



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2009 01000

(22) Data de depozit: 30.11.2009

(41) Data publicării cererii:  
29.07.2011 BOPI nr. 7/2011

(71) Solicitant:  
• ADVANCED CLEAN PRODUCTION  
INFORMATION TECHNOLOGY - S.R.L.,  
STR. CELEBI EVLIA NR.16, C.3,  
TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:  
• KUCZAPSKI ARTUR MIKLOS,  
STR. PIRIULUI NR.4, AP.5, ORADEA, BH,  
RO

(74) Mandatar:  
CABINET CECIU GABRIELA -  
STR.NARCISELOR NR.6, SC.A, AP.110,  
TIMIȘOARA, 1900, TIMIȘOARA,  
JUDEȚUL TIMIȘ

(54) METODĂ ȘI SISTEM DE SIMULARE A UNEI UNITĂȚI  
DE PRODUCȚIE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și un sistem de simulare a unei unități de producție, destinate simulării simultane pe calculator a unei linii de producție și a unui proces de producție, în vederea planificării și realizării unei unități de producție. Metoda conform invenției cuprinde folosirea unui program de calculator (A4) de simulare a unor evenimente discrete, cuprinzând o bibliotecă (A3) cu componente de simulare specifice unor modele de flux, pentru a implementa o bibliotecă (B5) de modele de simulare a utilajelor și echipamentelor existente într-o linie de producție și o bibliotecă (B4) de componente de modele de simulare pentru modelarea și simularea unui proces de producție, cele două biblioteci (B5 și B4) fiind în continuare folosite pentru a construi un model de simulare (B3) a liniei de producție și un model de simulare (B2) a procesului de producție, cele două modele de simulare (B2 și B3) fiind interconectate prin comenzi de execuție și mesaje de notificare, realizând modelul de simulare (B1) a unității de producție. Sistemul folosit pentru aplicarea metodei cuprinde: un program de calculator (A4) de simulare a unor evenimente discrete, niște biblioteci (A3, B4 și B5) cu componente de modelare și simulare standard pentru modele de flux de material, cu componente de simulare specifice modelării unui proces de producție și, respectiv, cu modele de simulare specifice utilajelor de producție, precum și un alt program de calculator dedicat creării noilor modele de simulare.

Revendicări: 12  
Figuri: 5

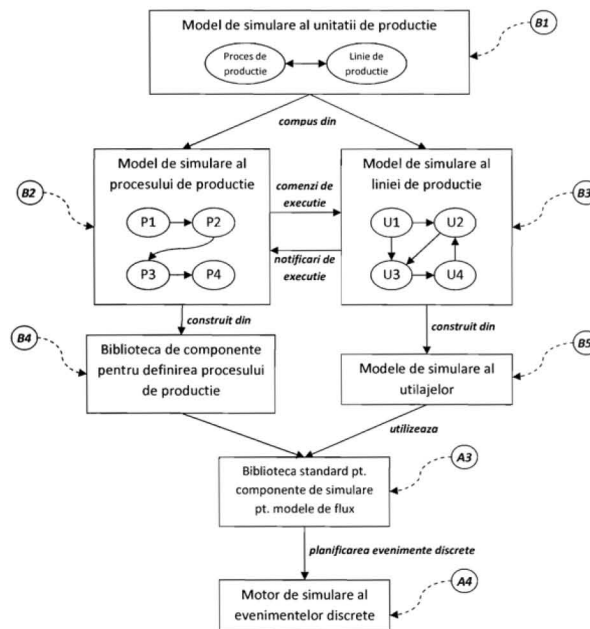
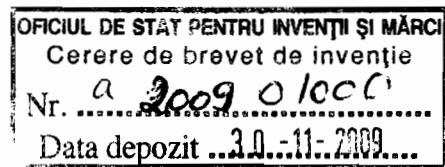


Fig. 4

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





## METODA SI SISTEM DE SIMULARE A UNEI UNITATI DE PRODUCTIE

Inventia se refera la o **metoda si un sistem de simulare a unei unitati de productie**, destinata pentru simularea simultana pe calculator a unei linii de productie si a unui proces de productie pentru planificarea si realizarea unei unitati de productie.

In faza de proiectare a unei unitati noi de productie este necesara planificarea resurselor folosite in vederea optimizarii eficientei de productie. Totodata este necesara definirea proceselor de productie astfel incat sa se utilizeze in mod eficient resursele disponibile in viitoarea unitate de productie. Trebuie sa se ia in considerare factori precum, viteza si capacitatea unitatii de productie, costurile previzibile de intretinere, efectele defectelor ce pot afecta utilajele si produsele. Acesti factori pot fi determinati prin realizarea unui model de simulare al unitatii de productie, care poate oferi date despre gradul de eficienta a unitatii planificate. Proiectele unitatilor noi de productie vor fi astfel definitive prin realizarea, testarea si analiza repetata ale acestor modele de simulare pe calculator a posibilelor configuratii ale unitatii.

O unitate de productie este caracterizata prin doua aspecte: linia de productie care cuprinde totalitatea utilajelor si resurselor folosite in procesul de productie, si procesul de productie care defineste pasii de productie si ordinea in care acestia trebuie executati pentru a realiza un produs.

Pentru crearea unei simulări cu ajutorul calculatorului în planificarea și realizarea unei unități de producție se cunosc metode de simulare pe calculator separat pentru linia de producție și separat pentru procesul de producție.

Crearea și analiza modelelor unor astfel de simulări pe calculator prezintă dezavantajul ca:

- procesul de producție se definește doar prin aranjamentul utilajelor și conexiunile între acestea.
- este imposibil de realizat modele de simulare a unei unități de producție ce poate să execute mai multe procese de producție pentru realizarea simultană a mai multor produse.

Modificarea procesului de producție impune modificarea modelului de simulare a liniei de producție, ceea ce conduce la:

- un efort mare în dezvoltarea și analiza diferitelor procese de producție executate în aceeași unitate de producție
- eficiența scăzută în modelarea și simularea unităților de producție.
- costuri ridicate în executia proiectelor de modelare a unităților de producție.

O altă metodă de simulare este cea prin analiză matematică a procesului de producție care prezintă dezavantajul ca:

- prin analiză matematică a procesului de producție se creează modele matematice sau formule ce descriu capacitatea/viteza de producție individuală a fiecărui utilaj folosit în procesul de producție.
- prin folosirea acestor modele se obține capacitatea/viteza totală de producție a unității de producție, fără a putea lua însă în considerare interacțiunile directe sau indirecte între utilaje.
- folosind această metodă, se aplică regula: capacitatea/viteza totală de producție a unității de producție este egală cu capacitatea/viteza de producție a utilajului cel mai puțin performant.

Analiza matematică a procesului de producție este inexactă deoarece nu redă efectele rezultate în urma interacțiunilor dintre utilaje, folosind doar modele matematice idealizate a producției,

astfel incat, in cele mai multe cazuri, analiza matematica indica capacitate/viteza de productie mai ridicata decat cea obtinuta in unitatea de productie reala.

Pentru realizarea modelului de simulare a unei linii de productie , in mod curent se foloseste metoda de simulare a evenimentelor discrete cu ajutoarul careia se construiesc modele de flux al materialelor.

Metoda de simulare a evenimentelor discrete este o metoda bine cunoscuta si se refera la faptul ca simularea efectiva se realizeaza prin insiruirea si executarea in ordine cronologica a evenimentelor ce marcheaza schimbarile de stare in modelul de simulare.

In modele de simulare a evenimentelor discrete timpul este un parametru scalar al evenimentelor care este folosit numai in ordonarea cronologica a evenimentelor. Astfel, timpul simularii poate sa avanseze mult mai repede decat timpul real. Aceasta caracteristica permite sa se execute in doar cateva minute simulari ce cuprind actiunile unui intreg an.

Modele de flux al materialelor simulate cu metoda simularii evenimentelor discrete, reprezinta o retea de cai de transport al materialelor si contin noduri de procesare a materialelor. Nodurile din reateaua de flux de materiale au porturi de intrare si porturi de iesire prin care circula materialele iar procesarea in noduri este modelata prin timpul petrecut de la momentul in care materialul intra in nod pana in momentul in care materialul poate sa iasa din nod.

Materialele care circula prin retea modelului de flux sunt definite ca fiind obiecte – entitati de programare pe calculator – ce contin date caracteristice ale materialelor pe care le reprezinta.

Fig. 1 este o schema bloc al unei linii de productie simple. Se pot identifica 6 utilaje: **U1, U2, U3A, U3B, U3C, U4**; 8 noduri de rutare a materialelor **N1 – N8**, si linii de transport uni- sau bidirectionale.

Se presupune ca produsul finit contine un singur subansamblu si pentru ca produsul sa fie finalizat este necesar ca subansamblul sa parcurga urmatoarea secventa de procesare: *Utilaj U1 -> Utilaj U2 -> Utilaj U3A sau Utilaj U3B sau Utilaj U3C -> Utilaj U4.*

In functie de utilajul ales pentru a 3-a operatie se pot identifica 3 produse: ProdusA, ProdusB si ProdusC. Cantitatea produsa din fiecare produs este determinata de regula care decide utilajul folosit in pasul al 3-lea.

Linia de productie se poate modela cu un model de flux al materialelor si cu simularea evenimentelor discrete dupa cum urmeaza:

1. Se defineste entitatea de material ce va circula prin modelul de simulare
2. Se creaza modelele de flux al utilajelor **U1 - U4**. Modelele utilajelor au un singur port de intrare si un singur port de iesire al materialelor. Timpii de procesare a fiecarui utilaj raman parametri variabili ai materialelor si astfel se permite experimentarea diferitelor configuratii.
3. Se creaza modelul de flux al nodurilor de rutare **N1 - N8**. Se presupune ca este necesar un timp de operare pentru repositionarea materialului, iar la fel ca si in cazul utilajelor, acest timp va fi un parametru al modelului
4. Se creaza legaturile de transport intre utilaje si noduri de rutare
5. Deoarece este necesara cate o regula de rutare a materialelor in nodurile **N2, N3, N6** si **N7**, aceste reguli se implementeaza ca parte integranta a modelelor de simulare aferente. Astfel se poate spune ca: nodul de rutarea **N2** trimite fiecare al  $3 \cdot K$  material in sus, fiecare al  $3 \cdot K + 1$  material in jos, si fiecare al  $3 \cdot K + 2$  material in dreapta; nodurile **N3** si **N6** trimit fiecare material in dreapta iar nodul **N7** trimite fiecare material in sus.
6. Folosind modele de simulare mai sus definite se constituie modelul de simulare a liniei de productie.

Fig. 2 prezinta arhitectura unui sistem de simulare pe calculator a unitatilor de productie ce aplica metoda definita anterior. In schema, se utilizeaza un motor de simulare a evenimentelor discrete **A4** cu ajutorul caruia sa implementeaza o biblioteca pentru componentele standard folosite in constructia modelelor de flux **A3**. Folosind componentele standard de model de flux **A3**, se realizeaza modelele tuturor utilajelor si resurselor **A4** din cadrul unitatii de productie ce se doreste modelat. Modelele utilajelor si a resurselor **A2** trebuie sa contina regulile de rutare a

materialelor. In final modelul de simulare al unitatii de productie **A1** este realizat prin conectarea modelelor utilajelor si a resurselor **A2**.

Se poate observa ca regula de rutarea din nodul **N2** defineste raportul dintre cantitatile produse pentru cele 3 produse. Aceasta metoda de modelare si simulare a acestei unitati de productie, prezinta dezavantajul ca regula ce reglementeaza cantitatile produse din fiecare produs face parte din modelul de simulare **A2** a unui nod de rutare al materialului, fapt care ingreuneaza intelegerea procesului de productie si totodata face imposibila definirea si simularea productiei unor produse noi fara ca modelele unor utilaje sau noduri de rutare sa fie modificate. Totodata se poate spune ca modelul astfel dezvoltat nu se poate folosi pentru realizarea unor procese de productie mai complexe.

Sa presupunem ca se doreste modificarea procesului de productie al produsului C astfel incat inainte ca produsul sa fie procesat pe utilajul **U3C**, trebuie sa fie procesat pe utilajul **U3A**, iar din motive tehnologice pasul de productie pe utilajul **U3A** poate fi reluat in mod repetat daca se constata ca procesarea materialului a fost defectuoasa.

Fig. 3 reprezinta cele 3 procese de productie definite pentru cele 3 produse. ProdusulA - **P1** si ProdusulB - **P2** sunt definite conform modelului initial, iar ProdusulC este inlocuit cu ProdusulAAC - **P3** aplicand modificarile mai sus mentionate. Pentru a defini si mai exact procesul de productie a produselor in afara de pasii de prelucrare pe utilaje **U1-U4** se introduc si pasii corespunzatori operatiilor de transport.

Se poate constata ca acesta modificare relativ simpla a procesului de productie **P3** impune efort foarte ridicat, chiar inacceptabil, in aplicarea metodei de modelare si simulare prezentate anterior.

Problema pe care o rezolva inventia de fata, este aceea de a modelare si simulare a unitatilor de productie in asa fel incat sa permita modelarea si simularea detaliata a liniei de productie si totodata modelarea si simularea mai multor procese de productie fara a fi necesara modificarea modelului de simularea a liniei de productie, astfel facilitand experimentarea eficienta a diferitelor combinatii de produse si/sau procese de productie ale aceluiasi produs.

Metoda si sistem de simulare a unei unitati de productie, conform inventiei, prezinta urmatoarele avantaje:

1. Realizeaza simultan printr-un singur model de simulare pe calculator a unui sistem pentru o linie de productie cat si a procesului de productie tinand cont de toti factorii importanti pentru planificarea si realizarea unei eficiente unitati de productie.
2. Delimiteaza cu exactitate modelul liniei de productie **B3** de modelul procesului de productie **B2**.
3. Se permite folosirea a mai multor procese de productie in aceeași linie de productie pentru realizarea simultana a mai multor produse.
4. Rezultatele obtinute sunt mai exacte deoarece se folosesc modele de simulare detaliate ale utilajelor.
5. Eficienta ridicata in aplicarea metodei.
6. Riscuri reduse in planificarea si realizare unitatilor de productie.
7. Timp si costuri reduse pentru planificarea si optimizare unitatilor de productie.

Caracteristicile, obiectivele si avantajele prezentei inventii devin mai clare din descrierea detaliata de mai jos cand sunt luate in combinatie cu desenele in care partiile identice sunt identificate prin numere de referinta identice si unde:

- fig. 1 este o schema bloc al unei linii de productie simple
- fig. 2 reprezinta structura uzuala folosit in modelarea si simularea unitatilor de productie
- fig. 3 este un exemplu de procese de productie
- fig. 4 reprezinta Structura modelului de simulare a unitatilor de productie
- fig. 5 este schema algoritmului de control al procesului de productie.

Prezenta inventie rezolva problemele prezentate anterior prin aceea ca:

**metoda si sistem de simulare a unei unitati de productie, conform inventiei, este realizat dintr-un model de simulare a unitatii de productie B1** care se constituie din doua modele de simulare separate **B2 si B3**, unul pentru modelarea liniei de productie **B2** fara a include aspecte specifice procesului de productie si altul pentru modelarea liniei de productie **B3**.

Modelul liniei de productie **B3** este alcatuit din modele detaliate specifice utilajelor si resurselor de productie si transport. Modelele utilajelor de productie pot modela pe langa timpii necesari productiei si aspecte legate de defectiunile echipamentelor sau dependente de alte resurse. Modelele utilajelor de transport modeleaza operatiile necesare transportarii materialelor si pot include modele si algoritmi de planificare avansata a operatiilor de transport. Pentru ca cele doua modele de simulare **B2 si B3** sa se execute simultan este necesara sincronizarea acestora, astfel o entitate de productie – material, subansamblu, etc – este reprezentata de doua entitati de simulare: entitate de simulare ce reprezinta entitatea fizica si entitatea de urmarire si control ce este reprezentata o entitate logica ce urmareste procesul de productie.

Astfel, metoda si sistem de simulare a unei unitati de productie , este constituit din:

1. Un program de calculator de simulare a evenimentelor discrete **A4**, cuprinzand o biblioteca cu componente de simulare specifice modelelor de flux cu simularea evenimentelor discrete **A3**.
2. Biblioteca de modele de simulare a utilajelor si echipamentelor **B5** existente in linia de productie si o biblioteca de componente de modele de simulare pentru modelarea si simularea procesului de productie **B4**, ambele fiind construite folosind componentele de simulare predefinite in biblioteca **A3** atasata programului de simulare a evenimentelor discrete.
3. Modelul de simulare a liniei de productie **B3**, modeland doar functionarea si capacitatile de prelucrare a utilajelor si echipamentelor, realizat din modelele utilajelor definite in biblioteca modelelor de simulare a utilajelor.
4. Modelul procesului de productie **B2**, prin care se specifica pasii de productie, logica de control ce reglementeaza cantitatea de produse sau materiale aflate in productie, si



coordoneaza productia subansamblelor si a materialelor prime, realizat din componentele definite in biblioteca componentelor de simulare pentru modelarea si simularea proceselor de productie.

5. Un model de simulare a unitatii de productie **B1** compus din modelul de simularea a liniei de productie **B3** si modelul de simularea a procesului de productie **B2**.

Fig. 4 reprezinta structura unui sistem de simulare conform inventiei. Motorul de simulare al evenimentelor discrete **A4** si biblioteca pentru componentele standard folosite in constructia modelelor de flux **A3** fac parte din stadiul tehnicii si sunt cele prezentate anterior. Acestea sunt folosite pentru a crea doua biblioteci de componente de modele de flux specifice pentru definirea proceselor de productie **B4** si definirea modelelor liniilor de productie **B5**. Folosind aceste biblioteci **B4** si **B5** se realizeaza cele doua modele de simulare componente modelului de simulare al unitatii de productie **B1**: Model de simulare al procesului de productie **B2** si Model de simulare al liniei de productie **B3**.

Modelul de simulare al procesului de productie **B2** trimite comenzi de executie catre modelul de simulare al liniei de productie **B3** care dupa executarea comenzii receptionate trimite inapoi catre modelul de simulare mesaje de notificare al executiei.

Biblioteca cu componente de modele de flux pentru definirea procesului de productie **B4** contine, dar nu se limiteaza la urmatoarele componente:

1. Nod de start proces de productie – componenta pentru a crea si a porni in fluxul procesului de productie entitati noi de urmarire si control.
2. Nod de stop proces de productie – componenta pentru notificare sfarsitului unui proces de productie si pentru distrugerea entitatilor de urmarire si control.
3. Pas de proces – componenta pentru generarea si executarea unei comenzi de executie asociat unui pas de proces. Se aplica algoritmul de control specificat in fig. 5.
4. Nod de decizie – componenta pentru implementarea ramificarilor conditionate in procesul de productie.

Algoritmul conform caruia se realizeaza comunicarea intre modelul de simularea al procesului de productie **B2** si modelul de simulare al liniei de productie **B3** este prezentat in fig. 5. In momentul in care o entitate de urmarire si control intra in componenta de pas de productie al modelului procesului de productie **B2**, se lanseaza procedura de comunicare **C1**:

**C2** - se genereaza comanda de executie aferenta pasului de productie; **C3** - se transmite comanda de executie generata catre modelul liniei de productie **B3**; **C4** - se receptioneaza comanda de catre modelul liniei de productie **B3**; **C5** - Se proceseaza comanda si se transmite mai departe modelului utilajului **B5** responsabil cu executia acesteia; **C6** - se planifica comanda de executie si se suspenda executia procedurii pana cand, conform planificarii, se poate executa comanda; **C7** - se executa comanda; **C8** - Odata comanda executata, se trimite mesaj de notificare catre modelul procesului de productie **B2**; **C9** - modelul procesului de productie **B2** receptioneaza mesajul de notificare si marcheaza sfarsitul pasului de productie **C10**. Dupa executia unui pas de productie, entitatea de urmarire si control poate sa paraseasca componenta corespunzatoare pasului de productie.

Pasii din algoritmul prezentat anterior sunt executati prin evenimente de simulare discrete astfel ca, executia algoritmului nu este continua si atomica si poate fi intercalata cu alti pasi de executie al altor pasi de productie.

## REVENDICARI

1. Metoda de simulare a unei unitati de productie, cuprinzand:
  - crearea modelelor de simulare specifice utilajelor de productie (B5)
  - crearea modelului de simulare a liniei de productie (B3) folosind modelele specifice utilajelor de productie (B5)
  - crearea componentelor de modele de simulare pentru definirea procesului de productie (B4)
  - crearea modelului de simularea a procesului de productie (B2) folosind componentele de modele de simulare pentru definirea procesului de productie (B4)
  - crearea modelului de simulare a unitatii de productie (B1), prin conectarea modelului liniei de productie (B3) si a modelului procesului de productie (B2), folosind comenzi de executie si mesaje de notificare
2. Metoda conform revendicarii 1, **caracterizata prin aceea ca**, modelele de simulare specifice utilajelor de productie (B5) sunt realizate folosind un program de calculator dedicat simularii evenimentelor discrete (A4) si folosind o biblioteca cu componente de modelare si simulare standard pentru modele de flux de material (A3).
3. Metoda conform revendicarii 1 si 2, **caracterizata prin aceea ca**, modelele de simulare specifice utilajelor de productie (B5) modeleaza si simuleaza doar aspecte tehnice a utilajelor excluzand aspecte specifice procesului de productie si a logicii de control.
4. Metoda conform revendicarii 1... 3, **caracterizata prin aceea ca**, modelul de simulare a liniei de productie (B3) este compusa din modele de simulare a utilajelor (B5), astfel incat modelul de simulare a liniei de productie (B3) poate sa primeasca si se execute din exterior comenzi de executie specifice operatiilor de productie.

5. Metoda conform revendicarii 1, **caracterizata prin aceea ca**, componentele de modele de simulare pentru definirea procesului de productie (**B4**) sunt realizate folosind un program de calculator dedicat simularii evenimentelor discrete (**A4**) si folosind o biblioteca cu componente de modelare si simulare standard pentru modele de flux de material (**A3**).
6. Metoda conform revendicarii 1 si 5, **caracterizata prin aceea ca**, modelul de simulare a procesului de productie (**B2**) este realizata folosind componentele de modele de simulare pentru definirea procesului de productie (**B4**), astfel incat prin simularea procesului de productie sa se genereze comenzi de executie necesare, iar rata si ordinea generarii comenzilor de executie sa fie coordonata de mesajele de notificare a executiei comenzilor
7. Metoda conform revendicarii 1 si 7, **caracterizata prin aceea ca**, secventa comenzilor de executie este creata de modelul de simulare a procesului de productie (**B2**) si transmis catre modelul de simulare a liniei de productie (**B3**), iar modelul de simulare a liniei de productie (**B3**) creaza si trimite mesaje de confirmare a executiei comenzilor spre modelul de simulare a procesului de productie (**B2**).
8. Metoda conform revendicarii 1, **caracterizata prin aceea ca**, in modelul de simularea a unitatii de productie (**B1**), fiecare produs, material sau subsansamblu este reprezentat prin doua entitati de simulare: entitatea de urmarire si control si entitatea materialului, unde entitatea de urmarire si control parcurge modelul de flux definit prin modelul de simulare a procesului de productie (**B2**), iar entitatea materialului parcurge modelul de flux definit prin modelul de simularea a liniei de productie (**B3**).
9. Sistem de simulare a unei unitati de productie pentru aplicarea metodei definite in revendicarea 1, care cuprinde:
  - program de calculator dedicat simularii evenimentelor discrete (**A4**)
  - biblioteca cu componente de modelare si simulare standard pentru modele de flux de material (**A3**)
  - biblioteca cu componente de simulare specifice modelarii procesului de productie continand componentele: Nod de start proces de productie; Nod de stop proces de productie; Pas de proces; Nod de decizie. (**B4**)
  - biblioteca cu modele de simulare specifice utilajelor de productie (**B5**)

- un program de calculator dedicat crearii noilor modele de simulare
10. Sistem conform revendicarii 9, **caracterizat prin aceea ca**, programul de calculator dedicat simularii evenimentelor discrete (**A4**) si biblioteca cu componente de modelare si simulare standard pentru modele de flux de material (**A3**) sunt realizate intr-un limbaj de programare orientata pe obiecte.
  11. Sistem conform revendicarii 9, **caracterizat prin aceea ca**, programul de calculator dedicat simularii evenimentelor discrete (**A4**) permite crearea si simularea unui numar nelimitat de biblioteci de componente si modele de simulare, folosind un limbaj de programare orientata pe obiecte.
  12. Sistem conform revendicarii 9, **caracterizat prin aceea ca**, programul de calculator dedicat crearii noilor modele asigura un mediu vizual si un editor grafic, pentru crearea noilor componente si modele de simulare.

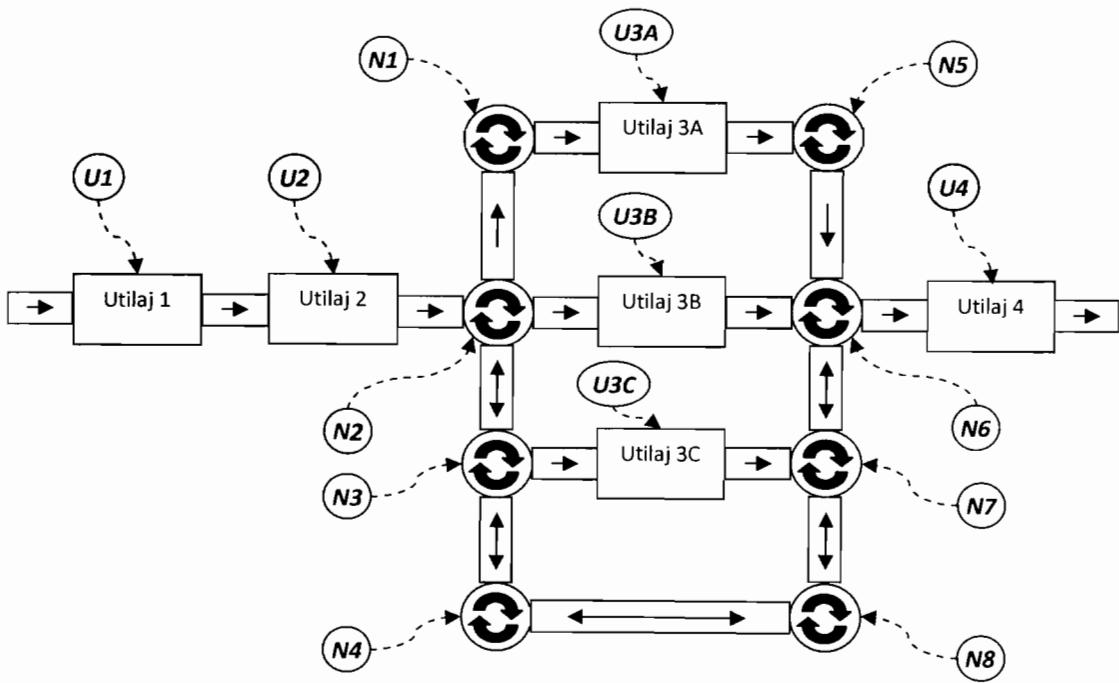


Fig. 1

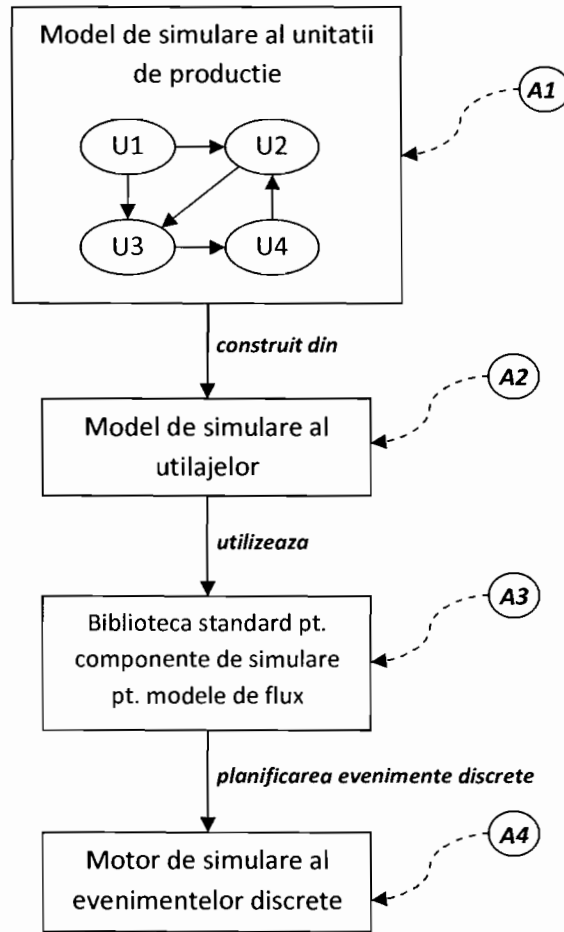


Fig.2

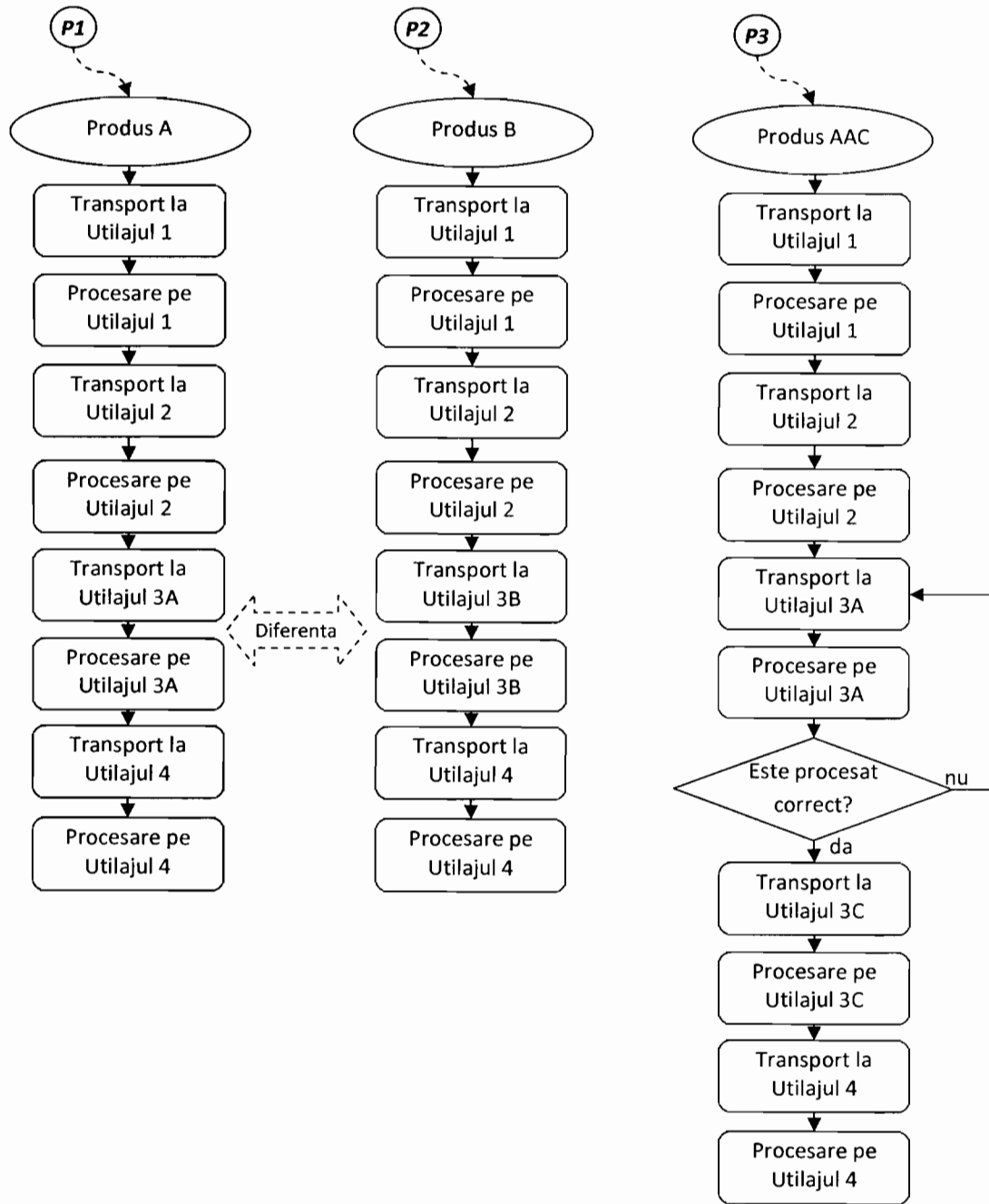


Fig. 3



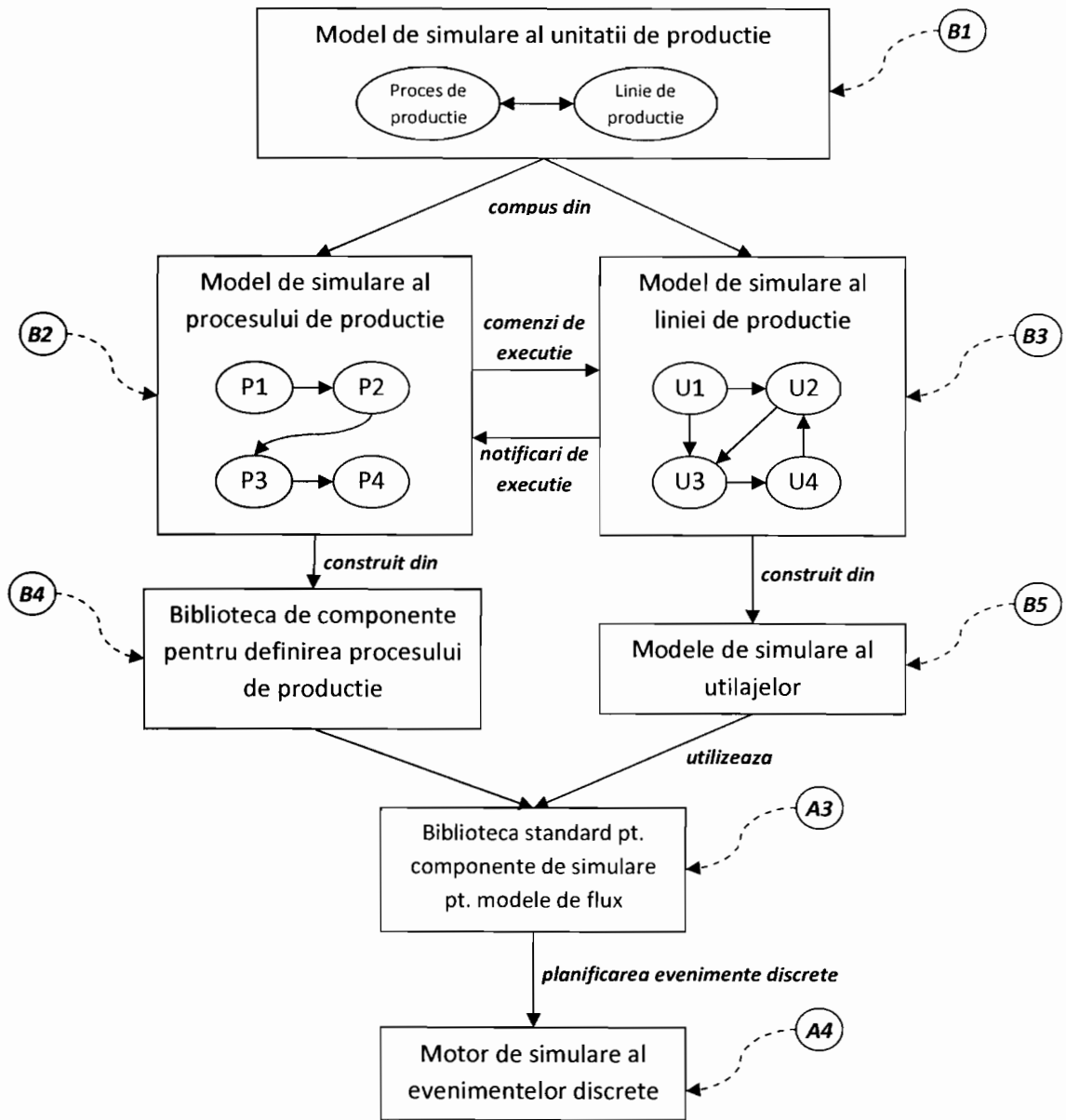


Fig.4

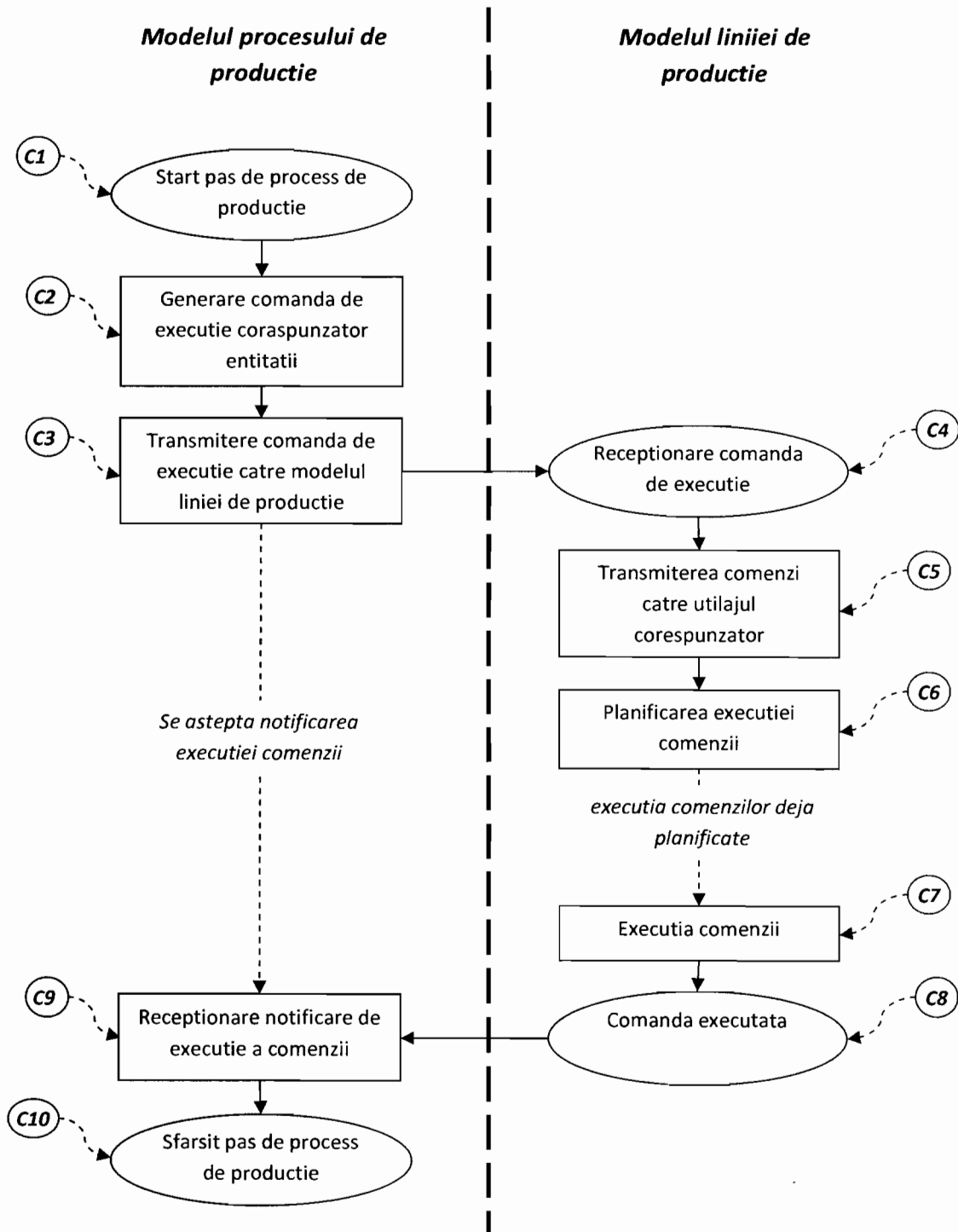


Fig.5