

Panc Nicolae Alin

TEHNOLOGII ȘI SISTEME FLEXIBILE DE FABRICAȚIE

suport de curs



UTPRESS

Cluj-Napoca, 2020

ISBN 978-606-737-487-2

Cuprins

Prefață.....	1
Privire de ansamblu.....	2
Capitol 1. Introducere în sistemele de fabricație.....	3
1.1. Concepte introductive.....	3
1.2. Tipuri de producție.....	10
1.3. Sistemul de fabricație.....	14
Capitol 2. Rolul aplicațiilor software în sistemul de fabricație.....	25
2.1. Introducere.....	25
2.2. Proiectare asistată de calculator - CAD.....	29
2.3. Fabricație asistată de calculator - CAM.....	32
2.4. Proiectarea tehnologică asistată de calculator - CAE.....	40
2.5. Testarea integrată pe calculator - CAT.....	45
2.6. Procesul de planificare integrat pe calculator - CAPP.....	48
2.7. Controlul asistat de calculator - CAI.....	53
2.8. Asigurarea calității asistate de calculator - CAQ.....	56
2.9. Fabricația integrată pe calculator - CIM.....	59
Capitol 3. Conceptul de Sistem Flexibil de Fabricație (SFF).....	62
3.1. Introducere în conceptul de SFF.....	62
3.2. Flexibilitatea unui sistem de fabricație.....	65
3.3. Evaluarea flexibilității.....	67

3.4. Componentele principale ale SFF.....	75
3.5. Variabilele unui SFF.....	85
3.6. Clasificarea SFF.....	92
3.7 Tipuri de flexibilitate.....	96
3.8. Eficiența introducerii SFF.....	99
Capitol 4. Layout-ului sistemului de fabricație.....	102
4.1. Tipuri de layout.....	102
4.2 Layout-ul pentru SFF	110
4.2.1 Familia de piese.....	111
4.2.2 Proiectarea layoutului celulelor de fabricație pentru SFF.....	113
4.3. Studiu de caz.....	122
Capitol 5. Proiectarea SFF.....	124
5.1. Etapele proiectarii SFF.....	124
5.2. Baza matematică pentru proiectarea SFF.....	126
5.2.1. Programarea liniară (PL)	128
5.2.2. Teoria așteptării.....	131
5.2.3. Teoria jocurilor.....	132
5.2.4. Teoria grafurilor.....	137
5.3. Studiu de caz.....	140
5.4. Analiza sarcinii de fabricație.....	148
Capitol 6. Structura SFF.....	156
6.1 Subsistemul de prelucrare.....	158

6.2. Subsystemul logistic al SFF.....	190
6.2.1. Funcția de transfer.....	191
6.2.2. Funcția de depozitare.....	216
6.2.2. Funcția de manipulare. Roboții industriali.....	231
6.3. Subsystemul informațional.....	276
Capitol 7. Lean manufacturing.....	281
7.1. Instrumentul 5S.....	287
7.2. Instrumentul “Just in time”.....	290
7.3. Instrumentul Value Stream Mapping (VSM).....	292
7.4. Instrumentul Kaizen.....	322
Bibliografie.....	323

Prefață

Suportul de curs se adresează în principal studenților specializării Tehnologia construcțiilor de mașini. Desigur, el poate fi util și tuturor celor interesați de tematica abordată.

Acest suport de curs reprezintă scheletul pe care se sprijină prelegerile efectuate în decursul unui semestru.

Tema fiind generoasă, a fost dificil de realizat o sinteză asupra tuturor cunoștințelor din domeniu, care de altfel este interdisciplinar. Din acest motiv, anumite subiecte au fost tratate succint pentru a nu prezenta informații redundante asimilate de studenți în cadrul altor cursuri din curricula specializării Tehnologia construcțiilor de mașini.

Scopul cursului este familiarizarea studenților cu ceea ce reprezintă un sistem de fabricație flexibil. S-a dorit prezentarea avantajelor, moduri de îmbunătățire a flexibilității unui sistem de fabricație, dar și cum trebuie analizat un astfel de sistem pentru eliminarea blocajelor existente. Bineînțeles, datorită individualității fiecărei companii în parte, este dificil să se furnizeze rețete generale care conțin pașii de urmat prin care acestea să devină flexibile în sensul teoretic al conceptului de flexibilitate.

În prezentarea informațiilor s-a apelat la bibliografia disponibilă, din care s-a realizat o sinteză a aspectelor relevante ale subiectelor abordate.

Privire de ansamblu

Globalizarea pentru industrie înseamnă noi oportunități dar și o competiție acerbă.

Comaniile din domeniul ingineriei industriale sunt forțate să-și îmbunătățească sistemele de producție astfel încât să fie capabile să reacționeze rapid și eficient din punct de vedere economic la condițiile imprevizibile de pe piață, cum ar fi schimbarea volumului de producție, îmbunătățirea calității și scăderea costurilor, lipsa forței de muncă etc.

Cerințe actuale pentru sistemele de producție

Un sistem de producție trebuie să fie atât integrat cât și cuplat cu mediul economic global prin unele caracteristici:

- rapiditate;
- flexibilitate;
- agilitate;
- responsabilitate;
- reconfigurabilitate.

Capitol 1. Introducere în Sistemul Flexibil de Fabricație

1.1. Noțiuni introductive

Sistemul de producție este o noțiune complexă ce include oameni, echipamente, materiale și consumabile, activități de management, sistemul de fabricație etc. De fapt, toate aspectele economice (producție, vânzări, publicitate, profit și distribuție) sunt implicate într-un sistem de producție [Bla 07].

Un *sistem de producție* dezvoltă și crează bunuri, servicii sau ambele în mod concomitent.

Fabricație (manufacturing) este o activitate care duce la materializarea unor bunuri sau servicii care satisfac dorințele oamenilor.

Sistemul de fabricație reprezintă o dispunere a unor elemente fizice complexe care realizează o serie de operații pentru materializarea de bunuri sau servicii.

Bunuri se referă la lucruri materiale.

Servicii se referă la “lucruri” nemateriale pe care le cumpărăm pentru a ne satisface dorințele sau nevoile.

Clasificarea companiilor

O companie (întreprindere) este o unitate organizată cu autonomie decizională, ce are ca scop producerea de bunuri și servicii.

Companiile se pot clasifica după diferite criterii cum ar fi numărul de angajați, domeniul de activitate, nivelul de investiții, bilanț etc.

Cel mai uzual mod de clasificare este însă după numărul de angajați [w.eur 17]:

1. *Companii mici și mijlocii* < 250 persoane angajate (p.a.)

1.1. Micro întreprinderi (96%): <10 p.a.

1.2. Întreprinderi mici (3.1%): 10 - 49 p.a.

1.3. Întreprinderi mijlocii (0.7%): 50 - 249 p.a.

2. *Companii mari* (0.2%): >250 p.a

Tabel 1.1 [Bri 98]

1	Companii	Producătoare
		Prelucrătoare
2	Companii	Din sectorul de bază
		Din sectorul de transformare
		Din sectorul de fabricație
3	Companii	Producție de serie mică și unicate
		Producție de grup
		Producție de masă

Organizarea producției într-o întreprindere/companie în funcție de proces

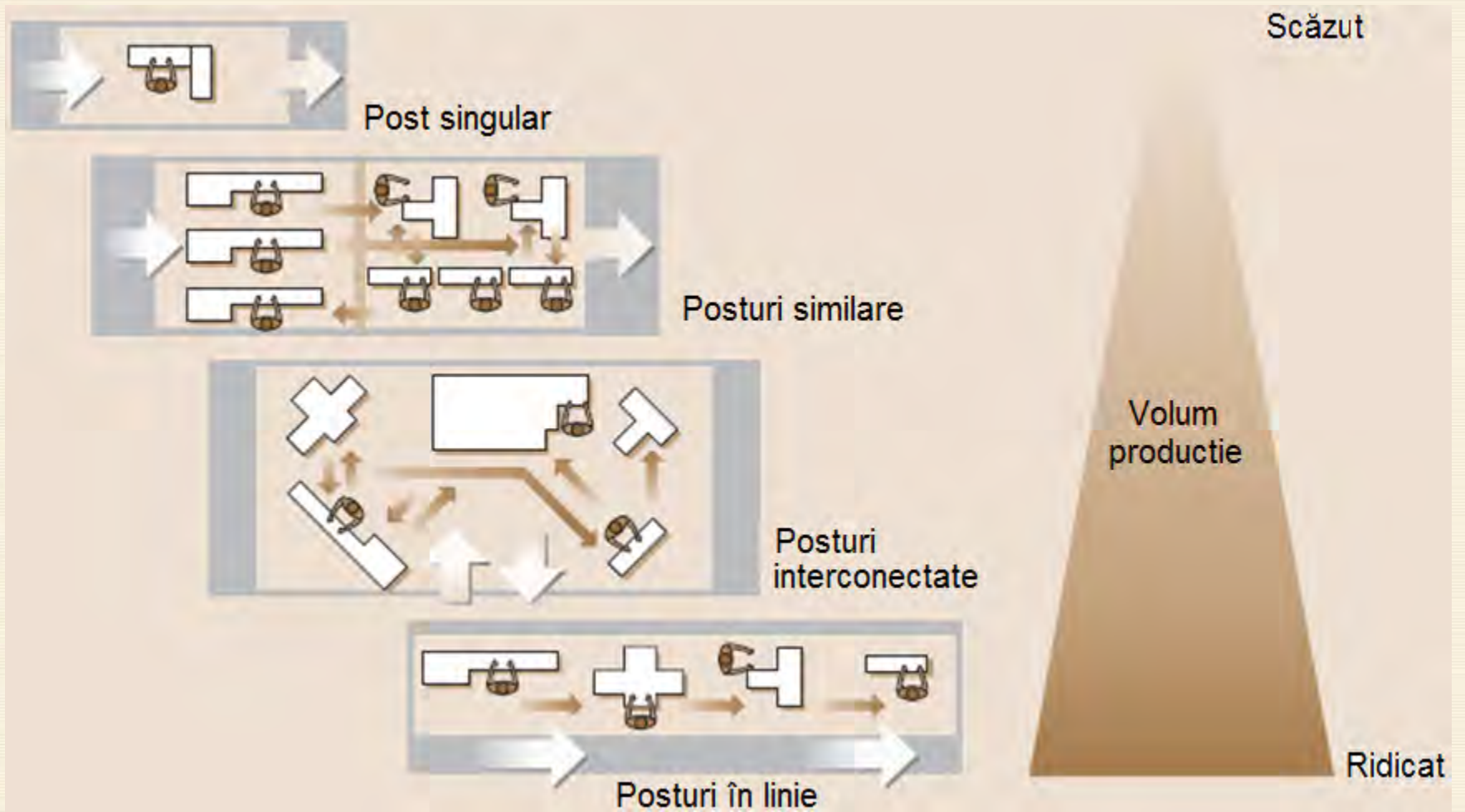


Fig.1.1. Legătura dintre tipul de muncă și volumul de producție [Gro 10]

Companiile producătoare se diferențiază atât din punct de vedere al complexității cât și al numărului de produse pe care le produc.

Organizarea producției într-o întreprindere se face în funcție de procesul care se desfășoară:

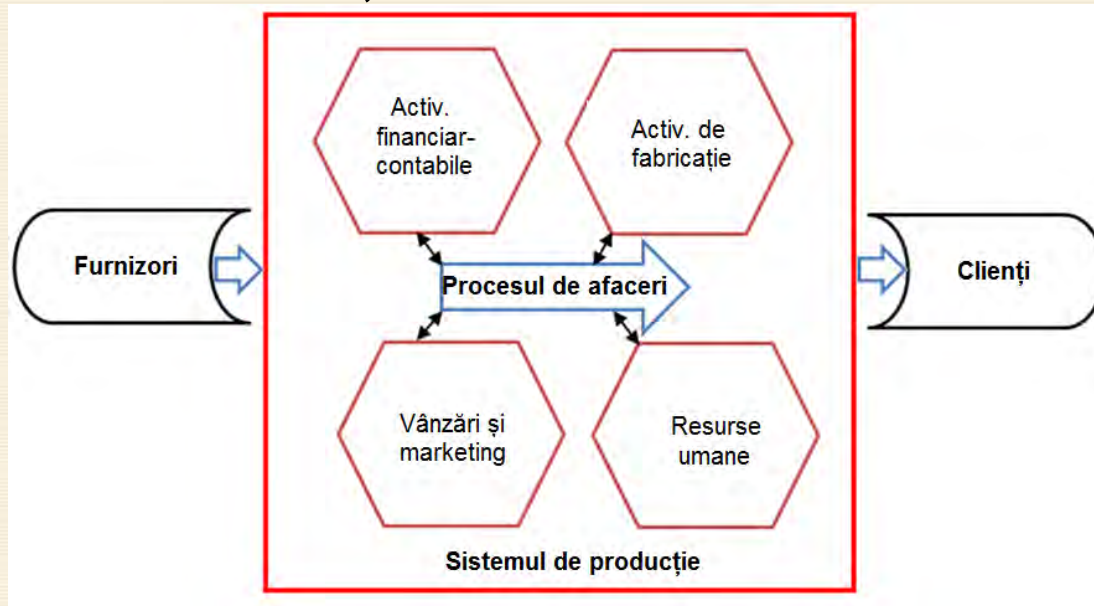


Fig.1.2. Vedere de ansamblu a procesului de afaceri

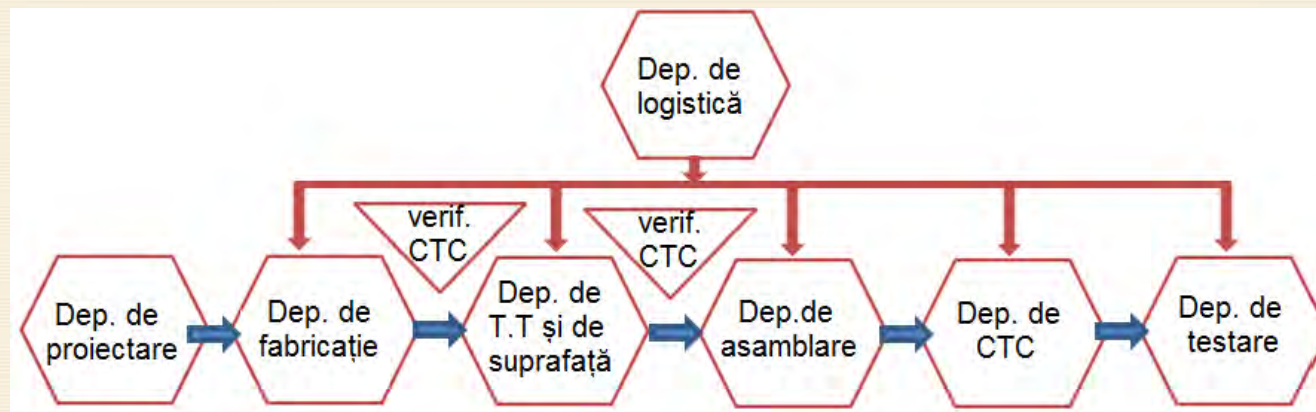


Fig.1.3. Componentele esențiale ale activității de fabricație

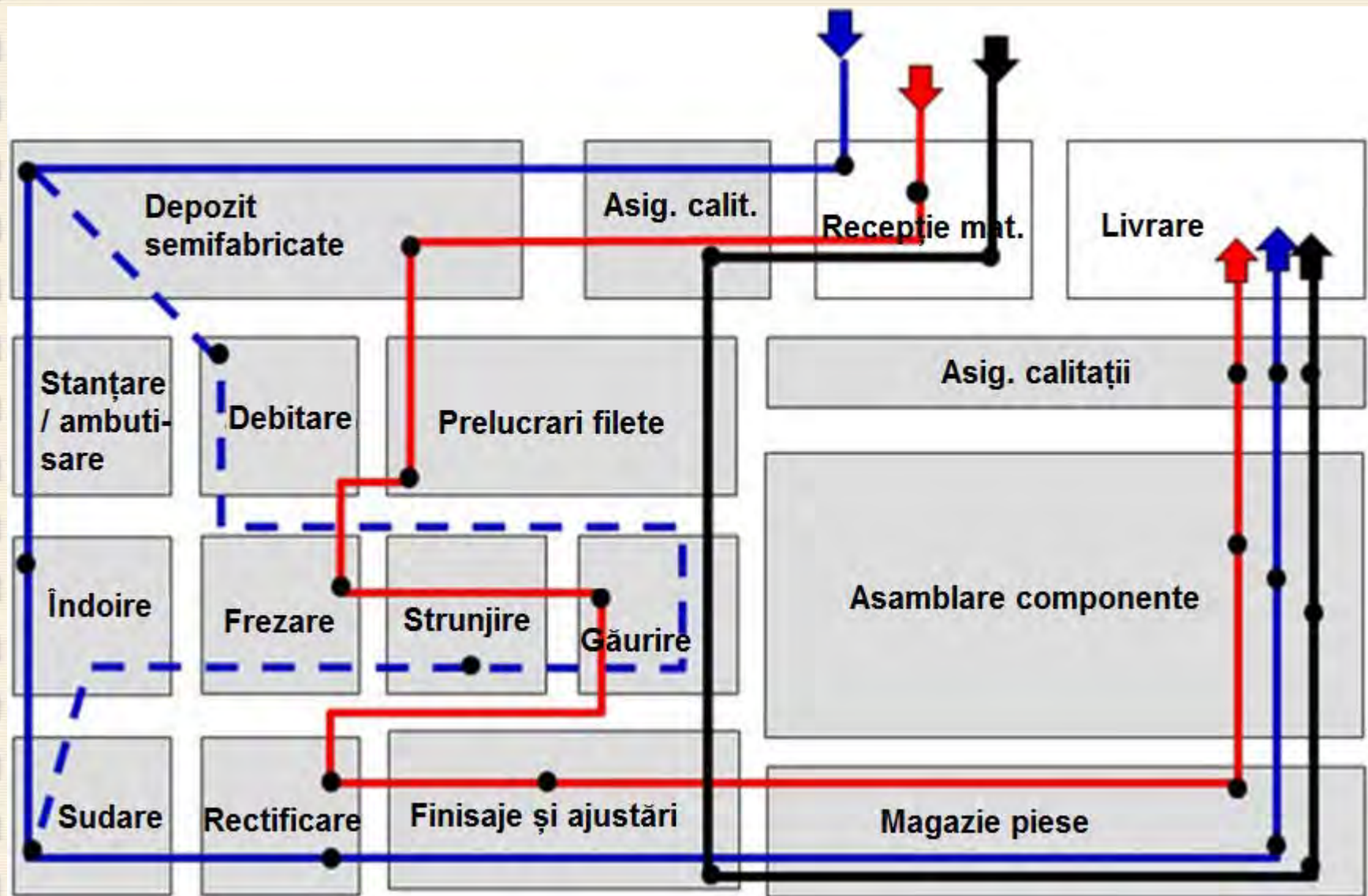


Fig.1.4. Etapele de procesare într-un departament de fabricație [w.sli 17]

Timpul de producție (TP) este timpul care trece din momentul în care semifabricatul ajunge în companie și până ce acesta devine produs finit și se livrează spre client.

Timpul de fabricație (T_U) este timpul în care se realizează propriu zis o piesă sau un produs conținând timpul pe faze și operații.

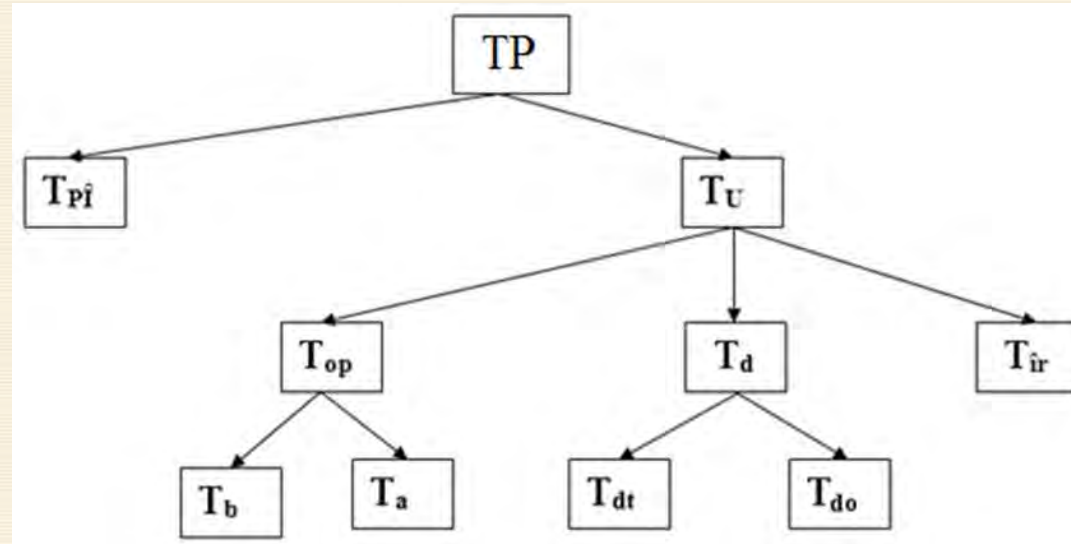


Fig.1.5.

$T_{P\hat{i}}$ - timpul pregătire-încheiere

T_U - timpul util (timp de fabricație)

T_{op} - timpul operativ

T_b - timpul de bază

T_a - timpul auxiliar

T_d - timp de deservire

T_{dt} - timp de deservire tehnică

T_{do} - timp de deservire organizatorică

$T_{\hat{i}r}$ - timp de întreruperi reglementate

1.2. Tipuri de producție

A. Producția în serie mică și unicate:

- nu au mașini unelte specializate;

Timp în
Atelier

Timp pe mașină	Timp de așteptare
5%	95%

Timp pe
Mașină

T_b	T_a (bazarea și fixarea, măsurări, etc.)
20-30%	70-80%

Fig.1.6.

B. Producția de grup (serie mijlocie):

- au mașini unelte universale dar și specializate;

Timp în
Atelier

Timp pe mașină	Timp de așteptare
8%	92%

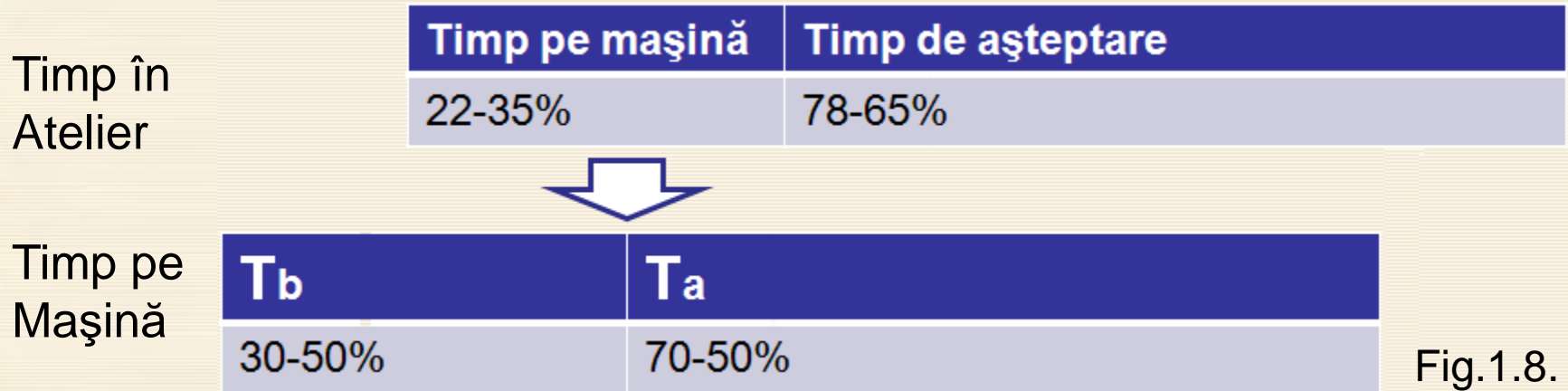
Timp pe
Mașină

T_b	T_a
30-45%	70-65%

Fig.1.7.

C. Producție de masă:


- utilizează mașini unelte specializate sau speciale (dedicate) pentru anumite operații.



Ce este de făcut în cazul producției în serie mică sau de grup pentru ca o companie să devină mai eficientă ?

Soluții posibile:

- Eliminarea parțială/totală a operatorului uman
 - implică automatizarea cu roboți industriali.
- Prelucrarea dintr-o prindere a mai multor suprafețe
 - implică dispozitive speciale;
 - implică mașini unelte în 4 și 5 axe.
- Scăderea timpului de bazare și fixare a piesei în sistemul tehnologic
 - implică utilizarea dispozitivelor pneumatice, electomecanice etc.
- Schimbarea automată a sculelor la mașinile unelte
 - implică utilizarea centrelor de prelucrare.
- Alimentarea automată a mașinilor unelte cu semifabricate
 - implică dispozitive speciale de alimentare a mașinilor unelte.

- 
- Schimbarea automată a semifabricatelor și pieselor pe mașinile unelte
 - implică dispozitive speciale;
 - implică mașini unelte cu mese paletizate.
 - Transportul paletizat între mașini unelte a semifabricatelor
 - implică un sistem de transfer utilizând AGV-uri, conveioare etc.
 - Utilizarea conceptului Lean manufacturing
 - implică stabilirea și soluționarea blocajelor tehnice sau organizatorice.

1.3. Sistemul de fabricație

Un *Sistem de fabricație* (SF) poate fi definit ca totalitatea mașinilor și echipamentelor integrate cu acestea și cu resursele umane, care împreună efectuează una sau mai multe operații de prelucrare și/sau asamblare de piese.

SF este o parte integrantă a **sistemului de producție (SP)**.

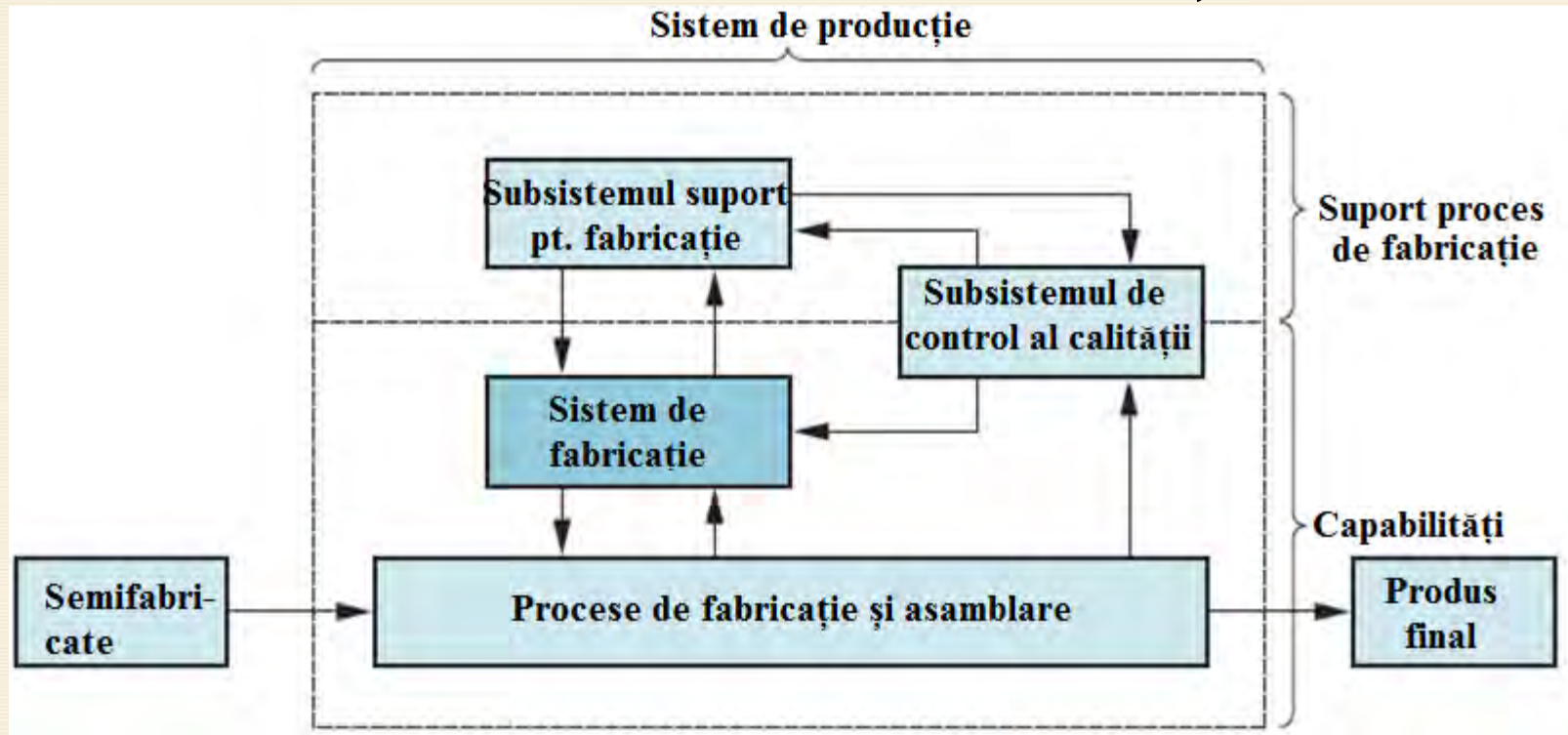


Fig.1.9. Poziția sistemului de fabricație în sistemul de producție [Gro 10]

Deci, sistemul de fabricație reprezintă totalitatea mijloacelor de fabricație și a legăturilor dintre acestea care concură la transformarea materiei prime în produs finit.

Sistem flexibil de fabricație (SFF) - reprezintă un grup de mașini unelte cu comandă numerică (MUCN) legate între ele printr-un sistem automat de transport și manipulare a pieselor și sculelor, comandat de calculator, care realizează o prelucrare automată. Piesele sunt prelucrate în serii mijlocii și aparțin unei familii de piese cu asemănări morfologice și/sau tehnologice. Ele se prelucrează în limitele unei capacități și al unui itinerar de fabricație prestabilit.

În sistemul de fabricație clasic, costul de fabricație pentru un volum de producție mare este mic, iar pentru un volum mic de producție este mare.

Se dorește ca SFF să ajungă să prelucreze la același preț un milion de piese diferite ca și un milion de piese identice.

- **Flexibilitatea**

Exprimă capacitatea sistemului de a reacționa la un eveniment neprevăzut, care impune modificarea produselor oferite pe piață, natura proceselor folosite și/sau volumul cererii.

- **Flexibilitatea sistemului de fabricație**

Capacitatea unui sistem de a se adapta cu cheltuieli minime la variațiile sarcinilor de producție, astfel încât o perioadă prelungită acesta să funcționeze economic, cu schimbări cât mai reduse în structura sa.

- **Flexibilitatea în producție**

Reprezintă substituția unei automatizări specializate (pentru un tip de piesa/produs) cu o automatizare polivalentă (pentru o familie de piese) în vederea îmbunătățirii mix-ului productiv.

Mix-ul productiv reprezintă tipologia de piese ce sunt prelucrate în SF pentru a satisface cerințele clienților.

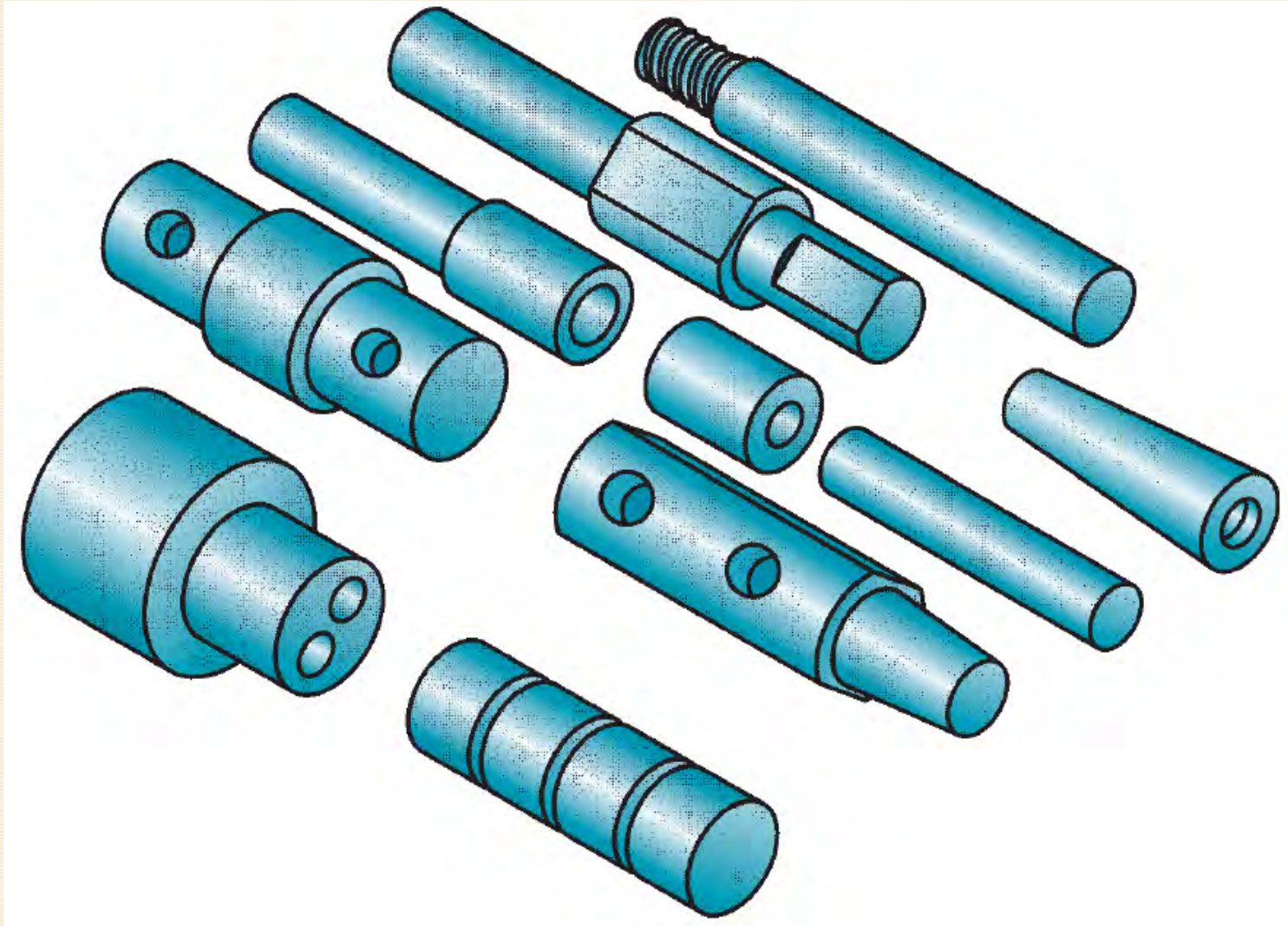


Fig.1.10. Familie de piese. [Gro 10]

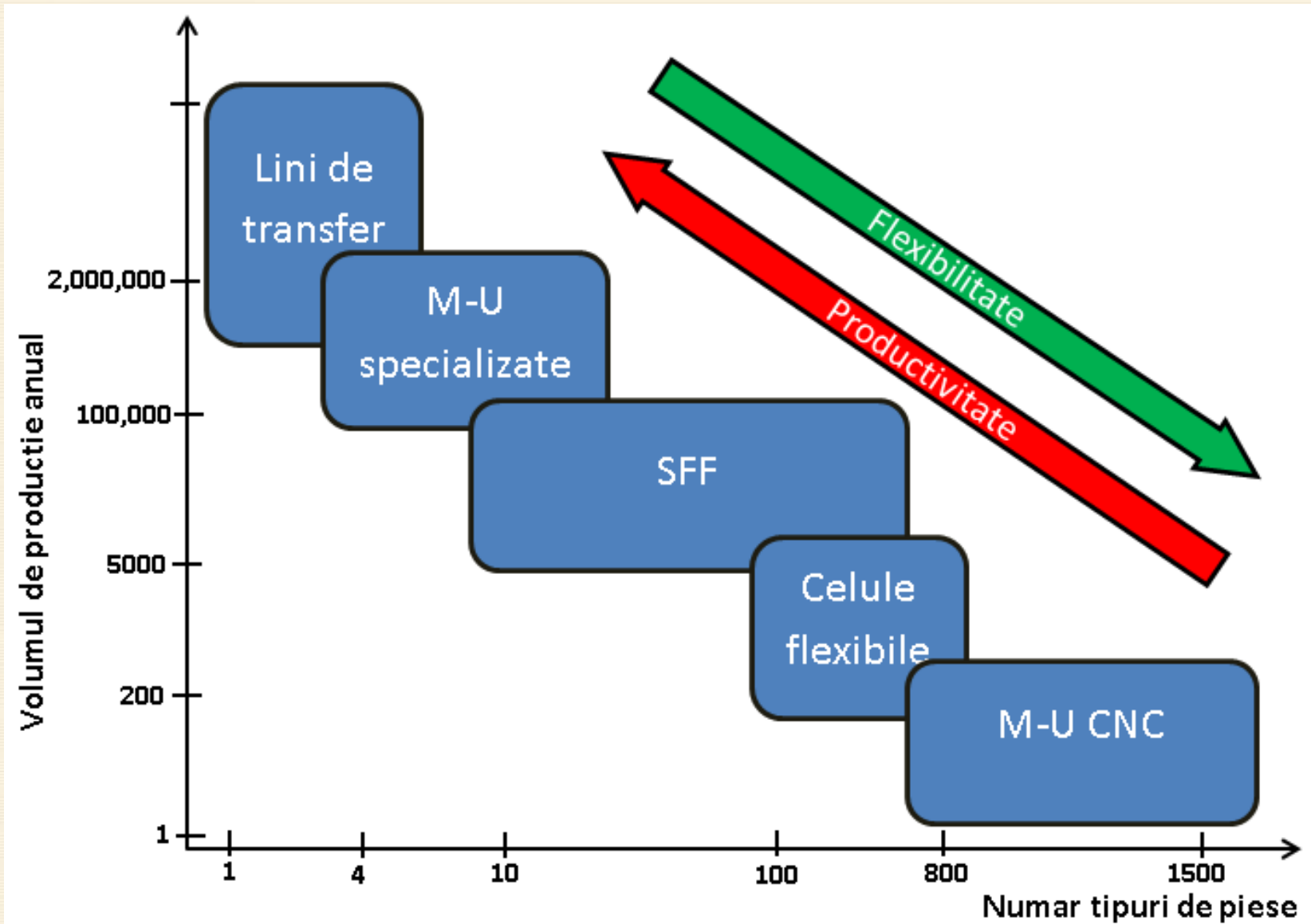


Fig.1.11. Flexibilitate versus productivitate în funcție de modul de fabricație

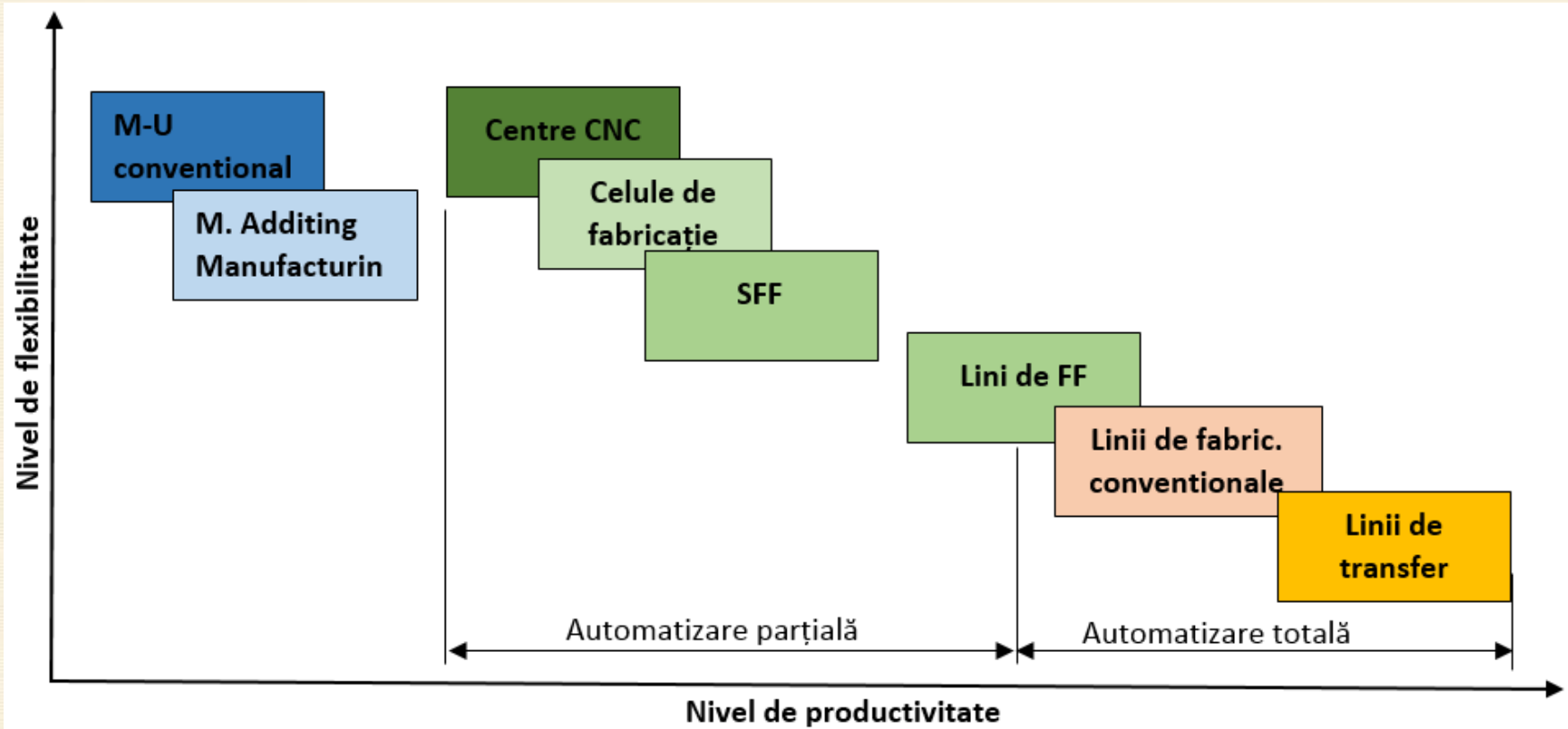


Fig.1.12. Flexibilitate versus productivitate în funcție de nivelul de automatizare a procesului de fabricație. [Kal 10]


În funcție de nivelul de automatizare, sistemul de fabricație poate fi în una din variantele de mai jos [Kal 10]:

Mașini Unelte convenționale: Sunt mașini unelte la care operatorul realizează toate reglajele și controlează procesul de prelucrare pe toată durata sa. Implică un nivel ridicat de muncă fizică.

Centre CNC: Sunt MUCN care realizează schimbarea automată a sculelor și au magazine proprii de scule. Sunt deservite uzual de către un operator.

Celule de fabricație: Un număr redus de MUCNC grupate pentru a prelucra împreună o familie de piese. Mașinile sunt controlate de un calculator central. Celulele sunt uzual deservite de unul sau mai mulți roboți industriali pentru manipularea pieselor.

SFF: Este constituit dintr-un grup de celule de fabricație controlate împreună de un calculator central. Manipularea pieselor este mixtă sau automată, având un raport optim între flexibilitate și productivitate. Practic, SFF este acel sistem de fabricație care are capacitatea de a se adapta la schimbările survenite din interiorul și exteriorul sistemului.



Linii flexibile de fabricație: Sunt grupuri de MUCNC dispuse în linie conform ordinii operațiilor. Ele sunt controlate de un calculator central. Manipularea pieselor este complet automatizată crescând productivitatea în cazul producției în masă, dar limitând flexibilitatea fabricației.

Linii de fabricație convenționale și de transfer: Sunt grupuri organizate de mașini unelte în care manipularea materialelor este complet automatizată. Linia de fabricație este proiectată cu o flexibilitate limitată, scopul este de a produce o singură piesă sau un număr restrâns de piese. Sunt foarte productive și eficiente.



Fig.1.13. Utilizarea automatizării pentru creșterea flexibilității

Structura unui sistem flexibil de fabricație este determinată de:

- stabilirea operațiilor de prelucrare care se pot executa rentabil pe mașinile unelte sau echipamentele existente din sistem;
- tipul și numărul mașinilor și echipamentelor integrate în mod rentabil în sistem;
- caracteristicile acestor mașini;
- precizia de prelucrare ce poate fi obținută;
- suprafața ocupată de sistemul flexibil;
- asigurarea fluxului de scule, semifabricate și a celui informațional.

Fabricația în SFF duce la o diversitate de avantaje și anume:

- creșterea substanțială a productivității muncii;
- reducerea numărului de mașini unelte clasice;
- micșorarea spațiului de producție și a spațiilor auxiliare;
- reducerea timpilor de prelucrare și a timpilor de staționare a pieselor între punctele de lucru;
- reducerea consumurilor specifice;
- reducerea numărului de mașini, utilaje și SDV-uri speciale;
- reducerea rebuturilor;
- utilizarea personalului înalt calificat;
- reducerea stocurilor;
- reducerea timpului de pregătire a fabricației și timpului pentru reglarea mașinilor;
- creșterea gradului de valorificare a tonei de material;
- autonomie funcțională.

Dezavantajele SFF:

- mult mai scumpe;
- necesita o pre-planificare a întregului itinerar de fabricație pentru familia de piese prelucrate.

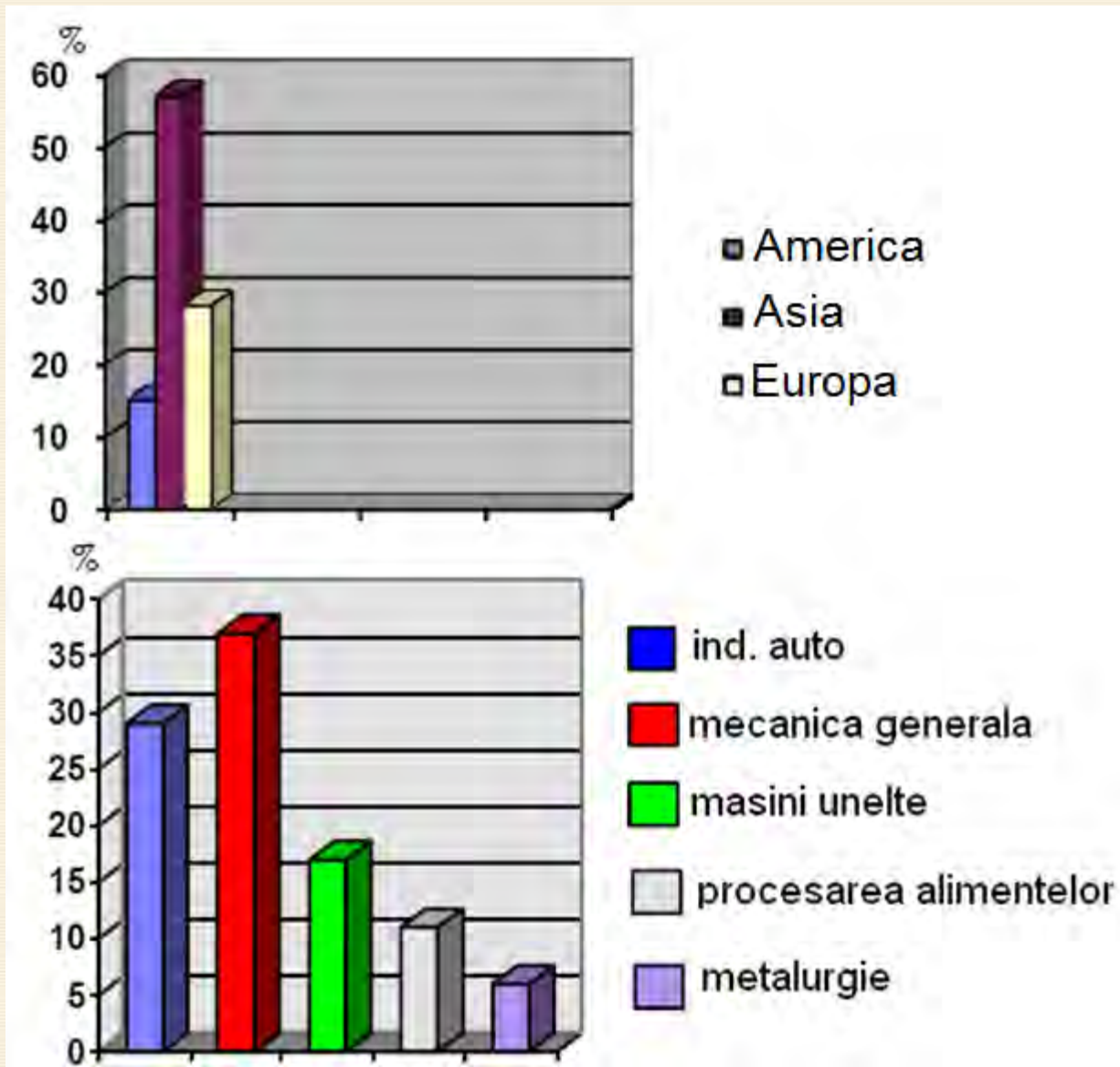


Fig.1.14. Răspândirea și domeniile de utilizare a SFF la nivel mondial în anul 2000

Capitol 2. Rolul aplicațiilor software în sistemul de fabricație

2.1. Introducere

Calculatorul și aplicațiile software sunt indispensabile în activitățile industriale.

Produsele de calitate se obțin la un cost minim doar dacă proiectarea, fabricația, controlul și testarea produselor se face într-un sistem complet integrat. Un astfel de sistem nu poate exista fără utilizarea calculatoarelor și a aplicațiilor software.

În fabricația modernă companiile utilizează softuri specializate în fiecare punct de lucru sau departament, ceea ce duce la posibilitatea integrării întregului flux al activităților. Rezultatul acestei integrări îl reprezintă o eficiență sporită, flexibilitate ridicată și o mai bună competitivitate în piață.

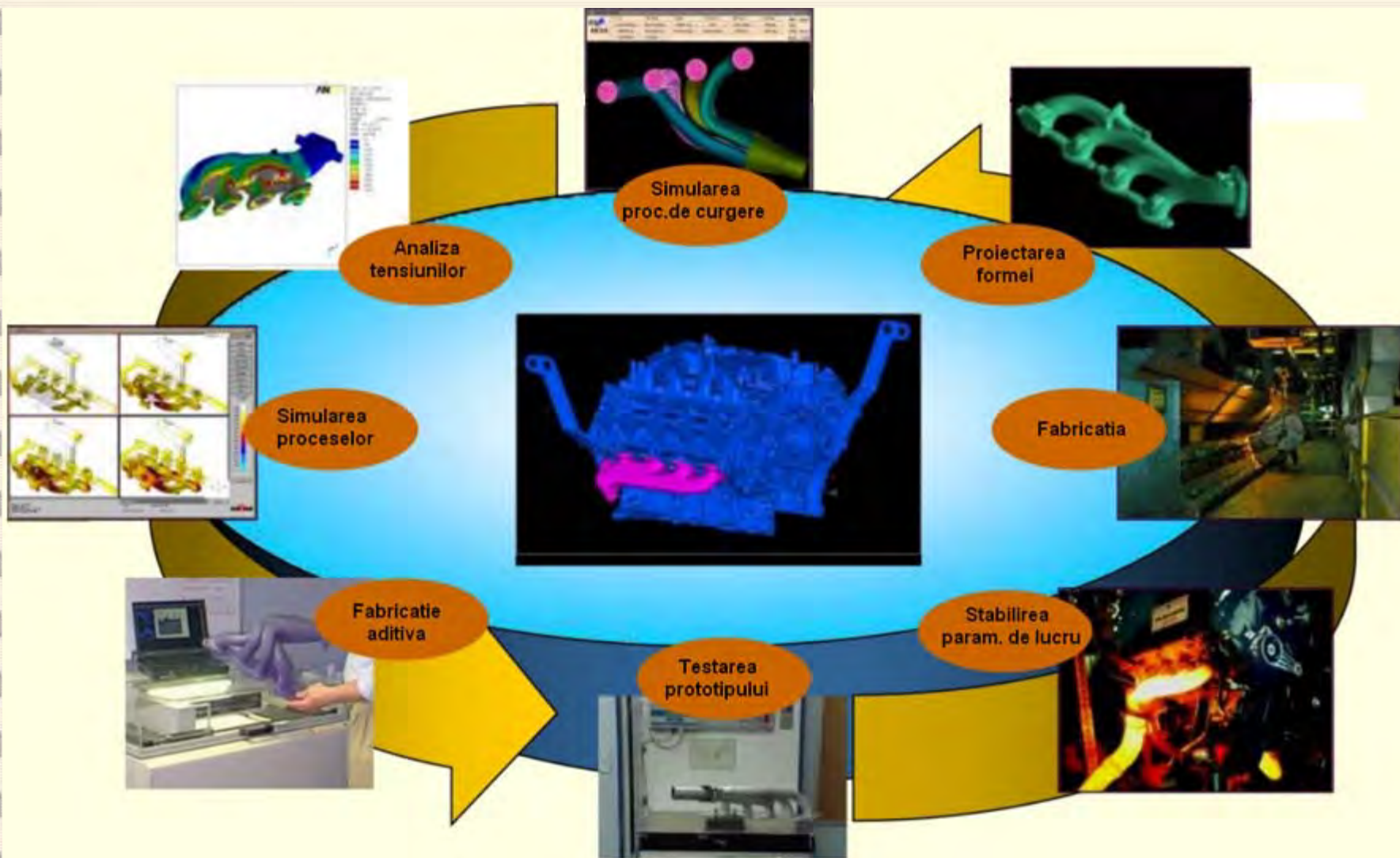


Fig.2.1. Etapele de realizare a unei piese [w.goo_16]

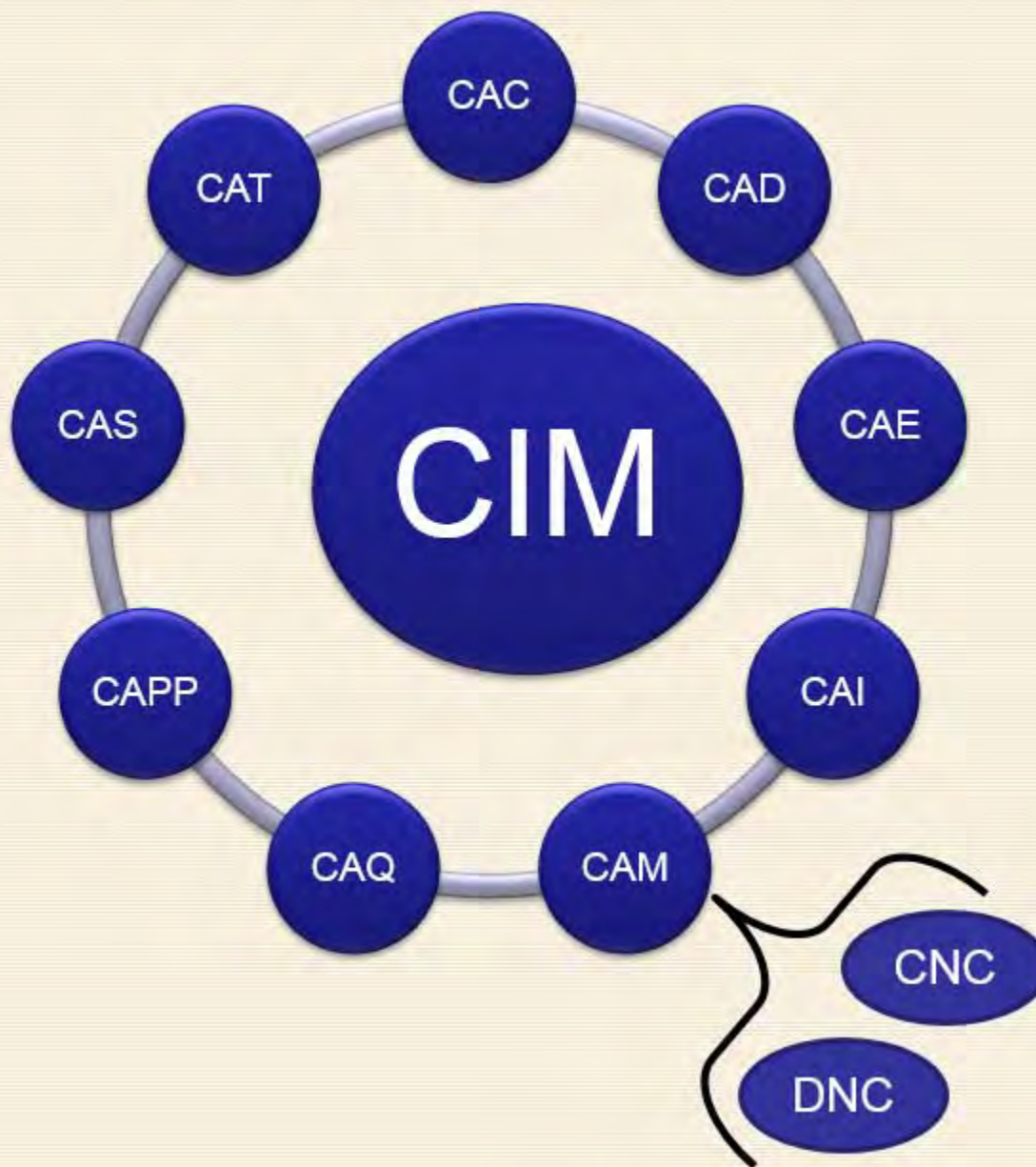


Fig.2.2. Funcțiile producției integrate pe calculator (CIM)

CAC - **C**omputer **A**ided **C**lamping – Bazarea și fixarea asistată de calculator;

CAD - **C**omputer **A**ided **D**esign - Proiectarea asistată de calculator;

CAE - **C**omputer **A**ided **E**ngineering - Proiectarea tehnologică asistată de calculator;

CAI - **C**omputer **A**ided **I**nspection - Controlul de calitate asistat de calculator;

CAM - **C**omputer **A**ided **M**anufacturing - Fabricație asistată de calculator

CNC - **C**omputer **N**umeric **C**ontrol - Comanda numerică cu calculatorul;

DNC - **D**irect **N**umerically **C**ontrolled - Comanda numerică directă;

CAQ - **C**omputer **A**ided **Q**uality - Asigurarea calității asistată de calculator;

CAPP - **C**omputer **A**ided **P**lanning **P**rocess – Procesul de planificare (programare) a fabricației asistată de calculator;

CAS - **C**omputer **A**ided **S**ervice - Activitățile de service asistate de calculator;

CAT - **C**omputer **A**ided **T**esting - Testări sau probări ale produselor ce se fac asistat de calculator;

2.2. Proiectare asistată de calculator - CAD

CAD este o tehnologie care utilizează calculatorul pentru a facilita crearea, modificarea, analizarea și optimizarea modelelor bi- și tri-dimensionale a pieselor și ansamblelor [Chr 06].

Cu ajutorul softurilor CAD proiectanții pot realiza suprafețe și corpuri solide 3D cum ar fi de exemplu:

- Curbe Bezier, B-splines și NURBS (Non-Uniform Rational Bsplines) pentru cele mai complexe suprafețe;
- Modelarea solidelor se poate realiza prin două metode: Boundary Representation (B-Rep) și Constructive Solid Geometry (CSG).

Obiectele realizate pot fi rotite, ascunse, secționate pentru a vizualiza detaliile din interior.

Corpurile solide pot fi asamblate cu altele create sau prelucrate din baze de date, formând ansamble complexe.

Avantajele proiectării CAD [Gen 04]:

Proiectare parametrizată - toate caracteristicile dimensionale sunt constrânse prin parametrii de proiectare;

Bidirecționalitatea suprafețelor proiectate - orice suprafață proiectată poate fi orientată în ambele direcții;

Geometrie inteligentă în aplicațiile ulterioare - datele 3D CAD pot fi modificate ulterior în CAM, CAE;

Ansamble de dimensiuni mari - se pot obține simplu și rapid ansamble 3D de dimensiuni mari prin crearea de subansamble;

Configurare de produse derivate - proiectanții pot crea familii de piese pornind de la o piesă;

Stilizarea proiectului - la suprafețele, piesele, ansamblele create le pot fi adăugate proprietăți estetice (culoare, texturi, randări etc.);

Generare automată a desenelor de execuție - pornind de la modele sau ansamble se pot genera vederi 2D care vor fi completate cu date relevante (cote, calitatea suprafeței, ajustaje etc.);

Rezolvarea de lanțuri de dimensiuni și probleme de toleranță;

Scurtează timpul pentru crearea de prototipuri;

Elimină verificarea erorilor din procesul de proiectare - erorile de proiectare sunt rapid depistate și eliminate;

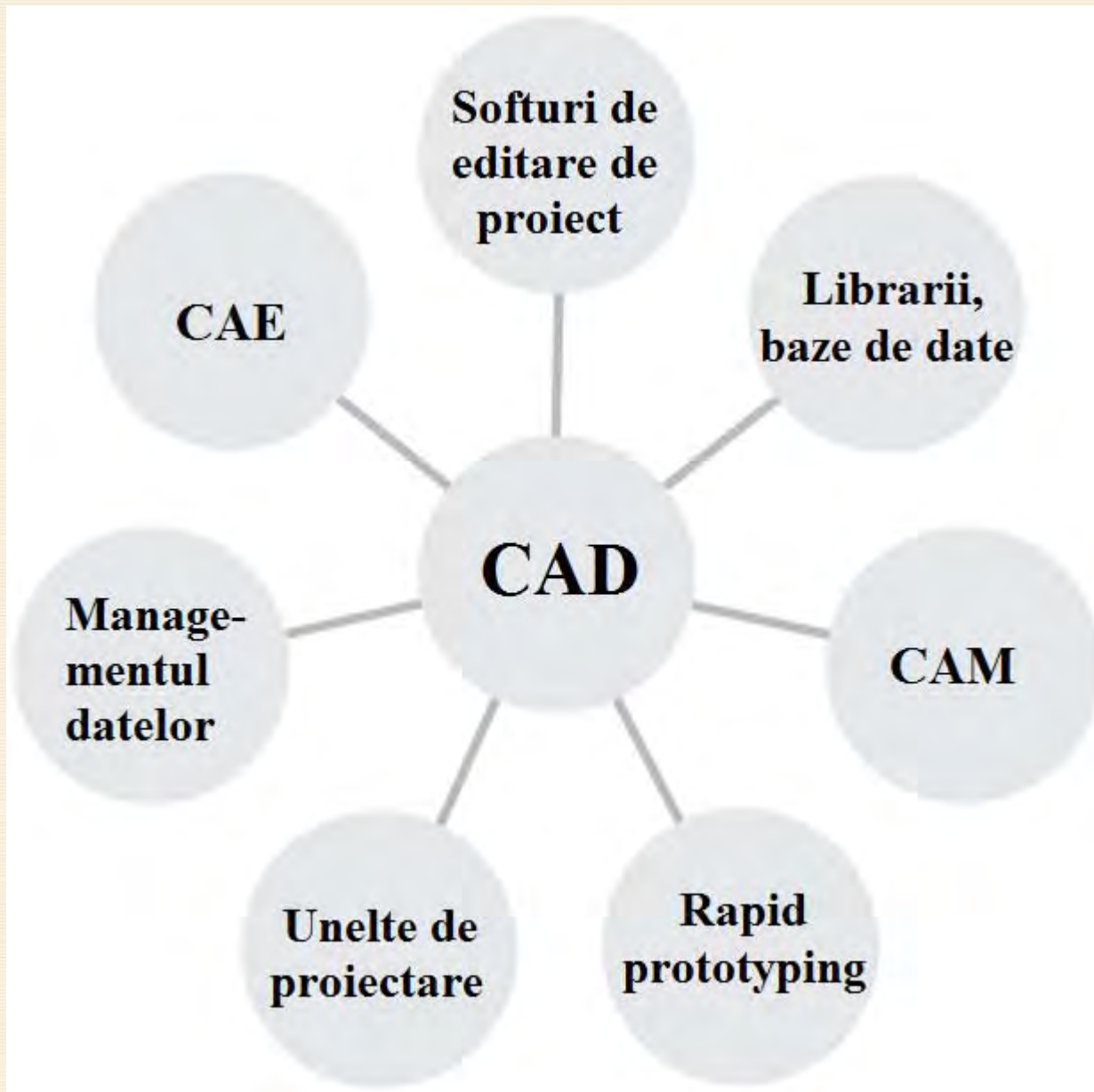


Fig.2.3. Modul de interactiune al datelor CAD cu mediul de date existent [Gen 04]

2.3. Fabricație asistată de calculator - CAM

Tehnologia CAM este gândită să preia și să utilizeze date CAD pentru a conduce operațiile de fabricație.

Introducerea sistemelor CAM a permis inginerilor tehnologi să scrie programe pentru prelucrarea unor piese complexe, într-un mod simplu și evitând o serie de erori.

Datorită beneficiilor generate, CAD și CAM sunt uzual combinate în sisteme CAD / CAM.

Aplicațiile uzuale ale CAD / CAM includ următoarele:

- generarea de programe CNC pentru mașini unelte și roboți industriali;
- proiectarea tehnologiilor de prelucrare de matrițe pentru turnare, forjare, matrițe pentru operațiuni de ștanțare/ambutisare etc.;
- proiectare de scule, dispozitive și electrozi EDM;
- controlul calității;
- planificarea proceselor și planul de lucru;
- layout-ul producției.

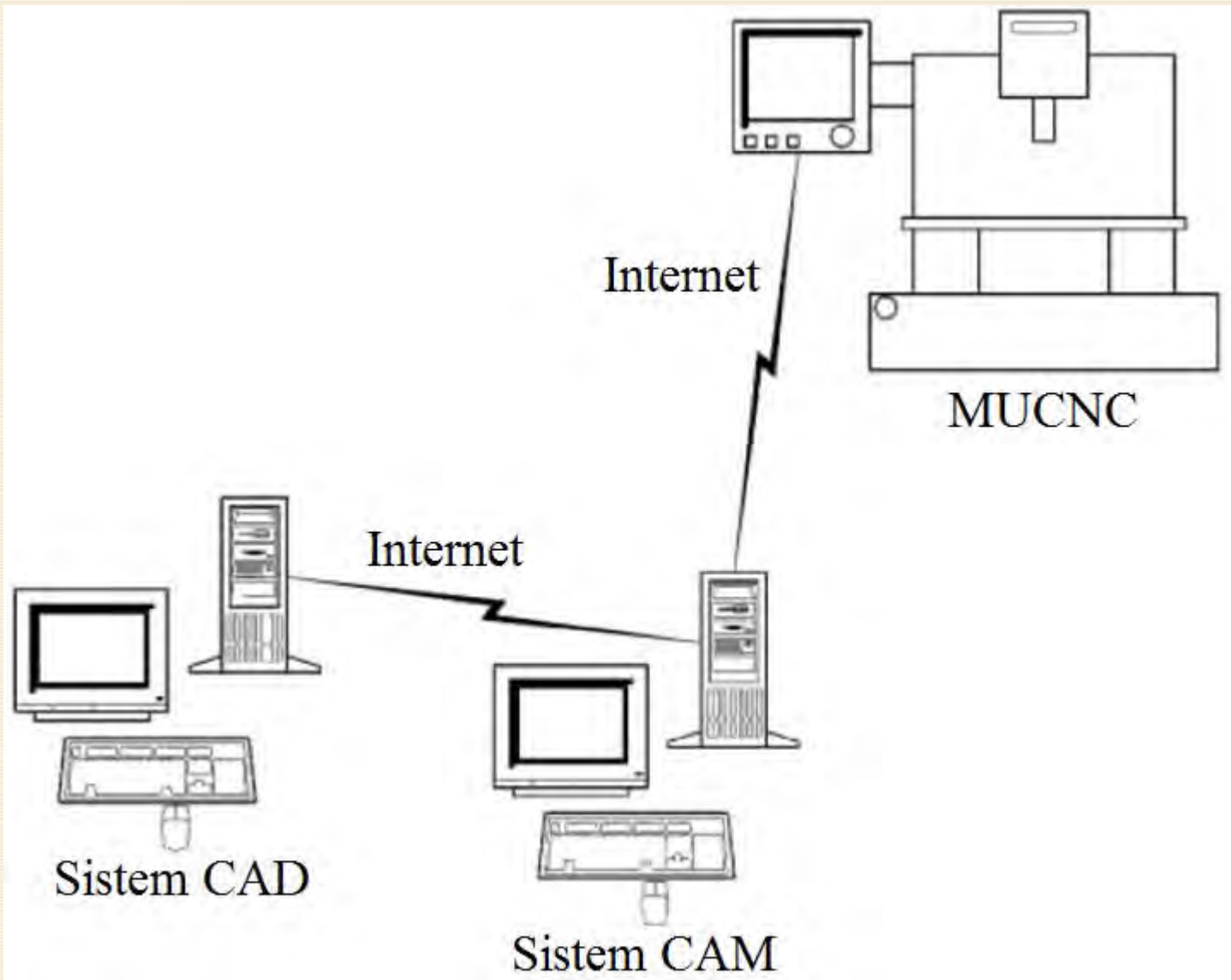


Fig.2.4. Flow-ul informațional CAD/CAM/M-U [Gen 04]

Avantajele CAM

- Se poate calcula și vizualiza traiectoria parcursă de scule evitându-se posibile coliziuni cu celelalte elemente ale sistemului tehnologic;
- Același program poate fi generat pentru mai multe tipuri de mașini ce au diverse limbaje de control a mașinilor unelte (Fanuc, Mazak, Heidenhain etc.);
- Se pot optimiza și modifica relativ ușor programele existente;
- Scade timpul în care mașina unealtă staționează, crescând eficiența în exploatare a acesteia.



Funcțiile sistemului *CAM*:

- comandă posturile de lucru;
- comandă fluxurile de material;
- comandă magaziile de transport;
- comandă procesul de prelucrare.

Sistemul *CAM* necesită baze de date care conțin informații despre:

- contractele de fabricație;
- capacitatea de producție;
- fluxurile de material;
- situația magaziiilor cu scule;
- contracte de service etc.

NC, DNC, CNC

Controlul numeric (NC) este o metodă de control al mișcărilor componentelor mașinii unelte prin introducerea directă a instrucțiunilor codate sub formă de numere și litere în sistem. Sistemul interpretează automat aceste date și le transformă în semnale de ieșire, care, la rândul lor, controlează diverse componente ale mașinii unelte (de exemplu, pornirea și oprirea axelor, schimbarea sculelor, pornirea fluidelor de răcire etc.) [Kal 10].

Pentru NC există două tipuri de sisteme computerizate: DNC și CNC.

CNC este varianta în care fiecare mașină unealtă are un calculator care o controlează.

Avantaje:

- Programul CNC poate fi modificat direct pe mașina unealtă;
- Mașinile unelte sunt independente unele de altele;
- Flexibilitate ridicată;
- Mai ieftin.

Dezavantaje:

- Fluxul informațional este fragmentat;
- Blocajele de producție se gestionează ineficient.

În **DNC**, mai multe mașini unelte sunt controlate direct pas cu pas de un computer central. În acest sistem, operatorul are acces la computerul central printr-un terminal la distanță. Cu DNC, starea tuturor utilajelor dintr-o linie sau celulă de fabricație poate fi monitorizată și evaluată de la un singur computer central [Kal 10].

Justificarea utilizării DNC:

- se pot interconecta un număr mare de mașini unelte;
- se pot rula programe de dimensiuni mari, care altfel nu ar putea fi încărcate în memoria calculatoarelor de pe mașini unelte;
- programele de pe mașini unelte se schimbă frecvent;
- programele de lucru suferă schimbări de structură, sintaxă etc.

Funcțiile DNC

- încarcă programele pe mașini unelte și alte echipamente din sistemul de fabricație;
- monitorizează și controlează procesul de producție;
- comunică informațiile de proces în timp real.

Avantaje:

- control total asupra întregului proces;
- sunt încorporate toate informațiile referitoare la producție;
- sunt sesizate problemele tehnice și de calitate în timp real.

Dezavantaje:

- dacă calculatorul se oprește, toate mașinile devin inutilizabile;
- necesită timp și costuri suplimentare.

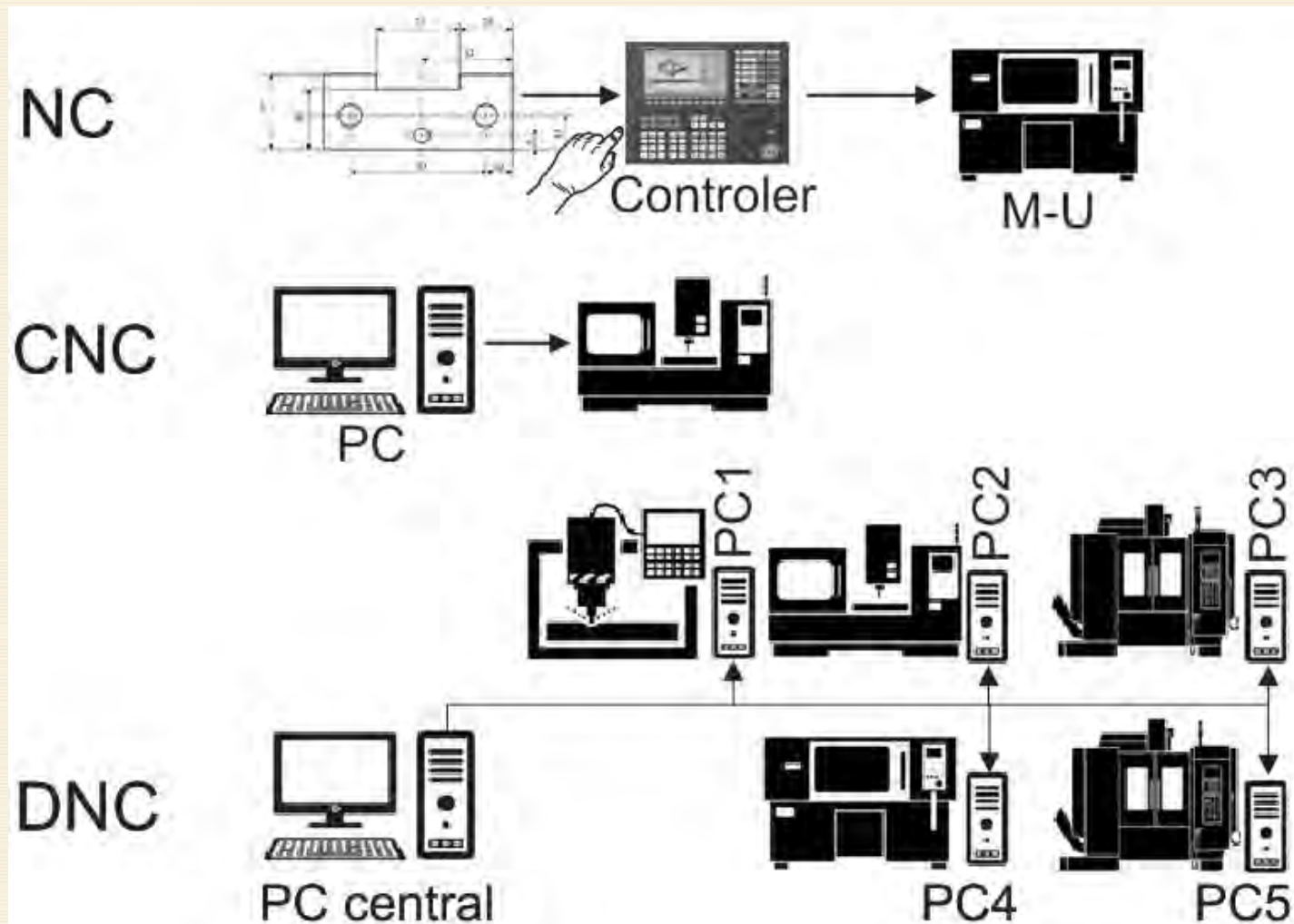


Fig.2.5. Modul de lucru NC, CNC și DNC pentru controlul mașinilor unelte

Avantajele NC: [Kal 10]

- asigură o bună flexibilitate;
- operațiile repetitive nu sunt afectate de erori generate de către operatorii umani;
- reglajele mașinilor unelte se fac fără efort;
- productivitate superioară față de metodele convenționale;
- programele pot fi modificate și controlate linie cu linie;
- pot fi deservite de operatori cu calificare scăzută.

Dezavantaje:

- costul inițial mai mare pentru MUCNC;
- întreținere mai costisitoare;
- activitățile de mentenanță sunt mai costisitoare.

2.4. Proiectarea tehnologică asistate de calculator - CAE

CAE este o extensie a tehnologiei CAD, care realizează calcule, analize, verificări și simulări pornind de la modelele CAD cu scopul simplificării diferitelor etape din procesul de producție al unui produs [Zho 12].

Aplicații frecvente unde se utilizează CAE:

- analiza tensiunilor și a forțelor din piese și ansamble;
- analize de transfer termic;
- analize de mecanica fluidelor;
- simularea proceselor industriale (turnare, injecție, forjare, deformare plastică, îndepărtare de material etc.);
- calcule de cinematică și dinamică a pieselor și ansamblelor;
- procese pentru optimizarea dimensiunilor generale ale pieselor;
- analiza de risc la accidente (deversări, poluare, accidente nucleare etc.).

Pentru CAE se utilizează:

- pachete software generale: Unigraphics, CATIA, Solid Works etc.
- pachete software specializate: NASTRAN, NISA, PATRAN, ANSYS, COSMOS, ALGOR, PCTRAN etc.

Numeroase software de calcule complexe folosesc metoda elementelor finite. Schema de bază este prezentată în 2.6.



Fig.2.6. Pașii de analiză în CAE [Rad 16]

În general, se parcurg trei etape distincte în soluționarea problemelor folosind CAE [Rad 16]:

- *Pre-procesarea*

Etapa de pre-procesare este utilizată pentru introducerea tuturor informațiilor necesare pentru definirea problemei (tipul de analiză, proprietățile materialului, încărcări, constrângeri etc.).

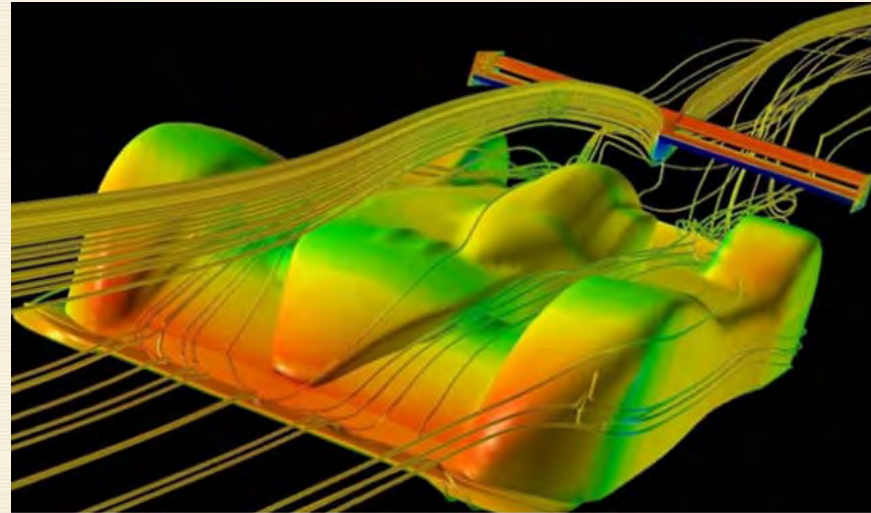
- *Analiza*

În etapa de analiză, softul rezolvă necunoscutele din problema definită, adică rezolvă sistemul liniar sau neliniar de ecuații din modelul matematic definit în soft pentru rezolvarea problemei respective.

- *Post-procesarea*

În urma etapei de analiză rezultă o multitudine de date ce sunt prelucrate. Post-procesarea reprezintă etapa de sintetizare a datelor de ieșire rezultate, dar într-un mod ușor de înțeles și interpretat de către utilizator. Post-procesarea îndeplinește două sarcini:

- extrage informațiile semnificative;
- prezintă sintetic datele numerice sub formă de grafice, tabele, filme sugestive.



Shock Analysis for Detector System

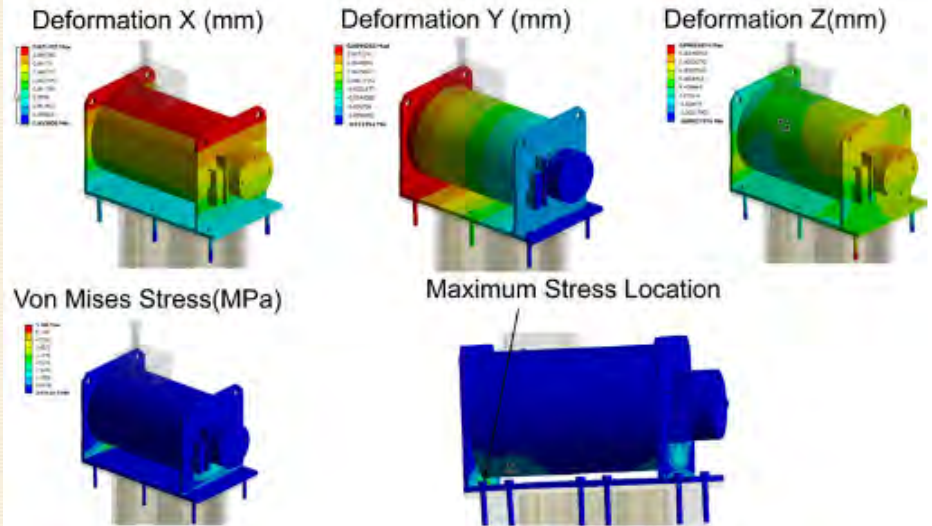
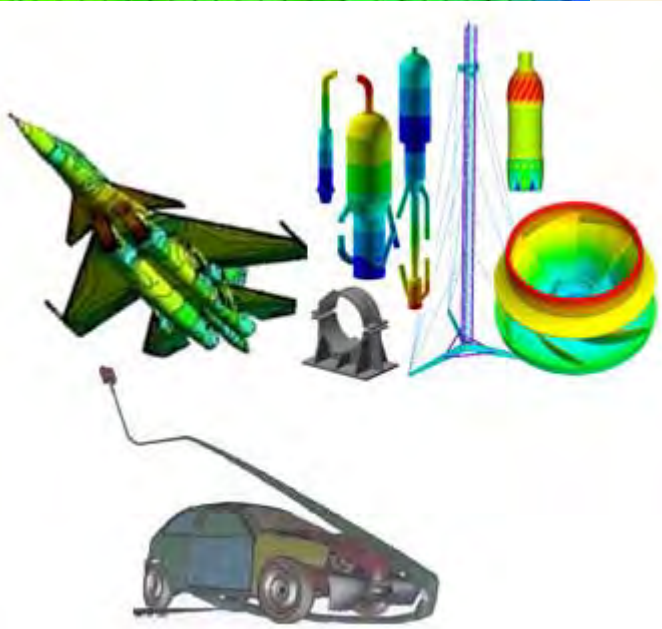


Fig.2.7. Exemple de utilizare a CAE [w.goo_17]

Proces CAE

ex: *Analiza tensiunilor*

1. Crearea modelului CAD (piesă, ansamblu);
2. Definirea materialului;
3. Definirea proprietăților materialului;
4. Definirea etapelor de analiză;
5. Definirea interacțiunilor;
6. Pozitionarea forțelor;
7. Mesh-uirea;
8. Lansarea simulării;
9. Vizualizarea simulării;
10. Interpretarea rezultatelor.



Fig.2.8. Analiza tensiunilor [w.goo_16]

2.5. Testarea integrată pe calculator - CAT

Se utilizează pentru evaluarea calității pieselor sau produselor. CAT este utilizată pentru a se verifica dacă piesele, subansamblele, ansamblele sau produsele sunt la calitatea specificată (sunt în parametrii ceruți de caietul de sarcini).

Parametrii sau criteriile de testare pentru CAT sunt de multe ori derivate din CAE.

CAT practic este un instrument de testare computerizat, care lucrează cu o metodologie standardizată și este utilizată pentru întocmirea documentației preliminare de testare.

Proiectarea unui sistem CAT necesită o procedură etapizată:

1. Sunt selectate variabilele critice ale procesului de testat.
2. Sunt selectate și amplasate echipamentele/senzorii de monitorizare și analiză adecvați.
3. Instrumentele de monitorizare și analiză sunt calibrate la un sistem de referință pentru a se asigura că variabilele de proces selectate pot fi controlate.
4. Se începe testarea produselor.

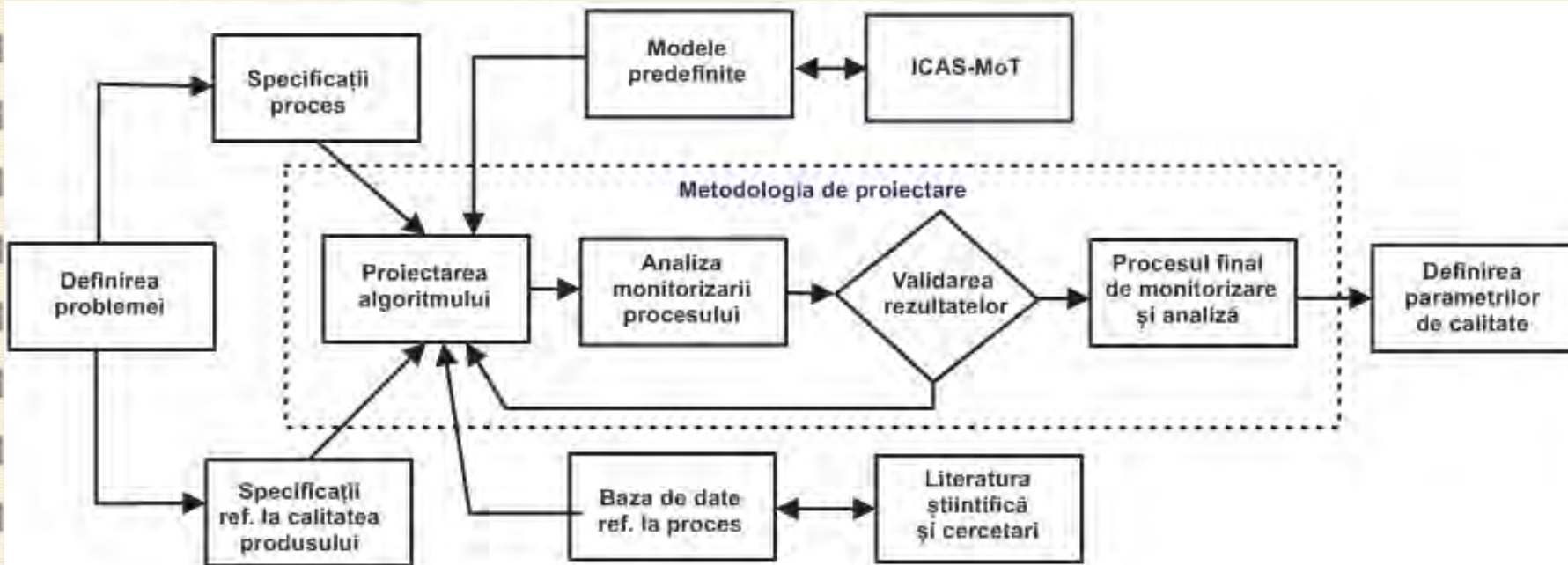


Fig.2.9. Schema logică de dezvoltare a unui proiect CAI [Sin 09]

Cu un soft CAI se controlează echipamentele de testat.

De exemplu, la un stand automat de testare a durabilității angrenajelor:

- se încarcă angrenajele cu: viteză unghiulară, sarcină de lucru, condiții de ungere, temperatura de operare etc.
- softul CAI al echipamentului de testat returnează valorile.

În concepția clasică, toate aceste condiții de testare se realizează de către om.

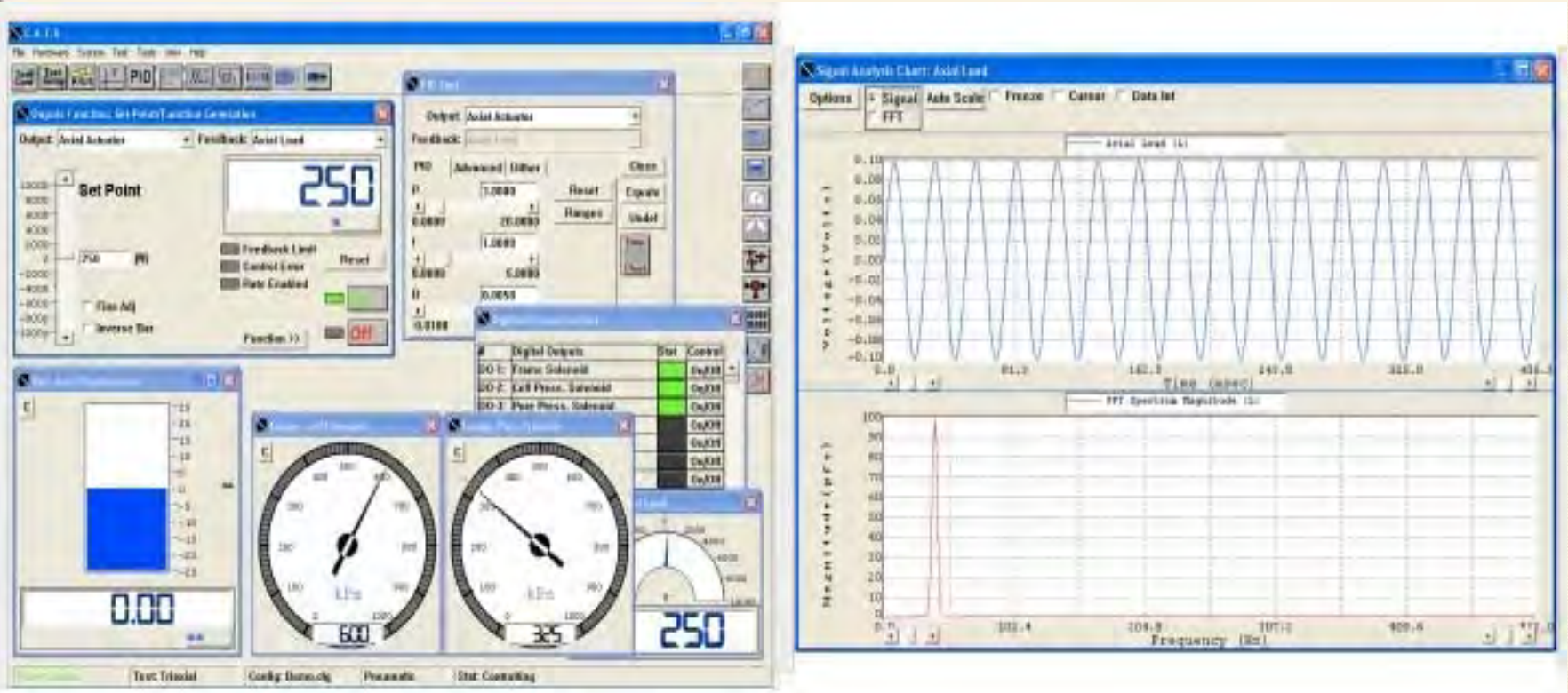


Fig.2.10. CATS-ADV Interfața de la un soft CAI de testat [w. gct_17]


2.6. Procesul de planificare integrat pe calculator - *CAPP*

Se utilizează pentru procesarea electronică a datelor legate de întreg procesul de producție.

CAPP folosește sisteme informatice pentru planificarea, urmărirea și monitorizarea proceselor ciclului de viață al produsului, de la faza de prelucrare a datelor (comenzii) până la expedierea produselor, ținând cont, în același timp, de aspectele legate de calitate, date de livrare și capacitate.

Sistemele CAPP sunt destinate să satisfacă următoarele operații:

- îmbunătățirea cunoașterii datelor de livrare;
- perfecționarea livrării informațiilor (în fluxul informațional);
- reducerea termenelor de livrare;
- reducerea stocurilor în timp, dar păstrarea nivelului de disponibilitate în materiale și scule.



Activitățile de planificare a proceselor pot fi împărțite în următoarele etape [Rad 16]:

- selectarea sculelor și a proceselor;
- selectarea mașinilor și echipamentelor utilizate;
- stabilirea secvențelor de lucru;
- gruparea operațiilor;
- selectarea dispozitivelor utilizate pentru fixarea pieselor;
- selectarea echipamentelor de control;
- stabilirea cerințelor de calitate care se impun pieselor;
- stabilirea regimurilor optime de lucru;
- stabilirea timpilor operativi (timp de bază, timp auxiliar etc.) pentru fiecare post de lucru;
- crearea documentației cu datele stabilite anterior etc.



Utilizarea CAPP aduce următoarele avantaje:

- reduce abilitatea necesară unui planificator;
- reduce timpul de planificare a procesului;
- reduce planificarea procesului și costurile de fabricație;
- crează planuri mai consecvente;
- produce planuri mai precise;
- crește productivitatea.



Sistemele CAPP urmăresc să:

- reducă timpul și costurile de producție;
- eficientizeze amortizarea investițiilor;
- existe o circulație minimă a semifabricatelor și să se reducă stocurile;
- maximizeze producția etc.

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

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



CAPP va trebui să răspundă la următoarele întrebări:

- Ce produse finite trebuiesc fabricate, când și în ce cantitate?
- Ce grupuri de componente 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 încărcare există, dacă resursele materiale și umane sunt disponibile?
- Ce măsuri de creștere sau micșorare a capacității de fabricație trebuie să fie planificate în cazul nevoii de depășire sau micșorare a capacității disponibile?

2.7. Controlul asistat de calculator - CAI

CAI este un instrument software care ajută inginerii în calitate, operatorii sau inspectorii de produs (CTC-iști) în determinarea gradului de concordanță dintre calitatea cerută și cea rezultată în urma procesului de fabricație.

Scopul CAI este de a facilita evaluarea calității pieselor și produselor într-un timp cât mai scăzut.

CAI a fost implementat în producție pentru prima dată în 1971 pentru evaluarea sculelor.

Cel mai utilizat soft CAI este SixSigma, care este bazat pe evaluarea statistică (a fost dezvoltat de Motorola, *Discuții: SUA vs. Japonia*)

Ideea este că dacă măsori în timp real piesele fabricate poți să evaluezi corect problemele care influențează procesul tehnologic și astfel se poate interveni pentru eliminarea factorilor perturbatori și obținerea produselor cu zero defecte.



Pentru efectuarea controlului se fac măsurători prin două procedee:

- măsurări prin contact;
- măsurări fără contact.

Există două metode de măsurare fără contact:

- sisteme de scanare 3D;
- sisteme optice de măsurare cu laser (laser trackers).

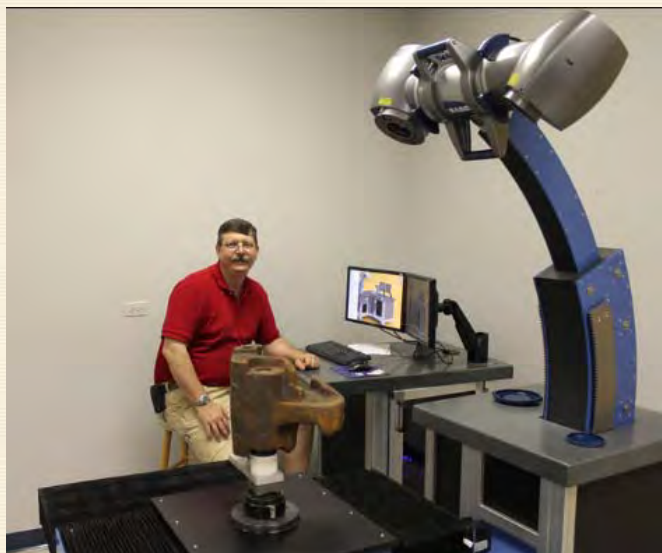


Fig.2.11. Modalități uzuale de măsurare fără contact: a) 3D scanning, b) laser trackers [w.goo_17]

2.8. Asigurarea calității asistate de calculator - CAQ

Îmbunătățirea calității, se bazează pe sesizări ce vin din vânzarea produselor și de la service-urile care asigură mentenanța, și întotdeauna, este legată de probleme financiare.

În elaborarea și gestionarea planului de asigurare a calității se folosesc baze de date care conțin cataloage de caracteristici, erori, instrumente de măsurare etc.

CAQ include:

- managementul eficient al controlului de calitate;
- audit intern al activităților;
- evaluarea nivelului de vânzări;
- atributele produselor și activităților competitorilor;
- controlul statistic pentru etapele procesului;
- documentele de calitate etc.

Principalele obiective ale CAQ sunt îmbunătățirea calității produsului și reducerea timpilor de producție. Implementarea CAQ în companie are ca rezultat o schimbare majoră a modului în care se desfășoară procesul de control al calității în companie.

Tehnicile CAQ trebuie să fie implementate în fiecare departament productiv al companiei.

Avantaje și dezavantaje:

- + Calitate ridicată a produselor cu costuri mici de producție;
- + Productivitate mare și eficiență ridicată;
- + Activitățile de mentenanță sunt optimizate și simplificate;
- + Timpurile neproductive sunt minimizate;
- + Sarcinile de fabricație sunt automatizate, etc;

- Echipamentele necesare sunt costisitoare;
- Este necesar să se implementeze proceduri ce pot fi rigide;
- Scade creativitatea și agilitatea companiei pe termen lung;
- Este necesară o anumită filozofie (cultură) a organizației / procesului.

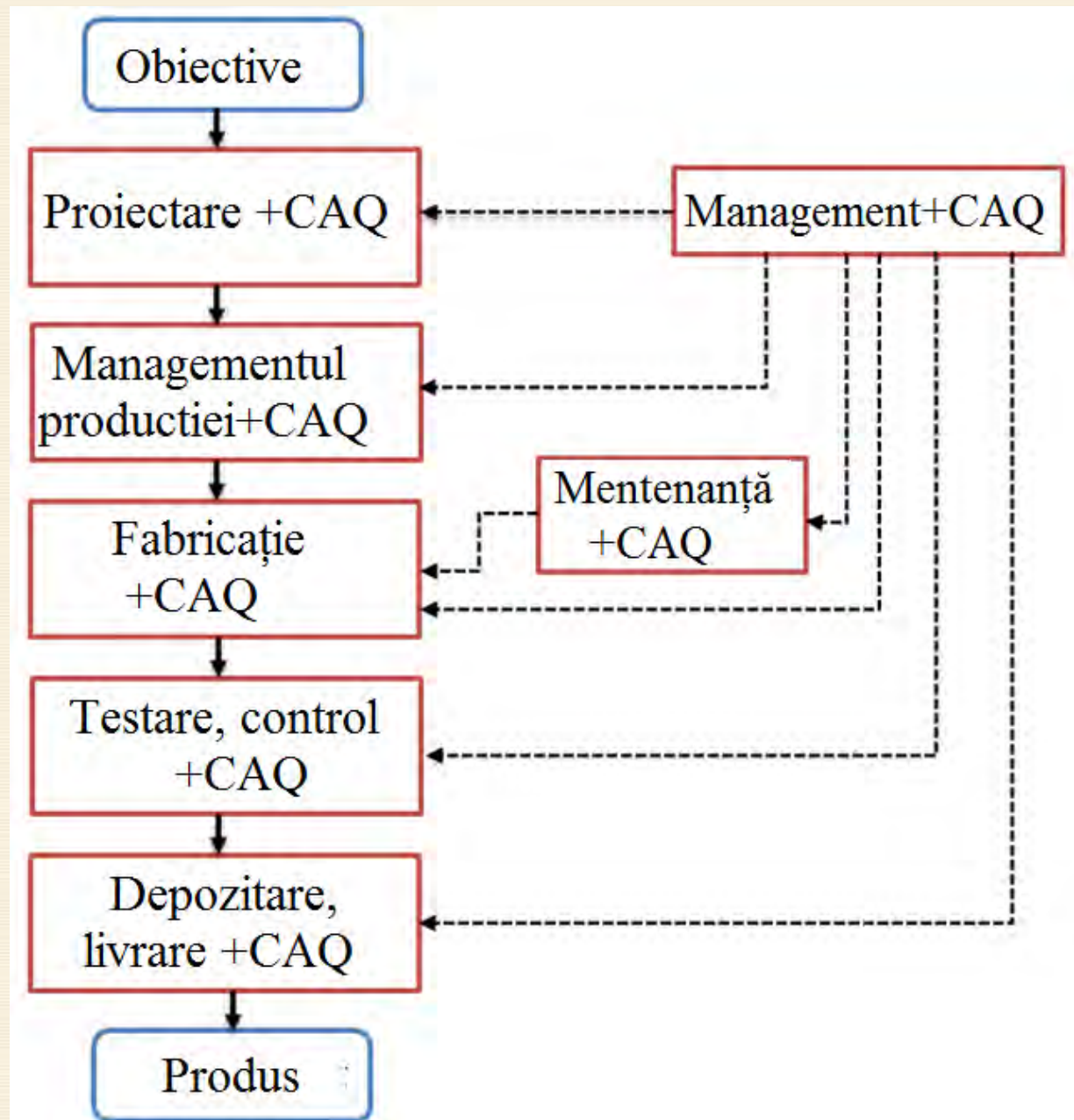


Fig.2.12. Integrarea CAQ într-o companie [Dom 90]

2.9. Fabricația integrată pe calculator - *CIM*

CIM, după cum îi sugerează și numele, urmărește să introducă utilizarea softurilor de calculator în toate etapele de producție a unui produs, cu scopul îmbunătățirii produsului și îndeosebi eficientizării activităților productive.

CIM urmărește să:

- crească productivitatea;
- reducă costurile de producție;
- să se respecte termenele de livrare a produselor,
- îmbunătățească calitatea produsului și activităților prestate în procesul de producție;
- îmbunătățească flexibilitatea sistemelor de producție etc.

Companiile trebuie să îndeplinească următoarele obiective pentru a fi competitive într-un context global:

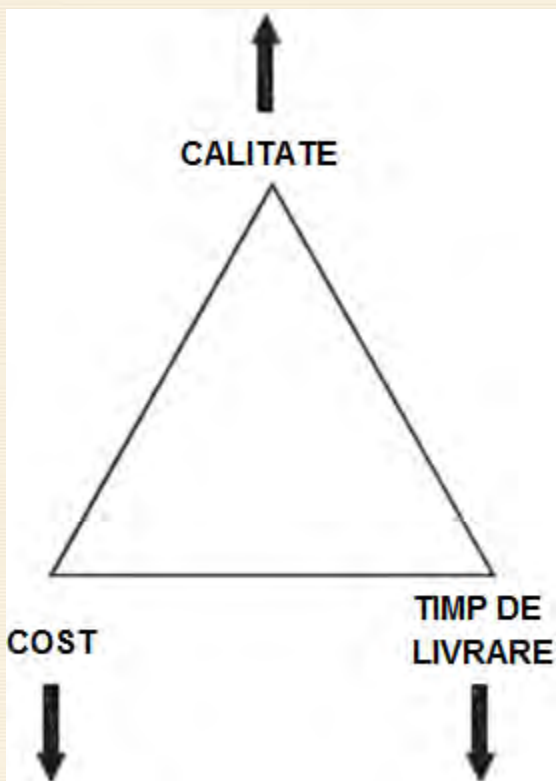


Fig.2.13. Avantajele CIM [Rad 14]

- ✓ reducerea stocurilor
- ✓ costuri de producție scăzute
- ✓ reducerea pierderilor
- ✓ îmbunătățirea calității
- ✓ creșterea flexibilității producției pentru a obține un răspuns rapid și prompt la:
 - schimbările de produs
 - schimbările volumului de producție
 - schimbări de proces
 - schimbări de echipamente
 - schimbări de personal etc.

Fabricația în CIM oferă soluții la provocările apărute în procesul de producție.

CIM este compus practic din: mașini, echipamente, rețele de calculatoare etc. care sunt interconectate cu materiale, energie și în special cu fluxul de informații.

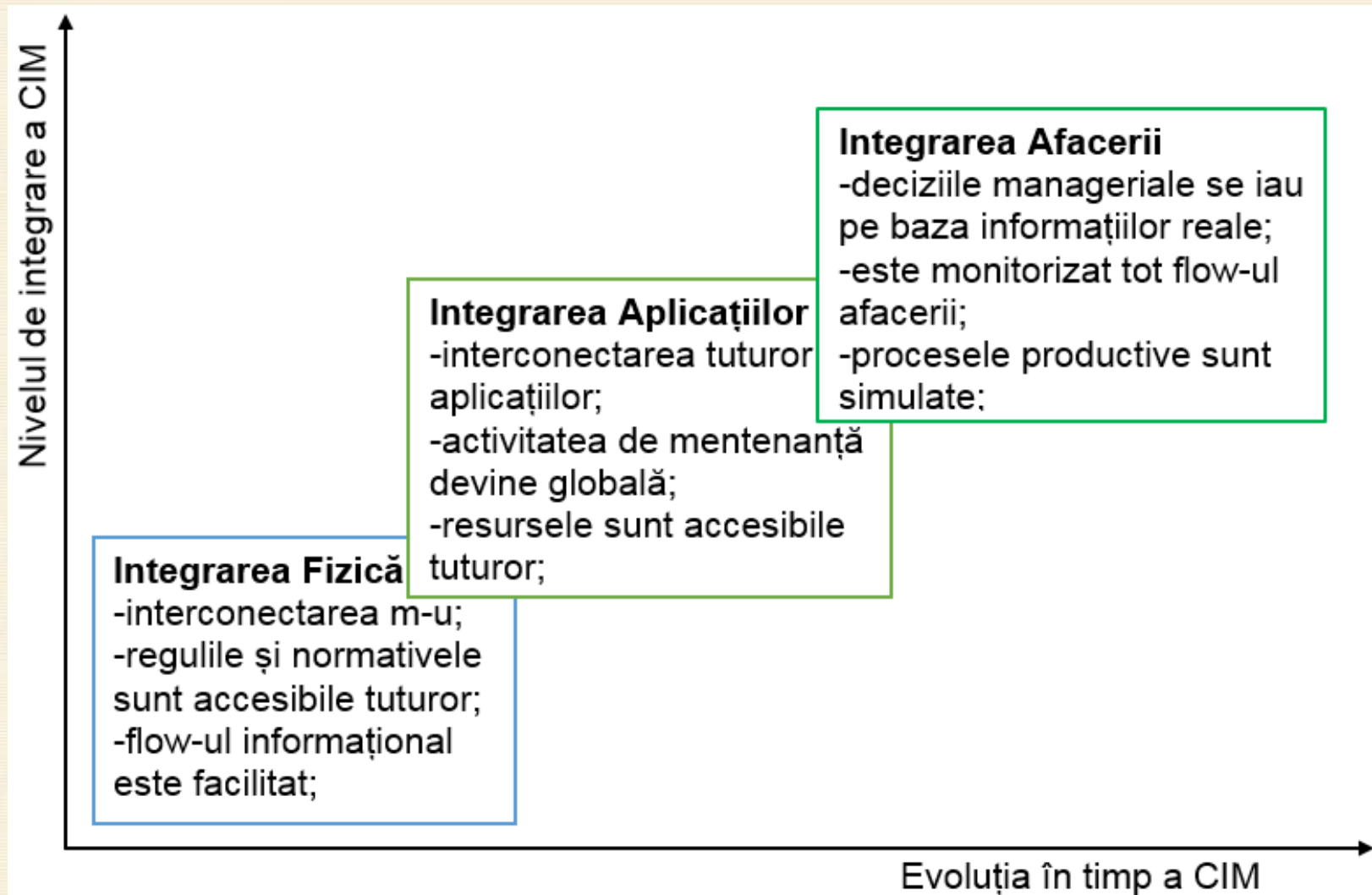


Fig.2.14. Nivelul de integrare și evoluția CIM [Rad 14]

Capitol 3. Conceptul de Sistem Flexibil de Fabricație (SFF)

3.1. Introducere în conceptul de SFF

Datorită complexității SFF, acestea pot fi analizate folosind teoria sistemelor.

Un sistem poate fi definit ca un ansamblu de elemente legate între ele prin forme de interacțiune sau forme de interdependență care funcționează în scopul realizării unui obiectiv comun.

Sistemul are trei aspecte esențiale:

- a) funcțional;
- b) structural;
- c) ierarhic.

A. Aspectul funcțional

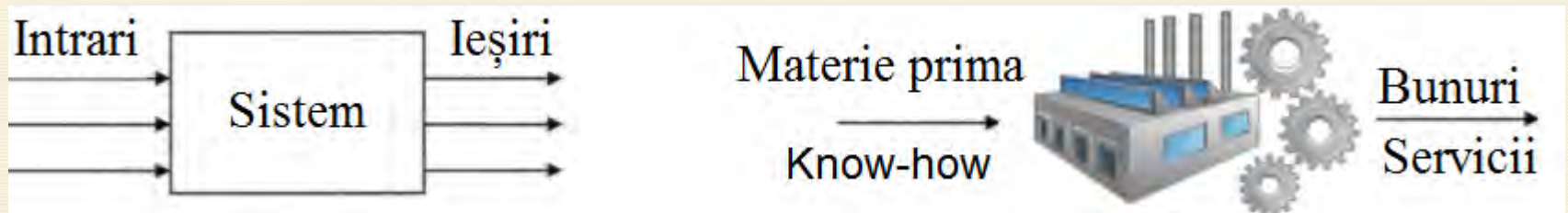


Fig.3.1. Dependența dintre intrări și ieșiri

B. Aspectul structural

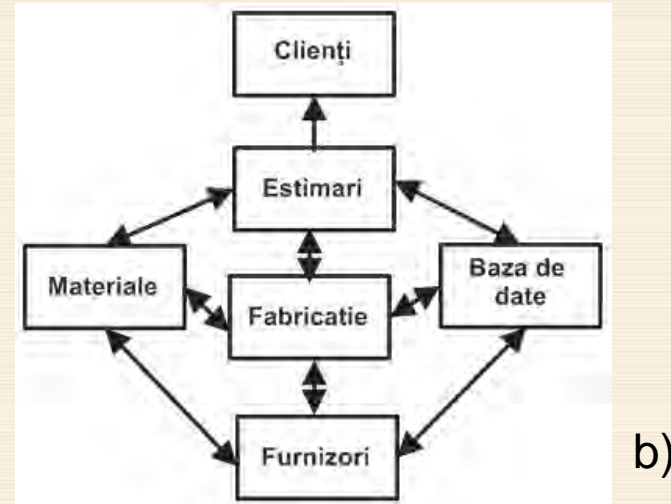
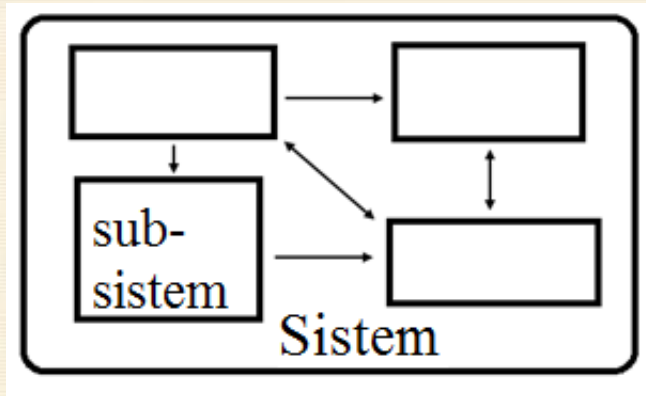


Fig.3.2. Sistemul ca relații între componentele sale

C. Aspectul ierarhic

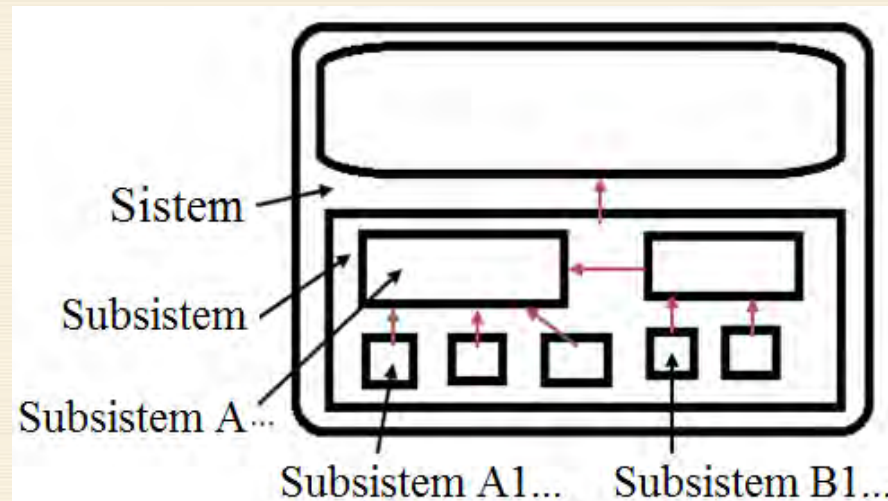


Fig.3.3. Sistemul ca posibilități de agregare/dezagregare cu alte sisteme

Fabricația - reprezintă transformarea semifabricatului în produs finit.
Producția – include fabricația și implică și activitățile de transport, stocare și servicii.

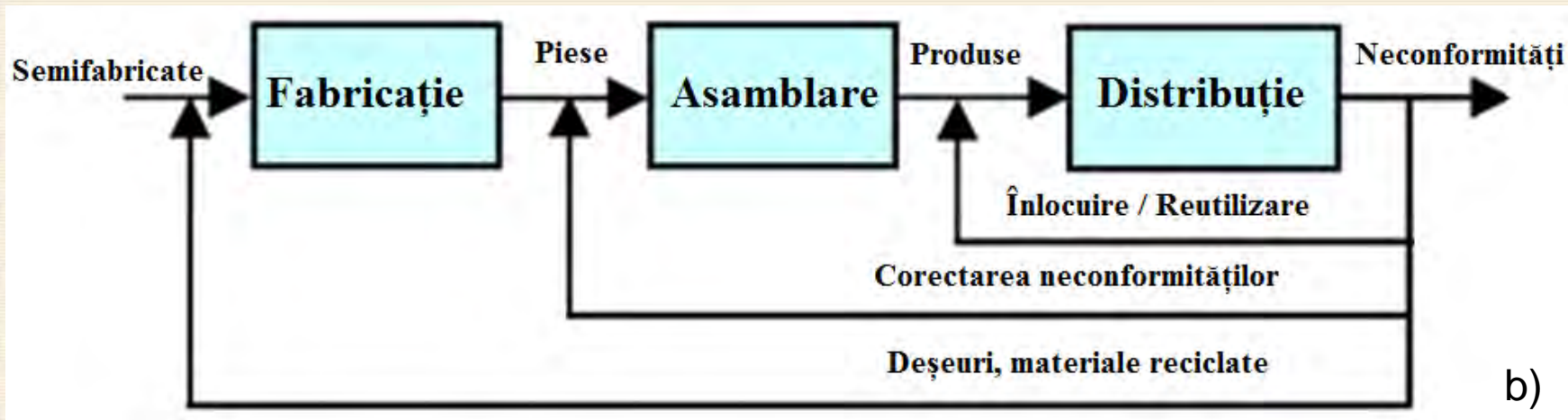
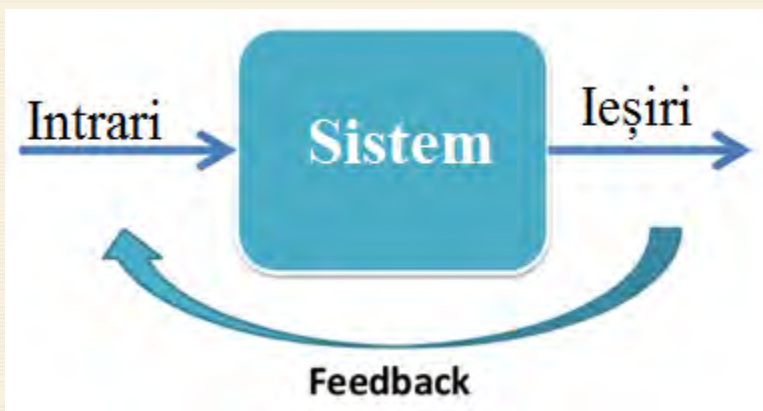


Fig. 3.4. Schema sistem: a) reprezentare matematică, b) reprezentare fabricație [Kri 08]

3.2. Flexibilitatea unui sistem de fabricație

Flexibilitatea, în sens restrâns, este capacitatea de adaptare a sistemului de fabricație la variația sarcinii de fabricație.

Flexibilitatea, în sens larg, reprezintă capacitatea de adaptare a sistemului de fabricație la schimbările interioare sau exterioare apărute

Ce schimbări ?

Aceste schimbări:

- reglarea, reechiparea și restructurarea mașinilor unelte;
- schimbarea programelor CN;
- schimbarea itinerarelor de fabricație;
- corelarea proceselor de fabricație la piese diferite ce se prelucrează simultan;
- echilibrarea, reglarea sau redistribuirea sarcinilor la unităților de lucru;
- dezvoltarea sau reducerea sistemului;
- încadrarea în parametri exteriori sistemului (productivitate, termen de livrare, eficiență economică);
- etc.

Schimbările sunt:

Exterioare – sunt legate de sarcina de fabricație;

Interioare – sunt cauzate de defecțiunile din sistem;

3.3. Evaluarea flexibilității

Există diverse modalități de evaluare a flexibilității. Din punct de vedere cantitativ, ea poate fi evaluată utilizând o serie de parametrii.

□ *Gradul de adaptare în timp (G_{AT}):*

$$G_{AT} = e^{-(t_r/t_{ro})} \quad (3.1)$$

unde: t_r - timpul de reechipare;

t_{ro} - timpul de reechipare pentru un sistem de comparație.

- *Indicatorul flexibilității (IF):*

$$IF = \frac{N \cdot K}{n \cdot 1000} \quad (3.2)$$

unde: n - numărul tipurilor de repere de realizat în sistem;
 K - procentul tipurilor de repere care se face pentru prima dată;
 N - numărul tipurilor asemănătoare care sunt incluse în același lot de fabricație.

- *Coeficientul mediu de flexibilitate (F):*

$$F = \frac{\sum_{j=1}^n t_{pj}}{\sum n + \frac{2}{n-1} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ij}} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad (3.3)$$

unde: t_{pj} - timp de prelucrare pentru reperul j ;
 t_{ij} - timpul de pregătire a sistemului de la trecerea de la tipul i la j ;
 n - numărul tipurilor ce se prelucrează în sistem.

- *Gradul flexibilității de adaptare exprimat în costuri (G_{AC}):*

$$G_{AC} = e^{-\left(\frac{C_R}{C_{RO}}\right)} \quad (3.4)$$

unde: C_R – costuri de adaptare pentru sistemul analizat;
 C_{RO} – costuri de reechipare pentru un sistem de compensație.

- *Coeficientul de pregătire a sistemului (K):*

$$K = \frac{T_p}{T_p + T_a} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad (3.5)$$

unde: T_p – timpul de pregătire a lotului de piese;
 T_a – timpul mediu de adaptare a sistemului la trecere la un nou tip de reper;
 n – numărul tipurilor care se prelucrează în sistem.

- *Coeficientul mediu de flexibilitate (F):*

$$F = \frac{\sum_{j=1}^n t_{pj}}{\sum n + \frac{2}{n-1} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ij}} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad (3.6)$$

unde: t_{pj} – timpul de prelucrare pentru reperul “j”;

t_{ij} – timpul pentru pregătirea sistemului la trecerea de la reperul “i” la reperul “j”;

n – numărul tipurilor care se prelucrează în sistem.

- *Coeficientul de flexibilitate a structurii (K_s):*

$$K_s = \frac{1}{q_{max} \cdot q + 1} \quad \text{unde } q_{max} = \frac{n!}{2(n-2)!} \quad (3.7)$$

unde: q_{max} – numărul maxim de legături dintre componentele sistemului;

q - numărul efectiv de legături dintre componentele sistemului;

n - numărul componentelor sistemului.

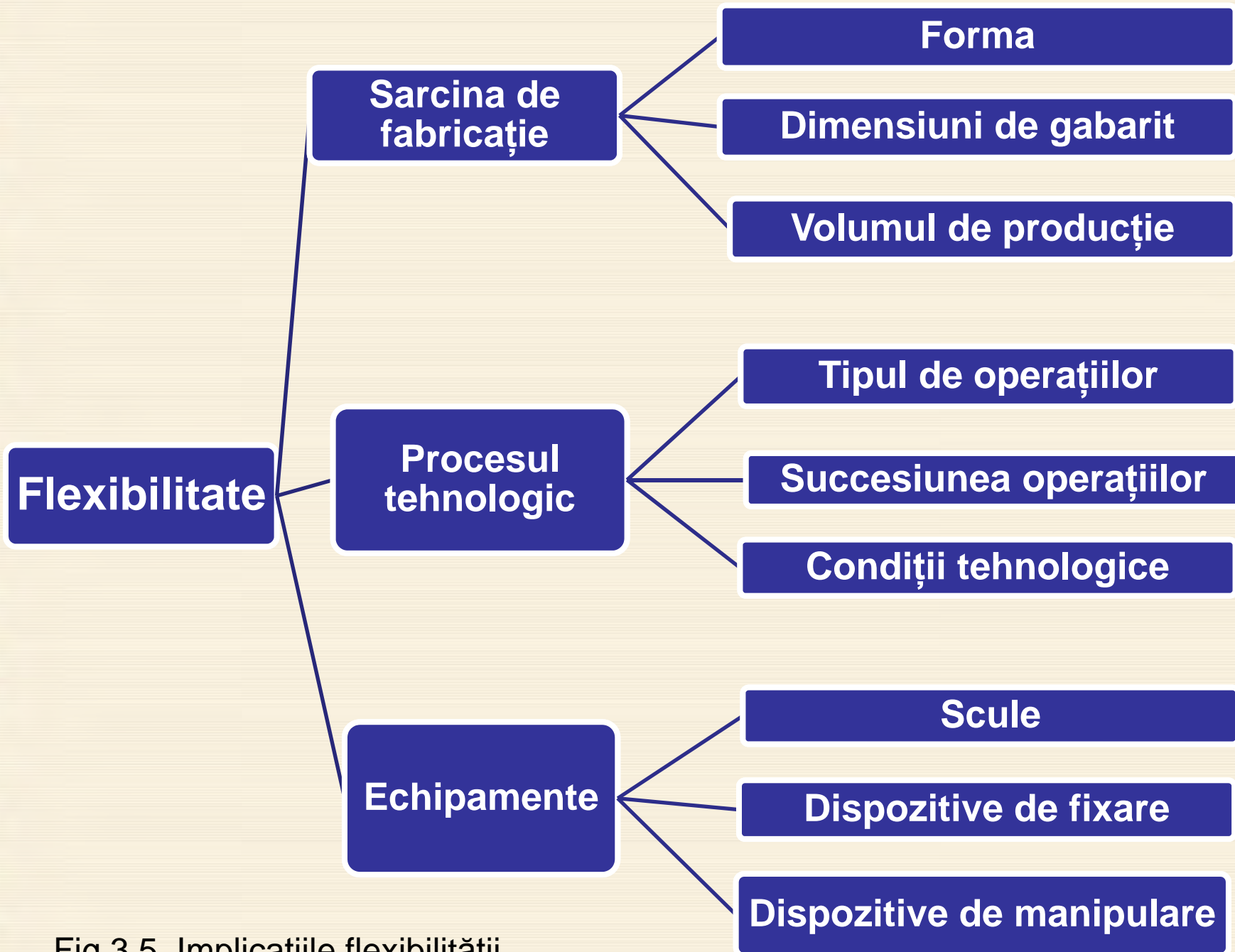


Fig.3.5. Implicațiile flexibilității

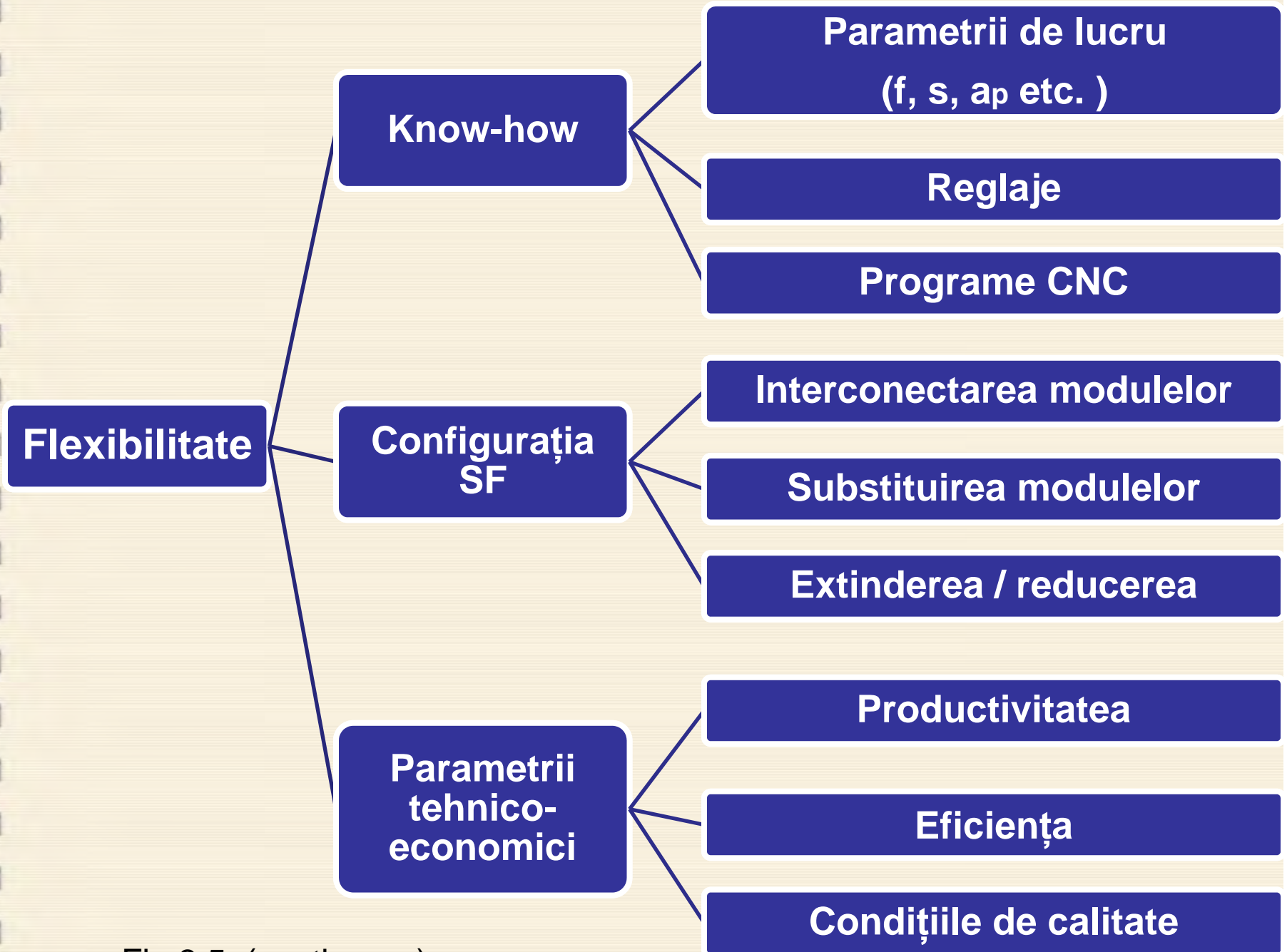


Fig.3.5. (continuare)

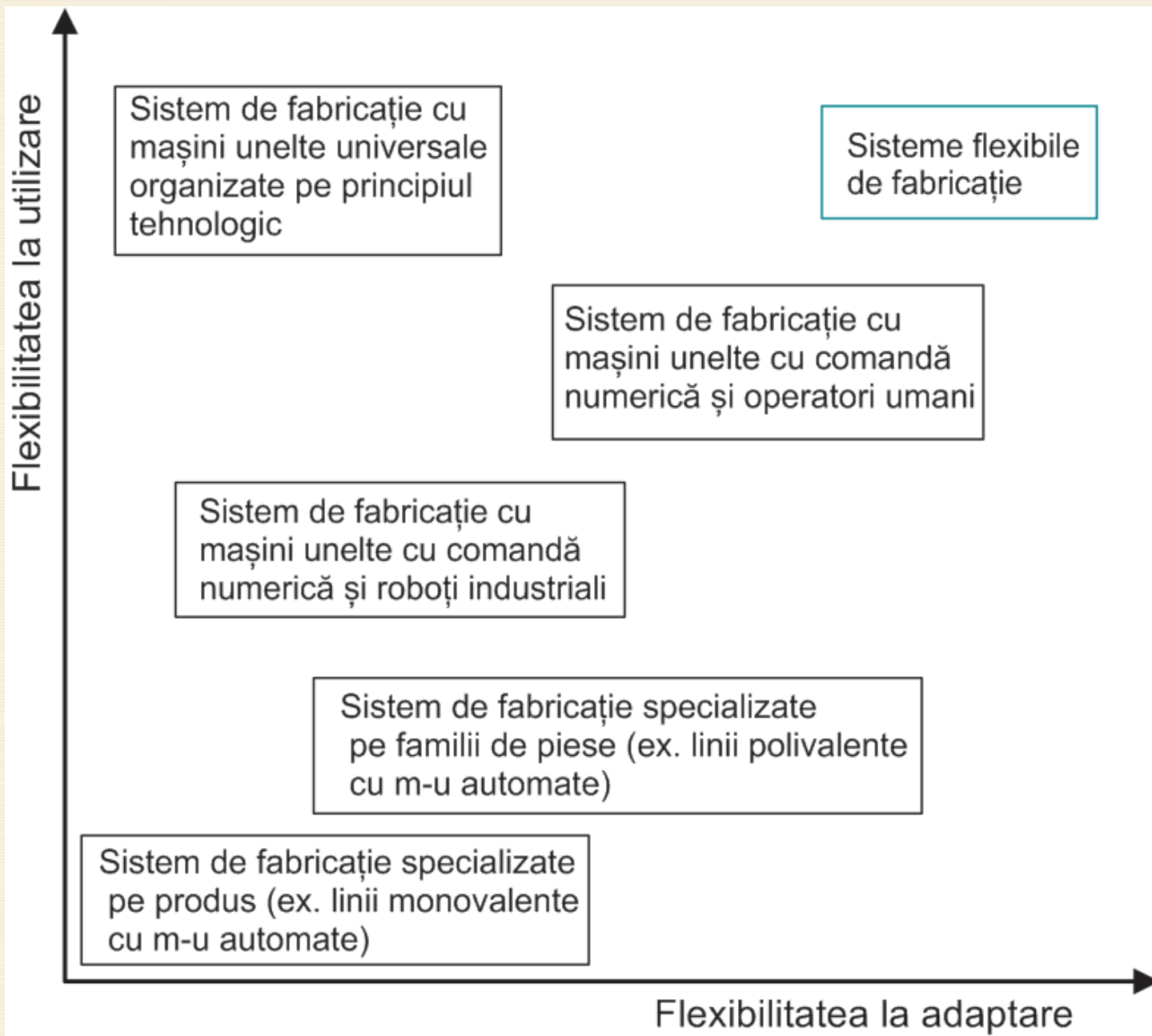


Fig.3.6. Flexibilitatea din punct de vedere al utilizării și al adaptării

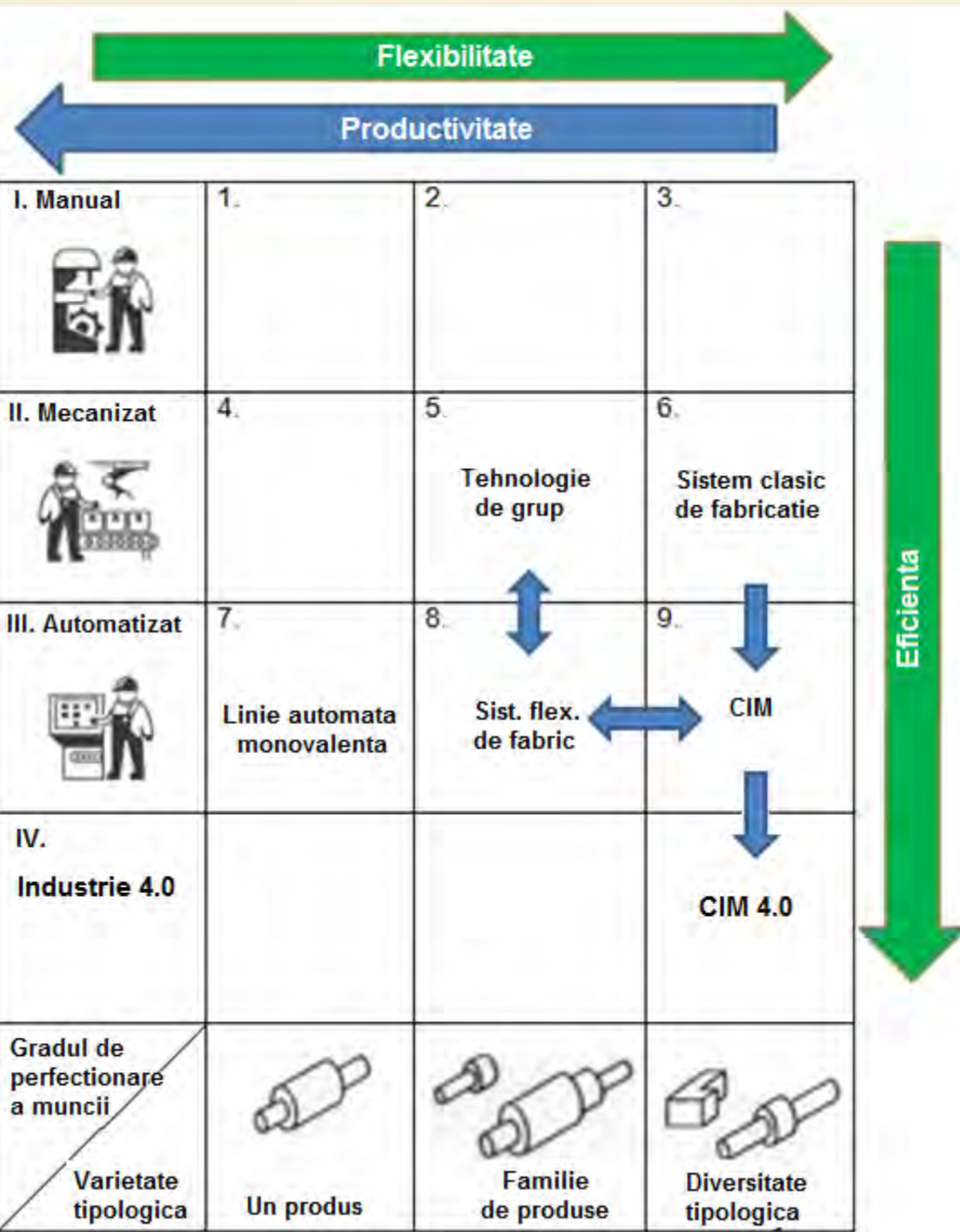


Fig.3.7. Evoluția sistemelor de fabricație

3.4. Componentele principale ale SFF

Componentele tehnologice ale SFF pot fi grupate pe trei nivele și depind de volumul de fabricație care se prelucrează.

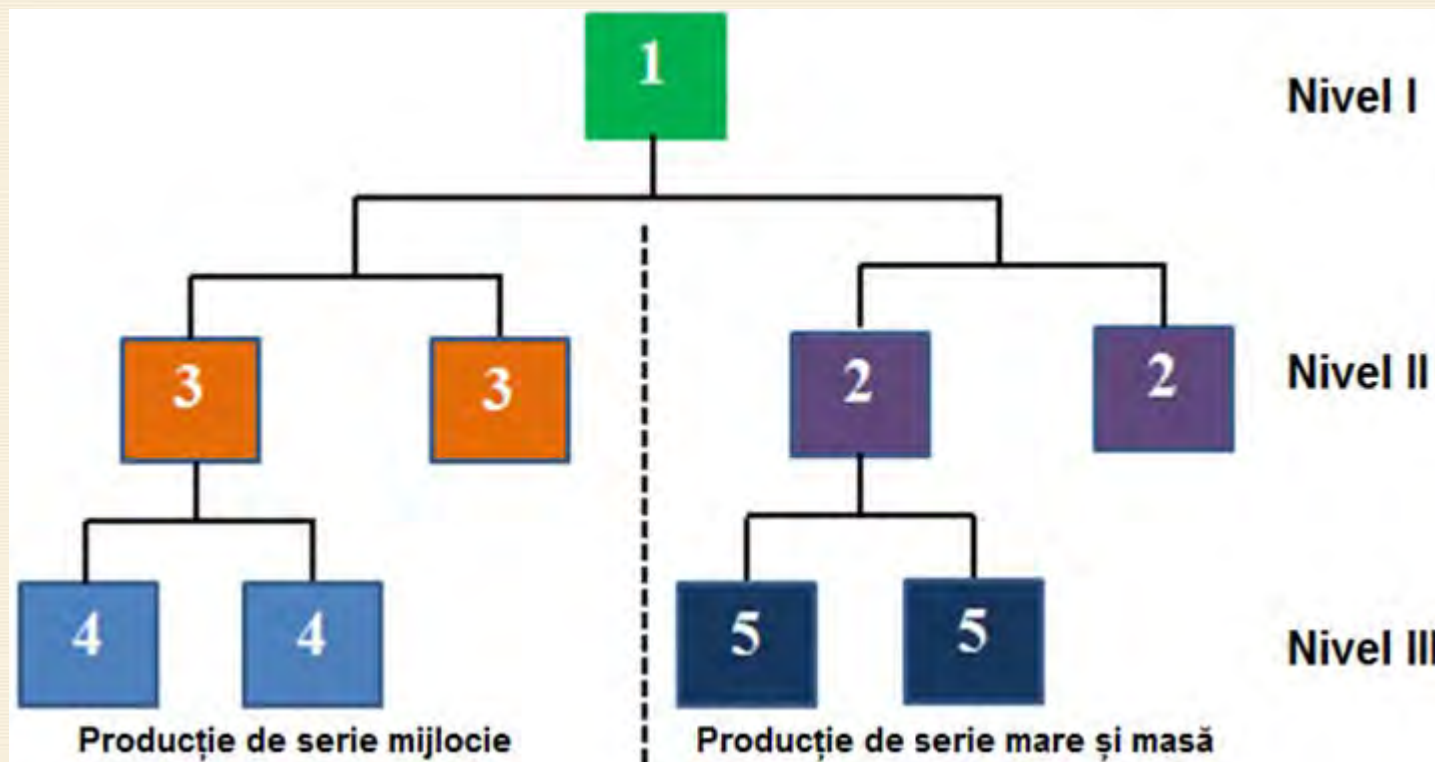


Fig.3.8.

1. SFF
2. Linii flexibile de fabricație
3. Celula flexibilă de fabricație
4. MUCNC simple și paletizate
5. MUCNC & elemente de automatizare

Celula flexibilă de fabricație (CFF)

CFF este compusă dintr-un număr restrâns de centre CNC cu schimbătoare de palete la care piesele se transferă între mașini cu ajutorul roboților industriali sau manual.

CFF are o flexibilitate ridicată fiind capabilă să prelucreze o întreagă familie de piese, dar are o productivitate medie.

CFF este dispusă după un layout de proces.

Componente:

- centre CNC;
- magazii de palete;
- sistem automat de transfer a pieselor;
- roboți pentru încarcare/descărcare palete de pe m-u;
- control CNC sau DNC.

Utilizare: la serii mijlocii de fabricație.



Fig.3.9. Centru CNC cu schimbător de palate integrat [w. cbm_17]



Fig.3.10. Vedere parțială dintr-o celulă flexibilă [w. dir_17]

Linie flexibilă de fabricație (LFF)

LFF este compusă din “n” mașini CNC cu schimbătoare de palete și scule, iar piesele se transferă între mașini automat în ordinea succesiunii operațiilor.

LFF sunt mai puțin flexibile decât celulele flexibile, uzual fiind gândite pentru prelucrarea a 6...11 tipuri de piese în condiții de productivitate ridicată.

LFF sunt dispuse după un layout de flux tehnologic.

Componente:

- centre CNC;
- magazii de palete;
- sistem automat de transfer a pieselor;
- roboți pentru încarcat/descărcat palate de pe mașini unelte;
- alte mașini unelte de proces;
- control prin DNC.

Utilizare: la serii mari de fabricație.



a) [w.pie_17]



b) [w.fac_17]

Fig.3.11. Linie flexibilă de fabricație: a) industrială, b) de laborator, cu caracter didactic sau experimental



Fig.3.12. LFF pentru asamblare [w.goo_17]

Sistem flexibil de fabricatie (SFF)

SFF este compus din CFF sau LFF și este proiectat pentru prelucrarea uneia sau mai multor familii de piese.

Componente:

- centre CNC;
- magazii de palete;
- sistem automat de transfer a pieselor (conveier, AGV etc.);
- roboți industriali;
- alte mașini unelte de proces;
- control DNC ce integrează tot fluxul de fabricație;
- echipamente de control a pieselor, sculelor etc.

La ora actuală, SFF au devenit eficiente și la trecerea de la prelucrarea unei familii de piese la o alta.

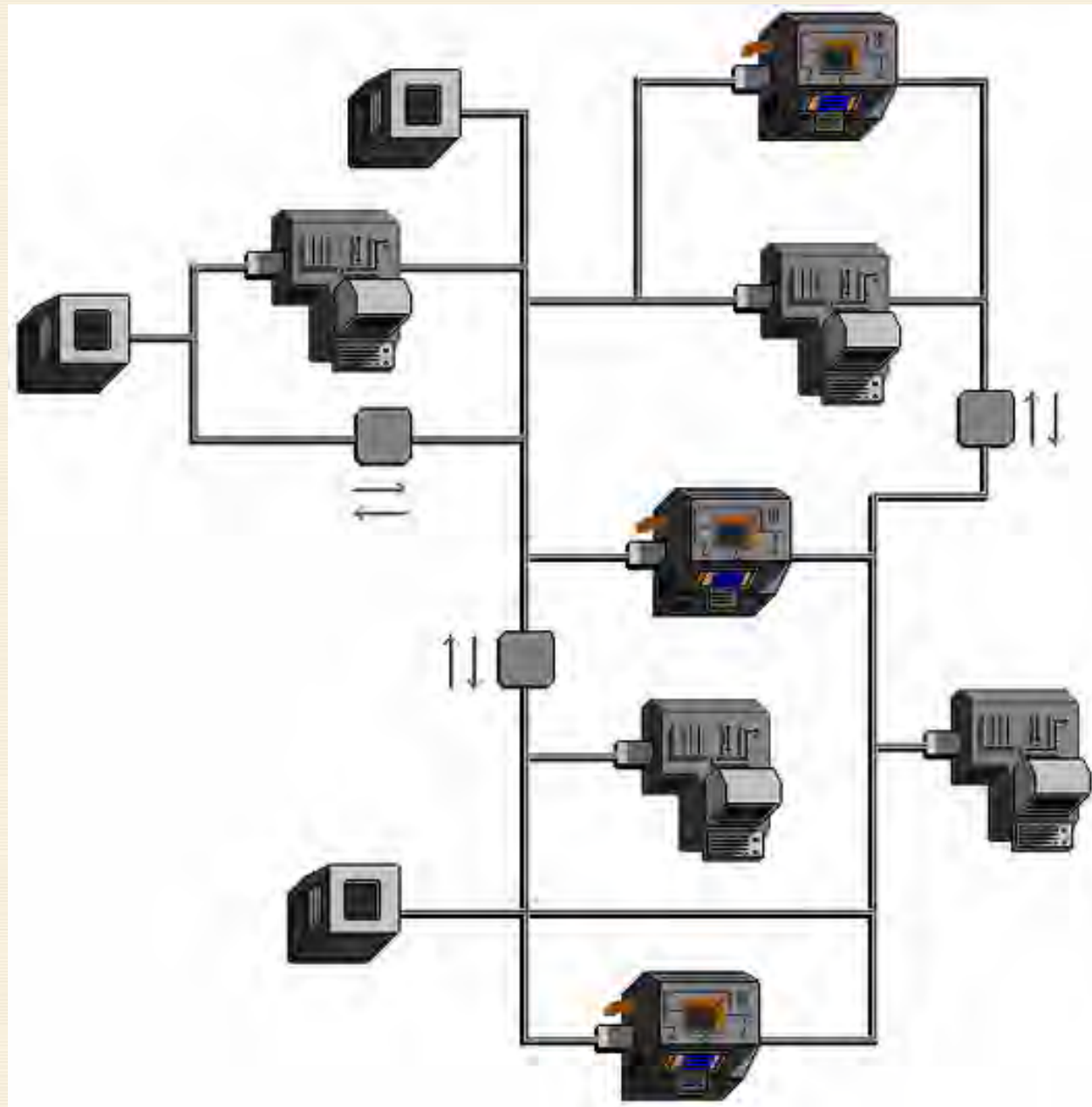


Fig.3.13. Layout pentru SFF [w. res_20]

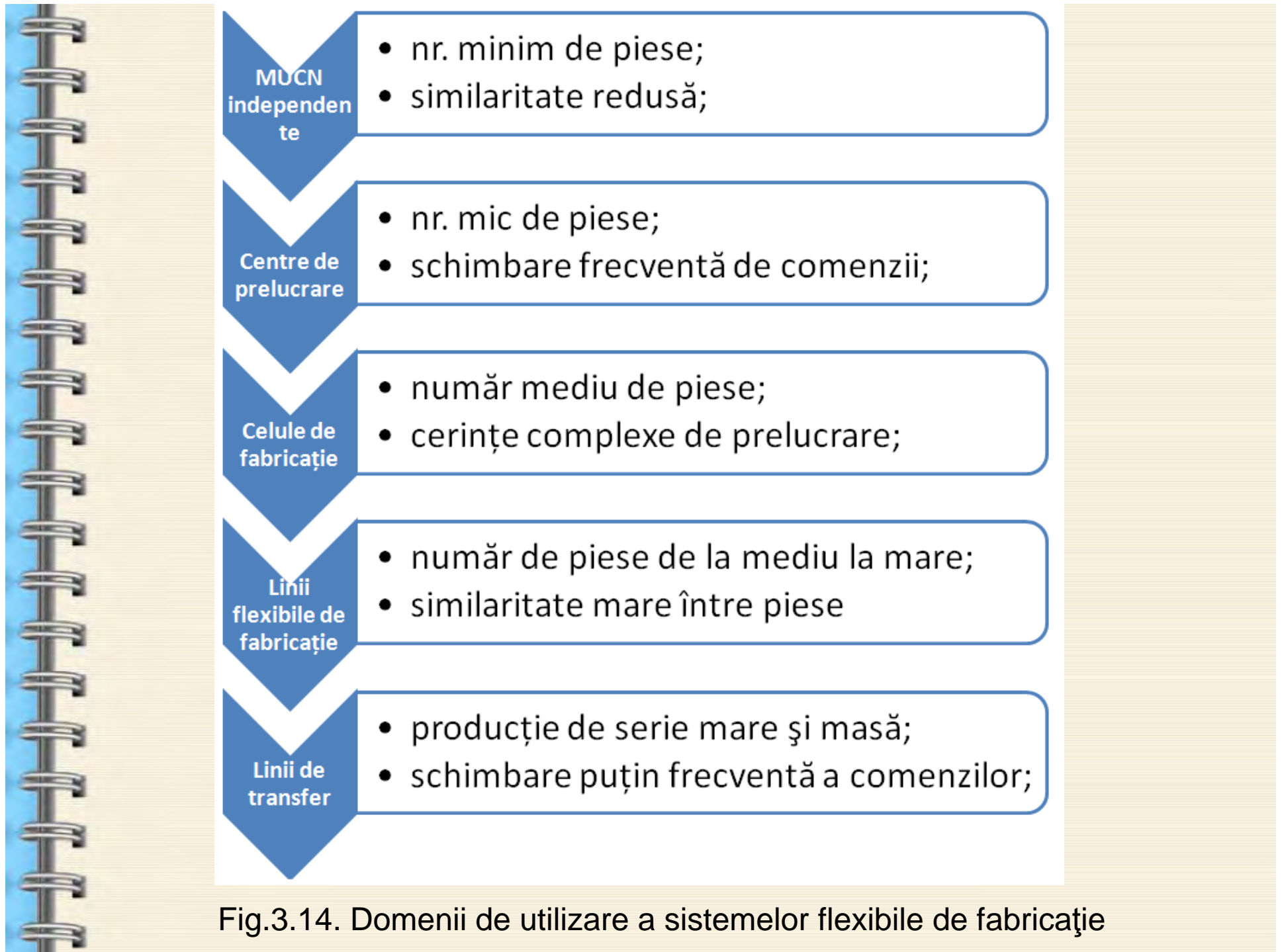


Fig.3.14. Domenii de utilizare a sistemelor flexibile de fabricație

3.5. Variabilele unui SFF

- Flexibilitatea;
- Integrarea;
- Modularizarea;
- Automatizarea.

Flexibilitatea asigură adaptarea SFF la influențele externe (volumul lansării, nomenclatorul fabricației, succesiunea de prelucrare, schimbări tehnologice de fabricație, schimbări ale caracteristicilor semifabricatului) și influențe interne (defectarea elementelor sistemului).

Integrarea poate fi:

- tehnologică;
- tehnică;
- la nivelul sistemelor de comandă;
- la nivelul pregătirii fabricației.

Cu cât gradul de integrare este mai ridicat cu atât SFF este mai competitiv.

Modularizarea în SFF este activitatea în care sistemele de fabricație sunt structurate în module.

Un modul este o unitate funcțională de sine stătătoare în raport cu ansamblu tehnologic din care face parte.

Modularitatea este un principiu de structurare care îmbunătățește claritatea, reduce complexitatea SF, oferă flexibilitate și are unele avantaje organizaționale care permit rezolvarea în serie sau paralel a sarcinilor [Mil 98].

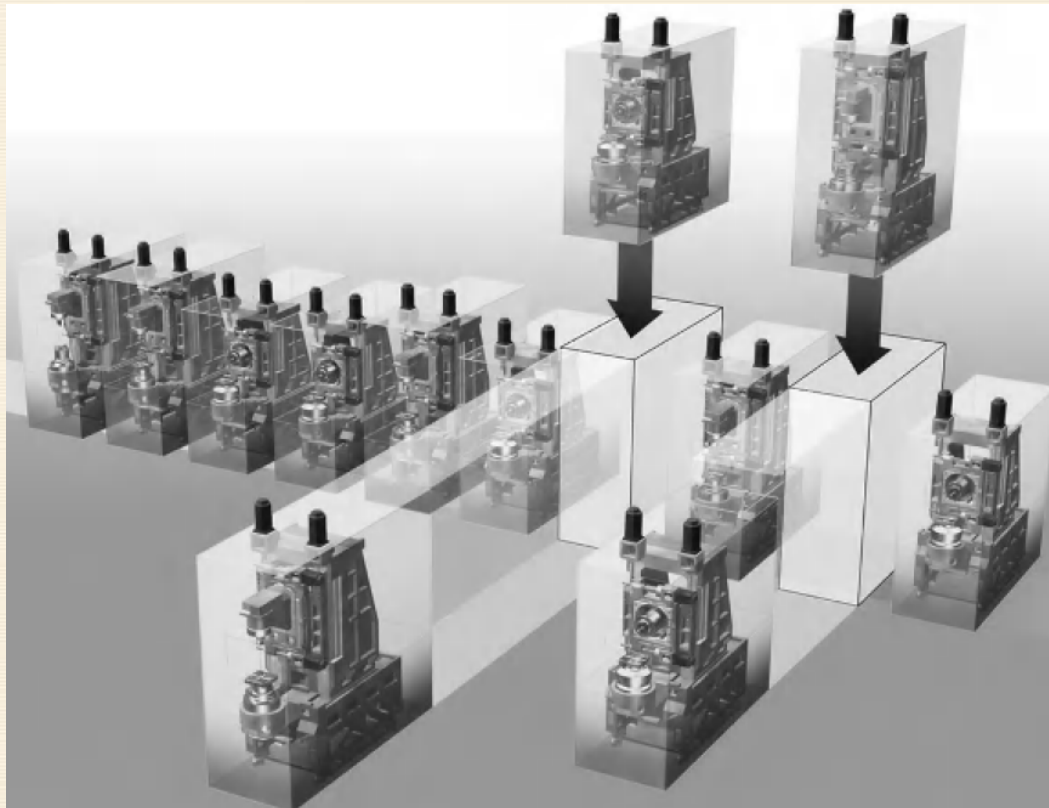


Fig.3.15. Principiul modularității aplicat pe linia de fabricație [Tol 09]

Prin modularizare se formează un sistem complex din module elementare.



Fig.3.16. Module elementare de prelucrare

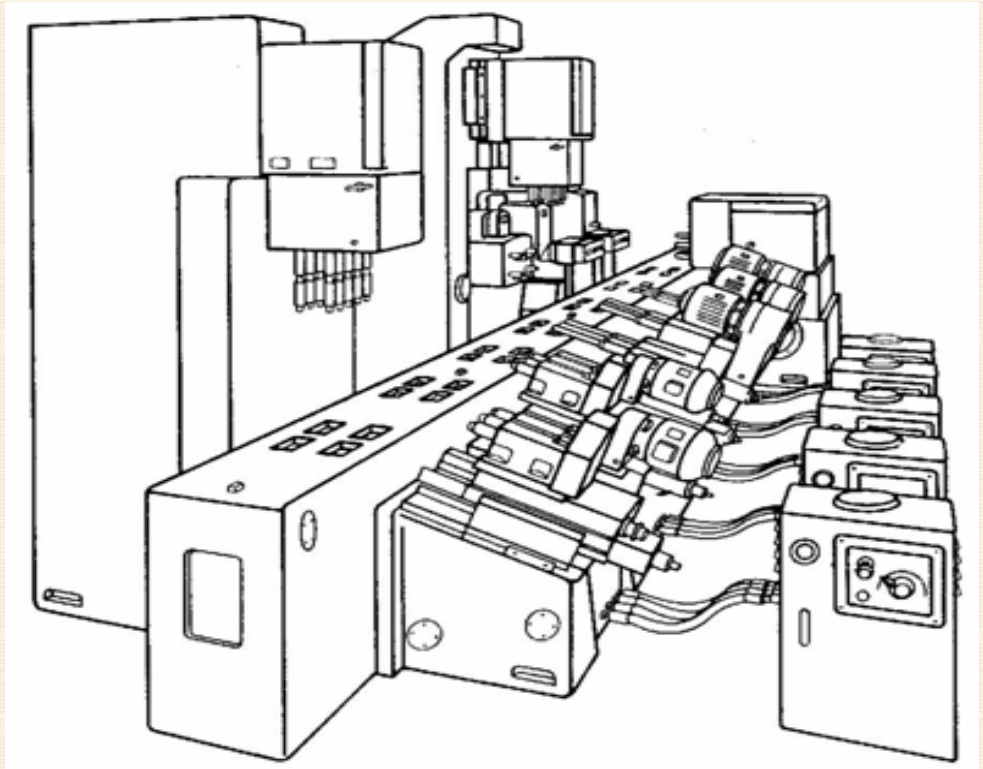


Fig.3.17. Linie de fabricație modulară

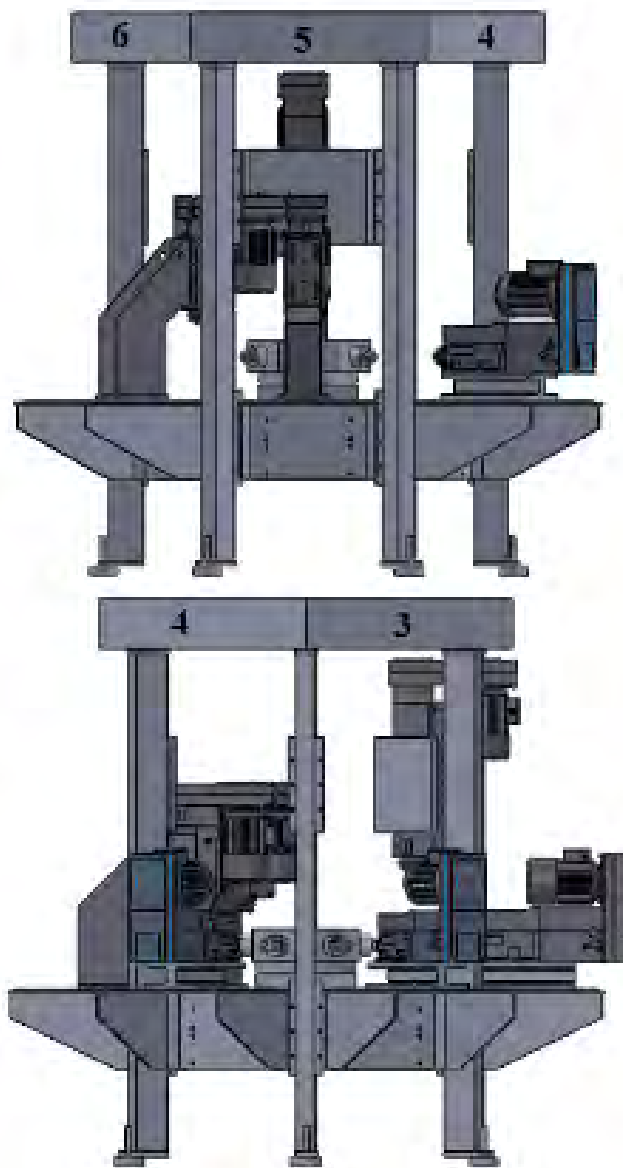
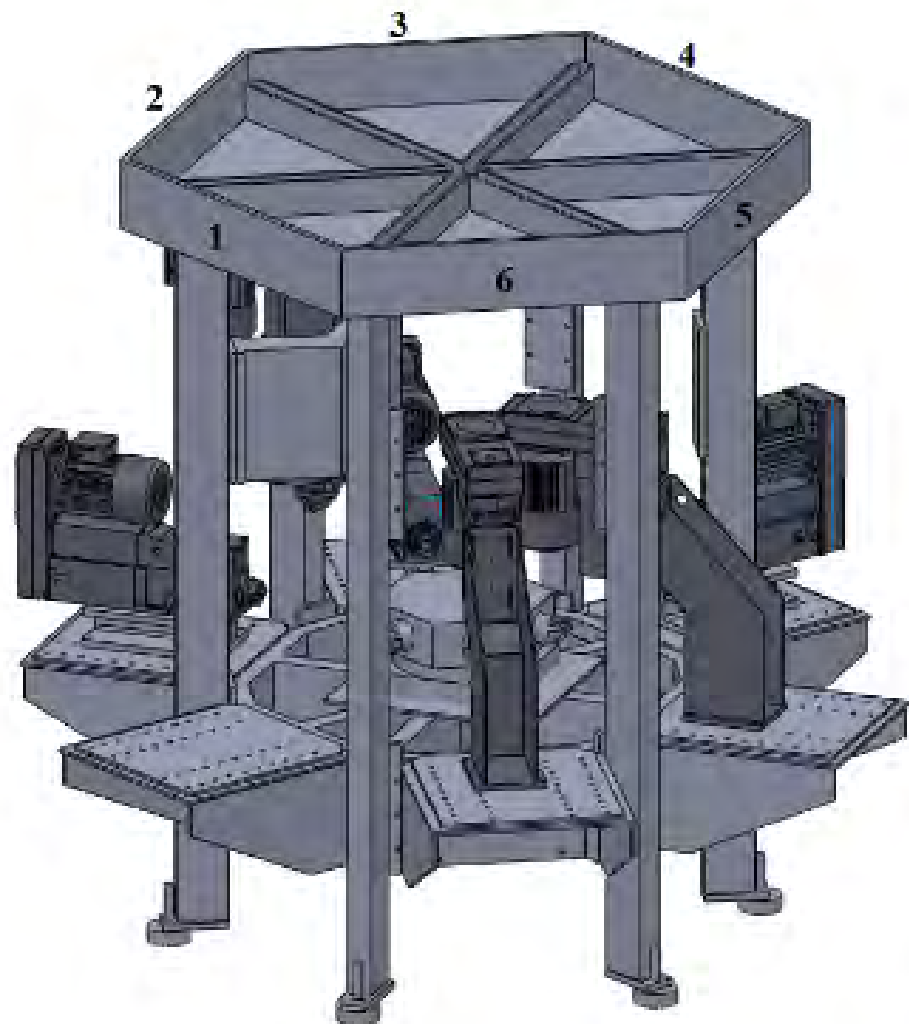


Fig.3.18. Structură modulară pentru prelucrare unui reper [Fah 18]

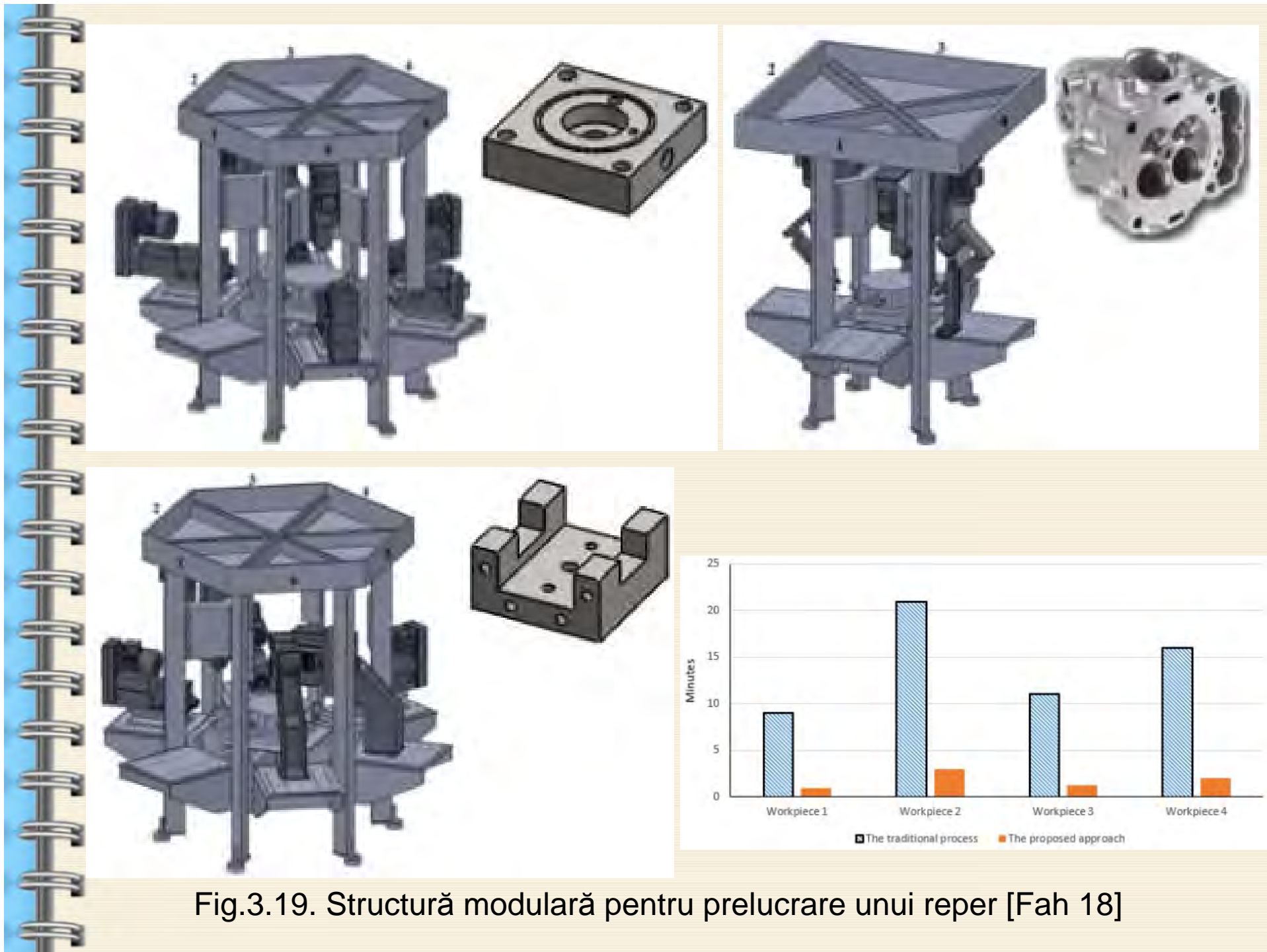



Fig.3.19. Structură modulară pentru prelucrare unui reper [Fah 18]

Automatizarea asigură ca procesele de prelucrare de bază, și procesele ajutătoare (strângerea, fixarea, transportul, depozitarea, controlul, înlocuirea sculelor, îndepărtarea deșeurilor, identificarea defecțiunilor și remedierea lor) să se realizeze automat.

Sistemele automate sunt de 3 tipuri [Rad 14]:

- i. Pneumatice
- ii. Hidraulice
- iii. Automatizare utilizând PLC-uri și combinând i. și ii.

Automatizarea crește productivitatea și calitatea produselor fabricate.



SFF se deosebește de sistemele de fabricație tradiționale prin următoarele caracteristici definitorii:

- flexibilitatea – capacitatea de a se adapta la caracteristicile pieselor;
- capacitatea de a accepta semifabricatul în ordine aleatoare;
- capacitatea de prelucrare simultană sau succesivă a unor piese diferite;
- se utilizează atât pentru producția în serie mare cât și la producția de serie mijlocie;
- posibilitatea de integrare etapizată;
- autonomia funcțională a acestora în trei schimburi fără operatori umani;
- încărcarea intensivă a mașinilor unelte.

3.6. Clasificarea SFF

criterii:

a. După procesul tehnologic de obținere a piesei

- SFF de prelucrare prin așchiere;
- SFF de prelucrare prin turnare;
- SFF de prelucrare prin deformare plastică;
- SFF de prelucrare ce utilizează procedee neconvenționale de prelucrare.

b. După tipul piesei de prelucrat

- SFF pentru piese prismatice;
- SFF pentru piese de revoluție;
- SFF pentru piese tip placă.

c. După traseul sistemului de transfer al semifabricatului

- SFF cu transfer liniar;
- SFF cu transfer circular;
- SFF cu transfer mixt.

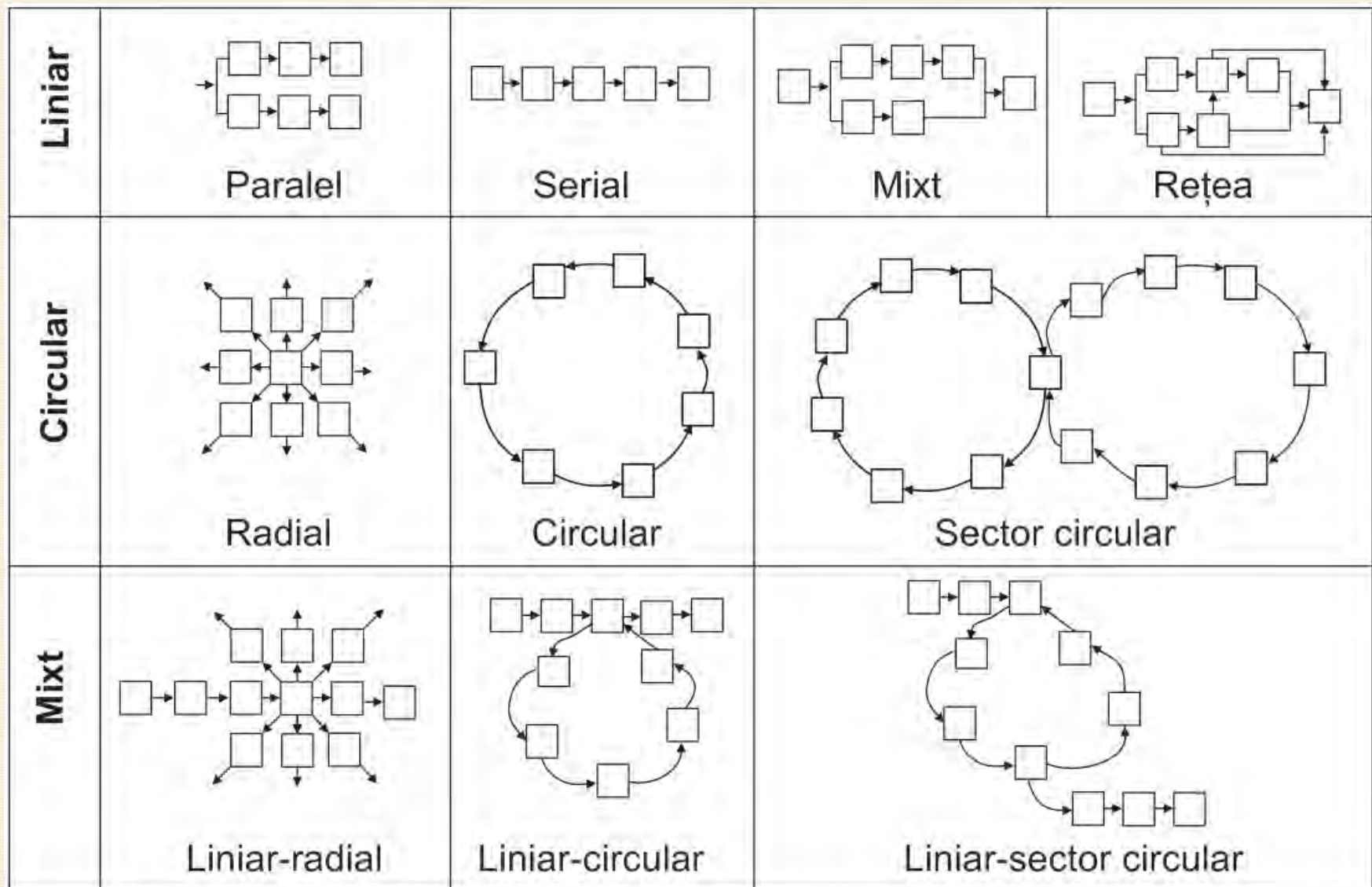


Fig.3.20. Posibilitate de amplasare a posturilor de lucru în SFF [Nic 89]

d. După nivelul de automatizare

- SFF parțial automatizat;
- SFF automatizate dar cu pregătirea exterioară a reechipării sistemului de către operatorul uman;
- SFF automatizate, dar care necesită operatori umani pentru supravegherea sistemului;
- SFF automatizate care necesită implicarea factorului uman numai în procesul de programare și inițiere a sistemului.

e. După ordinea prelucrării pieselor

- SFF de tip radar, pentru tratarea aleatoare a semifabricatelor;
- SFF în grup pentru tratarea în grup a semifabricatelor.

f. După sistemul de concepție a SFF

- SFF la temă;
- SFF modulare (este proiectat astfel încât să permită extinderea etapizată prin cuplare sau multiplicarea unui modul de bază).

g. După gradul de diversitate al pieselor:

- SFF care prelucrează o varietate mare de piese în loturi mici de producție;
- SFF care prelucrează o varietate medie de piese în loturi medii de fabricație;
- SFF care prelucrează o varietate mică de piese în loturi mari de fabricație.

h. După gradul de închidere a proceselor:

- SFF care permit închiderea proceselor de fabricație pentru o temă dată - adică prelucrarea completă a reperului;
- SFF care nu realizează închiderea procesului de realizare pentru sarcina dată.

3.7. Tipuri de flexibilitate


Flexibilitatea este capacitatea sistemului de a gestiona resursele de producție și aptitudinea acestuia de a reacționa la schimbările externe și interne ce apar.

Table 3.1. Necesitatea de flexibilitate și incertitudinile asociate [Ger 87]

Flexibilitate răspunde la:	Incertituni și provocări
Mix-ul productiv	Incertitudinea legată de acceptarea de către client a produsului, a creat o nevoie de flexibilitate a mixului productiv
Schimbări de comenzi	Incertitudinea cu privire la durata ciclurilor de viață a produsului, duce la modificarea flexibilității
Modificări	Dacă clientul dorește să aducă anumite schimbări la produs, e necesar ca sistemul de fabricație să sufere modificări
Flux de producție	Incertitudinea, cu privire la timpul de cădere a unor mașini, care duce la reconfigurarea fluxului de producție
Volumul de producție	Incertitudinea cu privire la volumul de producție care trebuie realizat în funcție de cererea clientului
Materiale utilizate	Incertitudinea cu privire la ce tipuri de materiale vor fi prelucrate în viitor
Sucesiunea operațiilor	Cum se va face față la termenele de livrare când materia primă își schimbă caracteristicile dimensionale

Pentru evaluarea flexibilității sunt utilizate următoarele criterii:

- 1. Flexibilitatea mașinilor**, caracterizează adaptabilitatea acestora la prelucrarea unor piese de configurație geometrică diferită;
- 2. Flexibilitatea tehnologică**, reprezintă aptitudinea de prelucrare a unui ansamblu dat de piese din materiale diferite și prin metode variate;
- 3. Flexibilitatea producției**, constă în posibilitatea de a trece rapid la prelucrarea unui produs nou în condiții de eficiență economică;
- 4. Flexibilitatea itinerarului**, exprimă capacitatea de asigurare a funcționării sistemului în cazul unor avarii accidentale ale anumitor părți componente, prin modificarea deplasării pieselor și preluarea funcțiilor mașinii defecte de către o altă mașină (ex freza cade dar este înlocuită cu o alta);

- 
5. **Flexibilitatea sarcinii de fabricație**, asigură prelucrarea în mod repetabil a unor volume diferite de producție;
 6. **Flexibilitatea extinderii** sau adaptării sistemului pe principiul modularizării și integrării etapizate;
 7. **Flexibilitatea operațională** reprezintă posibilitatea de a schimba succesiunea diferitelor operații pentru toate tipurile de piese prelucrate;
 8. **Flexibilitatea fabricației** determinată de diversitatea pieselor care pot fi prelucrate de către sistem.

3.8. Eficiența introducerii SFF

SFF generează costuri și investiții mari care trebuie recuperate într-un timp cât mai scurt.

Mult timp cercetările s-au focalizat pe creșterea productivității prin creșterea performanțelor sculelor așchietoare și a performanțelor mașinii unelte (viteză de așchiere, putere, rigiditate, etc.).

Rezultatele nu au confirmat o creștere substanțială a productivității.

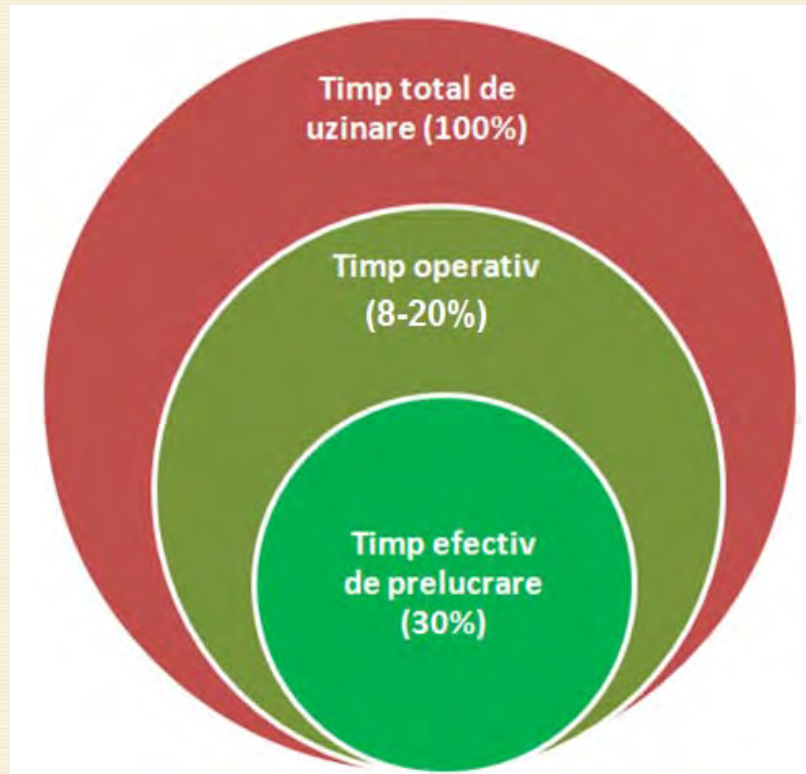


Fig.3.21. Timpul de producție, operativ și de prelucrare

Rezolvarea problemelor de productivitate nu trebuie căutată în prelucrarea propriu zisă ci în operațiile adiacente prelucrării (fixare-destrângere, bazare, măsurare, transport, alimentare cu scule și dispozitive, reglaje etc.)

Tabel 3.2. SFF versus Sistem convențional

SFF vs Sistem convențional		
Tipul sistemului de fabricație	SFF	Convențional
Cost total	ridicat	scăzut
Set-up	prestabilit	variabil
Încărcarea echipamentelor	optimă	variabilă
Eficiența flexibilității	ridicată	scăzută
Rebuturi rezultate	puține	impredictibile
Munca manuală	scăzută	ridicată
Costul echipamentelor	ridicat	scăzut
Formarea de blocaje (cozi)	rară	frecventă
Nivel de automatizare	ridicată	scăzută
Timp de depreciere	5-10 ani	2-4 ani
Proiectare, amplasare și reglaje	1-3 ani	maxim 1 an

Timpul de utilizare a unui SFF este de peste 15 ani, productivitatea crește cu $\approx 45\%$ iar costurile scad cu $\approx 25\%$ în comparație cu sistemele tradiționale de fabricație.

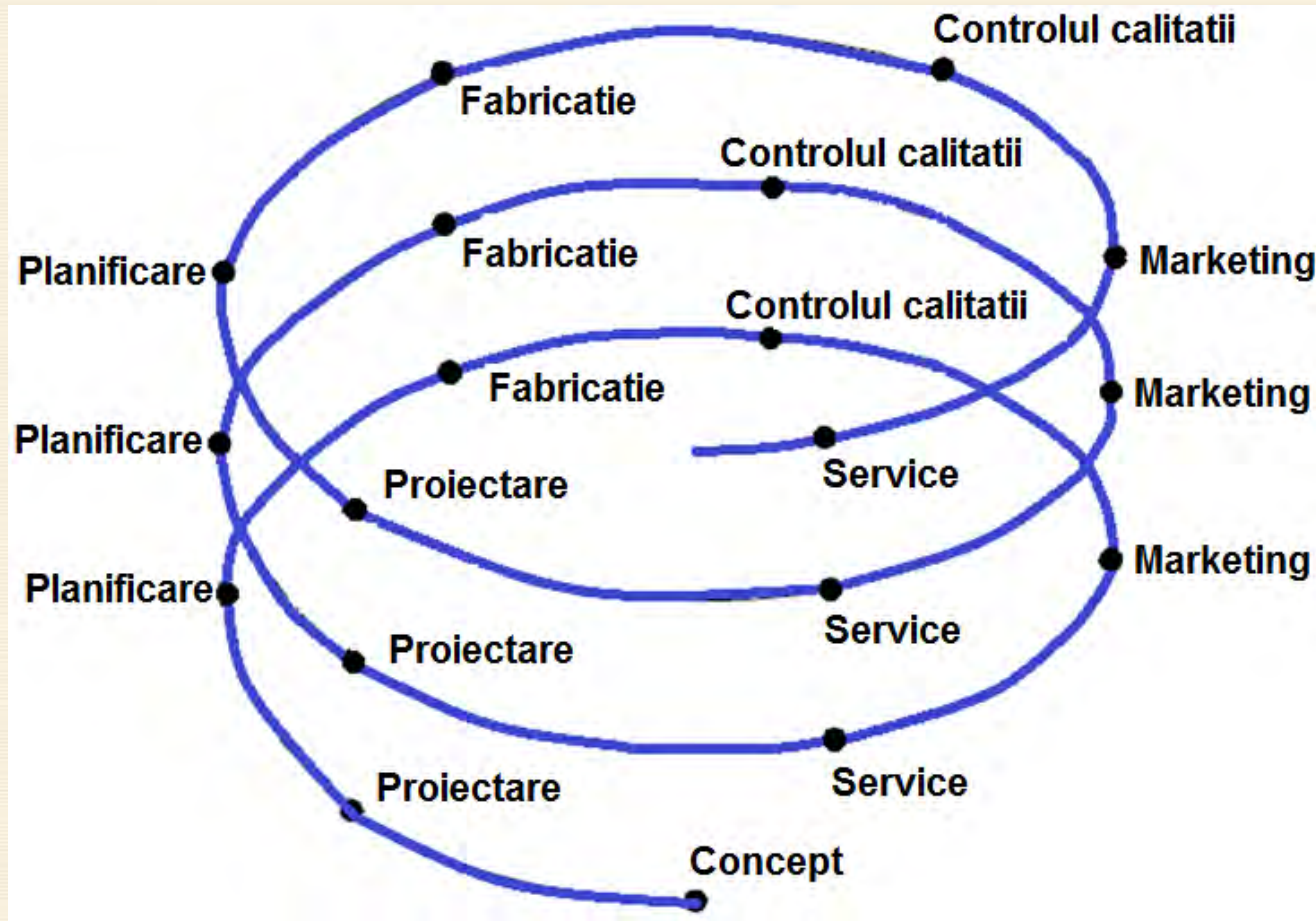


Fig.3.22. Spirala procesului de dezvoltare [Rad 14]

Capitol 4. Layout-ului sistemului de fabricație

4.1. Tipuri de layout

Amplasarea (dispunerea) mașinilor în sistemul de fabricație este important deoarece se:

- minimizează costurile de manipulare a materialelor;
- utilizează eficient spațiul și forța de muncă;
- elimină blocajele (gâtuirea producției);
- reduce ciclul de fabricație;
- elimină utilizarea necorespunzătoare a capacităților și mișcările redundante;
- crește capacitatea de producție etc.

Dispunerea sistemului de fabricație (layout-ul) este definită ca fiind descrierea modului de amplasare a mașinilor, a zonelor sau departamentelor, a locațiilor acestora, și a conexiunilor dintre acestea [Spi 02].

Există uzual cinci tipuri generale de layout:

- Job Shop - amplasarea după proces (sau funcțională);
- Flow Shop - amplasarea în fluxul de obținere a unui produs;
- Cell Shop - amplasarea pentru tehnologii de grup;
- Project Shop - amplasarea cu produsul în poziție fixă (la vapoare, avioane);
- Continuous process - amplasare pentru procese continue din industria chimică, energie etc.

1. Amplasare după proces (Job Shop) este o amplasare specifică seriilor mici și mijlocii de fabricație. Dispunerea mașinilor unelte se face după criteriul funcționalității acestora (toate strungurile la un loc, mașinile de frezat la un loc etc.).

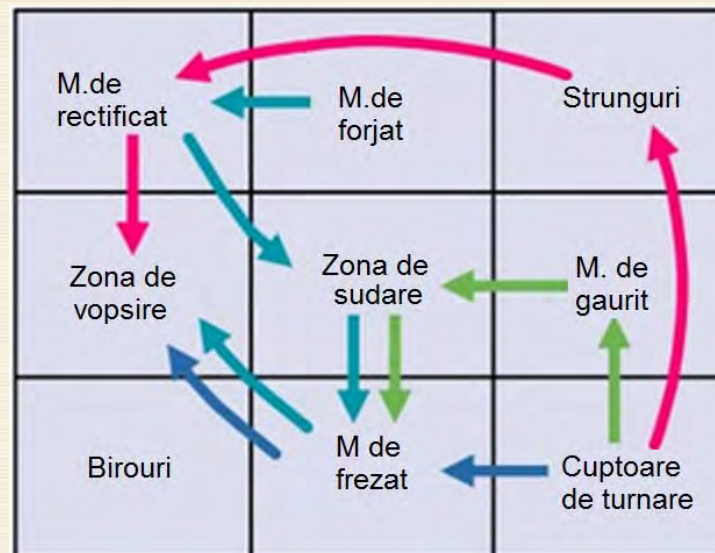


Fig.4.1. Layout de tip job shop

2. Amplasare după fluxul de fabricație (Flow shops) este o amplasare a mașinilor și echipamentelor după fluxul de fabricație al piesei/produsului ce se fabrică. Se folosesc mașini unelte și echipamente speciale sau specializate, uzual procesul este automatizat. Este un layout specific seriilor mari și producției de masă.

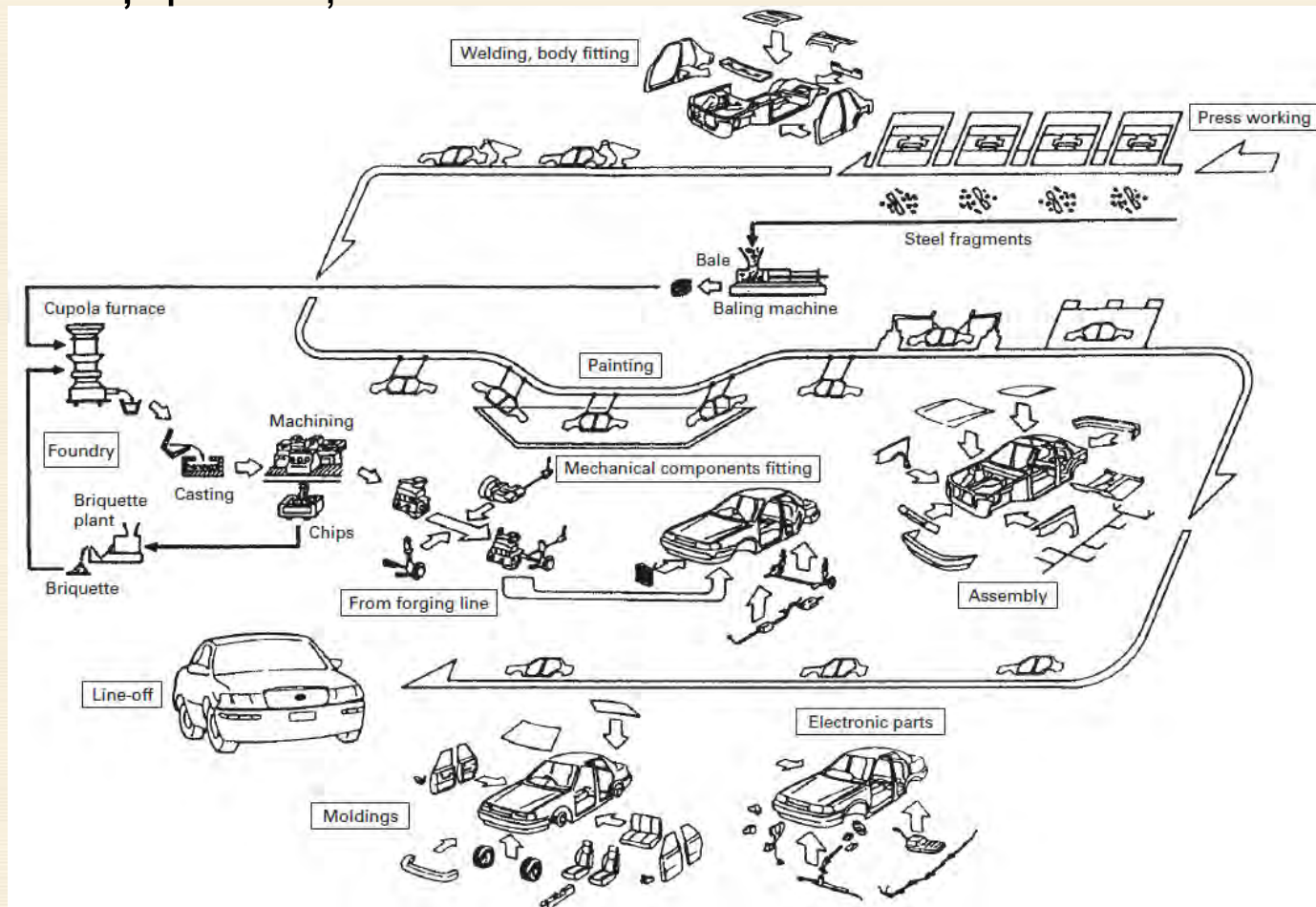


Fig.4.2. Exemplu de layout flow shop: Linie de asamblare din industria auto [Bla 08]

3. Amplasare în celulă (Cell Shop) este o amplasare realizată din celule de fabricație sau asamblare dedicată pentru prelucrarea sau asamblarea unor familii de piese. Este specifică în cazul producției de grup în serii mijlocii.

Acest tip de layout este des întâlnit ca sistemul de fabricație cu celule interconectate (L-CMS) în care sunt conectate celulele de prelucrare și asamblare la linia de asamblarea finală. L-CMS este utilizat în sistemele de producție de serie mijlocie.

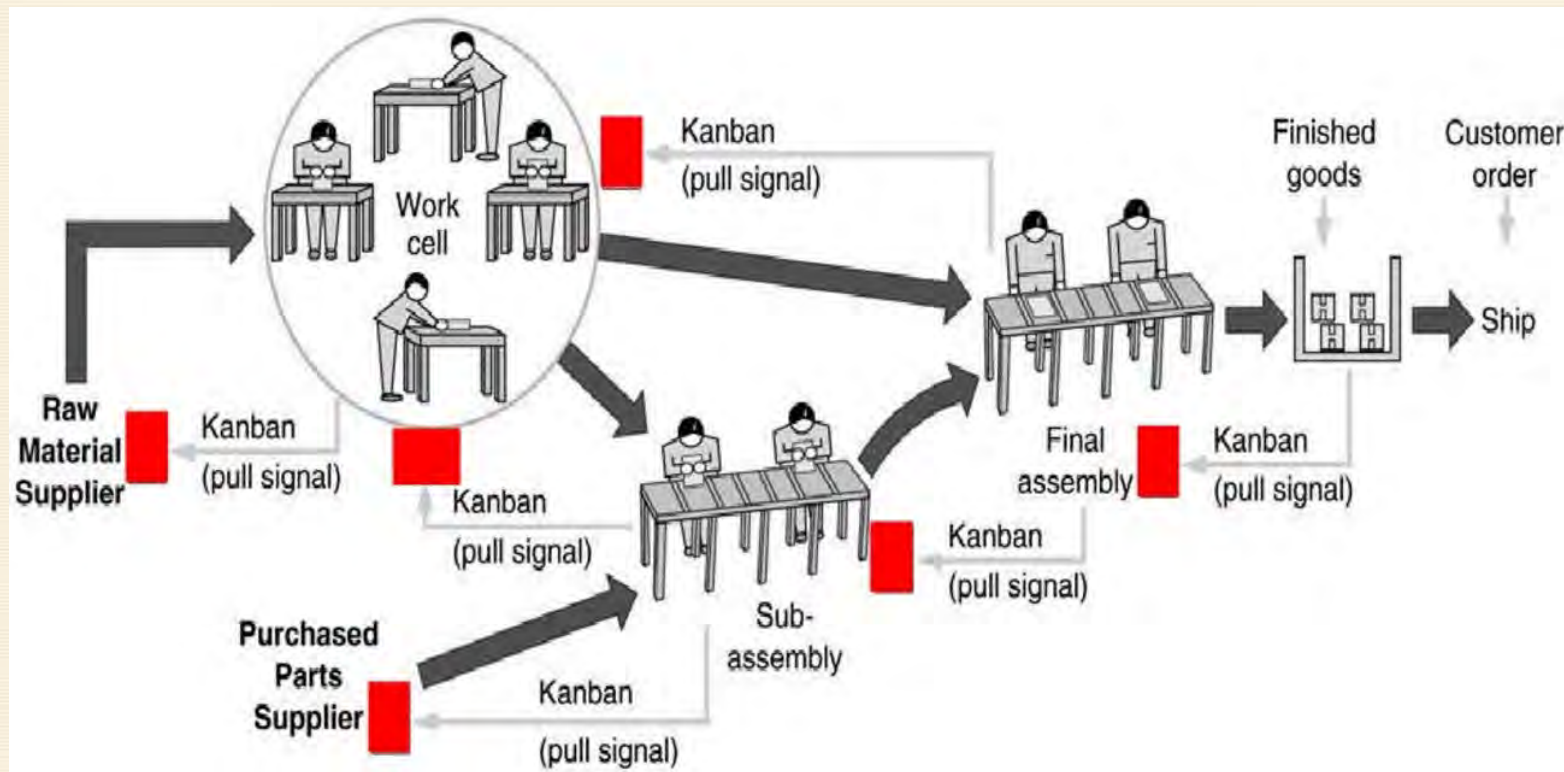


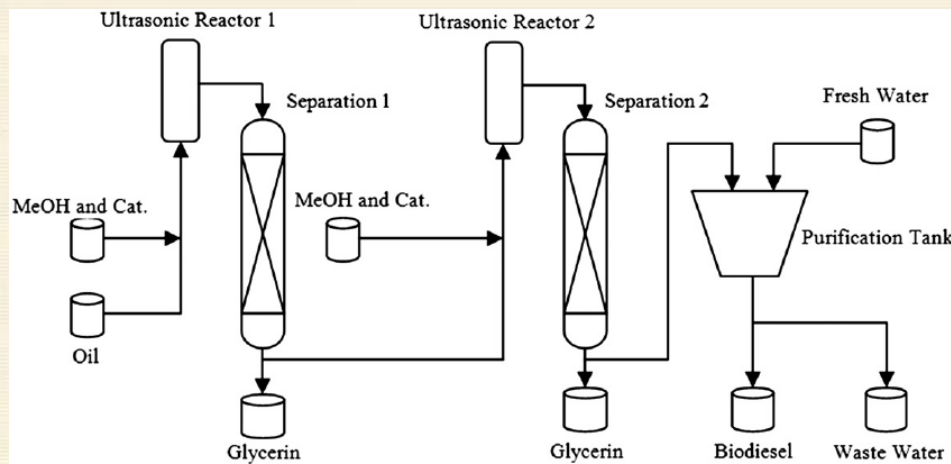
Fig.4.3. Exemplu de layout de tip linked-cell [w.sli_17]

4. Amplasare cu produs fix (Project shop) este o amplasare care are în centru produsul de prelucrat iar mașinile, echipamentele și muncitorii lucrează în jurul produsului venind și plecând în funcție de evoluția operațiilor. Acest tip de layout este specific produselor agabaritice (avioane, vapoare, locomotive etc.). Volumul de producție este scăzut.



Fig.4.4. Exemplu de layout project shop [w.hou_17]

5. Proces continuu (Continuous processes) este o amplasare derivată din flow shop și este caracteristică industriei chimice și petrochimice pentru procesarea lichidelor, gazelor sau minereului. Acest layout are o productivitate ridicată fiind utilizat doar la producția de masă a bunurilor de larg consum.



a)



b)

Fig.4.5. Exemplu de layout de tipul proces continuu
a) [Mar 08] , b) [w.bio_17]

Tipurile principale de Layout în industria mecanică

Tabel 4.1 Layout după flux versus Layout după proces (sau funcție)

Criteriu de comparație	Tipul de layout	
	După flux	După proces
1 Descriere	Aranjare în ordinea succesiunii operațiilor	Aranjare în ordinea tipului de operație
2 Tip de proces	Continuu, producție de masă	Intermitent, producție de serie mica și mijlocie
3 Produse	Standardizate, fabricate pe stoc	Diferite, fabricate la cerere
4 Cerere	Stabilă	Fluctuează
5 Volum de producție	Ridicat	Scăzut spre mediu
6 Echipamente	Speciale sau specializate	Universale și specializate
7 Tip de muncitori utilizați	Cu calificare joasă și medie	Din toată plaja de calificări
8 Gestionarea activităților	Scăzut în fazele de prelucrare, ridicat la produsele finite	Ridicat în fazele de prelucrare, scăzut la produsele finite

Table 4.1 (continuare)

Criteriu de comparație	Tipul de layout	
	După flux	După proces
9 Spațiu de depozitare	Redus	Extins
10 Mod de manipulare a materialului	Uzual prin conveioare	Diferite modalități
11 Paleta de produse	Restrânsă	Diversificată
12 Planificare	Echilibrată pe piese	Dinamic în funcție de cerere
13 Cerințe de la layoutul utilizat	Se urmărește echilibrarea liniilor	Se urmărește amplasare pe tip de operații
14 Traseul parcurs	Fix	Variabil
15 Distanța parcursă	Minimă	Optimă
15 Obiective majore	Echilibrarea încărcării pe fiecare mașină	Minimizarea costurilor cu manipularea materialelor
16 Avantaje	Eficiență în productivitate	Eficiență în flexibilitate

4.2. Layout-ul pentru SFF

Fabricarea în celule de fabricație este o aplicație a tehnologiei de grup în care o parte sau tot sistemul de fabricație al unei firme este fragmentat în celule de fabricație.

Celula de fabricație este un grup de mașini și procese localizate împreună ce sunt dedicate fabricării unei familii de piese.

De ce fabricația în celule?

Deoarece:

- *reduce timpul pe mașină:* se folosesc aceleași scule și dispozitive pentru o familie de piese, același itinerar tehnologic generalizat pentru întreaga familie de piese;
- *reduce timpul de fabricație:* prin reducerea timpilor de așteptare și deplasare, timpul de pregătire-încheiere etc.;
- *reduce timpul total de producție.*

Stabilirea layout-ului pentru o celulă:

1. Identificarea familiei de piese pentru întocmirea unui itinerar tehnologic generalizat;
2. Gruparea mașinilor necesare pentru prelucrarea itinerarului;
3. Aranjarea mașinilor în celulă astfel încât să se minimizeze deplasarea materialului;
4. Stabilirea mașinilor care deserveșc două sau mai multe celule.

4.2.1 Familia de piese

Familia de piese reprezintă piesele dintr-un mix productiv care au atribute similare (aceleași caracteristici).

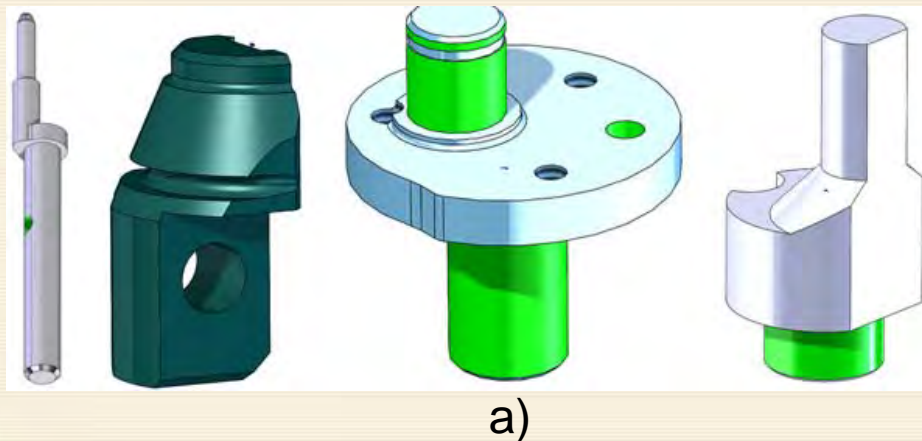
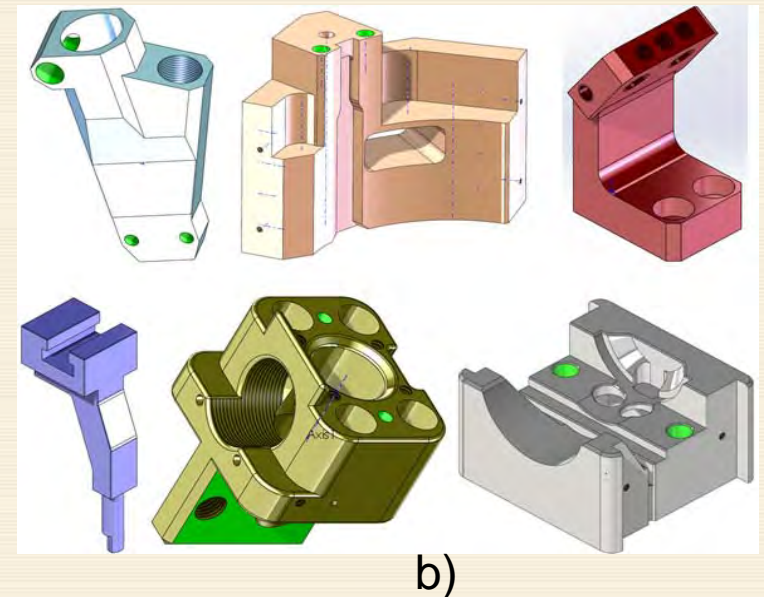


Fig.4.6. Familia de piese:
a) arbori asimetrice, b) prismatice



Identificarea familiei de piese

Atribute de forma:

- configurația pieselor: de revoluție sau prismatice;
- rigiditatea: legătura dintre grosime și celelalte dimensiuni, L/\emptyset ;
- calitatea: starea suprafeței, precizie dimensională;
- tipul de material;
- tipul de semifabricat de la care se pornește: turnat, forjat, laminat etc.
- alte atribute de formă.

Atribute legate de caracteristicile de prelucrare:

- tipul de operații: strunjire, frezare, danturare etc.;
- volumul de producție;
- tipul de mașini unelte necesar;
- sculele necesare;
- dispozitive necesare;
- etc.

4.2.2 Proiectarea layout-ului celulelor de fabricație pentru SFF

Proiectarea celulelor de fabricație este o activitate complexă cu implicații majore asupra eficienței SFF.

Procesul de proiectare implică:

- structura sistemului (probleme structurale);
- operațiile din sistem (probleme procedurale).

Problemele structurale se referă la:

- selectarea grupurilor de piese și gruparea lor în familii;
- selectarea mașinilor unelte și operațiilor;
- selectarea sculelor, dispozitivelor și paletelor ce vor fi utilizate;
- selectarea echipamentelor de manipulare necesare.

Probleme procedurale se referă la:

- proiectarea itinerarului tehnologic generalizat;
- proiectarea procedurilor de planificare a prelucrărilor, modului de control, volumul loturilor de piese etc.;
- normarea activităților întreprinse de operatori;
- integrarea celulei în fluxul informațional al sistemului de fabricație.

A. Tipuri de layout-uri caracteristice SFF

- Progresiv sau în linie;
- Buclă;
- Scară;
- Câmp deschis;
- Cu robot central de deservire.

Linia de fabricație în linie este formată dintr-o grupare de mașini unelte amplasate în linie care efectuează operații specifice și care are o unitate de transfer automat a pieselor între posturile de lucru.

Linia de fabricație în buclă este o amplasare în buclă a mașinilor, și urmărește adaptarea optimă a spațiului de lucru existent.

Liniile de fabricație în scară și câmp deschis sunt utilizate pentru SFF unde modificările de itinerar apar frecvent.

Liniile cu roboți centrali sunt acele linii la care roboții deservesc un număr mare de mașini și echipamente.

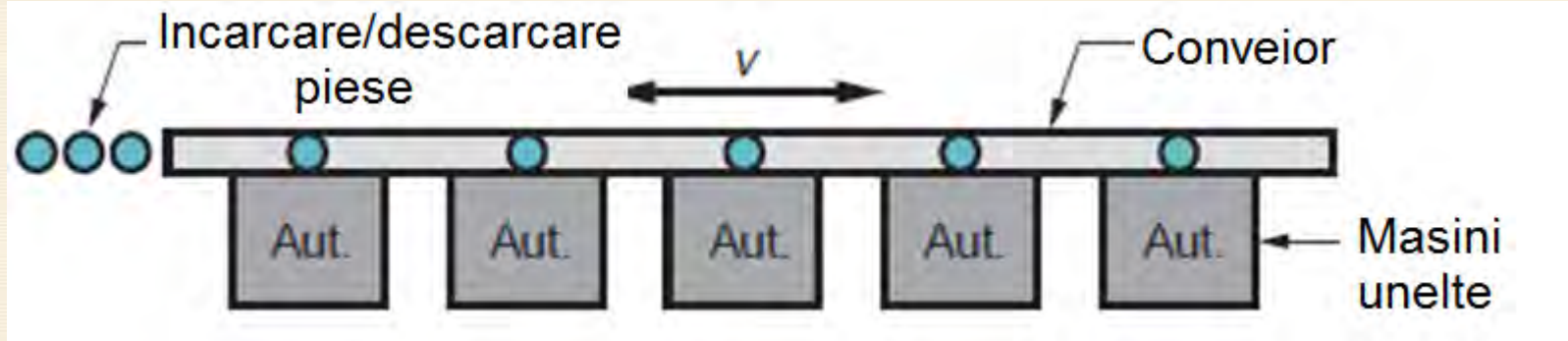


Fig.4.7. Layout progresiv [Gro 10]

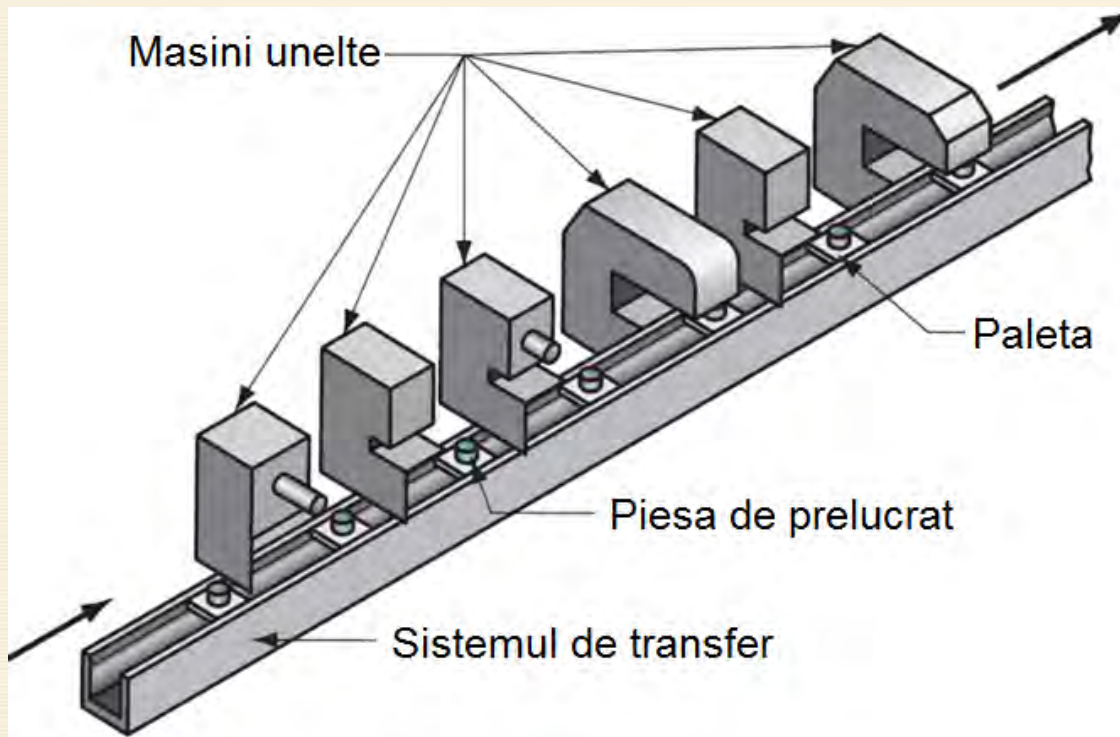


Fig.4.8. Linie de fabricație [Gro 10]

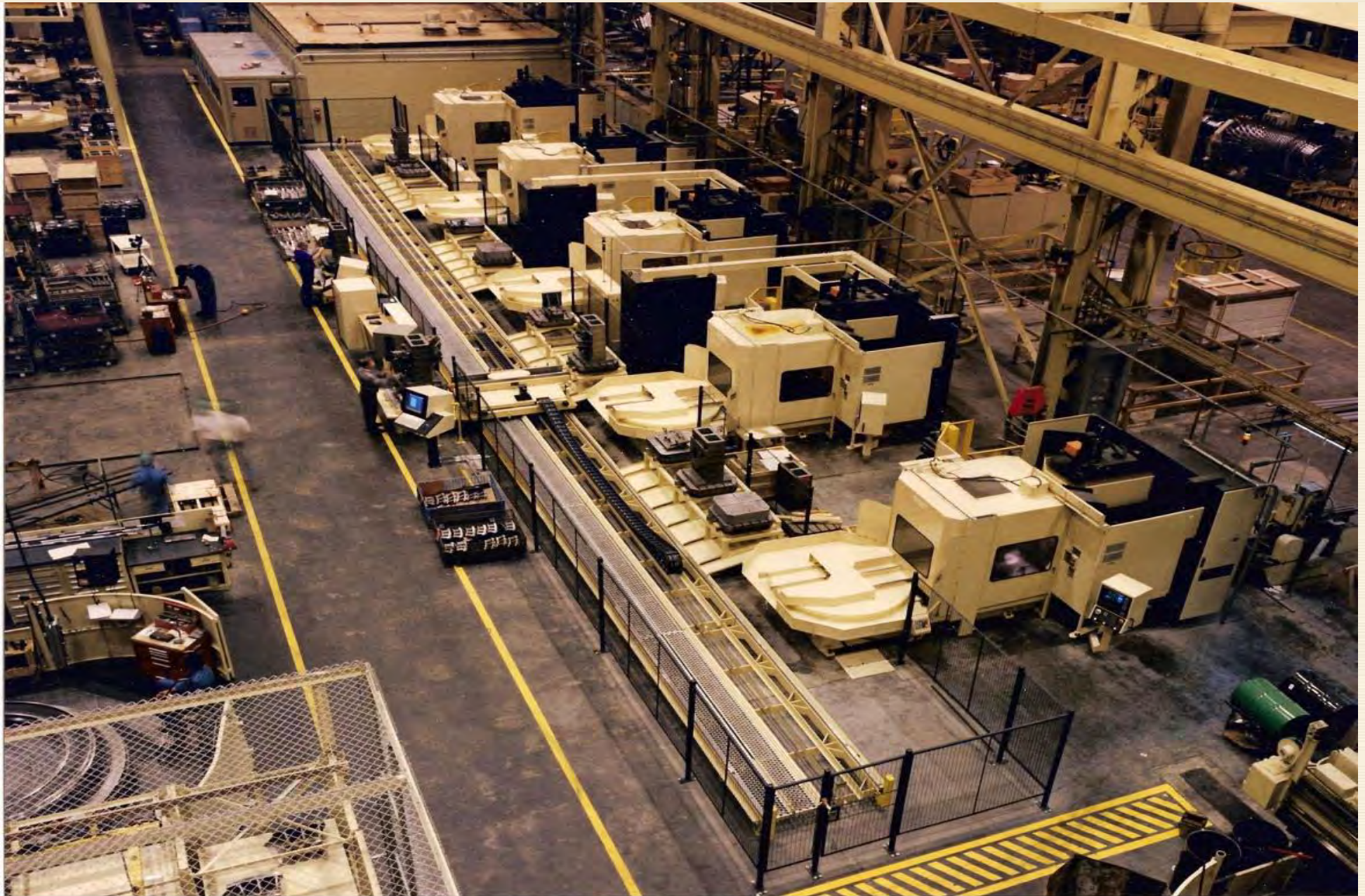


Fig.4.9. Celula flexibilă de fabricație (Cincinnati Milacron, Batavia, Ohio) [Gro 10]

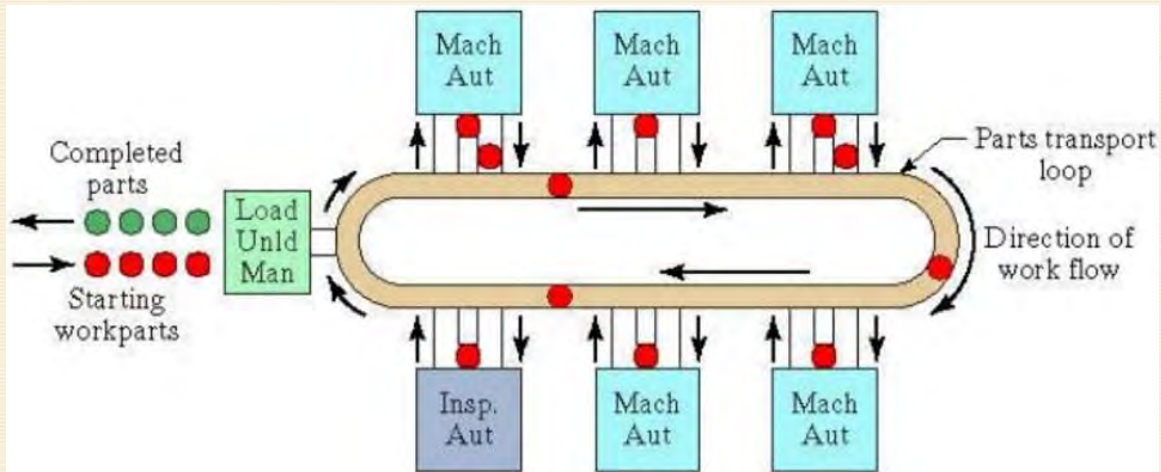


Fig.4.10. Layout tip buclă [w.sli_17]



Fig.4.11. Linie de asamblare utilizând un layout mixt (progresiv și buclă) instalată în Brazilia în 2008 [w.del_17]

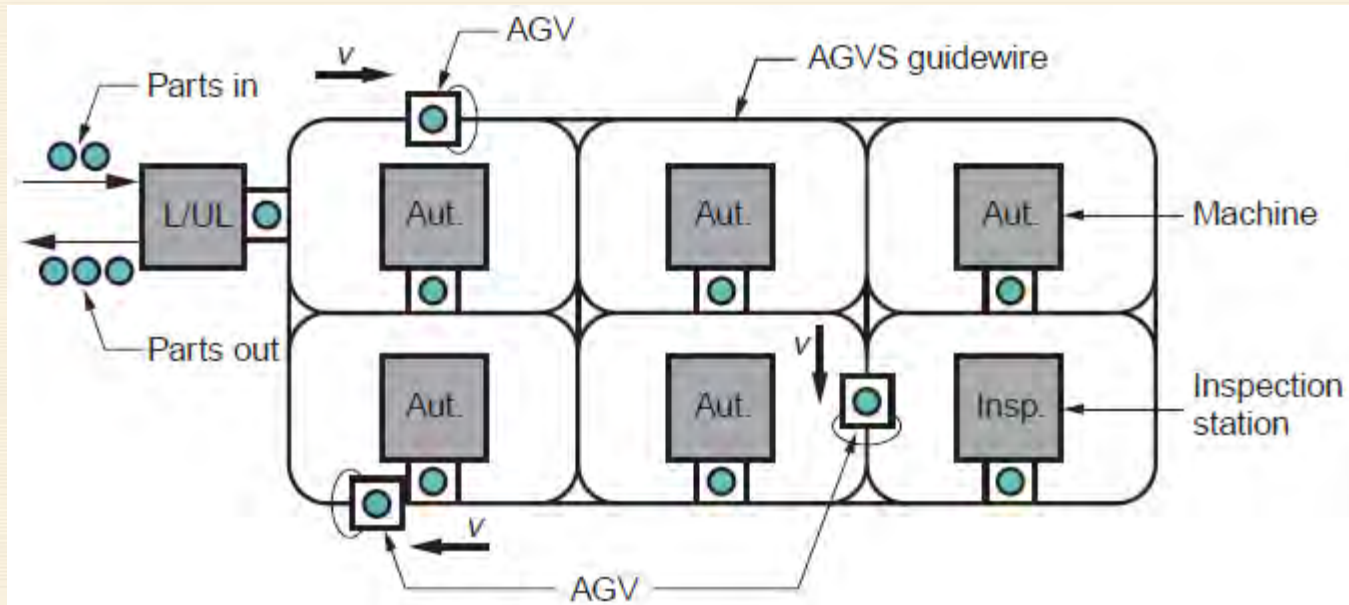


Fig.4.12. Layout tip câmp deschis [Gro 10]

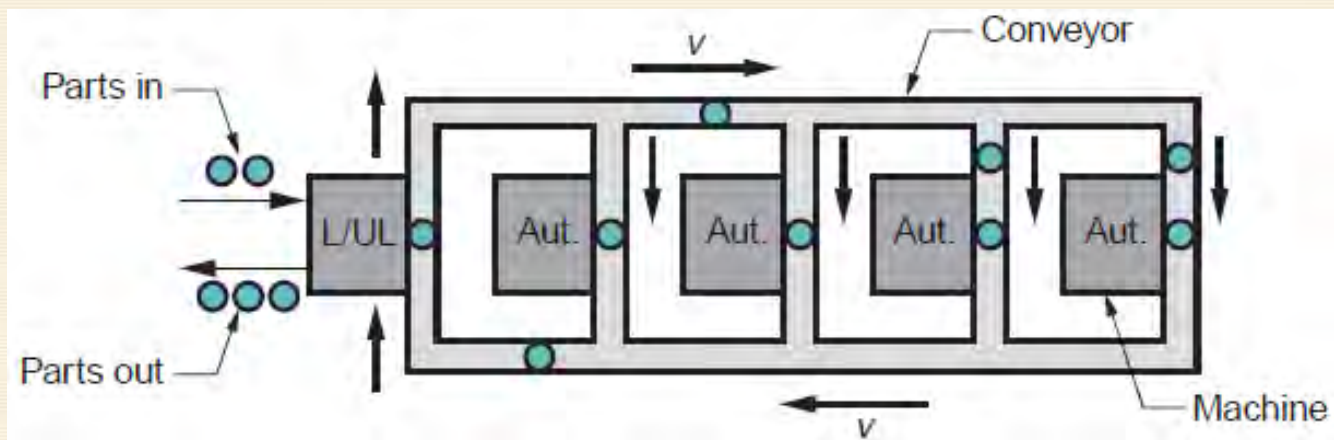
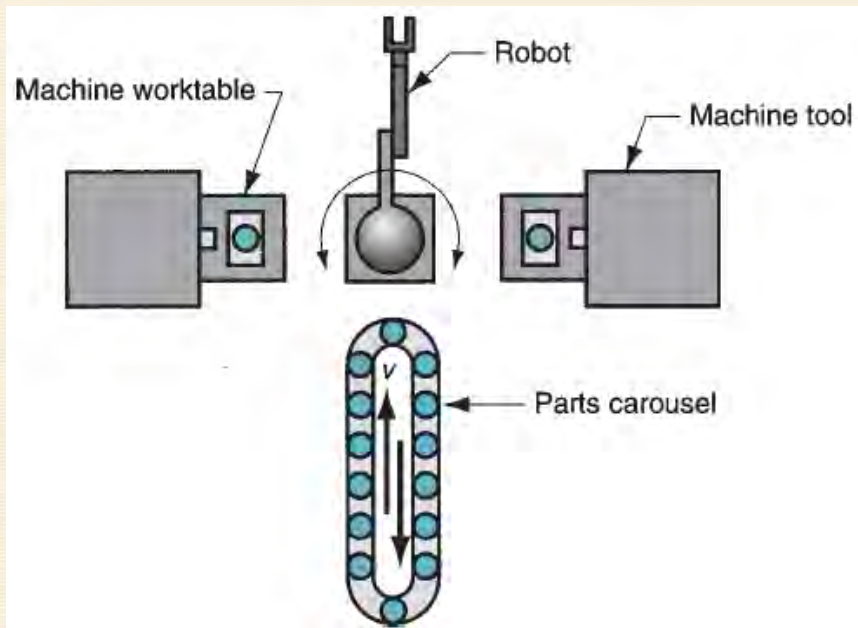


Fig.4.13. Layout tip scară [Gro 10]



a)



b)

Fig.4.14. Layout cu robot centrat: a) principiu [Gro 10], b) aplicație [w.mms_17]

B. Liniile de fabricație în SFF

Liniile de fabricație pot fi:

- linii de prelucrare;
- linii de asamblare;
- linii mixte.

Clasificare:

- după layout: în linie, în formă de U, alte combinații;
- după tipul de muncă: manuale, semi-automate, automate;
- după tipul de produs: diverse familii de piese;
- etc.



a)



b)

Fig.4.15. Liniile de fabricație manuale, a) pentru prelucrare [w.ann_17], b) pentru asamblare [w.mfa_17]



Fig.4.16. Linie de fabricație semiautomată a) pentru prelucrare [w.foo_17],
b) pentru asamblare [w.muh_17]



Fig.4.17. Linie de fabricație automată a) pentru prelucrare [w.pre_17],
b) pentru asamblare [w.iis_17]

4.3. Studiu de caz

Se cere regândirea unui layout inițial pentru a crește flexibilitatea.

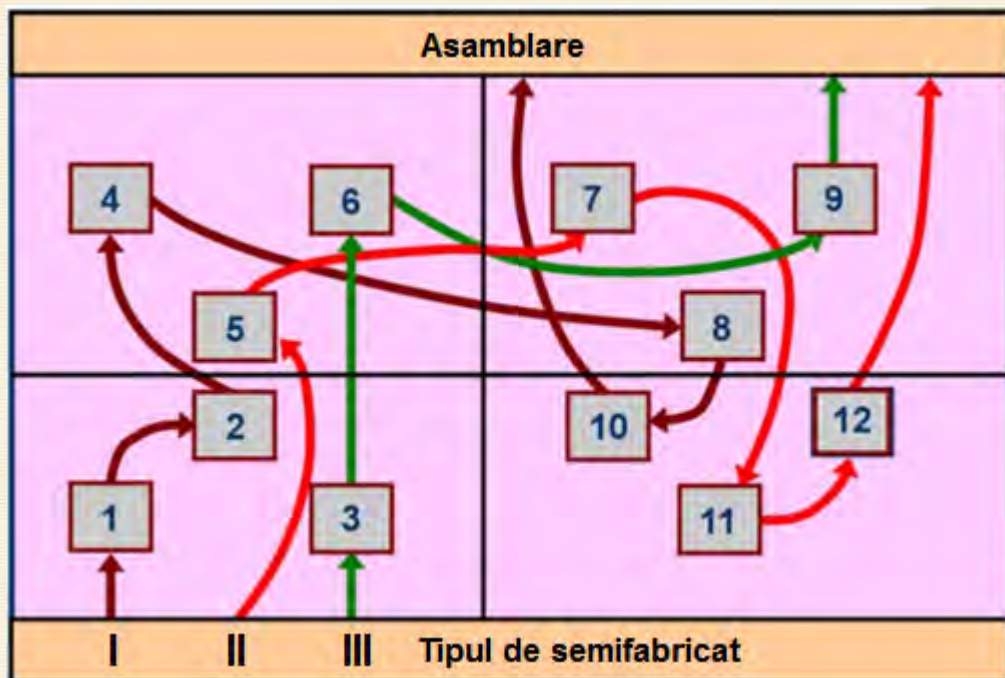


Fig.4.18. Layout inițial

Tip Piese	Masini unelte											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	x	x		x				x		x		
B					x		x				x	x
C			x			x			x			
D	x	x		x				x		x		
E				x	x							x
F	x			x				x				
G			x			x			x			x
H							x				x	x

Fig.4.19. Matricea inițială a traseului urmat de piese

Proiectarea unui nou layout optimizat

Tip Piese	Masini unelte											
	1	2	4	8	10	3	6	9	5	7	11	12
A	x	x	x	x	x							
D	x	x	x	x	x							
F	x		x	x								
C						x	x	x				
G						x	x	x				x
B									x	x	x	x
H										x	x	x
E							x		x			x

Fig.4.20. Reorganizarea matricei pentru traseul urmat de piese

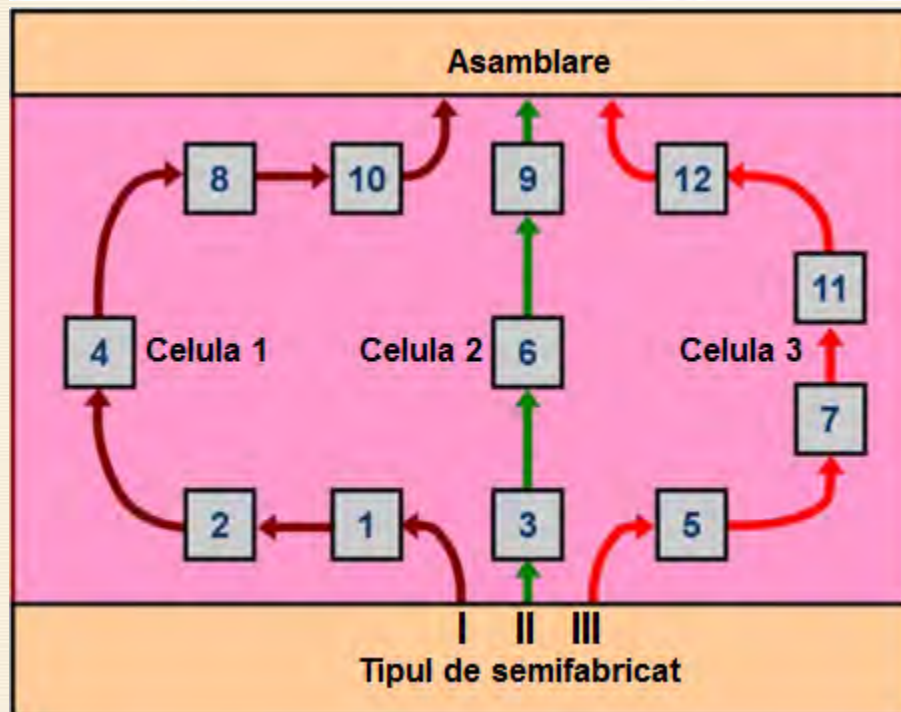


Fig.4.21. Noul layout

Capitol 5. Proiectarea Sistemului Flexibil de Fabricație

5.1. Etapele proiectarii SFF

Trecerea de la sistemul clasic la SFF este unul complex și implică costuri însemnate. Tranziția se face printr-o analiză și planificare sistematică a tuturor etapelor necesare.

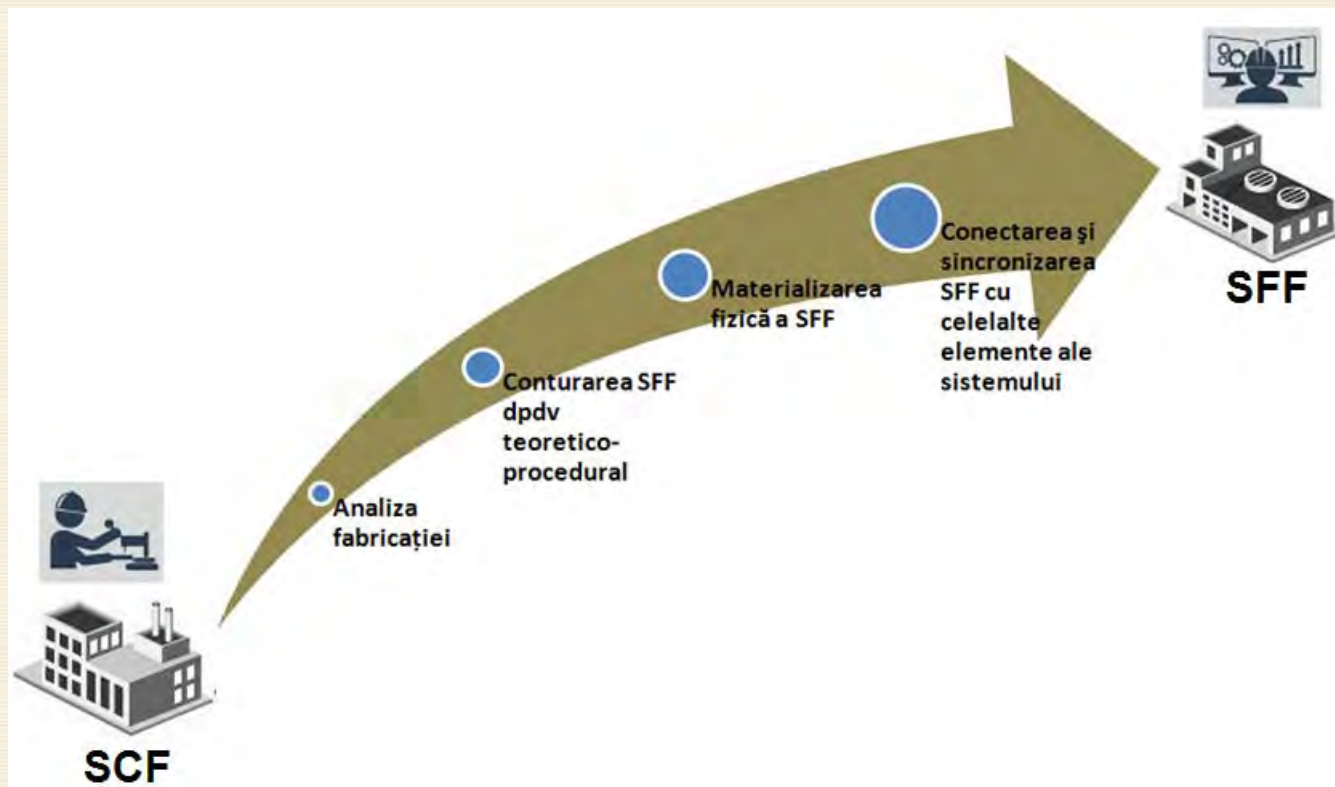


Fig.5.1. Etapele de tranziție de la SCF la SFF

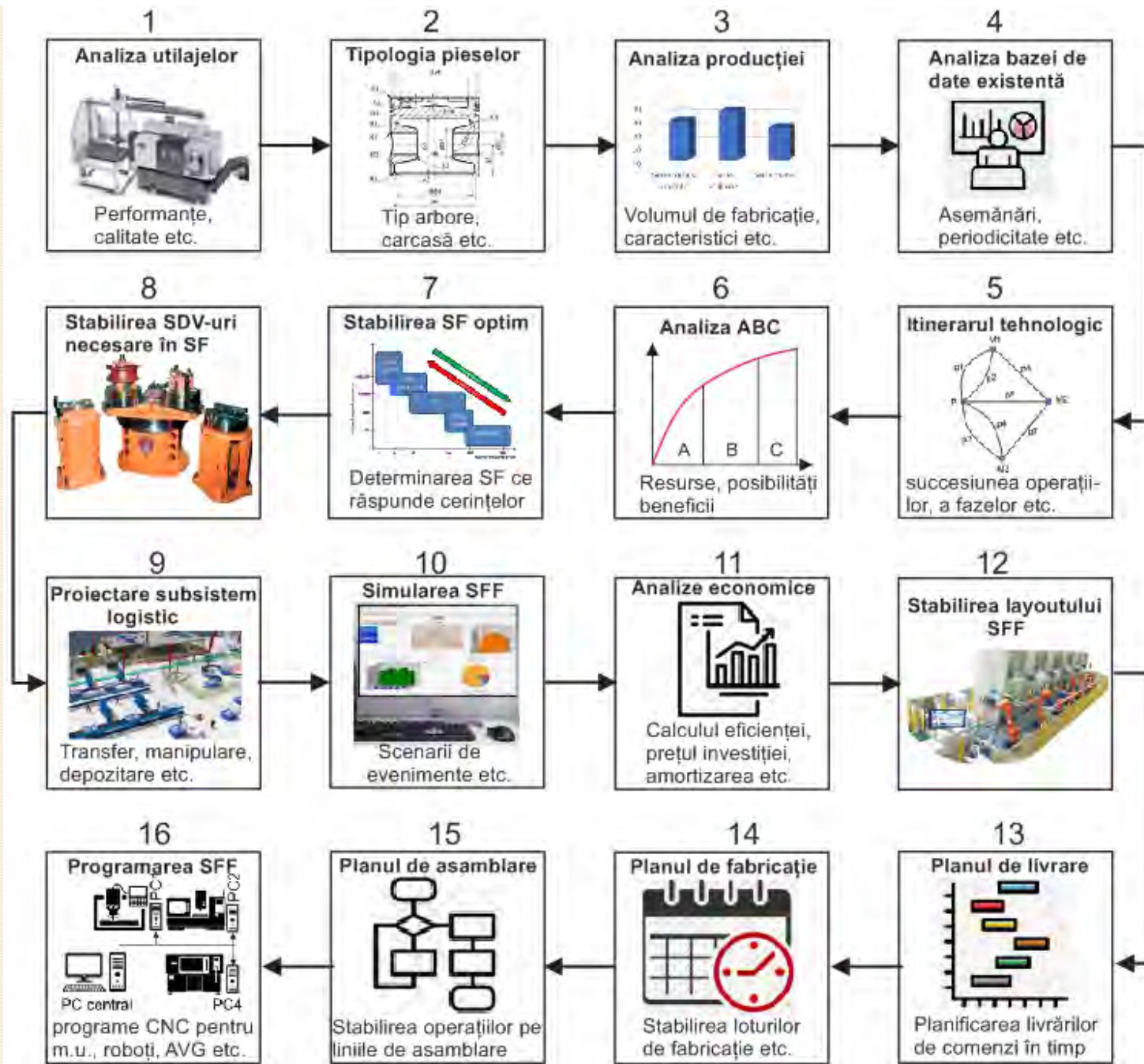


Fig.5.2. Elementele și etapele de analiză la constituirea unui SFF [Abr 96]

5.2. Baza matematică pentru proiectarea SFF

Optimizare = acțiunea de a găsi și folosi cea mai eficientă soluție, resursă etc. din punct de vedere economic.

Optimizarea sistemelor de fabricație s-a realizat atunci când găsim alternativa cea mai eficientă în ceea ce privește rentabilitatea sau cea mai mare performanță realizabilă, în limitele date, prin maximizarea factorilor doriți și minimizarea celor nedorți.

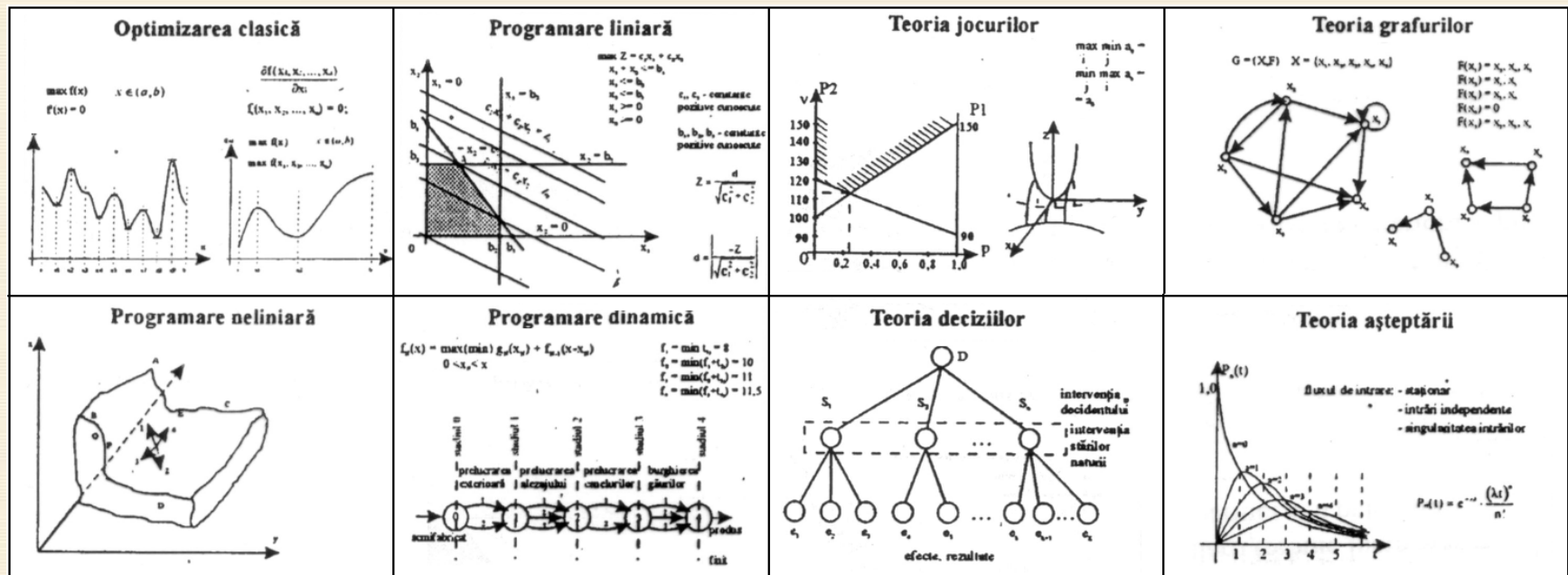


Fig.5.3. Metode de optimizare a fabricației în SFF [Abr 96]

Optimizarea clasică – problema mixului de produse, problema planificării producției, echilibrarea liniei de asamblare, evaluarea performanței sistemului;

Programare liniară – configurație statică a SFF, regim optim de funcționare, optimizarea fluxului de proces;

Programare neliniară - identic cu PL dar mult mai precisă, utilizată pentru timpul de proces;

Programare dinamică - determinarea optimă a traseului, condiția optimă de funcționare, etc.;

Teoria grafurilor – fluxul de lucru, ordinea intrării în fabricație etc.;

Teoria așteptării – modelarea funcționării SFF;

Teoria jocurilor – optimizarea intrărilor aleatoare în SFF;

Teoria deciziilor – analiza sarcinii de producție care trebuie realizată în SFF.

5.2.1. Programarea liniară (PL)

PL este o metodă matematică utilizată pentru determinarea rezultatelor optime.

PL este utilizată pentru a maximiza profitul și minimiza costurile.

Când se utilizează PL pentru rezolvarea unei probleme, în program sunt puse o serie de inegalități liniare și apoi se face o încercare de a maximiza sau minimiza intrările.

Cerințe:

- funcția obiectivă trebuie să fie bine definită;
- trebuie să existe o constrângere a bugetului;
- trebuie să existe soluții alternative a acțiunilor simulate;
- variabilele de decizie ar trebui să fie inter-relaționate și să nu fie negative;
- resursele trebuie să fie limitate.

Ipoteze:

- proportionalitatea;
- însumarea algebrică;
- continuitate;
- certitudine;
- număr de alegeri finite.

Limitări pentru PL:

- problemele complexe duc la un volum mare de calcul;
- poate returna răspunsuri dificil de interpretat pentru variabilele de decizie;
- se aplică numai situațiilor statice;
- se pretează pentru tratarea unor problemele cu un singur obiectiv.

Metode folosite:

- metoda simplex;
- metoda grafică.

Exemplu

Ideea: se poate presupune că o întreprindere are de prelucrat un număr de “n” tipuri de piese pentru care se folosesc un număr de “m” tipuri de resurse (materie primă, mașini unelte, SDV-uri, etc.). Se pune problema de a se determina numărul de piese “n-i” care trebuie confecționate astfel încât beneficiul total să fie maxim.

Strategie: se face o modelare matematică a problemei în care sunt definite restricțiile și se determină funcțiile obiectiv. Se rezolvă funcția cu ajutorul unor algoritmi rezultând soluția.

$$(LP) \begin{cases} \max (\min) z = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i, 1 \leq i \leq m \\ x_j \geq 0, 1 \leq j \leq n \end{cases}$$

Rezolvarea matriceală este cea mai folosită. Problema se scrie astfel:

$$\begin{cases} \max (\min) z = c^T \cdot x \\ A \cdot x \leq b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

b_i este cantitatea de materie primă de tipul i , $1 \leq i \leq m$, disponibilă
 a_{ij} este cantitatea de materie primă de tipul i , $1 \leq i \leq m$, necesară
 x_j , $1 \leq j \leq n$, este numărul (cantitatea) de produse de tipul j care urmează să fie determinat (necunoscut) pentru a fi confecționate
 c_j , *beneficiul unitar* adus de o unitate de produs de tipul j .

A matricea sistemului de restricții.
 x vectorul coloană al necunoscutelor.
 b vectorul coloană al termenilor liberi
 c vectorul linie al coeficienților funcției obiectiv

Aplicabilitate: industrie, economie.

5.2.2. Teoria așteptării

În sistemele de fabricație apare frecvent situația în care se formează cozi, fie la mașinile unelte, fie pe banda de asamblare.

Teoria așteptării poate fi aplicată pentru echilibrarea liniilor de fabricație deoarece apar numeroase situații în care nu este posibilă prezicerea cu exactitate a ratei sau timpului de sosire a pieselor și a tarifului pentru servicii, operații etc.

Teoria așteptării poate fi utilizată pentru a rezolva următoarele două costuri conflictuale [w.Jin_17]:

1. costul unei activități;
2. costul apărut din cauza întârzierii acelei activități.

Structura :

1. Primul venit primul servit;
2. Ultimul venit primul servit;
3. Ordine aleatoare de servire;
4. Servicii prioritare;

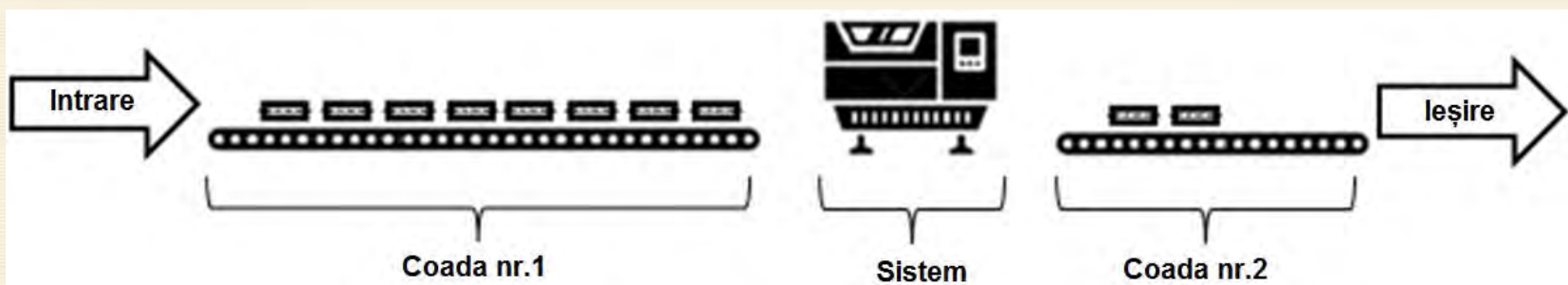


Fig.5.4. Modul de formare a cozilor

5.2.3. Teoria jocurilor

Teoria jocurilor este o modelare matematică pentru sistemele aflate în situații competitive sau conflictuale cu scopul maximizării sau minimizării unor variabile.

Teoria jocurilor este utilizată pentru luarea deciziilor în condiții de incertitudine care implică doi sau mai mulți adversari/competitori inteligenți când fiecare aspiră să-și optimizeze propria decizie în detrimentul celuilalt adversar.

Întreprinderile pot fi văzute ca jucători într-un joc definit de un obiectiv comun, dar constrângeri separate și obiective conflictuale [Hen 08].

Dacă obiectivul individual al fiecărui jucător este doar de a-și maximiza câștigul sau de a-și minimiza pierderea, acordurile obținute prin negociere sau reglementări pot fi fragile și în general nu se va garanta o situație de optim globală (Echilibru Nash) [Hen 08].

Strategia este un plan de acțiune prin care un jucător are o regulă de decizie pentru a-și determina setul de mișcări pentru fiecare situație posibilă într-un joc.

Elementele cheie ale unui joc:

- Jucători: cine interacționează
- Strategii: care sunt opțiunile lor
- Utilitate (plăți): care sunt stimulentele lor
- Informații: ce știu ei
- Rationalitatea / Strategia: cum cred ei

Tipuri de jocuri:

- Cooperative sau necooperative
- Totul sau nimic
- Simultane sau secvențiale
- Cu informațiile complete sau incomplete
- Strategii finite sau infinite

Jocuri de bază

A. Jocuri cooperative

Jucători: Fiecare dintre jucători are un ban

Reguli: Doi jucători trebuie să arunce simultan și stabilesc ce iese (capul sau pajură)

Câștigul (utilitatea):

- dacă se potrivesc ambele fețe (ambele cap sau ambele pajură), atunci jucătorul 2 câștigă banul jucătorului 1;
- în caz contrar, jucătorul 1 câștigă banul jucătorului 2;

		Jucator 2			
		Cap		Pajura	
Jucator 1	Cap	-1	1	1	-1
	Pajura	1	-1	-1	1

Fig.5.5. Matricea jocului

B. Jocuri necooperative

Ex: Dilema prizonerilor

Strategie: nu este comunicată

Jucătorii: încearcă găsirea strategiei dominante

Reguli: jucătorii nu pot comunica

Câștigul (utilitatea): obținerea libertății

		Prizonier B			
		Recunoaște B		Neagă B	
Prizonier A	Recunoaște A	 5 ani 5 ani	 Liber 20 ani		
	Neagă A	 20 ani Liber	 1 an 1 an		

© 2010 Encyclopædia Britannica, Inc.

Fig.5.6. Matricea jocului [w.tru_17]

Echilibrul Nash

Echilibrul Nash este o listă de strategii, astfel încât strategia fiecărui jucător este un răspuns optim la strategiile celorlalți jucători [Fud 91].

Cea mai bună strategie a unui jucător este acea strategie care maximizează profitul (utilitatea) jucătorului, cunoscând strategia celorlalți jucători.

Deci, atunci când fiecare jucător din cadrul unui joc își urmează cea mai bună strategie, va apărea echilibrul Nash.

Echilibrul Nash este, de obicei, rezultatul jocului rațional al jucătorului, interesat de sine și non-cooperativ [Par 12].

5.2.4. Teoria grafurilor

Ideea: Un graf este o mulțime de obiecte (numite noduri) legate între ele printr-o mulțime de muchii cărora le pot fi atribuite direcții (în acest caz, se spune că graful este orientat). Un graf poate fi reprezentat geometric ca o mulțime de puncte legate între ele prin linii (de obicei curbe).

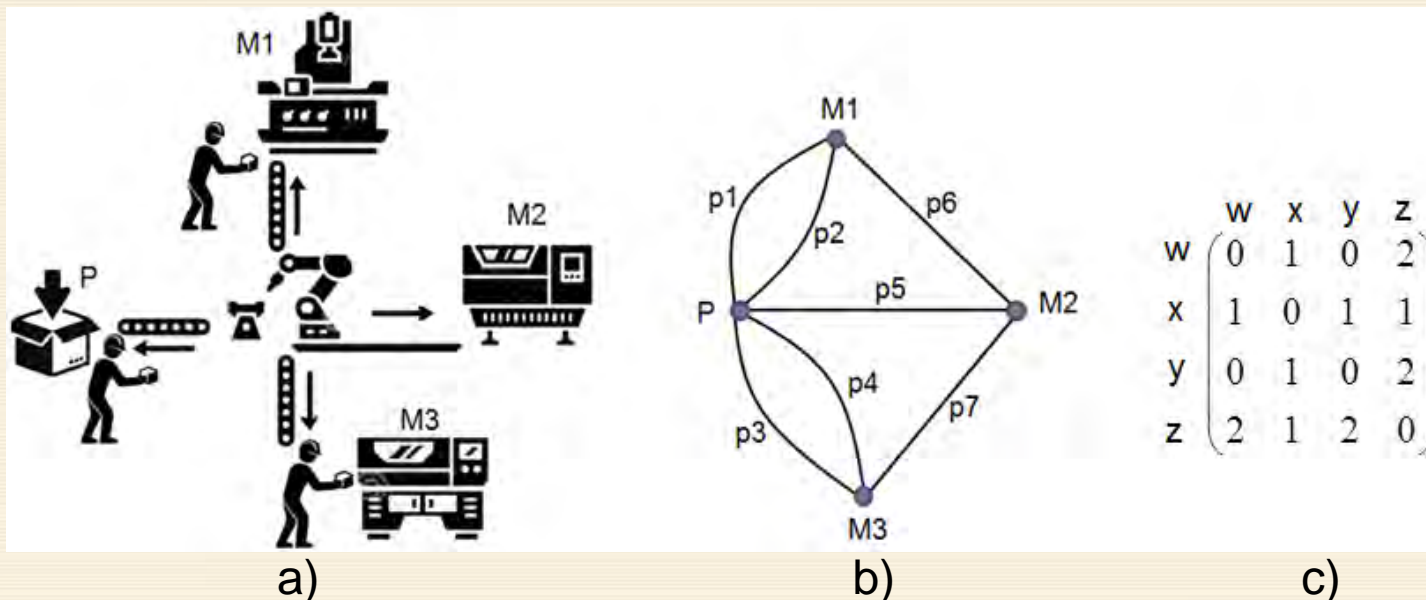


Fig.5.7. Aplicarea teoriei grafurilor, a) schema sistemului, b) graful sistemului, c) reprezentarea matricei

Un grafic M este o pereche ordonată (V, E) formată din:

- un set de vârfuri $V=\{M1, M2, M3, P\}$
- un set de muchii $E=\{p1, p2, p3, p4, p5, p6, p7\}$

Matricea adjunctă

Crearea matricei adjuncte:

Fie $M=(V,E)$, $|V|=n$ și $|E|=m$

Matricea adjunctă M scrisă $A(M)$ este matricea $|V| \times |V|$ în care elementele de intrare $a_{i,j}$ este numărul de muchii din M punctele finale $\{v_i, v_j\}$.

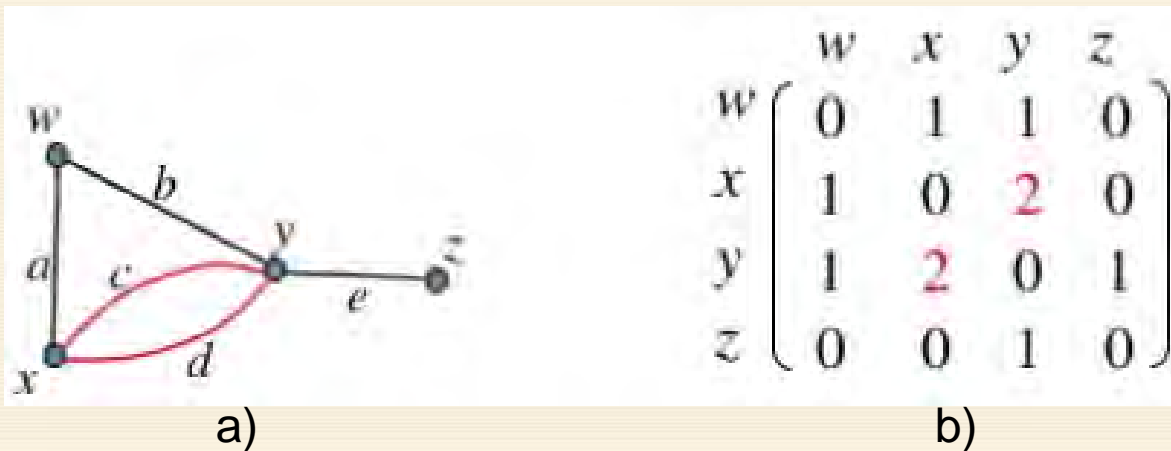


Fig.5.8. Calculul matricei adjuncte a) reprezentarea grafică
b) matricea adjunctă [Sam 16]

Crearea matricii adjuncte: o matrice adjunctă a layout-ului este utilă pentru a surprinde nodurile reprezentate și relațiile dintre ele într-o diagramă sugestivă.

Complexitatea layout-ului are un impact semnificativ asupra funcționării și performanței sistemelor de fabricație. O dispunere bună contribuie la eficiența generală a tuturor activităților și poate reduce cu până la 50% cheltuielile totale de exploatare [Has 12].

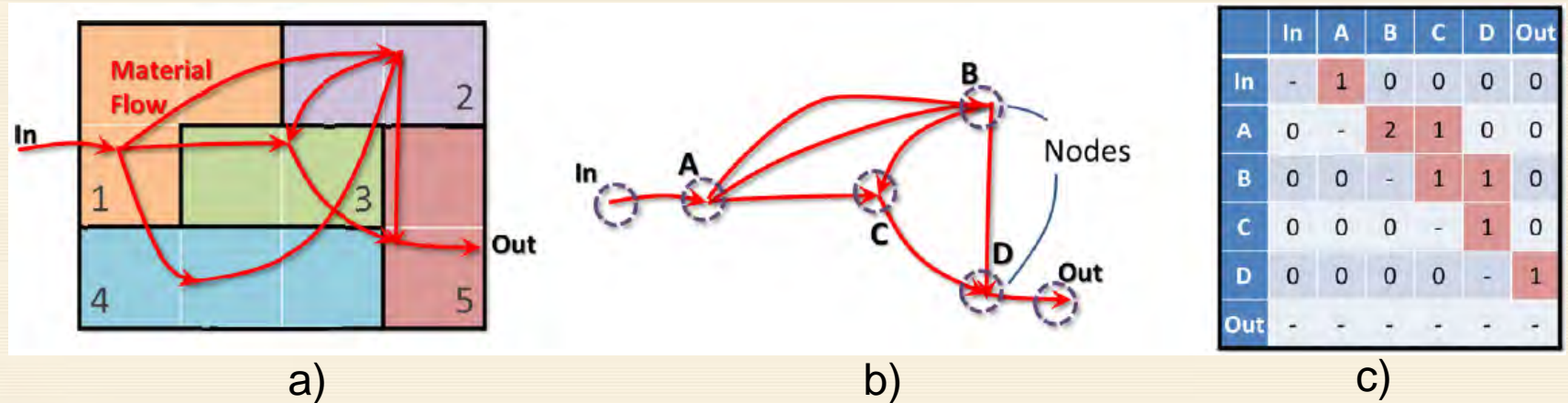


Fig.5.9. Exemplu de utilizare a teoriei grafurilor, a) schița fluxului tehnologic, b) crearea grafului, c) reprezentarea matricei [EIM 14]

5.3. Studiu de caz [EIM 14]

Indicele de complexitate a layout-ului (LCI) este aplicat pentru analiza a două sisteme de fabricație pentru a evalua complexitatea structurală a acestora.

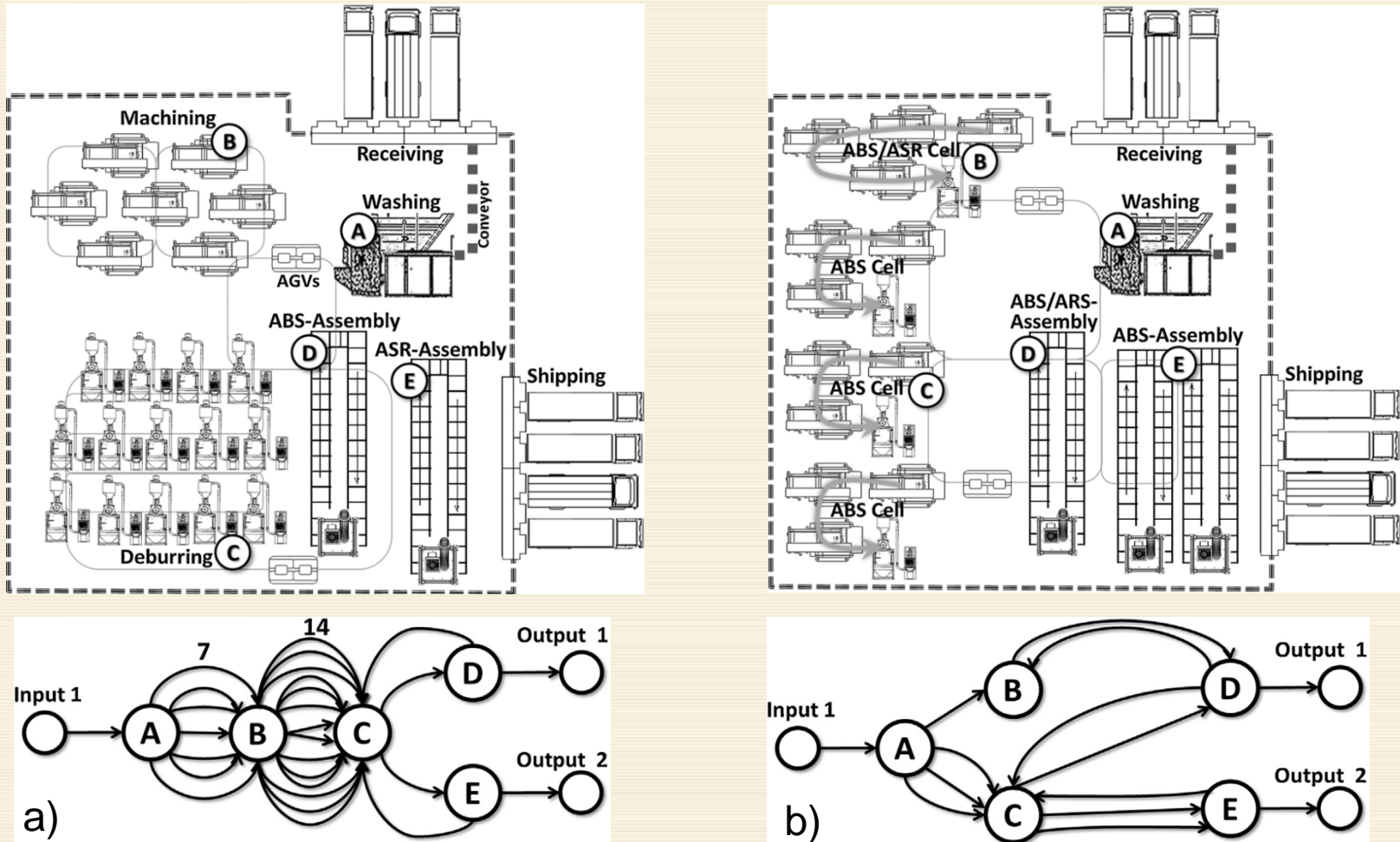


Fig. 5.10. Sistem de fabricație pentru BSP și BSC
 a) Layout-ul liniei de asamblare b) reprezentarea grafului [EIM 14]

Evaluarea comparata a layout-ului de tip proces și de tip celular utilizând metoda grafurilor

Analiza de layout a sistemului: Layoutul este analizat și se crează un graf cu noduri și căi. Nodurile reprezintă punctele de lucru, iar căile sunt conexiunile din sistem.

Calculul matricei adjunkte: ne ajută să surprindem nodurile reprezentative și relațiile dintre ele în graf.

1. Indicele de complexitate: cuantifică densitate, căile, cicluri, puncte de decizie, existența redundanței etc. pentru a evalua diverse aspecte ale complexității layoutului.

2. Indicele de densitate: este definit ca raportul dintre numărul de conexiuni existente și numărul maxim posibil obținut prin conectarea tuturor perechilor de noduri. Indicele de densitate se calculează cu relația:

$$D = \frac{k}{n(n-1)} \quad (5.1)$$

unde k este numărul real de conexiuni și n este numărul de noduri. Un indice de densitate mare ne indică un sistem mai complex deoarece crește numărul de conexiuni în comparație cu numărul de noduri din layoutul sistemului.

3. *Indicele căii:* O cale într-un graf de layout este traseul urmat prin nodurile layoutului pornindu-se cu nodul de intrare și parcurgând nodurile până la cel de ieșire. Indicele de cale compară numărul real de căi, care poate fi calculat folosind algoritmul de găsire a căilor, cu numărul minim teoretic de căi, care depinde doar de numărul de intrare și de nodurile de ieșire.

$$P = 1 - \frac{p}{N} \quad (5.2)$$

Indicele căii se calculează cu relația (5.2), unde p este *numărul* minim teoretic de căi, aflat prin (nr. noduri de intrare) x (nr. noduri de ieșire), iar N este numărul de căi existente.

4. *Numărul de cicluri:* Un ciclu este o buclă de noduri care începe și se termină la același nod. Un număr mare de cicluri indică fluxuri recurente mari, deci o complexitate mai mare a layoutului. Numărul de cicluri este calculat cu relația (5.3) și (5.4)

$$CL = \frac{C}{MC} \quad (5.3)$$

$$MC = \sum_{i=2}^n c_i^n \quad (5.4)$$

unde: C este numărul efectiv de cicluri calculate printr-un algoritm de căutare a ciclurilor, MC este numărul maxim teoretic de cicluri, c_i^n este o combinație unde mai multe noduri încep cu două noduri, deoarece este nevoie de cel puțin o pereche de noduri pentru a avea un ciclu.

5. *Indicele punctelor de decizie*: reprezintă complexitatea cumulată pentru a lua decizii, ce crește cu numărul nodurilor dintr-o cale (adică suma tuturor nodurilor dintre nodurile de intrare și ieșire). Indicele punctului de decizie este calculat de relația (5.5).

$$DS = 1 - \frac{SP}{LP} \quad (5.5)$$

unde SP este numărul de noduri pe calea cea mai scurtă a grafului reprezentând numărul minim teoretic de puncte de decizie al unei secvențe, în timp ce LP este numărul de noduri pe cea mai lungă cale, reprezentând numărul real de puncte de decizie într-o secvență. **Un indice ridicat al punctelor de decizie ne indică o complexitate mai mare a structurii, datorită creșterii numărului de decizii luate pe cale.**

6. *Indicele de distribuție a redundanței*: se referă la existența cailor între nodurile adiacente, indiferent de numărul cailor redundante. Indicele de distribuție redundantă este calculat de relația (5.6)

$$RD = \frac{r}{a} \quad (5.6)$$

unde r este numărul de puncte în care există cai redundante și a este numărul maxim teoretic de puncte în reprezentarea graficului unde poate exista o redundanță.

7. *Indicele de mărime a redundanței*: reprezintă numărul de căi redundante în layout-ul sistemului. Indicele de mărime a redundanței este calculat de relația (5.7)

$$RM = \frac{pr}{w} = \frac{w - a}{w} \quad (5.7)$$

unde pr este numărul total de căi redundante; w este numărul total de căi, iar a este numărul de noduri adiacente.

8. *Indicele complexității layout-ului (LCI)*: pentru sistemul de fabricație este insensibil la secvența indicilor de complexitate individuală și poate fi utilizat pentru a compara diverse alternative de design. LCI se calculează cu relația (5.8):

$$LCI = \left(\sum_{i=1}^n c_i \right)^2 - \sum_{i=2}^n c_i^2 \quad (5.8)$$

unde c_i este valoarea indicelui de complexitate individuală pe axa radială a indicelui i .

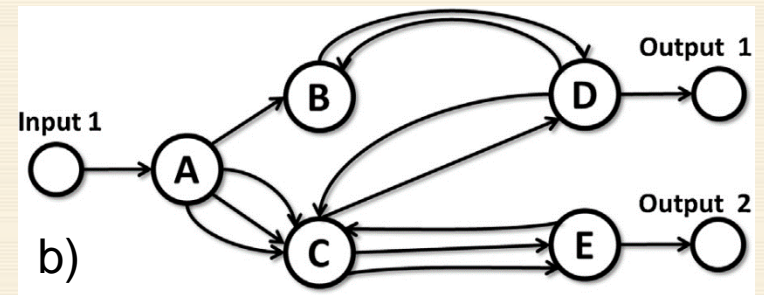
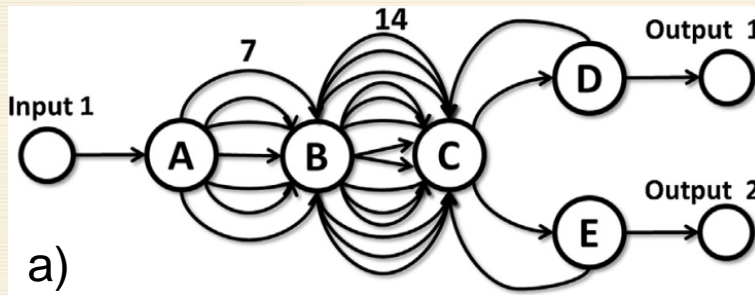


Fig.5.11. Layout-ul sistemului de asamblare a) BSP b) BSC [EIM 14]

Matricea adjunctă este creată în funcție de relația dintre nodurile adiacente din Fig.5.11

a)

	In	A	B	C	D	E	O1	O2
In	0	1	0	0	0	0	0	0
A	0	0	7	0	0	0	0	0
B	0	0	0	14	0	0	0	0
C	0	0	0	0	1	1	0	0
D	0	0	0	1	0	0	1	0
E	0	0	0	1	0	0	0	1
O1	0	0	0	0	0	0	0	0
O2	0	0	0	0	0	0	0	0

b)

	In	A	B	C	D	E	O1	O2
In	0	1	0	0	0	0	0	0
A	0	0	1	3	0	0	0	0
B	0	0	0	0	1	0	0	0
C	0	0	0	0	1	2	0	0
D	0	0	1	1	0	0	1	0
E	0	0	0	1	0	0	0	1
O1	0	0	0	0	0	0	0	0
O2	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig.5.12. Matricea adjunctă pentru : a) BSP b) BSC [EIM 14]

Indicii de complexitate individual sunt calculați după cum urmează:

$$D = 6/(5(5 - 1)) = 0.3, P = 1 - (2/2) = 0, C = 2/26 = 0.08, DS = 1 - (4/4) = 0, RD = 2/4 = 0.5, RM = 19/23 = 0.83$$

$$LCI = \left(\sum_{i=1}^n C_i \right)^2 - \sum_{i=1}^n C_i^2 = 2.90 - 1.03 = 1.87$$

$$D = 8/(5(5 - 1)) = 0.4, P = 1 - (2/3) = 0.33, C = 6/26 = 0.27, DS = 1 - (3/5) = 0, RD = 2/5 = 0, RM = 3/8 = 0.38$$

$$LCI = \left(\sum_{i=1}^n C_i \right)^2 - \sum_{i=1}^n C_i^2 = 4.75 - 0.81 = 3.95$$

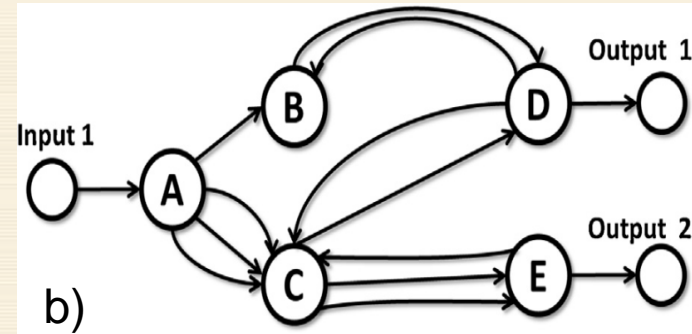
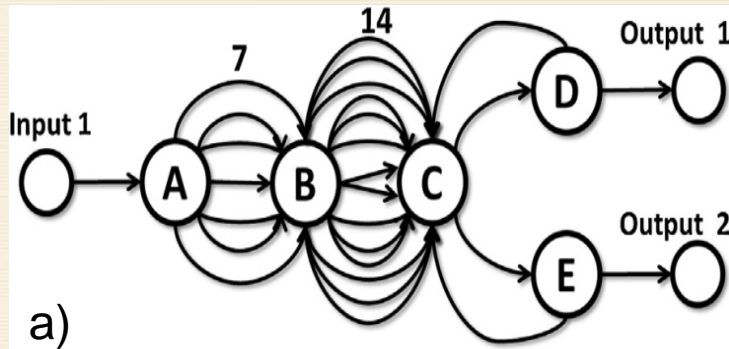


Fig.5.13. Sistemul de asamblare a BSP și BSC reprezentarea grafului [EIM 14]

Tabel 5.1. Indicele de complexitate pentru sistemul de asamblare BSP și BSC [EIM 14]

	BSP	BSC
Tip de layout	proces	celulă
Indicele de densitate	0.3	0.4
Indicele de cale	0	0.33
Indicele de ciclu	0.08	0.27
Indicele punctului de decizie	0	0.4
Indicele de distribuție a redundanței	0.50	0.40
Indicele de mărime a redundanței	0.83	0.38
Indicele de complexitate al layout-ului (LCI)	1.87	3.98

5.4. Analiza sarcinii de fabricație

Analiza sarcinii de fabricație

Cuprinde:

- Tipologia pieselor;
- Planul de fabricație;
- Baza de date a planului de fabricație.

Proiectarea echipamentelor și tehnologiilor

Cuprinde:

- Proiectarea tehnologiei și stabilirea mașinilor și echipamentelor;
- Alegerea mijloacelor auxiliare ale procesului de fabricație (dispozitive, scule, palete, roboți etc.).

Proiectarea sistemului de fabricație

Cuprinde:

- Stabilirea succesiunii de prelucrare;
- Determinarea structurii SFF;
- Simularea SF;
- Definitivarea layout-ului SF.

Analiza economică

Cuprinde:

- Calculul prețului de cost;
- Calcul indicatorilor de eficiență economică (profit, volumul capitalului investit, producția totală, durata de exploatare, termen de recuperare a investiției etc.).

Concretizarea modului de lucru a sistemului

Cuprinde:

- Stabilirea mărimii lotului de fabricație;
- Programarea MUCN;
- Interconectarea elementelor din sistem.

Tehnologia în SF are ca și precursor tehnologia de grup.

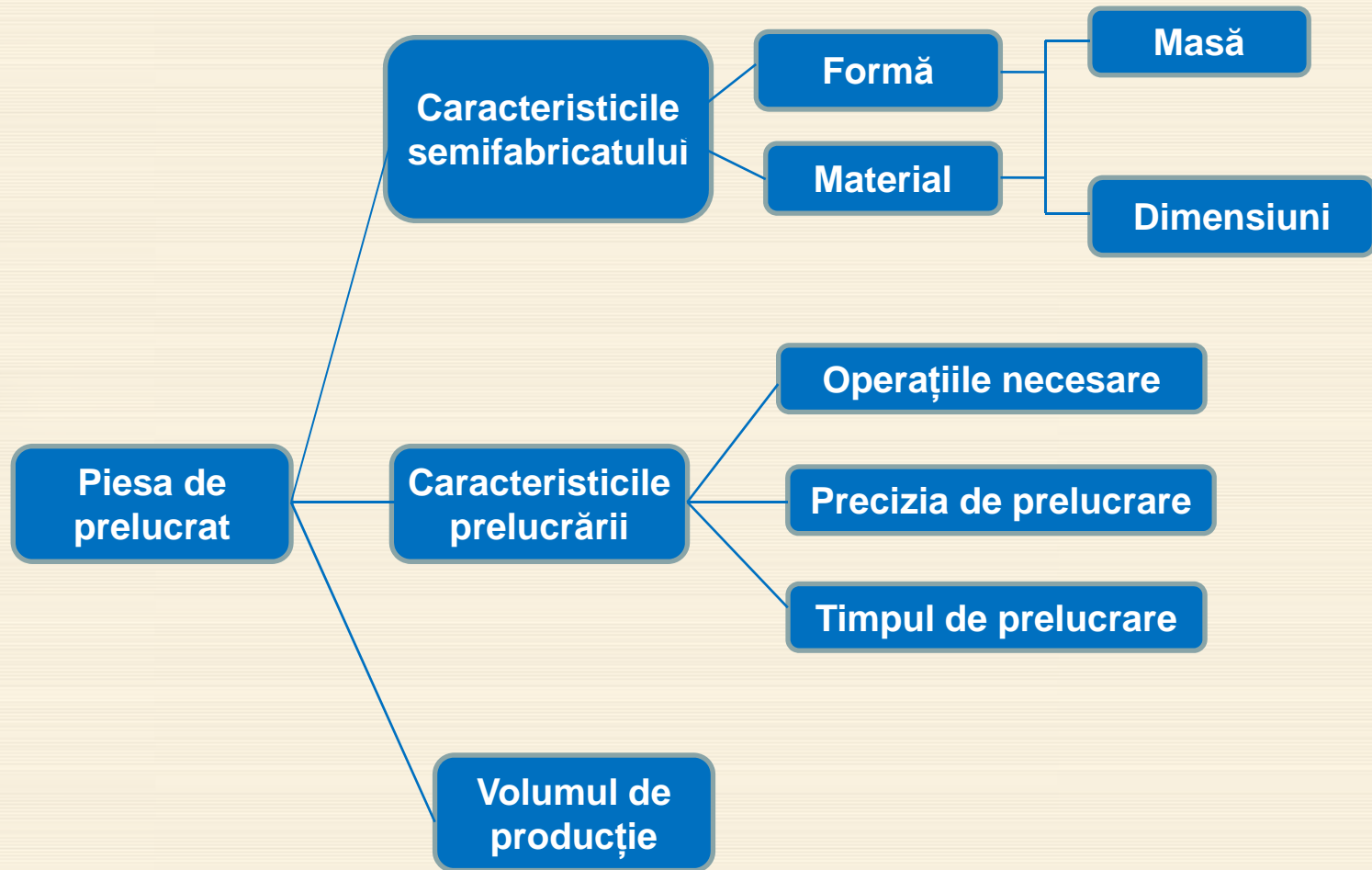


Fig.5.14. Caracteristicile principale a pieselor

La analiza sarcinii de fabricație trebuie avute în vedere:

- îndeplinirea condițiilor de calitate;
- stabilirea unui itinerar tehnologic care să permită prelucrarea tuturor reperelor din familie;
- folosirea aceluiași baze tehnologice pentru toate reperatele;
- încărcarea optimă a mașinilor și echipamentelor.

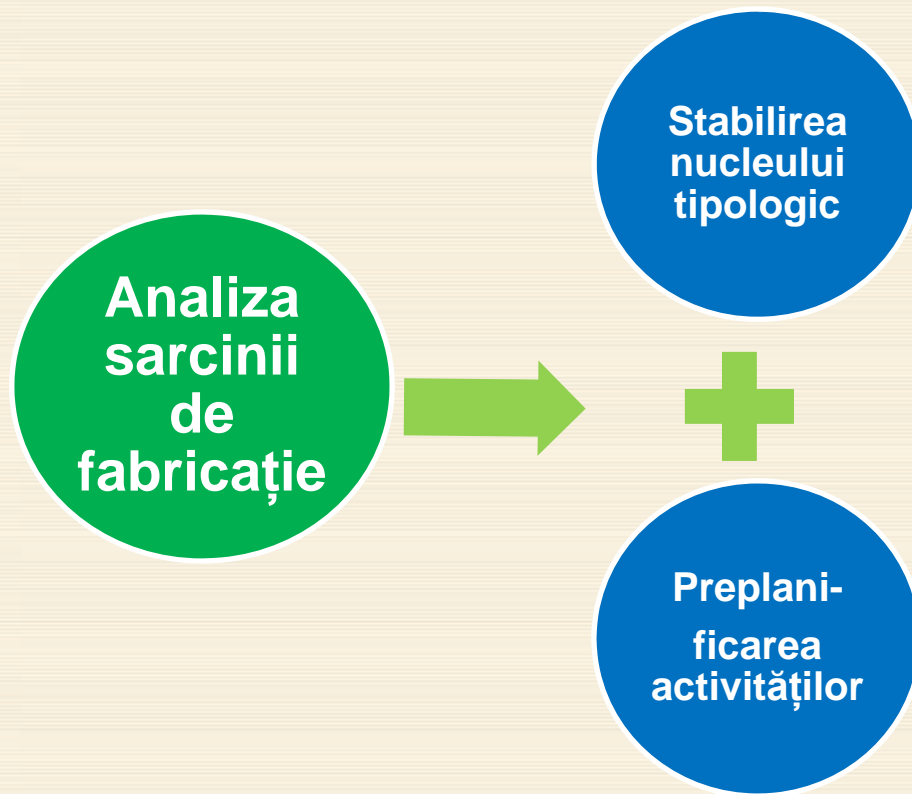


Fig.5.15. Caracteristicile analizei fabricației

Corespunzător celor două obiective se pot delimita 2 etape:

1. Etapa de concentrare tipologică, selectată din diversitatea tipologică prin stabilirea unui nucleu tipologic;
2. Etapa de detentă tipologică când se urmărește adaptarea SFF la sarcinile ce urmează să le îndeplinească.

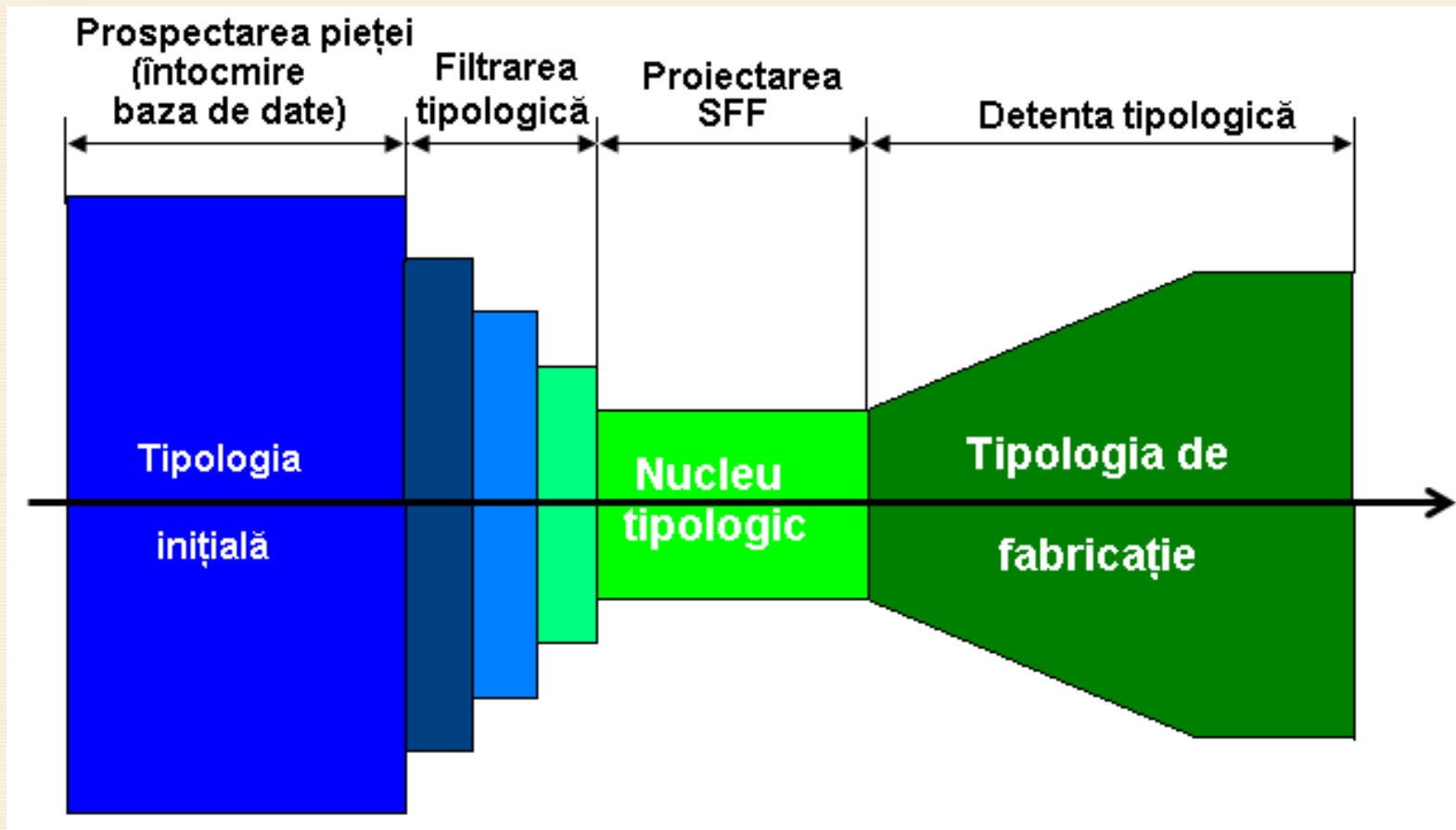


Fig.5.16. Analiza procesului de fabricație

Exemplu de stabilire a nucleului tipologic [Abrudean]:

După un studiu de piață s-au identificat un număr de 112 tipuri diferite de piese care fac parte din familia pieselor tip arbore.

Fiecare tip de piesă este diferită de celelalte în funcție de:

- volumul de producție;
- tipul de material;
- masă;
- dimensiuni (lungime, diametru);
- rigiditate (L/D);
- etc.

Pentru determinarea nucleului tipologic s-au aplicat asupra mulțimii inițiale trei filtre tipologice:

- analiza statistică a sarcinii de fabricație;
- analiza tehnologiei de prelucrare a pieselor;
- analiza ABC (principiu: activitățile consumă resurse și produsele consumă activități);

1. Stabilirea nucleului tipologic

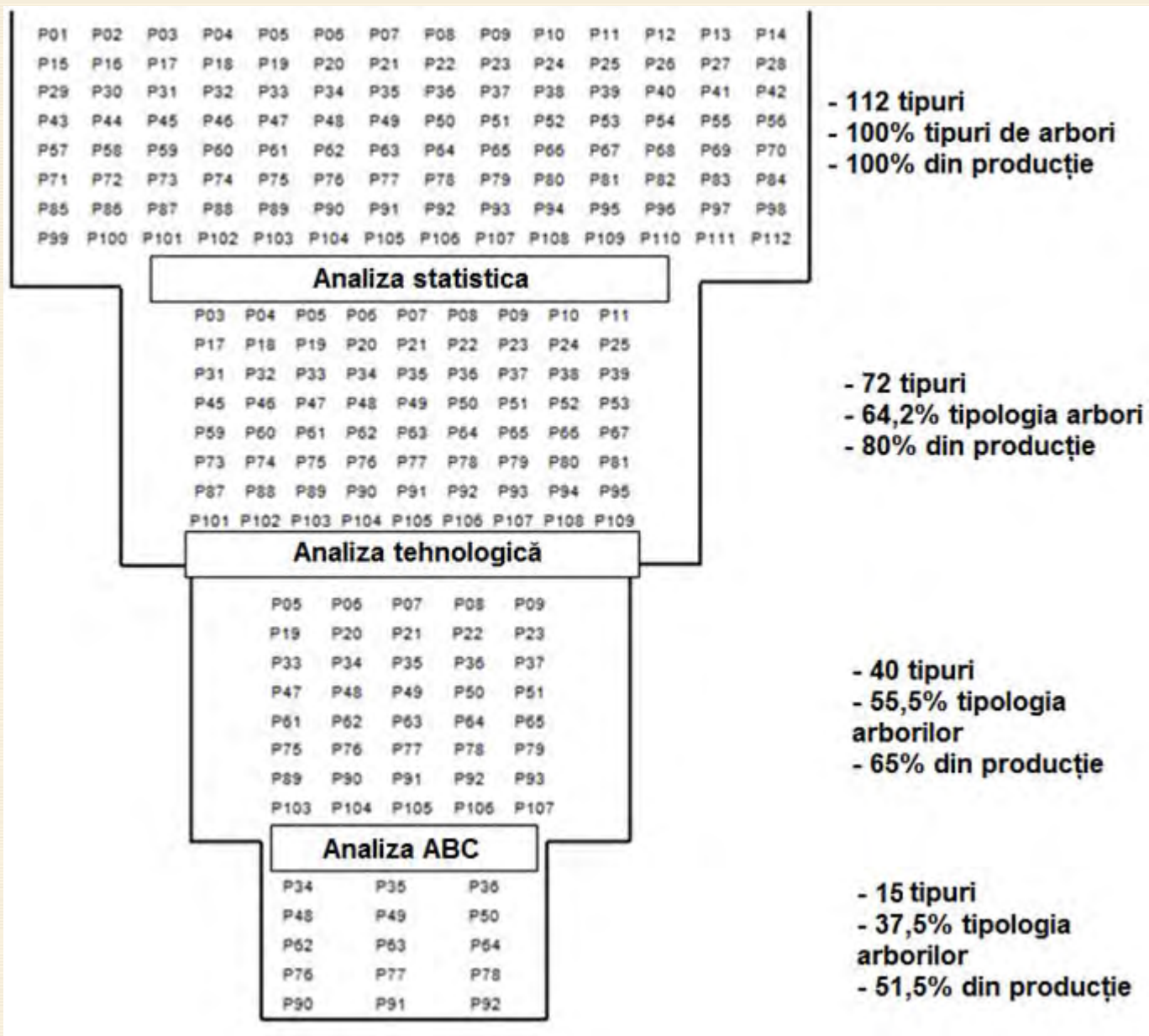


Fig.5.17. Filtrarea tipologică pentru determinarea NT

2. Examinarea tipologiei

P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14
P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28
P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42
P43	P44	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56
P57	P58	P59	P60	P61	P62	P63	P64	P65	P66	P67	P68	P69	P70
P71	P72	P73	P74	P75	P76	P77	P78	P79	P80	P81	P82	P83	P84
P85	P86	P87	P88	P89	P90	P91	P92	P93	P94	P95	P96	P97	P98
P99	P100	P101	P102	P103	P104	P105	P106	P107	P108	P109	P110	P111	P112

 Reperel prelucrate in SFF  Reperel prelucrate prin externalizare

Fig.5.18. Multimea reperelor selectate

Capitol 6. Structura SFF

Structura SFF este determinată în principiu de:

- Varietatea tipo-dimensională a pieselor
- Tehnologia de prelucrare;
- Tipul și numărul operațiilor;
- Nivelul de flexibilitate cerut;
- Costul prelucrării;
- Valoarea investiției, etc.

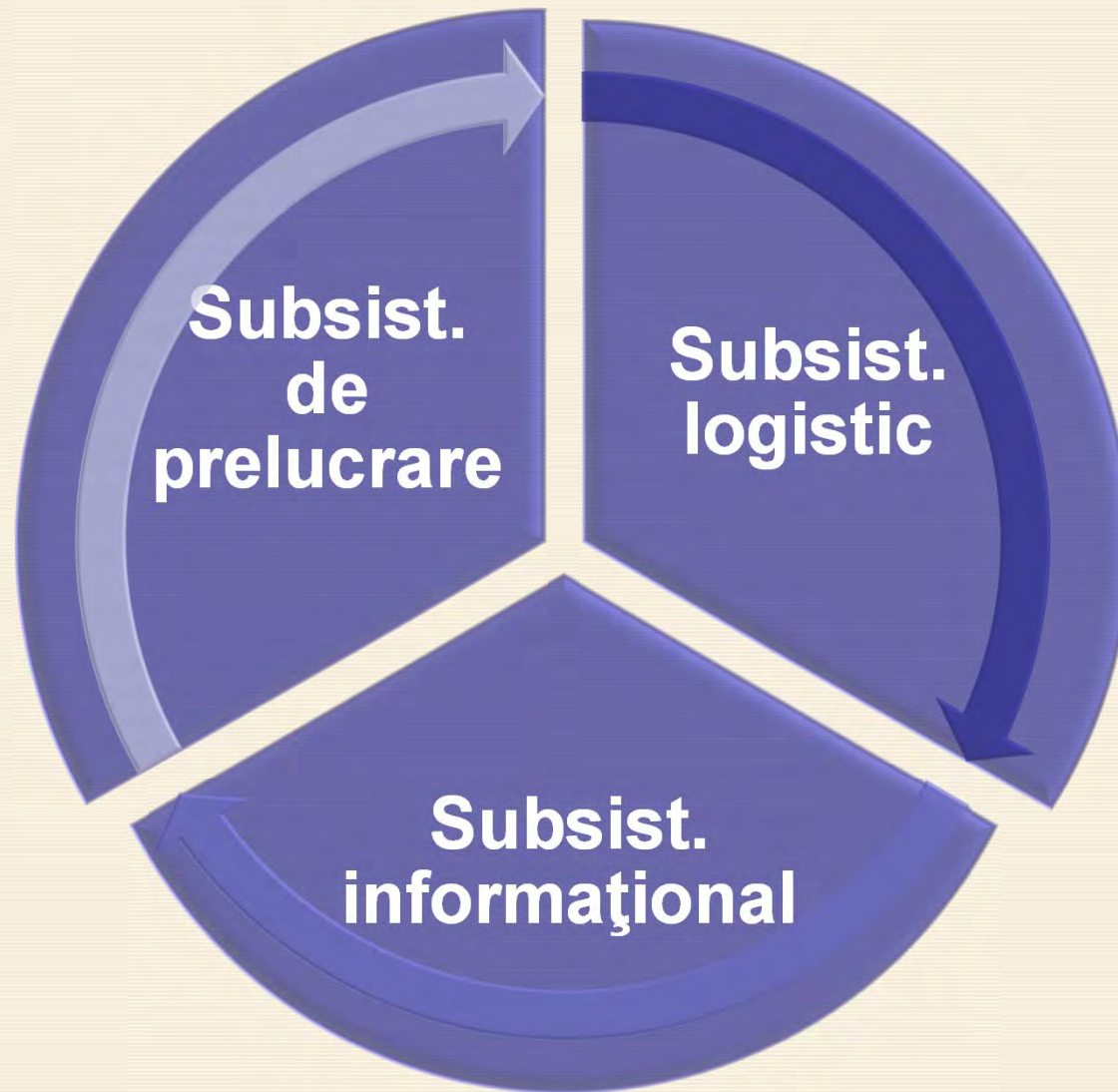


Fig.6.1. Componentele SFF

6.1. Subsistemul de prelucrare

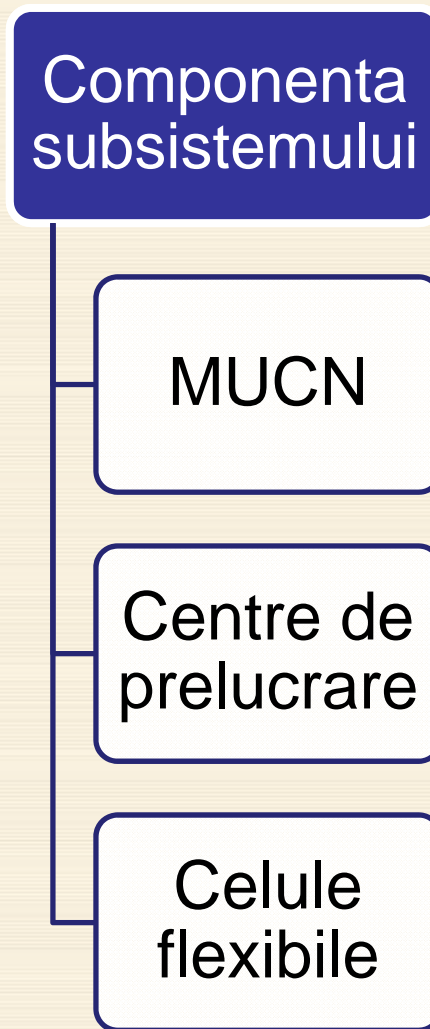


Fig.6.2. Componentele subsistemului de prelucrare



Fig.6.3. Tipuri de mașini unelte cu comanda numerică (MUCN)

Centre de prelucrare

Prin centru de prelucrare se înțelege o mașină unealtă care are următoarele caracteristici generale:

- are posibilitatea tehnologică de a efectua mai multe operații;
- are axe cinematice controlate numeric;
- are o magazie proprie de scule;
- schimbarea sculelor se face automat.

Avantajele centrelor de prelucrare:

- permit concentrarea eficientă a mai multor operații;
- sunt echipate cu sisteme de diagnosticare și control a funcționalității;
- transmiterea mișcării actuator-masă/sculă se face simplu;
- sistemul de lăgăruire este special;
- au eficiență ridicată.

Particularități

- lanțurile cinematice principale sunt robuste, cu protecție împotriva supraîncălzirii și se pot obține turații într-o gamă largă (10-24000 rot/min);
- lanțurile cinematice secundare se realizează prin antrenarea directă a unui șurub cu bile, de către un servomotor de c.c., cu posibilitatea de reglare continuă a vitezei de avans;
- controlul poziției organelor mobile se realizează cu ajutorul unor traductori;
- pasul minim reglabil de $1\mu\text{m}$, iar precizia de poziționare ajunge la 3-4 μm ;
- permit concentrarea unui număr mare de operații de prelucrare;
- pot prelucra în 2.5; 3; 4; 5 axe.



a)



b)



c)



d)



e)

Fig.6.4. Exemple de prelucrare a) 2,5 axe [w.mec_17], b) 3 axe [w.geo_17], c) 4 axe [w.i.yti_17], d) și e) 5 axe [w.iql_17] [w.rob_17]

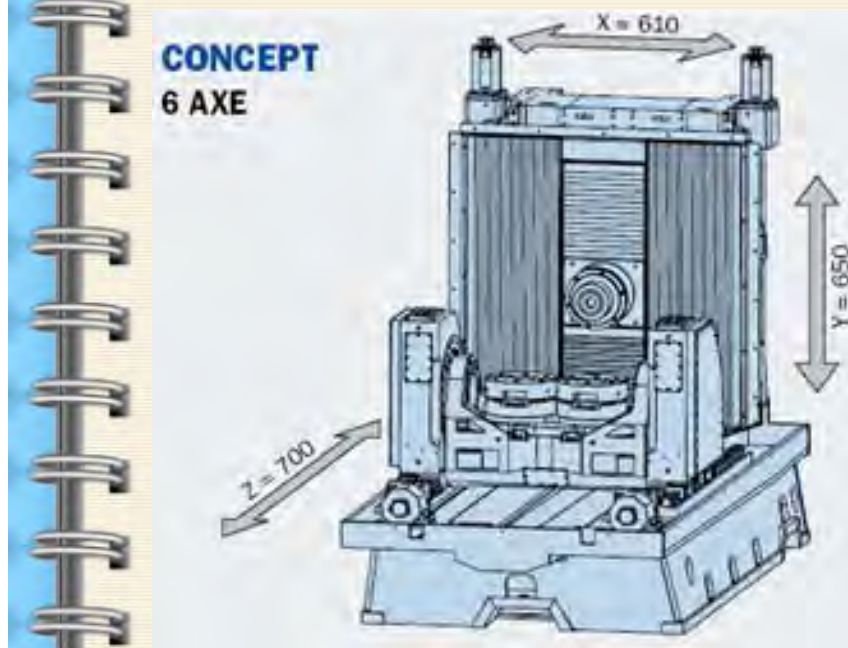
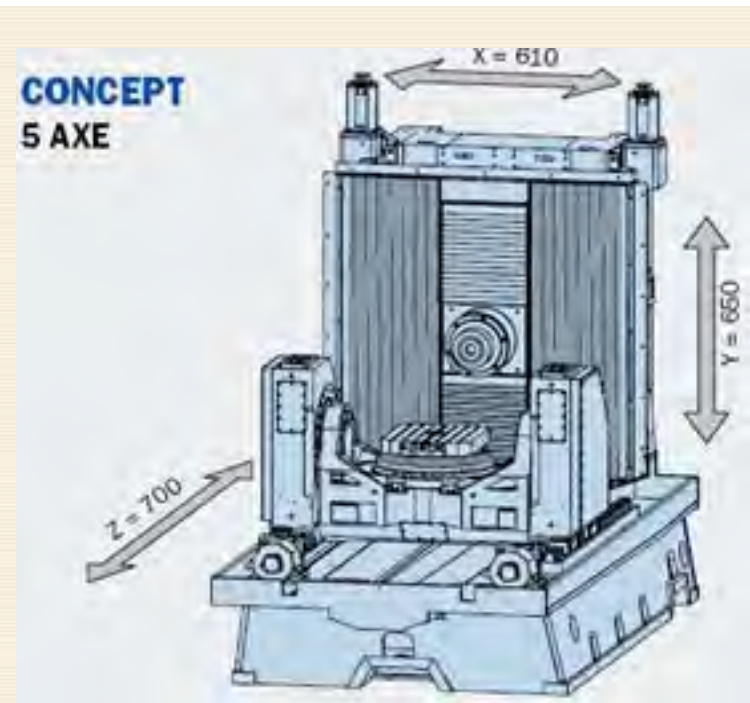
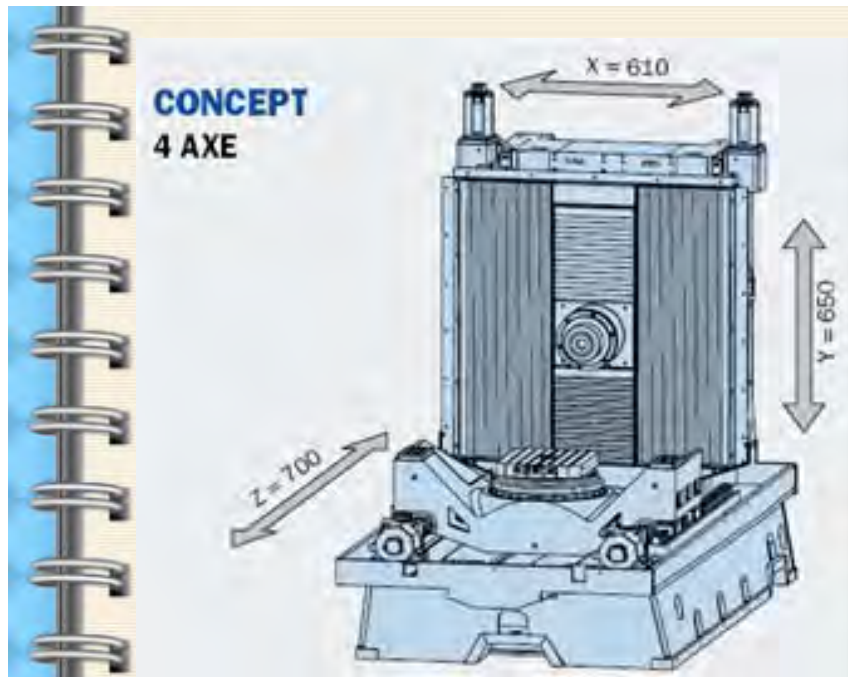


Fig.6.5. Structura cinematică pentru centre în 3...5 axe [Mir 11]

Criterii de clasificare:

- după tipul operațiilor realizate;
- după poziția arborelui principal;
- după forma și tipul magaziei de scule;
- după gradul de mobilitate al suportului magaziei de scule;
- după poziția relativă a planului de lucru față de cel de schimb al sculei;
- după poziția relativă a axului arborelui principal și cel al magazinului de scule;
- după tipul mecanismului de transfer;
- după numărul locurilor de așteptare.

Centre de prelucrare paletizate

Acele centre de prelucrare care au în locul mesei un sistem de bazare și fixare pentru palete. Condiția de bază este ca paletele să fie interschimbabile.

Paletele au diferite dimensiuni și forme, și prin intermediul unui sistem de transfer automat sunt așezate/evacuate de pe centru spre elementele de manipulare și transport.

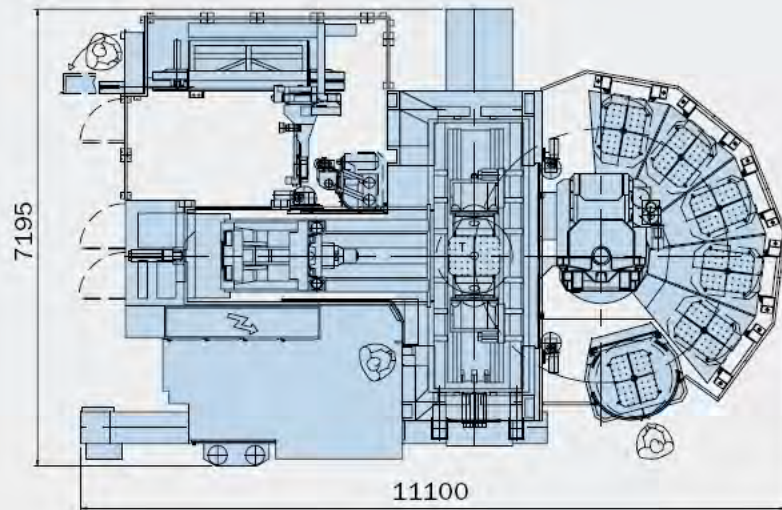
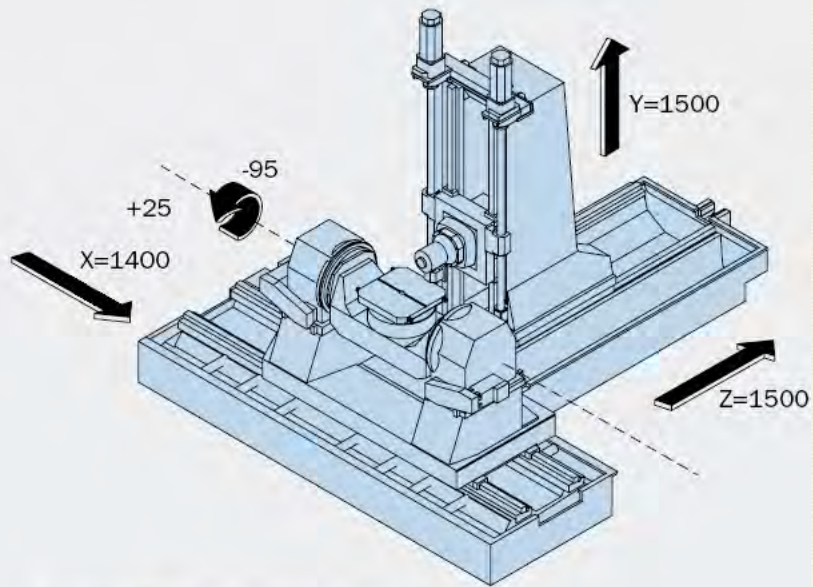


Fig.6.6. Centre de prelucrare paletizate



Fig.6.7. Sistem de transfer a paletelor pentru centre de prelucrare [w.dir_17/1]



Fig.6.8. Exemple de sisteme schimbătoare de palete [w.dir_17/2]

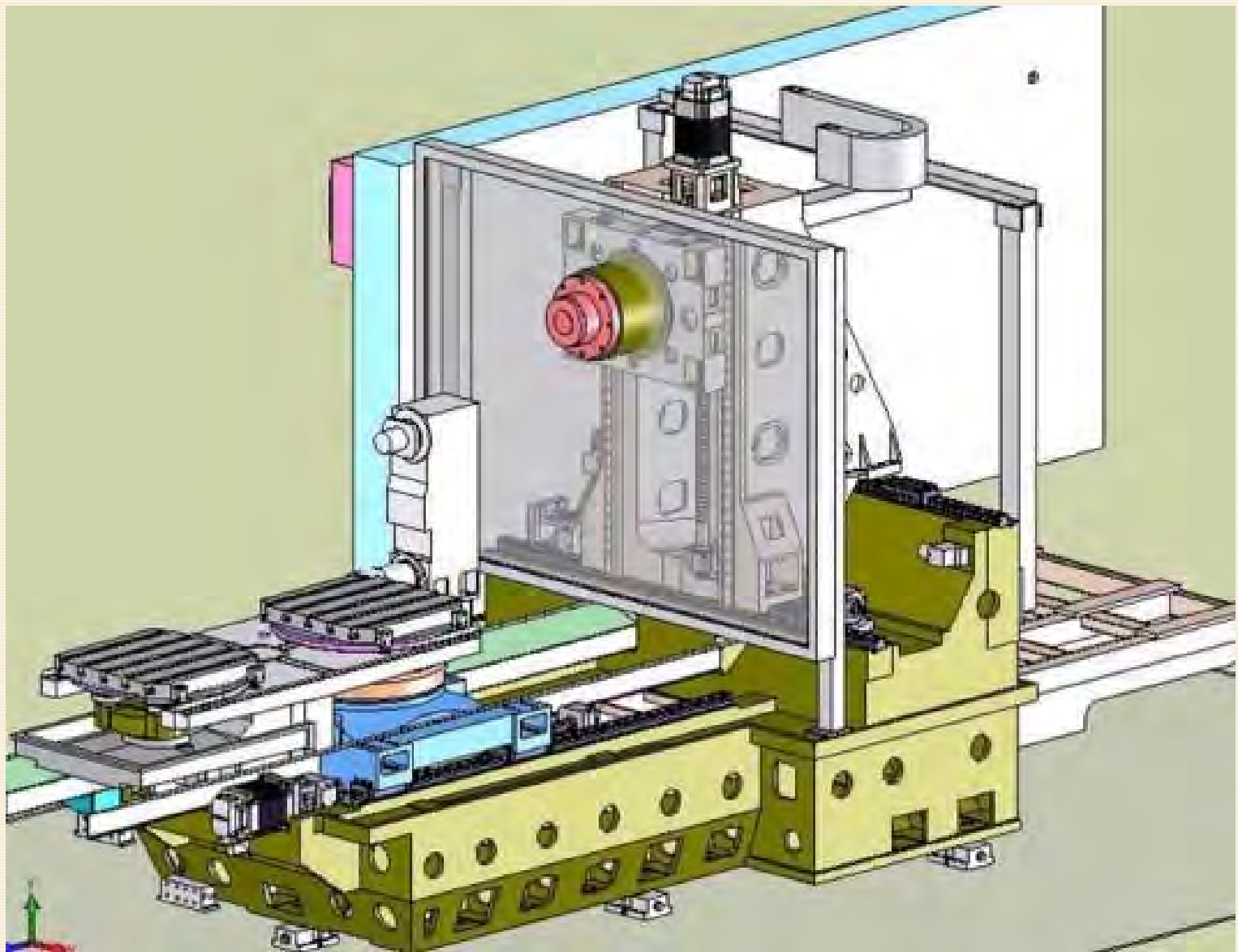


Fig.6.9. Modul de lucru al unui schimbător de palete [w.ata_17]

Atributele flexibilității fabricației pe centrele de prelucrare sunt:

- utilizarea CN pentru controlul fabricației;
- precizia prelucrării pieselor;
- ușurința schimbării sculelor;
- ușurința interconectării mașinii cu componentele sistemului;
- performanța calculatorului din dotarea mașinii CNC.

Controlul centrelor de prelucrare

- A. DNC (vezi C2)
- B. CNC (vezi C2)
- C. Control adaptativ

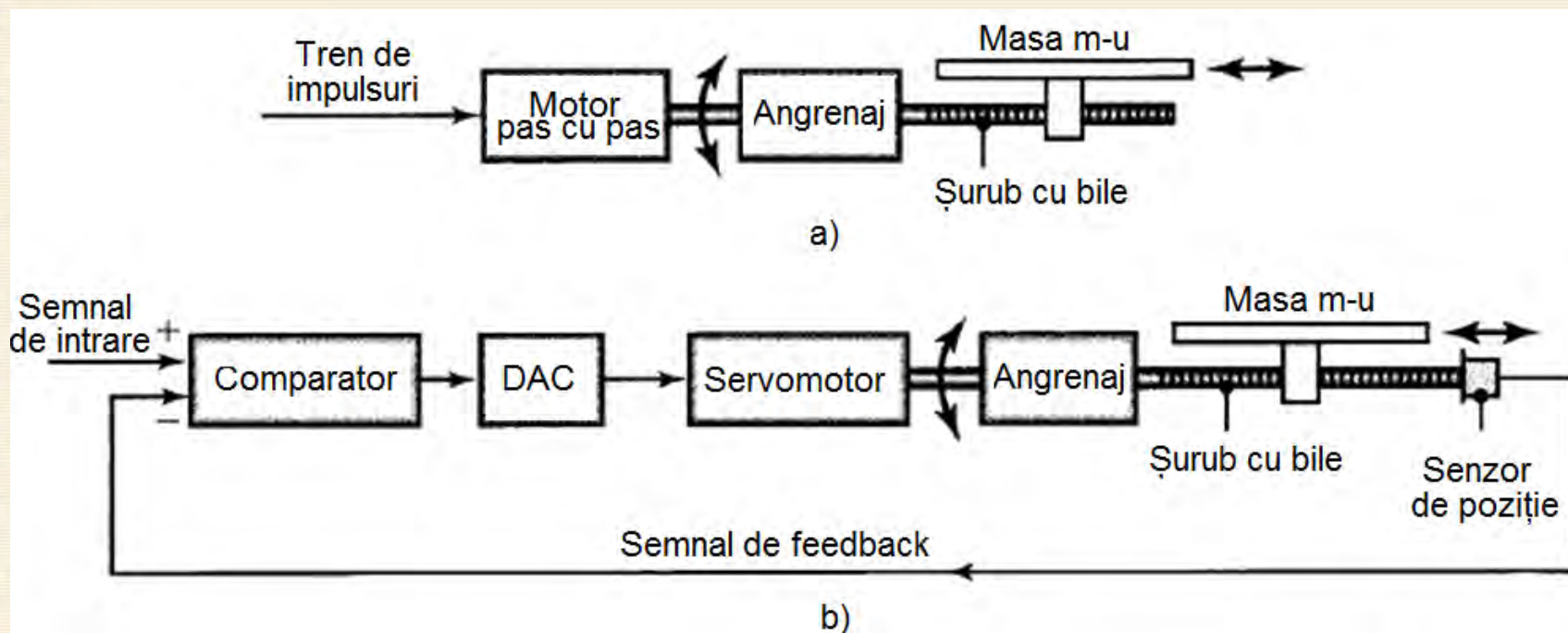


Fig.6.10. Sistemul de control a unui centru de prelucrare în
a) buclă deschisă b) buclă închisă [Suh 08]

DAC = convertor digital-analog

C. Controlul adaptativ (CA)

Surse de perturbație a procesului:

- geometria variabilă a sculelor (necesitatea corecției de rază și lungime);
- duritate variabilă & prelucrabilitate variabilă;
- rigiditate variabilă a semifabricatului;
- uzura sculelor;
- diferența de calitate pentru diferite suprafețe de pe piesă (dacă prelucram cu același regim obținem aceeași calitate, deci avem o scădere a productivității).

Când utilizăm CA:

- optimizarea regimurilor de lucru;
- optimizarea calității rezultate;
- minimizarea costurilor de prelucrare.

Utilizarea controlului adaptativ este deosebit de important atunci când:

- creștem productivitatea (ex: strategia helical milling);
- abateri spațiale mari ale semifabricatelor;
- costul operațiilor este ridicat (materiale speciale, semifabricate cu rigiditate scăzută etc.);
- neomogenitatea materialelor (semifabricate turnate, forjate);

Regula de bază: Timpul de răspuns trebuie să fie cât mai scurt pentru ca CA să fie eficient, în special în operațiunile de prelucrare cu viteză mare (high speed machining) [Suh 08].

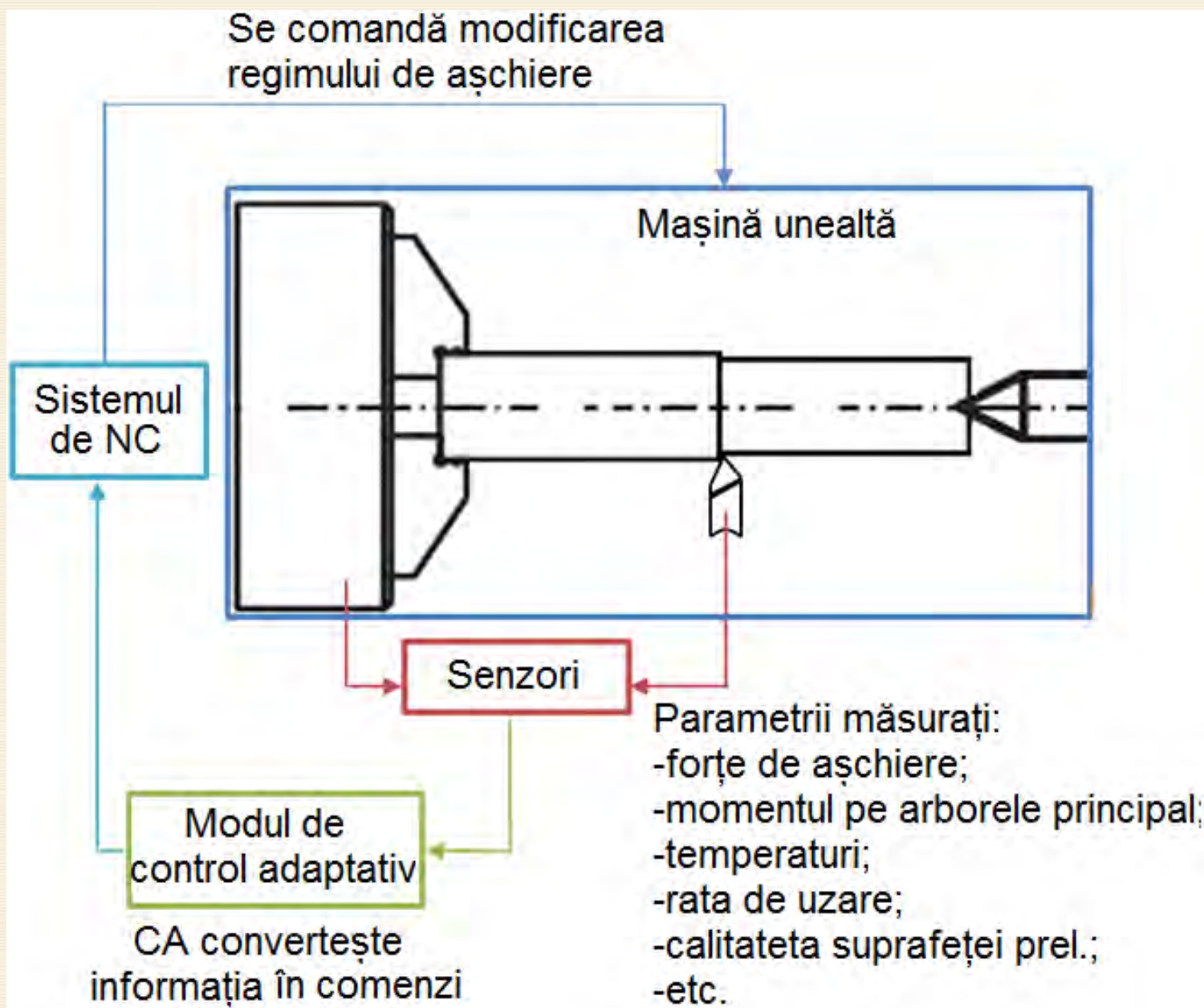


Fig.6.11. Fluxul informaţional la M-U cu CA

Sisteme de CA [Aka 17]:

- CA prin optimizare:
 - cost mare;
 - mai laborios și necesită cercetări experimentale;
 - sistem de control mai sofisticat;
 - mai eficient.
- CA prin constrângeri:
 - simplu și ieftin;
 - obiectivul este doar creșterea productivității (rata de îndepărtare a materialului);
 - constrângeri doar pentru forța de așchiere, puterea absorbită, momentul pe arbore.

Avantajele CA:

- crește productivitatea;
- crește durabilitatea sculelor;
- minimizarea numărului de rebuturi;
- intervenția asupra procesului operatorilor umani este minimă;
- programarea mașinii unelte este mult mai simplă.

Dezavantajele CA:

- mai costisitoare;
- posibilă la mașini unelte de ultimă generație;
- limitată în funcție de mediul de lucru.

Interfața om-mașină [Suh 08]

Interfața om-mașină (IM-M) mijlocește comanda mașinii unelte de către om, permițând: editarea programului, interpretarea lui de către mașină, reglarea parametrilor și transmiterea datelor.

După cum reiese din fig.6.3 structura IM-M este structurată în trei nivele: nivelul de aplicații, nivelul de bază și sistemul de operare.

Nivelul de aplicație este compus din aplicațiile cu care interacționează omul. Funcțiile de la acest nivel permit scrierea, ștergerea, apelarea și înlocuirea anumitor informații.

Nivelul de bază este partea care traduce informațiile introduse de operatorul sistemului de operare care controlează mașină uneltele.

Sistemul de operare face comanda componentelor hardware ale mașinii unelte.

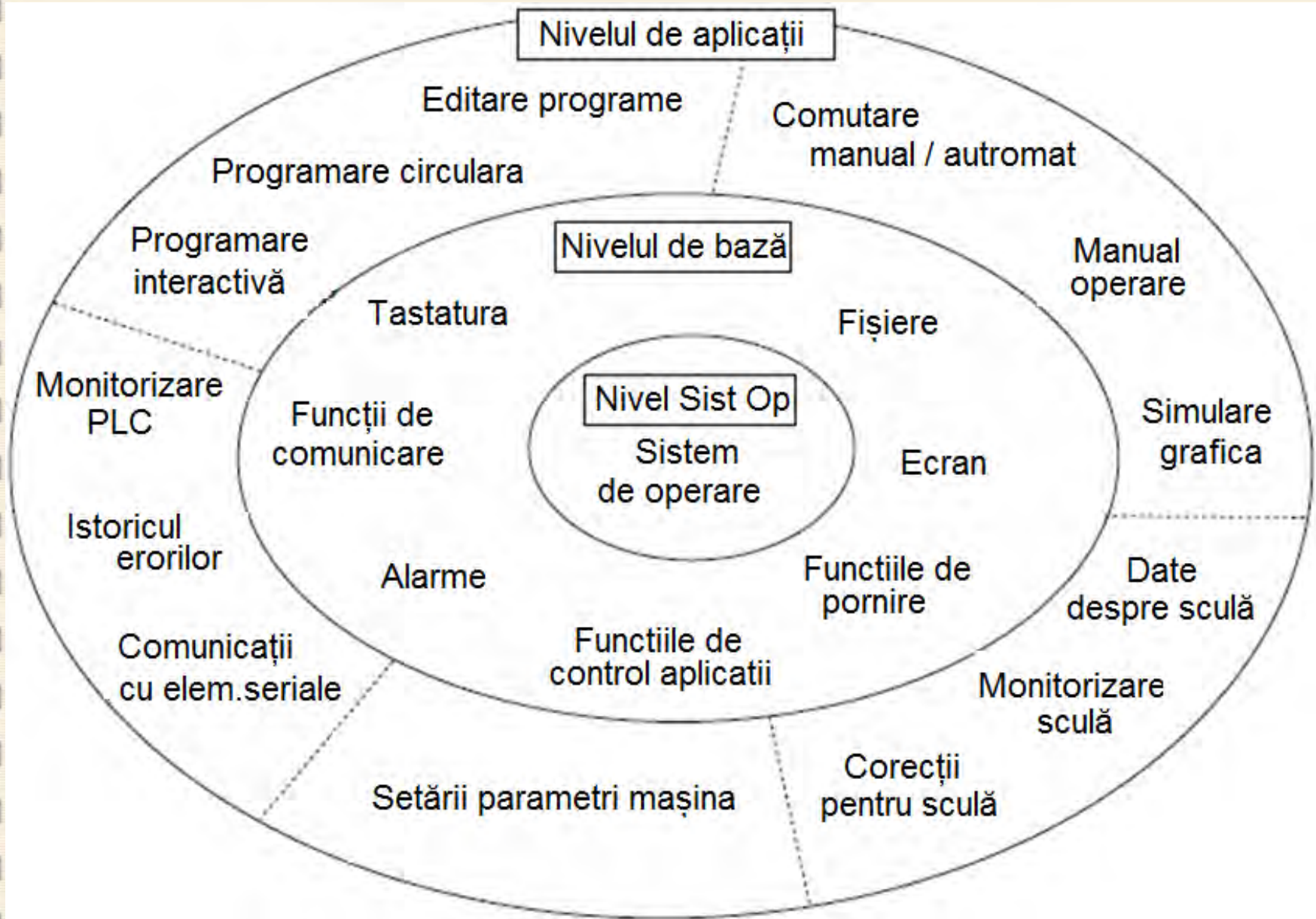


Fig.6.12. Structura interfeței om-mașină [Suh 08]

Programarea CNC a mașinii unelte

- Programare manuală;
- Programare automată (programare conversațională);

Aproximativ, programarea CNC reprezintă o secvență de instrucțiuni scrise care comandă deplasarea sculei sau semifabricatului pentru a se prelucra o piesă.

Etapele de creare a unui program CNC [Suh 08]:

1. analiza desenului de execuție;
2. stabilirea suprafețelor care se prelucrează și ce mașină se utilizează;
3. stabilirea dispozitivelor ce se vor folosi pentru fixare;
4. stabilirea sculelor și a portsculelor ce se vor utiliza;
5. alegerea originii, ordinea succesiunii operațiilor, planul de siguranță, adâncimea de așchiere etc;
6. alegerea regimului de așchiere pentru fiecare operație;
7. generarea programului;
8. verificarea programului utilizând modulul de simulare;
9. rularea programului.

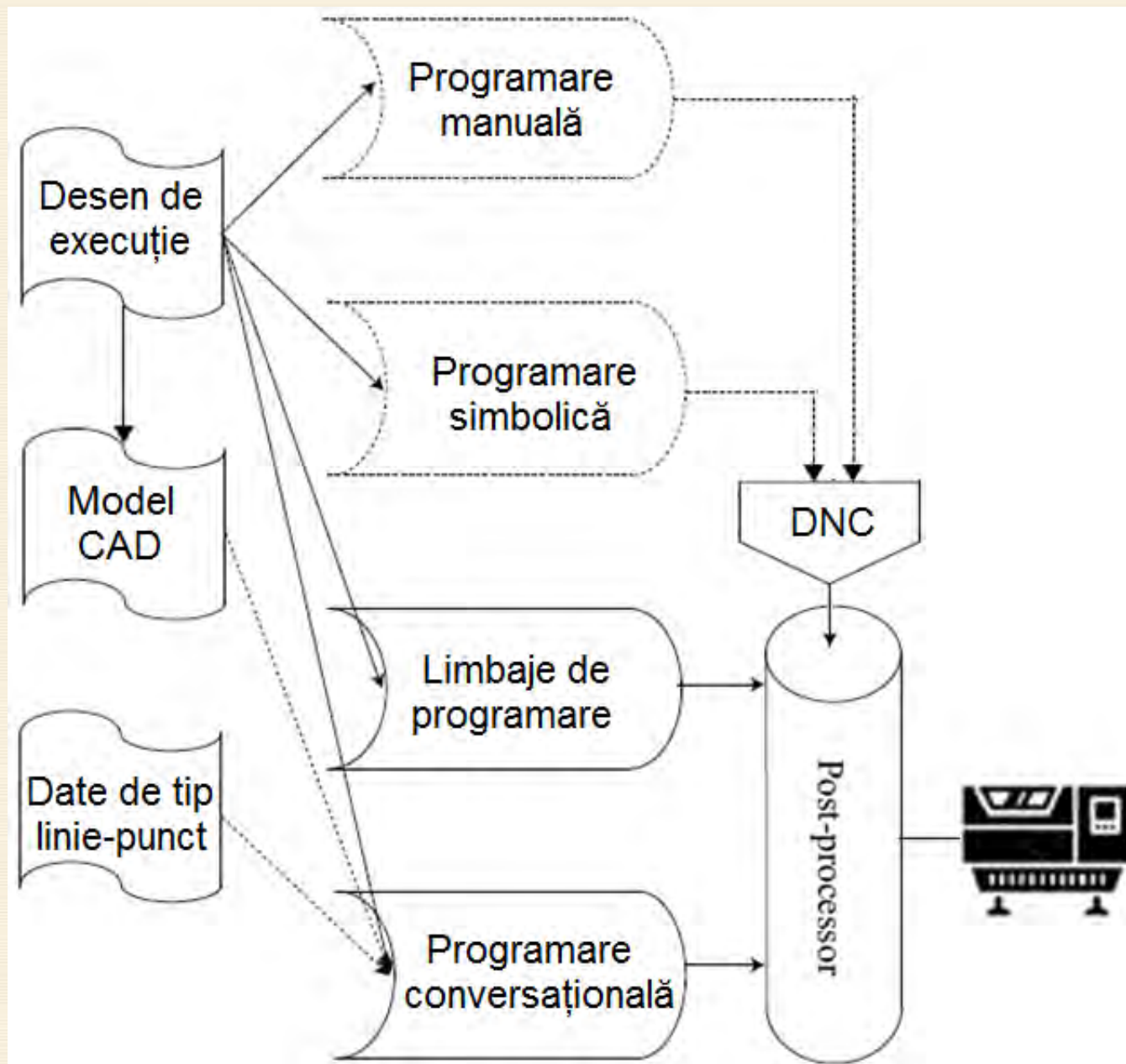


Fig.6.13. Metode de programare [Suh 08]

Programare manuală

Se utilizează pentru procese tehnologice simple (operații de găurire, alezare, frezare de contururi liniare, strunjiri simple) și în cazul unor programe relativ scurte – sub 120-150 instrucțiuni.

Informațiile pentru programare sunt:

Geometrice: coordonate și traiectorii;

Tehnologice:

- viteze de prelucrare;
- adâncime de așchiere;
- viteze de avans;
- informații ajutătoare privind răcirea, sensul de rotație, numerele sculelor și ordinea în care sunt utilizate.

Programare automată [Suh 08]

Programarea automată este un mod de programare care utilizează metoda limbajelor de programare și metoda de programare conversațională.

La utilizarea metodei cu limbaje de programare, secvențele de prelucrare, forma pieselor și tipul de scule sunt definite într-un limbaj care poate fi înțeles de om. Liniile de program sunt apoi transformate prin intermediul post-procesorului într-o serie de instrucțiuni inteligibile pentru CNC.

La utilizarea programării conversaționale, programatorul introduce date despre forma piesei într-un mod interactiv utilizând o interfață grafică, selectând rând pe rând tipul de operație, ordinea secvențelor de prelucrare, regimul de lucru etc. La final, programatorul generează programul care este transferat în hard-ul mașinii unelte.

De obicei, programarea conversațională poate fi realizată cu un sistem CAM extern într-o formă simplificată.

a) Limbaje de programare [Suh 08]

Programarea de tip limbaj este metoda în care se editează un program folosind instrucțiuni de tip lingvistic. Programator trebuie să cunoască instrucțiunile programului în care lucrează, iar acest lucru face dificilă generarea programelor.

Cele mai răspândite limbaje de programare sunt: APT, EXAPT, FAPT, KAPT, COMPACT.

APT (Automatically Programmed Tool) este cel mai utilizat limbaj de programare, având un număr mare de funcții. Utilizând APT este posibil generarea programelor pentru 3...5 axe, putându-se controla și dispozitive de tipul axelor a 4-a și a 5-a.

EXAPT a fost dezvoltat de companiile Germane. EXAPT se aseamănă cu APT dar are funcții mai limitate.

FAPT a fost dezvoltat de FANUC fiind similar cu APT. FAPT se utilizează exclusiv la programarea echipamentelor.

```

CLPRNT
LI82  =LINE/6.25,-1.0,2.0,0.25,-1.0,2.0
LI83  =LINE/0.25,-1.0,2.0,2.0,3.5,2.0
LI84  =LINE/2.0,3.5,2.0,6.7525,1.1319,2.0
CI58  =CIRCLE/6.2507,0.125,2.0,1.125
LI85  =LINE/6.2507,-1.0,2.0,6.25,-1.0,2.0

CUTTER/0.25,0.05,0.075,0.05,0.0,0.0,4.0
COOLNT/ON
SPINDL/1200
FEDRAT/1.0
OUTTOL/0.005
TLAXIS/0.0,0.0,1.0
    FROM/0.0,0.0,5.0
    RAPID
    GOTO/-0.1228,-1.255,3.0
THICK/0.0,0.13
    DNTCUT
    GOTO/-0.1228,-1.255,1.0
GO/ON,LI82,TO,(PLANE/0.0,0.0,1.0,1.0),TO,LI83
CUT
INDIRV/0.3624454,0.932005,0.0
TLLFT, GOFWD/LI83, PAST, LI84
GORGT/LI84, TANTO,CI58
GOFWD/CI58,TANTO,LI85

```

Fig.6.14. Exemplu de linii de program APT [Suh 08]

b) Programare conversațională [Suh 08]

Este o metodă dezvoltată pentru a facilita programarea într-un mod cât mai simplu, folosindu-se un limbaj cu caracter simbolic, prin intermediul căruia se scrie rapid un program.

Programarea conversațională este utilizată de CATIA, MasterCAM, SolidCAM, EdgeCAM etc.

Programul pentru prelucrarea piesei este generat pe un calculator extern și apoi copiat pe MUCNC. El poate fi transferat direct pe MUCN prin sistemul DNC, wireless etc.

Prin acest tip de programare se poate genera rapid programe complexe.

Acest tip de programare poate fi custom-izată pentru anumite MUCN utilizând o interfață simbolică. Există două variante: WOP (Workshop Oriented Programming) și SOP (Shopfloor Oriented Programming).

Concluzie:

- limbaj conversational CAM – pentru “n” mașini;
- limbaj conversational WOP sau SOP pentru o singură mașină.

Table 6.1. Comparație între modurile de programare [Suh 08]

	Avantaje	Dezavantaje
EIA/ISO	<p>Ușor de utilizat la operații simple cum ar fi găurire, filetare, strunjire.</p> <p>Solicită resurse hardware minime (Memorie RAM).</p> <p>Programul poate fi modificat relativ ușor.</p>	<p>Necesită cunoașterea instrucțiunilor G-code (operatori calificați).</p> <p>Necesită cunoștințe de geometrie pentru calculul traseelor efectuate de sculă.</p> <p>Apar frecvent greșeli pentru programe ce au peste 100 linii.</p>
CAM	<p>Posibilitatea prelucrării suprafețelor complexe.</p> <p>Generează programe pentru o tipologie mare de MUCN.</p>	<p>Scumpă și necesită operatori calificați. Dificil de făcut modificări a programului pe mașină.</p>
Limbaj simbolic (WOP or SOP)	<p>Programarea se realizează ușor și într-un mod intuitiv.</p> <p>Programul se optimizează ușor pe MUCN.</p>	<p>Specific doar pentru o mașină.</p> <p>Programul nu poate fi utilizat pe alte mașini. Piesele complexe sunt dificil de prelucrat deoarece programul este puternic customizat .</p>



Fig.6.15. Programare conversațională [w.ber_17]

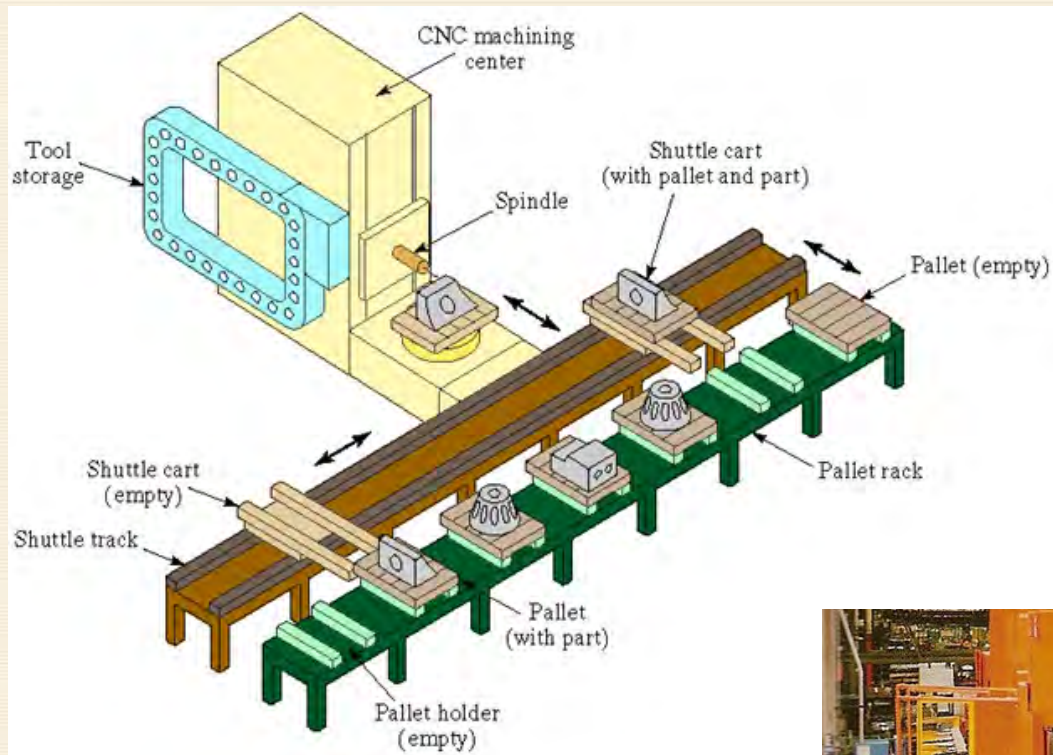


Fig.6.16. Celulă de fabricație cu o singură MU [w.stu_17]

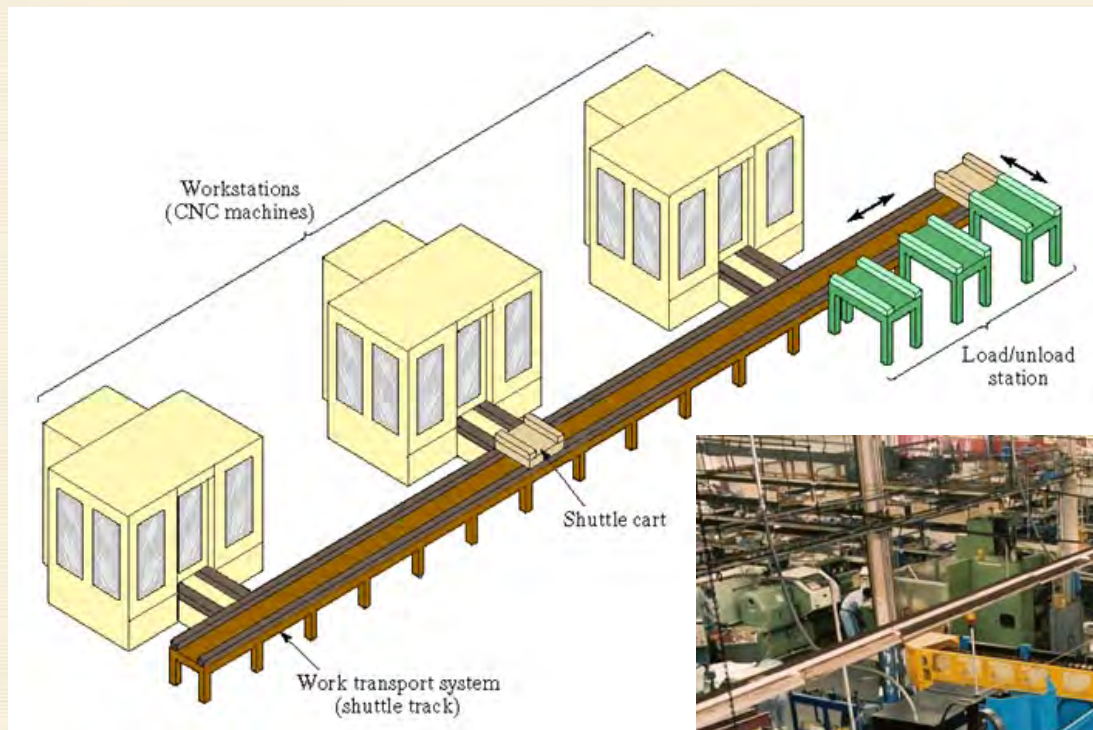


Fig.6.17. Celulă flexibilă de fabricație cu trei MU [w.stu_17]

6.2. Subsystemul logistic al SFF

Problemele legate de muncă din SFF diferă de cele din sistemele convenționale prin următoarele aspecte [Rao 95]:

- Un singur operator deservește mai multe mașini unelte;
- Reglajele și setările mașinii sunt efectuate de la distanță sau utilizând inteligența artificială;
- Nu mai există sistem manual de transfer și manipulare a materialelor (semifabricate, piese, scule etc.);
- Munca depusă de operatori este doar de supraveghere a parametrilor de funcționare a sistemului;
- Forța de muncă este multicalificată.

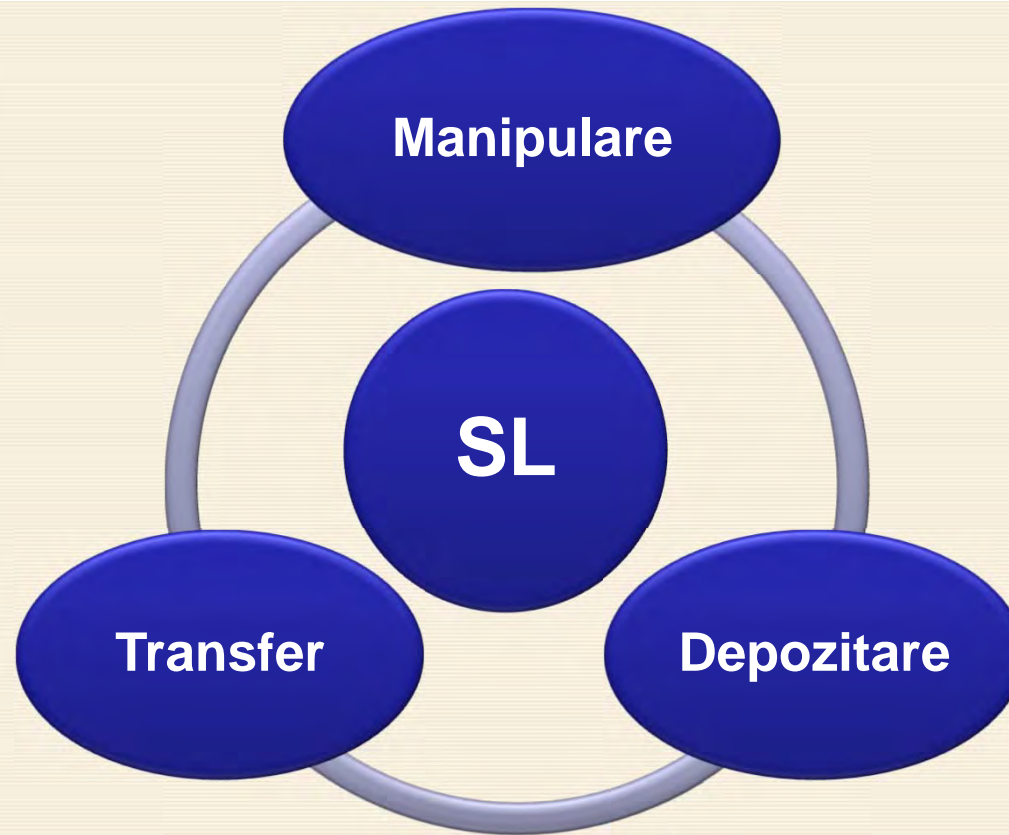



Fig.6.18. Elementele subsistemului logistic

Subsistemul logistic include toate dispozitivele de fixare, mecanismele și echipamentele utilizate la:

- transferul în spațiu;
- transferul în timp.

Subsistemul logistic se ocupă de semifabricate, piese, SDV-uri, așchii și deșeuri, lichide de răcire, materiale auxiliare etc.



Factorii care condiționează soluțiile tehnice pentru automatizarea flexibilă a SFF sunt:

- tipul pieselor prelucrate;
- tipul sistemului de transport al pieselor și sculelor;
- tipul, numărul și configurația mașinilor;
- probleme specifice de interfață, standardizare și integrare;
- strategia de programare și implementare;
- limitările de natură economică;
- gradul de flexibilitate și automatizare;
- etc.

6.2.1. Funcția de transfer

Funcția de transport a subsistemului logistic se referă la mutarea în condiții de eficiență a diferitelor tipuri de piese de-a lungul fluxului tehnologic de la o mașină la alta, incluzând în această activitate încărcarea și descărcarea pieselor, transportul între mașini și depozitarea pieselor în anumite „situații”.

Parametrii de proiectare a acestor ce trebuie luați în calcul sunt [Rao 95]:

- configurația layout-ului;
- numărul de AGV-uri, conveiere, manipolatoare de palete și roboți etc.;
- modul de gestionare a șirurilor de așteptare;
- etc.

Funcția de transfer a pieselor în fabricație include [Gro 10]:

- (1) încărcarea și poziționarea paletelor la fiecare stație de lucru,
- (2) descărcarea paletelor după finalizarea operației, și
- (3) transportul paletelor între stațiile de lucru.

Încărcarea reprezintă acțiunea de mutare a paletii astfel încât aceasta să ajungă de pe elementul de transport pe mașina unealtă.

Poziționarea reprezintă acțiunea de orientare a paletii pe mașina unealtă astfel încât aceasta să respecte anumite condiții impuse.

Operația de descărcare reprezintă acțiunea de mutare a paletii de pe mașina unealtă pe sistemul de transport.

Încărcarea și descărcarea paletelor se poate face manual sau automatizat utilizându-se manipolatoare sau roboți industriali.



Condițiile care trebuie îndeplinite de componenta de transfer sunt:

- deservirea unui număr relativ mare de posturi de lucru distribuite pe întreaga suprafață de desfășurare a procesului tehnologic;
- alegerea automată a traseului în funcție de cerințe și de anumite criterii de optimizare;
- efectuarea la fiecare stație a unor operații de manipulare (încărcări, descărcări, operații tehnologice);
- flexibilitatea, sub aspectul varietății programelor de efectuat.

Tabel 6.2. Principalele echipamente de transfer materiale [Gro 10]

Tip	Descriere	Aplicatii uzuale
Transpaleți și stivuitoare	Echipamente de ridicat și transport cu acționare manuală sau electrică.	Pentru transportul pe distanțe scurte a paletelor, containere etc.
AGV-uri	Vehicule autopropulsate asemanătoare mașinilor electrice, cărora li se poate reconfigura traseul.	Transferul pe linii de fabricație/ asamblare în producție de serie mijlocie. Utilizate uzual în SFF.
Vehicule ghidate pe șine	Vehicule de transport, se deplasează pe sine asemenea unor trenuri.	Pentru transferul ansamblelor și subansamblelor cu masă mare.
Conveiere	Sistem de transport a materialelor de-a lungul unei căi fixe utilizând mecanisme cu lanțuri, cu curele etc. pentru antrenarea pieselor.	Transport rapid de material între mașini, când este necesar un transport rapid și ieftin. Uzual pe liniile de serie mare.
Elevatoare și macarale	Echipamente de ridicare pe verticală sau transfer pe orizontală prin suspendarea și ridicarea lor la o anumită înălțime.	La material care are o masă mare.

Transpaleți și stivuitoare



Fig.6.19. a) Transpalet [w.lif_17], b) stivuior [w.lif_17], c) cărucior [w.han_17], d) electrostivuior [w.com_17], e) cărucior de mână [w.han_17]

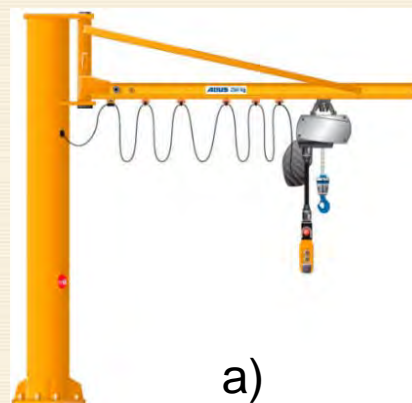


Fig.6.20. Elevatoare și macarale a) macara pivotantă [w.dir_17], b) palan [w.biz_17], c) macara rulantă [w.low_17]

Vehicule ghidate pe sine (RGV)

RGV este un sistem de transport rapid de materiale.

Specificatii:

- viteza: max 270 m/min;
- controlate cu PLC-uri
- viteza de lucru: max 10-35 m/min.

Avantaje:

- layout simplu;
- se pot controla independent;
- pot fi încărcate cu mase mari, sunt silențioase și nu introduce vibrații.



Fig.6.21. RGV, a) [w.dss_17], b) [w.smk_17];

Conveiere

Conveierul este un echipament de transport a materialelor prin tragere, împingere sau utilizând forța de frecare pentru a deplasa materialul de la un punct la altul. Pe conveiere se poate transporta o gamă variată de materiale, piese, palete etc.

Conveierele antrenează piesele utilizând trei principii de bază:

- Frecarea dintre materialul de transportat și role, benzi etc. aflate în mișcare;
- Agățarea și tragerea cu ajutorul unor cârlige, gheare etc.;
- Utilizând lichide (ghidaje hidrostactice) sau perne de aer (ghidaje aerostactice).

Avantaje:

Preț de cost scăzut, au masă mică, sunt silențioase, ușor de instalat și întreținut, viteză mare de transfer.

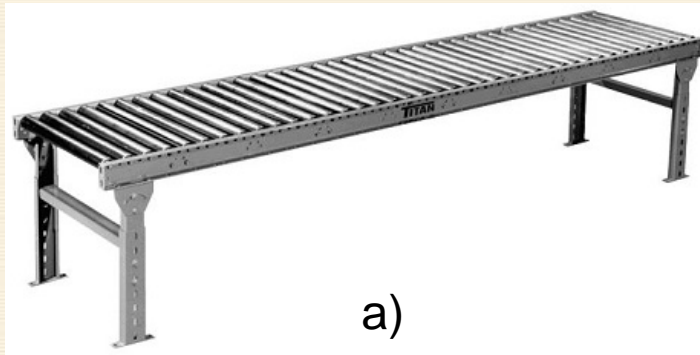
Dezavantaj:

Flexibilitate scăzută la reconfigurarea traseului.

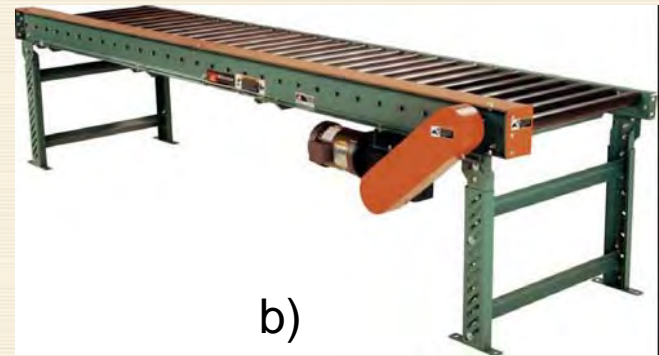
Clasificarea conveierelor:

După sursa de putere:

- conveiere statice sau gravitaționale;
- conveiere antrenate de o sursă de putere.



a)



b)

Fig.6.22. Exemple de conveiere [w.con_17]

După flexibilitate:

- conveiere rigide;
- conveiere flexibile.



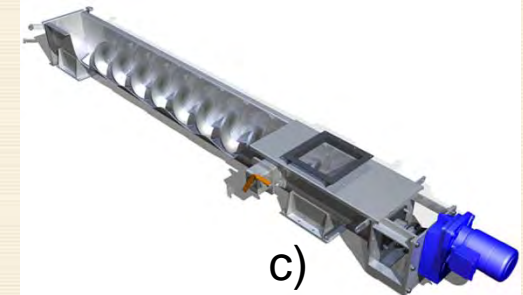
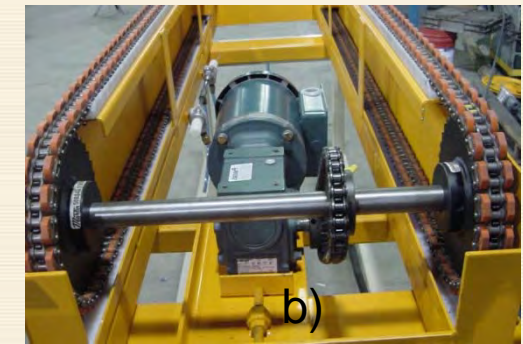
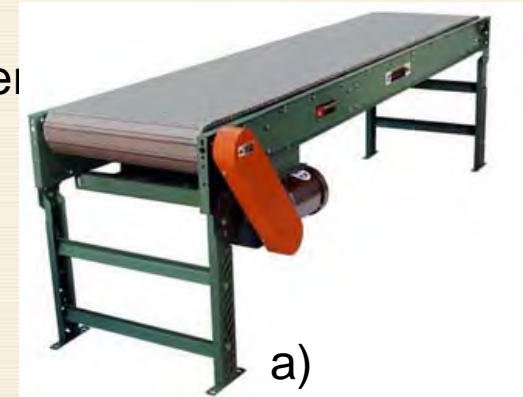
Fig.6.23. Conveier flexibil [w.con_17]

După tipul modului de antrenare:

- prin fricțiune;
- cu lanț;
- cu șurub;
- prin vibrații.

Fig.6.24. Conveieri

- a) [w.con2_17]
- b) [w.con2_17]
- c) [wkws_17]
- d) [w.gim_17]



După planul de lucru:

- orizontal;
- înclinat;
- vertical.

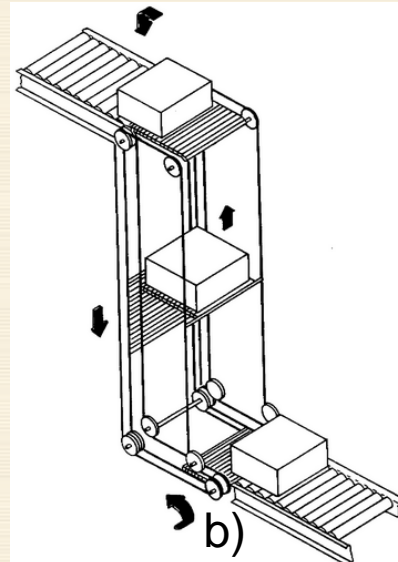


Fig.6.25. Conveier

- a) [w.fab_17], b) [w.shm_17]

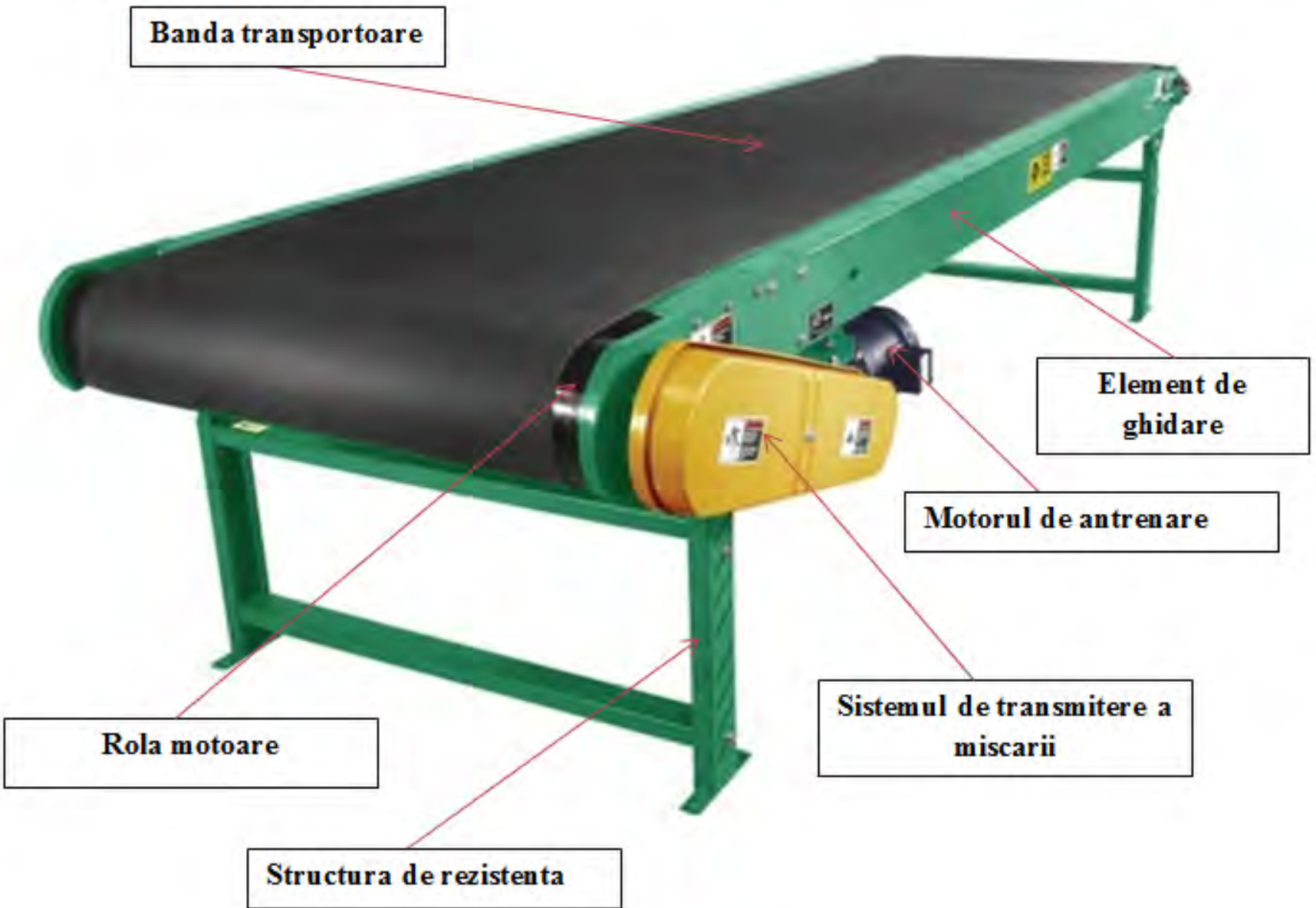


Fig.6.26. Conveier cu banda dublă - elemente constructive de bază

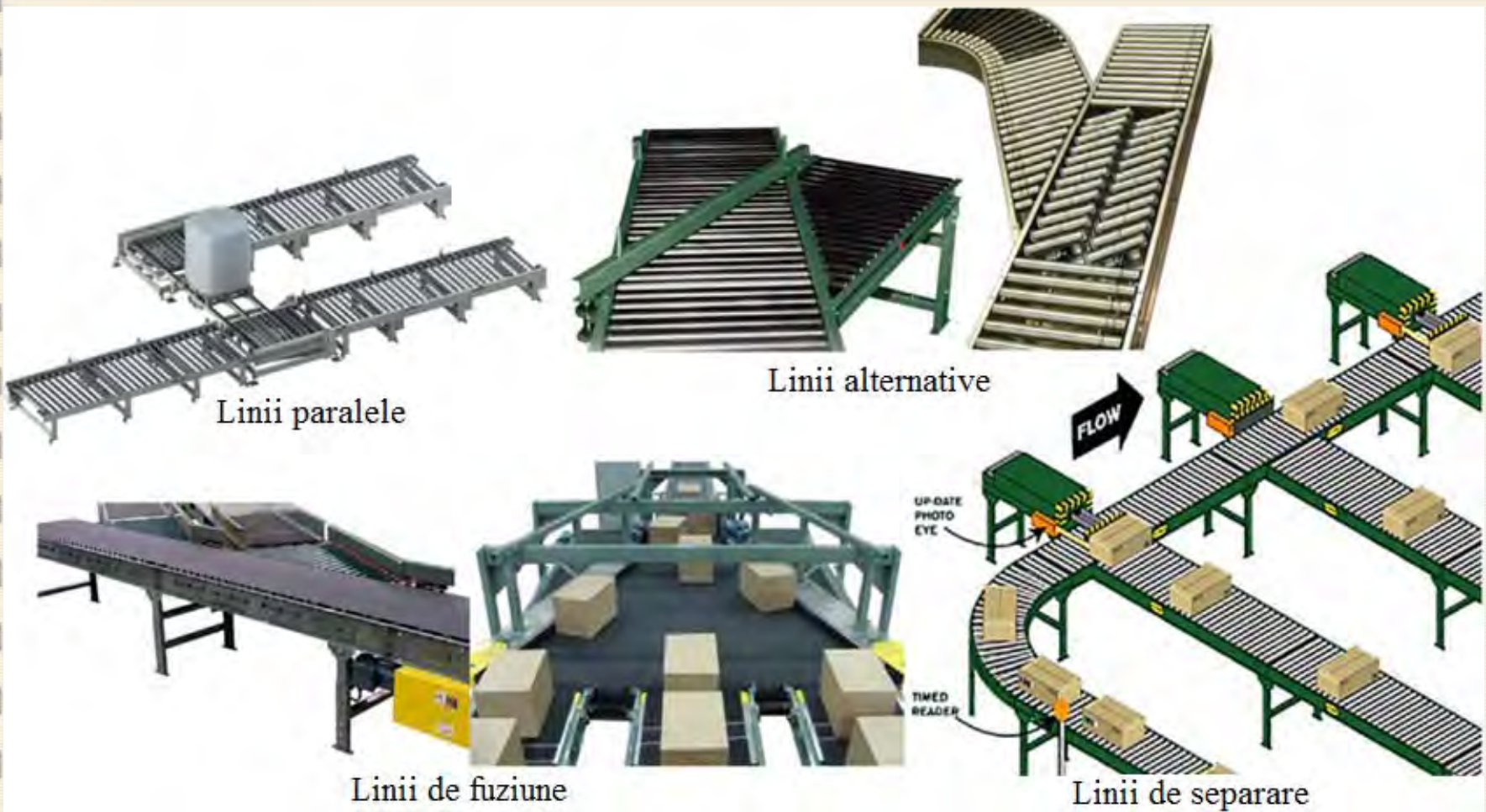


Fig.6.27. Modul de conectare a liniilor de conveiere [EIM 14]

Conveiere suspendate

Sunt acele conveiere care sunt suspendate și permit utilizarea spațiului de sub acestea.

Sunt utilizate cu precadere în stațiile de vopsire din industria auto.



Fig.6.28. Conveiere suspendate a) [w.ove_17], b) [w.pin_17]


Vehicule ghidate automat AGV-uri (Automated guided vehicles)

AGV-urile sunt utilizate pentru a transfera piesele de la o stație de lucru la alta în mod automatizat, procesul fiind controlat de calculator.

AGV-urile sunt echipate cu motoare electrice de curent continuu alimentate de baterii ce permit o autonomie de 4-8h. Deplasarea lor se face utilizând fie un mod de ghidare pasiv, fie activ.

AGV-urile de generație veche sunt ghidate de-a lungul unui traseu prestabilit, montat în pardoseaua sistemului de fabricație iar controlul lor se face prin unde electromagnetice de o anumită frecvență.

AGV-urile sunt autonome, lucrând după un program prealabil. Ele pot fi echipate și cu echipamente de încărcare și descărcare.



AGV-urile sunt controlate de un calculator ce culege informații de la senzori și le transmite calculatorului care controlează întreg procesul de fabricație, astfel ele fiind complet integrate în sistemul de fabricație.

Sistemul de control se face utilizând PLC-uri sau direct PC-uri.

Datorită flexibilității, AGV-urile sunt cel mai des utilizate în SFF dar și în linii de asamblare și în depozitele cu flux mare de operații.



a)



b)



c)



d)

Fig.6.29. Exemple de aplicații a AGV-urilor
a) [w.bar_17, b) [w.ass_17], c) [w.agv_17], d) [w.goo_15]

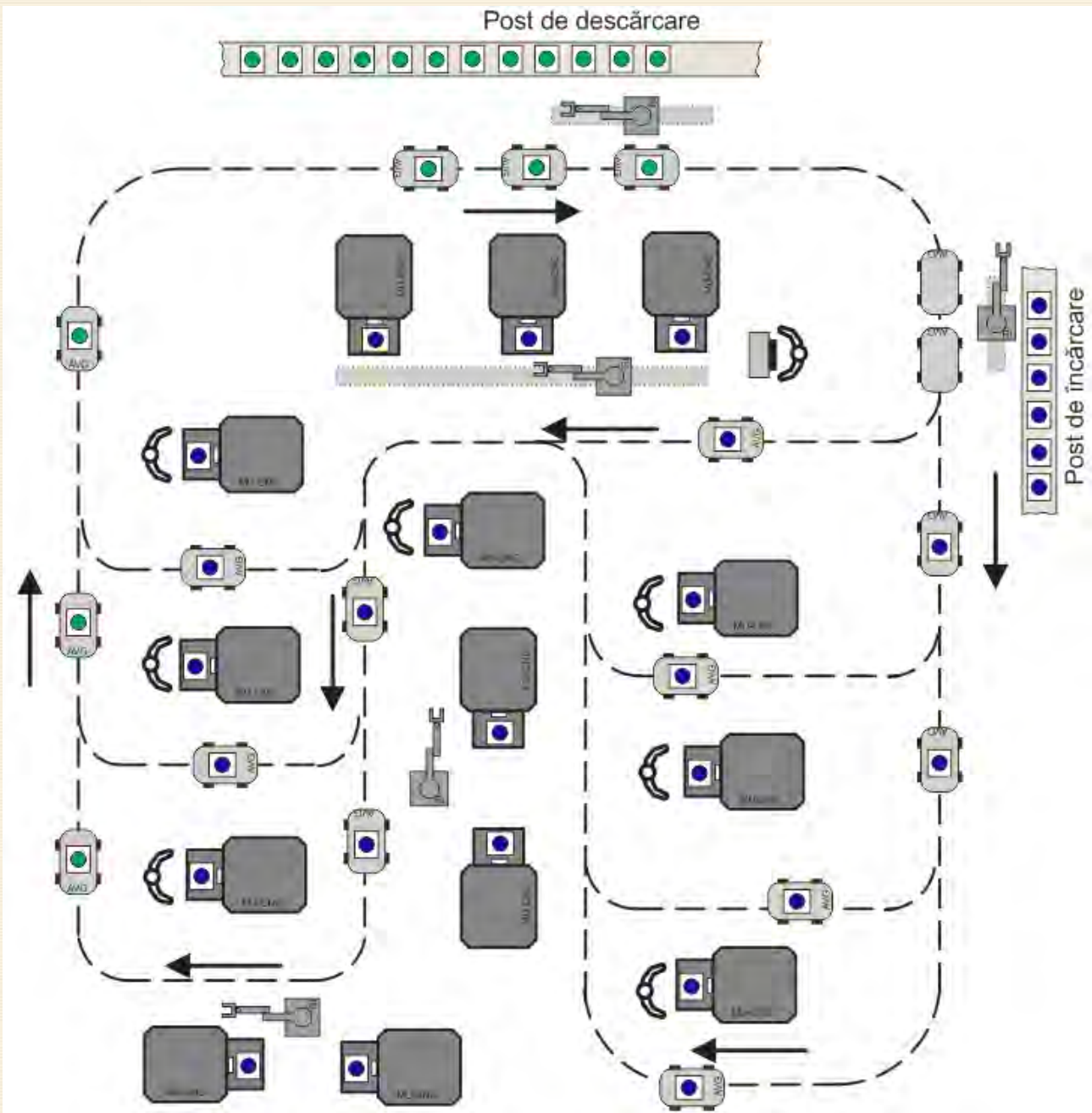


Fig.6.30. Exemplu de layout parcurs de AGV-uri

Orientarea și ghidarea AGV-urilor

Se folosesc senzori amplasați pe AGV care au ca rol detectarea poziției și orientării curente în raport cu traseul marcat:

Traseul se poate marca utilizându-se:

- cablaj activ;
- cablaj pasiv (optoghidare și videoghidare).

Orientarea și ghidarea prin cablaj activ

AGV-ul se deplasează urmărind un trasee amplasat în pardoseaua sistemului de fabricație, materializat de un cablu conductor prin care trece curent electric. Senzorii măsoară câmpul electro-magnetic creat de acesta.

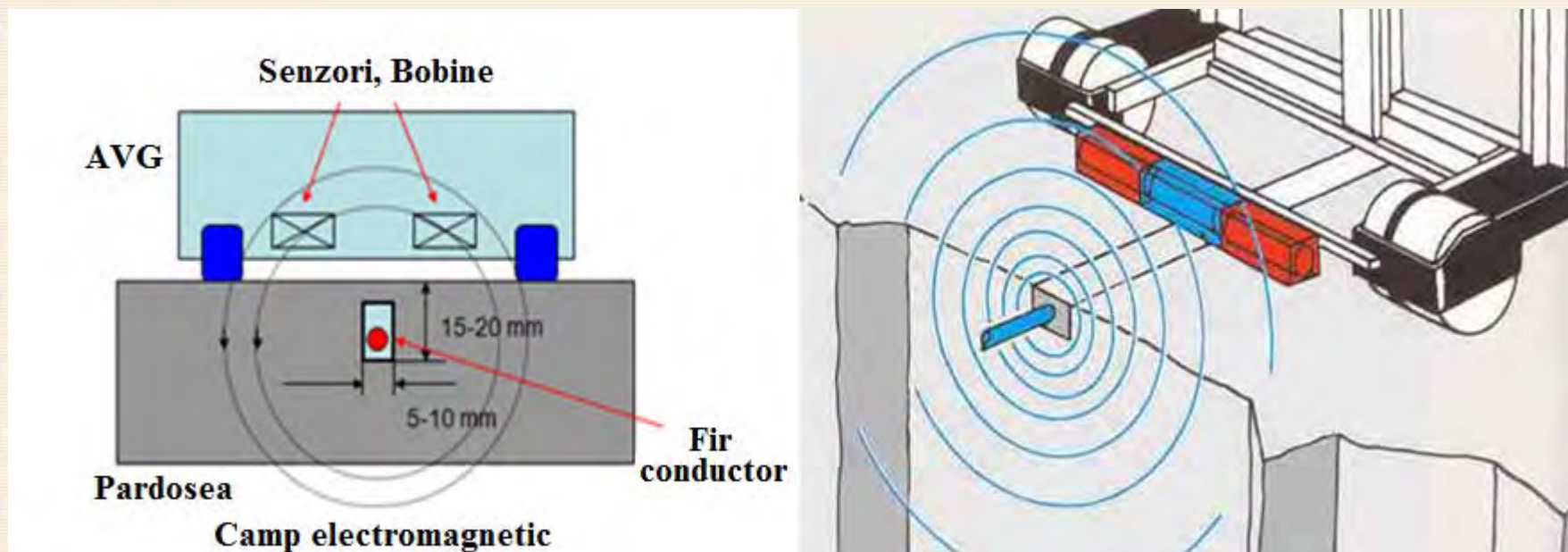


Fig.6.31. Orientarea și ghidarea unui AGV [w.goo_x]


- 
- traseul conductor este parcurs de un curent alternativ cu o frecvență de ordinul kHz și o amplitudine de ordinul mA
 - utilizarea mai multor trasee presupune existența unor alternative de ghidare
 - traseul conductor poate constitui în subsidiar și un canal de comunicație între robot și postul central de comandă. Variante:
 - monofrecvență - se urmărește o singură buclă a traseului cablat;
 - multifrecvență - se urmărește traseul ce-i este destinat prin frecvența alocată.



Fig.6.32. Ghidarea unui AGV prin cablaj activ[w.goo_x]

Orientarea și ghidarea AGV-urilor prin cablaj pasiv: A.Opto-ghidare

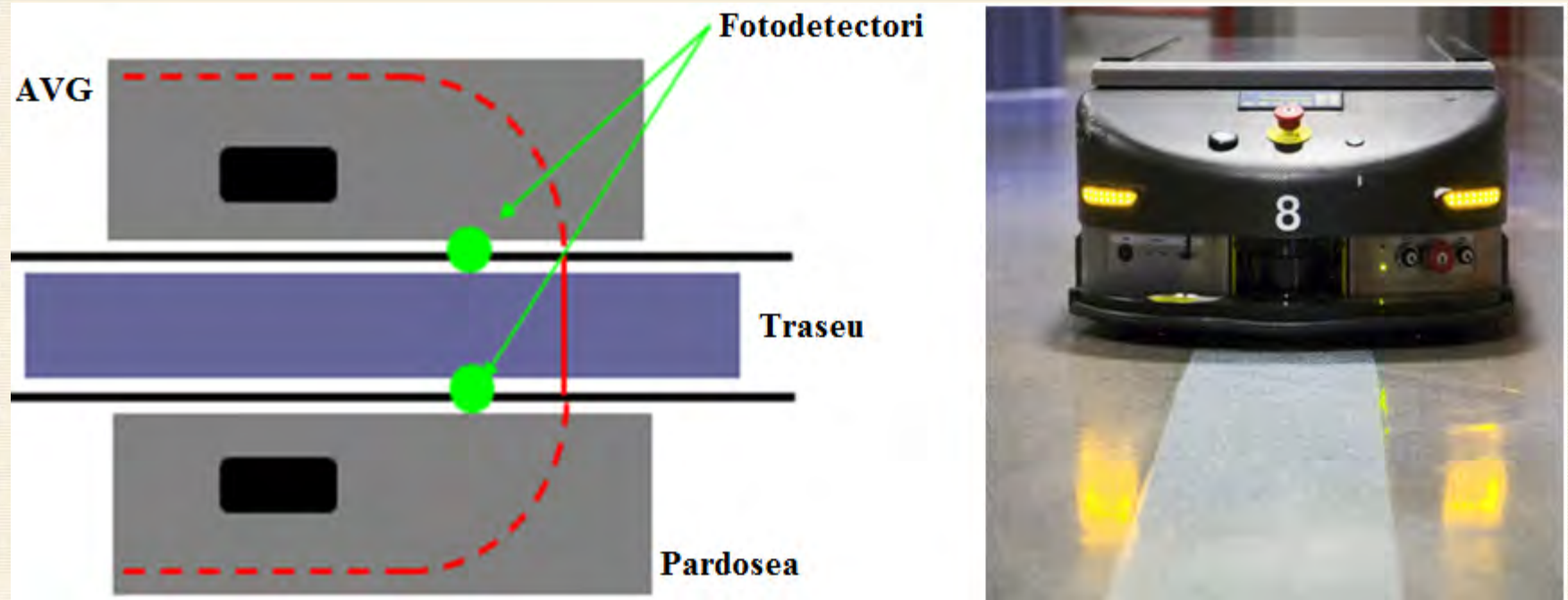


Fig.6.33. AGV ghidat optic[w.goo_x]

- preț de cost accesibil;
- ușurința modificărilor ulterioare a traseului;
- securitatea utilizatorilor prin prezența unui traseu vizibil;
- eliminarea unei infrastructuri costisitoare.

B. Video-ghidare

- mediul de lucru este supravegheat mult mai amplu și pot fi evitate accidentele;
- traseele se pot reconfigura în timp real;
- prin utilizarea inteligenței artificiale AGV-urile pot avea autonomie în decizie;
- preț de cost ridicat.

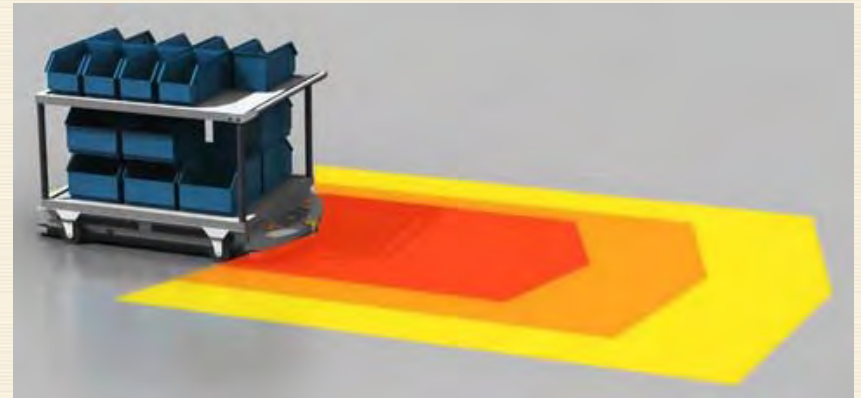


Fig.6.34. AGV ghidat video [w.you_20]



Avantajele AGV-urilor:

- flexibilitate;
- siguranță în exploatare;
- optimizarea și scurtarea traseelor de deplasare;
- posibilitatea de integrare sau adaptare la orice tip de automatizare;
- silențiozitate;
- economie în forța de lucru etc.

6.2.2. Funcția de depozitare

Spații de depozitare - magaziile de stocare:

Sunt destinate să asigure o rezervă tehnologică cu semifabricate pentru o stație sau un grup de stații, menținând o continuitate funcțională a sistemului de fabricație.

Sunt utile mai ales în transferul asincron, dar și la cuplarea mai multor tipuri de sisteme de transfer.

Amplasarea poate fi:

- zonală, pentru un grup de secții;
- individuală, pentru fiecare secție sau post de lucru.

Categorii

- *depozite de stocare*: se utilizează când ritmul de procesare a semifabricatelor este mai mare decât ritmul în care poate fi făcută alimentarea;
- *depozite de avarie*: se utilizează pentru a limita efectele pe care le poate avea o avarie la una din componentele liniei de flux;
- *depozite de echilibrare*: se utilizează pentru echilibrarea timpilor de procesare sau punctelor de lucru.

Depozitarea pentru companie este o activitate care consumă timp și bani. Strategia optimă de “depozitare” este utilizarea principiului “ Just-in time ” și menținerea pieselor doar pe liniile de fabricație și depozitarea în cantități minime [Bla 07].

Strategii de depozitare:

- Depozitarea se face în ordinea sosirii semifabricatelor, iar ordinea extragerii se face în ordinea depozitării;
- Depozitarea se face în ordinea sosirii, dar extragerea este inversă ordinii depozitării;
- Ordinea depozitării și cea a extragerii sunt aleatorii.

Modalități de operare în depozite

A. Mod manual/semi-automat [Qia 16]

Avantaje: Flexibilitatea

Dezavantaje: manipularea ineficientă, utilizarea nesatisfăcătoare a spațiului existent, durata mare pentru stivuire/expediere, apar frecvent erori umane, cost ridicat cu operatorii, accidente de muncă, inventarul dificil de realizat.



a)

b)



c)



Fig.6.35. Depozite semi-automate a) [w.man_17], b) [w.cal_17], c) [w.bar_17]

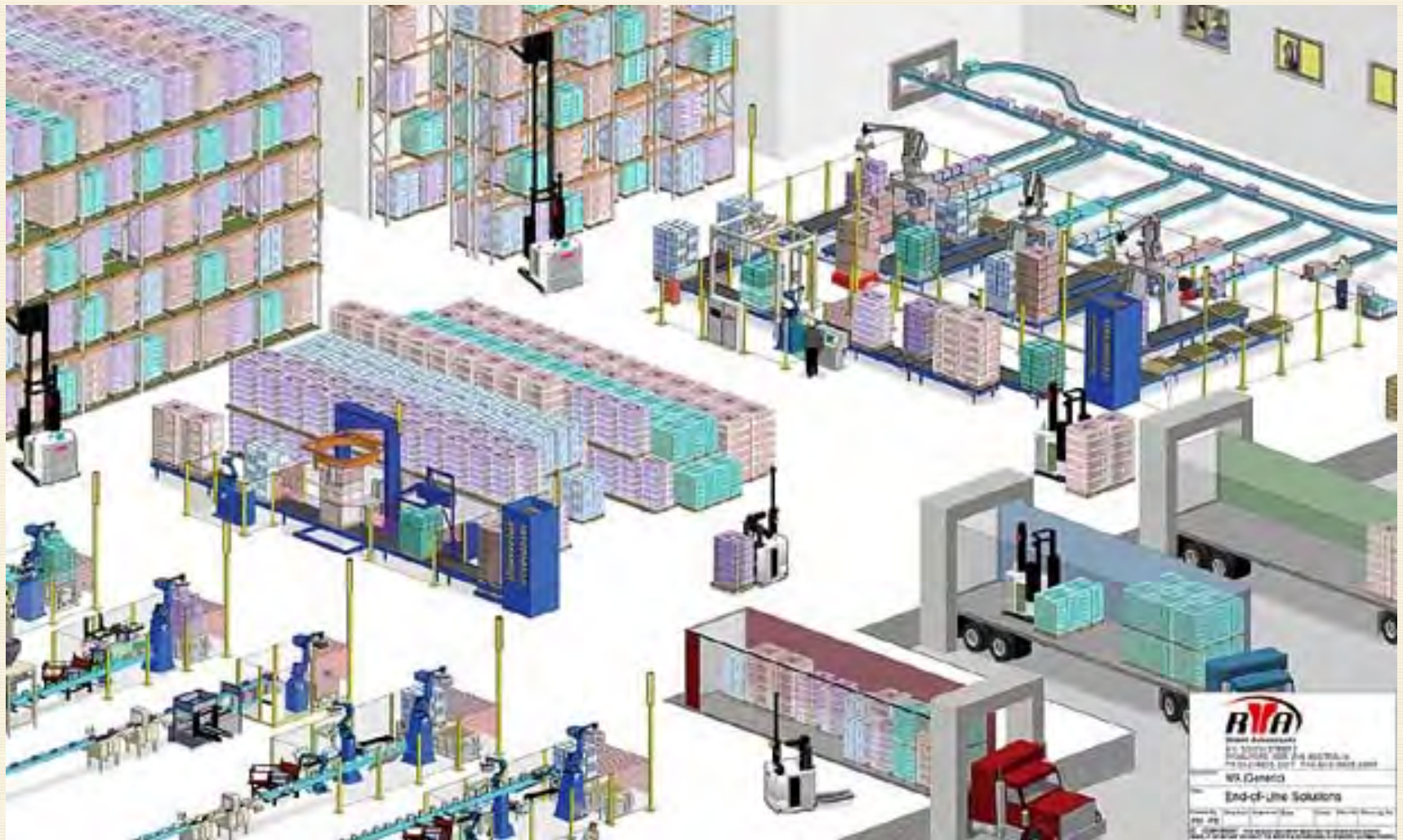


Fig.6.36. Vedere de ansamblu asupra unui depozit [w.goo_x]

B. Operare automată [Qia 16]

Avantaje: eficiența maximă, exploatare eficientă a spațiului, precizie și siguranță, omul desfășoară doar activități de supraveghere.

Dezavantaje: costuri impredictibile, flexibilitate scăzută, sistemul poate suferi avarii ce le blochează buna funcționare, operațiile trebuie prestabilite, necesită deseori intervenția omului.

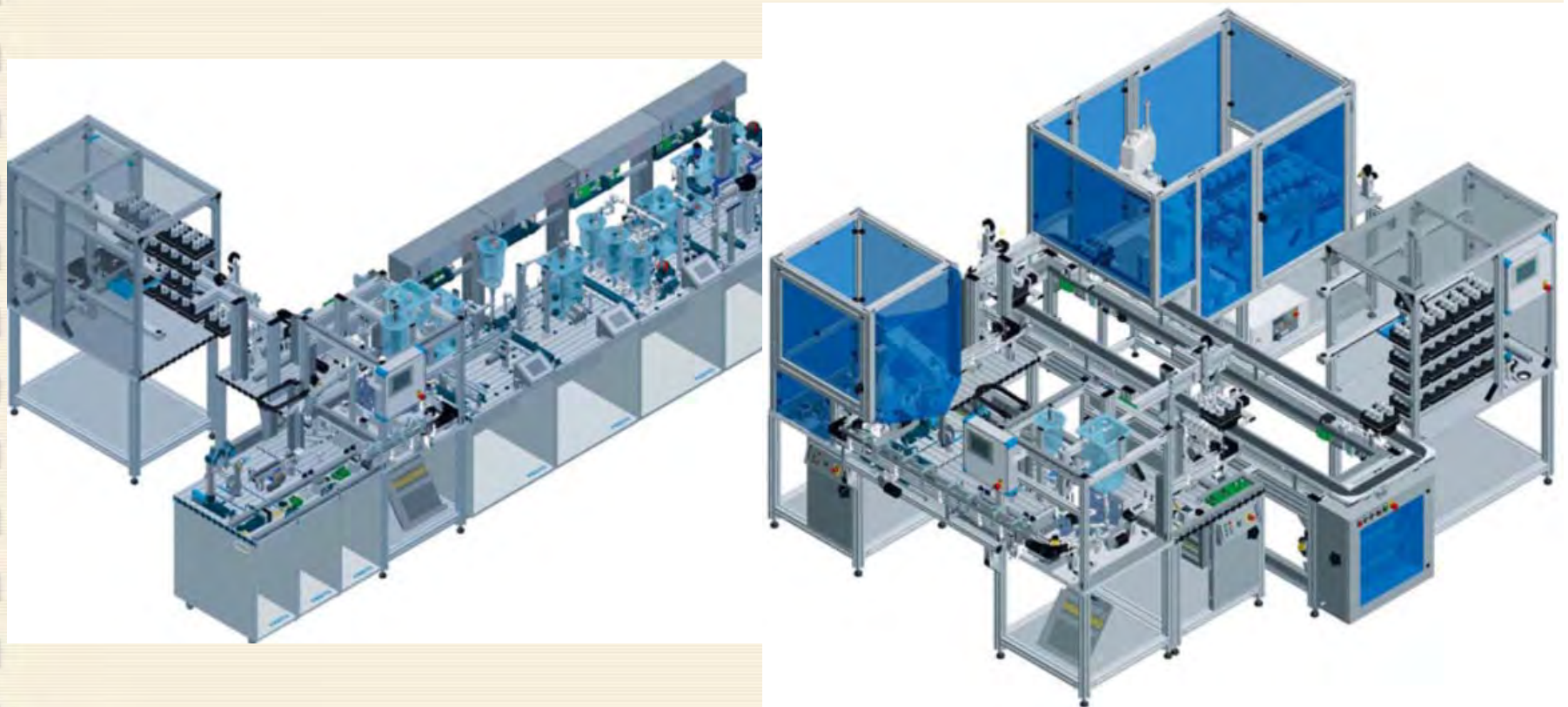


Fig.6.37. Magazii automatizate [w.fes_19]

Magazii de piese și scule

A. Magaziile de piese în SFF

Magazinarea pieselor în cadrul SFF se realizează pe palete. **Paletele** sunt plăci echipate sau care pot fi echipate cu sisteme de bazare și fixare. Ele transportă semifabricatul, piesa, subansamblu sau ansamblu de la un punct de lucru al altul.

Paletele pot fi:

- standardizate (a);
- modulare (b);
- personalizate (c).

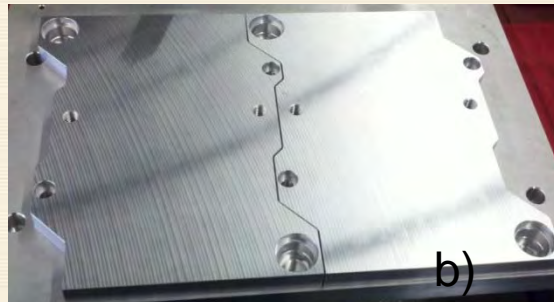


Fig.6.38. Tipuri de palete a) [w.hal_17], b) [w.pra_17], c) [w.jra_17]



Fig.6.39. Tipuri constructive de palete

Paletele trebuie să îndeplinească anumite cerințe constructiv-funcționale și anume:

- să fie interschimbabile;
- să aibă precizie de poziționare $\pm 0,010$;
- să aibă rezistență la eforturi mecanice;
- să aibă greutate și gabarit reduse;
- să aibă stabilitate dimensională în timp;
- să fie rezistente la coroziune;
- să aibă un cost redus.

Echiparea paletelor

Bazarea și fixarea pieselor pe palete se face prin intermediul dispozitivelor modulare.

Dispozitivele modulare prezintă un grad ridicat de universalitate, fapt care duce la creșterea flexibilității.

Principalele avantaje ale dispozitivelor modulare:

- timpul de “proiectare” a dispozitivului scade foarte mult;
- înlocuirea componentelor deteriorate se face rapid și cu costuri minime;
- timpul de montare al dispozitivului este relativ scăzut;
- gradul de universalitate este mare;
- randamentul dispozitivului este ridicat, deoarece dispozitivul are caracteristicile unui dispozitiv specializat dar avantajele unui dispozitiv universal;
- durata de exploatare este de 5-10 ani;
- interschimbabilitatea elementelor;
- asigură protecția și securitatea muncii.

Principalele dezavantaje ale dispozitivelor modulare:

- preț ridicat;
- dimensiunea de gabarit este mult mai mare decât a unui dispozitiv specializat;
- rigiditatea este scăzută pentru dispozitive complexe.

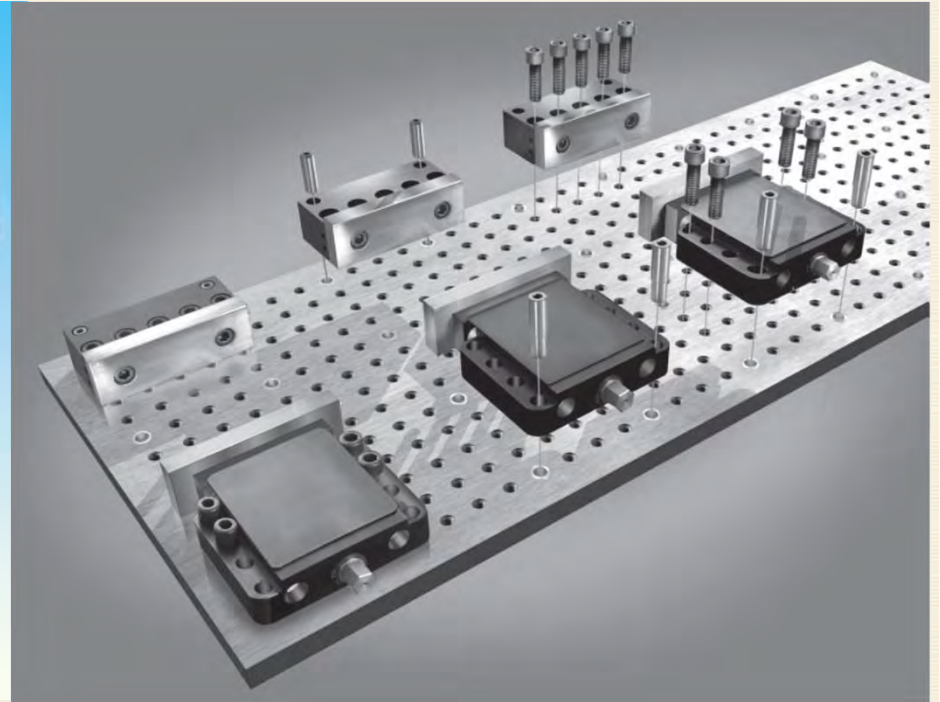


Fig.6.40. Elemente de bazare – fixare modulare:
a) set din elemente modularizate b) exemplu de aplicație

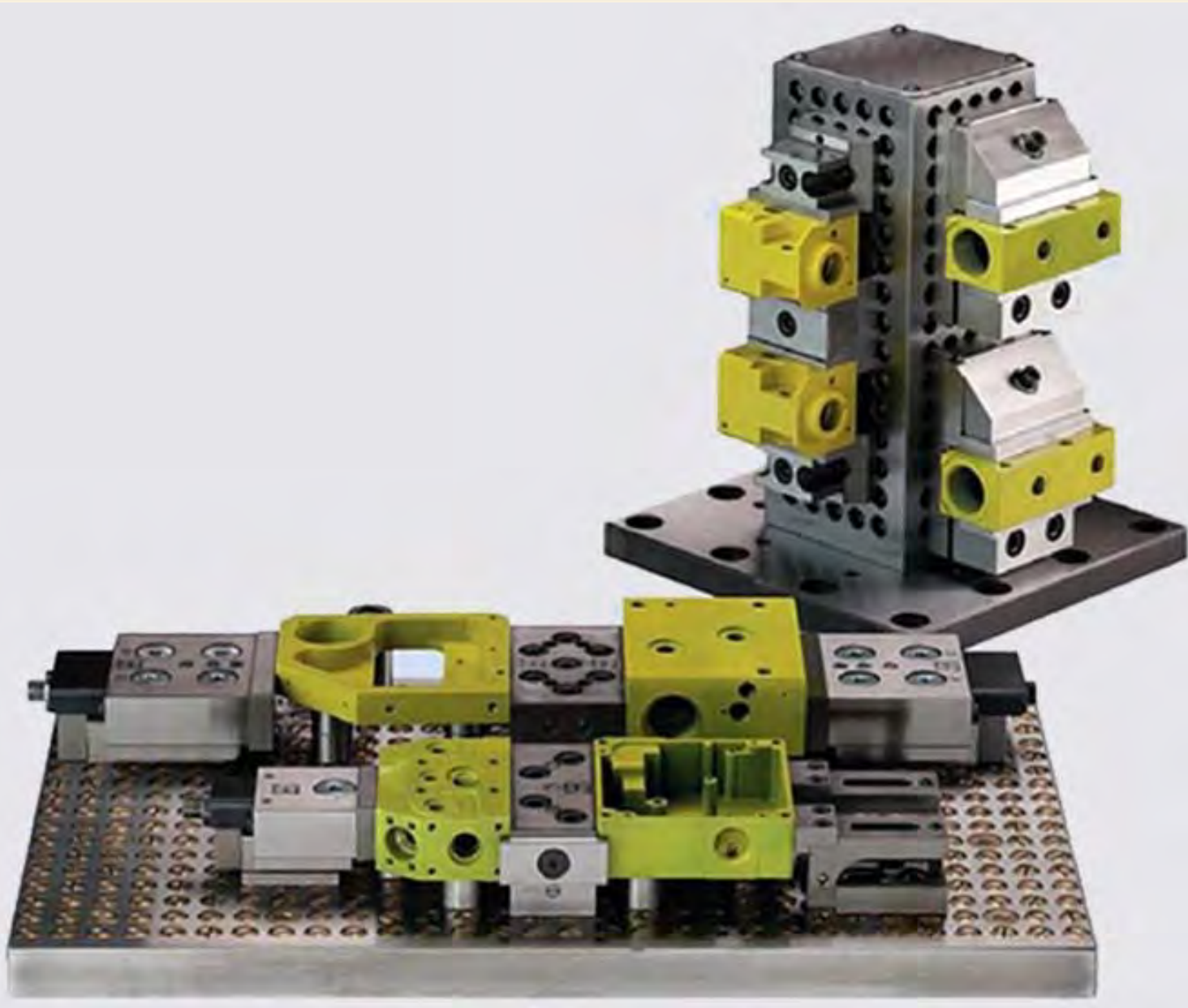


Fig.6.41. Fixare cu dispozitive modulare a unor piese pe o paletă [w.spr_20]



Fig.6.42. Fixare cu dispozitive modulare a unei piese pe o paletă [w.pre_20]



Fig.6.43. Utilizarea paletelor pentru fixarea diverselor piese [w.hal_20]

B. Magazii de scule

Din punct de vedere al formei pot fi: disc, bandă, rastel, spațiale etc.

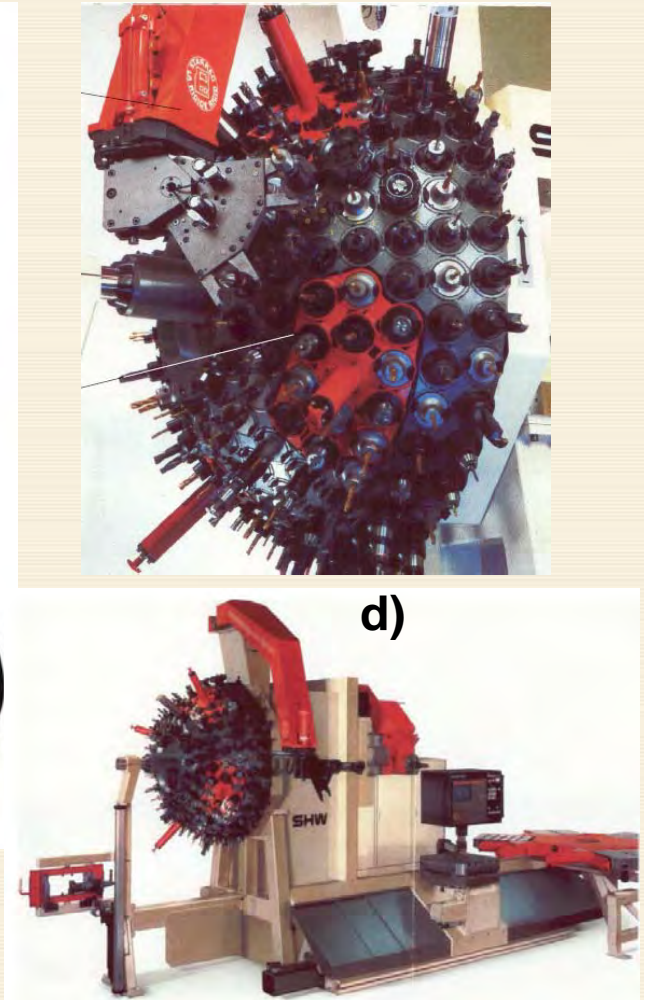
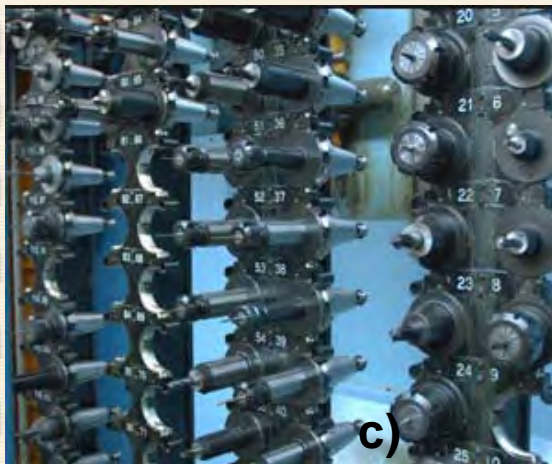
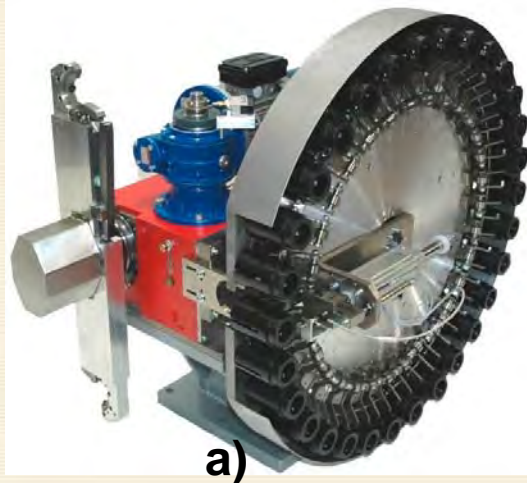


Fig.6.44. Tipuri de magazii de scule: a) disc, b) bandă, c) rastel, d) spațiale

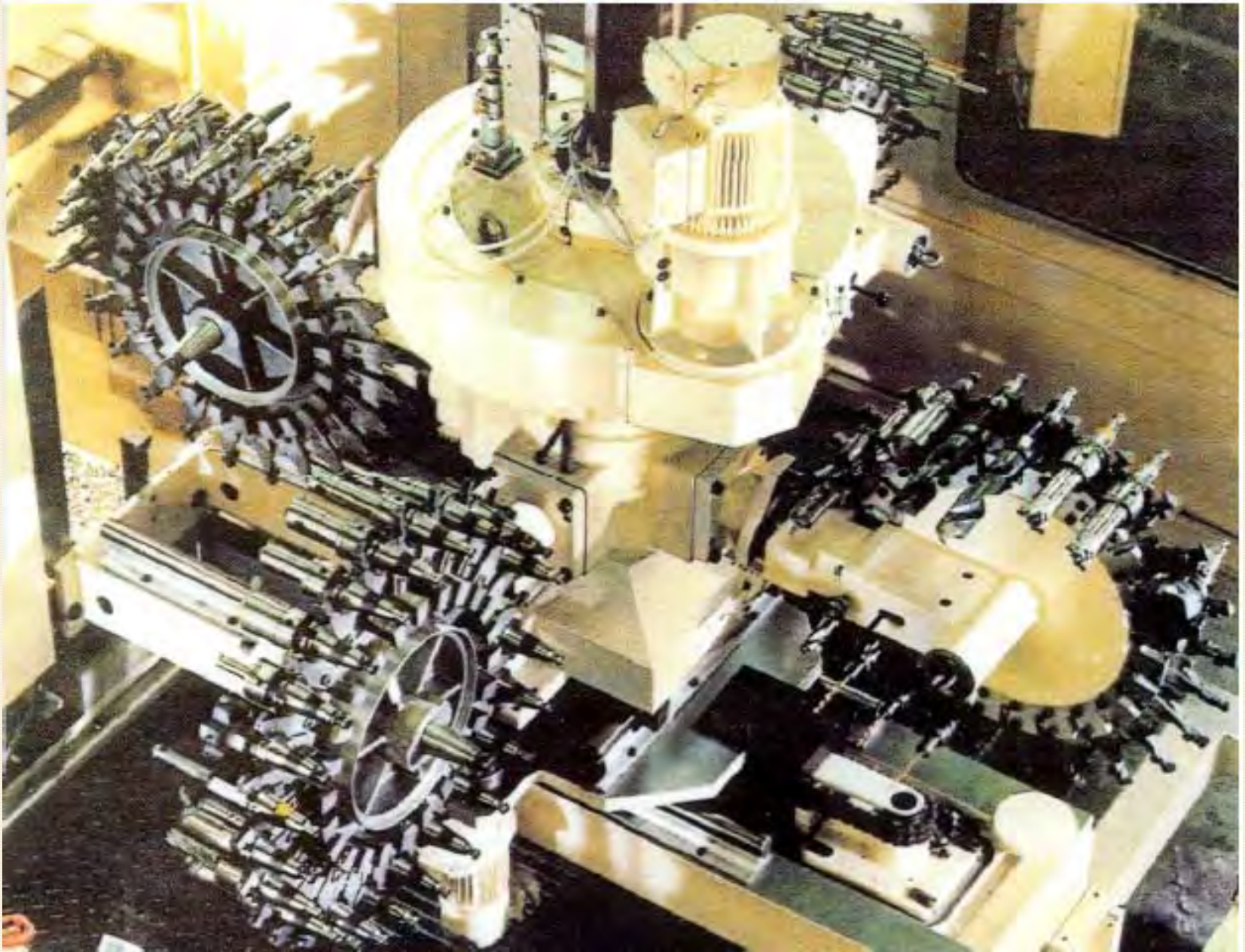


Fig.6.45. Centru de prelucrare cu "n" magazii de scule [w.goo_13]

6.2.1. Funcția de manipulare. Roboții industriali

Robotul este definit ca fiind un aparat automat care poate îndeplini, pe baza unui sistem complex de programe, o serie de acțiuni dirijate, asemănătoare unor acțiuni omenești [MDA 2010]

Primul robot industrial a fost utilizat începând cu 1961 la uzinele General Motors în Trempton.

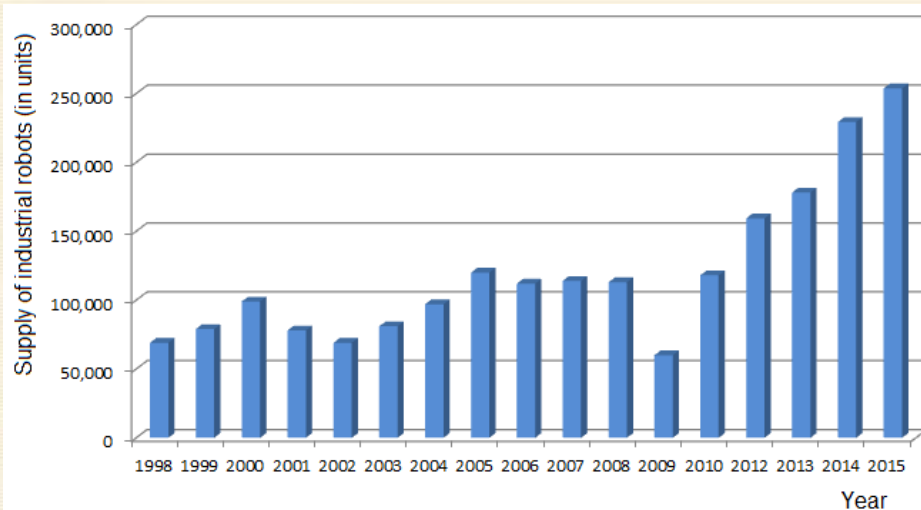


Fig.6.46. Vânzarea estimată a roboților industriali (în unități) [w.ifr_17]

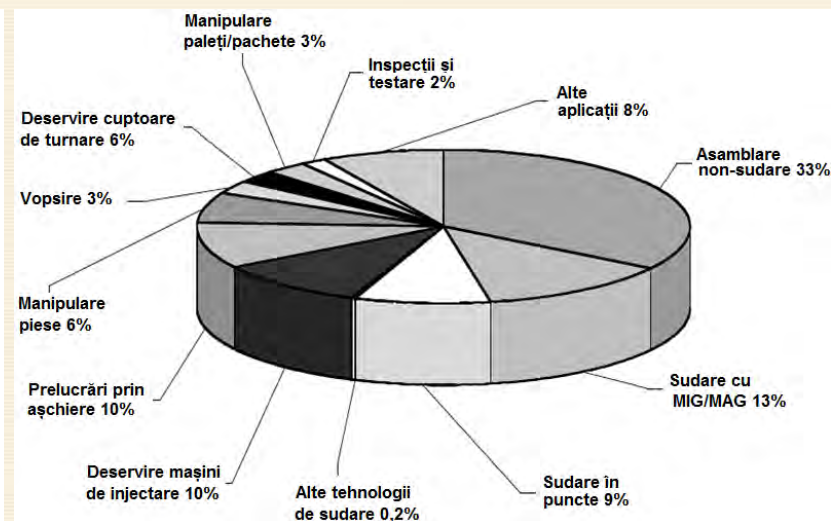


Fig.6.47. Tipuri de operații uzuale îndeplinite de roboți industriali în 1996 [Nof 99]

Avantajele roboților industriali:

- își îndeplinesc sarcina identic;
- fiabilitate ridicată, MTBF depășește uzual 70,000 h;
- scăderea costurilor cu utilitățile;
- nu există costul orelor suplimentare;
- nu există cheltuielile auxiliare specifice operatorilor umani;
- scade rata de rebuturi.

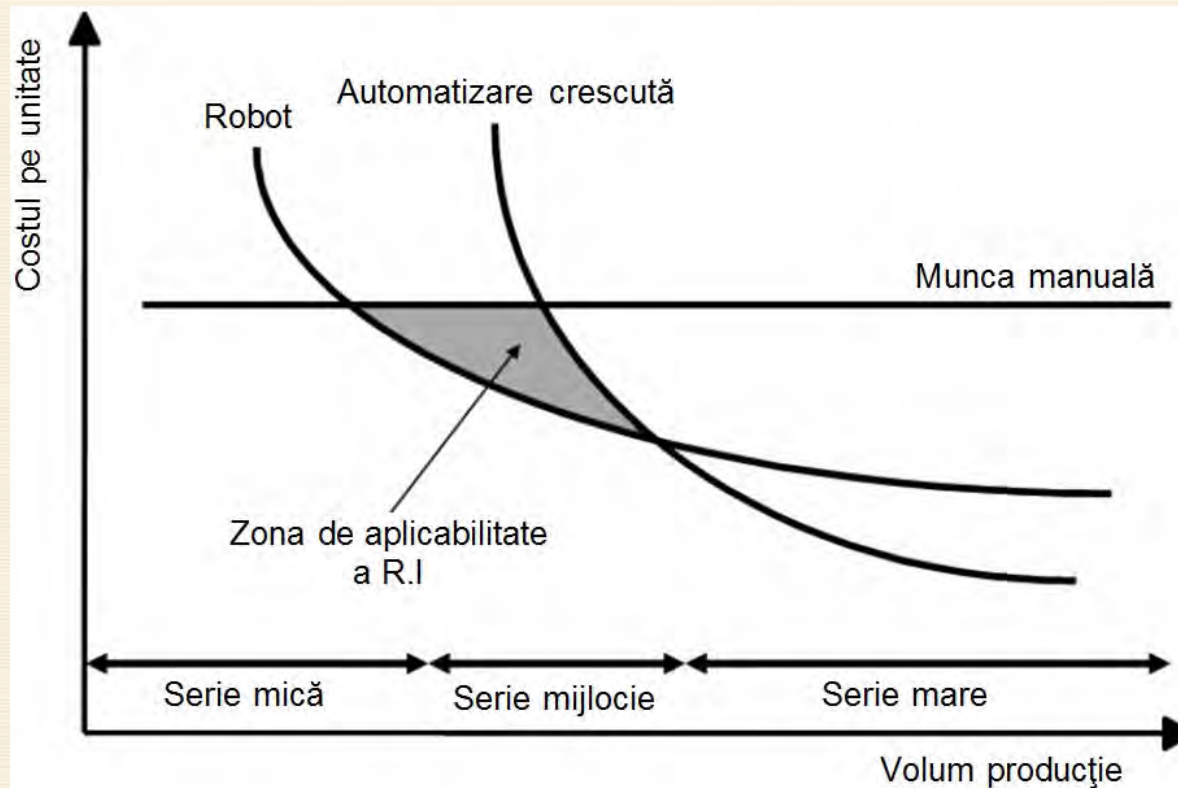


Fig.6.48. Zona optimă de utilizare a roboților industriali[Pir 06]

Tabel 6.3. Caracteristici ale roboților industriali [Pir 06]

Criteriu	Caracteristici
Repetabilitate	Incepând cu 0.03 mm (uzual 0.1 mm)
Viteza de lucru	De la 5 m/s
Accelerații	De la 25 m/s ²
Sarcina de lucru	De la 2-3kg până la ~750 kg
Axe	6
Mod transmitere informații	<i>Canale Profibus, CAN, devicenet, internet și porturi seriale (RS232 și RS485)</i>
Capacități IO	PLC gestionează IO digitale și analogice

Structura roboților industriali

Indiferent de obiectiv (poziționare sau efectuarea unor operații tehnologice) roboții industriali (RI) trebuie să poziționeze și să orienteze un obiect (end-effector) în spațiu.

Deplasarea și orientarea unui obiect de către robotul industrial se face cu ajutorul a șase parametrii: trei pentru poziție și trei pentru orientare.

Sistemul mecanic al unui robot industrial are următoarea structură:

- subsistemul de orientare;
- subsistemul de prindere.

Subsistemul de orientare are rolul de a deplasa și poziționa sistemul de prindere (end effector-ul) după traseul stabilit prin programul de lucru.

El constă în:

- mecanismele de generare a traiectoriei;
- mecanismul de orientare.

Clasificarea Roboților industriali

1. Robot cartezian

Robotul cartezian are trei cuple de translație, iar deplasarea se efectuează în sistemul de coordonate cartezian.

Utilizări: sunt frecvent utilizați la manipulare, cum ar fi paletizare, înmagazinarea, alimentarea mașinilor unelte (mașini de debitare cu apă, laser, etc.) și orice altă aplicație care necesită deplasare într-un spațiu întins.

Avantaje: versatilitate ridicată, structură și control simplu, acoperă un spațiu de lucru vast, precizie ridicată.

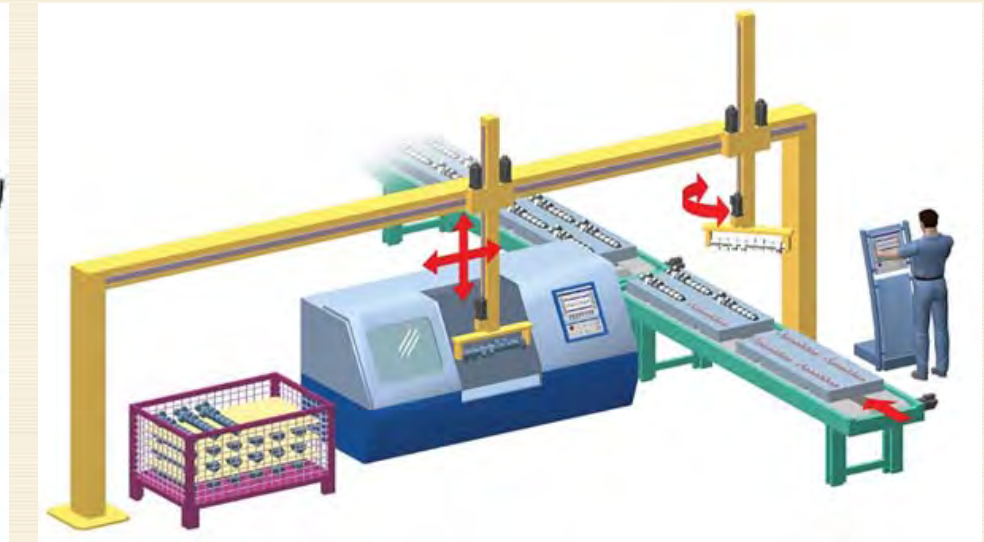


Fig.6.49. Robot cartezian a) [w.pbc_17], b) [w.bet_17]

2. Roboți cilindrici și sferici

Acești roboți industriali au două cuple de rotație și una de translație. În momentul de față sunt rar utilizați.

Utilizări: în paletizare, încărcare/descărcare a mașinilor unelte, pe post de manipolatoare.

Avantaje: construcție simplă.

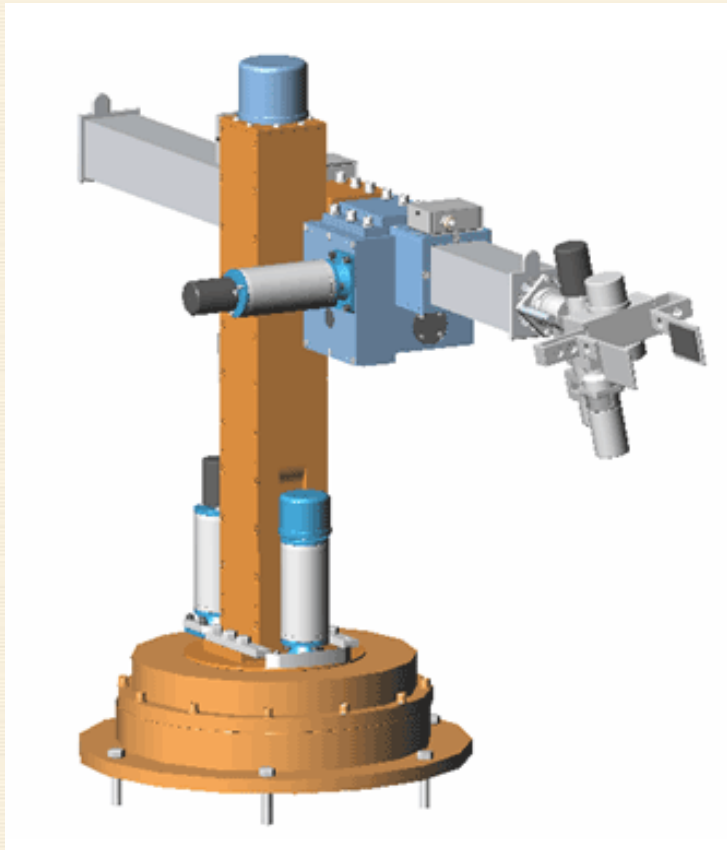


Fig.6.50. Robot cilindric a) [w.pbc_17]

3. Roboții SCARA

O subclasă a roboților cilindrici, roboții SCARA (the Selective Compliant Articulated Robot for Assembly) dispun de două articulații de rotație paralele, ce le asigură precizia de poziționare ridicată într-un plan de lucru.

Utilizări: pentru a realiza asamblări demontabile, ideali pentru aplicații de sortare, sau de poziționare de piese în industria electronică.

Avantaje: viteză ridicată de deplasare, performanță ridicată pe curse scurte, precizie de poziționare ridicată.

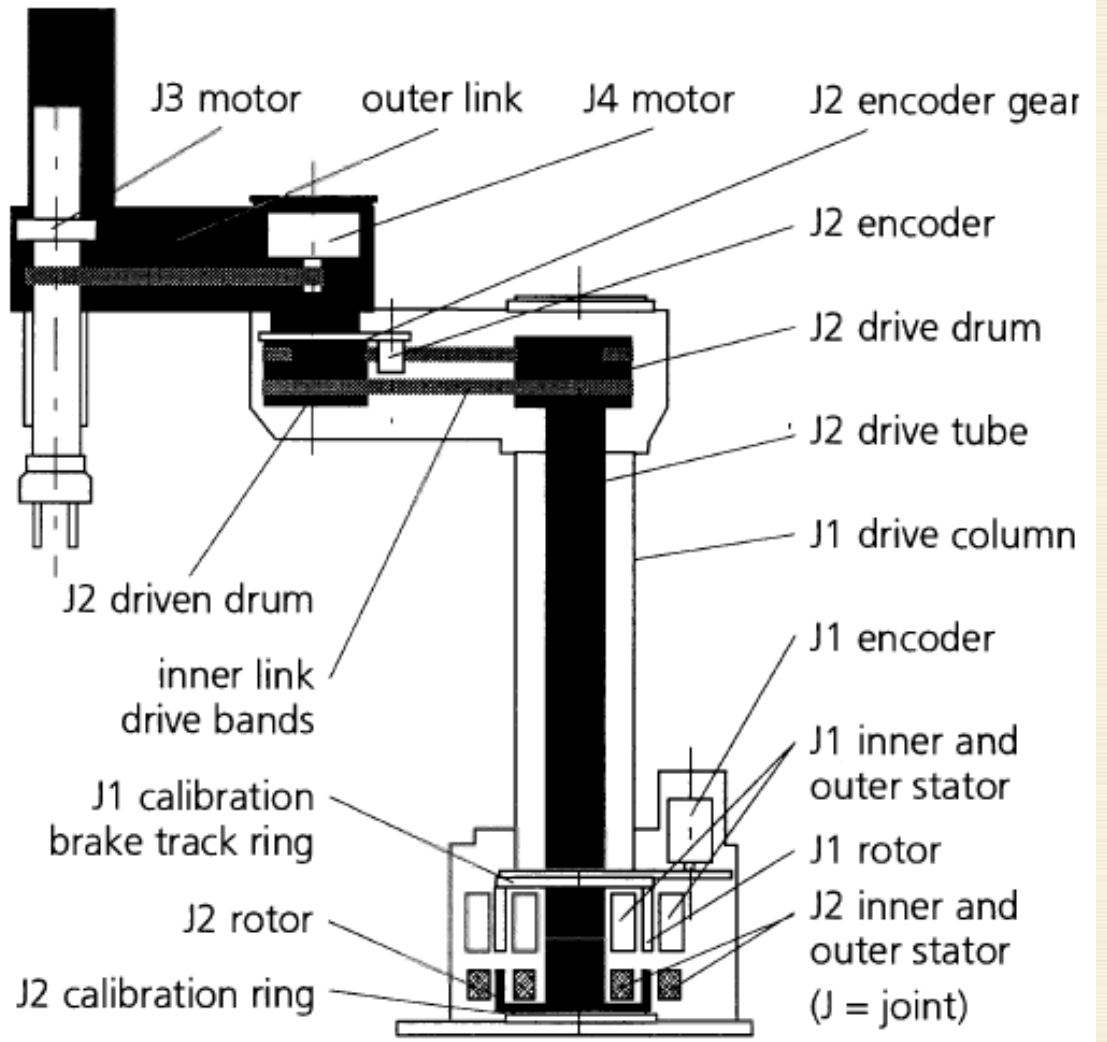
Dezavantaje: apar vibrații pentru perioade scurte de timp în timpul utilizării, necesită controler-e dedicate suplimentar față de cele standard PC/PLC.



Fig.6.51. Roboți SCARA a) [w.ien_17], b) [w.ass_17]



a)



b)

Fig.6.52. Robot SCARA, a) vedere, b) secțiune [Nof 99]

4. Roboții articulați

Este cea mai comună structură de robot, având minim trei cuple de rotație, uzual șase. Fiecare rotație este generată de motoare de mare putere.

Utilizări: posibil de utilizat în toate aplicațiile, indispensabil la asamblările nedemontabile și la procesele de vopsire.

Avantaje: mobilitatea cea mai ridicată, precizie bună, viteză mare de lucru, ușor de controlat, acoperă un volum mare în care poate efectua operații.

Dezavantaje: este nevoie de un controler dedicat pentru fiecare robot, în plus față de controlerul principal al liniei (PLC / PC).



Fig.6.53. Roboți articulați a) individual [w.dir_17], b) linie robotizată [w.sol_17]

5. Roboți modulari

Sunt situații când avem nevoie de anumite mișcări, iar roboții industriali comerciali sunt limitați sau costisitori și atunci se pot utiliza roboții modulari.

Utilizări: aplicații dedicate (costumizate).

Avantaje: flexibilitate, structuri reconfigurabile ulterior și pentru alte aplicații.

Dezavantaje: au anumite limite în ceea ce privește performanțele (precizie, viteza de lucru, rigiditate).



Fig.6.54. Componente ale roboților modulari [w.rom_17]

6. Roboții paraleli

Sunt o clasa aparte de roboți industriali care se diferențiază prin articulațiile concurente de translație sau rotație. Dintre numeroasele configurații de roboți paraleli posibile, au devenit populare două structuri cinematice: Trepod (3 axe), Hexapod (6 axe).

Utilizări: prelucrări mecanice, debavurare, lipirea de piese ce necesită forțe mari de proces.

Avantaje: precizie ridicată, capacitate ridicată de încărcare datorată rigidității ridicate a structurii.

Dezavantaje: mobilitatea cinematică este limitată.



Fig.6.55. Roboți paraleli [w.ame_17], [w.hex_17], [w.pin_17]

Configurația cinematică a roboților industriali.

Sunt distinse următoarele axe:

Axe de rotație: date de o articulație care leagă două elemente rigide, care permite rotirea în raport cu cealaltă în jurul unei axe fixe.

Axe de translație: dat de articulația care leagă două elemente rigide care permit o mișcare liniară de-a lungul unei axe.

Articulație complexă: o articulație între două elemente rigide strâns legate ce permite o rotație în jurul unei axe mobile.

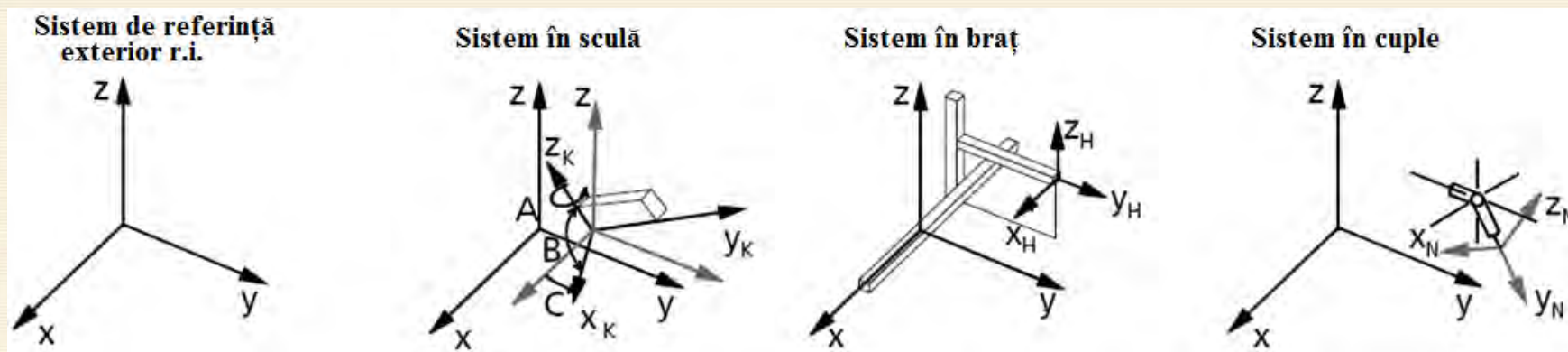


Fig.6.56. Modalități de definire a sistemului de coordonate [Nof 99]

Varietatea unei structuri de roboți industriali poate fi determinată după cum urmează:

$$V = 6^{\text{d.o.f.}}$$

unde: V = numărul de variante;

d.o.f. = numărul gradelor de libertate;

Ex: pentru 6 grade de libertate exista 46,656 lanțuri cinematice posibile.

Tehnologic, un număr mare de lanțuri teoretic posibile sunt inadecvate din motive cinematice [Ang 97].

La stabilirea lanțului cinematic al roboților industriali trebuie avute în vedere:

- Precizia de poziționare scade cu numărul de axe;
- Performanța cinematico-statică depinde direct de alegerea lanțului cinematic al robotului (tipul articulațiilor și modul de îmbinare);
- Transmisia puterii de lucru spre end-effector devine mai dificilă pe măsură ce crește numărul de axe.




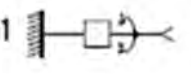

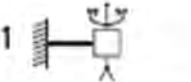
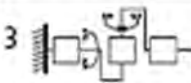
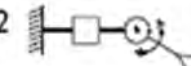
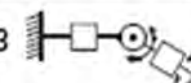



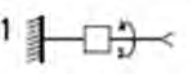
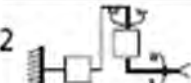

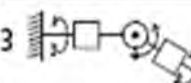
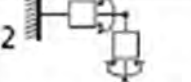



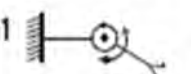
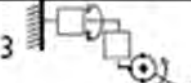
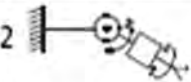
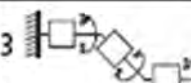
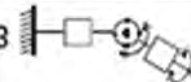
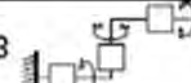




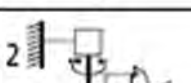
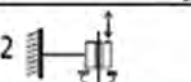
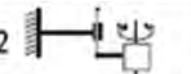



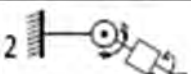

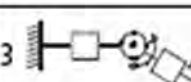
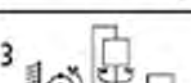
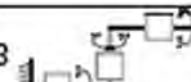
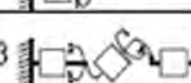



Robot	Axe cinematice		Tip de cuple cinematice		
	Tip	Lanț cinematic			
 Cartezian			 	 	 
 Cilindric			 	 	
 Sferic			 	 	 
 SCARA			 		
 Articulat			 	 	 
 Paralel					

Fig.6.57.
 Configurații
 uzuale pentru
 brațe și articulații
 ale roboților
 industriali [Nof 99]

Controler-ul roboților industriali [Nof 99]

Un controler pentru roboți industriali este de obicei un dispozitiv electronic bazat pe microprocesoare care poate fi programat cu instrucțiuni pentru a descrie și controla funcționarea robotului.

Controler-ul acționează motoarele atașate la fiecare axă a robotului și coordonează mișcarea fiecărei axe pentru a controla punctul central al sculei (TCP) la capătul end-effectorului.

Acesta poate controla semnalele de intrare și ieșire (I/O) (digitale și analogice) pentru a controla end-effectorii cum ar fi un dispozitiv de prindere sau un gun de sudură, pe baza unei secvențe sincronizate cu mișcarea robotului.

Programarea roboților constă în două tipuri principale de instrucțiuni:

- *Mișcare* (mișcări ale axelor robotului de-a lungul unei căi desemnate)
- *Non-mișcare*, (controlul semnalelor I/O sau executarea secvenței de instrucțiuni din programul robot)

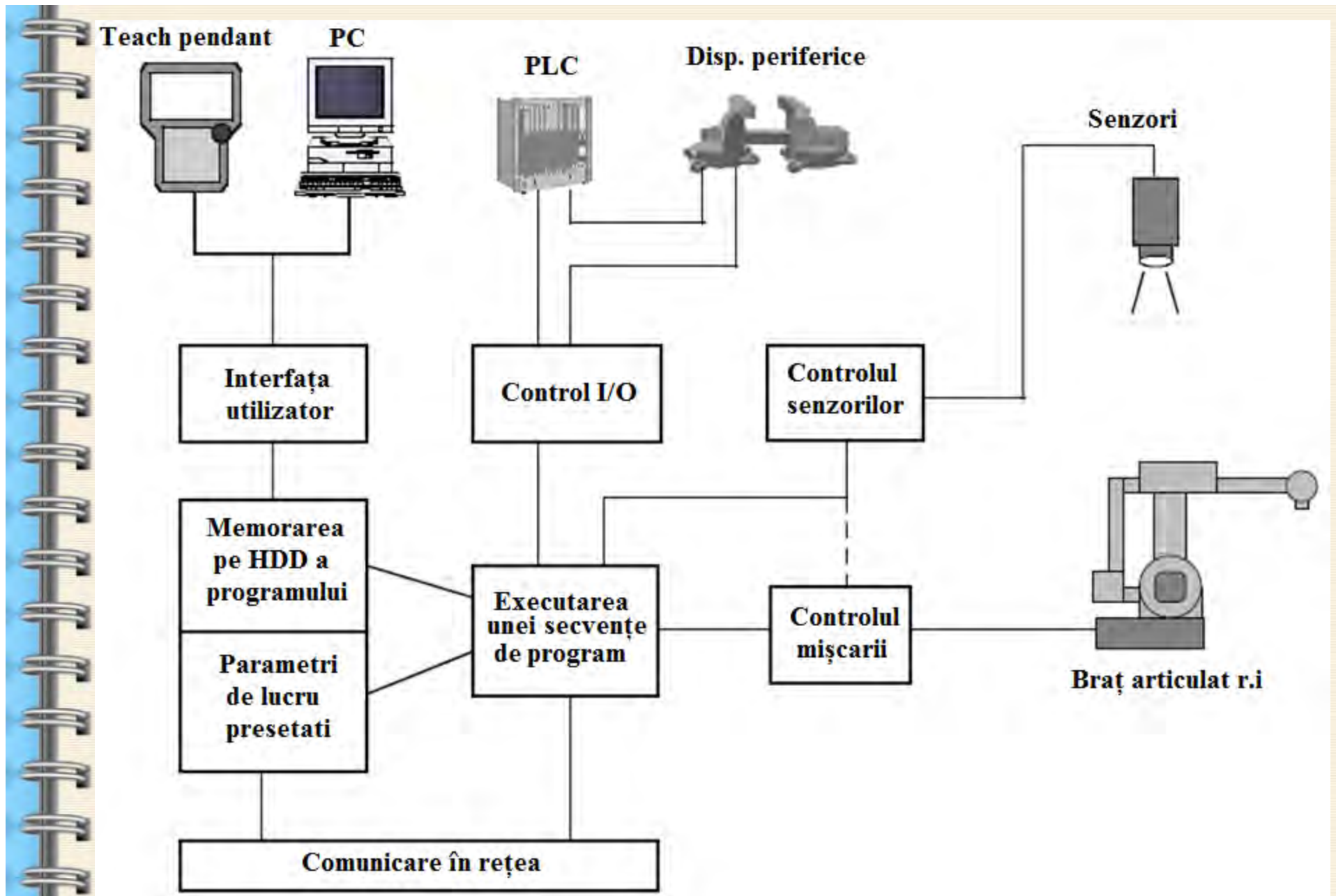


Fig.6.58. Configurarea funcțională a unui controler de robot [Nof 99]

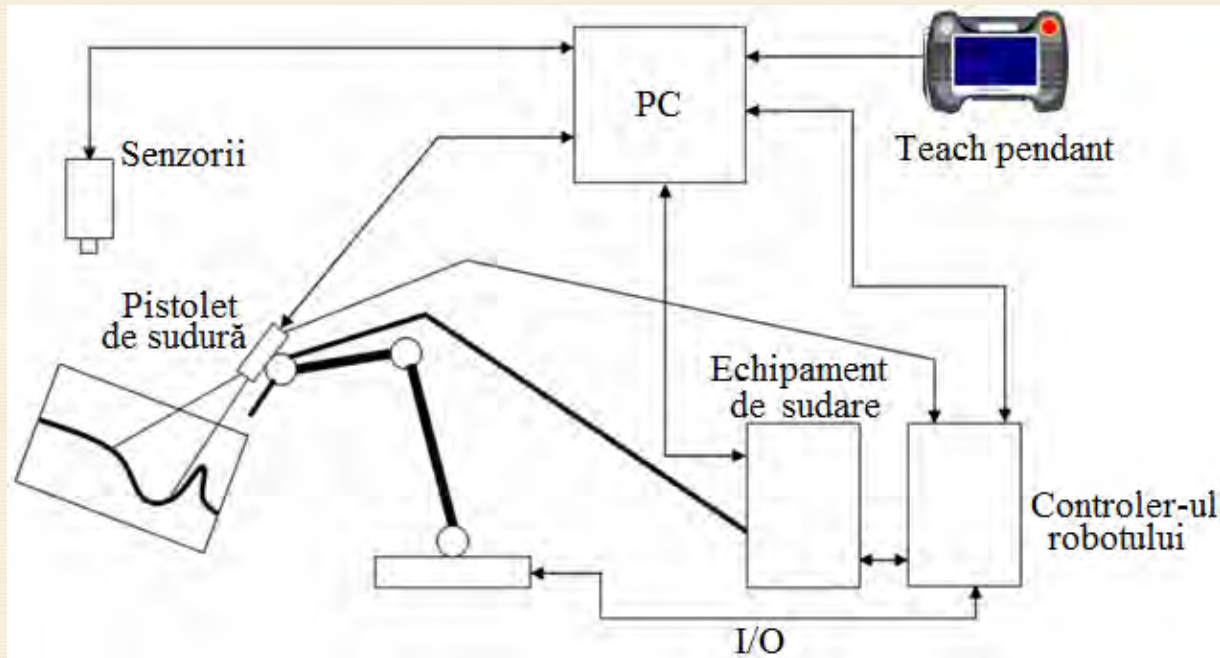


Fig.6.59. Sistem de sudură robotizat cu o singură celulă [Pir 06]

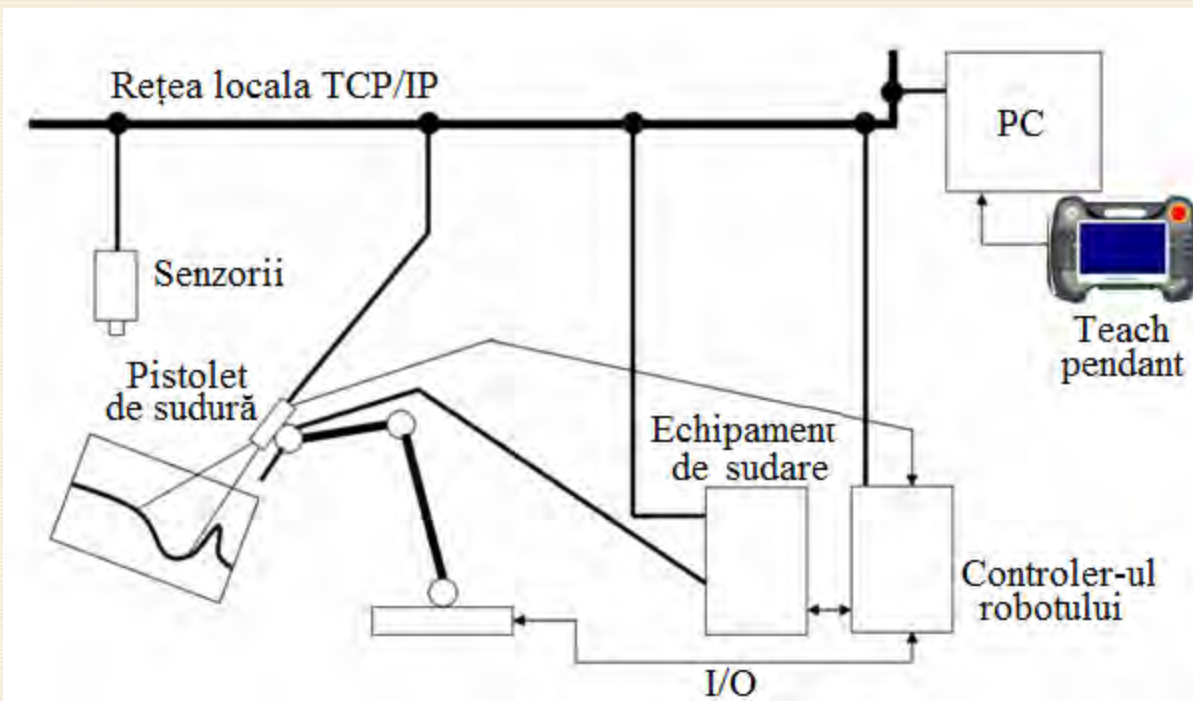


Fig.6.60. Sistem de sudură robotizat în rețea: multi-celulă [Pir 06]

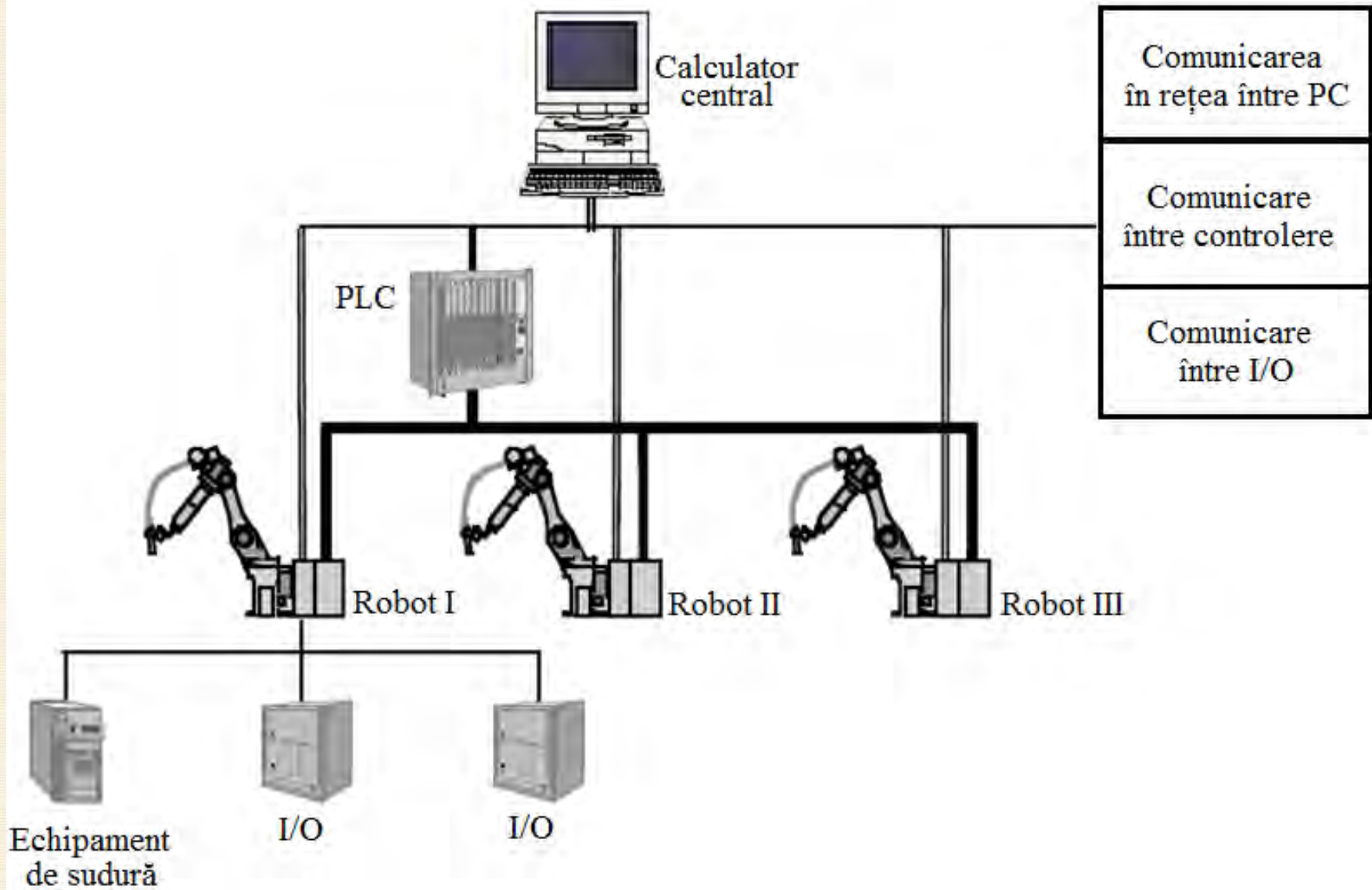


Fig.6.61. Arhitectura de control a celulelor robotizate [Nof 99]

Interfața utilizatorului pentru robotul de control [Nof 99]

Interfața de utilizator standard și distinctă pentru controlerul robotului este teach pendant-ul. El este alcătuit dintr-o unitate de afișare care conține în mod obișnuit un afișaj cu cristale lichide (LCD), taste pentru introducerea datelor, taste pentru jogging, un buton de Opreire de urgență, un comutator pornit / oprit și un comutator DEADMAN pentru siguranță.

1. Crearea de program

Programul poate fi creat utilizând interfața de program on-line atunci când robotul este manipulat de utilizator și pozițiile sunt înregistrate folosind teach pendant-ul. Programul poate fi, de asemenea, creat off-line, folosind un PC.

2. Manipularea și înregistrarea pozițiilor

În timpul manipulării, operatorul poate deplasa robotul în direcția dorită apăsând tastele JOG de pe teach pendant.

3. Edit Program

Instrucțiunile dintr-un program pot fi modificate pentru a include instrucțiuni suplimentare (instrucțiuni de semnal de ieșire, instrucțiuni de ramificație condiționate etc.).

4. Rularea de testare

Când editarea programului este finalizată, trebuie făcută o încercare pentru a verifica dacă programarea robotului este corect.

5. Corectarea erorilor

La rularea de testare, robotul se poate mișca în mod neașteptat din cauza unei greșeli de programare sau a unor semnale I/O incorecte. Este necesar să eliminați greșeala și să refaceți din nou testul.

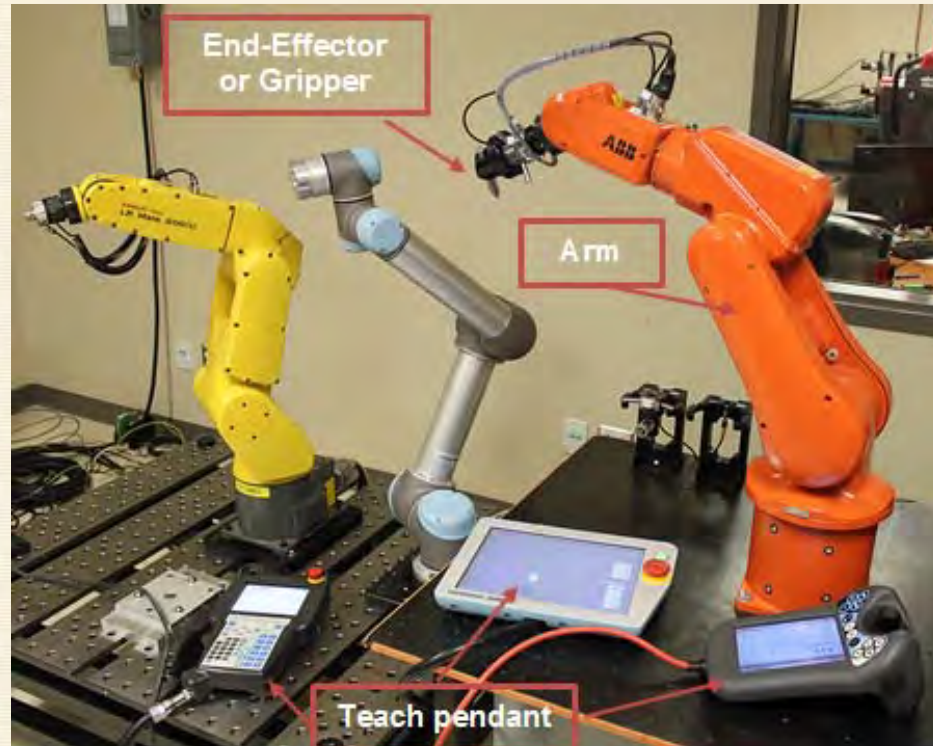


Fig.6.62. Principalele părți componente ale r.i. [w.cor_17]



Fig.6.63. Modele de teach pendants pentru r.i. [w.Res_17]

PROGRAMAREA ROBOȚILOR [Nof 99]

În programarea roboților industriali, instrucțiunile de mișcare sunt programate în ordinea mișcării dorite. De asemenea, instrucțiunile pentru aplicații sau instrucțiunile I/O sunt programate în ordinea execuției programului.

Sunt două tipuri de modalități de programare a roboților industriali:

- programare conversațională, când se scrie linie cu linie un program și, de obicei, programarea este simplă utilizând un mediu pus la dispoziție de producător.
- programare prin compilație, care convertește un program scris într-un limbaj de programare la nivel înalt, cum ar fi PASCAL sau C++, în coduri ce pot fi interpretate de softul robotului.

Elementele unui program:

- *Instrucțiuni referitoare la mișcare*: tipul interpolării, viteză, date legate de poziție;
- *Instrucțiuni I/O* : on, of , pulse, analog I/O, Group I/O, etc.;
- *Secvențe de program standard*: If, Wait, Repeat until, Do while, For, Call, etc.;
- *Instrucțiuni de control a evenimentelor*: Monitor, Enable/disable event, time before/after, etc.;
- *Instrucțiuni pentru end-effector*: Spot, Arc start/end, Sealing start/end, etc.

Programare ON-LINE [Nof 99]

Programarea on-line este realizată prin introducerea instrucțiunilor de programare cu ajutorul teach pendant. Aceste instrucțiuni sunt introduse în controlerul robotului care generează programul după care va lucra robotul. Robotul este condus manual printr-o succesiune de mișcări dorite de către un operator care observă mișcările robotului precum și alte echipamente din cadrul celulei de lucru.

În programarea on-line sunt posibile două modalități de lucru pentru a genera instrucțiunile dorite:

- a) Programare cu teach pendant-ul: mișcările robotului sunt generate de operator prin utilizarea teach-pendant-ului;
- b) Programare în timp real: mișcările robotului sunt generate de operator cu mâna iar teach-pendant-ul are rol în memorarea punctelor și instrucțiunilor.

Programare ON-LINE [Nof 99]

Avantaje:

- Operatorul este liber să se deplaseze în jurul celulei de lucru pentru a obține cea mai bună poziție pentru o operație.
- Controlerul limitează viteza robotului, făcând programarea mai sigură.
- Operatorul este capabil să sincronizeze mișcarea robotului cu celelalte echipamente cu care trebuie să interacționeze robotul.
- Programele pot fi introduse și editate ușor și rapid.

Dezavantaje:

- Timpul de producție scade;
- Nu este recomandat pentru mișcări complexe.

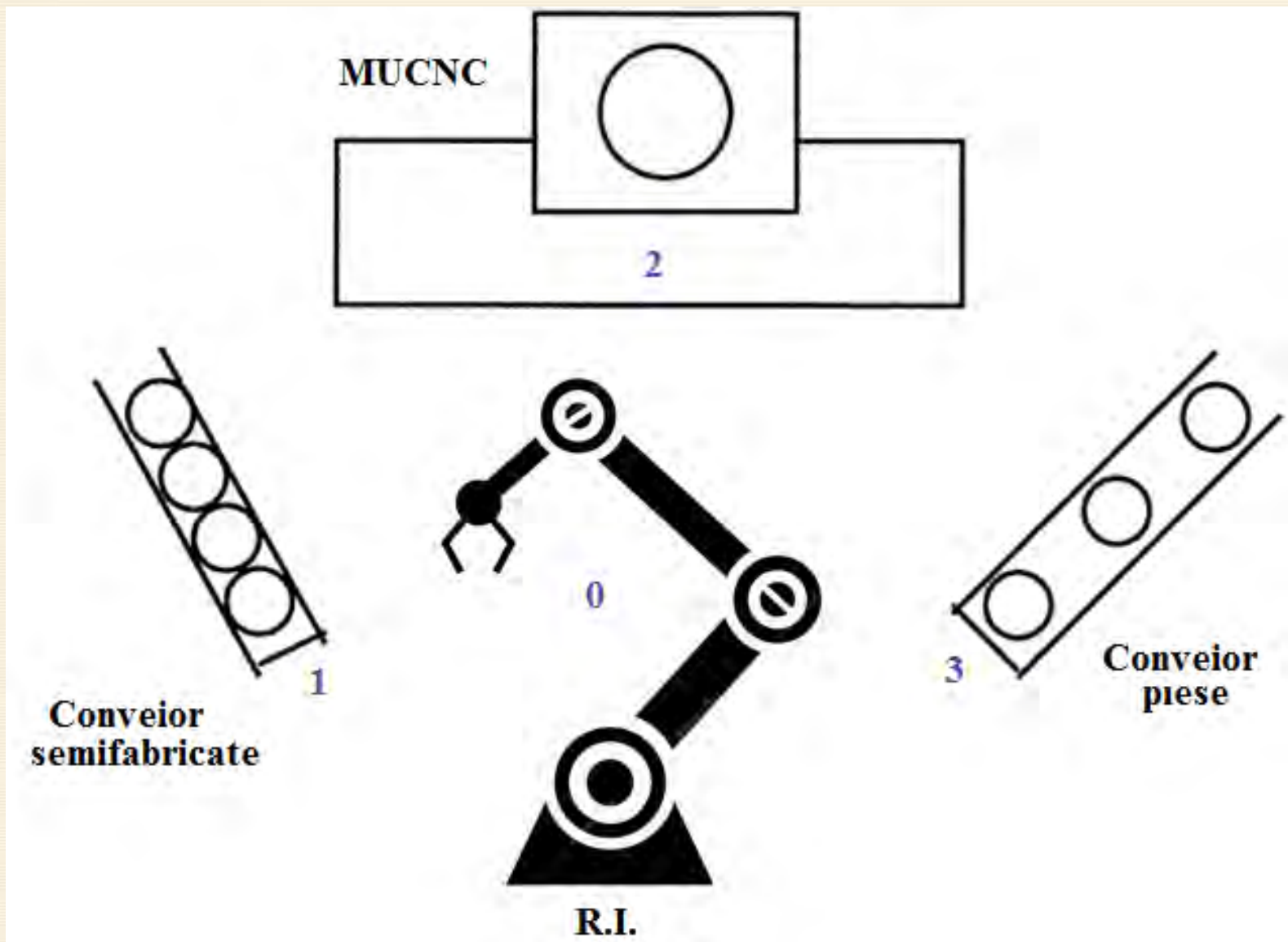


Fig.6.64. Mod de programare on-line într-o celulă robotizată [Nof 99]

Programare OFF-LINE [Nof 99]

Programarea off-line poate fi considerată ca fiind procesul prin care programele pentru robot sunt create, parțial sau complet, fără să utilizăm robotul, ci doar un robot virtual existent într-un soft specializat (ex. RobCAD, Famos robotic, Robo DK, VisualComponent etc.).

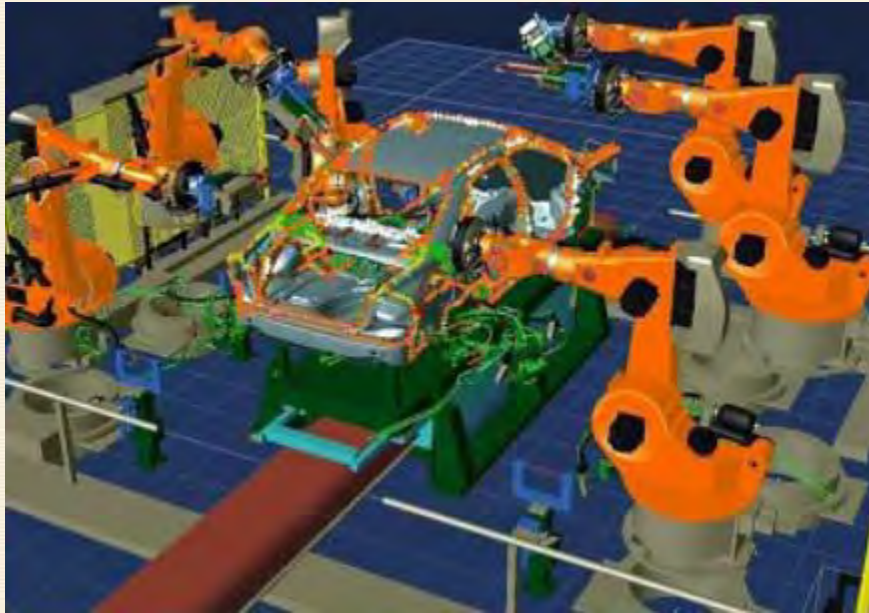
Tehnica de programare este similară cu modul de programare al MUCNC.

Avantaje:

- reducerea timpilor de staționare a robotului;
- eliminarea programatorului din medii potențial periculoase;
- sistem unic de programare pentru toți roboții din companie;
- integrarea totală cu sistemele CAD / CAM existente;
- simplificarea sarcinilor complexe;
- verificarea programelor înainte de rulare;
- crește productivitatea.

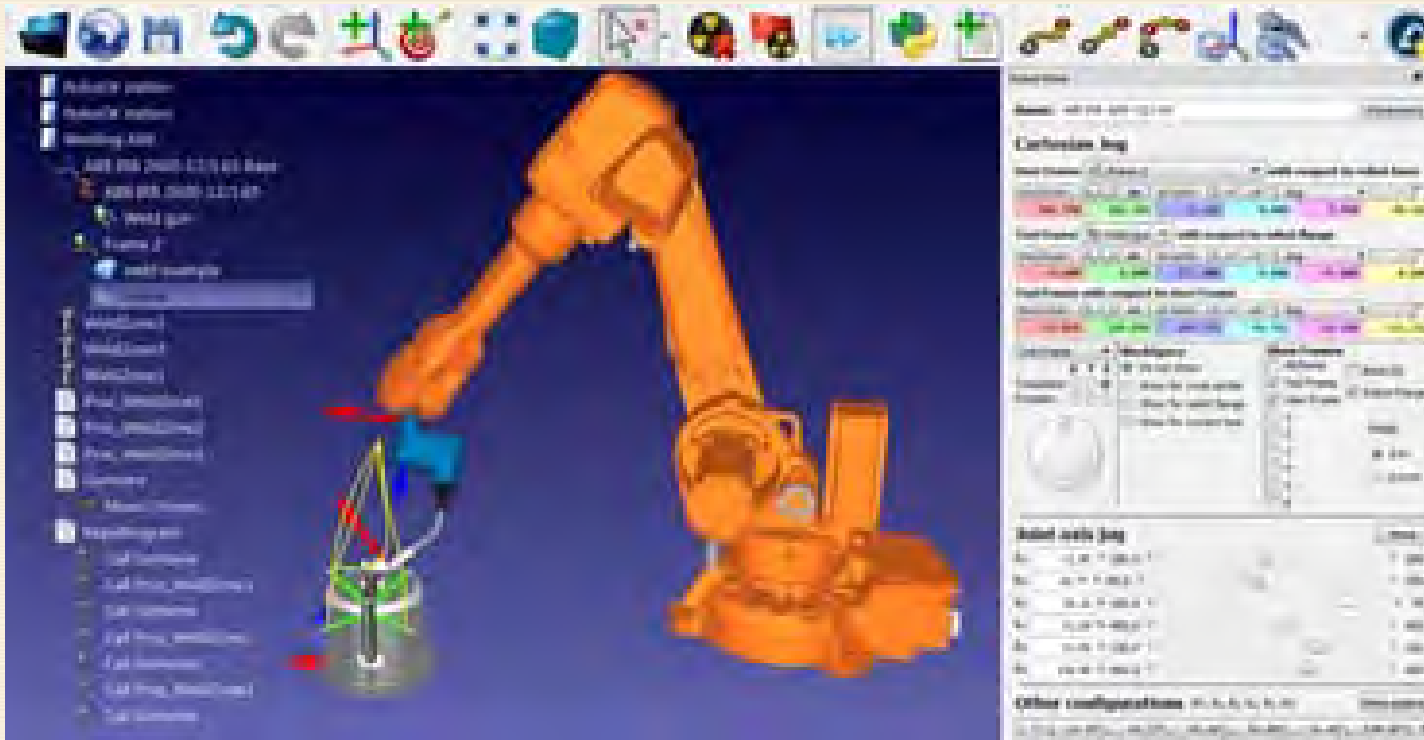
Dezavantaje:

- mai scump;
- nu se pot ține seamă de toate condițiile din mediul de lucru.



a)

Fig.6.65. Utilizarea programării of-line, a) simulare în celulă [w.Cad_20], b) interfață de programare a robotului [w. rob_20]



b)

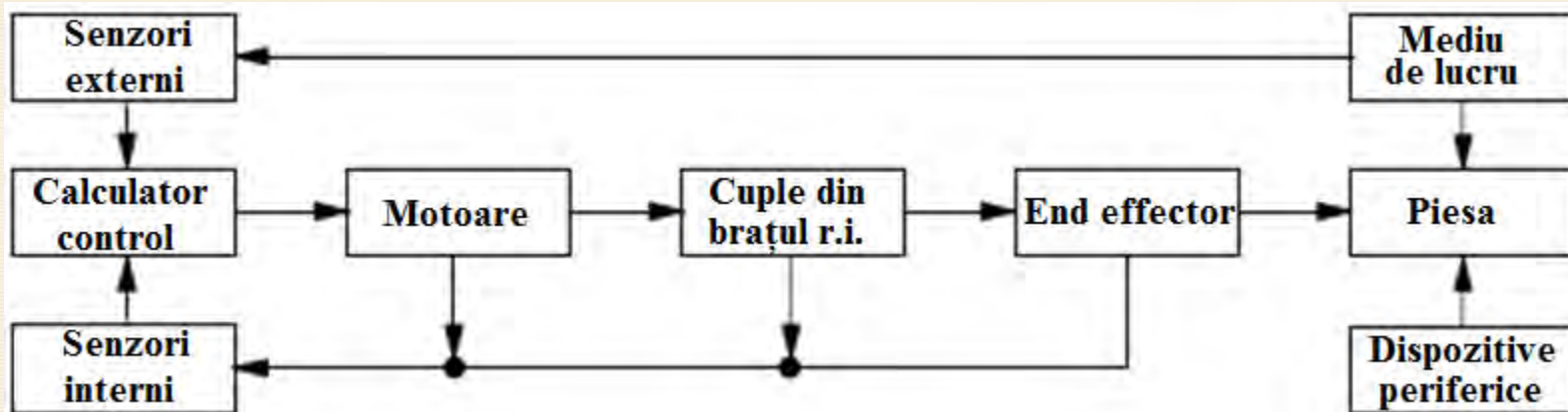
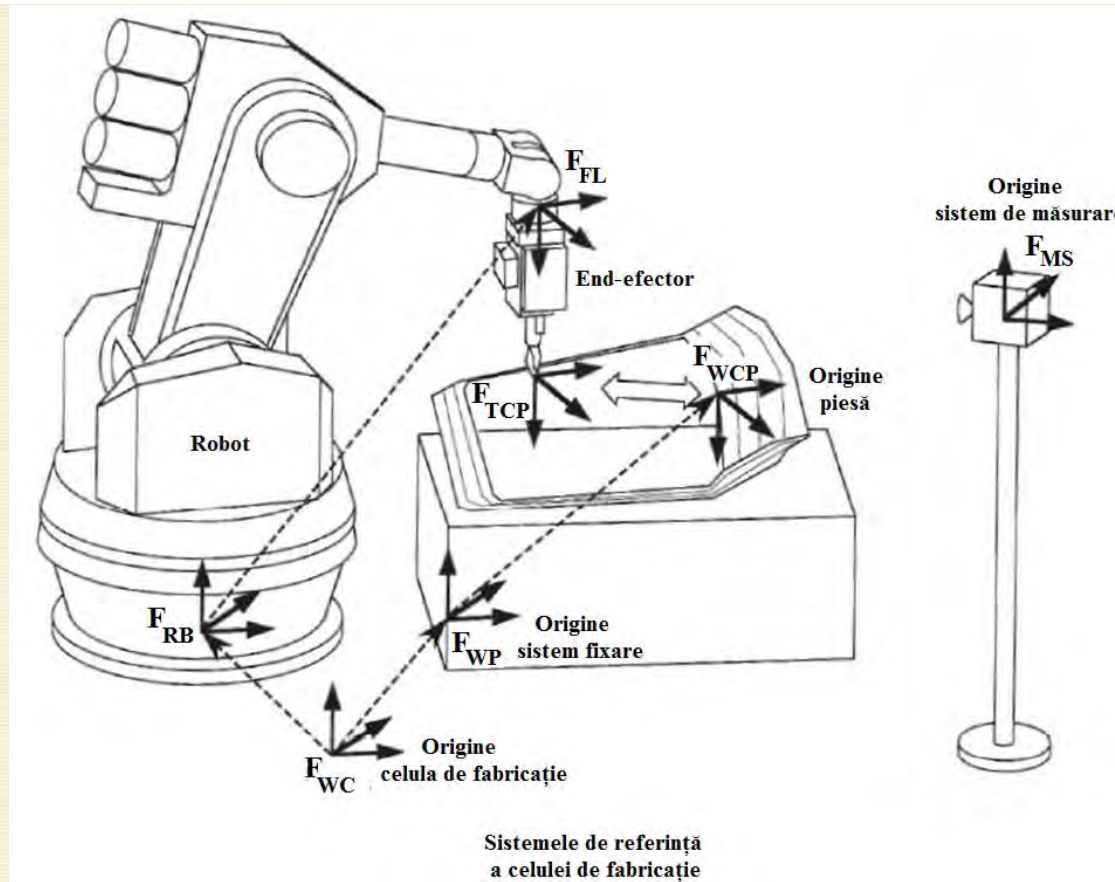


Fig.6.66. Controlul total al celulei robotizate, a)[w. goo_12], b) [Nof 99]

Implementarea automatizării robotizate în sistemul de fabricație

Pas 1 S-a identificat un loc în procesul tehnologic unde este necesară introducerea unui robot industrial

- Există motivare din partea managementului pentru a se rezolva acea problemă?
- Rentabilitatea investiției, rata de amortizare?
- Firma are un proces ce necesită într-adevăr automatizare?

Pas 2: Definirea procesului

- Dacă acesta este primul proiect în care se introduce un robot, identificați dacă robotul generează riscuri de accidente;
- Identificați procesele care urmează să fie automatizate prin utilizarea robotului industrial;
- Identificați criteriile de proiectare a procesului. Care sunt așteptările și cerințele pentru robot.

Pas 3: Dezvoltarea proiectului

- stabiliți un ordin brut de mărime a costurilor pentru toate echipamentele și serviciile;
- definiți o soluție preliminară de automatizare;
- determinați responsabilitățile din cadrul firmei, precum și din partea integratorilor, contractorilor etc.;
- identificați necunoscutele;
- identificați locul fizic în care va fi amplasat robotul industrial;
- identificați resursele necesare pentru operarea robotului industrial.

Pas 4: Decideți dacă proiectul are sens din punct de vedere economic și tehnic;

Principalele date necesare pentru a examina fezabilitatea economică a introducerii robotului industrial [Gla 08]:

- numărul de ore pe schimb, schimburi pe zi sau ore pe an;
- numărul de operatori per schimb ce vor fi înlocuiți de robotul industrial;
- productivitatea manuală existentă în prezent în [buc/h];
- timpul de fabricație pe piesă pentru fabricația manuală, în [min.];
- Unități de timp pierdute cu pauze, vacanțe și alte perioade în care operatorii sunt neutilizabili, în [min, h];
- costul investiției în automatizare, inclusiv costuri auxiliare, cum ar fi instalarea, instruirea, manipularea echipamentului, mărfurilor, utilităților etc.;
- costurile avute de companie cu operatorii (salariu, asigurări medicale, uniforme, echipament de protecție, concediu, handicap și alte costuri actuale);
- estimarea profitului pe piesă de lucru în cazul introducerii robotului industrial.

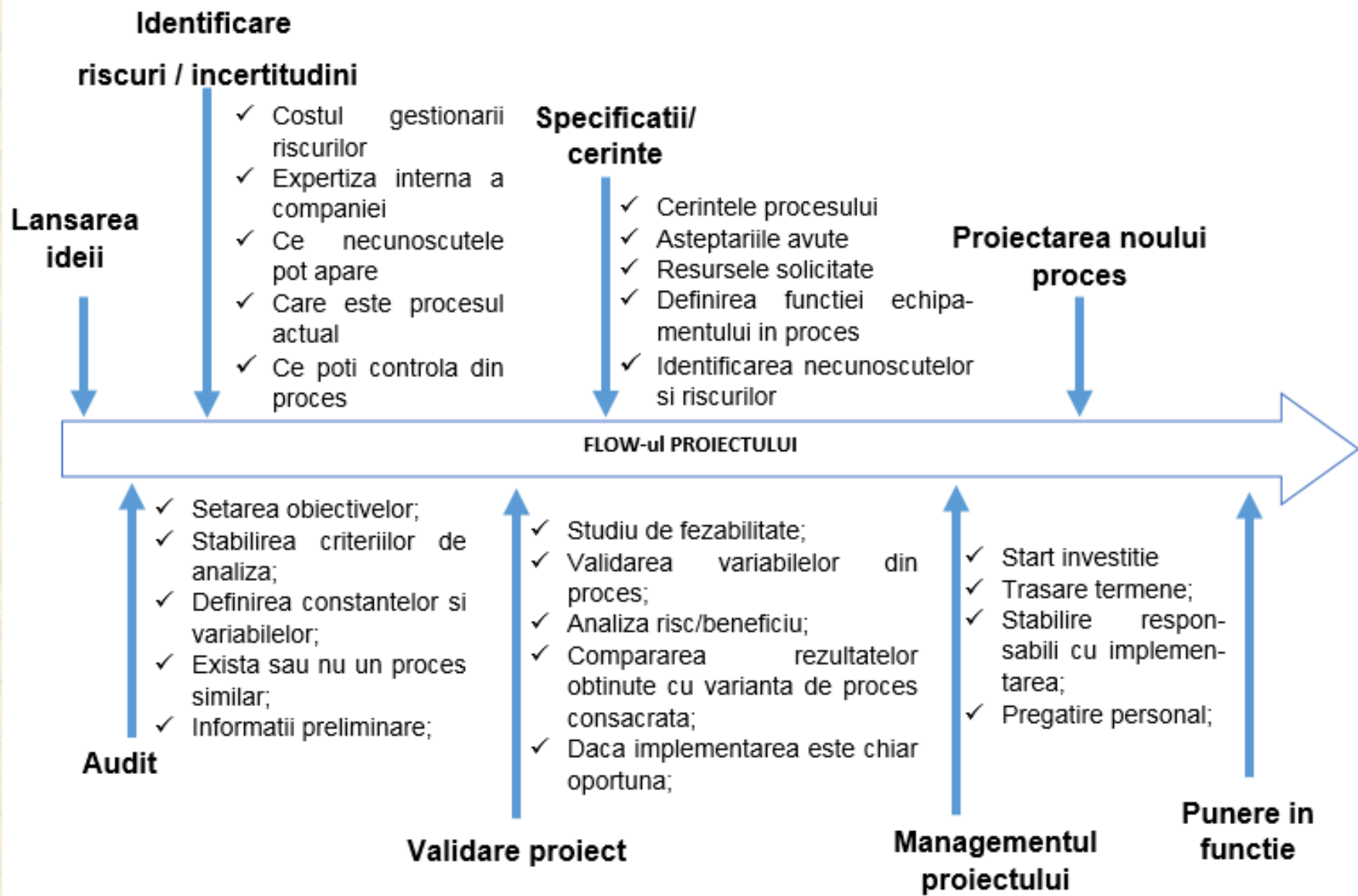


Fig.6.67.Ghid de bună practică pentru implementarea r.i în procesul de fabricație [Gla 08]

Table 6.4. Analiza performanțelor în studii comparative pe roboți [Nof 99]

Criteriu	Caracteristici
Capacitatea de încărcare	Masa, inerția brațului, inerția end-effectorului
	Mișcările/forțe pe end-effector
	Istoricul încărcărilor (RMS): static, periodic, aleator
Grade de libertate	Cerințele de dexteritate a end-effectorilor
	Numărul de grade de libertate a elementelor periferice (masa de sudură etc.)
Obiect manipulat, sculă	Dimensiuni
	Tipul de sculă necesar (gripper, pistol sudură sau lipire, cap de frezat etc.)
	Interconectarea cu robotul
Caracteristicile sarcinii	Modul de încărcare/descărcare
	Accesibilitatea obiectului/zonei de lucru
	Câmp de toleranță a piesei
	Poziționare și fixare
Precizie	Viteze, accelerații
	Precizie de poziție
	Precizie de re poziționare
	Precizie volumetrică

Criteriu	Caracteristici
Controlul deplasărilor	Punct cu punct (PTP)
	Deplasare liniară
	Deplasare circulară
	Curbe spline
Condiții de mediu	Parametrii măsurabili (zgomot, vibrații, temperatură etc.)
	Parametrii nemăsurabili
Criterii economice	Cost producție, cost de dezvoltare produs
	Timp de livrare
	Calitatea activității realizare prin robotizare
	Nivelul de productivitate atins
	Puncte de vânzare (de roboți, celule fabricație, linii de fabricație)
Mentenanța	Instalare
	Mod de programare
	Activități de service de la distanță
	Interschimbabilitatea modulelor
Flexibilitate	Integrare în CIM
	Mod de cooperare cu dispozitive periferice
	Erori de manipulare, mod de diagnoză

Tabel 6.5. Evaluarea eficienței muncii manuale vs. robotizate (nu este inclus timpul de programare și reglaje) [Gla 08]

Operații	Eficiența în activ. manuale (%)	Eficiența în activ. robotizate (%)
Sudură cu MIG/MAG; în puncte	30-35	90 +
Îndepărtare de material (debavurare, lustruire, șlefuire, polizare etc.)	25-30	90 +
Alimentare m-u de prelucrare prin așchiere (strunguri, HMC, VMC)	55-60	90
Alimentare m-u de presat	40-50	90
Sortare / grupare piese	70-78	90
Paletizare	70-75	90
De-paletizare	65-70	90

Studiu de caz: Cum scad roboții prețul de fabricație [Gla 08]

Ipoteze pentru analiză:

30% costul timpului de prelucrare;

60% ceilalti timpi implicați în fabricație;

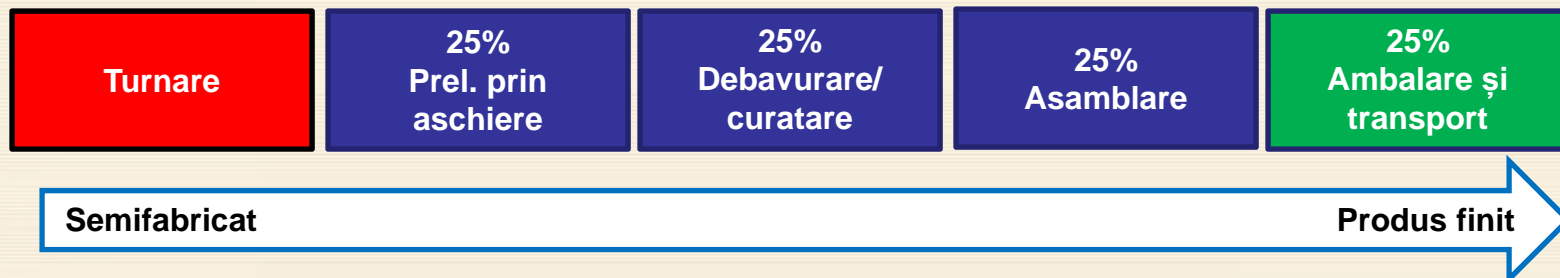
Cost total pe piesă = 16\$/buc;

Prețul de vânzare = 20\$/buc;

Volum producție 80.000 buc/an, în două schimburi (16 h/zi).



Pe linia de fabricație semifabricatele sunt prelucrate și ajung produs finit. Se va porni de la ipoteza că fiecare etapă contribuie cu 25% la costul de fabricație al produsului.



Example:

Se va considera că prin automatizarea fabricației se va economisi timp după cum urmează:

- 50% din procesul tehnologic implică costuri de prelucrare și debavurare / curățare. Asta înseamnă că din costul total, 8\$ este dat de aceste două procese.
- Din cei 8\$, se consideră că 30% reprezintă costul cu operatorii, adică aproximativ 2,4\$/buc. Deci automatizarea ar aduce o economie de 2,4\$/buc.
- Dacă se consideră 250 zile lucratoare/an, și 16 h/zi, atunci se poate calcula că există 4000h/an(250×16) pentru a produce 80.000 buc.

Concluzii asupra studiului de caz

Crescând productivitatea cu 30% (90% eficiența utilizării roboților– 60% eficiența muncii manuale) ajungem la următoarele concluzii:

- *Utilizând munca manuală:* în 4000h se va produce 80.000 buc/an;
- *Utilizând roboții și automatizând procesul:* $4000 - 4000 * 30\% = 2800h$ pentru a produce tot 80.000 buc/an;

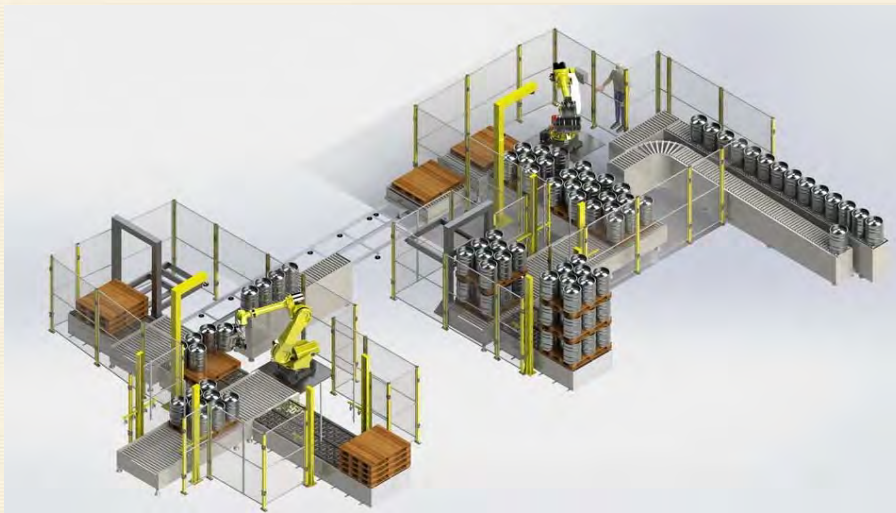
Concluzii finale:

- Fiecare oră reprezintă 320\$: $(80,000 \times 16\$/buc) / 4000h = 320\$/h$;
- Prin automatizarea utilizând roboții câștigăm 1200h ($4000h - 2800h = 1200h$), timp în care dacă producem aceleași piese am avea un beneficiu 384.000\$ anual;
- Cu timpul câștigat putem produce același tip de piese sau alte tipuri și astfel putem crește cifra de afaceri.

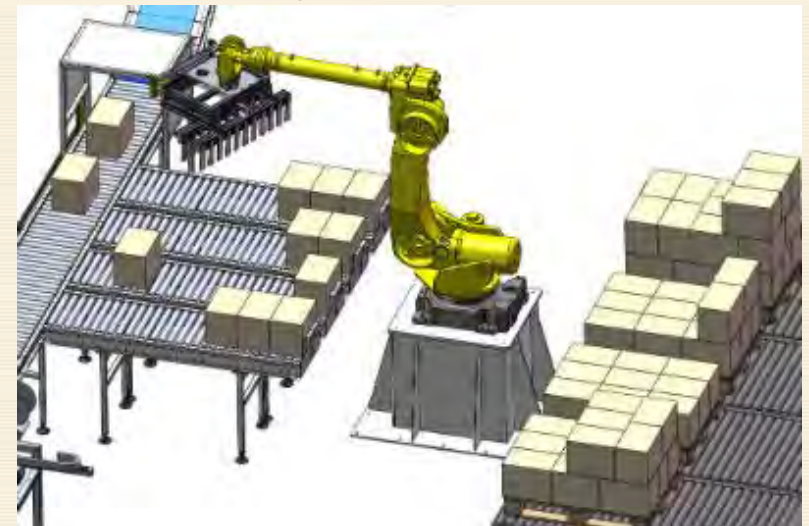
Aplicații specific în care se utilizează roboți industriali și cerințe legate de aceștia

Paletizare/depaletizare:

- suprafață mare ce trebuie acoperită;
- viteze și accelerații de lucru mari;
- amprentă mică pe sol;
- încărcare cu mase mari (1-90 kg sau mai mult);



a)



b)

Fig.6.68. Aplicații în paletizare a)[w.geb_17], b)[w.plm_17]

Sudură:

- posibilitatea integrării echipamentelor de sudură;
- senzori integrați;
- capacitate redusă de încărcare;
- 6 axe.

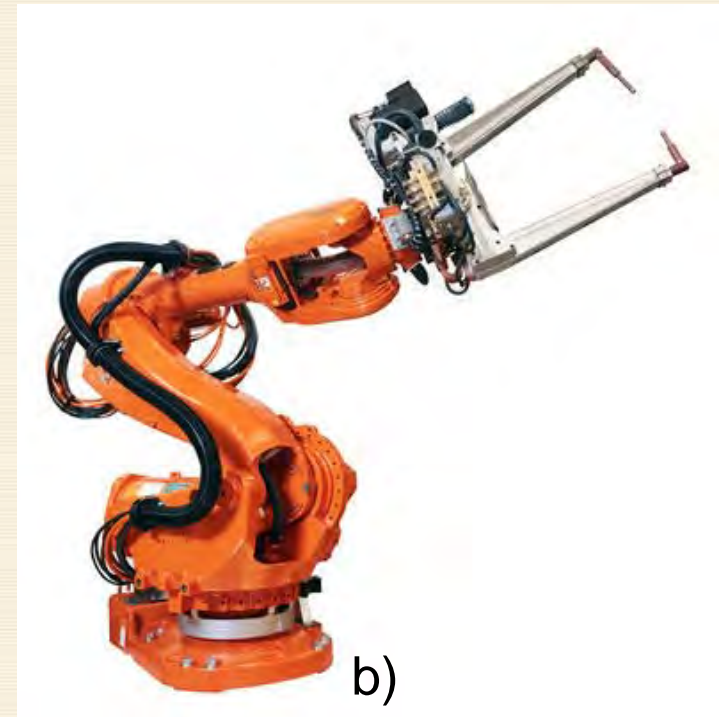


Fig.6.69. Roboți echipați pentru operații de sudură
a) MIG/MAG [w.rob_17], b) Spot [w.rob_17]

Manipulare piese presate, injectate, forjate, turnate:

- sarcină utilă ridicată;
- să poată manipula mase mari;
- viteze mari de lucru;
- greutate echilibrată;
- 6 axe.



a)



b)

Fig.6.70. Aplicații în manipulare a) [w.col_17], b) [w.rob_17]

Vopsire și tratamente pentru suprafețe:

- viteze mari de lucru;
- dexteritate ridicată;
- protecție pentru medii explozive;
- programare off-line;
- funcții de control a procesului, senzori;
- 6 axe.



a)



b)

Fig.6.71. Aplicații în vopsire a) [w.pac_17], b) [w.mot_17]

Asamblare demontabilă:

- mișcări rapide pe [H] și [V];
- precizie ridicată;
- senzori integrați (de poziție, de forță, control de calitate etc);
- 4, 5 axe.



Fig.6.72. Aplicații în asamblare a) [w.wsj_17], b) [w.you_17]

Prelucrări prin îndepărtare de material:

- rigiditate ridicată;
- precizie ridicată;
- senzori integrați (de forță, de imagine, de proximitate etc.);
- 6 axe.

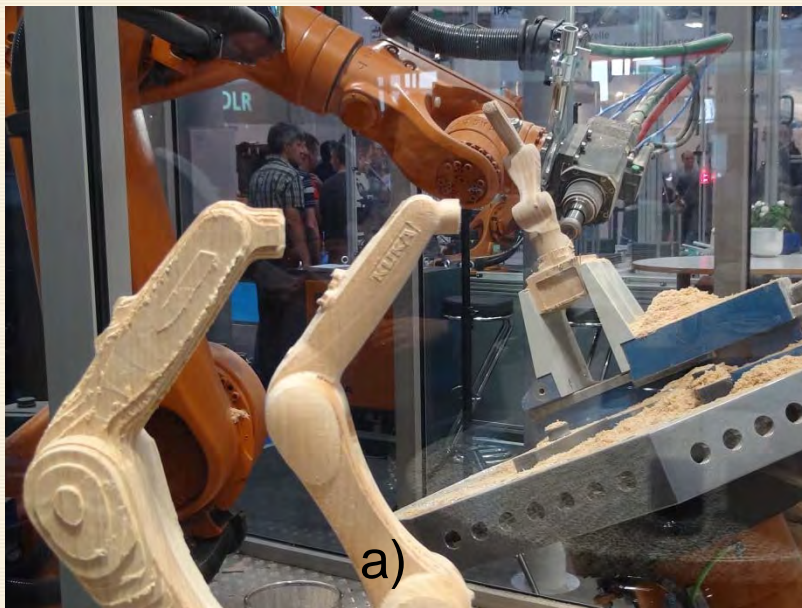


Fig.6.73. Aplicații în așchiere, a) [w.rob_17], b) [w.mms_17]

Activități de laborator.

- ușor de programat;
- precizie ridicată;
- dimensiuni mici ce se pot monta pe masa de laborator;
- capacitate de încărcare limitată;
- 4, 5 axe.



a)



b)

Fig.6.74. Aplicații în laborator, a) [w.gim_17], b)[w.che_17]

6.3. Subsistemul informațional

Face legătura între subsistemul de prelucrare, subsistemul logistic și componenta de management a unui SFF.

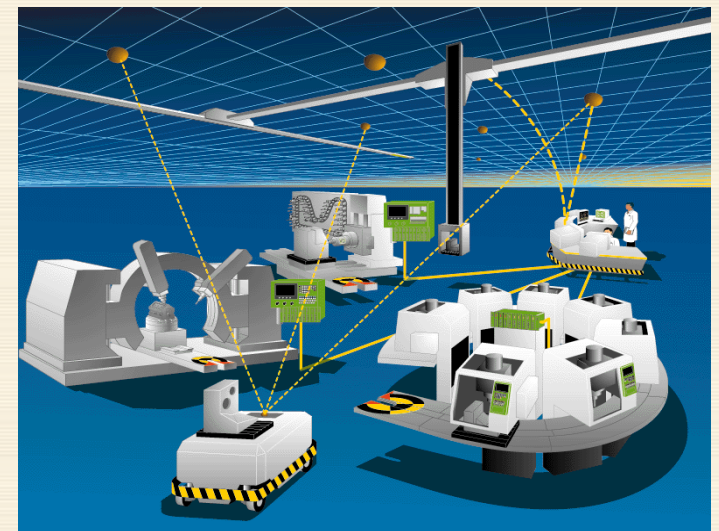
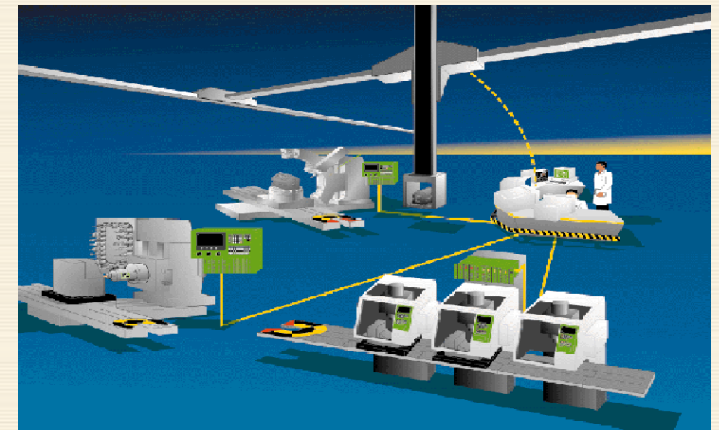
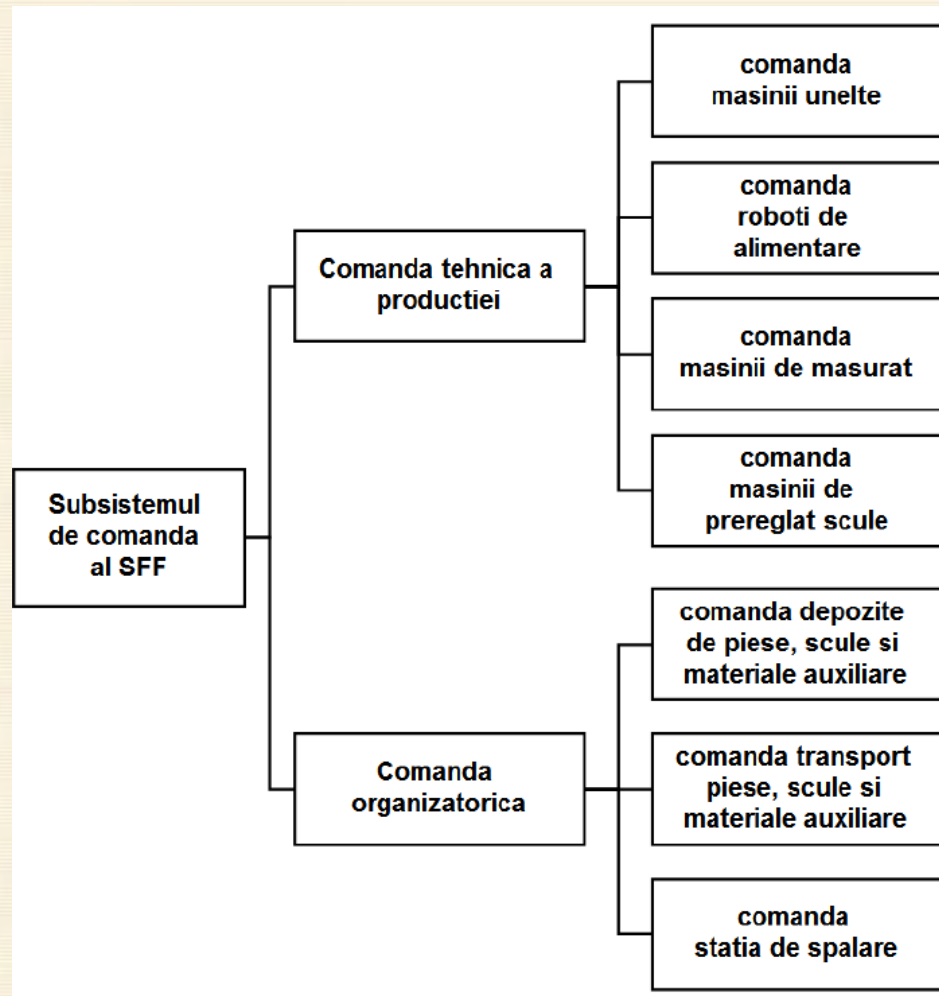
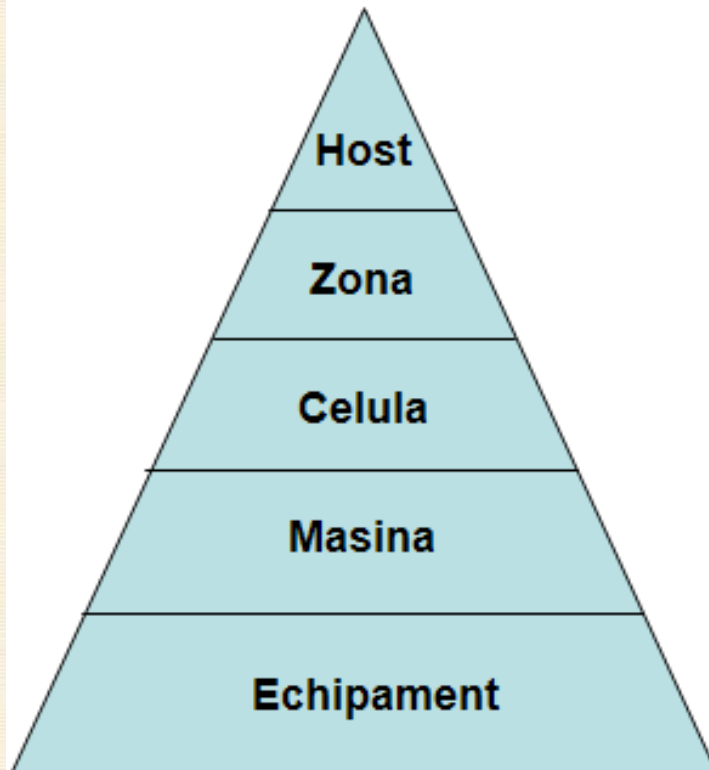


Fig.6.75. Subsistemul informațional al unui sistem flexibil de fabricație

Modelul pe cinci nivele al comunicatiilor de productie



Modelul tipic de organizare a personalului



Fig.6.76. Modul de transmitere a informațiilor

Tipurile principale de informații transmise spre mașina unealtă

PRIMITIVE: schimb de date pe linii digitale de intrare/ieșire, date binare, de tip DA sau NU.

Exemple:

- Un robot este programat să aștepte executarea programului X până când intrarea Y devine TRUE.
- Un PLC cu intrări și ieșiri numerice poate fi conectat la terminalele robotului, obținându-se astfel o celulă simplă, cu un singur echipament, cu o comunicație primitivă. PLC-ul poate comanda ce execută robotul.

COMPLEXE: de exemplu la încărcarea / descărcarea programelor sau actualizarea variabilelor. Cele mai multe se referă la comunicații seriale asincrone, având la dispoziție un port serial RS-232.

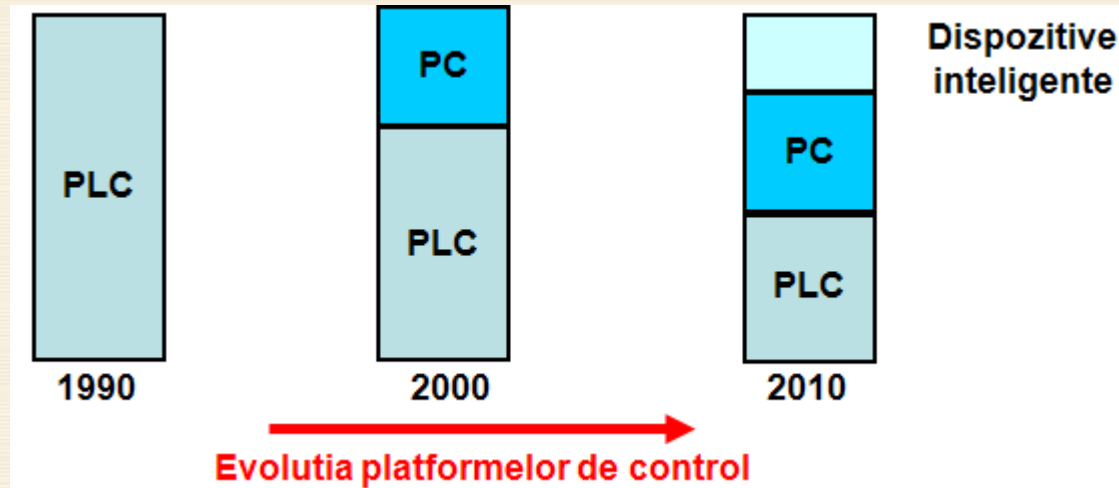


Fig.6.77. Evoluția tipurilor de controlere de celulă

PLC-uri

Avantaje:

- Sunt ușor de înțeles de electricienii și tehnicienii din exploatare;
- Este foarte ușor de utilizat în comunicațiile primitive între mașinile din celulă;
- Este simplu de implementat comunicarea între PLC-uri de aceeași marcă.

Dezavantaje:

- Grad de flexibilitate redus față de PC-uri.

PC-uri

Avantaje:

- Oferă mai multă flexibilitate și mai multe capacități;
- Permite comunicare cu elemente de comandă aparținând unor producători diferiți;
- Utilizează pentru comunicare un software dedicat: SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

Avantaje oferite de SCADA:

- Elimină eforturile de dezvoltare a aplicației prin interpunerea unor module software dedicate pentru comunicare cu echipamente de nivel inferior, respectiv gestionarea bazei de date și a informațiilor aferente.
- Event-driven: gestionarea evenimentelor (obiectele nu fac nimic până când nu survine evenimentul pentru care au fost programate să lucreze).
- Programatorul realizează aplicația cu ajutorul meniurilor sau cu icoane grafice, încărcând mai apoi drivere software specifice echipamentelor conectate la calculator.

Capitol 7. Lean manufacturing

“Sistemul de producție suplu” este o metodă ce are în spate filosofia că “risipa” trebuie eliminată. Lean manufacturing (LM) trebuie privit ca un proces continuu, evolutiv, implementat în trei etape:


- simplificarea se bazează pe postulatul că în managementul firmei trebuie să opereze cu “mai puțin din toate”;
- integrarea are ca scop conectarea diferitelor departamente în vederea creării unui flux de afaceri continuu. Se încearcă integrarea în fluxul productiv și a furnizorilor și clienților;
- automatizarea, conform modelului japonez, este rațional să te bazezi pe automatizări simple, de regulă pe automatizări dezvoltate prin tehnologiile convenționale.

Eliminând risipa din procesele de producție se va lucra mai repede și mai bine.

LM reprezintă un set de acțiuni care ajută companiile să-și reducă costurile și să crească productivitatea prin eliminarea “risipei” (Muda în limba japoneză).

Conform LM există **7 MUDAs** sau 7 tipuri de risipă care pot fi identificate în procesele de producție [w.lan_20]:

1. *Supraproducția*: A prelucra fără o comandă fermă poate fi considerată o risipă.
2. *Investiții nejustificate*: Existența de materie primă suplimentară în depozite pentru a fi disponibilă „doar în caz ca ...”, este considerată o risipă. Trebuie privit însă și din punct de vedere strategic această noțiune.
3. *Defecte*: Defectele produselor generează nemulțumirea clientului și se cheltuie timp suplimentar și bani cu neconformități, înlocuirea produselor sau plata de despăgubiri. Daunele de transport sunt, de asemenea, considerate un defect.
4. *Ineficiența operațiilor*. Acest lucru ar putea fi rezultatul unor etape de fabricație suplimentare sau inutile, folosind metode mai vechi și depășite, sau nu au planuri de lucru standard.

- 
5. *Mișcări:* Mișcarea inutilă se poate întâmpla ca urmare a unui proces ineficient, a lipsei de proceduri standardizate sau chiar a lipsei de pregătire pentru angajați
 6. *Transportul și manipulările:* când acestea se fac defectuos și cauzează pierderi
 7. *Așteptările:* Acestea sunt blocaje în timp, de obicei din cauza utilajelor defectate, a lipsei de personal instruit, a lipsei de materiale, a planificării ineficiente sau ca urmare a celorlalte șase MUDA.

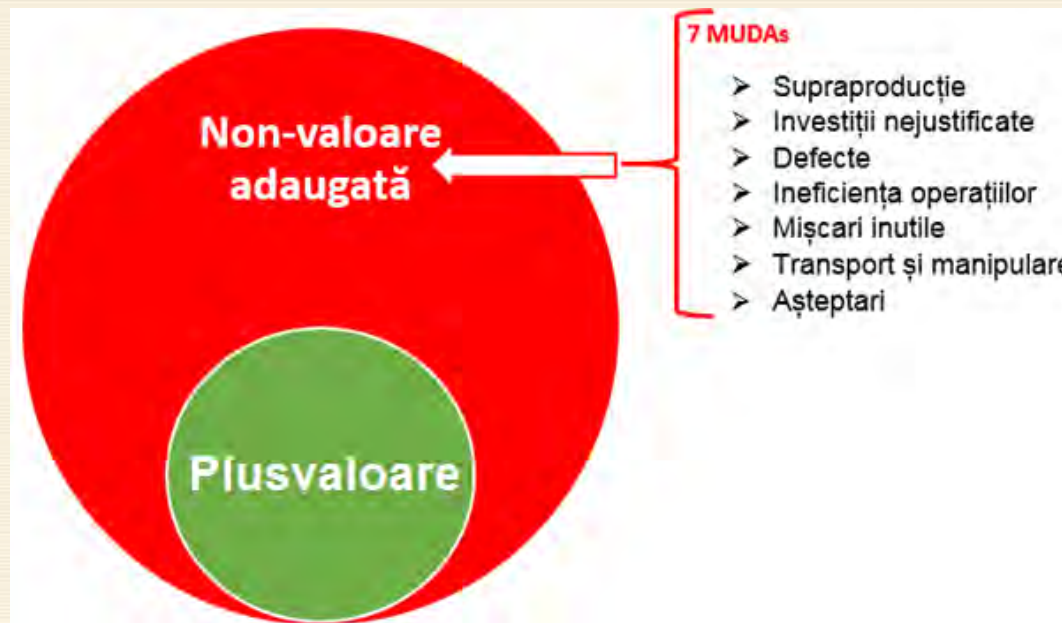


Fig.7.1. Distribuția schematică a plusvalorii și nonvalorii la produse

Valoarea este ceva care se adaugă în timpul procesului. Este ceea ce dorește clientul să plătească.

Valoarea adăugată este ceea ce adaugă efectiv valoare unui produs pe care clientul este dispus să îl cumpere.

Valorile care nu sunt adăugate sunt activitățile care susțin procesul dar care nu adaugă la produs valoare în mod direct. Va trebui să fie redus la minimum.

Valoarea inutilă ce nu este adăugată produsului este definită cel mai complet de termenul MUDA în limba japoneză. Aceasta trebuie eliminată complet.

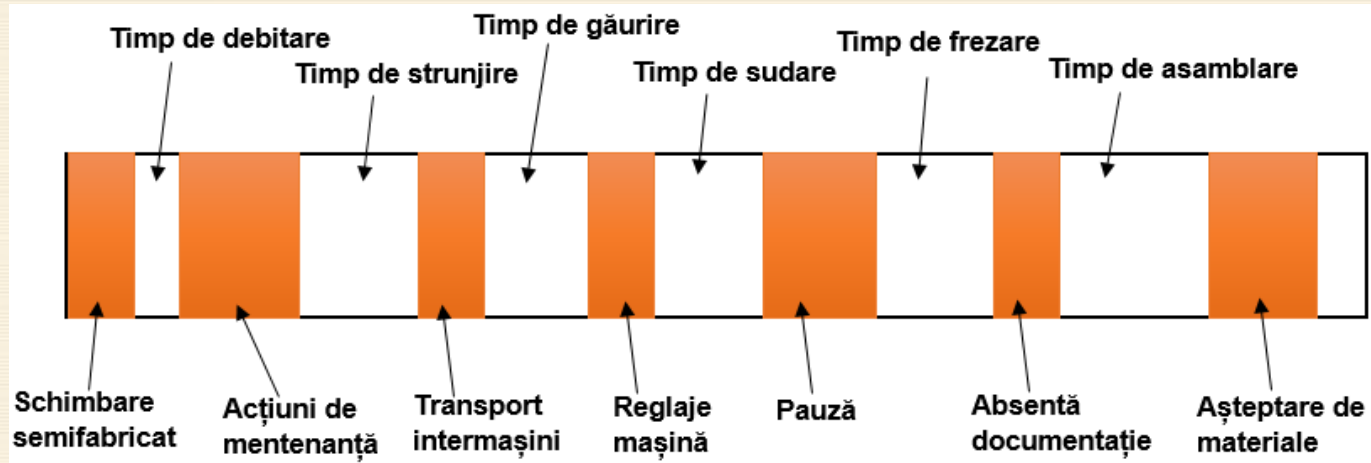


Fig.7.2. Defalcarea timpului de fabricație

Timpii "morți"

- Așteptări pentru încărcarea mașinii
- Reglaje la mașini
- Timp de alimentare
- Lipsă de operatori
- Pauze de lucru
- Acț de mentenanță
- Așteptări de scule
- Feedback de la CTC
- Așteptări după programele CNC
- Așteptări de instrucțiuni
- Așteptări de materiale
- Așteptări de piese de schimb
- Căderi de curent
- Așteptări de desene de execuție
- Etc.



- timp ce aduce plusvaloare
- timp ce generează nonvaloare

Fig.7.3. Repartizarea timpului de producție și cauze de neproductivitate

Instrumentele Lean

Principalele instrumente utilizate în LM:

- 5S
- Just în time (JIT)-Exact la timp
- Kaizen (Îmbunătățire continuă)
- Value stream mapping (VSM)
- Kanban (Sistemul tragerii)
- Heijunka (Programarea activităților la fiecare nivel de activitate)
- Jidoka (Automatizarea proceselor acolo unde apar frecvent erori)
- Poka Yoke (Evitarea erorilor)
- Key performance indicator (Urmărirea indicatorilor de performanță)

7.1. Instrumentul 5S

Sortează (Sort) = elimină ce nu este necesar activității prestate;

Stabilește (Stabilize or set to order) = organizează ceea ce este necesar;

Strălucire de la activitatea de dereticare (Shine) = curăță și organizează locul de muncă;

Standardizează (Standardize) = standardizează procedurile pentru a nu lăsa loc de interpretări subiective;

Suține (Sustain) = verifică dacă standardele și metodologiile sunt respectate.



Fig.7.4. Simbolizarea principiului 5S [w.sli_20]

Înainte de utilizarea 5S



După utilizarea 5S



Fig.7.5. 5S versus non-5S [w.tul_20]

La ce ajută 5S?

- **Se poate salva timp**
 - micșorăm timpul de căutare a reperelor, sculelor, documentelor etc.
- **Se îmbunătățește stărea locului de muncă**
 - curățenie, locuri de muncă spațioase care duc la creșterea siguranței
- **Ajută la îmbunătățirea productivității**
 - obiectele inutile și dezordinea influențează negativ productivitatea
- **Ajută la eliminarea altor “risipe” de resurse**
 - risipa cu mișcări inutile;
 - risipa cu transporturi inutile de material;
 - nu apar probleme de transport a pieselor;
 - scad timpii de așteptare.

7.2. Instrumentul “Just in time”

Just in time (JIT) denumit și “zero stocuri” are la bază ideea reducerii cantității de muncă înmagazinată în stocurile de materii prime, materiale, piese, subansamble și implicit reducerea globală a costurilor aferente menținerii acestor stocuri, indiferent de volumul producției.

Minimizarea stocurilor are loc concomitent cu sporirea calității produselor.

Aplicarea acestui instrument se face pe două planuri distincte:

- A. În interiorul sistemului productiv - se produce și se livrează un produs doar la cererea beneficiarului;
- B. În relațiile cu furnizorii – aceștia trebuie convinși să livreze produse de calitate, în loturi mici și zilnic.

Avantajele utilizării sistemului JIT se referă la:

- reducerea aproape la zero a stocurilor;
- creșterea substanțială a calității;
- realizarea unei fabricații în flux continuu;
- reducerea timpilor aferenți reparațiilor;
- timp minim de realizare a unui produs;
- corelarea eficientă a capacităților de producție;
- utilizarea unei forțe de muncă policalificată etc.

Dezavantaje:

- practic, este imposibil obținerea și menținerea stocului zero;
- dificultatea de a modifica unele elemente din proiectarea produsului sau chiar din cadrul procesului de producție;
- posibilitatea de a avea în permanență personal înalt calificat și bine pregătit;
- trebuie realizată modificarea mentalității întregului personal din întreprindere legat de implementarea sistemului JIT și a beneficiilor pe care acesta le poate aduce, etc.

7.3. Instrumentul Value Stream Mapping (VSM)

Fluxul valorii reprezintă o analiză financiară a fluxului de producție (proiectare, fabricație, livrare) al unui produs analizând fluxul din punct de vedere material și informațional.

Instrumentul VSM (Value stream mapping) reprezintă o modalitate de analiză a fluxului de producție în vederea creșterii eficienței acestuia prin reducerea:

- activităților redundante;
- comunicării defectuoase;
- încărcarea necorespunzătoare a echipamentelor;
- dezechilibrelor și decalajelor dintre departamente etc.

VSM se poate traduce ca radiografierea fluxului material și informațional.

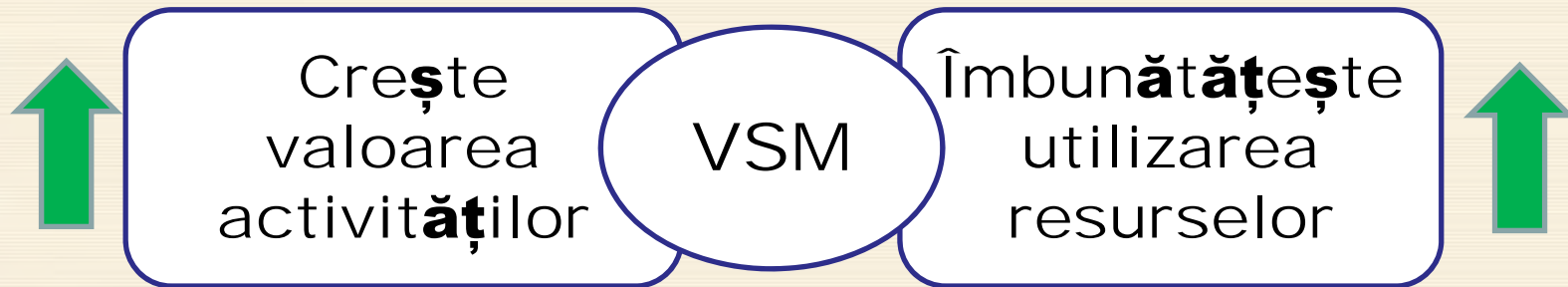


Fig.7.6. Scopul instrumentului VSM

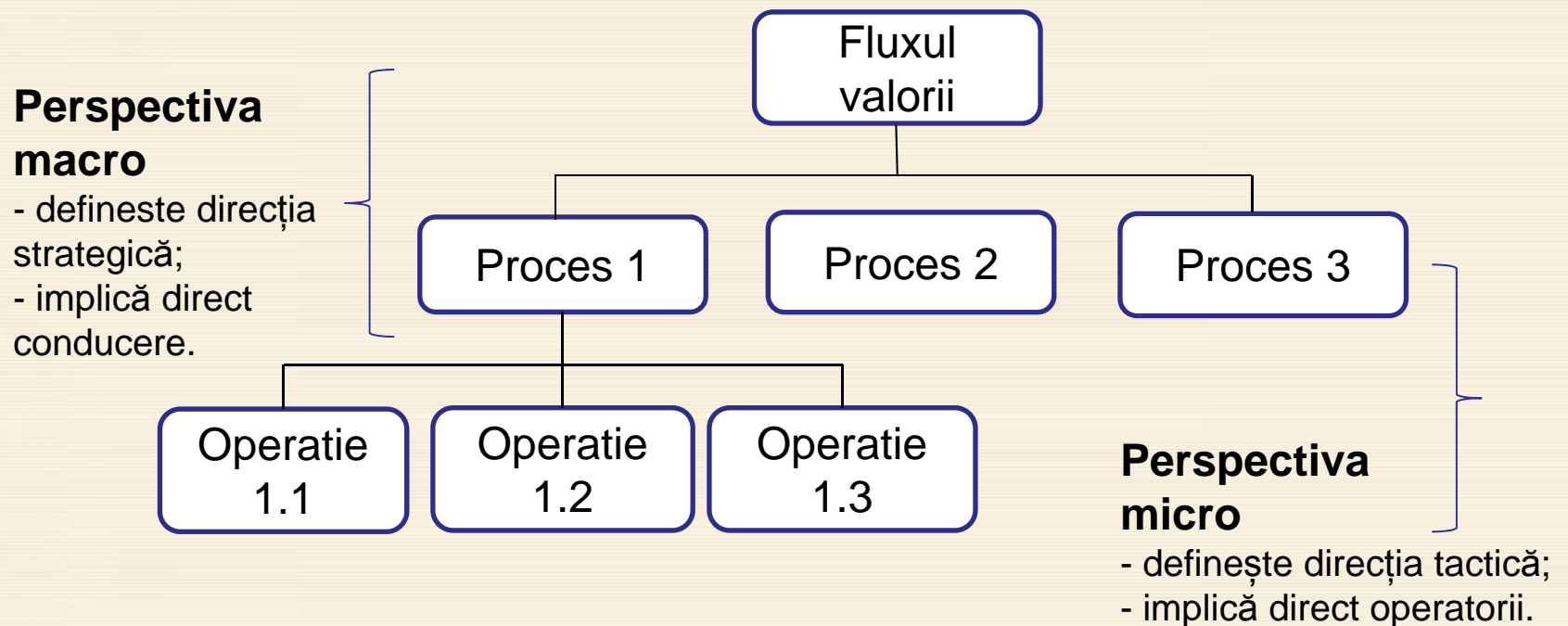


Fig.7.7. Fragmentarea procesului productiv [Mar 14]

VSM este un “instrument” important pentru creșterea competitivității fiecărei companii. O companie competitivă este una care se ghidează după principiul: Planifică-Realizează-Evaluează-Ajustează (în engleză PDSA Plan-Do-Study-Adjust).

Utilizând principiul PDSA creștem competitivitatea companiei deoarece:

- sunt rezolvate probleme de performanță;
- se valorifică oportunitățile de piață;
- se planifică noi linii de produse;
- sunt îmbunătățite produsele existente.

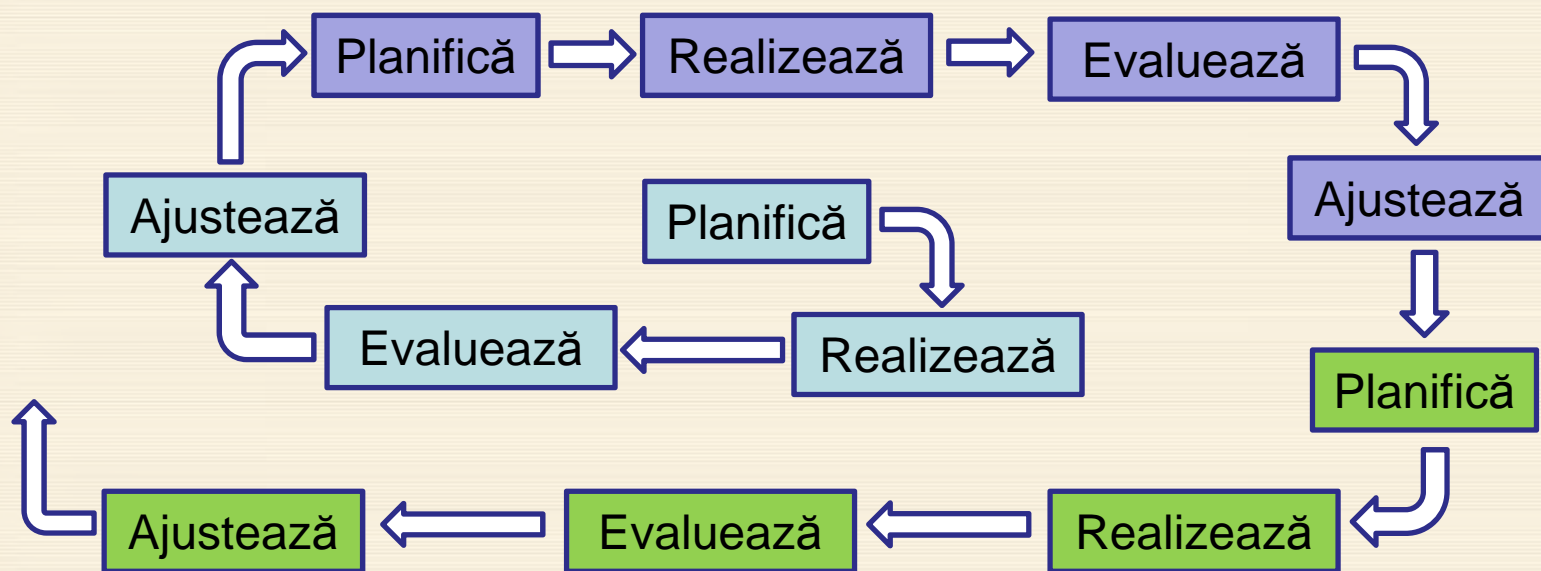


Fig.7.8. Ciclul de îmbunătățire continuă în companii

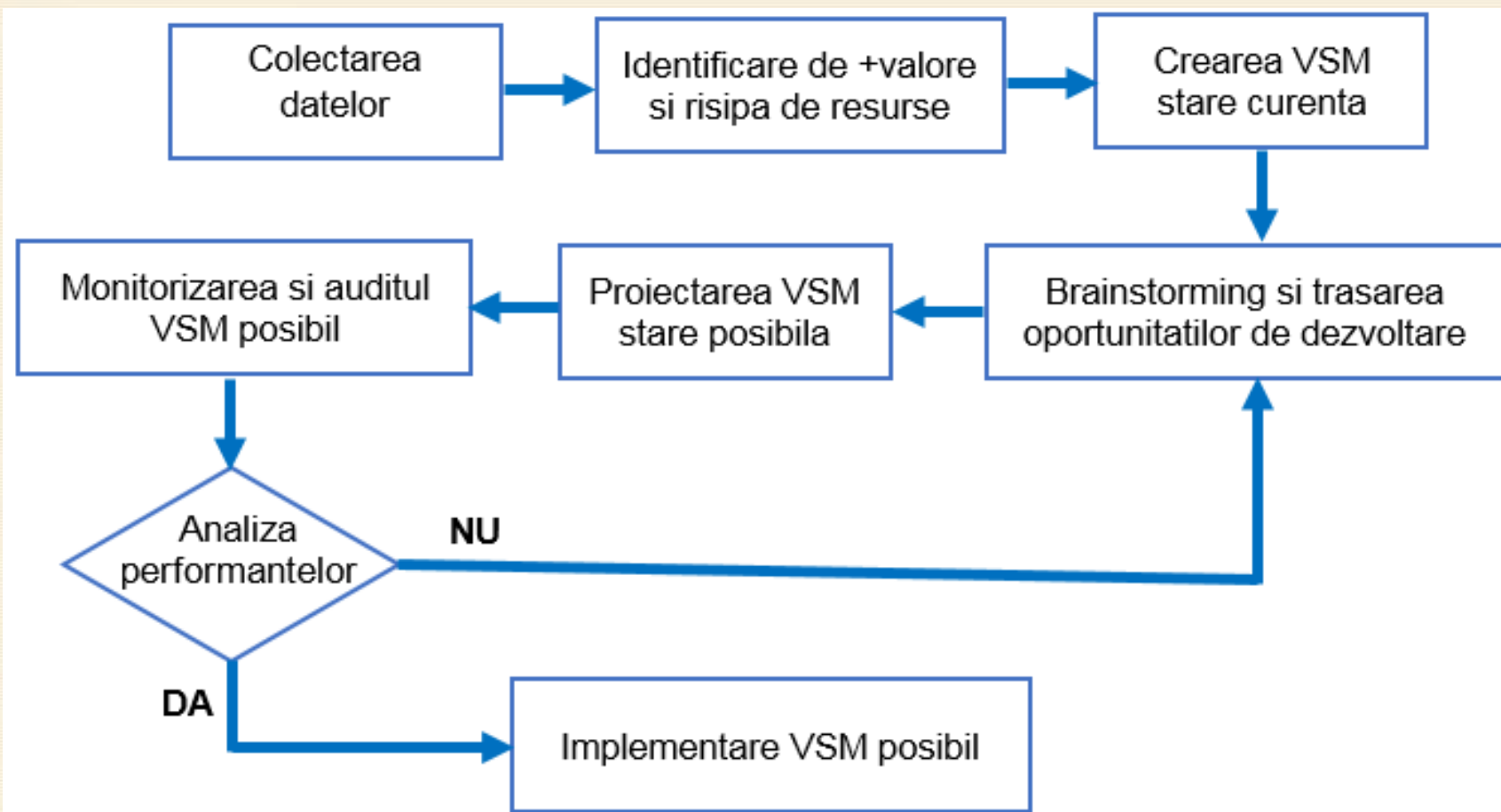


Fig.7.9. Schema logică a acțiunilor de VSM

Metodologia VSM-ului

Pas 1. Maparea stării actuale a fluxului valoric.

Pas 2. Propunerea unei nou flux valoric unde să se elimine activitățile care nu generează valoare adaugată produsului.

Pas 3. Implementarea noului flux valoric.

Informații necesare pentru întocmirea unui VSM:

1. Ce comenzi au clienții;
2. Frecvența și cantitatea solicitată de aceștia;
3. Mașinile implicate în procesul de fabricație;
4. Timp de fabricație;
5. Număr de operatori implicați;
6. Gestionarea stocurilor;
7. Timp total de producție.

Tabel 7.1. Definirea variabilelor pentru Maparea unui SF [Ant 18]

Variabile	Unit.	Tip	Definire
Secvența de proces (faza, operație etc.)		Par.	Flow-ul de material poate fi în paralel sau în serie
Volum de producție	Buc.	Int.	Nr. de piese ce trebuiesc prelucrate
Operatori în proces		Int.	Nr. de operatori necesar
Timp mediu pe mașină (CT)	s	Int.	Timpul mediu scurs de la începerea la finalizarea operației
Timp mediu de pregătire (CO)	s	Int.	Timpul mediu necesar pentru a pregăti un punct de lucru
Timp de bază (Awt)	s	Int	Timpul în care piesa este efectiv prelucrată
Disponibilitatea m.u.	s	Int.	Procentul de timp în care o stație de lucru poate fi utilizată pentru fabricație
Nr. de zile lucrătoare pe lună (Nwdm)		Int	Numărul de zile în care operatorii sunt disponibili
Nr. de schimburi pe m.u		Int.	Câte schimburi deservesc mașina în 24h
Numărul de produse comandate de clienți		Int.	Un număr mediu
Numărul de produse livrate într-un lot		Par.	Un număr mediu ce depinde de producție

Variabile	Unit.	Tip	Definire
Frecvența livrărilor spre destinatar	[1/s]	leș.	Un număr mediu
Frecvența livrărilor de la furnizori	[1/s]	Par	Depinde de fiecare furnizor
Timpul de fabricație (<i>PT</i>)	[s]	leș.	Timpul necesar pt transformarea semifabricatului în produs.
Timp initial de așteptare (<i>ILT</i>)	[s]	leș.	Timpul de asteptare inainte de a incepe procesul de fabricatie
Timp total de producție (<i>LT</i>)	[s]	leș.	Timpul petrecut de semif. de la intrarea în sist de producție la livrarea lui sub formă de produs
Timp de lucru setat (<i>TT</i>)	[s]	leș.	Timpul mediu de producție, setat în funcție de necesitatea beneficiarului

unde: Int. – date de intrare;
 leș. – date de ieșire;
 Par. – date de parcurs.

$$D_{CD} = \frac{M_{CD}}{N_{WDM}}, \quad (1)$$

$$A_{WT} = T_W - T_B, \quad (2)$$

$$PT = \sum_{i=1}^n CT_i, \quad (3)$$

$$ILT = \frac{IQ}{D_{CD}}, \quad (4)$$

$$LT = PT + \sum_{j=1}^n ILT_j, \quad (5)$$

$$TT = \frac{A_{WT}}{C_D} \quad (6)$$

$$R_{ON} = \frac{PT}{TT} \quad (7)$$

Fig.7.10. Relații de calcul necesare analizelor din VSM [Ant 18]

M_{CD} lot solicitat de client [buc./luna]

T_W timp de lucru disponibil [s/zi]

T_B timp de oprire [s/zi]

IQ cantitate produsă [buc.]

D_{CD} cererea zilnică a clientului [buc./zi]

R_{ON} numărul necesar de operatori

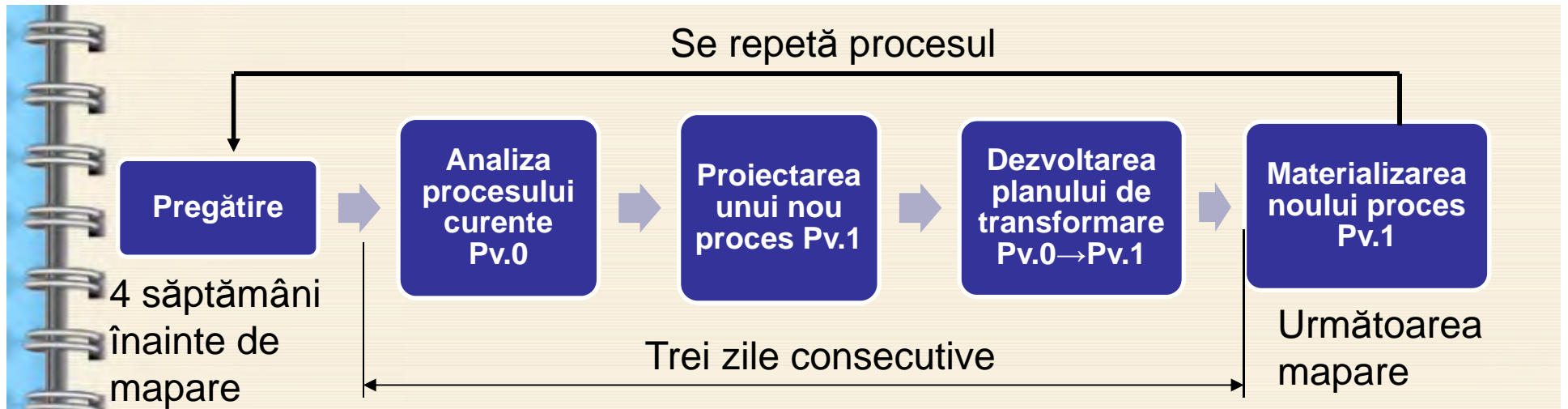


Fig.7.11. Fazele și timpii pentru aplicarea VSM-ului [Mar 14]

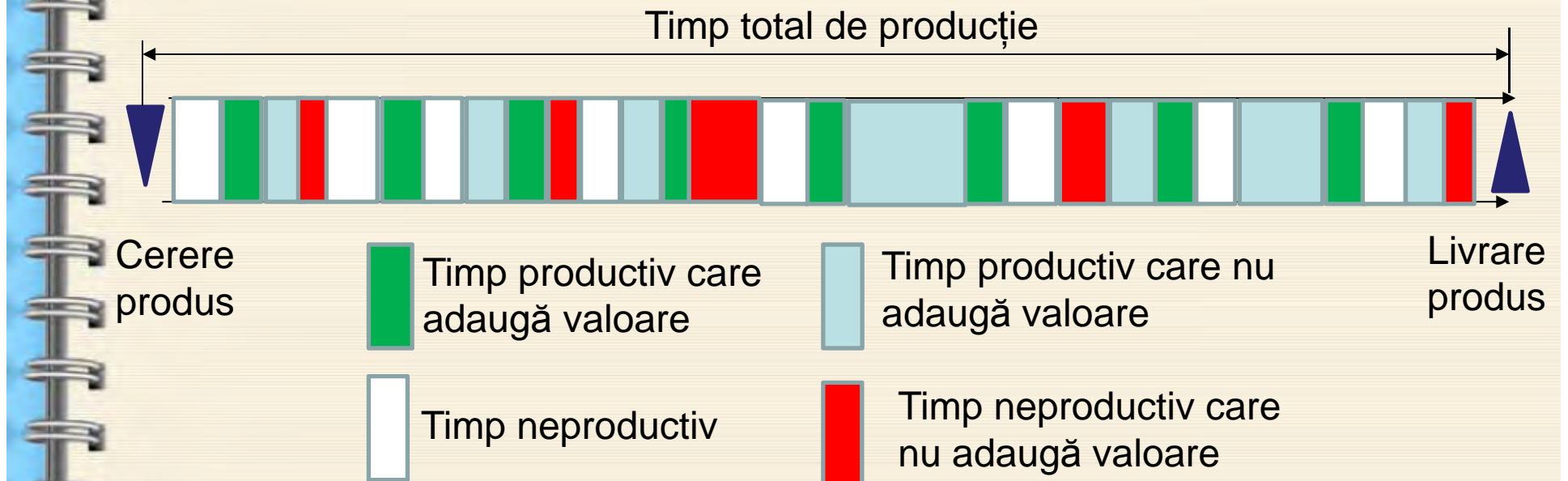


Fig.7.12. Timp de fabricație vs. timp total de producție în fluxul valorii [Mar 14]

Value Stream Mapping Charter

Scope		Accountable Parties		Logistics	
Value Stream	Value stream being improved	Executive Sponsor	Required: typically VP or C-level	Event Dates & Times	3 days typically; consecutive is best; 6 hrs per day minimum; 7 or 8 hrs is best
Specific Conditions	What circumstances are included and excluded? (e.g., type of customer, geographic location, etc.)	Value Stream Champion	If needed—often director or manager level		
Demand Rate	How many times is this done per wk, qtr, mo, or yr?	Facilitator	Required: skilled, objective person leading the activity	Base-camp Location	On-site, ample wall space, quiet/private location
Trigger	What initiates the process?				
First Step	Task on first process block	Logistics Coordinator	Not always needed	Meals Provided	Always a nice touch; keeps the team from wandering
Last Step	Task on last process block				
Boundaries & Limitations	What is the team NOT authorized to change?	Briefing Attendees ** required *optional	List the people that are required to attend the briefings (**) and those whose attendance is optional (*).	Briefing Dates & Times	Aids in consensus building and organizational learning. Typically the last hour of the day.
Improvement Time Frame	Typically 3-6 months				

Current State Problems & Business Needs		Mapping Team		
		Function	Name	Contact Information
1	What's driving the need for improvement?			
2		1 Leadership-heavy		
3		2		
4		3		
5		4		
		5		
Measurable Target Condition				
1	Reduce <defined metric> from X to Y (Z% improvement).	6		
2	Increase <defined metric> from X to Y (Z% improvement).	7		
3		8		
4		9		
5		10		
Benefits to Customers		On-Call Support		
		Function	Name	Contact Information
1	How will internal and / or external customers benefit as a result			
2	of improvements to the VS?	1 SMEs that may not be needed full time		
3		2		
4		3		
5		4		
Benefits to Business		Agreement		
		Executive Sponsor	Value Stream Champion	Facilitator
1	What other benefits will the business or internal customers realize as a			
2	result of improvements to the VSM?			
3		Signature:	Signature:	Signature:
4		Date:	Date:	Date:

© 2013 Karen Martin & Mike Osterling

Fig.7.13. Documentul final rezultat în urma unei acțiuni de VSM-Carta VSM [Mar 14]

Carta VSM

Scop		Partile raspunzătoare		Logistica	
Fluxul valoric	Trebuie îmbunătățit	Beneficiar	Necesar: Manager, CEO	Zile de actiune, timp	Uzual 3 zile, optim să fie consecutive, între 6 și 8h
Condițiile specifice	Ce circumstanțe sunt incluse și excluse?	Expertul de Flux al valorii din departament	Dacă e necesar- directorul ori managerul departamentului		
Rata cererii	De câte ori se face acest lucru per wk, qrt,mo,yr?	Managerul pentru fluxul valorii	Necesar: persoană abilitată și obiectivă care conduce activitatea	Locație de lucru	La fața locului, o parte întinsă de perete pentru a trasa mapa, loc liniștit, privat
Amorsare	Cine inițiază procesul?				
Primul pas	Sarcină pe primul bloc de proces	Coordonator logistic	Nu este întotdeauna necesar	Asigurarea mesei	Obligatorie, degustări atractive și o ambianță plăcută pentru echipă
Ultimul pas	Sarcină pe ultimul bloc de proces				
Granițe și limitări	Ce nu este autorizată echipa să schimbe sau să discute?	Prezentarea informațiilor necesare, sau opțională	Enumerați persoanele care trebuie să participe la ședințe și cele a căror prezență este opțională	Date și timpi de informare	Ajută la construirea consensului și învățarea organizațională. De obicei ultima oră a zilei.
Perioada de îmbunătățire	Uzual 3-6 luni				

Fig.7.14. Carta VSM defalcată [Mar 14]

Situția problemelor curente & nevoile afacerii		Echipa de mapare			
1	Ce determină nevoia de îmbunătățire?		Funcția	Nume	Mod de contactare
...		1	Manager proiectare		
5		2	Manager calitate		
Tinte masurabile		3	Manager producție		
1	Reducerea AA [] de la x la y (îmbunătățire cu Z%)	4	Inginer tehnolog		
...	Creșterea BB [] de la x la y (îmbunătățire cu Z%)	...			
5		10			
Avantaje pentru client sau beneficiari		Asistenta tehnica			
1	Cum vor schimba modificările interne și externe a fluxului valorii satisfacția clienților		Funcția	Nume	Mod de contactare
2		1			
...		...			
Avantaje pentru companie sau afacere		Acord			
1	Ce îmbunătățiri tehnologice, financiare etc. va genera acțiunea VSM		Beneficiar	Expertul de Flux al valorii	Managerul pentru fluxul valorii
2			Semnătură	Semnătură	Semnătură
...			Data	Data	Data

Fig.7.14. Carta VSM defalcată - continuare [Mar 14]

Sfaturi pentru mapare sistem material și informațional

O acțiune VSM implică o echipă inter-funcțională de participanți, condusă de un manager pentru fluxul valorii. Echipa va defini procesul curent care urmează a fi îmbunătățit, folosind metodologia VSM. În continuare, echipa va folosi conceptele Lean pentru a reproiecta procesul curent și urmărește îmbunătățirea performanțelor acestuia pentru a ajunge la un proces superior, urmând a crea un plan pentru implementarea noului proces. Durata tipică pentru o acțiune este de trei zile.

Pentru procese prea simple sau complexe poate fi însă nevoie și de mai puțin sau mai mult timp.

Există trei factori cheie care trebuie luați în considerare:

- Nivelul de documentare. Procesul actual este bine documentat? Dacă nu, este necesar un timp suplimentar pentru documentarea procesului.
- Timpul total de producție. Poate fi nevoie de mai mult timp pentru a mapa un proces de producție complex ce se întinde pe o durată mare de timp.
- Experiența organizației și a managerului pentru maparea fluxului de valori.

Reguli de lucru:

- programul începe și se termină conform planificării, respectându-se programul;
- nu există întreruperi pentru a păstra atenția concentrată pe activitățile curente;
- nu există conexiuni wireless, telefoane, tablete, laptopuri deschise;
- nu există privilegii de rang, toata lumea este egală;
- nu se arată cu degetul, nu se dă vina pe nimeni;
- knowledge-ul fiecăruia este absolut necesar;
- utilizați creativitatea, nu analizați financiar nici un aspect;
- se încurajează dezacordurile pentru a crea o analiză critică a faptelor;
- dezacordurile sunt față de idei și acțiuni, nu față de persoane;
- ceea ce se discută nu trebuie să “transpire” spre membrii neimplicați în VSM.

Reguli de lucru (continuare)

- ✓ nu rămân problem “în coadă de pește”;
- ✓ frazele încep întotdeauna cu “noi...”;
- ✓ se elimină “Nu pot..., Nu se poate..., Este prea dificil...” dar se utilizează ”Bine dacă facem așa atunci... “;
- ✓ se elimină concluzii care duc la “așa facem întotdeauna, așa procedăm noi de obicei...”;
- ✓ se pun întrebări de genul: “De ce?, De ce nu?, Ce-ar fi dacă?”;
- ✓ orice acțiune ce duce la o analiză critică obiectivă este binevenită;
- ✓ încercați să priviți holistic toate acțiunile.

PAS 1. MAPAREA STĂRII ACTUALE A SISTEMULUI DE FABRICAȚIE

Se parcurg cinci etape pentru documentarea stării actuale:

Etapa 1. Parcurgerea fluxului de valori

În timpul primei plimbări, echipa de mapare începe să stabilească modul în care va crea fluxul de valori în termeni de blocuri de proces. Se discută cu oamenii implicați în proces pentru a se înțelege în detaliu tot fluxul actual.

Etapa 2. Întocmirea hărții

Echipa se întoarce în spațiul de lucru și membrii întocmesc un flux simplificat pe un perete/afișier utilizând Post-it-uri din hârtie. Blocurile din flux sunt numerotate pentru a se putea face referire facil la ele.

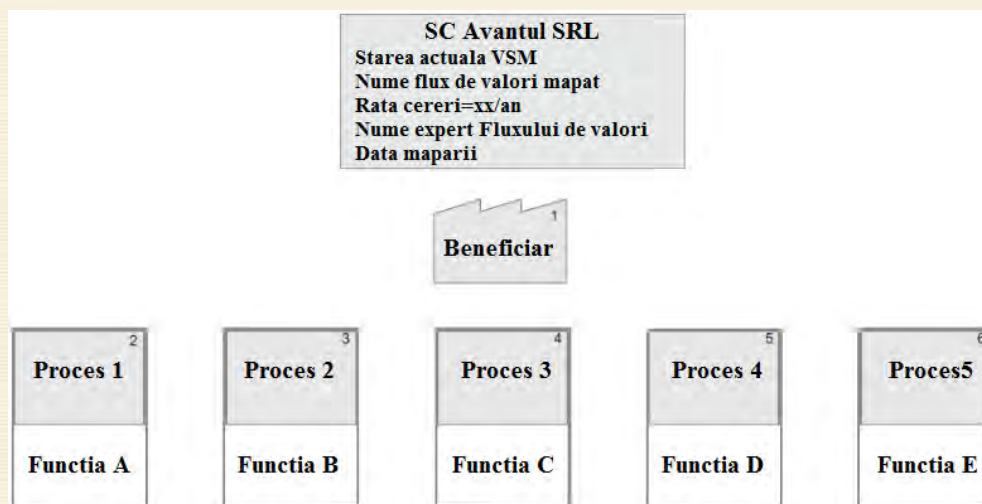


Fig.7.15.
Întocmirea
fluxului VSM
[Mar 14]

Etapa 3. Parcurgerea fluxului valoric a doua oară

Scopul celei de-a doua plimbări prin fluxului valoric este ca echipa să-și completeze lacunele inițiale legate de performanța actuală și să identifice blocajele din flux. Blocajele din flux sunt acțiuni sau condiții care întrerup sau blochează procesul de muncă.

Se vor culege parametrii cuantificabili ai procesului: timpul de producție (PT), timpul de fabricație (LT) și eficiența descrierii operațiilor (%C&A = utilizabil așa cum este fără alte corecturi, intervenții)

Etapa 4. Adăugarea de detalii la hartă

Echipa se întoarce în spațiul de lucru și completează fluxul de valori cu datele culese pe blocurile existente.

Activitatea	Control CTC
Functia	Controlor
Blocajul in flow	Întârzieri zilnice
Nr. de persoane	3
PT	6h
LT	3 zile
%C&A	50%

Fig.7.16. Nota Post-it după a doua parcurgere a fluxului [Mar 14]

Este important în această etapă să cunoaștem cât este WIP-ul.

Munca în proces (WIP) este acumularea de operații sau faze între sau în cadrul proceselor. Este un simptom al supraproducției, a supraîncărcării, a lotizării, a unei creșteri slabe a calității ceea ce necesită reevaluare, variație a regulilor de prioritate, variație a competenței etc.

Dupa cum reiese din Fig.7.18 munca totală (WIP) se poate acumula în trei locuri și trebuie să se includă pe post-aturi cantitățile în toate cele trei locuri pentru a obține cantitatea exactă de lucru în proces pentru procesul care se analizează:

- piesele care se află în așteptare (la coadă), dar încă nu sunt prelucrate;
- piesele care sunt în prelucrare, dar nu sunt finalizate;
- piesele care sunt finalizate, dar nu au fost transmise la următorul proces din fluxul de valori.

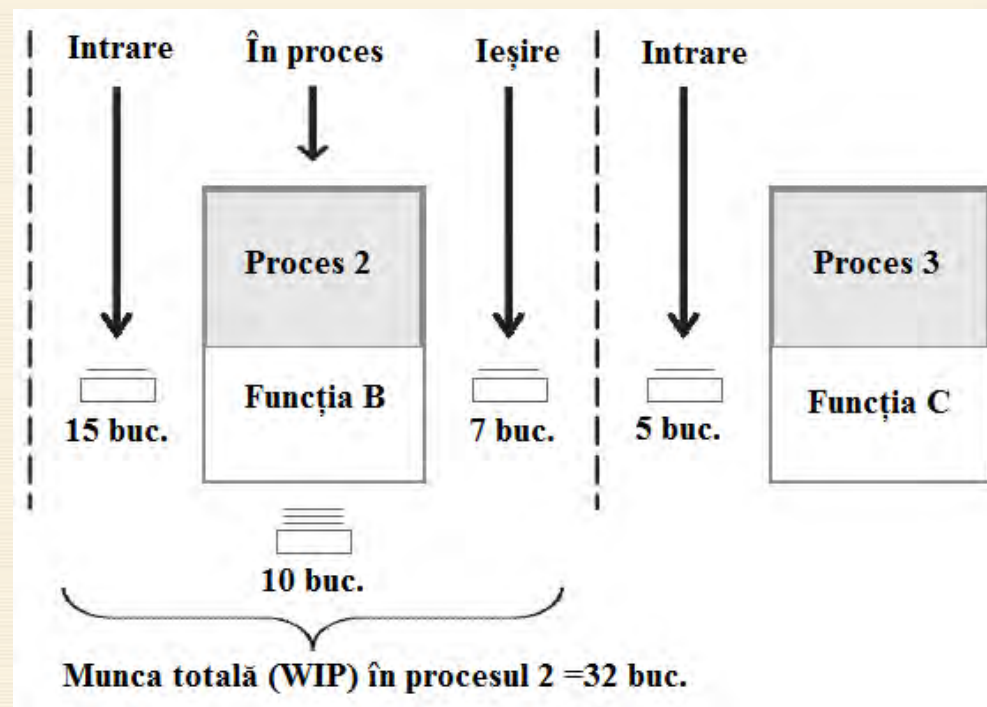


Fig.7.17. Locul în care se acumulează WIP [Mar 14]

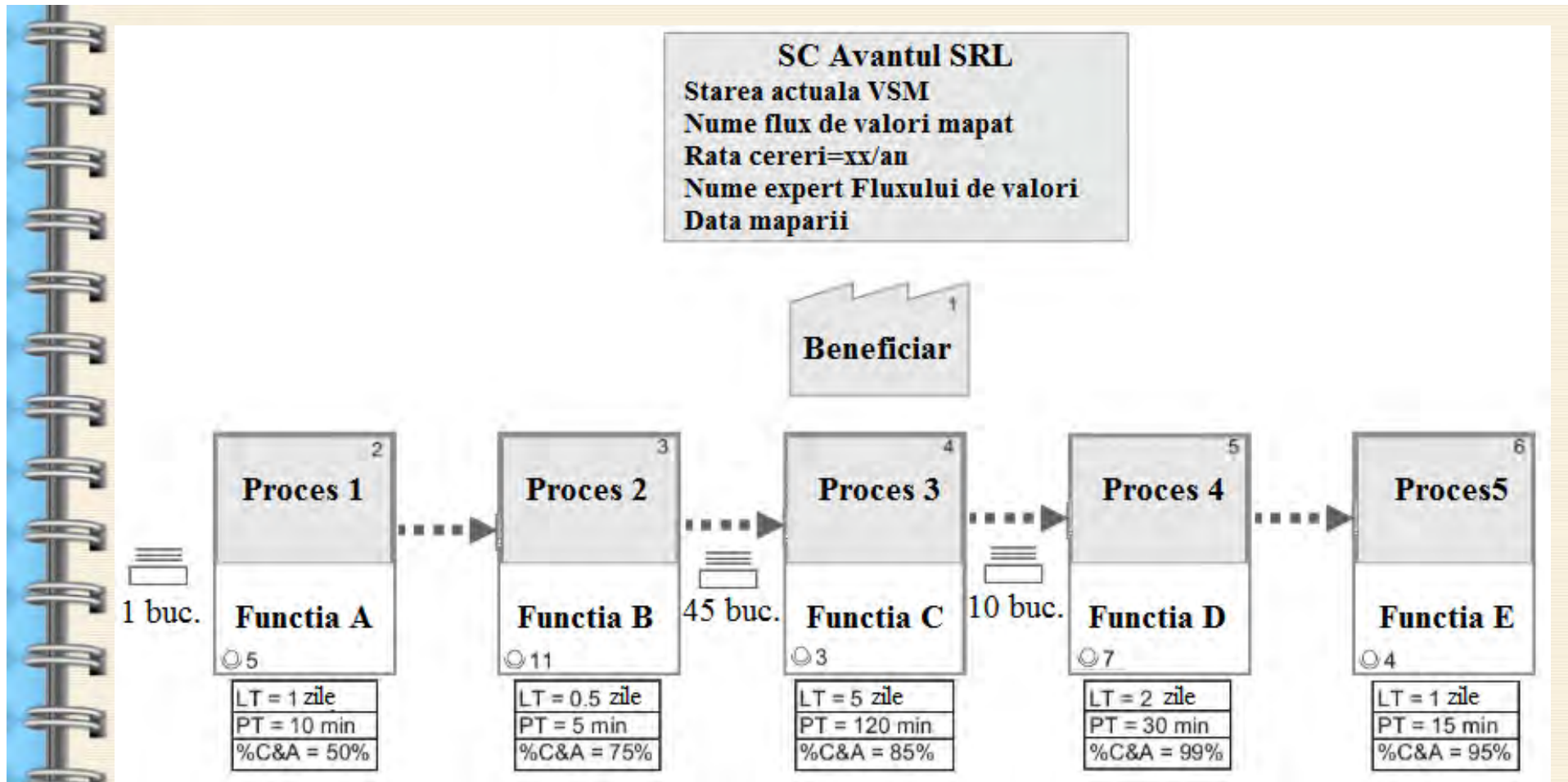


Fig.7.18. Construcția mapei fluxului valorii: detaliile de proces, adaptat după [Mar 14]

Modul de prezentare al flow-ui din fluxului valoric ne indică problemele existente și ne poate sugera unde trebuie intervenit în proces. Probleme găsite: există deconectări informaționale sau materiale, există blocaje, sau ce disponibilitate avem în actualul flux valoric.

Etapa 5. Rezumarea hărții

Următorul pas al VSM pentru starea actuală este crearea cronologiei după care evoluează fluxul valorii, adică se prezintă viteza cu care compania livrează bunuri sau servicii clientului și cantitatea de efort implicat în fluxul valoric.

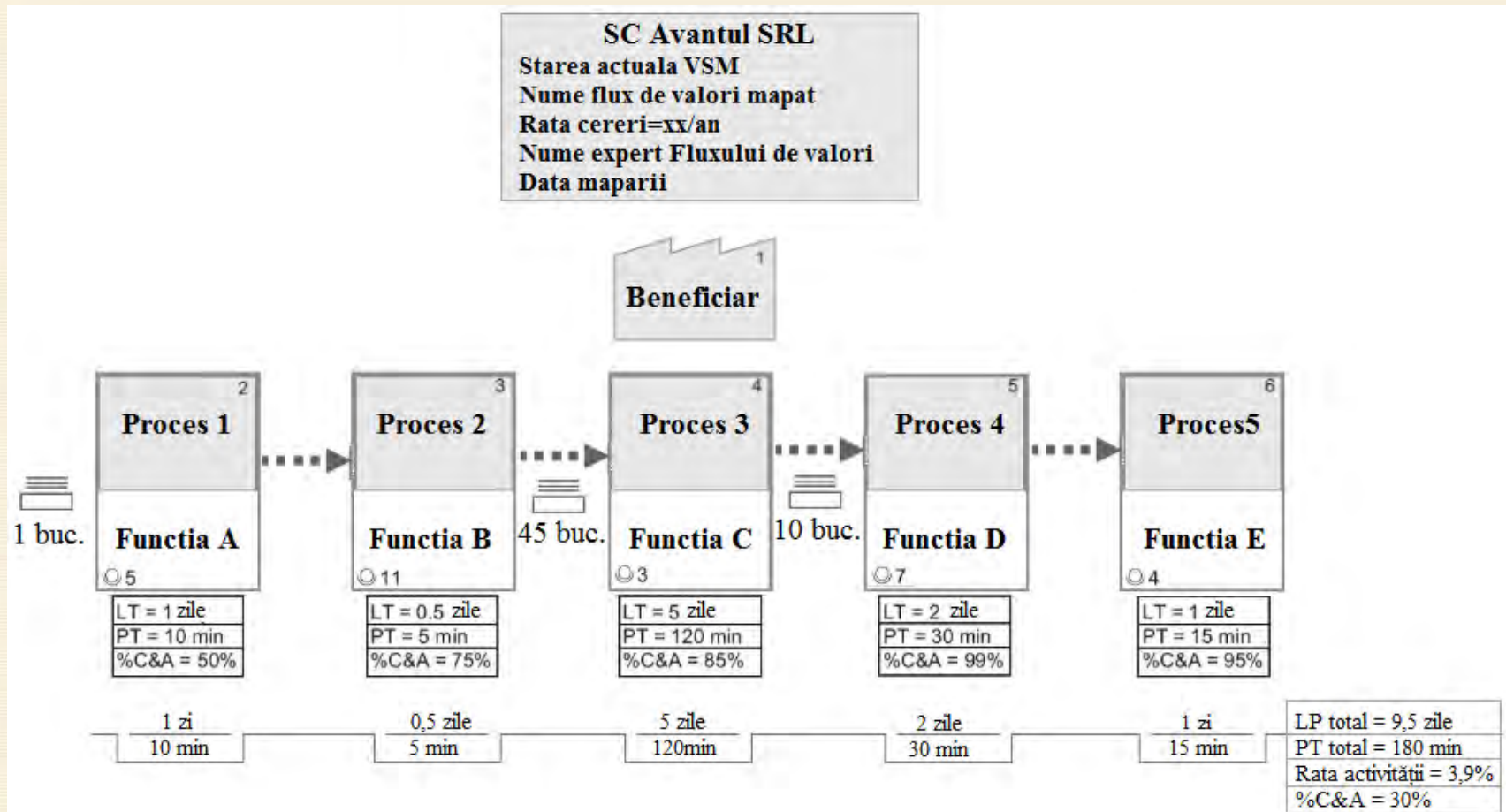


Fig.7.19. Construcția mapei fluxului valorii: detaliile de proces în ordine cronologică, adaptat după [Mar 14]

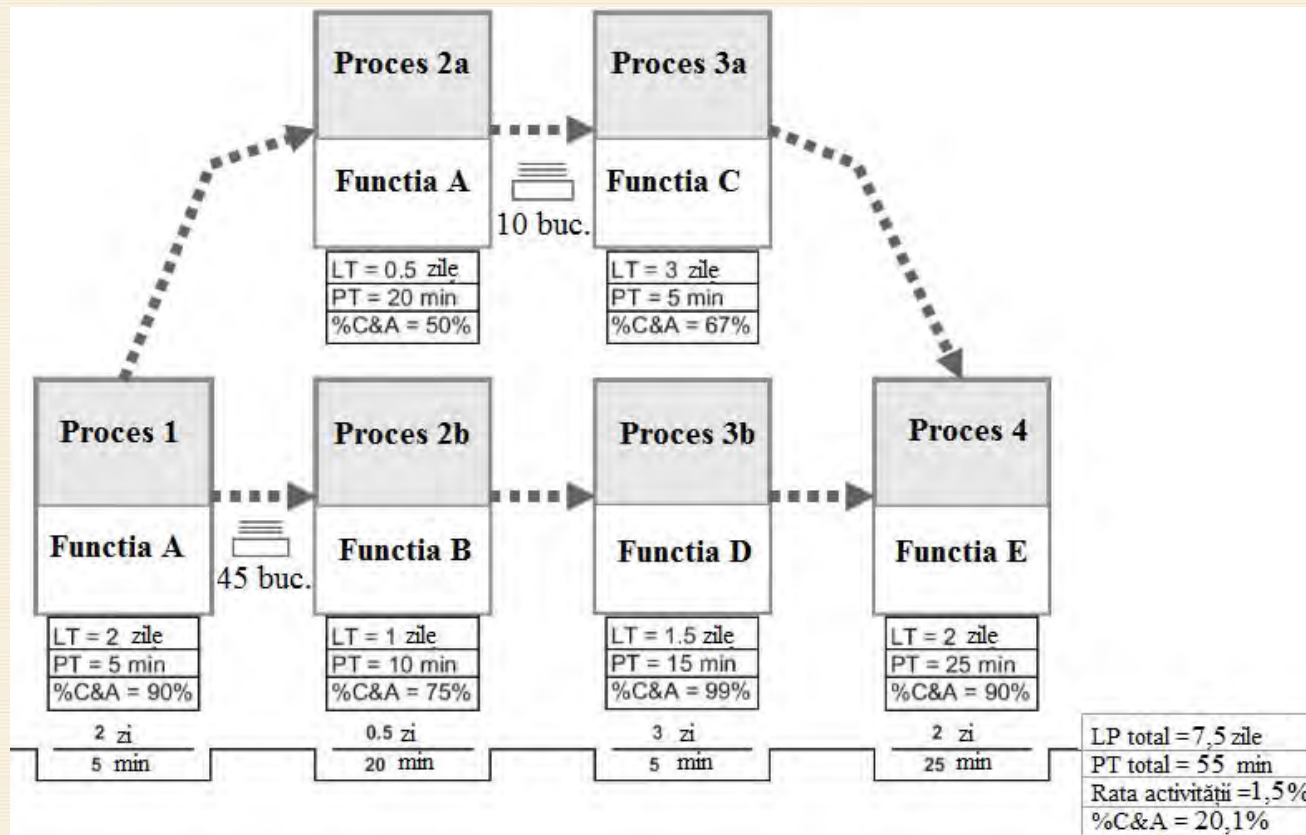



Fig.7.20. Noua configurare a flow-ului prin poziționarea în paralel a două blocuri de proces [Mar 14]

Tabel 7.2 Tabel centralizator după prima fază a VSM

Cuantificabil	Starea actuală	Starea proiectată	Îmbunătățirea proiectului [%]
Timp total producție	9,5 zile		
Timp de fabricație	180 min.		
Rata de activitate	3,9%		
%C&A	30%		
Parametru definit de utilizator			
Parametru definit de utilizator			



Liste cu constatări uzuale care sunt dezvăluite după prima etapă a procesului de mapare a stării actuale a fluxului de valori:

1. reveniri nejustificate asupra procesului;
2. mânuiri nejustificate;
3. ajustări și refacerea pieselor rebutate din lipsa de claritate a procesului;
4. formarea de loturi necorespunzătoare;
5. funcțiile lipsă din proces sau implicarea nejustificată (prea devreme) sau tardivă în proces;
6. activități redundante;
7. fluctuații în procesul de producție;
8. lipsește documentația tehnică pentru activitatea prestată;
9. birocrație excesivă (revizuri, aprobări, audit);
10. supraspecializarea conducerii (staff-ului)
11. capacitățile companiei sunt exploatate necorespunzător;
12. neutilizarea competențelor existente a personalului;
13. supraîncărcarea documentației, specificațiilor;
14. întârzieri datorate jonglărilor între multiple responsabilități;
15. amânarea unor acțiuni și supraîncărcare ulterioară a procesului.

PAS 2. PROIECTAREA UNEI NOI STĂRI A SISTEMULUI DE FABRICAȚIE

După cunoașterea detaliată a stării actuale, echipa este capabilă să proiecteze o nouă stare ce trebuie să fie mai performantă decât cea actuală. Soluțiile de re-proiectare sunt de o mare diversitate. Practic două echipe ce realizează un VSM pot ajunge pe două căi diferite la obținerea acelorași performanțe pentru o nouă stare a fluxului de valori. Prin urmare nu există o singură soluție corectă ce poate și este imperios necesar a se aplica.

În majoritatea fluxurilor valorice, trebuie eliminate risipa (rebuturi, exploatarea necorespunzătoare a resurselor etc.). Există două modalități de a elimina risipa:

- eliminarea “muncii”
- adăugarea “muncii”

Soluția optimă este găsită când se face trecerea de la gândirea de tipul: **”Ce e mai bine pentru mine și echipa mea?”** la gândirea holistică: **”Ce este mai bine pentru client și companie?”** .

Munca din următorul flux de valori ar trebui să fie proiectată pentru a elimina întârzierile, pentru a îmbunătăți calitatea produselor și pentru a reduce costurile inutile, efortul de muncă și frustrarea persoanelor implicate.

Soluții posibile de implementat:

- Creați un echilibru optim între muncă și viață reducând orele de lucru;
- Inovați, creând noi fluxuri de valori;
- Cunoaște-ți mai bine clienții;
- Construiți relații puternice cu furnizorii;
- Antrenează personalul pentru a-și îmbunătăți gândirea critică și abilitățile de rezolvare a problemelor;
- Oferă instruire încrucișată pentru a crea o mai mare flexibilitate organizațională și pentru a spori satisfacția la locul de muncă;
- Întăriți relațiile inter-departamentale și inter-divizii pentru a îmbunătăți colaborarea.

La ce întrebări trebuie să se răspundă:

- Cum putem reduce întârzierile între procese?
- Cum putem îmbunătăți calitatea muncii efectuate în fiecare punct al procesului?
- Cum vom monitoriza performanța fluxului valoric?
- Există procese redundante sau inutile care pot fi eliminate (de ex. aprobări excesive)?
- Există procese care trebuie adăugate?
- Cum putem crea mai multă capacitate sau reduce blocajele din proces?
- Cum putem echilibra volumul de muncă pentru a obține un flux mai mare (prin combinarea sau împărțirea proceselor)?
- Procesele pot fi efectuate simultan (în paralel)?
- Tehnologia disponibilă este complet folosită?
- Sistemele sunt interconectate pentru a optimiza circulația datelor?
- Este oportun să standardizăm procesul și verificarea erorilor de lucru?
- Cum se poate elimina munca inutilă care nu adaugă valoare?

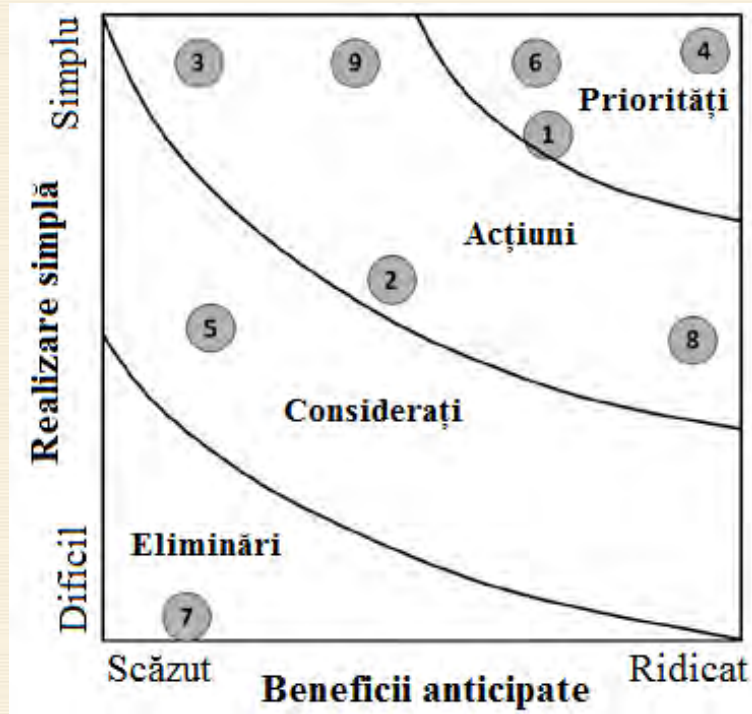


Fig.7.21. Harta "PACE" pentru stabilirea priorităților

În continuare, echipa trebuie să decidă ce funcții îmbunătățesc și să proiecteze noul flow al fluxului. Se urmărește atingerea anumitor performanțe pentru timpul de fabricație, timpul total de producție, % C&A etc. În această fază, valorile sunt estimări bine fundamentate de profesioniști cu experiență în fluxul valorii studiat.

Trebuie să se recunoască că există multe necunoscute care duc inevitabil la continuarea ciclului PDSA (vezi fig.7.10 - Ciclul de îmbunătățire continuă în companii).

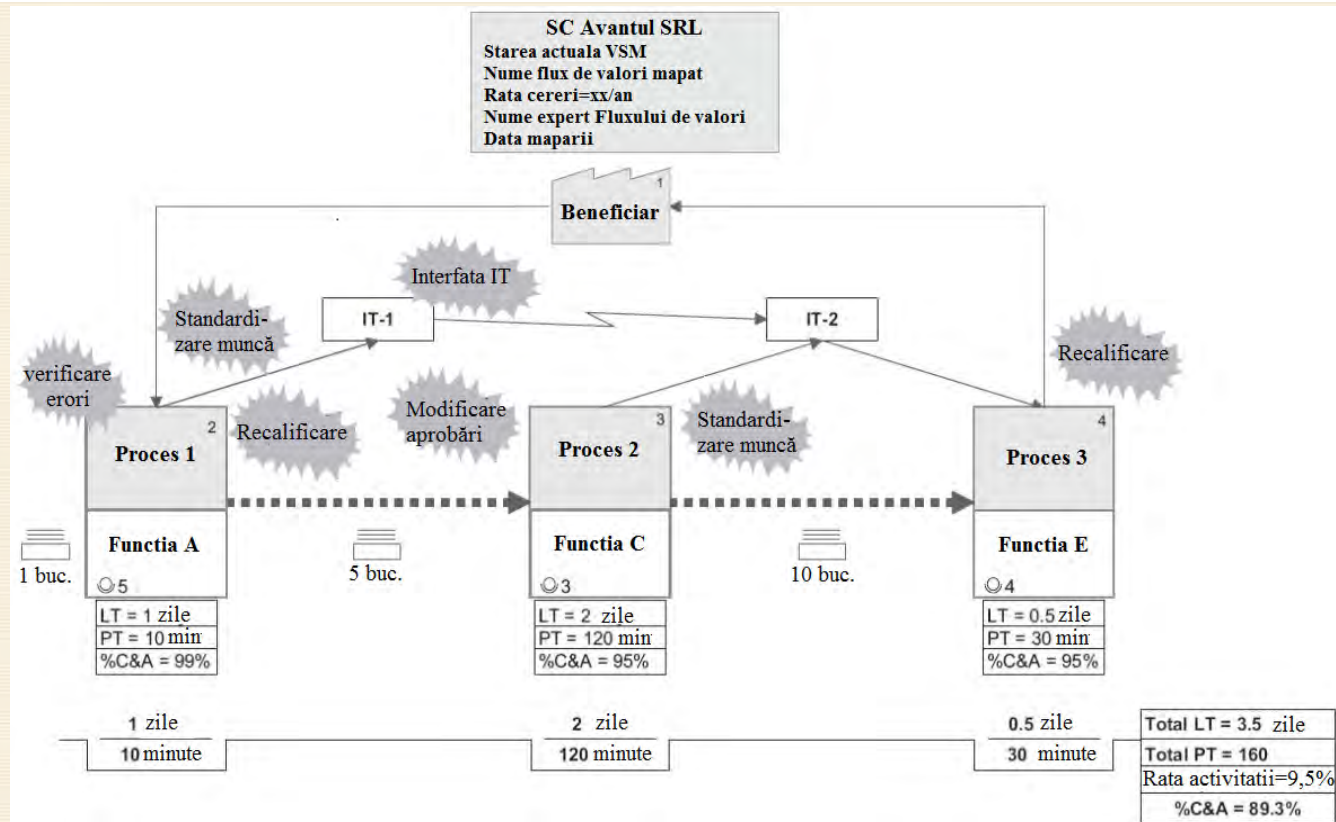


Fig.7.22. Noua configurare a VSM [Mar 14]

Tabel 7.3. Tabel centralizator după a doua fază a VSM

Cuantificabil	Starea actuală	Starea proiectată	Îmbunătățirea proiectului [%]
Timp total producție	9,5 zile	3,5 zile	63,2%
Timp de fabricație	180 min.	160 min	11,1%
Rata de activitate	3,9%	9,5%	143,6%
%C&A	30%	89,3%	197,7%
Parametru definit de utilizator			
Parametru definit de utilizator			

PAS 3. IMPLEMENTAREA NOULUI FLUX VALORIC

În a treia zi a acțiunii VSM se trece la crearea unui plan de implementare a deciziilor și acțiunilor la care s-a ajuns în noul flux al valorii.

Acest plan de implementare poartă numele de Planul de transformare al fluxului valorii (Value stream transformation plan), și este prezentat în figura 9.25.

În plan toate acțiunile și deciziile sunt legate de timp și au rezultate cuantificabile, practic planul fiind doar o diagramă Gantt custom-izată.

Acest plan de transformare odată creat trebuie să fie analizat de echipa de management a companiei pentru a se valida și pune în practică în funcție de resursele companiei.

Planul va fi expus fizic alături de noul flux al valorii în toate locurile/departamentele care sunt afectate de schimbări astfel încât angajații să cunoască pașii și termenele.

Value Stream Transformation Plan																		
Value Stream		Outpatient Imaging					Scheduled Review Dates											
Executive Sponsor		Allen Ward					1-Nov-12											
Value Stream Champion		Paul Scanner					21-Nov-12											
Value Stream Mapping Facilitator		Dave Parks					13-Dec-12											
Date Created		10/18/12					10-Jan-13											
FS VSM Block #	Measurable Target	Proposed Countermeasure	Exec. Method*	Owner	Planned Timeline for Execution												Status	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2	Improve quality of referral to 85%	Implement standard work for referral process	KE	Sean Michaels														100%
3.4	Reduce lead time between scheduling and preregistration step to 45 minutes	Cross-train and co-locate work teams	Proj	Dianne Marie														75%
4	Only one check in per patient	Collect copays in imaging	KE	Ryan Austin														50%
4	Reduce wait time in waiting area by 50%	Balance work / level demand	KE	Dianne Marie														50%
6	Eliminate 8 hour lead time associated with transcription step	Implement voice recognition technology	Proj	Dave Gerald														50%
7	Eliminate redundant data entry	Audit populate between PACS and Meditech	Proj	Dave Gerald														25%
5	Visually managed inventory; no outages or expired items	5S CT supplies area; implement kanban	KE	Michael O'Shea														100%
6	Reduce imaging LT to one hour	Value-stream specific radiologists	Proj	Martha Allen														25%
8	Reduce report delivery LT to 30 minutes	Increase % of physicians receiving electronic delivery	Proj	Martha Allen														0%
7	Reduce LT at image review to 1 day	Visual metrics and indicators	JDI	Dave Gerald														100%
Agreement																		
Executive Sponsor			Value Stream Champion				Value Stream Mapping Facilitator											
Signature:			Signature:				Signature:											
Date:			Date:				Date:											

* Execution Method = JDI (Just-do-it), KE (Kaizen Event), or Proj (Project)

Fig.7.23. Exempleu de plan VSM [Mar 14]

Metode de executare a planului de transformare

Îmbunătățirile prezentate în standard pot fi realizate prin trei metode: Just do-its, Evenimente Kaizen și Inițierea de proiecte de anvergură.

Doar fă-le (Just-do-its)

Sunt îmbunătățiri care pot fi realizate foarte repede (într-o zi sau mai puțin), au un risc scăzut și nu necesită o analiză profundă. Exemple: mutarea echipamentelor, modificarea modului de aprobare a documentelor și multe alte îmbunătățiri de complexitate scăzută.

Evenimente Kaizen

Unele îmbunătățiri sunt executate cel mai eficient prin inițierea unor evenimente Kaizen de două-cinci zile (KE). Exemple: Proiectarea fluxului de proces de dezvoltare sau implementarea de noi metodologii standard de lucru.

Proiecte

Îmbunătățirile complexe vor fi realizate dezvoltând proiecte în varianta tradițională ce necesită un director de proiect. Exemple: Analiză extinsă a datelor de proces, Îmbunătățiri care implică modificări tehnologice, Îmbunătățiri care vor avea impact asupra clienților sau furnizorilor externi etc.

7.4. Instrumentul Kaizen

Kaizen este un cuvânt japonez care înseamnă „îmbunătățire”. Kaizen se bazează pe teoria că o serie de îmbunătățiri mici pot provoca o schimbare drastică a proceselor de producție sau afaceri. Astfel, Kaizen încurajează aportul și creativitatea angajaților în implementarea schimbărilor.

Avantaje:

- îmbunătățirea muncii în echipă;
- îmbunătățirea eficienței;
- îmbunătățirea documentației;
- standardizare în companie;
- îmbunătățirea siguranței în hala de producție;
- responsabilizarea tuturor angajaților etc.

Dezavantaje:

- dificil de implementat în sistemele existente;
- schimbarea este dificilă;
- ar putea provoca fricțiuni;
- cerință de formare a angajaților etc.

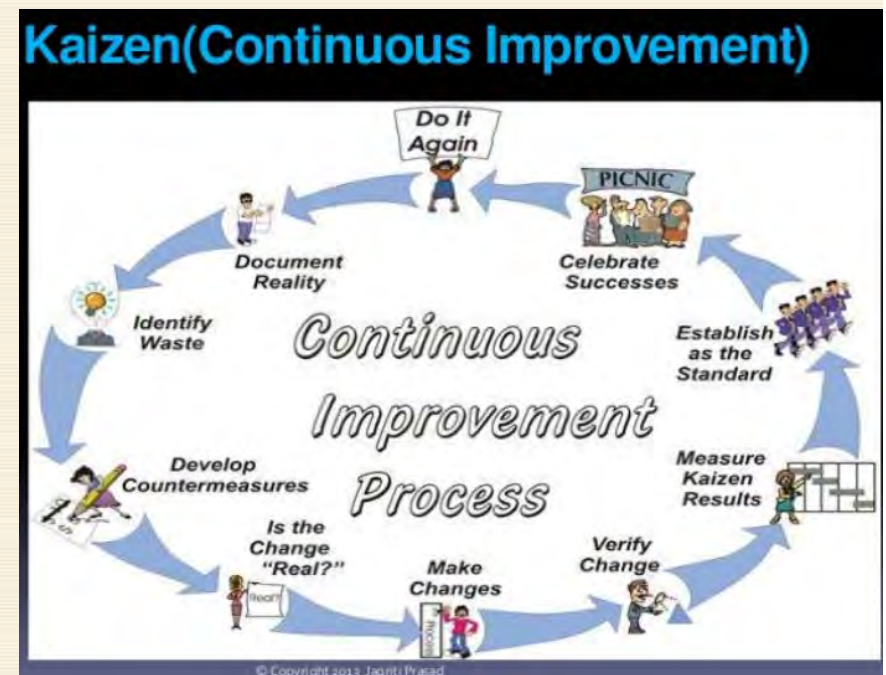


Fig.7.24. Flow-ul pentru o acțiune KAIZEN [w.sli_20/2]

Bibliografie

[Abr 91] Abrudan I., Cercetari și contributii privind optimizarea tehnologica a sistemelor flexibile de fabricație , Teza de doctorat, UTCN, 1991

[Abr 96] Abrudan I. Sisteme flexibile de fabricatie, Concepte de proiectare și management, Ed.Dacia, Cluj-Napoca, 1996

[Aja 10] Ajay Singholi, Deepti Chhabra, Sampada Bagai, Performance evaluation and design of flexible manufacturing system: a case study, Global Journal of Enterprise Information System, Volume 2, Issue 1, 2010

[Aka 17] Akash Maurya, Adaptative control course, by www.slideshare.net

[Ang 97] Angeles, J. Fundamentals of Robotic Mechanical Systems—Theory, Methods and Algorithms, Springer-Verlag, New York 1997.

[Ant 15] Grote K-H,.AntonssonE.K., editors - Handbook of mechanical engineering, Springer, 2015;

[Ant 18] Dario Antonelli, Dorota Stadnicka, Combining factory simulation with value stream mapping: a critical discussion, Procedia CIRP 67, pp.30 – 35, 2018;

[Azi 15] Amir Azizi, Thulasi Manoharan, Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time using SMED-A Case Study, Procedia Manufacturing 2, pp.153 – 158, 2015;

[Bla 07] Black, J.T., Kohser R.A., Materials and processes in , 10th edition, John Wiley & Sons Inc., 2007

[Chr 06] Chryssolouris George, Manufacturing Systems: Theory and Practice, 2nd Ed, Springer Science-i-Business Media, Inc., 2006

[Dom 90] Dominguez M., Espinosa M.M., Pedrero J.I., Perez I.M. , Implementation of a Computer Aided Quality System (CAQ) in CIM Environment: Advantages and Disadvantages, International Conference on CAD/CAM, Robotics, and Factories of the Future, Norfolk, VA, 1990

[Dur 10] Durgesh S., Singholi A., Mohammad A., Chitra S., Feedback Based Framework for Flexibility Management & Control, VIVECHAN IJR, Vol.1, 2010

[EIM 14] ElMaraghy H. , AlGeddawy T. , Samy S.N. , Espinoza V. , A model for assessing the layout structural complexity of manufacturing systems, Journal of Manufacturing Systems 33, 51– 64, 2014

[Fah 18] Farhan, U. H., An integrated system to design machine layout for modular special purpose machines, Ph.D.Thesis Cowan University, 2018

[Fud 91] Fudenberg, D., Tirole, J., Game theory, Cambridge, MA: MIT Press, 1991

[Gen 04] Hwaiyu Geng, Manufacturing engineering handbook, The McGraw-Hill Companies, Inc., 2004

[Ger 87] Gerwin, D., An agenda for research on the flexibility of manufacturing processes, International Journal of Operations and Production Management Vol. 7 (1), pp. 39-49, 1987

[Gla 08] Glaser A. Industrial robotics how to implement the right system for your plant automation, Industrial Press, Inc. New York, 2008

[Gro 10] Mikel P. Groover, Fundamentals of modern manufacturing: Materials, processes and systems, 4th Edition, John Wiley&Sons, Inc, 2010;

[Gro 15] Mikell P. Groover - Automation, production systems and CIM, 4th edition, Pearson Education, 2015

[Has 12] Hasan M.A, Sarkis J, Shankar R. Agility and production flow layouts: an analytical decision analysis. Computers and Industrial Engineering 62(4):898–907, 2012;

[Hen 08] Henneta J.C., Arda Y., Supply chain coordination: A game-theory approach, Engineering Applications of Artificial Intelligence 21, 399–405, 2008

[Huc 13] Andrzej A. Huczynski, Buchanan, David A., Organizational Behaviour, Pearson Education, 2013

[Kal 10] Kalpakjian S., Schmid S.R, Manufacturing engineering and technology, 6th edition, Prentice Hall, 2010;

[Kri 08] Krishna B. Misra (Editor)-Handbook of performability engineering, Springer-Verlag London Limited, 2008

[Mar 08] Marchetti JM, Errazu AF. Techno-economic study of supercritical biodiesel production plant. Energy Conversion and Management, 49:2160–4, 2008;

[Mar 14] Karen Martin and Mike Osterling, Value stream mapping – how to visualize work and align leadership for organization transformation, McGrawHill Education, 2014

[McG 10] Patrick M. McGuire, P.E.Conveyors Application, Selection, and Integration, CRC Press, Taylor & Francis Group

[Mil 98] Thomas D. Miller, Per Elgård, Defining Modules, Modularity and Modularization, Evolution of the Concept in a Historical Perspective, Proceedings of the 13th IPS Research Seminar, Fuglsoe 1998

[Nic 89] Niculescu-Mizil G., Sisteme flexibile de fabricatie, Ed. Tehnica, Bucuresti, 1989

[Nof 99] Nof Shimon Y. (edited by), Handbook of industrial robotics, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., 1999

- [Par 12] Parag C. Pendharkar, Game theoretical applications for multi-agent systems, Expert Systems with Applications 39, 273–279, 2012
- [Pir 06] Pires, J. Norberto, Loureiro, Altino, Bolmsjo, Gunnar . Welding robots : technology, systems issues and applications, Springer-Verlag London Limited 2006
- [Qia 16] Qian Wang, Integrated Manufacturing Systems course, University of Portsmouth, UK, 2016
- [Rad 14] Radharkrishnan P, Subramanyan S., Raju V., CAD/CAM/CIM, 4th edition, New Age International Publishers, 2016
- [Rao 95] Raouf A., Ben-Daya M., Flexible Manufacturing Systems: Recent Developments, Elsevier, 1995
- [Sam 16] Sameen Fatima S. , Graph theory - course , by <https://www.slideshare.net/ganith2k13/graph-theory-26101317>
- [Sin 09] Singh R., Gernaey K.V., Gani R., Model-based computer-aided framework for design of process monitoring and analysis systems, Computers and Chemical Engineering 33, pp. 22–42, 2009
- [Spi 02] Spicer P, Koren Y, Shpitalni M, Yip-Hoi D. Design principles for machining system configurations. CIRP Annals – Manufacturing Technology, 51(1):275–80, 2002.
- [Suh 08] Suh S.H, Kang S.K., Chung D.H., Stroud I., Theory and design of CNC systems, Springer-Verlag London, 2008

[Tol 09] Tollio Tolio (editor), Design of Flexible Production Systems, Methodologies and Tools, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009

[Wil 10] Lonnie Wilson, How to Implement Lean Manufacturing, The McGraw-Hill Companies, 2010

[Zho 12] Zude Zhou, Shane Xie, Dejun Chen, Fundamentals of Digital Manufacturing Science, Springer-Verlag London Limited, 2012

[w.agv_17] <http://www.agvsystems.com/agc-automatic-guided-carts/>

[w.ame_17] www.ameco.com.vn

[w.ann_17] <http://www.annnyang.com/en/page/Production-Scene/factory-tour.html>

[w.ass_17/1] <http://www.assemblymag.com/articles/93338-whats-new-with-scara-robots>

[w.ass_17] <http://www.assemblymag.com/articles/91943-gm-rethinks-line-side-parts-delivery>

[w.ata_17] <http://www.atamec.com/machine-image/image/cao.jpg>

[w.bar_17] <https://barcode.com/201312121812/tech-savvy-carton-manufacturer-tracks-pallets-in-real-time-with-rfid-background.html>

[w.ber_17] <https://bernardandcompany.files.wordpress.com>

[w.bet_17/1] <http://beta.machinedesign.com/motion-control/>

[w.bio_17] http://www.biodieselprocessor.org/Biodiesel_Grants.htm

[w.biz_17] <http://www.biznes-catalog.com>

[w.cbm_17] <http://www.cbmeccanica.it/img/cl.yasda.660n.jpg>

[w.che_17] <http://www.chemanager-online.com>

[w.col_17] http://www.coloradoautomation.net/?page_id=432

[w.com_17] www.comparefactory.com

[w.con_17/2] <http://www.conveyorspecialistinc.com/portfolio-items/chain-conveyors/>

[w.con_17] <https://conveyor-parts.com/>

[w.cor_17] <http://coro.etsmtl.ca>

[w.del_17] <http://www.deltatech.hu/en/assembly-lines>

[w.dir_17/1] <http://www.directindustry.fr/prod/rotomors/product-5997-1725307.html>

[w.dir_17/2] <http://www.directindustry.fr/prod/rotomors/product-5997-432445.html>

[w.dir_17] <http://www.directindustry.com>

[w.dss_17] http://dssec.en.ec21.com/Rail_Guided_Vehicle_System--8374615_8374678.html

[w.eur_17] [http://ec.europa.eu/;](http://ec.europa.eu/)

[w.fab_08] <http://www.fabricatingandmetalworking.com/2014/08/>

[w.fac_17] <http://www.facweb.iitkgp.ernet.in/~sankhaddeb/fmsiitkgp.jpg>

[w.fes_20] [https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/ 1100/d900241c_1.jpg](https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/d900241c_1.jpg)

[w.fis_17] fisher.osu.edu/~kinard.1/russian_dl/course/OM/Text/Unit4/Image6.gif

[w.foo_17] <http://footage.framepool.com/en/shot/805609723-assembly-line-industrial-production-innovation-robot>

[w.gct_17] <http://www.gcts.com/pdf/products/Advanced-Computer-Aided-Testing-Software.pdf>

[w.geb_17] <http://www.gebocermex.com/Equipment/Palletizing-Depalletizing/Depalletization/Robotic-Keg-de-palletizing-palletizing>

[w.geo_17] www.geokingsbury.com/wp-content/uploads/2014/01/

[w.gim_17/2] <http://www.gimaticusa.com/gimatic-electric-actuator-basics.htm>

[w.gim_17] <http://www.gimeco.com/galvanizing-plant/internal-logistics-systems/vibrating-conveyors>

[w.goo_17] www.google.ro/img/ghp?hl=en&tab=wi&ei=0nacWOeiNaOA6QSaz4eoCA&ved=0EKouCBloAQ

[w.goo_x] www.google, sursa exactă pierdută

[w.gra_17] www.gracemarketdata.com/index.php/component/virtuemart/

[w.han_17] <http://www.handtrucksrus.com>

[w.hea_17] www.healthcare-administration-degree.net

[w.hex_17] http://www.hexapods.net/standard_hexapods.php

[w.hou_17] <http://housedemocrats.wa.gov/tmp/2013/01/BoeingAirplaneAssembly.jpg>

[w.i.yti_17] <https://i.ytimg.com/vi/RG9ZEJmqkNk/maxresdefault.jpg>

[w.ien_17] www.ien.com

[w.ifr_17] <https://ifr.org/worldrobotics/>

[w.iis_17] <http://www.iis-robotics.com/>

[w.int_17] <http://www.intechopen.com/books/e-learning-instructional-design-organizational-strategy-and-management/the-internet-implementation-of-the-hierarchical-aggregate-assessment-process-with-the-cluster-wi-fi->

[w.iql_17] http://www.iqlinc.com/training/training_images/Hermle-42U-379x500.jpg

[w.ite_17] <http://itelemedicine.com/news/medical-robotics-market/>

[w.jin_17] Jingnesh J.K., Queuing theory, www.slideshare.net

[w.kws_17] <http://www.kwsmfg.com/services/screw-conveyor-engineering-guide/types-of-screw-conveyors.htm>

[w.lan_20] <https://www.lantech.com/blog/bid/308506/eliminate-the-muda-the-7-types-of-waste-in-lean-manufacturing?region=2>

[w.lif_17] <http://www.liftytech.com>

[w.low_17] www.low-cost-cranes.com

[w.man_17] <http://www.manufacturing.net/news/2015/04/how-cloud-enables-and-supports-lean-warehouse>

[w.mat_20] www.mat.co.th/en/products/cad_cam_cae_pdm/tecnomatix_robCAD/

[w.mec_17] <http://www.meccanicaat.it/images/portfolio/6/original/564c13932ed043819277827c022d1b07.png>

[w.mfa_17] <https://mfaprototyping.wordpress.com/2014/11/26/methodologies-production-line-design/>

[w.mim_20] <https://www.mimatic.de/de/Produkte/Angetriebene-Werkzeuge/Mehrspindel-Technologie>

[w.mms_17/2] <http://www.mmsonline.com/blog/post/machining-with-robots>

[w.mms_17] <http://www.mmsonline.com/articles/a-robotic-revolution>

[w.mot_17] <http://www.motortrend.ca/en/news/>

[w.muh_17] <http://muhconsumerism2013.blogspot.ro/2013/03/will-automotive-assembly-line-ever-be.html>

[w.ove_17] <http://overheadconveyors.wikia.com/wiki/>

[w.pac_17] www.paccar.com

[w.pbc_17] <http://www.pbclinear.com/Blog/Linear-Actuators-and-the-Advantages-of-Cartesian-Robot-Assemblies>

[w.pie_17] http://www.pietrocarnaghi.it/images/13/flexible-manufacturing-system_9787a28f2b.jpg

[w.pin_17/2] <https://www.pinterest.com/hexapod-pkm-milling-machine/>

[w.pin_17] <https://www.pinterest.com/pin/363806476120853824/>

[w.plm_17] <http://pml-systems.com/pml2/npml/en/>

[w.pre_17] <http://www.precisionlasersolutions.com/robot%20transfer%20line.html>

[w.pre_20] <https://www.pressebox.com/pressrelease/horst-witte-geraetebau-barskamp-kg/Modular-fixturing-for-checking-passenger-car-interior-parts/boxid/400341>

[w.qua_17] <http://www.qualitymag.com/articles/92866-automated-car-body-measurement>

[w.res_17] www.researchgate.net/figure/264237333_fig1_Figure-1-Robot-teach-pendants/

[w.res_20] https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-an-open-field-layout-of-FMS-There-are-three-loading-unloading-stations-in_fig2_31596647

[w.rob_17/2] www.robots.com/articles/viewing/

[w.rob_17] <http://www.robots.com/images/CNC.jpg>;

[w.rob_20] <https://robodk.com/blog/off-line-programming/>

[w.rom_17] <http://www.romheld.com.au>

[w.shm_17] <http://www.shmula.com/vertical-conveyor/8441/>

[w.sio_17] www.siouxcitybrick.com

[w.sli_17/2] <http://www.slideshare.net/anandkhare/flexible-manufacturing-system-24793372>

[w.sli_17/3] <https://www.slideshare.net/anandsubramaniam/jit-2782515>;

[w.sli_17] <http://slideplayer.com/slide/5860578/>;

[w.sli_20/2] https://www.slideshare.net/JagritiPrasad/lean-tools-28520524?qid=abae76c2-81c3-4e49-ae13-d8ff30d484fa&v=&b=&from_search=12

[w.sli_20] https://www.slideshare.net/jagareddykp/lean-manufacturing-in-apparel-industry-67628894?next_slideshow=1 [w.smk_17]

http://www.smck.com/factory_automation/robotic_transit.php

[w.sol_17] www.solucoesindustriais.com.br

[w.spr_20] <https://www.spreitzer.de/en/clamping-technology/universal-fixturing-and-clamping-system/>

[w.stu_17] http://studentmechanica.blogspot.ro/2014_01_01_archive.html

[w.sug_20] <https://www.sugino.com/site/drilling-tapping-unit-e/sf-type-ms7.html>

[w.tru_17] <http://truebra.in/?p=102>

[w.tul_20] <https://tuliomartins.com.br/5s-aplicando-a-metodologia/>

[w.you_20] <https://www.youtube.com/watch?v=LubzfaM-ouk>

[w.wik_17] http://www.wikiwand.com/en/Industrial_robot

[w.wsj_17] www.wsj.com

[w_enc_17] <http://www.encyclopedia.com>