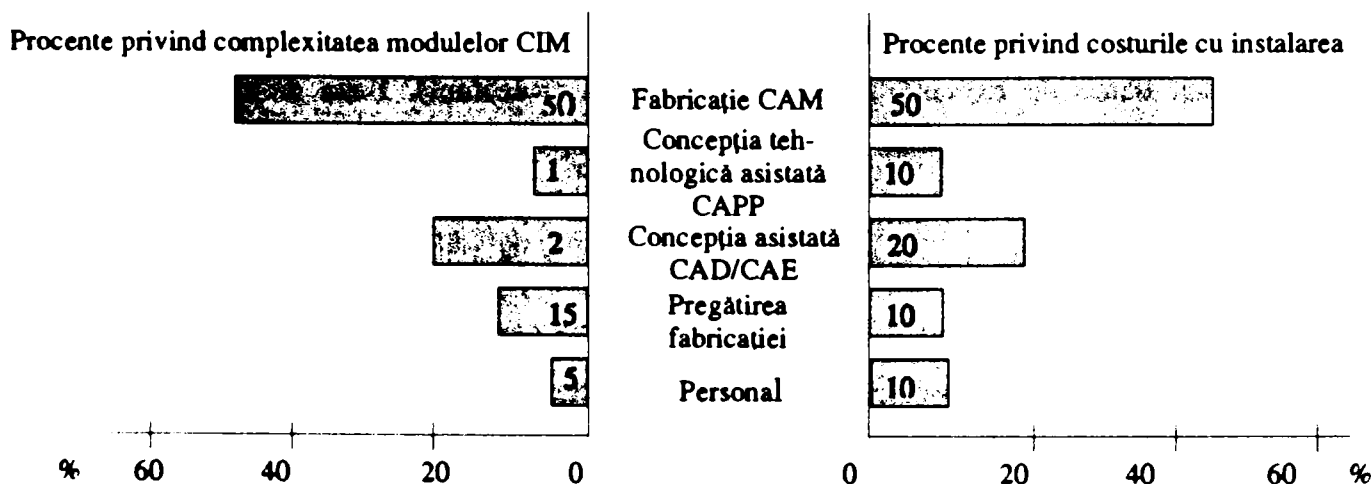


Figura 3.25: Complexitatea și costurile instalării modulelor CIM în producția de transmisiilor cardanice

3.6. Concluzii

Cercetările întreprinse în vederea realizării și implementării modulelor CIM pentru transmisii cardanice au vizat acoperirea activităților de:

- concepție constructivă asistată de calculator;
- concepție tehnologică asistată de calculator;
- fabricație asistată de calculator;
- planificarea și urmărirea producției.

Pentru realizarea modulelor CIM s-au folosit informații și baze de date care pot fi înțelese de toate programele de calcul fără a fi nevoie de alte interfețe între module.

Urmează ca cercetările să se extindă la controlul de calitate asistat de calculator, în vederea realizării sistemului integrat de producție a transmisiilor cardanice

Implementarea modulelor CIM implică realizarea sistemului informațional ce prelucrează și manipulează datele din sistem, totodată crescând rolul bazelor de date cu informații alfanumerice și grafice precum și a bazelor de metode (programe de optimizare, algoritmi de calcule inginerești etc.).

Prin implementarea modulelor CIM pentru transmisiile cardanice la SC COMPA SA se ating cele trei obiective ale oricărei întreprinderi:

- reducerea termenelor de livrare ale produselor (în cazul transmisiilor cardanice cu 15%);
- reducerea costurilor de proiectare și fabricație;
- îmbunătățirea calității produselor.

Implementarea modulului CAD pentru transmii cardanice în sistemul CIM s-a făcut pe baza programării parametrice a reperelor reprezentative pentru familiile de piese componente ale transmisiilor cardanice. Având piesa generalizată în baza de date poate rezulta repede și precis orice desen de execuție dorit de client (sau proiectant). Baza de date cu elemente geometrice este alcătuită numai din repere care au fost, în prealabil, optimizate constructiv-funcțional.

Concepția proceselor de fabricație asistată de calculator pentru transmisiile cardanice a fost realizată cu ajutorul programului "TechCIM" prin care se poate elabora în regim asistat documentația tehnologică pentru procesele de prelucrare a transmisiilor cardanice. Acest program realizează cuplarea și compatibilitatea informațiilor din modulul CAD și modulul CAM în vederea obținerii fluxului informațional al sistemului integrat de producție.

Elementele rezultate din programul "TechCIM", adică operațiile tehnologice de prelucrare sunt transferate modulului CAM, unde pentru operația de prelucrare asistată pe mașinile-unelte cu comandă numerică, se realizează postprocesarea datelor în vederea realizării programului NC de prelucrare. Baza de date cu sculele așchietoare standardizate, normalizate sau special proiectate folosite la prelucrarea pe MUCN sunt gestionate de către programul "GESSC" realizat în acest scop.

Efectele economice și tehnice ale implementării modulelor CIM pentru transmisiile cardanice au evidențiat ca direcție posibil de urmat și pentru alte companii românești privind retehnologizarea proceselor tehnologice din construcția de mașini, cu investiții nu tocmai ridicate.

Capitolul 4:

EVALUAREA PERFORMANȚELOR SISTEMULUI INTEGRAT DE PRODUCȚIE

**EVALUAREA
PERFORMANTELOR
SISTEMULUI INTEGRAT
DE PRODUCȚIE**



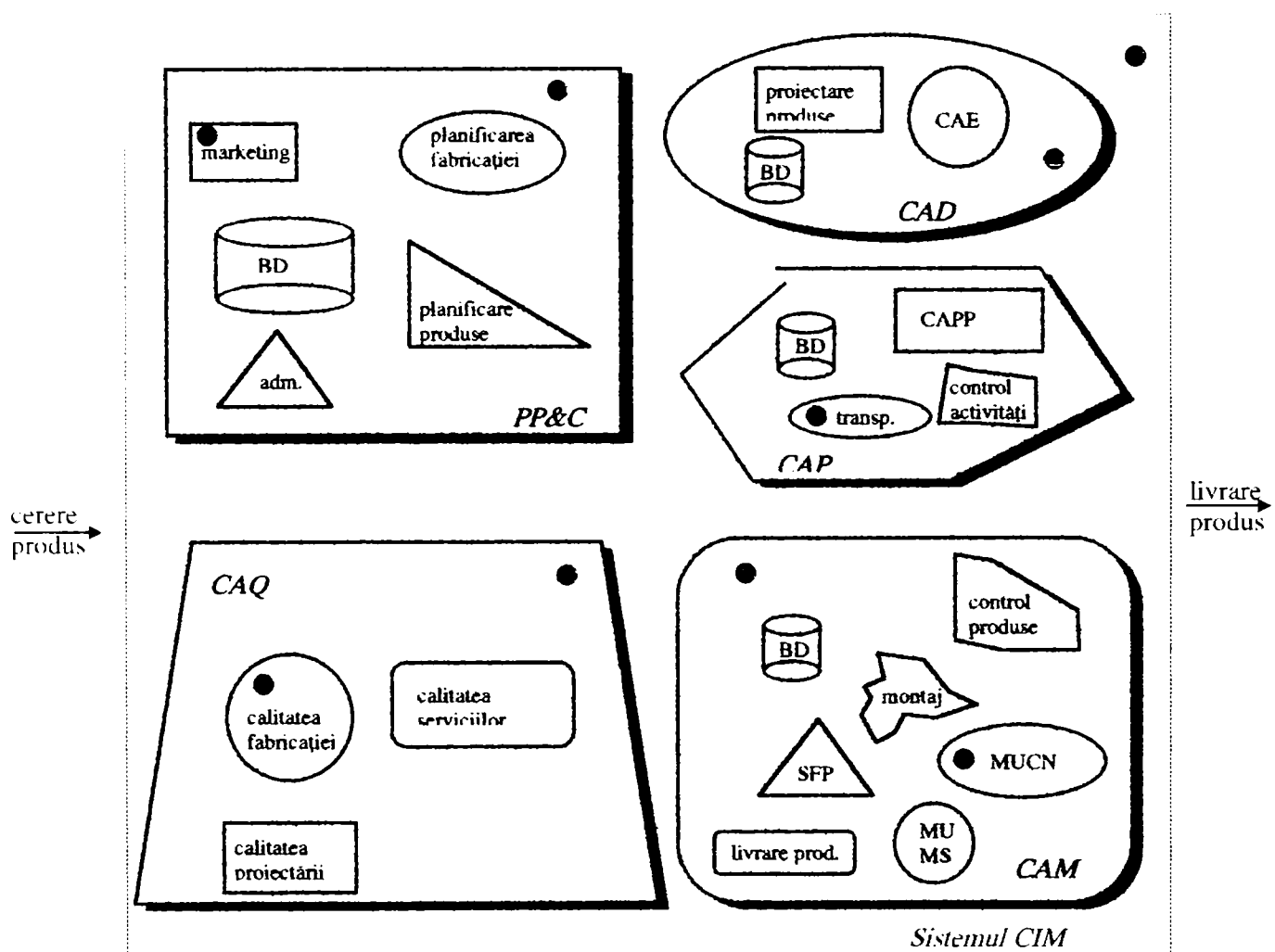
4.1. Introducere

In prezent, pe plan mondial se lucrează foarte mult în concepția unor sisteme CIM, concurența determinând necesitatea realizării unor sisteme cât mai eficiente în vederea fabricării unor produse noi în timp foarte scurt și de calitate ridicată. Parametrii de performanță și costurile privind concepția, implementarea și instalarea sistemelor CIM sunt elemente care să confere baza pentru un studiu de eficiență, în timp ce criteriile calitative pot fi baza unui studiu complementar privind valoarea beneficiului. Se pune problema eficienței în relația dintre rezultatele obținute și folosirea resurselor pentru obținerea acestor rezultate. De aceea, acest capitol prezintă câteva modalități de analiză și evaluare a eficienței sistemului CIM din perspectiva raportului investiții/beneficii și a criteriilor flexibilitate și calitate. În final este prezentat modelul matematic pentru studiul global al performanțelor modulelor CIM. A fost necesară realizarea unui model pentru fabricația în regim asistat a transmisiilor cardanice pentru experimentarea unor decizii noi sau noi formule organizatorice pentru producție, proiectare, desfacere, aprovizionare, transport etc. propuse în această lucrare. Simularea unei decizii asupra modelului matematic a făcut ca efectele acesteia să poată fi anticipate, cunoscute, înainte ca acestea să se producă asupra sistemului real.

4.2. Evaluarea componentelor sistemului CIM

Pentru a evalua performanțele modulelor sistemului integrat de producție s-au folosit principii cunoscute, principii care au fost utilizate și la conceperea acestor module [7, 9, 12].

Sistemul de producție reprezentativ (generalizat- asemeni tehnologiei de grup) cuprinde toate activitățile ce se desfășoară în procesul de producției și reunește elementele definitorii ale acestuia. Sistemul de producție reprezentativ, figura 4.1, este compus din subsisteme și activități specifice.



Legenda:

- pondere pentru activitățile din departamente (ateliere)
- pondere pentru subsistem
- pondere pentru sistemul de producție

Figura 4.1: Sistemul de producție reprezentativ

Sistemele de producție au fost împărțite pe nivele, funcție de criteriile de evaluare cele mai importante din punct de vedere al integrării activităților într-un sistem CIM :

- dotare soft;
 - dotare hard;
 - sistemul de baze de date și modul de gestiune;
 - calificarea personalului.

S-au creat cinci nivele de clasificare a sistemelor de producție, tabelul 4.1, funcție de notele acordate criteriilor de clasificare.

Tabelul 4.1

Nivel	Sistem	Criterii de evaluare			
		Soft	Hard	BD	Personal
Nivelul 0	PP&C	3	2	3	3
	CAD	1	1	0	3
	CAP	1	1	1	1
	CAM	1	1	1	1
	CAQ	1	1	1	1
Nivelul 1	PP&C	2	2	3	3
	CAD	2	2	2	2
	CAP	1	2	3	2
	CAM	2	2	1	3
	CAQ	1	1	1	2
Nivelul 2	PP&C	3	3	4	4
	CAD	3	4	5	6
	CAP	2	2	2	6
	CAM	4	4	3	7
	CAQ	4	4	4	5
Nivelul 3	PP&C	3	3	4	4
	CAD	3	4	5	6
	CAP	3	4	5	7
	CAM	4	4	3	7
	CAQ	4	4	5	6
Nivelul 4	PP&C	7	7	7	7
	CAD	6	4	6	7
	CAP	3	4	6	6
	CAM	5	5	7	8

	CAQ	4	4	3	6
Nivelul 5	PP&C	9	9	8	9
	CAD	10	9	9	10
	CAP	8	9	10	8
	CAM	8	10	8	10
	CAQ	9	10	6	8

Notele acordate subsistemelor sunt de la 1 la 10, în funcție de importanța activității și de rolul lor în sistem.

Pe baza criteriilor de evaluare definite s-a construit matricea priorităților, rezultând ponderile fiecărui aspect analizat, acestea fiind:

- nivelul investițiilor în realizarea subsistemului;
- creșterea flexibilității fabricației;
- creșterea calității activităților și produselor;
- beneficiile obținute.

Una dintre metodele de alegere a unui nivel sau altul de dezvoltare a sistemului de producție este cea folosind matricea morfologică, care permite obținerea de noi soluții pornind de la elementele sintetizate în diagrama de idei, prin combinarea acestora. Pe baza coeficientului de pondere și a notelor acordate s-au calculat punctajele variantelor alese funcție de aspectele analizate. Pentru determinarea și analizarea diferitelor situații s-a conceput un program de calcul care reunește două proceduri: o procedură ce realizează citirea datelor de intrare și se ocupă de soluțiile tehnic posibile și de calculul punctajului aferent subsistemului definit, a doua procedură se ocupă de sortarea și afișarea combinațiilor de subsisteme, în ordinea punctajelor obținute și de trasarea graficelor aferente.

Pentru susținerea modelului matematic de determinare a raportului dintre nivelul investițiilor și rezultatele prognozate s-a realizat o bază de date ce conține informații privind:

- prețurile utilajelor și platformelor hard necesare;
- prețurile softului pentru subsistemele CAM, CAPP, CAD, CAQ;
- costurile privind legarea și întreținerea rețelei;
- costurile cu școlarizarea personalului specializat;
- timpii de instalare și implementare a platformelor hard;
- timpii de răspuns pentru diferitele activități din subsistemele definite;
- gradul de utilizare tehnică;
- timpii de prelucrare pe diferite utilaje;

- timpii de manipulare și transport;
- timpii consumați cu activități de proiectare, planificare, fabricație, control.

Programul "MANAGEMENT" realizat, prelucrează datele din baza de date, împreună cu datele inițiale furnizate de către specialist, datele de ieșire prezentând (grafic, statistic, tabelar) prognozele obținute de pe urma investițiilor de modernizare și automatizare a sistemului de producție. Managerului care dorește să investească într-un sistem integrat de producție prin implementarea modulelor CIM poate evalua ușor nivelul prognozat al performanțelor subsistemelor funcție de investiția făcută, totodată având și posibilitatea de analiză critică a căilor de modernizare a subsistemelor CIM în raport cu specificul producției proprii (datele inițiale). Programul oferă posibilitatea realizării de variante și situații concrete de automatizare a subsistemelor existente, oferind date despre: flexibilitatea obținută, economiile de timp și costurile cu planificarea, proiectarea și fabricația, implicațiile asupra personalului angajat și a gradului de specializare, nivelul calității și productivității muncii, nivelul de automatizare și integrare a sistemului de producție. Schema logică a programului este prezentată în figura 4.2.

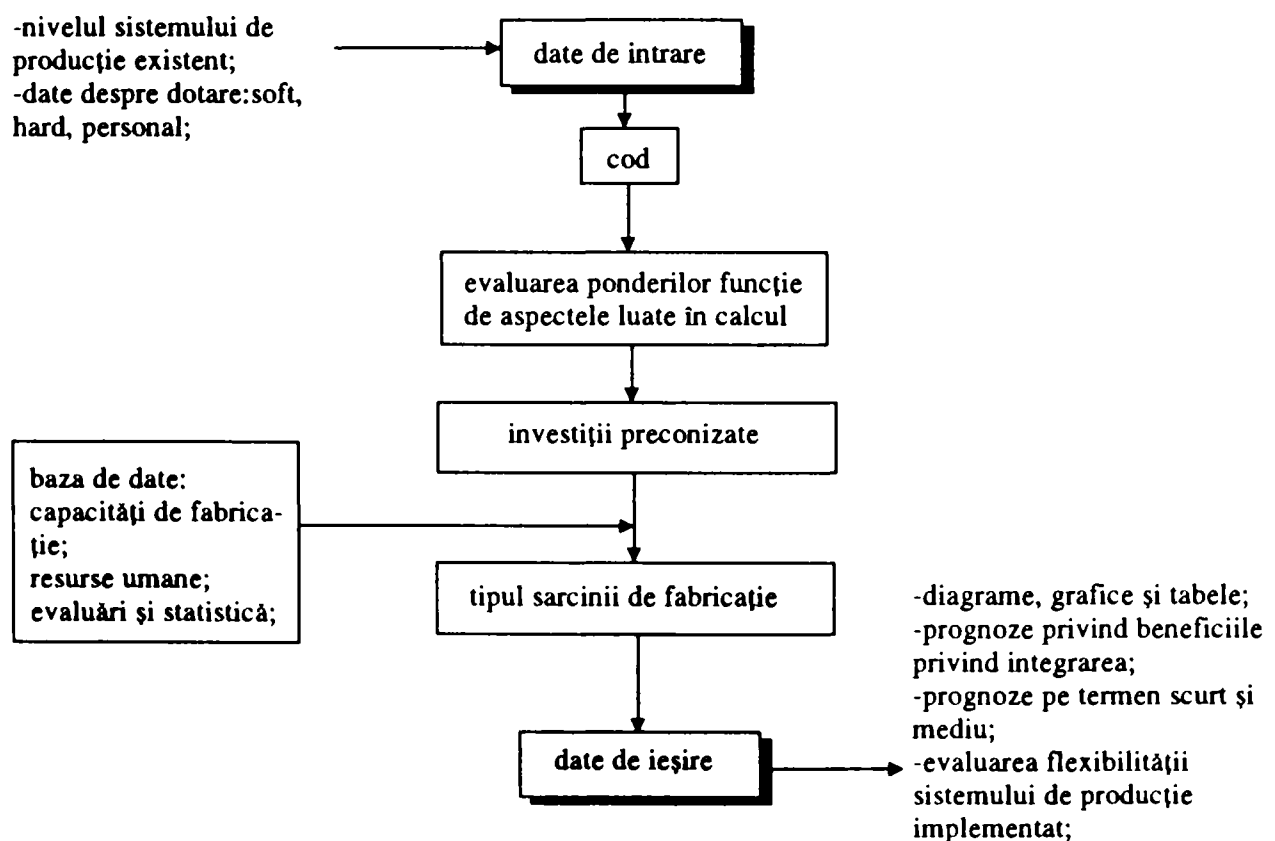


Figura 4.2: Programul "MANAGEMENT"

Unele din rezultatele obținute sunt prezentate în figurile de mai jos, astfel: figura 4.3. prezintă valorile timpilor consumați cu activitatea de proiectare pe trei nivele ale sistemului de producție, în funcție de 10 tipuri produse-program; figura 4.4. arată ponderea investițiilor privind utilajul tehnologic (rezultate date pentru 8 utilaje tehnologice și 40 de condiții, unele

dintre ele prezentate în figură) funcție de condițiile cerute în diferite organizări ale sistemului de producție; figura 4.5. prezintă corelația între dotarea cu mașini unelte cu comandă numerică și mașini universale, respectiv cu sisteme flexibile de fabricație indicând comparativ gradul de utilizare al acestora pentru diferite situații de lucru din sistemul de fabricație.

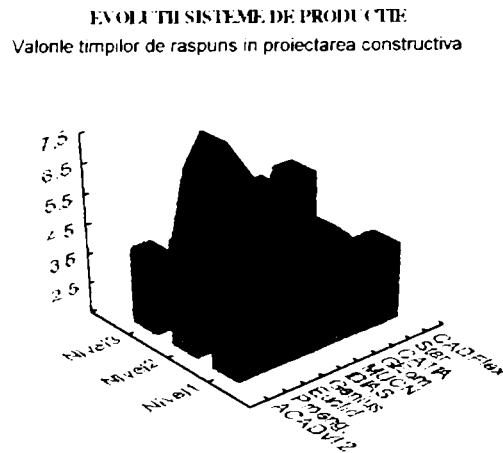


Figura 4.3: Timpii de proiectare asistată constructivă pe nivele ale sistemului de producție

Figura 4.6. prezintă rezultatele obținute după rularea programului (economii de timp de prelucrare și costuri de fabricație), pentru trei tipuri de utilaje (condiții de lucru), rezultate, tabelul 4.2., ce oferă date concludente privind efortul de investiții și economiile prognozate în realizarea unui anumit nivel al sistemului de producție.

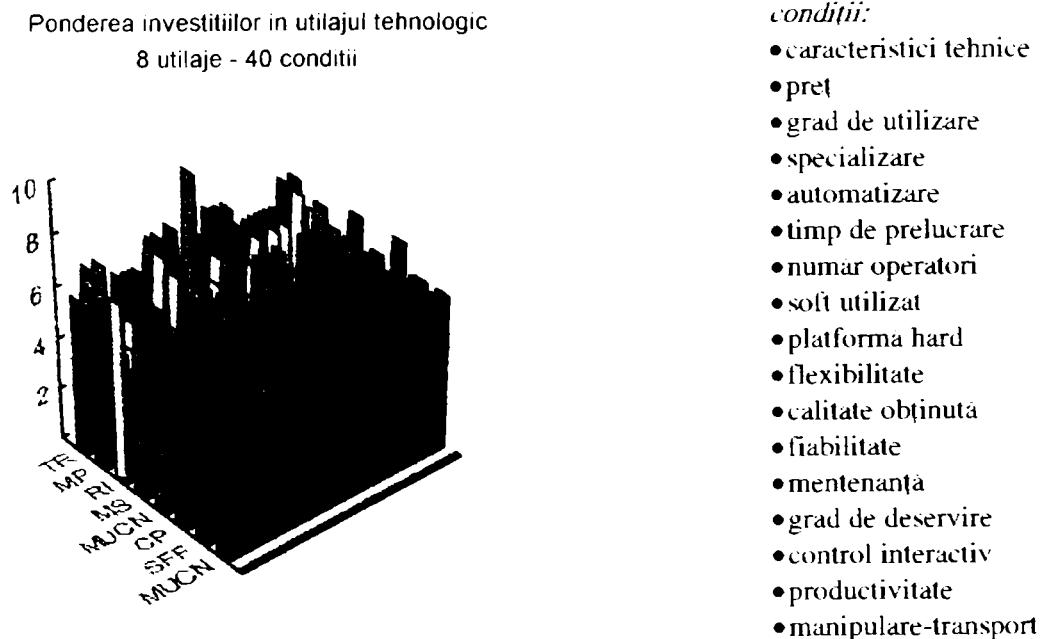
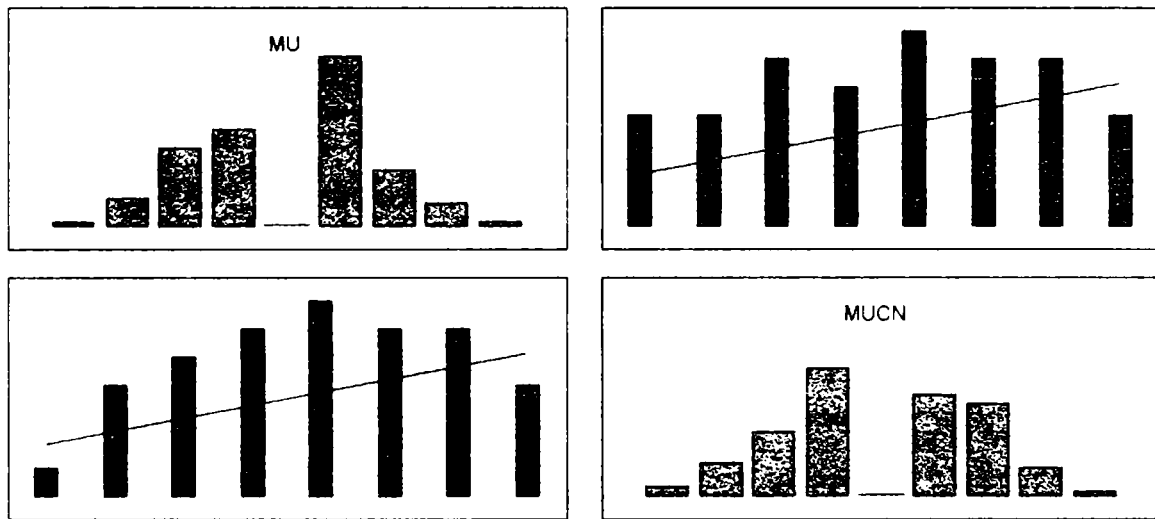


Figura 4.4: Investiții și performanțe în dotarea cu utilaj tehnologic

Comparatie intre MUCN si MU functie de criteriile de evaluare



Comparatia intre MUCN si SFF functie de criteriile de evaluare

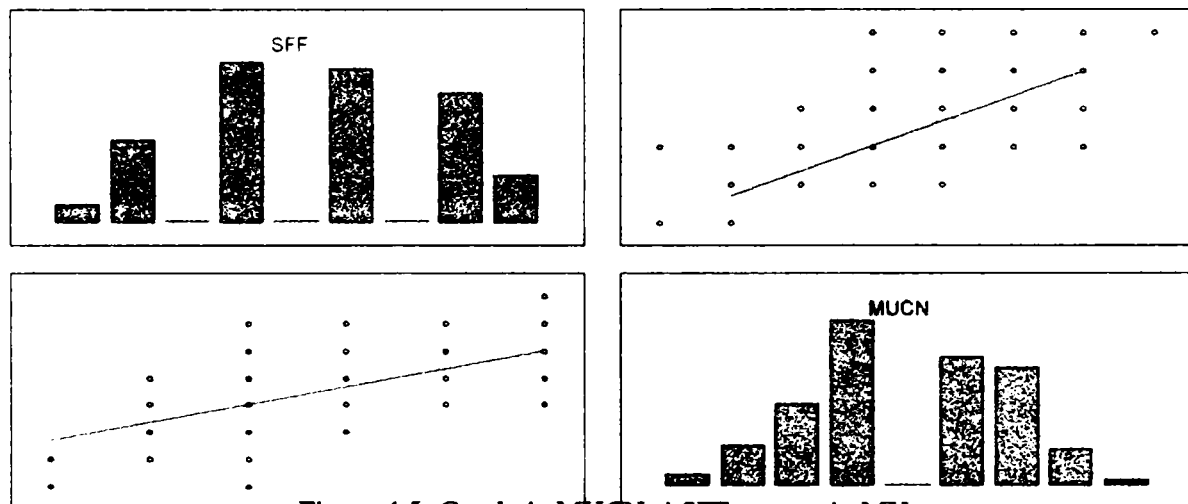


Figura 4.5: Corelația MUCN și SFF, respectiv MU

Economii comparative folosind trei tipuri de utilaje tehnologice

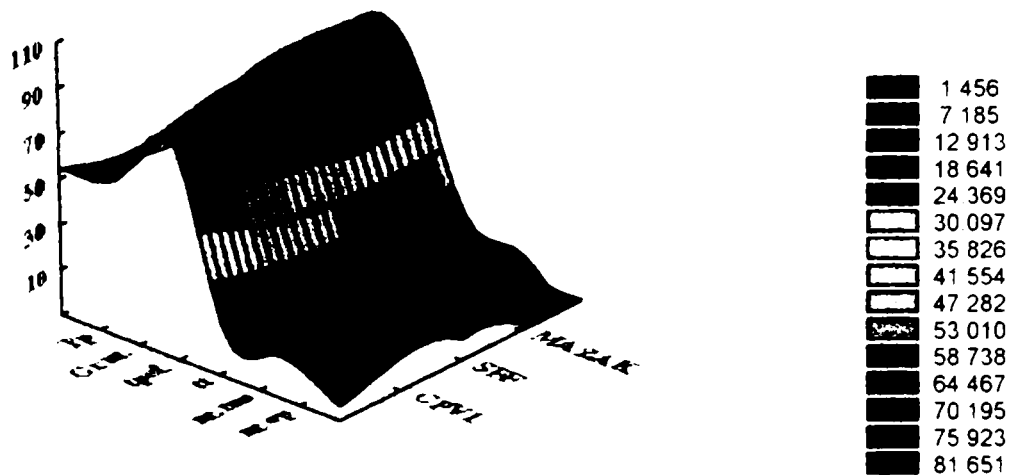


Figura 4.6: Economii pentru utilizarea a trei utilaje tehnologice

Tabelul 4.2.

Configurație mașini (tip mașini)	Producție integrată de piese - 1760 (în două schimburi pe zi)		
Tipul mașinii-unelte	Centru de prelucrare convențional	Centru de prelucrare cu schimbător de palette (6 palette)	Sistem flexibil de fabricație MAZATROL
Timp de prelucrare zilnic	55 ore/zi		
Gradul de utilizare tehnică	70%	81%	85%
Timp de prelucrare necesar	78 ore, 34 min/zi	67 ore, 54 min/zi	64 ore, 42 min/zi
Timp total de lucru pe mașină (cu și fără operator)	10 + 2 ore/zi	8 + 6 ore/zi	8 + 15 ore/zi
Numărul de mașini necesare	7 (6,6)	5 (4,9)	3 (2,95)
Numărul de operatori necesari	4	2	1

Aspectul ierarhic al sistemului de producție pune în evidență însăși flexibilitatea sistemului deoarece prin atașarea unor noi subsisteme la sistemul considerat, aceasta va include din ce în ce mai multe aptitudini de prelucrare, situație care presupune un efort economic tot mai mare pentru construcția sistemului.

Viziunea sistemică complexă, extinsă asupra sistemului de producție a creat probleme în ceea ce privește interferențele domeniilor de lucru între tehnologi, proiectanții de echipamente sau produse soft și manageri, sistemul fiind rezultatul unei activități de echipă.

În vederea evaluării globale a sistemului CIM se bazează pe analizarea în parte a fiecărui atribut al sistemului: flexibilitate, productivitate, calitate și costuri.

Monitorizarea întregului sistem de producție trebuie să evalueze și să detecteze prin semnalele (informațiile) recepționate orice schimbare în sistem pe timpul funcționării. Evaluarea performanțelor sistemului integrat de producție se poate face utilizând principii și tehnici cunoscute din domeniul managementului sistemelor de producție, folosind mijloacele electronice de calcul pentru creșterea preciziei prognozelor.

4.3. Evaluarea flexibilității

Probabil că cel mai nou element în privința întreprinderilor flexibile este fabrica cu timp de reconfigurare zero. Folosind echipament mobil, pereți răsturnabili utilizați ușor și reutilizabili după o perioadă de timp, o asemenea fabrică poate să se adapteze la modificări în timp real a sarcinii de fabricație [34]. Procesele flexibile sunt impuse pe de o parte de sistemele flexibile de fabricație, iar pe de altă parte de echipamentul simplu, ușor de reglat. Aceste două realizări tehnologice permit trecerea rapidă și cu costuri scăzute de la o linie de producție la alta, permițând ceea ce se numește uneori: economii de scop [63]. Flexibilitatea este atributul esențial al sistemelor integrate de producție. Flexibilitatea, reprezintă capacitatea unui sistem de producție de (re)adaptare rapidă și optimală la modificările sarcinii de producție, în condiții de eficiență economică și cu modificări structurale minime [3]. Fabricația flexibilă reprezintă un câmp de cercetare dinamic, care absoarbe un mare efort, preocupările fiind axate pe robotică, automatizare flexibilă, iar pe această bază tehnologia este privită ca sistem. Prin flexibilitatea unui sistem se înțelege și probabilitatea ca acel sistem să satisfacă cerințe noi de producție într-o durată determinată. În principal, schimbările provenite din mediul exterior decurg din variabilitatea sarcinii de fabricație, iar cele provenite din interiorul sistemului sunt cauzate de defecțiuni sau produse din rațiuni de utilizare eficientă a componentelor sistemului.

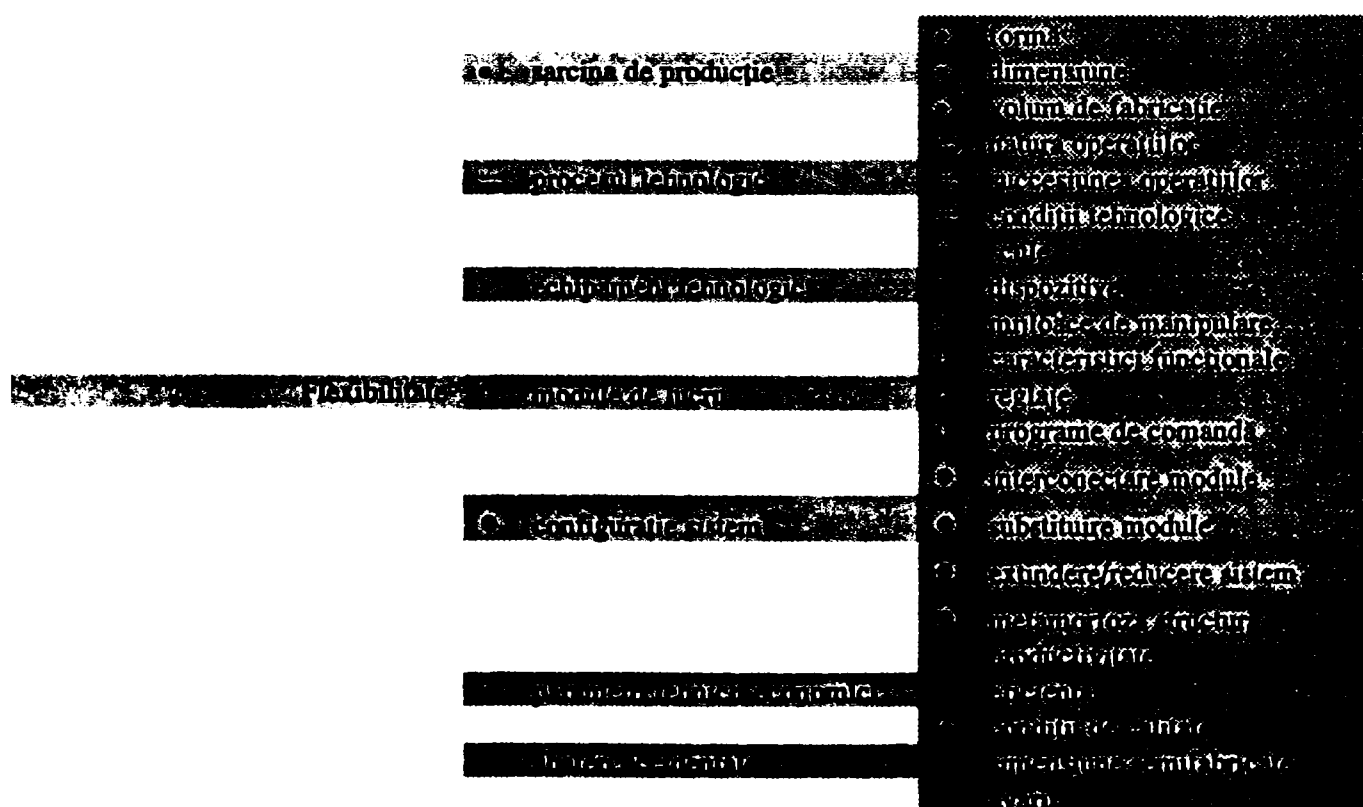


Figura 4.7: Flexibilitatea sistemului de fabricație

În figura 4.7. sunt prezentate elementele definatorii ale sistemului de fabricație la care se poate asocia proprietatea de flexibilitate și care generează, în consecință, flexibilitatea de sistem [1,3].

Există diverse metode de calcul ale flexibilității, tabelul 4.3., unele fiind unanim acceptate de specialiști, altele contestate datorită unor parametri și factori introduși în aceste metode de calcul [2].

Tabelul 4.3.

Nr.	Forma de măsurare	
1	Timpul necesar pentru schimbarea stării sistemului	
2	Costul schimbării stării sistemului	
3	Numărul de variante tipologice realizabile în sistem	
4	Mărimea lotului de fabricație	
5	$G_{AC} = e^{-\frac{C_R}{C_{R0}}}$	G_{AC} - gradul flexibilității de adaptare exprimat prin costuri; C_R - cheltuieli de reechipare; C_{R0} - cheltuieli de reechipare pentru un sistem de comparație;
6	$G_{AT} = e^{-\frac{T_R}{T_{R0}}}$	G_{AT} - gradul flexibilității de adaptare exprimat prin timp; T_R - timp de reechipare; T_{R0} - timp de reechipare pentru un sistem de comparație;
7	$IF = \frac{N \cdot K}{n \cdot 100}$	IF - indicatorul flexibilității; N - numărul tipurilor de repere care se realizează în sistem; K - procentul tipurilor care se fac prima dată; n - numărul tipurilor asemănătoare care sunt incluse în același lot de fabricație;
8	$K = \frac{T_p}{T_p + T_a}$ $K = \frac{T_p}{T_p + T_a} \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right)$	K - coeficientul de pregătire a sistemului; T_p - timp de prelucrare a loturilor de piese; T_a - timp de adaptare al sistemului la trecerea la un nou tip de reper; n - numărul tipurilor care se prelucrează în sistem;

9	$F = \frac{\sum_{j=1}^n t_{pj}}{\sum_{j=1}^n t_{pj} + \frac{2}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}}$	<p>F - coeficientul mediu de flexibilitate; t_{pj} - timp de prelucrare pentru reperul j; t_{ij} - timp pentru pregătirea sistemului la trecerea de la tipul i la tipul j; n - numărul tipurilor care se prelucrează în sistem;</p>
10	$K_s = \frac{1}{q_{max} - q + 1}$ $q_{max} = \frac{n!}{2 \cdot (n-2)!}$	<p>K_s - coeficient de flexibilitate a structurii; q_{max} - numărul maxim de legături dintre componentele sistemului; q - numărul efectiv de legături dintre componentele sistemului; n - numărul componențelor sistemului;</p>

Este de remarcat că, în marea majoritate a cazurilor, flexibilitatea sistemului este înregistrată ca o măsură a efortului sistemului de a trece de la o stare la alta a sa, în raport cu variația sarcinii de producție. Dificultatea definirii flexibilității constă în aceea că ea nu poate fi determinată decât după constituirea sistemului.

Având în vedere complexitatea sistemului CIM evaluarea flexibilității sale poate fi făcută pe subsistemele componente, analizând activitățile din fiecare modul, fie că sunt activități de proiectare, planificare, fie că sunt activități de fabricație sau control. Problema se transpune și se rezolvă ca o problemă de planificare de activități cu o succesiune cunoscută supusă unor restricții în privința disponibilităților astfel încât să se optimizeze anumite criterii economice. Încercările făcute pentru rezolvarea acestei probleme s-au bazat pe două metode similare: metoda PERT (Project Evaluation & Review Tehnique) și metoda CPM (Critical Path Method) [27]. Ambele metode constau în realizarea grafică a sistemelor sub formă de rețea și ambele încearcă să analizeze aspectul de planificare a activităților pentru optimizarea problemei date. Utilizate corespunzător, metodele de planificare pe bază de rețea pot produce rezultate spectaculoase.

Pentru a defini și exprima timpul necesar realizării activităților trebuie să se construiască o listă cu activitățile predecesoare pentru fiecare activitate. Aceste activități predecesoare trebuie finalizate înainte ca activitatea să înceapă (spre deosebire de ingineria simultană). De exemplu, la analiza subsistemului de pregătire și urmărire a producției (PP&C) s-a făcut o analiză de activitate a unui proiect de implementare a unei noi proceduri de realizare a bazei de date pentru acest compartiment, fapt ce scurtează timpul de răspuns al subsistemului la variația sarcinii de producție. În tabelul 4.4 se prezintă principalele elemente de pornire în studiul subsistemului PP&C.

Tabelul 4.4.

Activitatea	Codul activității	Durata (săptămâni)	Activitățile predecesoare
Instruirea preliminară	A	5	Nu
Realizarea formularelor noi (baza de date)	B	8	D
Instruirea personalului în utilizarea noilor formulare de lucru	C	6	A,D
Modificarea bazei de date existente pe baza noii metodologii de lucru	D	11	Nu
Instruirea personalului cu noul echipament	E	7	A,C

Toată informația din tabelul 4.4. poate fi reprezentată într-o diagramă tip rețea, figura 4.8. Un proiect este considerat ca fiind compus din activități (reprezentate prin arce) și evenimente (reprezentate prin noduri). Un arc care duce de la un nod la altul are o direcție și reprezintă activitatea care trebuie să aibă loc după apariția primului nod pentru ca cel de-al doilea nod să poată fi obținut. Direcția arcelor determină relația de precedență între cele două noduri (evenimente). Un eveniment este considerat a fi o întâmplare bine definită în timp și a cărei relație de precedență este tranzitivă între noduri.

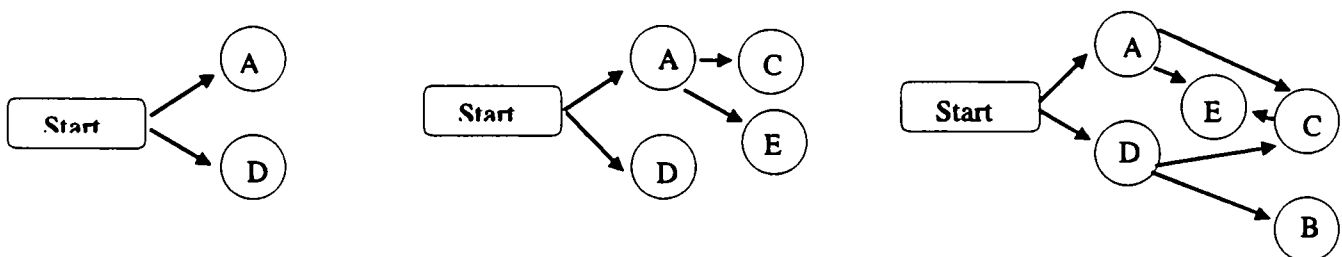


Figura 4.8: Etapele de construire a rețelei pentru activitățile definite în PP&C

Rezultatul unei astfel de reprezentări este o rețea orientată având următoarele caracteristici:

- evenimentele (nodurile) sunt numerotate astfel încât o activitate (un arc) duce întotdeauna de la un număr mai mic la un număr mai mare;

- fiecare nod are cel puțin un arc care ajunge la el și unul care pleacă de la el cu excepția nodului de start și a celui de final (nodul n). Primul are numai arce care pleacă de la el, iar cel de-al doilea numai arce care ajung la el;
- două noduri pot fi legate cu cel mult un arc, această limitare poate fi satisfăcută într-unul din următoarele două cazuri: fie se combină două sau mai multe activități într-o activitate mai cuprinzătoare, fie se folosesc activități fictive și rezultate fictive de durată zero și de utilitate zero;
- prin construcție, rețeaua nu conține bucle, adică pe orice drum direct de la sursă la nodul final fiecare nod apare o singură dată;
- deoarece relația de precedență este tranzitivă, fiecare eveniment de-a lungul unui drum trebuie să cuprindă toate evenimentele și toate activitățile realizate înainte de el.

În aplicarea metodelor PERT și CPM este necesară cunoașterea timpilor activităților desfășurate, iar estimarea duratelor activităților se poate face în două condiții:

- condiții de certitudine;
- condiții de incertitudine.

În condiții de certitudine, pentru exemplul analizat s-a obținut rețeaua PERT cu timpii ES, EF, LS și LF (semnificația notațiilor folosite este dată în tabelul 4.5) din figura 4.9.

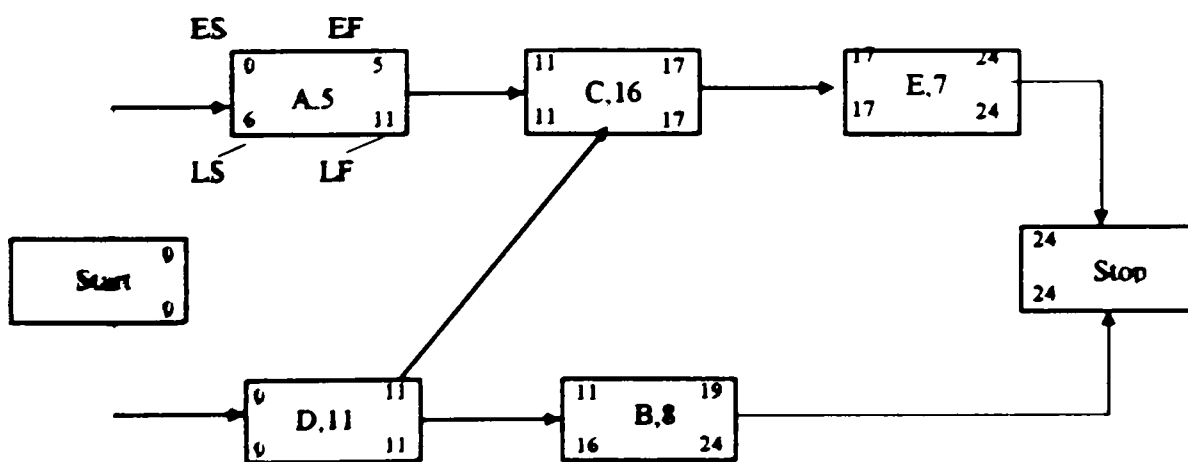


Figura 4.9: Rețeaua PERT pentru activitățile PP&C analizate

Tabelul 4.5

Notăție termeni	Semnificație termeni
ES_i	Earliest Time - cel mai apropiat timp de start, timpul minim pentru apariția evenimentului i
EF_i	Earliest Finish - cel mai apropiat timp de final
LS_i	Latest Start - cel mai îndepărtat timp de start
LF_i	Latest Finish - cel mai îndepărtat timp de final
TS	Total Slack - inactivitate totală, timpul de inactivitate sau de destindere, respectiv marja de timp
$E(t_N)$	Estimarea unei activități: $E(t_N) = \sum T_k$

Analizele efectuate s-au bazat pe estimările de timp făcute în faza preliminară planificării. Dar aceste estimări nu pot fi făcute întotdeauna cu certitudine, în special în cazul activităților ce implică proiectarea noilor produse, când duratele acestor activități pot să fie necunoscute chiar și pentru specialiștii în domeniu. Această variabilitate în timpii de activitate este tocmai factorul care deosebește metodele PERT și CPM. În cazul acestei analize se realizează estimarea duratelor activităților în condiții de incertitudine folosind notațiile din tabelul 4. 6.

Tabelul 4.6.

Notăție termeni	Semnificație termeni
b_i	Estimarea pesimistă a duratei
m_i	Durata cea mai probabilă, sau modul de distribuție a duratei
a_i	Estimarea optimistă a duratei, care se poate realiza dacă toți factorii lucrează perfect și se presupune că nu pot fi ameliorați
$f(y)$	Funcția de distribuție: $f(y) = k(y - a)^\alpha \cdot (b - y)^\beta$
σ	Deviația standard: $\sigma = (b-a)/6$
$\Phi(x)$	Funcția de repartiție a legii de distribuție a lui x : $\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{y^2}{2}} dy$
P_r	Probabilitatea ca evenimentul N să apară la un anumit timp $t_N(S)$: $P_r(t_N \leq t_N(S)) = \Phi\left(\frac{t_N(S) - E(t_N)}{\sqrt{\sigma(t_N)}}\right) = \Phi\left(\frac{t_N(S) - \sum T_x}{\sqrt{\sum \sigma_K^2}}\right)$

Pentru cazul analizat rețeaua de timp cu intervalele 2σ este prezentată în figura 4.10.

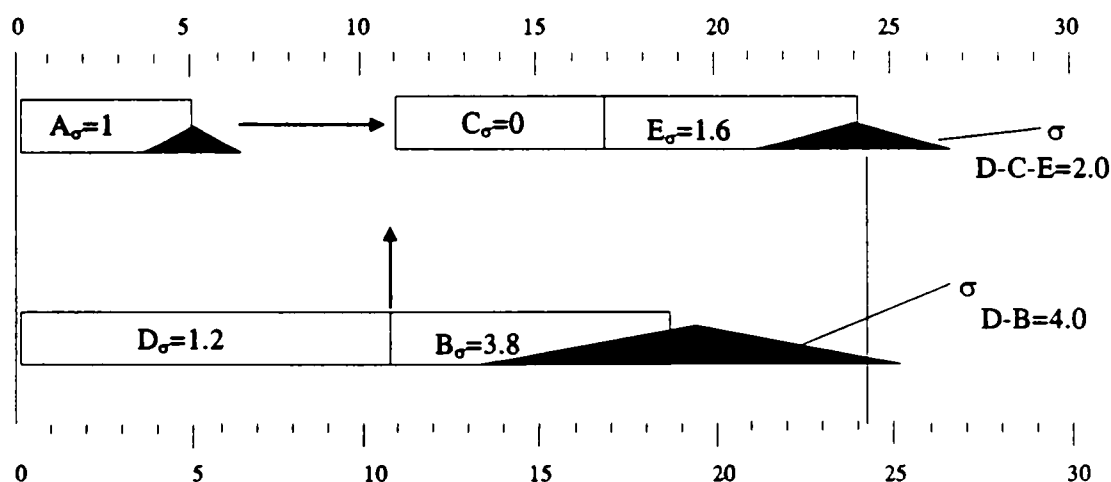


Figura 4.10: Rețea scală timp pentru cazul PP&C analizat

Diagrama care utilizează scala de timp prezintă o imagine de ansamblu asupra desfășurării proiectului. Marja de timp este reprezentată sub forma de săgeți orizontale, aceasta făcând ca drumul critic să fie mai ușor de identificat.

Pe baza diagramelor rezultate se pot emite concluzii privind durata și succesiunea optimă a activităților din cadrul sistemului CIM și, în diferite cazuri, se intervine acolo unde există probleme în derularea normală și continuă a activităților. Prin aceasta se poate urmări și controla întreg fluxul activităților dintr-un sistem CIM.

4.4. Evaluarea calității

Pe măsura creșterii și diversității cererii de produse și odată cu acestea, pe măsura dezvoltării producției industriale, noțiunea de calitate a produselor a evoluat continuu, ajungându-se astăzi, în condițiile utilizării calculatoarelor electronice pentru conducerea calității, la noțiunea de calitate dirijată și asigurată. Când se discută principiile calității în sistemele integrate de producție este important să se aplice acele principii care să fie adaptate fiecărui modul, atât în ceea ce privește calitatea activităților, dar și calitatea produselor realizate. Este important ca atunci când se face evaluarea calității sistemului CIM să se facă o evaluare a costurilor privind asigurarea calității. Managementul calității totale se referă la managementul unui sistem în așa fel încât să afecteze toate elementele producției și serviciilor ce sunt importante pentru beneficiar. Atunci când se vorbește despre calitatea sistemelor integrate de producție, despre evaluarea calității subsistemelor CIM este necesar să se

folosească trei tehnici majore privind ingineria calității: pregătirea calității, analiza calității și planificarea operațiilor privind calitatea.

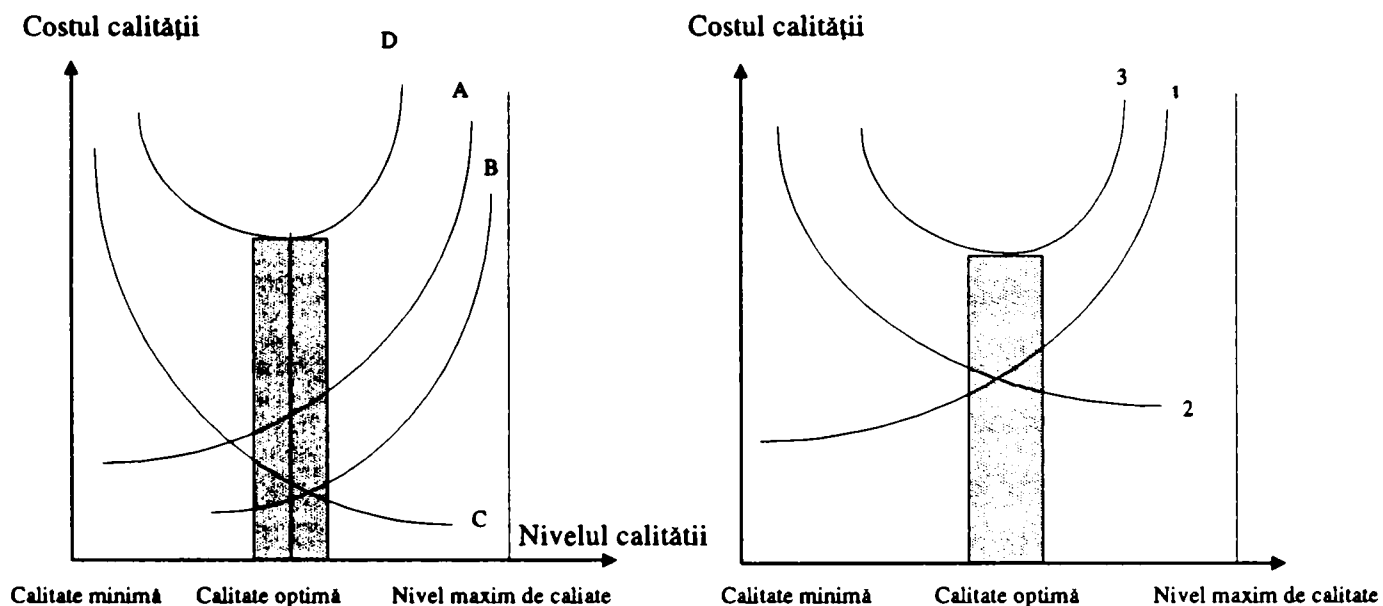
Tabelul 4.7 redă diferite puncte de vedere privind conceptul calității [34].

Tabelul 4.7.

	Crosby	Deming	Juran
Definirea calității	Conformitate cu cerințele	Un grad predictibil de uniformitate și dependentă de cost scăzut și satisfacerea pieții	Potrivire la folosire
Gradul de responsabilitate al managementului principal	Responsabil pentru calitate	Responsabil pentru 94% din problemele de calitate	Mai puțin de 20% din problemele calității se datorează muncitorilor
Performanța standard/motivația	Zero defecte	Calitatea are mai multe scări pentru măsurarea performanțelor; critic cu "zero defecte"	Evită campanii pentru a face munca "perfectă"
Concepția generală	Prevenire, nu inspecție	Reducerea variabilității prin îmbunătățiri continue. Încețază inspecția de masă	Concepția de management general spre calitate în special spre factorul uman
Structură	14 pași spre îmbunătățirea calității	14 puncte pentru management	10 pași spre îmbunătățirea calității
Control statistic	Respinge nivelele controlului statistic al calității	Folosește metodele controlului statistic al calității	Recomandă controlul statistic, dar previne asupra metodelor folosite
Bazele îmbunătățirii	Un proces, nu un program	Continua reducere a variabilității, elimină țelul fără metodă	De la proiect la proiect fixează țelul
Echipa de lucru	Echipe de îmbunătățire a calității, comisii de calitate	Participarea angajaților, eliminarea barierelor dintre departamente	Echipe și cercuri ale calității
Costul calității	Costul neconformităților; calitatea este liberă	Fără optim, continuă îmbunătățire	Calitatea nu este liberă, are un optim
Achiziție și recepție bunuri	Cerințe declarate, furnizorii sunt prelungirea omului de afaceri	Inspecția este tardivă; evidență și control statistic	Problematică complexă, supraveghere
Clasificare vânzător	Audite calitate	Critic cu majoritatea sistemelor	Ajută și furnizorul

Calitatea totală, alături de flexibilitate, este principalul atribut al sistemului integrat de producție și presupune întâi fixarea corectă a obiectivelor și apoi definirea și realizarea detaliilor.

Optimul nivelului calității (obținut prin minimizarea costurilor acestuia, prin metode analitice sau statistice) presupune analiza distinctă la producător și la beneficiar, figura 4.11.



- A - costul de prevenire și asigurare a calității
- B - costul de identificare a calității
- C - costul pierderilor datorită calității și remedierii defectelor înregistrate
- D - costul total al calității

- 1 - cheltuieli de achiziție ale produsului
- 2 - costul întreținerii produsului
- 3 - costul total al calității

Figura 4.11: Variația costurilor cu calitatea la producător și beneficiar

Pentru optimizarea calității există criterii, metode și modele de optimizare pentru ușurarea luării deciziei ținând seama de mulțimea caracteristicilor cantitative sau calitative.

În cadrul analizei fluxului de informații privind calitatea s-a realizat analogia dintre informație și produs, deoarece în diferitele module de prelucrare a informațiilor din sistemul CIM informațiile sunt produse semifinite sau finite (funcție de activitățile desfășurate), deci trec prin același stadiu ca și produsele ce sunt fabricate în sistemul integrat de producție.

S-a realizat proiectarea unui plan simplu de control privind programele NC dedicate strungurilor cu comandă numerică de tip SP-250 și centrului de prelucrare Mazak [54]. Informațiile cuprinse într-un program NC sunt cele de natură geometrică și tehnologică astfel încât programul să poată comanda mașina-unealtă pentru prelucrarea unui anumit reper. Fluxul informațional în cazul prelucrării asistate a reperelor pe mașinile-unelte cu comandă numerică pornește de la programatorul NC (care realizează programul pe baza fișierelor grafice realizate în CAD), simularea și testarea la calculator, trecerea programului pe mașina-unealtă, testarea și omologarea programului prin prelucrarea unui reper-test pe mașina-unealtă respectivă.

Aplicând metoda controlului statistic al calității pentru programele NC s-au definit următoarele elemente:

- ⇒ procentul de defecte tolerat al lotului de programe, DT;
- ⇒ probabilitatea de a respinge un program (sau mai multe programe) acceptabil, riscul programatorului, α ;
- ⇒ probabilitatea de a accepta un program (sau mai multe programe) necorespunzătoare, riscul operatorului, β ;
- ⇒ nivelul de calitate acceptabil, CA;
- ⇒ numărul de programe din lotul testat, n;
- ⇒ numărul de acceptare, a.

Se cuvin a fi făcute câteva observații:

- * valorile parametrilor sunt o decizie economică bazată pe politica companiei sau a cerințelor contractuale;
- * cu cât valorile procentului de acceptare a programelor necorespunzătoare sunt mai mici cu atât calitatea produselor realizate pe mașinile-unelte respective sunt mai bune;
- * prin alegerea valorilor parametrului se poate proteja mai bine producătorul de informații (programe) în detrimentul calității produselor realizate cu aceste programe ceea ce nu avantajează calitatea fabricației.

Prin reprezentarea grafică a curbei caracteristice operative, OC se poate urmări probabilitatea acceptării unui program NC în funcție de mărimea fracțiunilor defecte. Pentru cazul prelucrării reperelor prin strunjire și testarea unui număr de programe pe strungul cu comandă numerică SP-250, au rezultat valorile din tabelul 4. 8 și curba din figura 3.12., pentru parametrii: $\alpha=0.05$, $\beta=0.10$, CA=0.02, DT=0.08, iar valorile acceptate sunt a=4 cu n=99.

Tabelul 4.8

a	DT / CA	n* CA
0	33.790	0.048
1	10.850	0.350
2	6.809	0.818
3	4.890	1.325
4	4.057	1.879
5	3.625	2.802
6	3.200	3.190
7	2.895	3.921
8	2.688	4.680
9	2.618	5.236

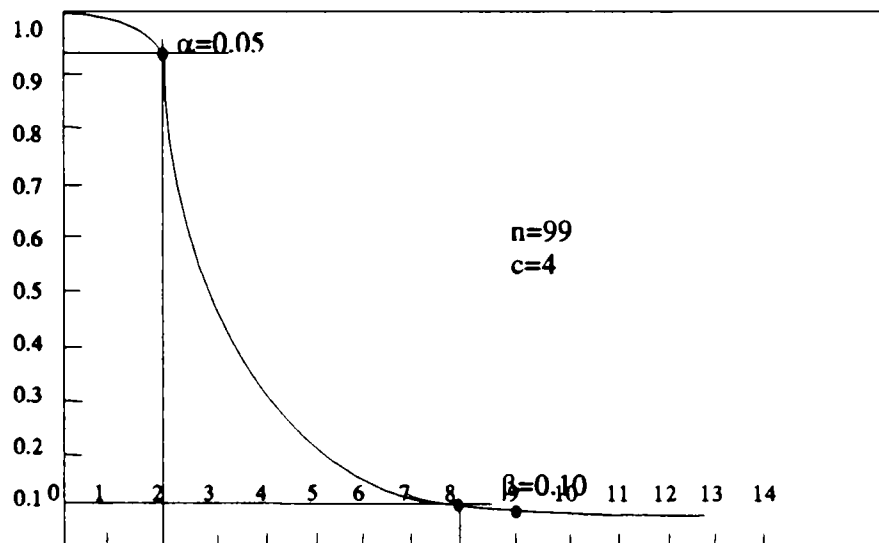


Figura 4.12: Curba caracteristicii operative pentru programele NC pe strungul SP-250

Analiza datelor a condus la următoarele concluzii:

- dacă $a=\text{const}$, creșterea volumului eșantionului face ca, curba caracteristicii operative să fie mai verticală, deci probabilitatea de acceptare scade;
- dacă $n=\text{const}$, descreșterea numărului maxim de programe defecte face ca, curba caracteristicii operative să fie mai verticală (panta crește), deci probabilitatea de acceptare scade.

Din aceste calcule se poate determina coeficientul de capabilitate a procesului de prelucrare pe strungurile NC din sistemul integrat de producție pentru repere complexe din punct de vedere geometric. Analog analizei efectuate în fluxul informațional pe mașinile-

unelte cu comandă numerică se pot face evaluări ale calității informațiilor și pentru alte module ale sistemului CIM. Folosind date din procesul de fabricație se pot realiza analize riguroase privind capabilitatea proceselor de fabricație, locul și probabilitățile de creștere a coeficientului de capabilitate în vederea creșterii calității produselor realizate. Pe baza datelor culese, a evaluării calității s-au construit, pentru diferitele repere aflate în fabricație, matricea calității, figura 4.13. reprezentând o astfel de matrice a calității pentru crucea cardanică, pe baza ponderilor criteriilor alese de către producător și beneficiar. Evaluarea globală a calității sistemului integrat de producție necesită eforturi mari și un volum mare de date. Ea poate fi făcută prin metode statistice, dar numai în cazul când există date reale preluate dintr-un astfel de sistem de producție.

Corelare:
 ● foarte bun
 ○ bun
 ■ rău
 □ foarte rău

Importanță pentru beneficiar		Caracteristici inginereste		Facilități de montaj	Facilități de demontare	Rendament	Momente de torsiune	Vibrații, zgomot	Condiții de lucru	Evaluarea competitivității (2 variante, A și B)					
										1	2	3	4	5	
Cerințe clienți															
Montaj ușor		7	●	○							x				AB
Demontaj ușor		5		○	●						x				AB
Întreținere ușoară		3		●		●									x AB
Funcționare fără zgomot		2		○				○	●						A x B
Ponderi			10	8	6	9	3	2			x	A			B
Obiective țintă			Reducerea costurilor de montaj cu 30%	Reducerea costurilor de întreținere cu 15%	Reducerea energiei cu 10%	Consum redus	Fiabilitate mărită	Varietate mare							Corelare
Evaluare tehnică		5		BA					BA						
		4	B	X	B	B	BXA		X						
		3	A		A	X									
		2	X		X	A									
		1													

Figura 4.13: Matricea calității pentru crucea cardanică

Ceea ce s-a realizat și prezentat în această lucrare este o evaluare parțială folosind elemente concrete din modulele existente și realizate pentru fabricația transmisiilor cardanice, dar algoritmul de evaluare poate fi utilizat și pentru alte evaluări ale calității informațiilor din componentele CIM.

Fluxurile informaționale privind calitatea, fie că sunt cele externe, fie că sunt cele interne, trebuie să asigure prelucrarea informațiilor privind calitatea produselor și a activităților și să fie transmise punctelor de analiză pentru a decide asupra intervenției în proces, acolo unde este cazul.

4. 5. Evaluarea costurilor

Dacă mecanizarea și automatizarea ținteau să creeze un sistem productiv care să poată funcționa fără intervenția omului, sistemul CIM face posibil acest lucru integrând procesele informaționale cu cele materiale. Este de prevăzut ca forța de muncă se va orienta prioritar spre procesele informaționale decât spre cele materiale.

Evaluarea economică a implementării unui sistem CIM în producție trebuie să fie făcută pornind de la raportul dintre costuri (investiții) necesare instalării și economii (beneficii) aduse în urma exploatarea sistemului. Evaluarea costurilor de proiectare, instalare, specializare personal se face pe modulele CIM în parte, iar apoi se face o evaluare globală pe baza rezultatelor parțiale obținute. Se pornește prin evaluarea parțială a costurilor și beneficiilor datorită multitudinii elementelor ce trebuie luate în calcul. Pentru aceasta s-a realizat *programul "COST"*, destinat evaluării parțiale a costurilor privind modulele CIM, costuri care prin însumare (relația 4.1) oferă o prognoză globală a costurilor privind proiectarea, implementarea și instalarea modulelor CIM (evaluare ce a fost realizată pentru implementarea sistemului CIM în fabricația transmisiilor cardanice, capitolul 3.). Costul total obținut este raportat la economia totală realizată de pe urma exploatarea, oferind datele necesare managerului general privind oportunitatea realizării de investiții în modulele CIM.

$$C_T = \sum_{i=1}^t C_i, \quad i=1..t \quad (4.1)$$

unde: C_1 este costul privind echipamentele (utilaje, tehnică de calcul, echipamente NC);

C_2 - costul privind dotarea soft (programe, baze de date, interfețe soft);

C_3 - costul privind introducerea SFF;

- C_4 - costul privind personalul;
- C_5 - costul privind sistemul informațional (fluxul de date, prelucrarea electronică a datelor, legături între module);
- C_6 - costul privind calitatea activităților și a produselor;
- C_7 - costul privind așteptarea în diferite module (stații);
- C_8 - costul privind testarea, optimizarea și simularea modulelor realizate și a sistemului informațional;
- C_9 - costul privind instalarea modulelor;
- C_{10} - costul prin neimplementarea modulelor CIM.

Din analizele efectuate s-a constatat că anumite costuri au o pondere mai mare în structura cheltuielilor cu implementarea sistemelor CIM, față de altele care au o pondere mai mică, figura 4.14. De aceea în programul realizat, valorile atribuite acestor ponderi sunt diferite și influențează diferit relațiile de calcul.

La realizarea procedurilor de analiză au fost aplicate principii ale metodelor de conducere prin costuri. Conducerea și controlul întregului sistem de producție prin intermediul costurilor sprijină și întăresc strategiile de dezvoltare a întreprinderilor constructoare de mașini în noile condiții economice.

Analizele efectuate au demonstrat faptul că în etapa de proiectare rezultă cea mai mare parte a consumurilor. Prelungind această constatare și sistemelor CIM este semnificativ că ponderea costurilor este dată în faza de proiectare a modulelor.

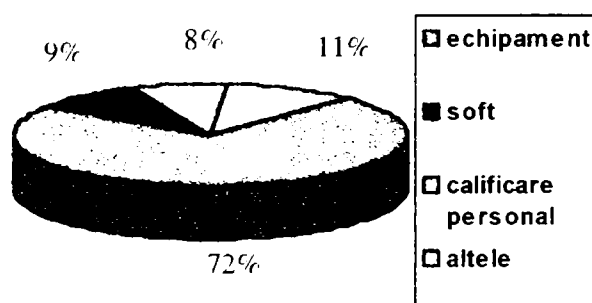


Figura 4.14: Ponderile costurilor privind instalarea CIM

În mod obișnuit, se pot cuantifica și economiile aduse prin implementarea sistemelor CIM care sunt și ele importante și diverse, figura 4.15.

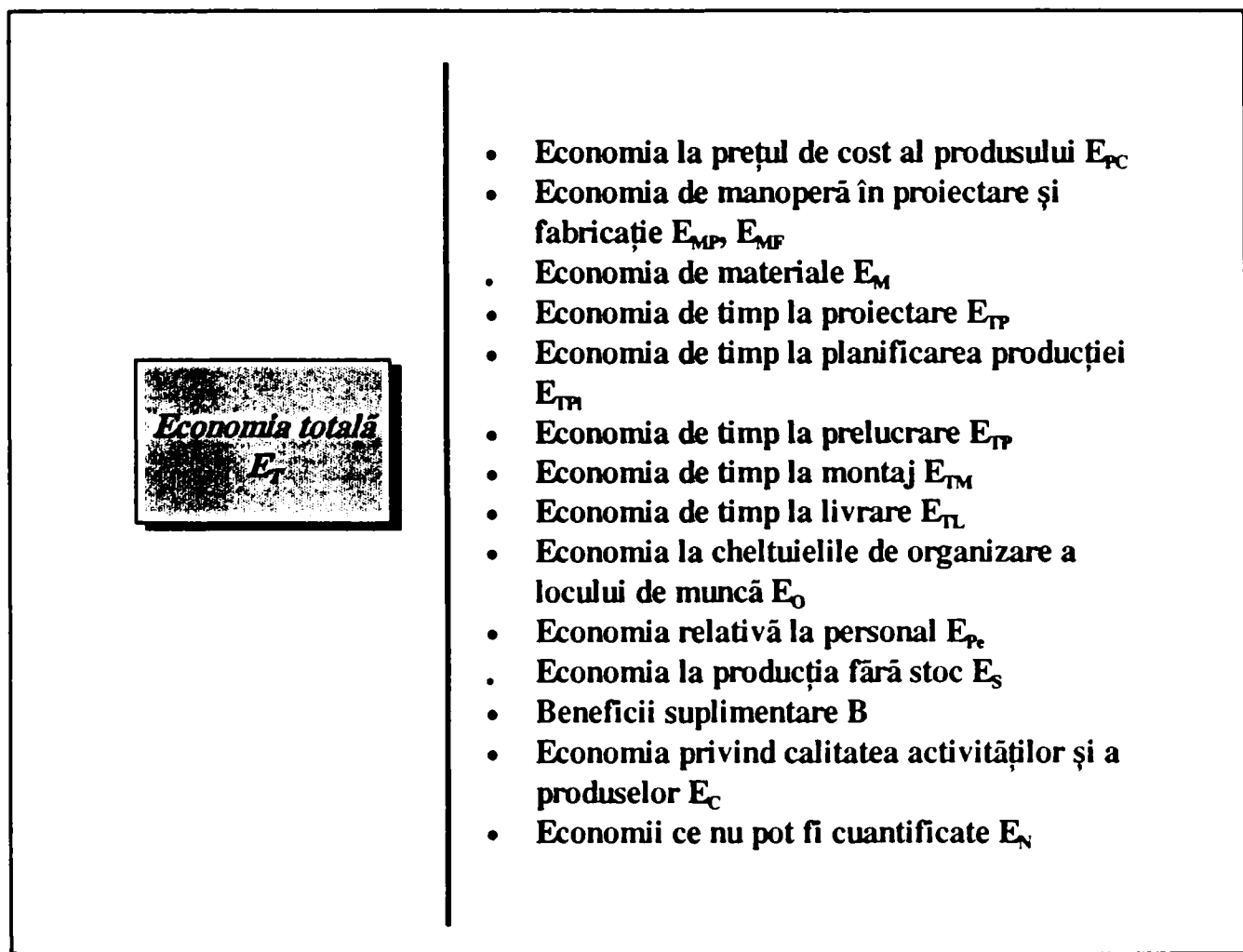


Figura 4.15: Economii realizate în urma implementării sistemelor CIM

Au existat și există între specialiști discuții pro și contra în ceea ce privesc investițiile și beneficiile implicate de sistemele CIM: aceste discuții sunt generate mai ales de lipsa unor instrumente de analiză și prognoză parțială/globală a efectelor aduse de sistemele CIM. Pentru a umple acest gol a fost conceput *programul de analiză a costurilor și beneficiilor din modulele CIM* pe baza unor condiții cerute de integrarea activităților într-un sistem integrat de producție. Programul oferă date, pornind de o bază de date existentă (dotare hard și soft, flux informațional, personal, metode de rezolvare, optimizare, testare), care poate fi reactualizată cu efectele exploatării sistemului CIM în condițiile concrete de instalare, funcție de investițiile și modul de organizare preconizat a fi aplicat în sistemul respectiv. În urma simulării cu ajutorul programului "SIMSFF", pe mai multe variante de implementare, s-a ajuns la concluzia că pentru a obține beneficii importante într-un timp relativ scurt este recomandată integrarea pas cu pas, pe module CIM, prin automatizarea și informatizarea activităților și proceselor existente și prin adaptarea sistemului informațional la condițiile de

organizare a producției, care să realizeze legăturile dintre componentele sistemului de producție.

Programul de evaluare a costurilor privind instalarea sistemelor CIM, cu algoritmul din figura 4.16., folosește pentru fiecare componentă a costurilor câte o procedură de lucru care prin apelare aduce din baza de date informațiile necesare calculului (costuri de proiectare, costuri de dotare hard și soft, materiale necesare, nivelul de stocuri etc.), informații ce pot fi actualizate și combinate cu datele concrete oferite de condițiile sistemului de producție unde se dorește a fi aplicat sistemul CIM. Funcție de procedura apelată se efectuează calculele specifice modulului, datele rezultate fiind prezentate sub diferite forme: rezultate valorice, rezultate comparative, tabele, grafice etc.

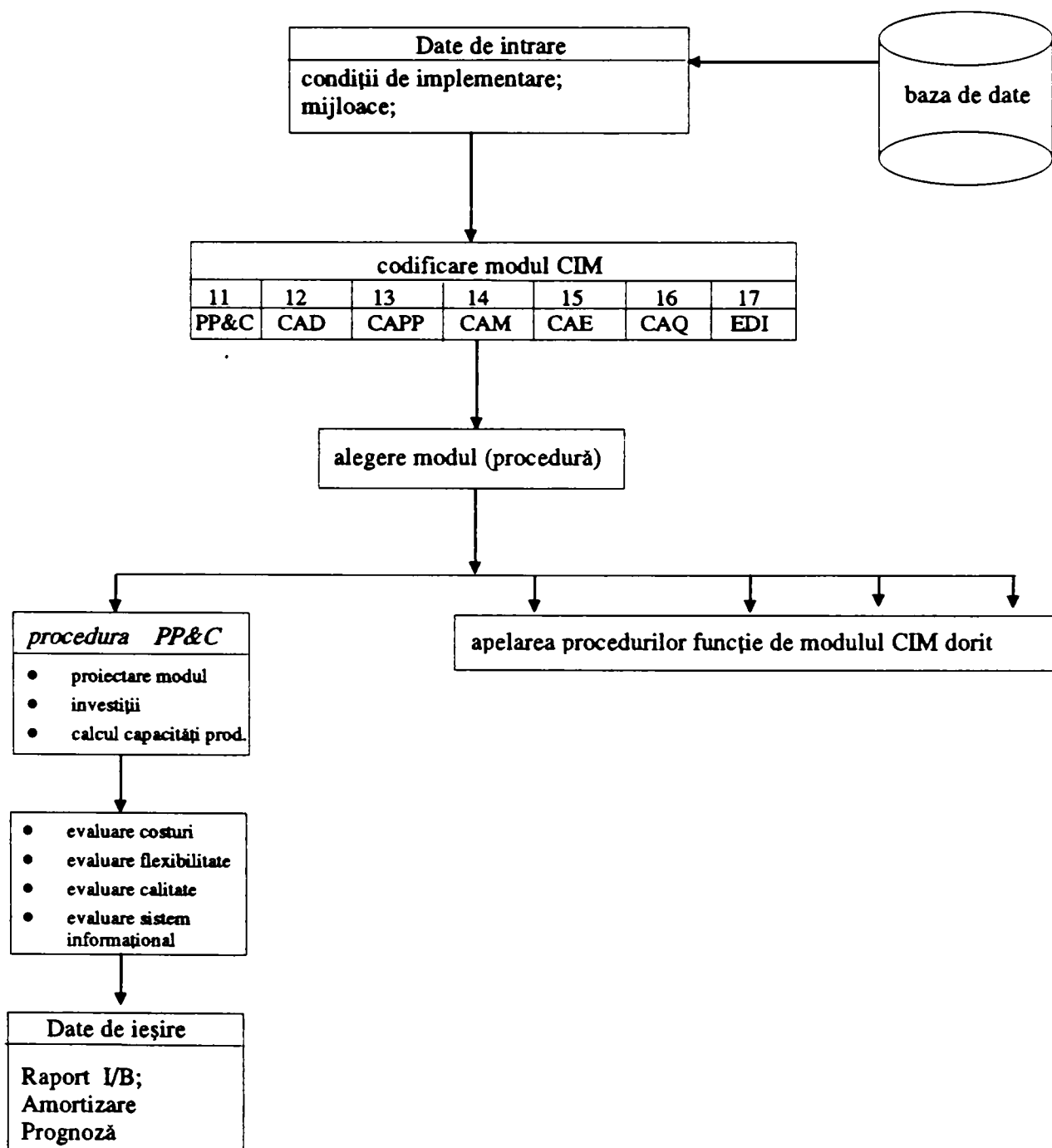


Figura 4.16: Algoritmul programului de evaluare a implementării sistemului CIM

De exemplu, pentru efectuarea prognozei privind rezultatele proiectării și implementării unui SFF s-a folosit ca punct de pornire relația 4.2.

$$1,66 \cdot \sum C_i \cdot x_i - t_{rec} \cdot E_{an} \quad (4.2)$$

unde: C_i este costul implicat de materializarea SFF pentru o operație i ;

x_i - variabila operație;

t_{rec} - durata pentru recuperarea investiției necesare pentru instalarea SFF;

E_{an} - economiile anuale prezumate a se realiza.

Prin rularea programului se pot simula diferite condiții de implementare a modulelor CIM.

Toate aceste analize permit evaluarea costurilor privind implementarea și oferă posibilitatea realizării unei strategii pe termen scurt sau lung privind căile și soluțiile de implementare-instalare a componentelor CIM. Pe baza acestei analize și simulări pe calculator se pot determina performanțele sistemului CIM funcție de datele de intrare introduse (modul de abordare a integrării pas cu pas).

4.6. Evaluarea globală a sistemului CIM

Evaluarea globală a raportului investiții/beneficii aduse de sistemele integrate de producție trebuie să țină cont de mai multe "grade de libertate" sau "restricții". Modelul matematic trebuie să fie un model ce ține cont de tipurile de fluxuri care parcurg sistemul CIM: materiale (semifabricate, piese, produse finite), energie, informații. Modelul matematic realizat se referă numai la fluxul informațional, considerat ca fiind factorul cel mai important și dinamic în organizarea sistemului integrat de producție. Punctul de pornire pentru realizarea modelului matematic ține seama de situația în care informațiile (de diferite tipuri) nu intră uniform în modulele CIM, de asemenea ele parcurg itinerarii informatice diferite, încărcând în mod diferit modulele sistemului. Pot exista intervale de timp în care anumite module de prelucrare a informației să nu lucreze din lipsă de informații, iar în alte perioade să se formeze șiruri de informații care așteaptă să fie prelucrate.

Studiul unui sistem CIM din punct de vedere al sistemului informațional (în mod analog se poate dezvolta și pentru fluxul de materiale), pentru modelarea și evaluarea globală a parametrilor și factorilor din sistem necesită interpretarea lui ca o rețea de sisteme de așteptare. Fiecare modul de prelucrare a informațiilor, ce cuprinde activitățile specifice

fiecărui subsistem, reprezintă un sistem de așteptare, iar împreună alcătuiesc o rețea de sisteme de așteptare. S-a considerat că intrările în module sunt descrise printr-o distribuție Poisson, iar timpul de servire are o distribuție exponențial-negativă. Chiar și în cazul general când cele două condiții nu sunt respectate, majoritatea fenomenelor de așteptare îndeplinesc cumulativ cele două condiții, iar soluții pentru acest lucru sunt oferite de literatura de specialitate [3,71].

Un modul de prelucrare a informațiilor, figura 3.19, se asimilează unui sistem de așteptare cu elementele sale specifice. Aceste module se găsesc în întreg sistemul CIM, figura 4.8., modelarea matematică bazându-se pe teoria așteptării, sistemul CIM asimilându-se cu un sistem de așteptare cu mai multe stații.

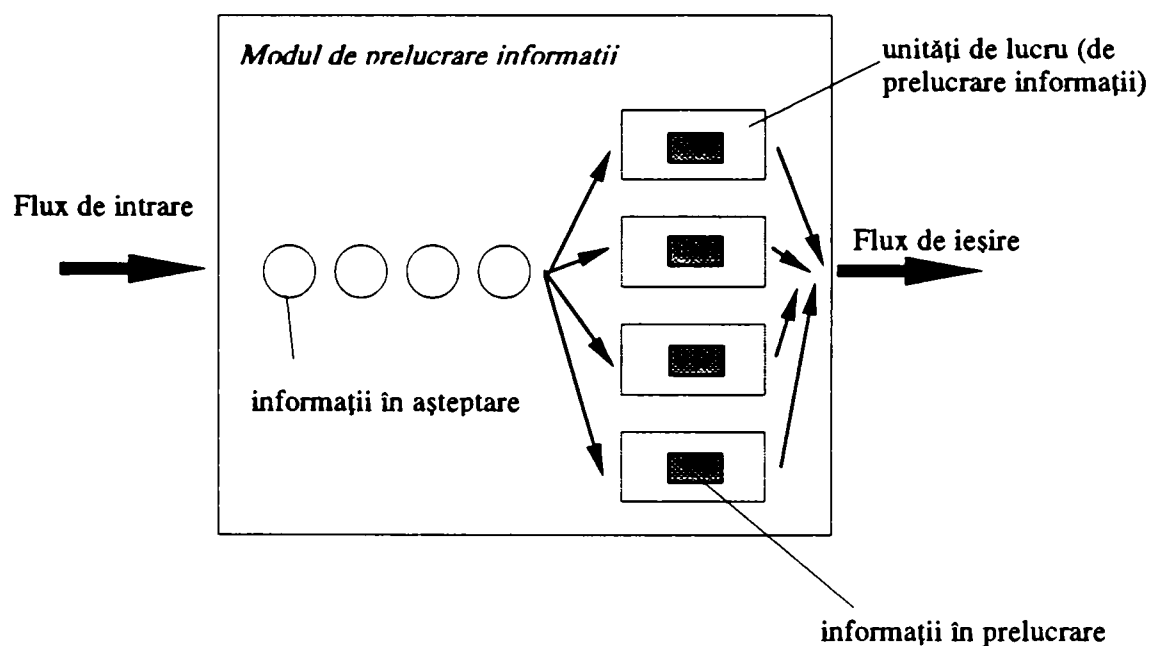


Figura 4.17: Modul de prelucrare a informațiilor

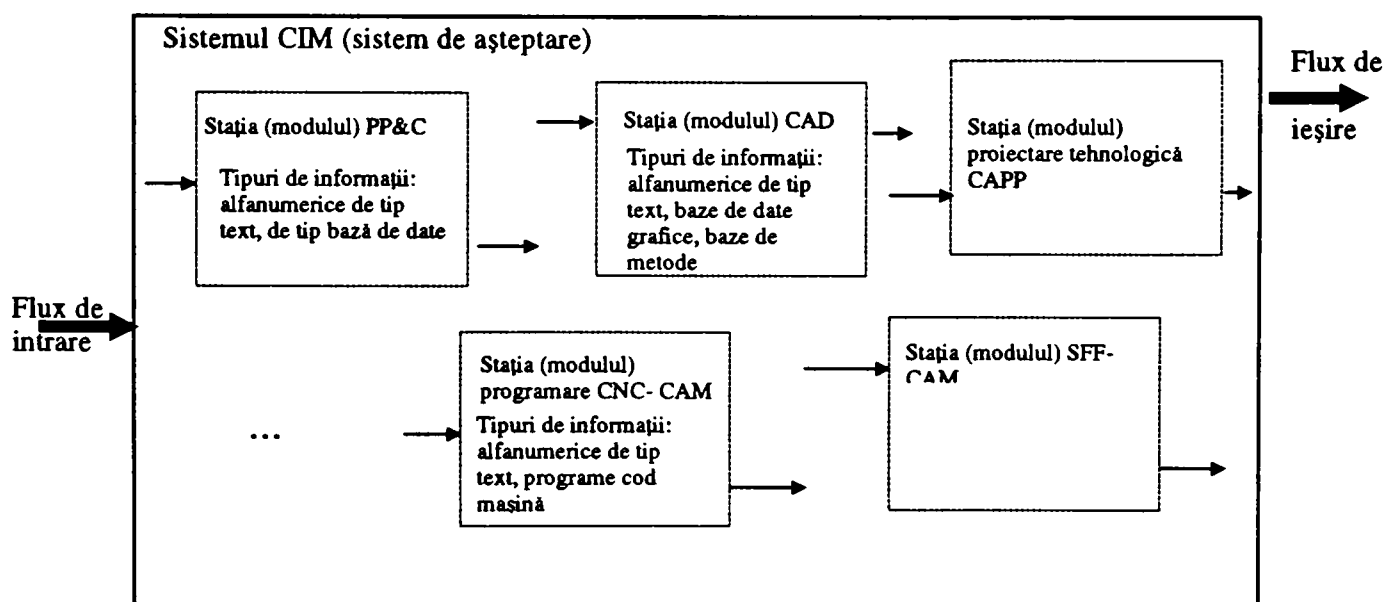


Figura 4.18: Sistemul CIM asimilat cu un sistem de așteptare cu mai multe stații

Modelul cu mai multe stații (modulele de prelucrare a informațiilor) prezintă importanță și în ceea ce privește determinarea numărului minim de stații care să permită efectuarea serviciului în condiții optime, cu cheltuieli minime. În acest model, informațiile care intră în modul se numesc "clienți" (conform teoriei așteptării), clienți care solicită din partea sistemului un "serviciu". S-a considerat că sistemele de așteptare sunt cu intrări aleatoare, adică intervalul de timp dintre două intrări sau numărul de intrări pe unitatea de timp sunt variabile aleatoare. Pentru o variabilă aleatoare se asociază o funcție de probabilitate, cea utilizată fiind cea de tip Poisson:

$$f(x) = \frac{\lambda^x}{x!} \cdot e^{-\lambda}, x = 0, 1, 2, \dots \quad (4.3)$$

unde: x este numărul de intrări în unitatea de timp;

λ - numărul mediu de intrări în unitatea de timp.

Cel mai dificil lucru în realizarea modelului matematic este găsirea timpilor de răspuns (timpilor consumați) pentru diferite tipuri de informații din modulele (stațiile) de prelucrare a informațiilor. De aceea s-au stabilit anumite grupe de informații, cum ar fi :

- informații de tip alfanumeric, utilizate în modulele de planificare și urmărirea producției, proiectarea constructivă și tehnologică, fabricație, control, transport și manipulare;
- informații de tip grafic, utilizate în activități de proiectare constructivă și tehnologică, fabricație, montaj și control.

Modelul matematic a fost conceput pentru activitățile din cadrul realizării programelor NC , figura 4.19., putând fi extins și pentru celelalte module CIM.

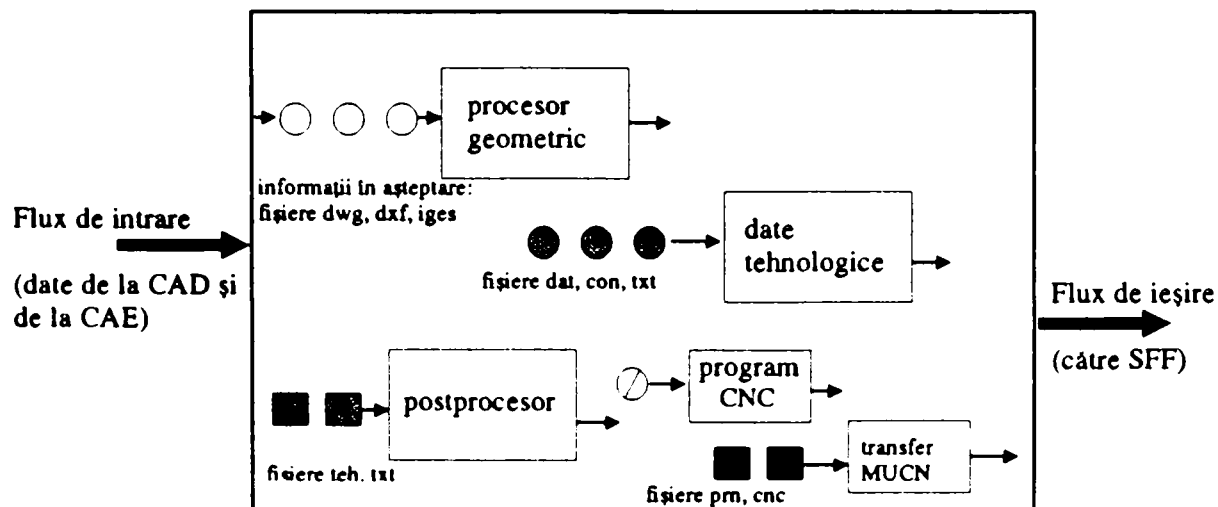


Figura 4.19 : Stația de așteptare

Fluxul de intrare în sistem reprezintă modul sau regula de intrare a informațiilor în sistem. Această regulă poate fi exprimată prin variația intervalului între două intrări succesive sau prin variația numărului de intrări în unitatea de timp.

Stațiile de lucru sunt unitățile care satisfac serviciul solicitat de clienți. În cazul dat, stațiile de lucru sunt stațiile grafice și calculatoarele personale din cadrul modulului, iar serviciul pe care îl prestează este prelucrarea informațiilor pentru realizarea programului NC al diferitelor repere proiectate.

Densitatea de probabilitate a timpului de servire sau prelucrare este de forma:

$$f(t) = \mu \cdot e^{-\mu \cdot t} \quad (4.4)$$

unde: t este timpul de servire;

μ - numărul mediu de clienți serviți într-o unitate de timp.

În cadrul modulului există un grad mediu de ocupare (\bar{n}_s) precum și o intensitate a traficului prin sistem definit prin relația:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (4.5)$$

unde: ρ este coeficientul de trafic.

Șirul de așteptare cuprinde informațiile în așteptare, adică cele ce urmează a fi prelucrate în stația de lucru (fie că este vorba de informații grafice, fie că este vorba de informații tehnologice). O caracteristică de bază a șirului este lungimea sa, care poate fi considerată infinită sau limitată la o mărime predeterminată.

Fluxul de ieșire din sistem este foarte important în cazul modelării pentru că el reprezintă un flux de intrare într-un alt sistem de așteptare (în cazul dat pentru subsistemul CAM de fabricație integrată). În cadrul sistemelor de așteptare se pot calcula, cu ajutorul programului realizat pe calculator, parametrii care reprezintă mărimile de ieșire.

Mărimile de intrare din sistemul de așteptare pot fi sintetizate:

λ - număr mediu intrări;

μ - număr mediu servicii;

m - număr de informații ale sursei;

s - număr de stații de lucru;

N - număr maxim de informații din șir;

k - număr predeterminat de informații în sistem;

C_a - costul așteptării;

C_s - costul neutilizării stațiilor.

Mărimile de ieșire din sistem pot fi grupate în:

n_a - număr mediu de stații ocupate;

n - număr mediu de informații în sistem;

n_f - număr mediu de informații din șir;

t_s - timpul mediu de trecere prin sistem;

p_0 - probabilitatea pentru zero informații în sistem;

p_n - probabilitatea pentru n informații în sistem;

CT - costul total.

Pentru modelul realizat, cele cinci module de lucru (fig. 4.19.) s-a presupus că fluxul informațional este un flux poissonian cu intensitatea λ .

Există s stații de servire (module de prelucrare a datelor - calculatoare), iar durata serviciilor, în toate stațiile, au repartiția exponențială negativă, de parametrul μ . Fie $\xi(t)$ numărul de stații ocupate la momentul $t > 0$. Dacă $\xi(0) = 0$, adică admitem inițial că modulul de prelucrare a informațiilor este complet liber, notăm $P_j(t) = P\{\xi(t) = j \mid \xi(0) = 0\}$, probabilitățile $P_j(t)$ se definesc prin sistemul de ecuații diferențiale:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda \cdot P_0(t) + \mu \cdot P_1(t)$$

$$\frac{dP_j(t)}{dt} = -(\lambda + \mu \cdot j) \cdot P_j(t) + \lambda \cdot P_{j-1}(t) + \mu \cdot (j+1) \cdot P_{j+1}(t) \quad (4.6.)$$

$$\frac{dP_s(t)}{dt} = -(\lambda + s \cdot \mu) \cdot P_s(t) + \lambda \cdot P_{s-1}(t)$$

După introducerea notațiilor $u = \mu t$, $\rho = \lambda / \mu$ sistemul de ecuații devine:

$$\frac{dP_0(u)}{du} = -\rho \cdot P_0(u) + P_1(u)$$

$$\frac{dP_j(u)}{du} = -(\rho + j) \cdot P_j(u) + \rho \cdot P_{j-1}(u) + (j+1) \cdot P_{j+1}(u) \quad 1 \leq j \leq s-1 \quad (4.7)$$

$$\frac{dP_s(u)}{du} = -(\rho + s) \cdot P_s(u) + \rho \cdot P_{s-1}(u)$$

care mai poate fi pus sub forma matricială: $\frac{dP}{du} = -AP$, unde A este matricea coeficienților,

iar P este:

$$P = \begin{pmatrix} P_0(u) \\ P_1(u) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ P_s(u) \end{pmatrix}$$

Folosind transformatele Laplace $P_j(s)$, $R_c(s) \geq 0$, ale probabilităților $P_j(u)$, din (4.7) obținem sistemul:

$$(\rho + s) \cdot \bar{P}_0(s) - \bar{P}_1(s) = P_0(0)$$

$$-\rho \cdot \bar{P}_{j-1}(s) + (\rho + j + s) \cdot \bar{P}_j(s) - (j + 1) \cdot \bar{P}_{j+1}(s) = P_j(0) \quad 1 \leq j \leq s-1 \quad (4.8)$$

$$\rho \cdot \bar{P}_{s-1}(s) + (\rho + s) \cdot \bar{P}_s(s) = P_s(0)$$

sau sub formă matricială: $B\bar{P}(s) = P^*$, B fiind matricea pătrată a coeficienților sistemului, iar

$$\bar{P}(s) = \begin{pmatrix} \bar{P}_0(s) \\ \bar{P}_1(s) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \bar{P}_s(s) \end{pmatrix}, \quad P^* = \begin{pmatrix} P_0(0) \\ P_1(0) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ P_s(0) \end{pmatrix}, \quad B = Is - A, \text{ unde } I \text{ este matricea unitate.}$$

După stabilirea determinantului matricei B și folosirea relațiilor de recurență se trece la rezolvarea sistemului de ecuații (4.6), iar soluția sistemului în cazul staționar este

$$p_j = \frac{\rho}{j!} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^s}{s!}} \quad (4.9)$$

unde $p_j = \lim_{t \rightarrow \infty} P_j(t)$.

S-a presupus, în continuare că în sistemul analizat cu s stații ($s = 5$) intră un flux poissonian, dar densitatea λ a fluxului de intrare depinde de intensitatea μ a serviciilor și de numărul de posturi de prelucrare a informațiilor libere.

Fie $\lambda_0 = c_0 \mu$ dacă toate posturile de prelucrare a informațiilor sunt libere, $\lambda_1 = c_1 \mu$ dacă este ocupat un singur post și așa mai departe, $\lambda_s = c_s \mu$, dacă toate posturile sunt ocupate.

Dacă p_j ($j=0,1,\dots,s$) este probabilitatea ca să fie ocupate j stații de servire se obțin ecuațiile:

$$c_0 p_0 = p_1$$

$$(c_j + j) \cdot p_j = (j + 1) \cdot p_{j+1} + c_{j-1} \cdot p_{j-1} \quad j=1,2,3,\dots,s-1 \quad (4.10)$$

$$c_s \cdot p_s = c_{s-1} \cdot p_{s-1}$$

Soluția sistemului este:

$$p_j = \frac{c_0 \cdot c_1 \cdots c_{j-1}}{j!} \cdot p_0$$

cu

$$\sum_{j=0}^s p_j = 1$$

Numărul informațiilor care nu corespund necesităților (care se pierd) în unitatea de timp este $c_s p_s$. Numărul informațiilor care sosesc în unitatea de timp este dat de:

$$\sum_{j=0}^s c_j \cdot p_j = c_s \cdot p_s + \sum_{j=1}^s j \cdot p_j \quad (4.11)$$

Proporția de pierderi din numărul total de informații este:

$$p = \frac{c_1 \cdot c_2 \cdots c_s}{s!} \cdot \frac{1}{1 + c_1 + \frac{c_1 \cdot c_2}{2!} + \cdots + \frac{c_1 \cdot c_2 \cdots c_s}{s!}} \quad (4.12)$$

și nu depinde de c_0

Cazul real este dat de numărul finit de informații din sistem, deci în acest caz N este numărul informațiilor ce pot intra în sistem. Dacă $c_j = (N-j)\lambda$ se obține expresia:

$$p(\lambda, N) = (1 + \lambda)^{N-1} \cdot \frac{\frac{\lambda}{\int_0^1 x^s \cdot (1-x)^{N-s-2} dx}}{\lambda + 1} \quad (4.13)$$

Există și posibilitatea ca sosirea informațiilor să fie repetată, iar în acest caz nu mai este satisfăcută condiția de mai sus ca informațiile care n-au putut fi înregistrate imediat să se piardă și deci să nu fie luate în considerare mai departe. Informațiile refuzate pot veni în sistem de un număr oarecare de ori, până găsesc o cale liberă spre modulul de prelucrare a informațiilor. Analiza unui astfel de model este complicată, îndeosebi în cazul fluxului de intrare finit, când este necesară o distincție între unitățile care sosesc pentru prima oară și cele care repetă intrarea în sistem.

Se admite că în sistemul cu s stații complet accesibile intră un flux poissonian de unități de parametru λ . Parametrul repartiției exponențiale negative a duratelor de servire este μ . Intensitatea fluxului de unități care sosesc pentru a doua oară este constantă și egală cu c_μ ($c = \text{const}$). Se remarcă faptul că intensitatea fluxului de intrare a unităților obișnuite nu depinde de c_μ . Numărul revenirilor posibile a unităților refuzate inițial nu este limitat.

Fie p_{kj} , $k, j \in \mathcal{N}$ probabilitatea ca în starea staționară să fie k unități în curs de servire și să sosească repetat j unități, atunci se ajunge la ecuațiile (4.14). Însușind după k pentru j fixat se obține relația (4.15). Astfel se determină probabilitatea de pierdere a unităților în cazul sosirii repetate, relația (4.16.):

$$(\rho + k + c \cdot j) \cdot p_{kj} = \rho \cdot p_{k-1,j} + (k+1) \cdot p_{k+1,j} + c \cdot (j+1) \cdot p_{k-1,j+1}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, k < s \quad (4.14)$$

$$(\rho + s) \cdot p_{sj} = \rho \cdot p_{s-1,j} + \rho \cdot p_{s,j-1} + c \cdot (j+1) \cdot p_{s-1,j+1}$$

$$c \cdot j(p_{0j} + \dots + p_{s-1,j}) - \rho \cdot p_{s,j-1} = c \cdot (j+1)(p_{0,j+1} + \dots + p_{s-1,j+1}) - \rho \cdot p_{s,j} = 0 \quad (4.15)$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} p_{sj} = p_s = \frac{\rho^s}{s!} \cdot \frac{s}{s-\rho} \cdot \frac{1}{1 + \rho + \dots + \frac{\rho^{s-1}}{(s-1)!} + \frac{\rho^s}{s!} \cdot \frac{s}{s-\rho}} \quad (4.16)$$

Numărul mediu de unități care sosesc în sistem după ce au fost refuzate inițial este:

$$\sum_{k=0}^s \sum_{j=0}^{\infty} j \cdot p_{kj} = \frac{\rho}{s-\rho} \cdot p_s \quad (4.17)$$

Rețeaua de așteptare este redată în figura 4.20., unde s-au luat în considerare patru module (unități) de prelucrare a informațiilor: A - modulul de procesare geometrică, B - modulul de prelucrare informații tehnologice, C - modulul de postprocesare, D - modulul de prelucrare program CNC și I - modulul de transfer On-Line a programelor NC la mașinile-unelte cu comandă numerică.

Modulul A este sursa rețelei de sisteme de așteptare, iar modulul I este modulul de ieșire din rețea. Fiecare sistem de așteptare este caracterizat prin parametrul intrărilor λ care este numărul mediu de unități ce intră în sistemul de așteptare într-un interval de timp și parametrul serviciilor μ , care este numărul mediu de unități servite în sistemul de așteptare, într-un interval de timp.

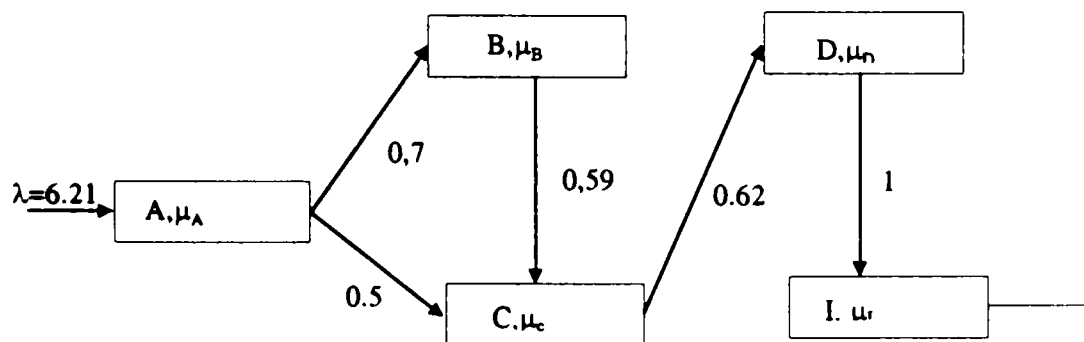


Figura 4.20: Rețeaua de sisteme de așteptare pentru modulul analizat

În modulul A intră în decursul unui an (5616 ore/an) o cantitate de informații ce urmează a fi prelucrate. Volumul de informații din fișierele cu desene de execuție, de exemplu în cazul reperelor complexe din punct de vedere geometric, este de 34900 MB, deci $\lambda=6.21$. Pentru celelalte module parametrul λ se poate calcula în mod similar.

Se calculează matricea P , unde existența unui arc de legătură (fig. 4.20.) face să existe element, iar inexistența arcului face ca elementele să fie nule:

$$P =$$

	A	B	C	D	I
A	0	0.7	0.5	0	0
B	0	0	0.59	0	0
C	0	0	0	0.62	0
D	0	0	0	0	1
I	0	0	0	0	0

Se calculează P^{n-1} , unde n este numărul de module din sistem, deci în cazul analizat P^4 :

$$P^4 =$$

0	0	0	0	0.009
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Matricea $K=P+P^2+P^3+P^4$, cu elementele de pe prima linie dau parametrii de intrare în sistemul de așteptare de mai jos:

$$\begin{aligned}\lambda_B &= \lambda_A \cdot K_{A,B} = 5.71 \cdot 0.3 = 1.71 \\ \lambda_C &= \lambda_A \cdot K_{A,C} = 5.71 \cdot 0.735 = 4.2 \\ \lambda_D &= \lambda_A \cdot K_{A,D} = 5.71 \cdot 0.158 = 0.90 \\ \lambda_I &= \lambda_A \cdot K_{A,I} = 5.71 \cdot 1 = 5.71\end{aligned}\quad (4.18)$$

Determinarea parametrului de servire μ ține seama de timpul mediu de prelucrare din fiecare modul, t_{med} . Pentru a nu avea aglomerări la nici un modul al sistemului trebuie ca $\lambda < \mu$.

Pentru modulul analizat se pot determina parametrii de ieșire ai programului de calcul folosit:

- timpul de prelucrarea a informațiilor;
- frecvența absolută;
- funcția de repartiție empirică;
- funcția de repartiție teoretică.

Funcție de rezultatele de bază legate de modulul analizat se pot pune în evidență cele două caracteristici fundamentale ale sistemelor de așteptare: lungimea medie a șirului de așteptare și gradul mediu de ocupare a stațiilor.

Folosirea teoriei așteptării în interpretarea comportamentului dinamic al modulului analizat este utilă pentru stabilirea unor date necesare proiectării modulului CIM. Ea trebuie extinsă pentru toate modulele CIM și completată prin simularea variantelor de module realizate.

4.7. Evaluarea performanțelor sistemului integrat de producție al transmisiilor cardanice

4.7.1. Efectele scontate prin implementarea modulelor CIM în fabricația transmisiilor cardanice

Efectele generale scontate în urma instalării modulelor CIM în fabricația transmisiilor cardanice sunt:

- ◆ *creșterea flexibilității fabricației prin scurtarea timpului în pregătirea fabricației, realizarea proiectării constructive și tehnologice în condiții asistate de calculator, scurtarea timpului de fabricație;*
- ◆ *creșterea calității activităților și a produselor realizate;*
- ◆ *reducerea costurilor de fabricație;*
- ◆ *respectarea termenelor de livrare a produselor;*
- ◆ *reducerea stocurilor de fabricație și a rebuturilor;*
- ◆ *economii de materiale și resurse umane.*

Realizarea pentru prima dată la noi în țară a unui sistem integrat de producție pentru fabricația transmisiilor cardanice în cadrul SC COMPA SA Sibiu cuprinzând suportul logistic, programele aferente, managementului fluxului informațional este o încercare temerară, dar plină de perspective pe termen lung. Lucrarea are la bază cercetările întreprinse de autor împreună cu un colectiv de cadre didactice de la Facultatea de Inginerie din Sibiu, pe parcursul a patru ani, care au avut ca obiectiv studiul de fezabilitate în vederea implementării unui sistem CIM pentru transmisii cardanice [54,56]. Finalizarea este prevăzută printr-un contract de cercetare privind acordarea asistenței tehnice la implementarea modulelor CIM concepute.

4.7.2. Modelarea și simularea asistată a sistemului de fabricație a transmisiilor cardanice

Realizarea unui sistem integrat de producție a transmisiilor cardanice este o acțiune de mari dimensiuni și implică resurse financiare și umane însemnate. De aceea, pentru pornirea acestei acțiuni trebuie evaluate avantajele și dezavantajele sistemului.

Pentru a aduce argumente în favoarea instalării sistemului CIM pentru transmisiile cardanice s-au folosit și metode de simulare pe calculator. Simularea poate oferi date elocvente privind efectele economice ale implementării CIM. Simularea se poate face global, pentru întreg sistemul de producție sau parțial, pentru fiecare modul CIM.

Pentru aceasta s-a realizat o structură de folosire a tuturor formelor posibile (paradigmelor) în raționamentul cazurilor de bază în procesele de planificare inteligente. Această structură presupune folosirea unui proces de planificare a cazurilor din sistemul informațional, în locul normelor de producție clasice. Sistemul de planificare al procesului dezvoltat în structura propusă are capacitatea de adaptare la condiții noi folosind cunoștințe vechi și experiențele de planificare noi. Structura presupune patru elemente majore: *refacere, modificare, simulare și corectare*.

Refacerea folosește principiul similitudinii pentru a remedia (adapta) un caz vechi, care este cel mai asemănător cu cazul nou creat. El folosește funcțiile de integrare pas cu pas ale modulelor CIM, pe cazurile existente în sistemul de producție.

Modificarea este partea de adaptare a planului procesului la refacerea cazului creat, pentru a pregăti ceea ce este necesar noului caz.

Simularea este folosită pentru a verifica fezabilitatea planului modificat. Dacă planul modificat se dovedește a fi nerealizabil, partea produsă de modificarea planului nu satisface cerințele beneficiarului și atunci informația despre planul nerealizabil va fi generată de simulator. Această informație este folosită mai departe pentru *corectarea* planului generat.

Simulatorul prevede un mecanism de verificare a realizării planului. El joacă rolul central în planificare și învățare. Mai întâi, el detaliază planul prin datele tuturor parametrilor specifici planului (date de intrare: timpi de răspuns, dotare soft și hard, manipulare automată a datelor și resurselor materiale, personalul etc.). Apoi, simulează operațiile ce se desfășoară în proces, pentru a verifica dacă partea finală satisface cererile beneficiarului (date de ieșire: timpii de răspuns, calitatea, productivitatea, beneficiile etc.). Specificațiile nepotrivite se numesc greșeli. Greșelile pot fi detectate de simulator, el indicând nu numai operația greșită, ci și tipul și motivul greșelii. Simulatorul conține blocuri de verificare a soluțiilor găsite după rularea algoritmului de calcul.

Toate aceste funcții (și altele), fac posibilă pregătirea implementării sistemului CIM prin studii de caz. Este ceea ce a devenit azi cunoscut și folosit sub numele de "*fabricație virtuală*" [114,134]. Această metodă de simulare pe calculator a proceselor de fabricație tinde să ia amploare tocmai datorită posibilităților de evaluare cu costuri reduse a implicațiilor instalării modulelor CIM.

Exemplificarea simulării va fi făcută pe modulul CAM, de fabricație asistată, unde s-au urmărit ca parametri: timpii de realizare ai produsului (la fiecare loc de muncă și global) și timpii de răspuns ai sistemului informațional (șirurile de așteptare și lungimea media a acestora).

Datele de intrare în procesul de simulare au fost stabilite pentru două cazuri de sisteme de fabricație supuse comparării:

cazul I – atelier universal:

- * mașinile-unelte: strunguri SNA 400, SNB 560, mașini de găurit G40, mașini de frezat FU-1, mașini de rectificat universale RU-350, mașini de rectificat plane RP-250, strunguri de copiat TGC-8/R, mașini de broșat RISZ20/1500, mașini de canelat prin rulare ZRM-9, mașini agregat pentru alezat 5078 și 6084, instalație de spălare;
- * instalația de spalare;
- * manipularea interoperații a semifabricatelor cu containere (manual);
- * timpii de realizare pe operații și loc de muncă;
- * controlul calității produselor cu mese de control;
- * distanțele între posturile de lucru;
- * documentația tehnologică clasică.

cazul II - sistem flexibil de fabricație:

- * mașinile-unelte : strunguri SP250NC, SP500NC, centrul de prelucrare MAZAK H400 ;
- * instalația de spalare;
- * transportor automat pentru semifabricate;
- * manipulare automată interoperații a semifabricatelor;
- * timpii de realizare pe operații și loc de muncă;
- * controlul calității produselor prin sistem de achiziții de date și control statistic;
- * distanțe între posturile de lucru;
- * documentația tehnologică - bază de date cu fișiere de plane de operații și fișe tehnologice.

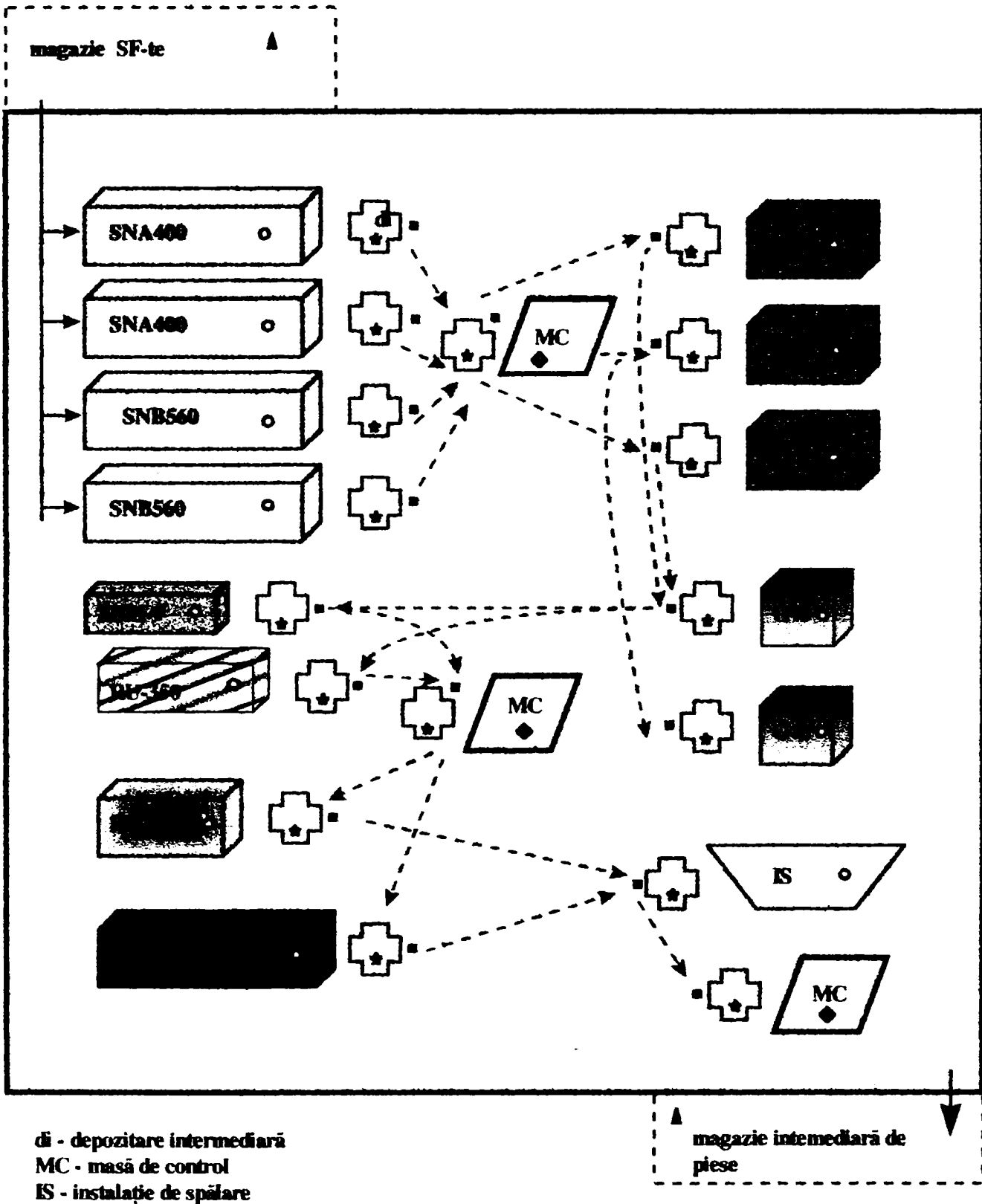


Figura 4.2/: Modul de organizare în atelier universal

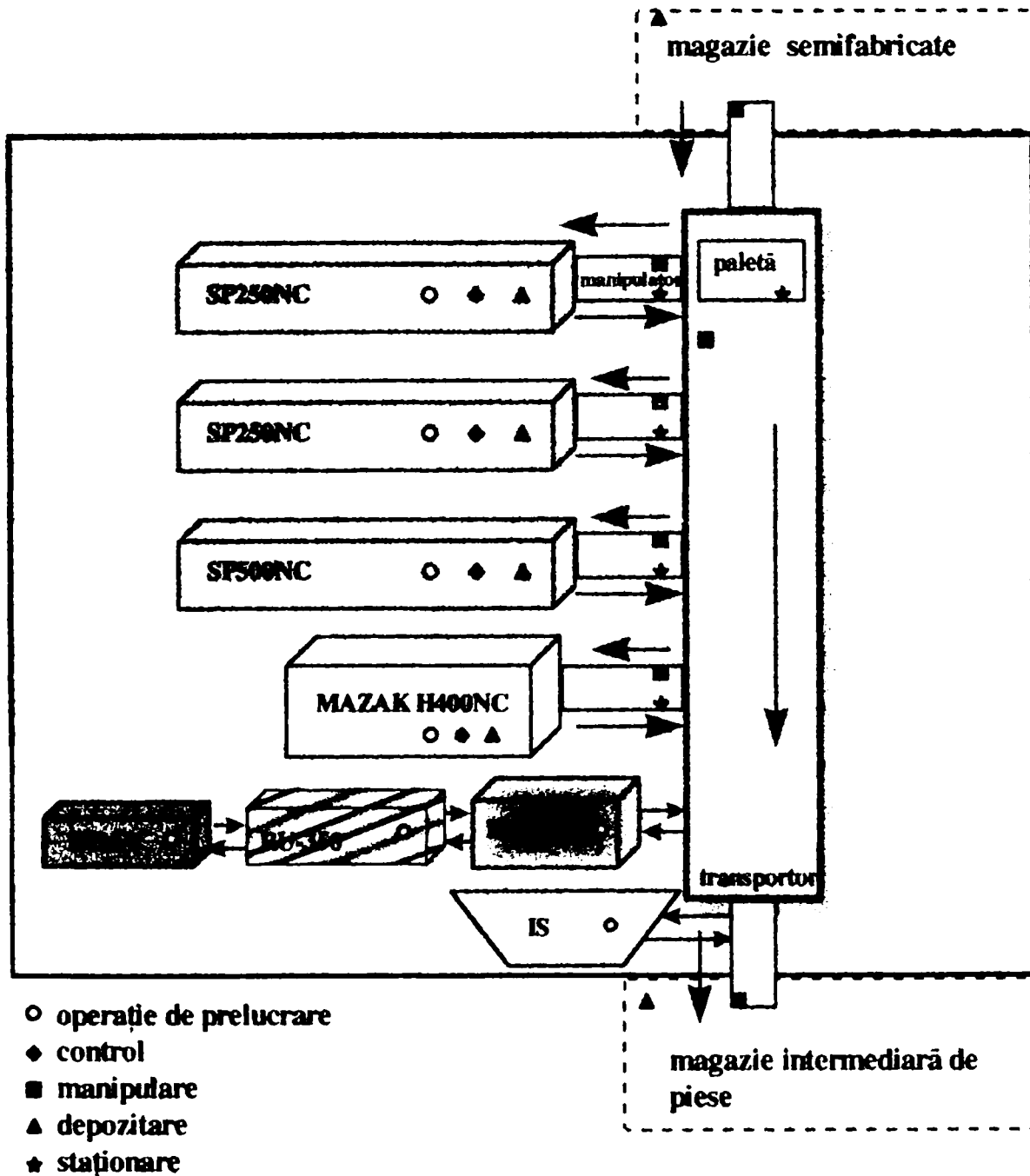


Figura 4.22: SFF pentru transmisii cardanice

Funcție de modul de organizare ales se lansează în execuție programul care face analiza și modelarea cazului dat și prezintă în final raportul de sinteză.

Programul de simulare a fost conceput sub limbajul ACCESS pentru a putea comunica mai bine cu baza de date realizată sub același mediu Windows.

Principalele elemente ale programului sunt prezentate în algoritmul din figura 4.23.

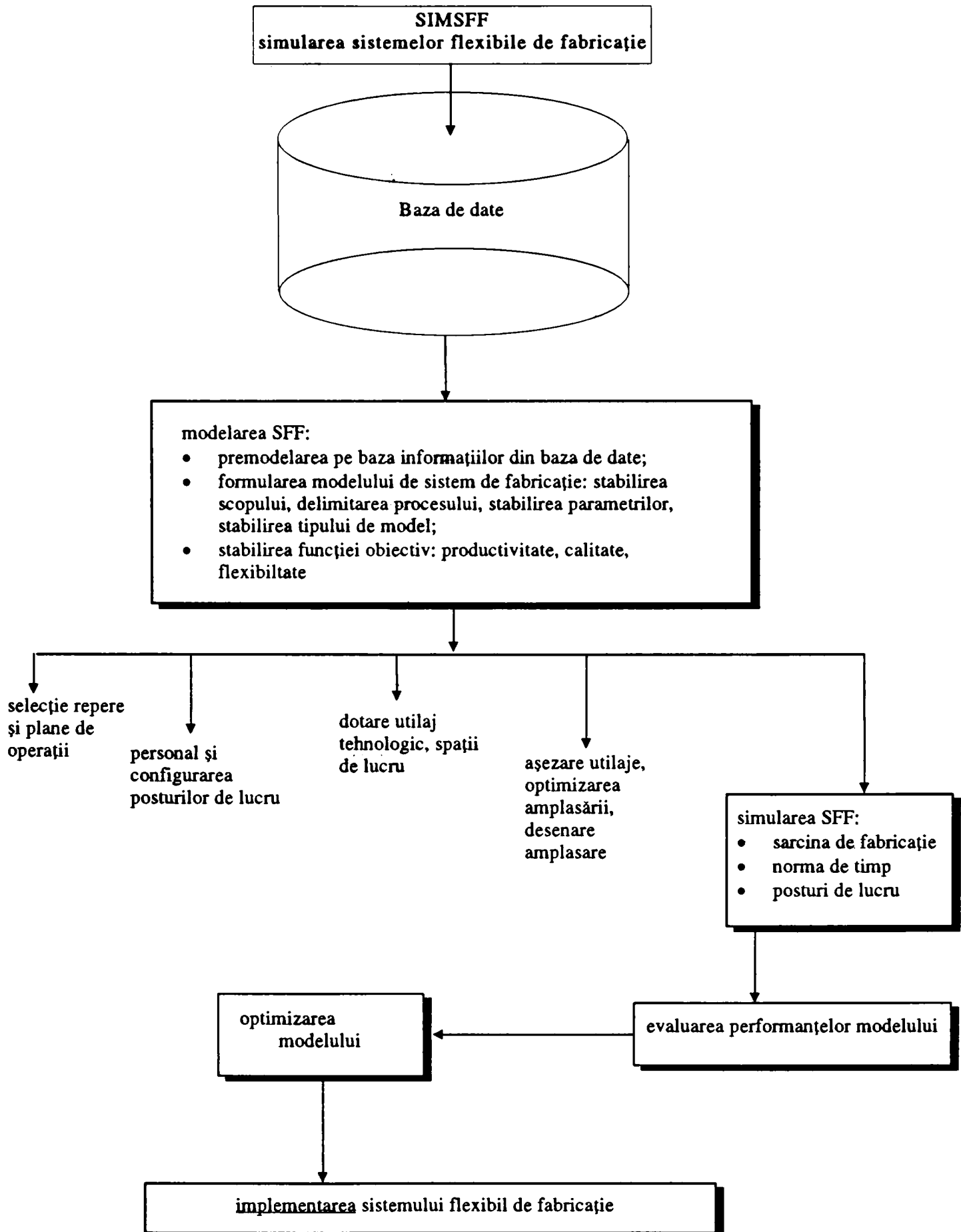


Figura 4.23: Algoritmul programului de modelare și simulare asistată "SIMSFF"

Baza de date utilizată pentru modelarea sistemelor flexibile de fabricație cu programul de modelare și simularea asistată "SIMSFF" are elementele componente prezentate în figura 4.24.

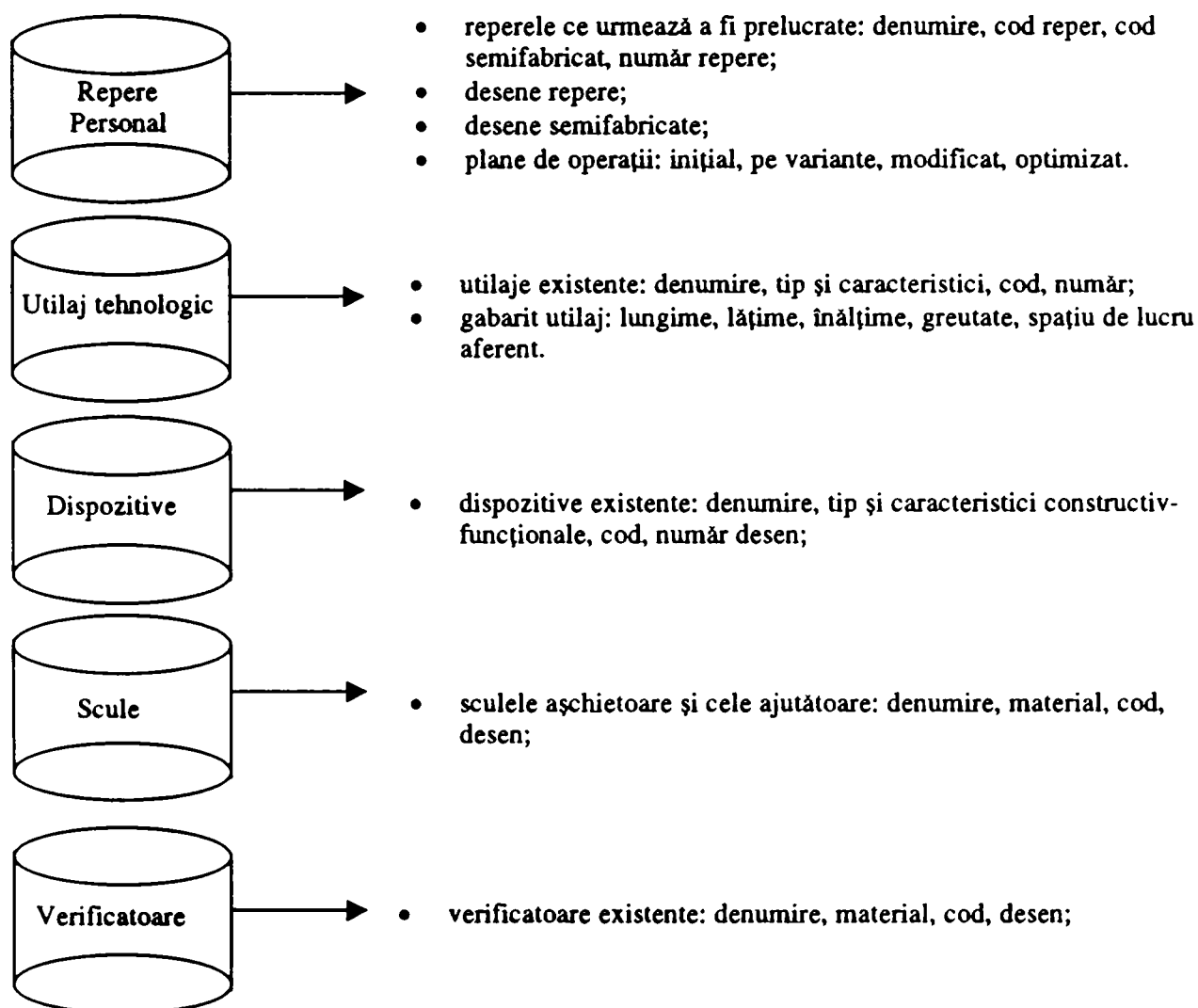


Figura 4.24: Elementele bazei de date a programului SIMSFF

Modelarea și simularea sistemelor flexibile de fabricație pentru transmisiile cardanice s-a făcut cu ajutorul bazei de date completată pentru condițiile concrete de dotare cu utilaj tehnologic, resurse umane și programa de fabricație. Baza de date a fost completată pentru două variante de plane de operații (varianta existentă și varianta optimizată pentru condițiile de fabricație în modulele CIM concepute).

Figura 4.25. prezintă modul de introducere a datelor pentru modelarea SFF: planele de operații, desene repere, dotare utilaj tehnologic, dispozitive și scule așchietoare, amplasare utilaje.

Program

Configurarea posturilor de lucru

Preparare Configurare Optimizare Configurare Realizare

Numar: 9536857
 Nr. linii: 10
 Scara: 20/30272

Nr.	Operati	Tip	Intal	to	to	to	Suprafata	Numar
			to	to	to	to	de lucru	
1	Factori Capata	Mașina de țesut M.C.	0	4.80	2.15	1.25	11.4257	1
			0	2.45	4.80	44.00		
2	Cerșure	Mașina de cerșut M.C.	0	4.53	0.63	1.22	15.64	1
			0	0.14	4.53	45.3		
3	Saurie	Saur de capat Mela	0	1.0	0	1.17	28.45	2
			0	6	5	50		
4	Saurie	Saur de capat Mela	0	4.21	3.66	1.25	14.725	1
			0	3.5	4.21	42.1		
5	Saurie	Saur pasat Ranghat	0	1.6	1.56	1.57	15.752	1
			0	3.9	1.6	1.6		
6	Realizare	Mașina de țesut RPC	0	1.5	1.82	1.53	18.081	1
			0	0.63	1.5	1.5		

Program

Lista Operatorilor

Operati	Numar	Operati	Operati
Operati	Operati	Operati	Operati
1	3.01.1981	4	5
2	4.01.1981	5	7
3	13.01.1981	6	9
4	3.01.1981	7	9
5	3.01.1981	8	9
6	3.01.1981	9	11
7	3.01.1981	10	12
8	3.01.1981	11	13

Operati: 1
 Nr. Operati: 1
 Comenzat la data: 29.08.1992

Program

Asezarea utilajelor in hala

Nr.	Mașina	to	to	to	to	to
2	Mașina de țesut M.C.	2.3	8.522	4.5	3.4	2
3	Saur de capat Mela	2.15	11.722	4.75	3.1	3
4	Saur de capat Mela	2.15	14.522	4.75	3.1	3
5	Saur de capat Mela	2.15	17.522	4.75	3.1	4
6	Saur pasat Ranghat	2.5	21.522	4.4	3.58	5
7	Mașina de țesut RPC	2	25.192	4.9	3.69	6
8	Mașina de țesut univesc	2	28.982	4.9	3.69	7
9	Barc	4.4	31.982	2.5	3	8
10	Mașina de țesut Gwab	10.3	31.882	4.84	3.7	9
11	Mașina de țesut Gwab	10.3	35.182	4.84	3.7	9
12	Barc	10.3	38.182	2.5	3	9

Forma Pro

MS-DOS | Explorer 1 | Paint Shop Pro | Microsoft Access - PA...

Figura 4.25: Introducerea datelor pentru modelarea sistemului de fabricație a transmisiilor cardanice

În partea a doua a programului are loc simularea SFF pentru transmisiile cardanice cu date din baza de date, fază în care are loc și reprezentarea posturilor de lucru și a transporturilor interoperații, figura 4.26.

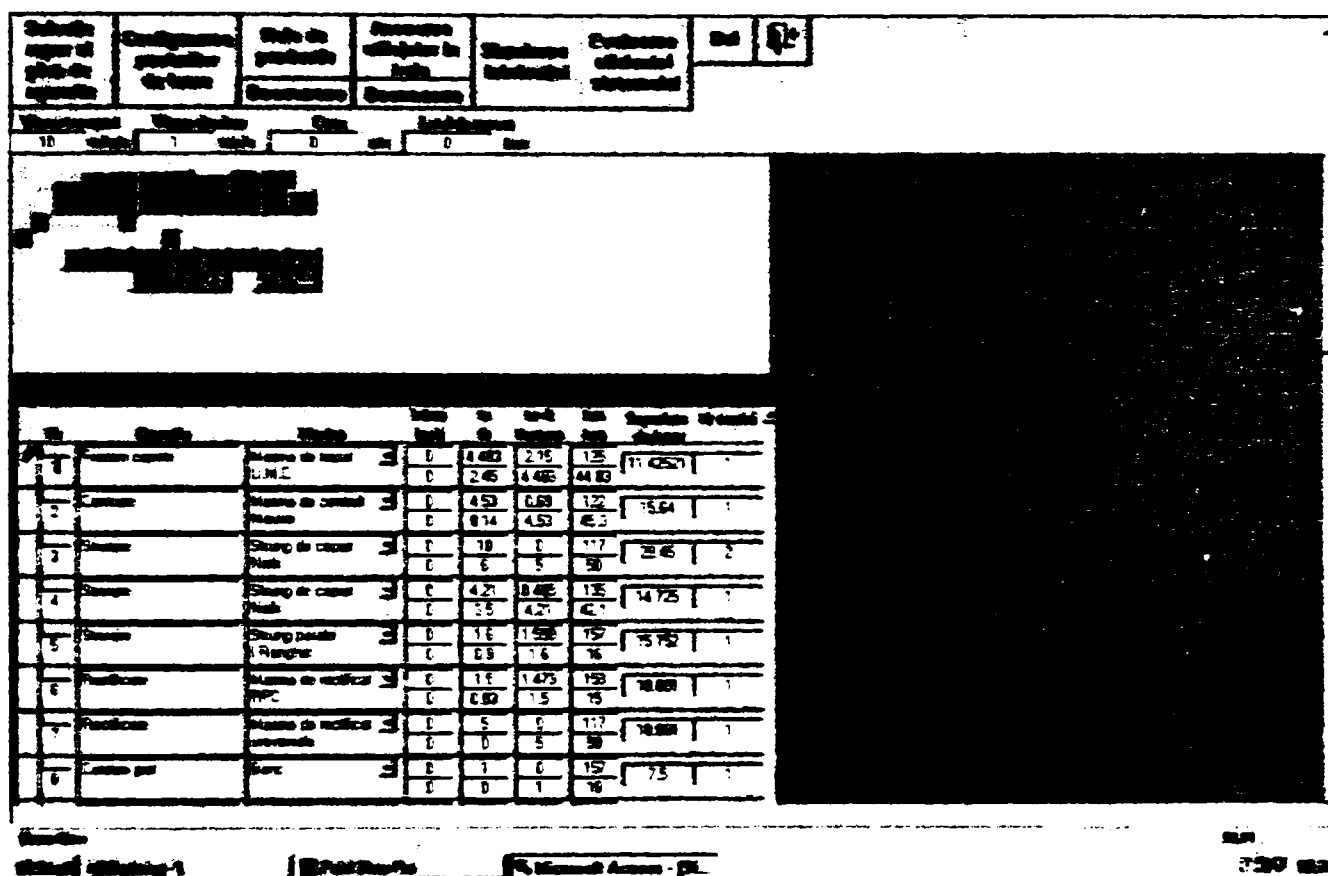


Figura 4.26: Simularea SFF pentru transmisiile cardanice cu ajutorul programului "SIMSFF"

În urma simulării are loc evaluarea performanțelor sistemului de producție, dar și posibilitatea optimizării funcție de anumite criterii, figura 4.27.

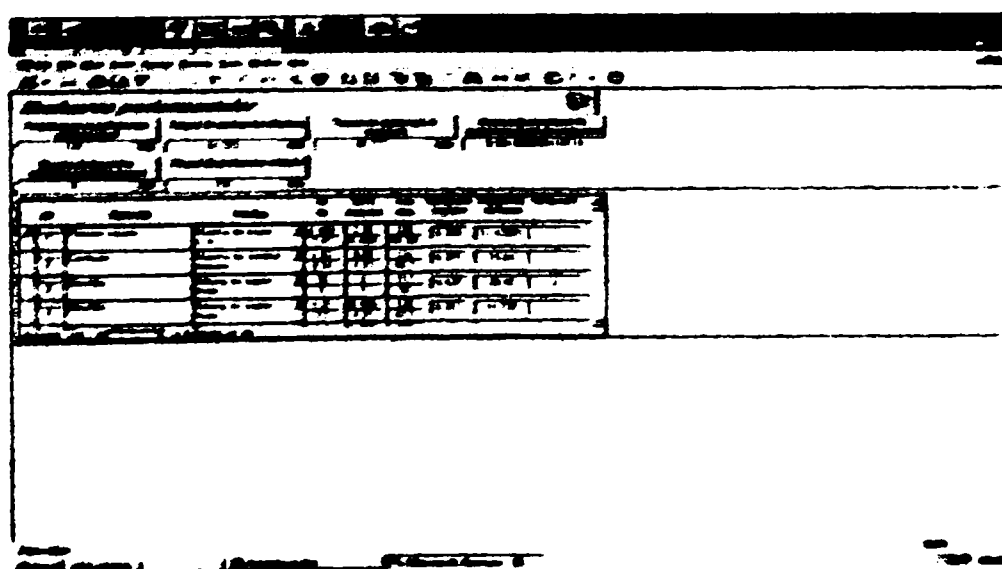


Figura 4.27: Evaluarea performanțelor modului CIM și optimizarea cu ajutorul programului "SIMSFF"

Modulele principale ale programului "SIMSFF" sunt prezentate în figura 4.28.

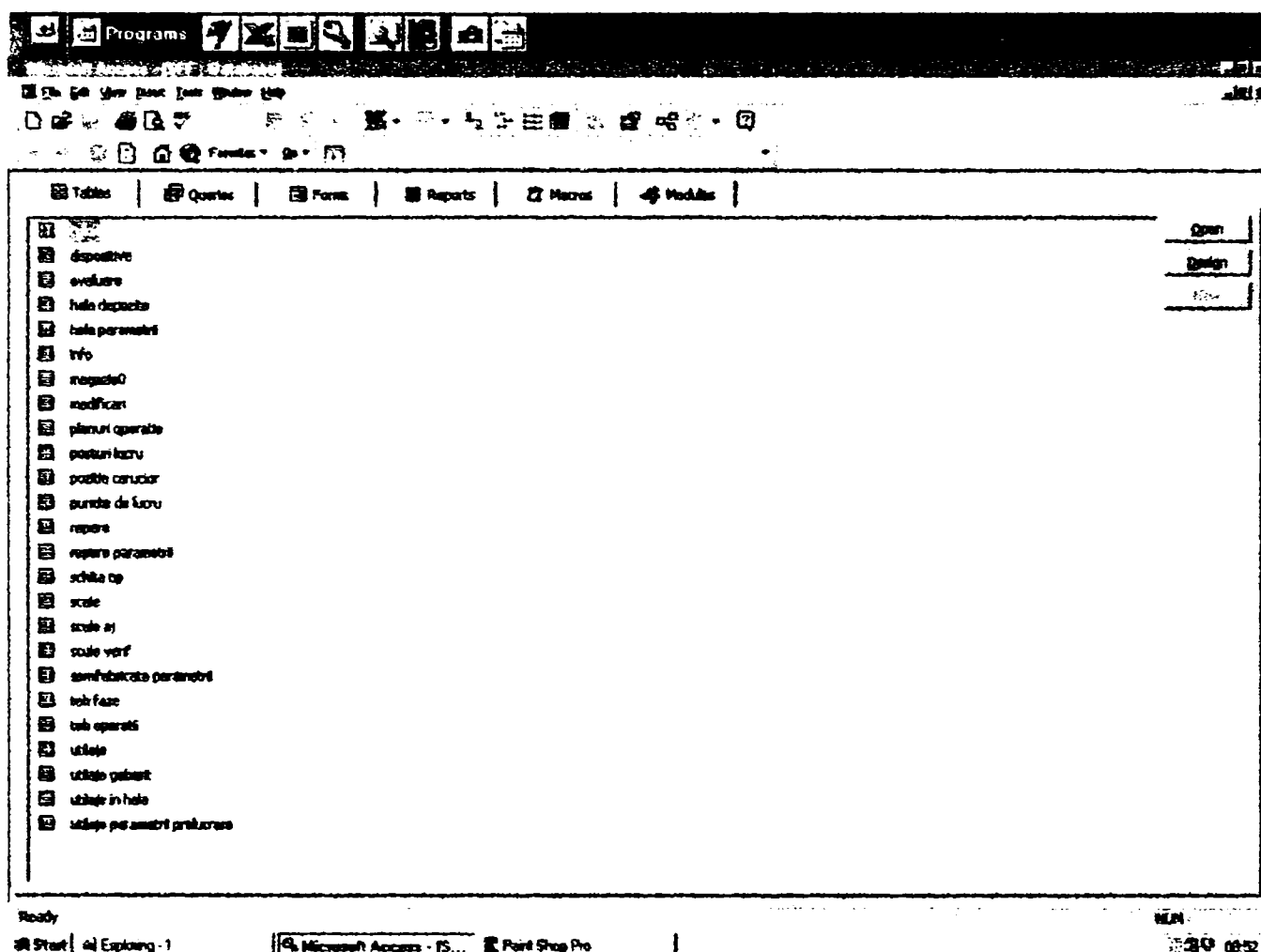


Figura 4.28: Modulele programului "SIMSFF"

O parte importantă a programului "SIMSFF" este cea de monitorizare și simulare grafică a diferitelor studii de caz (funcție de datele de intrare culese din sistemul de producție, din diferite module CIM).

Această parte permite realizarea comunicării între module, realizarea unui limbaj comun care să permită transferul, în timp real, al informațiilor, achiziția acestor date și prelucrarea lor. Evaluarea performanțelor sistemului CIM cu ajutorul programului de modelare și simulare asistată de calculator a făcut posibilă încercarea de a adapta mediului industrial românesc tehnici și metode performante privind concepția, proiectarea și fabricația în domeniul construcțiilor de mașini.

În concluzie, se poate spune cu certitudine că implementarea modulelor CIM concepute și realizate pentru fabricația transmisiilor cardanice este un obiectiv real și corespunde strategiilor de dezvoltare și de re tehnologizare a SC COMPA SA.

Figura 4.29. prezintă o simulare grafică cu ajutorul programului "SIMSFF" privind livrarea produselor către beneficiari și o reprezentare grafică a vopsirii componentelor transmisiilor cardanice.

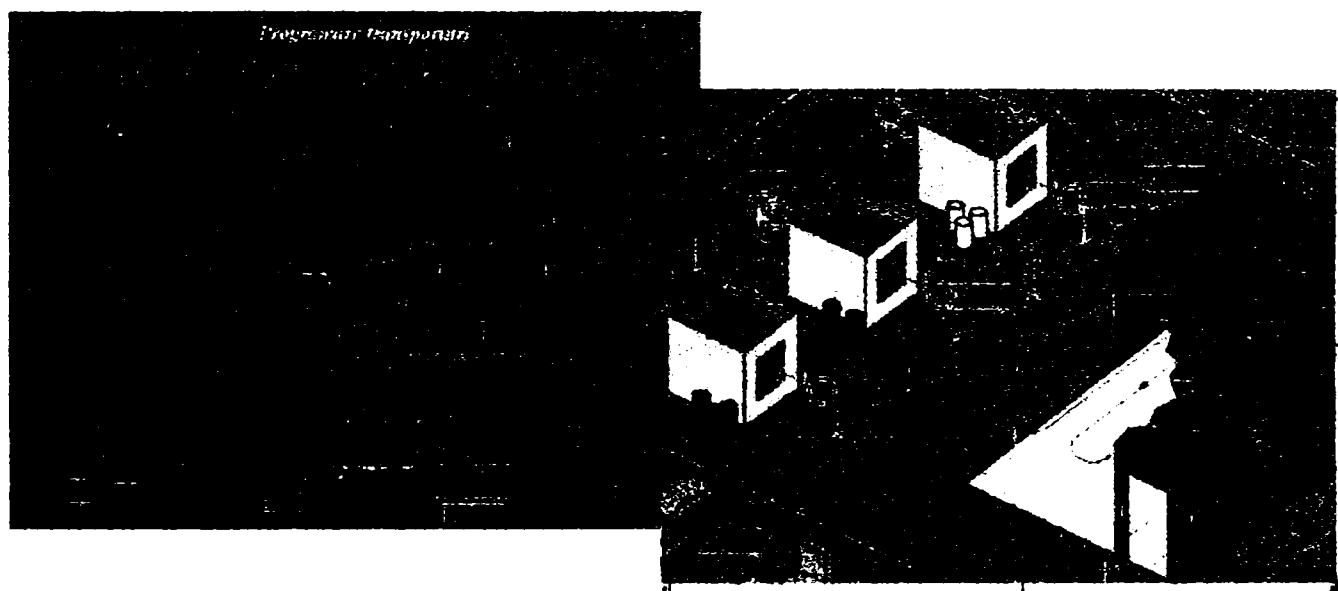


Figura 4.29: Simularea grafică cu ajutorul programului "SIMSFF"

Modelarea și simularea asistată de calculator realizată prin programul "SIMSFF" [24] permite atingerea unor obiective propuse de către orice proiectant de module CIM:

- ✓ validarea modelului analitic;
- ✓ evidențierea necesarului de resurse;
- ✓ evaluarea performanțelor sistemului

Programul de simulare a funcționării unui sistem CIM pentru transmisiile cardanice nu identifică în mod explicit soluția optimă, dar oferă o varietate de soluții din care se pot alege soluția cea mai indicată condițiilor concrete de producție.

4.8. Concluzii

Evaluarea globală a performanțelor sistemului CIM permite stabilirea raportului dintre rezultatele obținute (sau estimate a se obține) și resursele investite. Prin modelarea matematică a performanțelor sistemului integrat de producție se poate pune la dispoziția oricărui manager un instrument util de evaluare prin care se pot întocmi obiectivele și

strategiile de dezvoltare ale unei întreprinderi ce dorește re tehnologizarea producției. Ea poate fi realizată pe module distincte, ținând cont însă de legăturile cu celelalte module sau se poate realiza pe întreg sistemul CIM.

Evaluarea performanțelor globale ale sistemului CIM au fost făcute pe baza teoriei așteptării utilizând tehnici de programare orientate obiect.

Pentru evaluarea globală a componentelor CIM s-a realizat un model teoretic al sistemului integrat de producție, un sistem reprezentativ asupra căruia s-au aplicat diferite criterii de evaluare având diferite ponderi. Programul "MANAGEMENT" care apelează o bază de date ce conține date privind nivelul de integrare al activităților din sistemul de producție oferă posibilitatea realizării de variante și situații concrete de automatizare a subsistemelor existente, oferind date despre: flexibilitatea obținută, economiile de timp și costurile cu planificarea, proiectarea și fabricația, implicațiile asupra personalului angajat și a gradului de specializare, nivelul calității și productivității muncii, nivelul de automatizare și integrare a sistemului de producție.

Pe baza studiilor de caz rezultate din instalarea modulelor CIM în fabricația transmisiilor cardanice s-a realizat modelarea și simularea asistată de calculator a fabricației acestor repere, în condițiile realizării unui sistem integrat de fabricație. Modelarea și simularea asistată permite validarea modelelor analitice concepute și proiectate, precum și posibilitatea evaluării performanțelor sistemului CIM.

Concluzii generale

Teza de doctorat constituie rezultatul unei activități de cercetare desfășurată pe o perioadă de peste zece ani.

Lucrarea prezintă sinteza cercetărilor efectuate pe plan mondial și rezultatele cercetărilor proprii privind principiile ce stau la baza sistemelor integrate de producție, modalitățile de implementare a modulelor CIM și de integrare a tuturor activităților și funcțiilor unei întreprinderi constructoare de mașini.

Complexitatea domeniului abordat și dorința de evidențiere clară a stadiilor semnificative au condus la structurarea lucrării pe patru capitole majore, din care rezultă contribuțiile la concepția și realizarea unor module CIM, a fluxului informațional, în vederea implementării unui sistem integrat de producție pentru transmisiile cardanice, modelarea, simularea și evaluarea performanțelor sistemului.

Contribuțiile realizate și materializate prin această lucrare sunt:

1. Cu privire la stadiul și tendințele de dezvoltare ale sistemelor de producție

- pe baza studiului bibliografic asupra cercetărilor privind principiile, concepția și implementarea sistemelor integrate de producție s-a realizat o sinteză a domeniului;
- s-au definit obiectivele și strategia cercetării privind conceperea, realizarea și implementarea unor module CIM în întreprinderile constructoare de mașini din țara noastră;
- a fost elaborat programul general de cercetare, luând în considerare condițiile concrete de la noi din țară privind procesele tehnologice de fabricație, gradul de dotare soft și hard, calificarea personalului și obiectivele re tehnologizării proceselor industriale;

2. Cu privire la concepția și realizarea unor module CIM

- ⇒ au fost concepute module CIM specifice diferitelor activități din sistemele de producție: concepția constructivă, concepția proceselor tehnologice de fabricație, fabricație;
- ⇒ au fost realizate, pentru fiecare modul conceput, modelul sistemului informațional, care s-a dovedit a fi elementul principal în integrarea modulelor în sistem. Au fost astfel concepute și realizate programe și interfețe ce susțin modelul sistemului informațional pentru fiecare modul în parte: baze de date ce reprezintă suportul logistic pentru funcționarea sistemului informațional, cuprinzând informațiile necesare procesului de planificare a producției (informații economico-financiare), proiectării constructive și tehnologice (informații tehnice și grafice), fabricației (informații tehnice, grafice, funcții de optimizare);
- ⇒ s-a realizat un program de concepție automată a procesului tehnologic de prelucrare, specific unui modul CAPP, în care au fost folosite principiile tehnologiei de grup, programarea orientată obiect, program ce permite creșterea productivității și reducerea costului activității de proiectare tehnologică;
- ⇒ au fost realizate programe de procesare și postprocesare geometrică pentru programarea și prelucrarea asistată pe mașini-unelte cu comandă numerică, programe specifice modulului CAM, dezvoltându-se un sistem integrat de programare asistată de calculator a mașinilor-unelte cu comandă numerică. Programul în cod mașină se poate obține rapid și corect datorită existenței unei grupe de opt tipuri de postprocesoare pentru echipamentele NC cele mai răspândite. Utilizarea acestui sistem, având ca element de legătură baza de date comună, reprezintă un exemplu de integrare a concepției și fabricației asistate de calculator;
- ⇒ s-a realizat un modul de proiectare și realizare automată a montajului cu ajutorul calculatoarelor. În conceperea programelor s-a ținut cont de principiile programării obiectuale și a creării de baze de date orientate obiect, realizându-se un program "ANSOPTIM";
- ⇒ a fost realizat un model general al sistemului informațional ce face legăturile dintre diferitele module CIM. În acest model au fost definite fluxurile informaționale, tipurile de date vehiculate, modul de prelucrare automată a datelor, cât și interfețele necesare.

3. Cu privire la realizarea modulelor CIM pentru transmisii cardanice

- a fost realizat un sistem integrat de producție pentru transmisiile cardanice la SC COMPA SA Sibiu. Prin realizarea acestui sistem s-a putut demonstra utilitatea și necesitatea integrării pas cu pas a diferitelor activități din domeniul construcțiilor de mașini, cu implicații majore privind flexibilitatea și calitatea producției. Cercetările privind conceperea și realizarea unui sistem integrat de producție pentru transmisiile cardanice au fost efectuate prin două contracte de cercetare, în prezent derulându-se un alt contract prin care se trece la instalarea acestui sistem integrat de producție la SC COMPA SA Sibiu prin completarea lui cu modulul CAQ și PP&C;
- a fost conceput fluxul informațional și interfețele necesare integrării modulelor CIM realizate. S-au creat baze de date orientate obiect și programe de gestiune a acestor baze de date, ca exemplu: "GESSC", "PRO-CAD", "MANAGEMENT".

4. Cu privire la evaluarea performanțelor sistemului integrat de producție

- ⇒ a fost proiectat și realizat un program pentru evaluarea costurilor implementării și instalării modulelor CIM, precum și a performanțelor sistemului integrat de producție. Prin acest program se oferă un instrument de analiză oricărui manager care dorește să implementeze un sistem CIM și care dorește să evalueze raportul investiții/beneficii în funcție de condițiile concrete;
- ⇒ s-a realizat modelarea matematică a criteriilor de evaluare pentru modulele CIM folosind metodele teoriei așteptării. Pe baza acestei modelări s-au putut simula pe calculator diferite modele ale modulelor CIM, funcție de condițiile concrete stabilite ca date de intrate: dotare, priorități, personal, posibilități financiare etc. Modelul matematic al șirurilor de așteptare deschise în crearea modulelor CIM a fost folosit ca urmare a condițiilor pe care le îndeplinește sistemul integrat de producție: intrarea datelor în sistem nu depinde de starea sistemului. Modelarea matematică a diferitelor module CIM concepute a fost realizată și prin utilizarea rețelelor Petri. Programele realizate în acest sens sunt utile în faza de decizie asupra concepției modulelor CIM și permite evaluarea performanțelor prin reprezentări grafice;
- ⇒ s-au efectuat studii privind evaluarea performanțelor sistemului integrat de producție în cazul fabricației transmisiilor cardanice, simulându-se diferite situații de implementare

funcție de datele de intrare, elaborându-se prognoze privind raportul investiții/beneficii sau amortizarea investițiilor pe termen scurt sau mediu. În acest sens a fost realizat un program de modelare și simulare asistată de calculator "PPC", cu care s-au determinat performanțele sistemului CIM pentru transmisii cardanice;

⇒ s-a realizat modelarea și simularea procesului de fabricație a transmisiilor cardanice în flux, clasic și în sisteme flexibile, folosind principiile "fabricației virtuale". Prin această simulare s-a putut proiecta un sistem flexibil de fabricație, utilizând echipamente din dotare și echipamente ce urmează a fi achiziționate, astfel încât să se poată integra acest modul, prin sistemul informațional, în sistemul integrat de producție pentru transmisiile cardanice;



Lucrarea de față constituie o contribuție modestă adusă problemelor de eficientizare și re tehnologizare a proceselor de producție prin proiectarea unor module noi, structurate și posibil de adaptat la condițiile concrete din domeniul construcțiilor de mașini din țară.

Având în vedere dimensiunea programelor sursă prezentate în lucrare, spațiul tezei de doctorat nu a permis introducerea surselor complete pentru programele realizate, acestea fiind disponibile, în programe executabile și cu instrucțiunile de instalare pe dischete.



Cercetările efectuate până în prezent reprezintă doar o etapă, noi direcții de cercetare deschizându-se în acest domeniu foarte vast și care este mai puțin abordat la noi în țară. Aceste cercetări vor fi extinse în viitor și la alte întreprinderi sibiene sau din țară, făcând parte din strategia de re tehnologizare a proceselor industriale. Ele vizează:

- realizarea modulului CAQ și integrarea lui în sistemul de producție;
- dezvoltarea programului "PPC" pentru cuprinderea tuturor activităților desfășurate în vederea planificării și urmăririi producției și implementarea modulului PP&C pentru transmisii cardanice;
- concepția, realizarea și implementarea unor sisteme integrate de producție și în alte întreprinderi din Sibiu;
- cercetări privind crearea unor sisteme de producție după principiile post CIM (inginerie concurentă, fabrica fractală).

1. Abrudan, I. - Simularea funcționării optime a sistemelor flexibile de fabricație, Conferința de organizare "Conducere, calitate, eficiență economică" , Timișoara, 1989.
2. Abrudan, I. - Cercetări și contribuții privind optimizarea tehnologică a sistemelor flexibile de fabricație, Teză de doctorat, Institutul Politehnic Cluj-Napoca, 1991.
3. Abrudan, I. - Sisteme flexibile de fabricație. Concepte de proiectare și management, Cluj-Napoca, Editura Dacia, 1996.
4. Agapiou, J.S. - Optimization of Multistage Machining Systems, Part 1: Mathematical Solution, Journal of Engineering for Industry, vol.114, november, 1992.
5. Agapiou, J.S. - Optimization of Multistage Machining Systems, Part 2: The Algorithm and Applications, Journal of Engineering for Industry, vol.114, november, 1992.
6. Ahituv, N., Neumann, S., Norton Riley, H. - Principles of Information Systems for Management, B&E Tech, 1994.
7. Ahn, J. - Intelligent scheduling of automated manufacturing system, Ph. D., The University of Iowa, 1991.
8. Anderson, A.J. - A transputer based adaptive control system, IEEE Transactions on Robotics and Automation, vol.8, nr.6, december, 1992.
9. Anselmetti, B. - Algorithmes de generation automatique d'une phase de tournage, La gamme automatique en usinage, Hermès, Paris, 1990.
10. Argote, L., Epple, D. - Learning Curves in Manufacturing, Science 247, februarie 1990.
11. Ase, K., Gao, J. - Feature technology: an overview, International Journal Computer Integrated Manufacturing, vol.6, nr.1&2, 1993.
12. Askin, R.G., Vakharia, A.J. - Group Technology Planning and Operation, The Automated Factory Handbook, TAB Profesional and Reference Books, 1990.
13. Banciu, D. - Sisteme automatizate de informare și documentare, Editura Tehnică, București, 1997.
14. Bărbat, B., Filip, F. Ghe. - Informatica industrială. Ingineria programării în timp real, Editura Tehnică, București, 1997.
15. Bandrea, I. - Aspecte analitice ale producției integrate, Referat II, Universitatea Politehnica Timișoara, 1995.
16. Bandrea, I. - Procese privind concepția și fabricația în condițiile producției integrate, Referat III, Universitatea Politehnica Timișoara, 1995.

17. Bandrea, I., Bandrea, G. - Creșterea flexibilității producției prin realizarea montajului asistat de calculator, a II-a Conferință Internațională 'Mașini și tehnologii moderne', Cugir, 1993.
18. Bandrea, I., Drăghici, G. - Integrarea prin fluxul informațional a modulelor CIM în sistemele de producție moderne, Lucrările Simpozionului Internațional SIM'97, Timișoara, 1997.
19. Bandrea, I., Drăghici, G. - Flexibilitatea în condițiile producției integrate-modelare matematică, a VII-a Conferință Internațională 'Mașini și Tehnologii Moderne MteM'95, Cluj-Napoca, 1995.
20. Bandrea, I., Dușe, D., Simion, C. - Proiectarea asistată a procesului tehnologic de prelucrare mecanică în condițiile producției integrate. Program TechCIM, a VII-a Conferință Internațională de Inginerie Managerială și Tehnologică Tehno'95, Timișoara, 1995.
21. Bandrea, I., Simion, C. - Managementul sistemului informațional în condițiile producției integrate, a VII-a Conferință Internațională 'Mașini și Tehnologii Moderne MteM'95, Cluj-Napoca, 1995.
22. Bandrea, I., Simion, C. - Sisteme de producție integrate, Editura Universității din Sibiu, Sibiu, 1996.
23. Bandrea, I., Simion, C. - AutoCAD - nimic mai simplu!, Editura Universității din Sibiu, Sibiu, 1996.
24. Bandrea, I., - Modelarea și simularea proceselor de producție, Editura Universității din Sibiu, 1998.
25. Batoz, J.L., Dhatt, G. - Modélisation des structures par elements finis, Hermès, Paris, 1990.
26. Bâscă, O. - Baze de date, Editura All, București, 1997.
27. Beharelle, D. - Préalable a la GMAO, d'abord un bon diagnostic, CETIM-informations, no.144, juin 1995.
28. Benchimol, G., ș.a. - Systemes experts dans l'entreprise, Hermes, Paris, 1990.
29. Bogdan, L., ș.a. - Conducerea cu calculatorul a sistemelor flexibile de fabricație, Editura Universității din Sibiu, Sibiu, 1994.
30. Bourdichon, P. - L'ingénierie simultanée et la gestion d'information, Hermes, Paris, 1994.
31. Braesch, Ch., Haurat, A. - La modelisation systemique en entreprise, Hermes, Paris, 1995.
32. Chang, T.C., Joshi, S. - Computer Aided Process Planning, The Automated Factory Handbook, TAB Profesional and Reference Books, 1990.

33. Călin, S., ș.a. - Conducerea adaptivă și flexibilă a proceselor industriale, Editura Tehnică, București, 1988.
34. Chase, R., Aquilano, N. J. - Production & Operations Management, Boston, Irwin Inc., 1992.
35. Choog, N.F., Nee, A.Y.C., Loh, H.T. - The implementation of an automatic tool selection System for CNC nibbling, Computer in Industry, nr.23, 1993.
36. Clement, P. - Standards support for the virtual enterprises, University of Torino, 1996.
37. Coiffet, Ph. - La productique et ses outils, Hermès, Paris, 1990.
38. Cojocaru, G., Kovacs, Fr. - Roboți în acțiune. Sisteme flexibile și fabricația de serie, Timișoara, Editura Facla, 1985.
39. Crawford, R. - Integrated 3D modelling and process planning by features: a case study, International Journal Computer Integrated Manufacturing, vol.6, nr. 1&2, 1993.
40. David, R., Alla, H. - Du GRAFCET aux reseaux de Petri, Hermes, Paris, 1991.
41. Daral, G.C. - Marketing Analysis and Decision Making, second edition, The Scientific Press, San Francisco, 1994.
42. Décrease, Ch. - Contribution a l'identification et a l'ordonnement des taches de conception en ingénierie simultanée. Thèse de l'Université de Franche-Comté, le 10 janvier 1997.
43. Dima, I.D. - Sistemul logisticii firmei, Editura Tehnică, București, 1997.
44. Dragomir, D. - Proiectarea asistată de calculator pentru inginerie mecanică, Editura Teora, București, 1996.
45. Drăghici, G. - Componentele procesului de prelucrare în sistemele flexibile de fabricație, Lucrările celui de-al XII-lea Simpozion Național de Roboți Industriali, Timișoara, noiembrie 1994.
46. Drăghici, G. - Demersul de concepție a procesului de fabricație in CIM, Lucrările celui de-al XII-lea Simpozion Național de Roboți Industriali, Timișoara, noiembrie 1994.
47. Drăghici, G. - Ingénierie simultanée - une approche pour accroître la réactivité et la flexibilité des entreprises, Buletinul științific al Universității Politehnica din Timișoara, Tom 41 (55), Mecanica, 1996.
48. Drăghici, G. - Introducere in ingineria simultană, Buletinul științific al Universității Lucian Blaga din Sibiu, "Acta Universitatis Cibiniensis", 1997.
49. Drăghici, G., Bandrea, I. - Managementul sistemului informațional în sistemele de producție integrate, Lucrările Simpozionului Internațional SIM'97, Timișoara, 1997.
50. Drăghici, G., Bandrea, I. - Integrated Approach in Computer Aided Process Planning, ISoCE, Sinaia, 1998.

51. Dușe, D., Bandrea, I., Mîndruț, O. - Bazele proiectării asistate de calculator a proceselor tehnologice, Editura Universității din Sibiu, Sibiu, 1993.
52. Dușe, D., Bandrea, I., Simion, C. - Informatizarea concepției și fabricației implanturilor medicale, a VII-a Conferință Internațională de Inginerie Managerială și Tehnologică Tehno'95, Timișoara, 1995.
53. Dușe, D., Brîndașu, D., Bandrea, I. - Cercetări privind optimizarea procesului de fabricație al implanturilor medicale, Contract de cercetare, nr.52/1994, Universitatea Lucian Blaga Sibiu.
54. Dușe, D., Bandrea, I. - Informatizarea concepției și fabricației transmisiilor cardanice, grant, Universitatea Lucian Blaga Sibiu, 1996.
55. Dușe, D., Bandrea, I., Bondrea, G. - Optimizarea proceselor tehnologice, Editura Universității din Sibiu, Sibiu, 1995.
56. Dușe, D., Bandrea, I. - Informatizarea concepției și fabricației transmisiilor cardanice, Contract de cercetare, nr/11701 B/1993, Universitatea Lucian Blaga Sibiu.
57. Dutta, D., Woo, A.C., Chandrashekhar S., Bailey S., Allen M. - PED Vol.59, Concurrent engineering, ASME, New York, Novembre 1992.
58. Elaine, R. - Artificial Intelligence, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1993.
59. Elizabeth, M. - A state-of-the-art survey on product design and process planning integration mechanisms, NISTIR 5548, National Institute of Standards and Technology, 1997.
60. Elizabeth, M. - A state-of-the-art survey of methodologies for representing manufacturing process capabilities, NISTIR 5391, National Institute of Standards and Technology, 1997.
61. Eversheim, W., Mertens, H.J.S., Wieggershaus, U. - Organizational integration of flexible manufacturing systems in conventional workshop structures, Robotics & Computer Integrated Manufacturing, vol.7, nr.1/2, 1990.
62. Foulard, C. - La modélisation en entreprise. CIM-OSA et ingénierie simultanée, Hermès, Paris, 1994.
63. Froment, B., Lesage, J. J. - Productique. Les techniques de l'usinage flexible, Dunod, Paris, 1989.
64. Gardan, Y. - La CFAO, Hermès Paris, 1992.
65. Geitner, U.W. - CIM-Handbuch, Wien, 1987.
66. Ghussein, F.H. - Tool management systems in flexible manufacturing systems, A state of the art review, Strathclyde, M.Sc., 1989.

67. Guran, M., Filip, F.G. - Sisteme ierarhizate în timp real cu prelucrarea distribuită a datelor, Editura Tehnică, București, 1986.
68. Guran, M., Drăgoi, G. - Etude de la qualité dans la phase de conception, Université d'été "Conception intégrée des systèmes mécaniques et mecatroniques", Bucarest, Juin 1996.
69. Hoeltzel, D.A., Chieng, W.H. - An Adaptive Generic Planning Model for Large Scale Integrated Engineering Design, Intelligent CAD Systems, 1990.
70. Hong, B.I., Lim, B.S., Nec, A.Y.C. - Feature Based Modelling and Process Planing in CIM, Proceedings of the International Conference on CIM, Singapore, 1991.
71. Hackett, G., Caunt, D. - Quantitative Methods. An active learning approach, TJ Press, London, 1994.
72. Hou, T.-H., Lin, L. - Manufacturing process monitoring using neural networks, Computers & Elect. Engineering, vol.19, nr.2, 1993.
73. Ispas, C-tin., ș.a. - CIM-Computer Integrated Manufacturing, Manual de Instruire, Editura Universității Politehnice, București, 1997.
74. Ivan, N. V. ș.a. - Proiectarea tehnologică asistată de calculator, Brașov, Tipocart, 1993.
75. Ivan, N.V. - Considerații privind proiectarea tehnologică asistată de calculator, Construcția de mașini, nr. 5-6, București, 1994.
76. Javel, G. - L'organisation et la gestion de production, Masson, Paris, 1993.
77. Javel, P. - Concurrent Engineering, Hermes, Paris, 1993.
78. Jockovic, J., Vukobratovic, M., Ognjanovic, Z. - A contribution to the organization of an expert system for process control of FMC, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, vol.7, nr.3/4, 1990.
79. Kovacs, Fr. - Tendințe noi în dezvoltarea producției și posibilitățile de aplicare ale acestora în România, Al XII-lea Simpozion Național de Roboți industriali, Timișoara, 1994.
80. Kovacs, Fr., ș.a. - Sisteme de fabricație flexibilă robotizate, Universitatea Tehnică Timișoara, vol. I și II, 1994.
81. Kurimo, A., So, K., Hill, D. - Fully integrated tool management system for CIM, Proceedings of 7-th International Conference on Flexible Manufacturing Systems, 1988.
82. Kurimo, A., So, K. - CIM-Manufacturing Strategy, 2-nd International Conference on Factory 2001 - Integrating Information and Material Flow, Cambridge, 1990.
83. Kyungsik, Y., Taekyung, L., Haeseok, O. - Assembly Plan Using Object-Oriented Approach, Proceedings of the International Conference on Computer Integrated Manufacturing, Singapore, 1991.

84. Larsen, N.E. - Methods for integration of process planning and production planning, *International Journal Computer Integrated Manufacturing*, vol.6, nr.1&2, 1993.
85. Lecoufle, J.C. - Fonction de production a part entite la maintenance dans l'entreprise, *CETIM-informations*, no.144, juin 1995.
86. Lim, B.S., Yap, K.T. - Mofdex: Computer Integrated Expert System For Modular Fixture Design System with Pricing and Inventory Control, *Proceedings of the International Conference on Computer Integrated Manufacturing*, Singapore, 1991.
87. Lucey, T. - *Management Information Systems*, DP Publications Ltd., London, 1995.
88. Mazuchi, T.A., Soyer, R. - Reliability Engineering, *The Autometed Factory Handbook*, TAB Profesional and Reference Books, 1990.
89. Milacic, V.R. - Factory Environment and CIM, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, vol.7, nr.3/4, 1990.
90. Moldoveanu, G. - *Managementul operațional al producției*, Editura Economică, bucurești, 1996.
91. Montanari, J.R., Morgan, C.P., Bracker, J.S. - *Strategic Management. A choice Approach*, The Dryden Press, Chicago, 1990.
92. Moreau, R. - *L'approche objets*, Masson, Paris, 1995.
93. Nanu, D., Bandrea, I., Ștețiu, M., Sîman, E. - *Tehnologii și echipamente de montaj*, Editura Universității din Sibiu, Sibiu, 1993.
94. Neil, A., Duffie, P. - *Non-hierarchical control of a Flexible Manufacturing Cell*, Departament of mechanical engineering, University of Wisconsin-Madison, 1990.
95. O'Brian, J.A. - *Management Information Systems*, IRWIN, Boston, 1990.
96. Oprean, C., Suciu, O. - Tehnici specifice de ameliorarea calității la fabricația componentelor auto, *Acta Civitatis Cibiniensis*, Sibiu, 1996.
97. Oprean, C., Suciu, O. - Planificarea calității, strategie în asigurarea calității, *Acta Civitatis Cibiniensis*, Sibiu, 1996.
98. Opruța, D. - Contribuții privind introducerea tehnicii moderne de calcul în constituirea celulelor flexibile de fabricație, teza de doctorat, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 1998.
99. Pardue, M. D. - Use of cooperating expert systems for real-time fault detection and correction in a manufacturing cell, *Computers & Elect. Engineering*, vol.19, nr.2, 1993.
100. Perakath, C., ș. a. - *A framework and suite for BPR*, 1997.
101. Philipsen, W. J. M., Jong, G. G. - Refinement of Petri nets: the neural net approach, *Proc. of the ICANN - Espoo, Finland*, 1991.

102. Pritschow, G. - Automation Technology - On the way to an open system architecture, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, vol.7, nr.1/2, 1991.
103. Rahbary, M.A. - Computer assisted machine tool part program optimization, Ph. D., Council for National Academic Awards(UK), 1990.
104. Rodde, G. - Les systèmes de production, Hermès, Paris, 1989.
105. Roos, D., Jones, D.T., Womack, J.P. - Le système qui va changer le monde, Dunod, Paris, 1992.
106. Roșca, L., Roșca, N., Bandrea, I., Deneș, C. - Sistem integrat de proiectare asistată și gestiune pentru repererele de tip cruce cardanică din fabricația SC Compa SA Sibiu, Suceava, Tehnomus VIII, 1995.
107. Ruck, R., Stockert, A., Vogel, F.O. - CIM und Logistik im Unternehmen, Wien, Hanser, 1992.
108. Rusu, C., Brudaru, O. - Proiectarea liniilor de fabricație flexibile, București, Editura Tehnică, 1990.
109. Savii, G., G. - Bazele proiectării asistate de calculator, Timișoara, Editura Mirton, 1997.
110. Scheer, W. - CIM-Towards the Factory of the Future, Wien, Springer-Verlag, 1992.
111. Schneeweiss, W. G. - Modeling details of stand-by via Petri-nets, Optimum Q, vol.1, nr.1, 1991.
112. Simion, C., Bandrea, I. - Structura ierarhică a sistemului integrat de management al calității în condițiile producției performante, a VII-a Conferință Internațională de Inginerie Managerială și Tehnologică Tehno'95, Timișoara, 1995.
113. Stanton, J.S., Futrell, C. - Fundamentals of Marketing, McGraw-Hill, New-York, 1987.
114. Spanos, C. J., Guo, H. F., Miller, A., Levine-Parill, J. - Real-time statistical process control using tool data, IEEE Trans. on Semiconductor Manufacturing, vol.5, nr.4, 1992.
115. Tierney, K. - CIM Interfaces-Concepts, standards and problems of Information Systems, Chapman&Hall, New-York, 1992.
116. Thibault, F., Beharelle, D. - Améliorer la fonction maintenance. Les diagrammes RTHM, CETIM-informations, no.144, juin 1995.
117. Tepleimaier, H., Khun, H. - Flexible Manufacturing Systems, John Wiley and Sons Inc., New-York, 1993.
118. Totu, A. - Cercetări privind alocarea și transferul sculelor așchietoare în cadrul sistemelor flexibile de prelucrare pentru piese prismatice, Teză de doctorat, Universitatea Politehnica București, 1996.

119. Villeneuve, F. - Generation ascendante de processus, application aux entités d'usinage de type "alésage", La gamme automatique en usinage, Hermès, Paris, 1990.
120. Volovici, D. - Fiabilitatea proceselor tehnologice flexibile, Teză de doctorat, Universitatea "Politehnica" București, 1994.
121. Warschat, J. - Just in Time Product Management, Proceedings of the International Conference on Computer Integrated Manufacturing, Singapore, 1991.
122. Yim, P.P. - CIM3-Computer Integrated Man-Machine Manufacturing Systems An Introduction, Proceedings of the International Conference on Computer Integrated Manufacturing, Singapore, 1991.
123. Young, R.I.M., Bell, R. - Design by features: advantages and limitations in machine planning integration, International Journal Computer Integrated Manufacturing, vol.6, nr.1/2, 1993.
124. Zelenovic, M.D., Sormaz, D.N. - The methodology for design of effective Computer Integrated Manufacturing Systems, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, vol.7, nr.3/4, 1990.
125. Zelm, M. - Entreprise Modelling in ESPRITCIM, CIM-Europe Workshop Open Systems Architectures and Communications A Preparing the Entreprise for CIM, Workshop Proceedings, Aachen, 1989.
126. Zhou, C., Egbelu, P.J. - Scheduling in manufacturing shop with sequence-dependent setups, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, vol.5, nr.1, 1989.
127. **** - Practical CNC-Training for Planning and Shop, vol.I-III, Wien, Hanser Verlag, 1988.
128. **** - ESPRIT - The Project Synopses Computer Integrated Manufacturing, vol.6, Brussels, 1989.
129. **** - IBM's CIM Strategy, Architecture Technology Computer, Minneapolis, Minnesota, 1992.
130. **** - Sensors in the factory, Architecture Technology Computer, Minneapolis, Minnesota, 1992.
131. **** - Windows API Bible, Microsoft, 1991.
132. **** - Using C, Microsoft, 1992.
133. **** - PCModel, Simulation Software Systems, San Jose, California.
134. **** - SIMFACTORY, CACI Inc., Los Angeles, 1986.
135. **** - IDEF0, Federal Information Processing Standards Publication, Integrated Definition for Function Modelling, National Institute of Standards and Technology, 1993.

136. **** - IDEF1X, Federal Information Processing Standards Publication, Integrated Definition for Information Modelling, National Institute of Standards and Technology, 1995.
137. **** - IDEF3, Federal Information Processing Standards Publication, Process description capture. Method report, National Institute of Standards and Technology, 1995.
138. **** - IDEF4, Federal Information Processing Standards Publication, Object-oriented design method report, National Institute of Standards and Technology, 1995.
139. **** - IDEF5, Federal Information Processing Standards Publication, Information Integration for Concurrent Engineering, National Institute of Standards and Technology, 1994.
140. **** - CEN 310:1996, Standardization for Advanced Manufacturing technologies.

ANEXA:

Luând în considerare faptul că în lucrare sunt prezentate mai multe programe concepute de autor pentru realizarea modulelor CIM, iar sursele acestor programe fiind foarte mari (de exemplu, programul "SIMSFF" de modelare și simulare asistată a sistemelor de fabricație necesită un spațiu de stocare de 18 MB) am considerat util să anexez o dischetă pe care s-au arhivat (.rar) următoarele programe:

- *SIMSFF (baza de date);*
- *PRO-CAD.*

Pentru celelalte programe am prezentat în lucrare schemele logice aferente, iar pentru cei ce doresc să cunoască și să folosească și celelalte programe, ele pot fi găsite în cadrul Facultății de Inginerie din Sibiu, Centrul de Studii și Cercetări pentru Tehnologii Integrate.