

SIMULAREA PE CALCULATOR A PROCESELOR DE FABRICAȚIE ÎN SISTEMLILE DE PRODUCȚIE DE TIP C.I.M.

ing. Liviu Zuzu
nat. Carmen Bobeanu
ing. Roxana Lăzărescu
nat. Mihaela Pal

Institutul de Cercetări în Informatică

REZUMAT

Articolul prezintă o modalitate de simulare cu ajutorul calculatorului a proceselor discrete de producție, care se bazează pe utilizarea unui instrument modern și foarte puternic de modelare, respectiv Rețelele Petri Colorate și Temporizate (RPCT).

Sînt discutate pe scurt ipotezele modelului, regulile operatorii și regulile de dirijare utilizate în rezolvarea conflictelor. Se prezintă modalitatea în care se face modelarea cu RPCT a unei situații concrete și, în final, modalitatea de implementare.

Cuvinte cheie: Simulare, Rețea Petri Colorată și Temporizată (RPCT), locație, tranziție, arc, jeton, temporizare, eveniment, conflict, reguli operatorii, reguli de dirijare, C.I.M.

1. Introducere

Evoluția sistemelor de producție, atât sub aspectul complexității procesului de producție, cât și al competitivității atinse de tehnologia de fabricație și a informației, a condus la apariția sistemelor de producție de tip C.I.M., care înglobează toată experiența și cunoașterea cîștigată în proiectarea și exploatarea insulelor de automatizare existente astăzi (CAD, CAM, CAP, CAQ) (fig.1).

Acestea solicită un nivel de performanță foarte ridicat al sistemului de planificare și control al producției, pe care nu l-au putut asigura pînă de curînd metodele tradiționale.

O metodă de descriere a sistemelor discrete (din care fac parte și sistemele de tip C.I.M.), care s-a impus în ultima perioadă, o constituie Rețelele Petri Colorate și Temporizate (RPCT), care oferă posibilitatea cunoașterii stării sistemului în orice moment, tratării secvențiale a evenimentelor concurente, prin dilatarea corespunzătoare a momentului curent de timp, descrierii cu finețe a mecanismelor secvențiale. În fig.2 este reprezentată, pentru exemplificare, rețeaua Petri care modelează procesele de fabricație într-un sistem discret de tip C.I.M.

Acest instrument oferă avantajul unei descrieri simple și clare, al valabilității de-a lungul întregii vieți a aplicației, de la faza de proiectare la cea de exploatare, trecînd prin simulare, permițînd, în același timp și analiza rețelei pentru extragerea de informații privind structura

și comportamentul dinamic.

Simulatorul ce face obiectul prezentei lucrări se înscrie pe linia eforturilor de a furniza proiectanților și utilizatorilor de sisteme automatizate de producție a unor instrumente de simulare moderne și ușor de exploatat.

2. Descrierea modelului utilizat

Modelul care stă la baza funcționării simulatorului (fig.3) se caracterizează printr-un grad înalt de generalitate, ceea ce permite utilizarea lui la o clasă foarte largă de sisteme de producție.

Pentru modelarea sistemului studiat s-au parcurs următoarele etape:

- identificarea entităților componente ale sistemului (centre de prelucrare, stocatoare, robocar, piese) asupra cărora s-au făcut o serie de ipoteze funcționale și li s-a asociat lista stărilor posibile, reflectate în locațiile rețelei;
 - identificarea proceselor elementare care au loc în sistem, intercondiționarea lor și ordonarea lor logică, reflectate prin activarea tranzițiilor rețelei;
 - definirea tipurilor de conflicte ce pot apare în sistem în cazul accesului concurent la o entitate:
 - o apariția simultană a mai multor piese la intrarea în sistem;
 - o existența mai multor piese ce pot fi prelucrate pe o mașină liberă cu piesa (care a terminat execuția unei operații);
 - o existența mai multor mașini disponibile pentru efectuarea operației următoare asupra unei piese;
 - o existența mai multor stocatoare libere pentru depozitarea piesei ce nu are flux liber de prelucrare;
 - o existența mai multor piese care necesită intervenția robocarului devenit liber.
- Conflictele se traduc în rețea prin existența mai multor jetoane disponibile în locațiile de intrare (unele, eventual toate) aferente unei tranziții.
- stabilirea mecanismelor de schimbare a stării prin completarea regulilor operatorii, dictate de restricțiile de ordin tehnologic, cu reguli de dirijare, a căror alegere determină performanțele sistemului în raport cu următoarele criterii de optim:
 - o respectarea termenelor de livrare pentru piese;
 - o maximizarea gradului de încărcare a centrelor de prelucrare;
 - o evitarea "bottleneck"-urilor și optimizarea fluxurilor de piese;
 - o minimizarea timpului de așteptare a piesei în sistem;
 - o minimizarea deplasării robocarului, care constituie resursa critică.

Aceste reguli se materializează prin:

- stabilirea unei ordini de tratare a entităților aflate în conflict (de exemplu, la eliberarea robocarului, pentru desemnarea piesei care urmează să-l ocupe se inspectează în ordine, următoarele clase de piese:
 - piese de pe mașini ce urmează să treacă în starea de indisponibilitate;
 - piesa de pe stocatorul de rezervă;
 - piese de pe mașini libere cu piesa;
 - piese de pe stocatoare;
 - piese de pe stocatorul de intrare).
 - asocierea unei priorități fiecărei entități aflate în conflict;
 - selectarea celei mai prioritare entități.
- Aceste reguli determină selectarea jetoanelor din locațiile de intrare care validează tranziția. Funcționarea sistemului este realizată prin simularea bazată pe evenimente, evenimentele semnificative luate în considerare fiind:
- intrarea unei piese în sistem;
 - punerea în mișcare a robocarului;
 - oprirea robocarului;
 - lansarea unei operații;
 - terminarea unei operații;
 - intrarea unei mașini în starea de indisponibilitate;
 - ieșirea unei mașini din starea de indisponibilitate;
 - ieșirea unei piese din sistem.

Momentul producerii unui eveniment semnificativ determină în rețea disponibilizarea jetonului corespunzător din locația de intrare a unei tranziții.

Tranzițiile rețelei sînt de 2 categorii - cele care nu depind de robocar și cele care depind de robocar.

Validarea tranzițiilor din prima categorie se face conform modalității generale de validare a tranzițiilor în RPCT, cu singura deosebire că se impune o ordonare a culorilor de activare a tranziției, precum și o ordonare a jetoanelor disponibile din locațiile de intrare. Această ordonare se realizează aplicînd regulile de prioritate enunțate anterior.

Pentru tranzițiile din a doua categorie s-a modificat validarea acestora, fără a restrînge gradul de generalitate, această modificare fiind impusă de cerința de funcționare corectă a sistemului modelat, cît și de economia de timp: nu se validează decît tranziția care are în locațiile de intrare jetonul asociat robocarului în starea respectivă (ocupat sau liber) devenit disponibil, cît și jetonul asociat entității destinație a acestuia (care este deja disponibil). Disponibilitatea jetonului asociat robocarului reprezintă faptul că acesta a ajuns

la destinație (dacă se află în mișcare) sau staționează.

La fiecare tranziție în parte se pun două probleme importante a căror rezolvare implică soluționarea unora din conflictele enunțate anterior:

- determinarea temporizării jetoanelor din locațiile de ieșire;
- stabilirea destinației robocarului (dacă e cazul) (Fig.3).

De exemplu, în cazul tranziției din fig.4, care modelează situația în care mașina liberă cu piesa schimbă piesa cu piesa de pe robocar, pentru stabilirea destinației robocarului ocupat cu piesa încărcată de pe mașina, se aplică următoarea procedură:

- dacă piesa este finită, atunci destinația este stocatorul de ieșire;
- dacă piesa nu este finită, se încearcă plasarea piesei pe o mașină liberă de tipul necesar pentru efectuarea operației următoare ce nu urmează să intre în indisponibilitate sau pe o mașină liberă cu piesă de tip adecvat, ce nu urmează a deveni indisponibilă;
- dacă încercările anterioare eșuează, se încearcă schimbul cu un stocator ocupat, iar dacă nu există, se încearcă plasarea piesei pe un stocator liber;
- dacă toate tentativele descrise eșuează, robocarul rămîne în staționare în dreptul mașinii de pe care a preluat piesa.

Această structură complexă este transparentă utilizatorului, care nu are contact cu rețeaua decît în faza de construcție a modelului (editarea rețelei).

3. Modalitatea de implementare

Simulatorul de procese de fabricație în sistemele de producție de tip C.I.M. este structurat pe două nivele (fig.5):

- nivelul rețea - care cuprinde un simulator de sisteme discrete, modelate cu RPCT;
- nivelul sistem - care reprezintă componenta ce acționează asupra modelului sistemului simulat (în cazul nostru- sistem de producție de tip C.I.M.).

Nivelul rețea cuprinde următoarele module:

- modul de editare rețea Petri generală;
- modul de completare a rețelei Petri generale cu jetoane, funcții de culoare și temporizări;
- modul presimulator - care pregătește fișierul de intrare în simulator;
- modul simulator - care realizează simularea propriu-zisă a funcționării sistemului modelat, reprezentînd totodată și elementul de legătură cu nivelul sistem.

ivelul sistem cuprinde următoarele module:

- modul de implementare a tratării conflictelor - care cuprinde rutinele cu ajutorul cărora se realizează tratarea conflictelor ce apar pe parcursul simulării;
- modul de calcule statistice - care stabilește, la fiecare moment semnificativ de timp valorile mărimilor de stare caracteristice sistemului, necesare atât la tratarea conflictelor, cât și ca rezultate obținute din simulare;
- modul de generare a fișierului de evenimente - completat în limbaj natural, în manieră ușor accesibilă utilizatorului;
- modul de animație - care evidențiază, într-o manieră sugestivă, evenimentele ce se produc în sistem pe parcursul simulării și care realizează o serie de reprezentări grafice ale unor mărimi caracteristice funcționării sistemului, rezultate din modulul de calcule statistice.

Menționăm ca nivelul rețea este conceput astfel încât să poată fi utilizat și independent, pentru cazul sistemelor discrete al căror studiu, datorită modelului asociat este simplu, nu necesită dezvoltarea nivelului sistem. Pentru cazul general, al unor sisteme discrete complexe, configurarea simulatorului se face prin completarea nivelului rețea cu nivelul sistem, elaborat oarecum pentru fiecare caz în parte.

Simulatorul a fost implementat în limbajul Turbo Pascal, pe un calculator compatibil IBM PC/AT.

Bibliografie

1. BEL, G., DUBOIS, D.: *Modélisation & simulation de systèmes automatisés de production*. In: AP11, vol.19, nr.1/1985, pp.3-43.
2. TADAO MURATA: *Petri Nets: Properties, Analysis & Applications*. In: Proceedings of the IEEE, vol.77, nr.4/1989.
3. FRANCIS MARTIN: *Méthodologie de modélisation et simulation de systèmes complexes décrits par réseaux de Petri Colorés* - teză de doctorat, Institutul Politehnic Național din Grenoble 1987.
4. CARLIER, J., CHRETIENNE, PH., GIRAULT, C.: *Modelling Scheduling Problems with Timed Petri Nets*. (Advances Petri Nets). In: Lecture Notes in Computer Science, 1984, no.188, pp.62-82.
5. BRAUER, W., ROZEMBERG, G.: *Petri Nets* - In: Springer-Verlag, Berlin, 1985.
6. KUSIAK, A.: *Planning of Flexible Manufacturing Systems*. In: Robotica, vol.3, 1985, pp.229-232.
7. BULL - IMS7 - *Manufacturing Production Management Solution*.
8. BOBEANU, C., FILIP, FL., NEAGU, G.: *Un algoritm pentru ordonarea operațiilor în SFP*. In: Mathematical Research, Systems Analysis and Simulation II, Akademie-Verlag, 1988, pp.140-143.

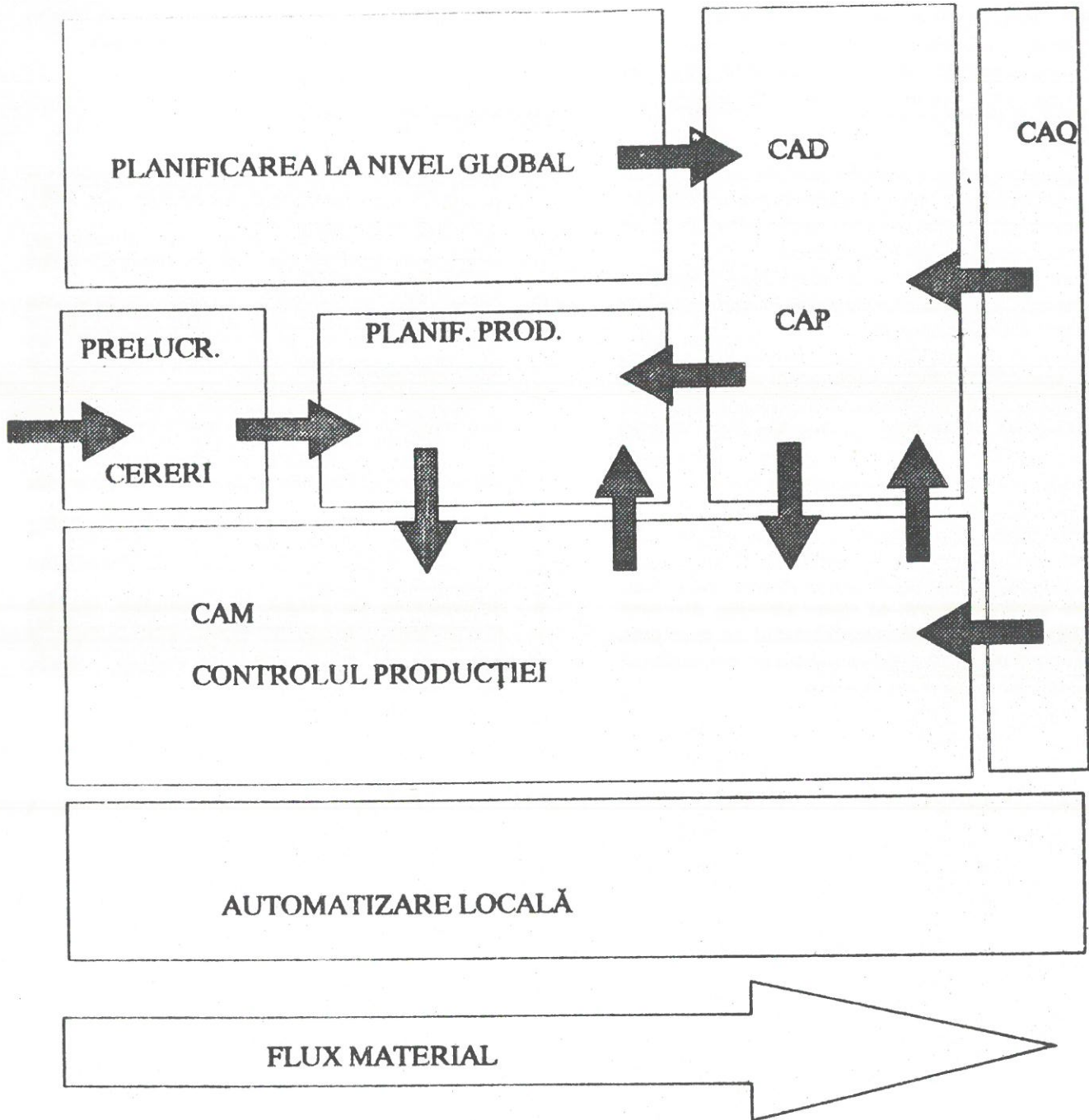


FIG. 1

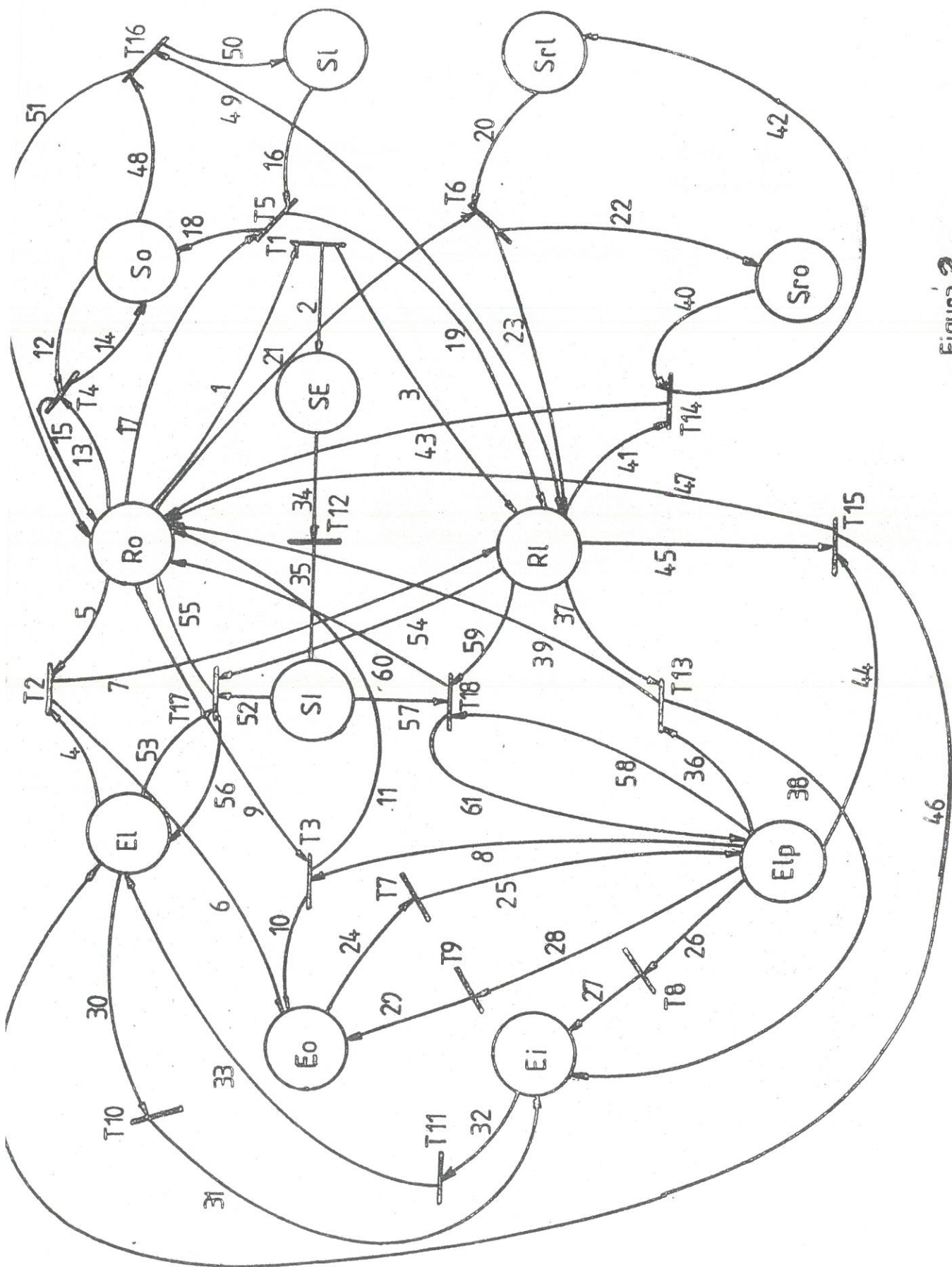


Figura 2

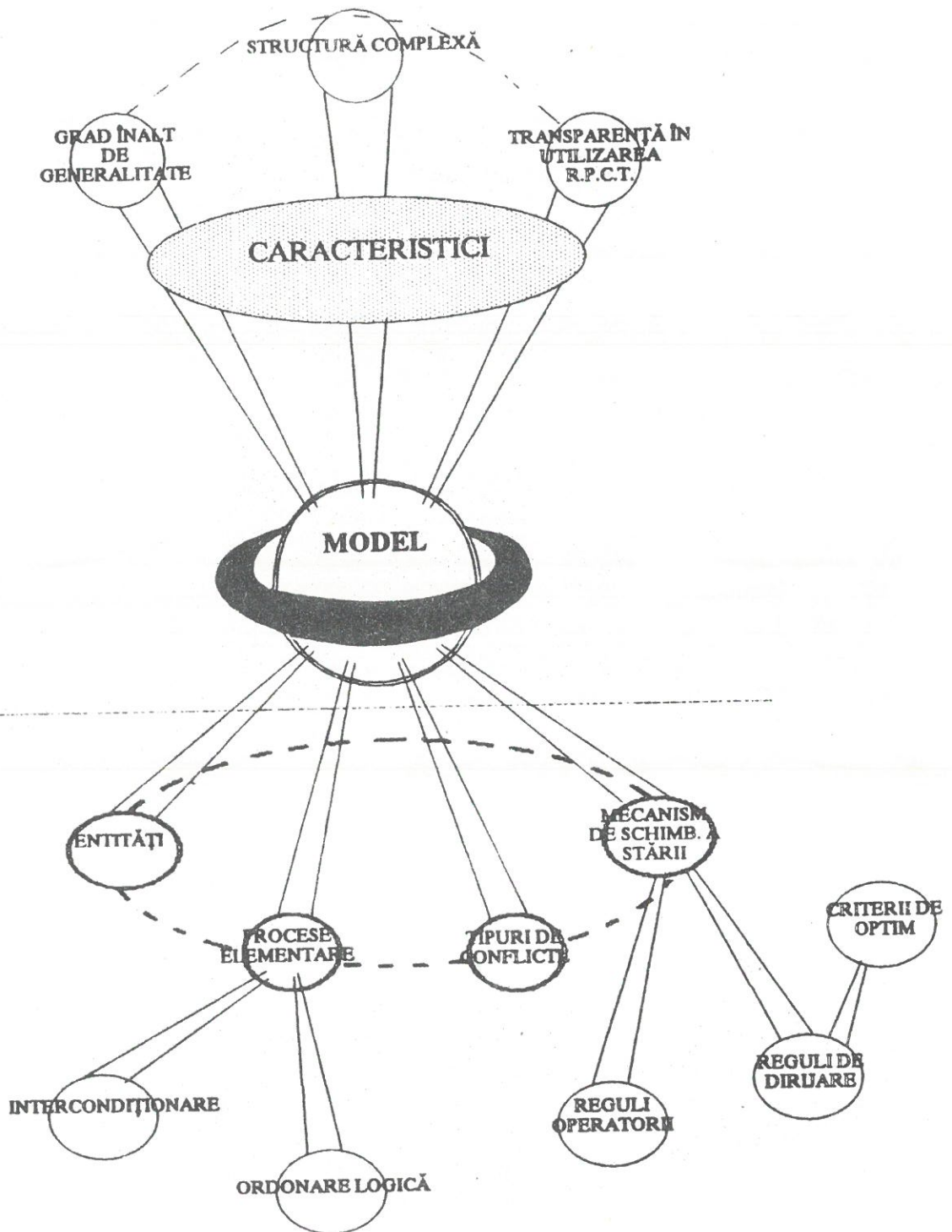


FIG. 3

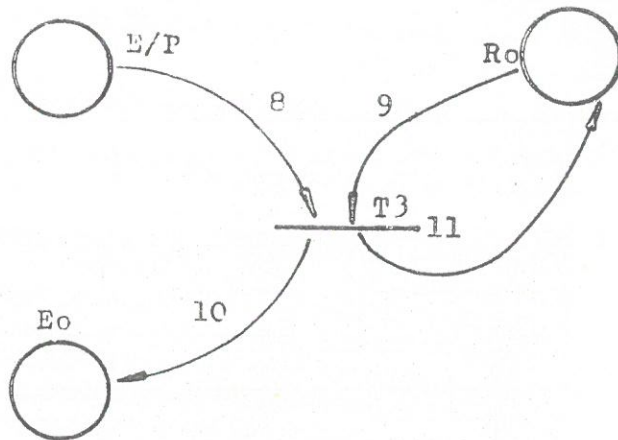


Fig. 4

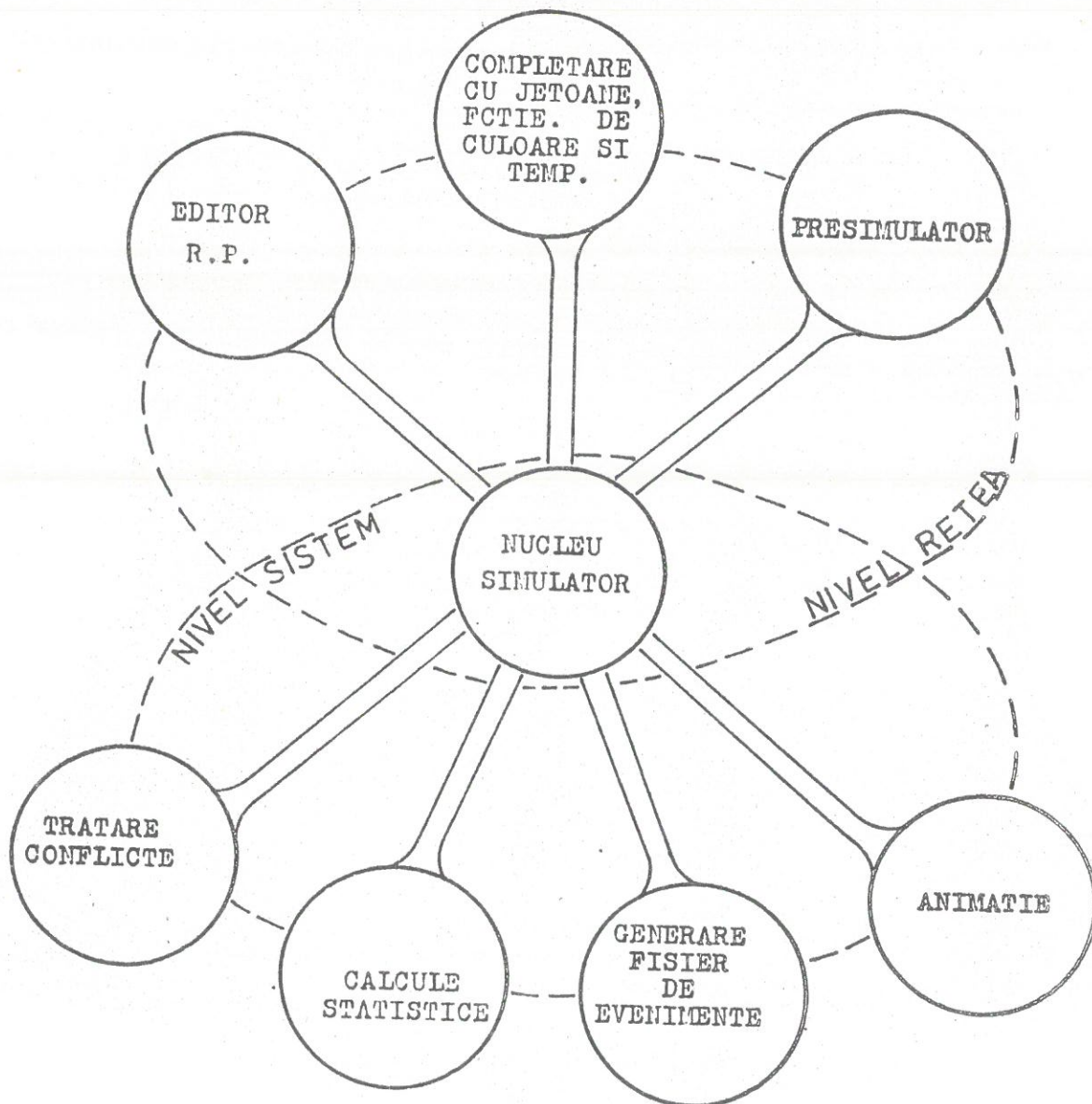


Fig. 5