



A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2017

ANALIZA MODELULUI EMPIRIC, FOLOSIND SISTEME DE EVENIMENTE DISCRETE APLICABILE PENTRU SISTEMELE DE TRANSPORT

Mihaela Elisabeta CIORTEA

ANALYSIS EMPIRICAL MODEL USING DISCRETE EVENT SYSTEMS APLICABLE FOR TRANSPORT SYSTEMS

In the paper have started from a model that allows a detailed empirical analysis of causal relationships and obtaining patterns that determine the evolution of the phenomenon. The model chosen for the study is a discrete event system applicable to optimize the transport system adaptable for manufacturing systems. In order to simulate the manufacturing process we chose Visual Object Net ++ package containing pntool library, which can be done graphics modelling analysis. Given that manufacturing times are very high and difficult process simulation is conducted, we reduced schedule in accordance with the transmission system.

Keywords: discrete event systems, manufacturing, analysis model

Cuvinte cheie: sisteme cu evenimente discrete, de fabricație, modelul de analiză

1. Introducere

Sistemele cu evenimente discrete ocupă un loc deosebit de important, atât în teorie cât și în practică. Teoria a beneficiat de aportul abordării interdisciplinare care a permis: aprofundarea analizei eficienței la sistemele complexe, descoperirea unor concepte noi ale optimului, a perfecționat metodele de cercetare și

cunoaștere iar practica s-a îmbogățit cu un instrument deosebit de util analizei și fundamentării deciziilor. Modelul sistemului de transport poate fi asimilat cu un sistem cu evenimente discrete. Aceste sisteme formează o clasă de sisteme dinamice neliniare care folosesc instrumente matematice proprii, altele decât ecuațiile diferențiale utilizate în teoria și practica reglării automate. Sistemele sunt utilizate pentru desemnarea modelului matematic, dar și a procesului supus analizei.

Descrierea sistemului se bazează pe o mulțime ce cuprinde evenimentele care sunt: sosiri și ieșiri. Starea sistemului este dată de numărul total de elemente care se găsesc la un moment de timp dat în sistem, adică spațiul stărilor este o mulțime.

2. Arhitectura sistemului

Este o linie unde materialele sunt manipulate, folosind entități discrete pentru prelucrare și asamblare. Sistemul este format din sisteme discrete de producție.

Sistemul complet este format din:

- un set de echipamente flexibile,
- un sistem semiautomat de transport,
- un sistem sofisticat de luare a deciziilor atât pe transport cât și pe echipamentul de prelucrare.

Echipamentele au capacitatea de a efectua operații ce sunt înglobate într-un sistem semiautomat echipat și cu sistem inteligent de prelucrare. Sistemul semiautomat de transport este utilizat pentru a transporta piesele prin activități complete la următorul punct de lucru.

Starea sistemului este dată de numărul total de elemente care se găsesc la un moment de timp dat în sistem, adică spațiul stărilor este o mulțime.

Se consideră linia de flux prevăzută cu sistem de transfer asincron, unele stații au în structură zone de depozitare, altele nu. Spațiile de depozitare sunt determinate în funcție de timpul de prelucrare la etapa următoare. Semifabricatele sunt introduse în stațiile de lucru unde sunt procesate, iar apoi transportate la intervale de timp măsurate în fabrică, la următoarele stații de lucru.

Controlul sistemelor de fabricație constau din utilizarea programelor specializate, care au la bază modelele ale sistemelor clasice de fabricație și de unde se obțin informații legate de comportarea sistemului în diferite situații. Dezavantajul simulării constă în faptul că nu se obțin rezultate exacte la sisteme complexe

deoarece sistemele sunt grupate și necesită activități auxiliare care introduce multe erori neprevăzute din etapa de proiectare.

Modelul prezentat este o interpretare a unui ansamblu de celule dintr-un sistem de fabricație analizat pe etape de procesare. Procesele sunt grupate în funcție de rolul lor și a sistemelor de transport.

3. Modelul general analizat

Elementul cel mai important este determinarea timpului total de inactivitate [2] al mașinilor și pentru rezolvarea acestei probleme se pleacă de la următoarele considerente, menționate și în literatura de specialitate:

- se notează cu T timpul total de la începutul trecerii primului produs pe mașina M_1 și sfârșitul trecerii ultimului produs pe mașina M_p ,

- se stabilește o ordine arbitrară de trecere a produselor la toate mașinile,

- se consideră X_{jq} timpul de așteptare dintre sfârșitul trecerii produsului P_{jq-1} pe mașina M_i și începutul trecerii produsului P_{jq} pe mașina M_i .

Pe baza celor menționate se obține soluția de calcul a timpului total [2]:

$$T = \sum_{r=1}^n A_{pr} + \sum_{r=1}^n X_{jr} \quad (4.1)$$

unde $A_{pr} = t_{jr}$ este timpul de prelucrare a produsului P_{jr} pe mașina M_p . Ținând cont de faptul că valorile timpilor A_{pr} sunt constante, pentru minimizarea timpului T se poate face minimizarea funcției:

$$\sum_{r=1}^n X_{jr}$$

Se consideră că timpul de prelucrare al produsului P_{j1} pe mașina M_1 este A_{j1} . Pe mașina M_2 timpul de așteptare este dat

de relația: $X_{j1}^{(2)} = A_{j1}$

Pe mașinile M_3, M_4, \dots, M_p timpii de așteptare sunt stabiliți pe baza relației generale [2]:

$$X_{j1}^{(p)} = A_{j1}^{(1)} + A_{j1}^{(2)} + A_{j1}^{(3)} + \dots + A_{j1}^{(p-1)}$$

Principiul după care s-au determinat timpii de așteptare pe diferite mașini este descris în continuare, parcurgând etape succesive de la mașina M_2 și până la mașina M_p [2]:

- Timpul de așteptare $X_{j1}^{(2)}$, pe mașina M_2 , se calculează cu relația:

$$X_{j1}^{(2)} = A_{j1}^{(1)} + A_{j2}^{(1)} - A_{j1}^{(2)} - X_{j1}^{(2)}$$

dacă $A_{j1}^{(1)} + A_{j2}^{(2)} \geq A_{j1}^{(2)} + X_{j1}^{(2)}$ sau $X_{j1}^{(2)} = 0$

dacă $A_{j1}^{(1)} + A_{j2}^{(1)} < A_{j1}^{(2)} + X_{j1}^{(2)}$.

- Pentru mașina M_p , timpul de așteptare $X_{j2}^{(p)}$ se calculează pe baza relației:

$$X_{j2}^{(p)} = A_{j1}^{(1)} + A_{j2}^{(1)} + \sum_{i=1}^{p-1} A_{j2}^{(i)} - A_{j1}^{(p)} - X_{j1}^{(p)}$$

dacă $A_{j1}^{(1)} + A_{j2}^{(1)} + \sum_{i=1}^{p-1} A_{j2}^{(i)} \geq A_{j1}^{(p)} + X_{j1}^{(p)}$, sau $X_{j2}^{(p)} = 0$

dacă $A_{j1}^{(1)} + A_{j2}^{(1)} + \sum_{i=1}^{p-1} A_{j2}^{(i)} < A_{j1}^{(p)} + X_{j1}^{(p)}$.

Forma generală în care se pot descrie toate relațiile anterioare este:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{j2}^{(2)} = \max(A_{j1}^{(1)} + A_{j2}^{(1)} - A_{j1}^{(2)} - X_{j1}^{(2)}, 0) \\ \dots \\ X_{j2}^{(p)} = \max(A_{j1}^{(1)} + \sum_{i=1}^{p-1} A_{j2}^{(i)} - A_{j1}^{(p)} - X_{j1}^{(p)}, 0) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{jn}^{(2)} = \max\left(\sum_{k=1}^{n-1} A_{jk}^{(1)} - \sum_{k=1}^{n-2} A_{jk}^{(2)} - \sum_{k=1}^{n-1} X_{jk}^{(2)}, 0\right) \\ \dots \\ X_{jn}^{(p)} = \max\left(\sum_{k=1}^{n-1} A_{jk}^{(1)} + \sum_{i=1}^p A_{jn}^{(i)} - \sum_{k=1}^{n-1} A_{jk}^{(p)} - \sum_{k=1}^{n-1} X_{jk}^{(p)}, 0\right) \end{array} \right.$$

Suma totală a timpilor de inactivitate pe mașina M_2 , notat $X^{(2)}$ li pe mașina M_p , notat $X^{(p)}$ este:

$$\begin{aligned} X^{(2)} &= \max(A_{j1}^{(1)}, A_{j1}^{(1)} + A_{j2}^{(1)} - A_{j1}^{(2)} - X_{j1}^{(2)}, \sum_{k=1}^3 A_{jk}^{(1)} - \sum_{k=1}^2 A_{jk}^{(2)} - \sum_{k=1}^2 X_{jk}^{(2)}, \dots, \\ &\sum_{k=1}^{n-1} A_{jk}^{(1)} - \sum_{k=1}^{n-1} A_{jk}^{(2)} - \sum_{k=1}^{n-1} X_{jk}^{(2)}, 0) \\ X^{(p)} &= \max(A_{j1}^{(1)} + A_{j1}^{(2)} + \dots + A_{j1}^{(p-1)}, A_{j1}^{(1)} + \sum_{i=1}^{p-1} A_{j2}^{(i)} - A_{j1}^{(p)} - X_{j1}^{(p)}, \\ &., \sum_{k=1}^2 A_{jk}^{(1)} + \sum_{i=1}^p A_{j3}^{(i)} - \sum_{k=1}^2 A_{jk}^{(2)} - \sum_{k=1}^2 X_{jk}^{(2)}, \dots, \sum_{k=1}^{n-1} A_{jk}^{(1)} + \sum_{i=1}^p A_{jk}^{(i)} - \sum_{k=1}^{n-1} A_{jk}^{(p)} - \sum_{k=1}^{n-1} X_{jk}^{(p)}, 0) \end{aligned}$$

Însumând ultimele relații se obține timpul total de inactivitate pentru întregul ciclu tehnologic, pentru prelucrarea tuturor pieselor. Se obține relația:

$$\sum_{r=1}^n X_{jr} = \sum_{i=1}^p \sum_{r=1}^n X_{jr}^{(i)}$$

Această relație constă în faptul că exprimă timpii de așteptare sub forma unor expresii dependente de timpii de lucru pe mașini [2]. Această relație are valoare minimă atunci când ordinea de prelucrare S este dată de relația: $(P_{j1}, P_{j2}, \dots, P_{jn})$, este optimă.

Dacă se notează $D_n^{(1)}(S)$ timpul total de inactivitate la prelucrarea pieselor în ordinea S , pe mașina M_i , atunci se obține:

$$\begin{aligned} D_n^{(2)}(S) &= \max_{1 \leq \alpha \leq n} \left(\sum_{r=1}^n A_{jr}^{(1)} - \sum_{r=1}^{n-1} A_{jr}^{(2)} \right) \\ D_n^{(p)}(S) &= \max_{1 \leq \alpha \leq n} \left(\sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^{p-1} A_{jr}^{(i)} - \sum_{r=1}^{n-1} \sum_{i=1}^p A_{jr}^{(i)} \right) \end{aligned}$$

Dacă se notează:

$$L_{\alpha}^{(2)} = \sum_{r=1}^n A_{jr}^{(1)} - \sum_{r=1}^{n-1} A_{jr}^{(2)} \dots$$

$$L_{\alpha}^{(p)} = \sum_{r=1}^n \sum_{i=1}^{p-1} A_{jr}^{(i)} - \sum_{r=1}^{n-1} \sum_{i=1}^p A_{jr}^{(i)}$$

În acest caz timpul total de inactivitate la prelucrare se mai poate exprima astfel:

$$D_n^{(2)}(S) = \max_{1 \leq \alpha \leq n} L_{\alpha}^{(2)}$$

$$D_n^{(p)}(S) = \max_{1 \leq \alpha \leq n} L_{\alpha}^{(p)}$$

Dacă se presupune că se prelucurează „n” tipuri de produse pe două mașini și se alege o ordine oarecare a produselor:

$$S_I = \{P_{j1}, P_{j2}, \dots, P_{jk-1}, P_{jk}, P_{jk+1}, \dots, P_{jn}\}$$

4. Arhitectura modelului

O rețea Petri este un model grafic de tipul grafurilor orientate, cu două categorii de noduri: poziții și tranziții. Relațiile dintre evenimentele ce pot avea loc și condițiile necesare pentru ca anumite evenimente să se producă sunt reprezentate prin arcele grafului, care stabilesc legături orientate între poziții și tranziții, dar și între tranziții și poziții, deoarece prin producerea unui eveniment are loc modificarea condițiilor ce rezultă din producerea evenimentului [1].

Avantajele oferite de rețelele Petri folosite în modelarea și analiza sistemelor de fabricație sunt :

- relații explicite între evenimente. Evenimentele care nu sunt legate între ele sunt concurente și paralele.
- același limbaj de modelare poate servi la descrierea sistemului pe diferite nivele de abstractizare.
- analiza proprietăților sistemului, pentru validarea soluției.

În elaborarea lucrării am plecat de la o rețea Petri de tip Locație/Tranziție pentru întregul sistem, de forma, [1]

$$\Sigma = (P, T, F, W)$$

De următoarele descrieri și prezentări generale:

- P, T sunt mulțimi nevide, cu proprietatea $P \cap T = \phi$,

- $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ este fluxul rețelei, relație binară,
- $W : F \rightarrow N$ pondere a rețelei,
- $\sum (W(f))$ - ponderea elementului (f) ,

se ține cont pentru modelarea fiecărui subsistem analizat.

Pentru a construi o astfel de arhitectură trebuie să fie definite rolurile care fac parte din sistem și interacțiunile din sistem. Linia este compusă în principal, următoarele echipamente [7]:

- Sistem de refulare, spălarea, sterilizarea și transportarea cutii goale pentru grupuri de dozare,
- Sistem pentru umplerea manuală,
- Panou pentru umplere,
- 4 capete de închidere cutii
- Contor dozator - mașina cutii închise,
- Transportoare pentru cutii,
- Sistem de alimentare cu dozator,
- Sistem hidraulic pentru incarcare,
- Modelul de par Turbo,
- Instalarea și controlul liniei electrice.

Implementarea unui astfel de echipament este prezentat în figura 2, (sursa: TopCan s.r.l., Italia, Ricambi, Serial Number 00392) [7].

Banda transportoare pentru cutii de intrare direct în mașină este analizată în lucrare ca sistem de coordonare pentru acest echipament cu rolul de a conduce la creșterea productivității.

Nodurile 1, 2, 3 sunt stații de lucru independente (figura 3).

Pentru simulare am grupat cele trei noduri într-un singur proces. Această activitate poate fi realizată atât manual sau semiautomat, în funcție de cerințe. Sistemul continuă apoi cu un control eficient sistem de control semiautomat se realizează cu ajutorul unui sistem cu ecran tactil. Analiza continuă cu un alt sistem detector este proiectat pentru a determina produsele ajuns pe piețele. Segmentul de uscare, marcare și ambalarea cutiilor, care urmează să fie livrate la activitatea de vânzare cu amănuntul.

Timpul de funcționare exprimat în procente sau în unități de timp, pe parcursul a sistemului de stocare funcționează normal. Cauze posibile, blocaje, care pot apărea în sistemul de depozitare sunt: riscurile electrice, mecanice, recipiente rigide, reparații efectuate în mod necorespunzător, proceduri incorecte folosite de manipulare a personalului.

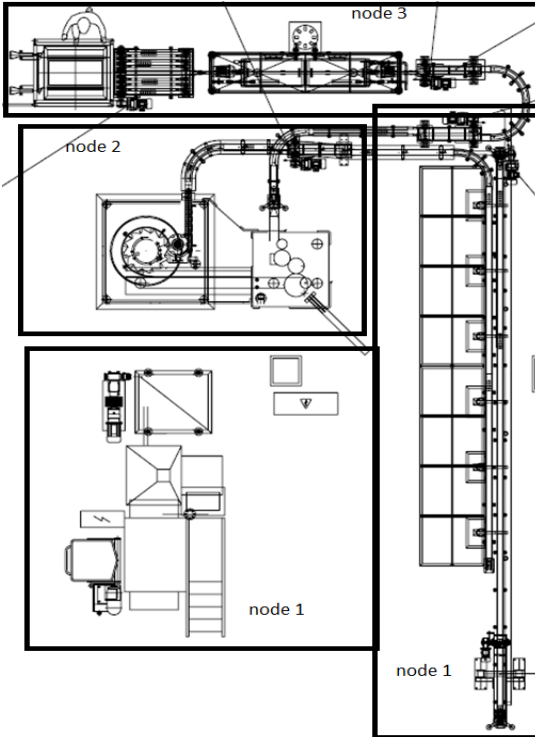


Fig. 2
 Modelul aplicat la S.C.
 ROTINA PRODUCT
 S.R.L. Hunedoara,
 source: TopCan s.r.l.,
 Italia, Ricambi, Serial
 Number 00392 [7]

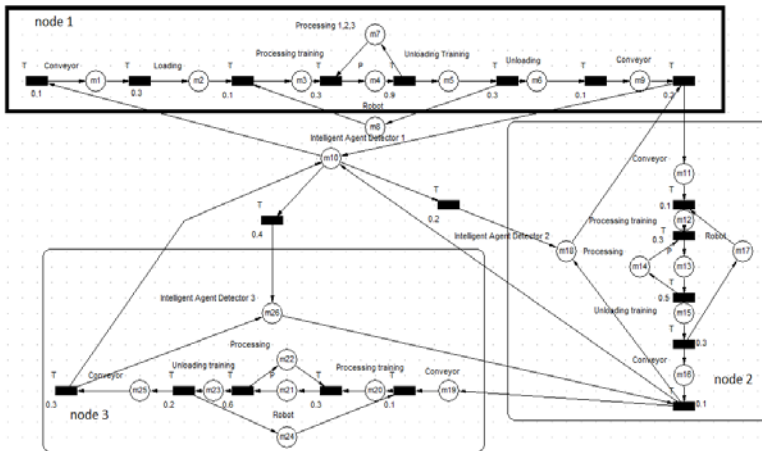


Fig. 3 Modelul arhitecturii

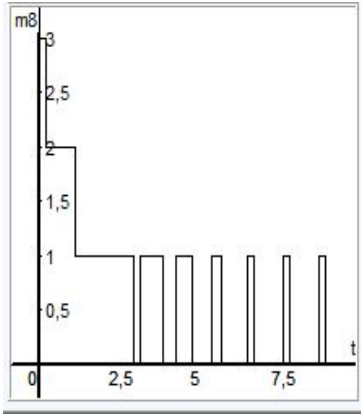


Fig. 4 Flux crescut după prelucrarea inițială

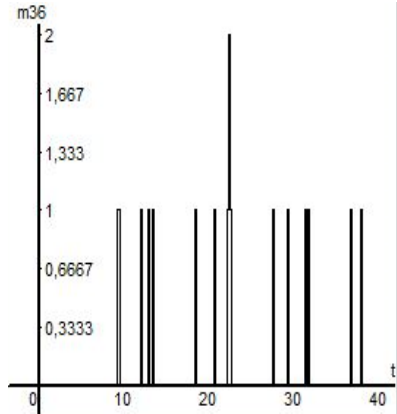


Fig. 6 Reprezentarea grafică a fluxului mediu prin produse semi-finite ale ascensorului

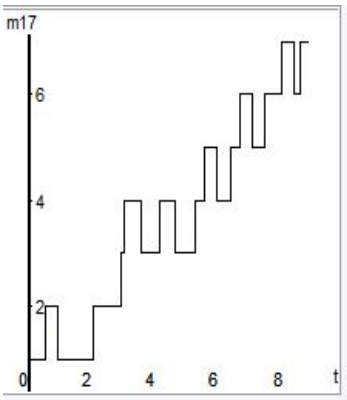


Fig. 5 Spațiu liber de transport în sistem clasic

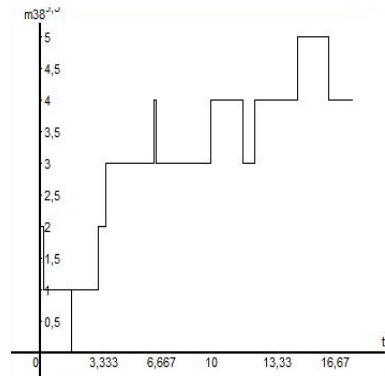


Fig. 7 Reprezentarea grafică a sistemului de monitorizare a primului braț de robot

5. Concluzii

■ Simularea sistemului de fabricație propus utilizând rețele Petri temporizate oferă posibilitatea vizualizării în timp a procesului de fabricație.

■ Sistemul propus detectează constrângeri care pot apărea în sistem și să conducă la modelare a proceselor de decizie. Avantajele acestei abordări sunt posibilitatea de a rezolva optimizare și flexibilitate în modelarea și control.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Păstrăvanu, O., Matcovschi, Mihaela, Mahulea, Cr., *Aplicații ale rețelelor Petri în studierea Sistemelor cu evenimente discrete*, Editura Gh. Asachi, 2002, ISBN 973-8292-86-7.
- [2] Camerzan Inga, *Proprietăți structurale ale rețelelor Petri temporizate*, Teza de doctor în informatică, Universitate de Stat din Tiraspol, Chișinău, 2007-12-15.
- [4] Bojan, I., *Sisteme flexibile de producție. Optimizarea proiectării și managementul proceselor*, Editura DACIA, Cluj Napoca, 1999.
- [5] Abrudan, I., *Metode și tehnici de optimizare în managementul sistemelor flexibile de fabricație*, Editura ACTA Universitatis Cibiniensis, Vol. XXI, Sibiu 1995.
- [6] Abrudan, I., *Sisteme flexibile de fabricație. Concepte de proiectare și management*, Editura DACIA, 1996, ISBN 973-35-0568-4.
- [7] * * * TopCan s.r.l., Italia, Ricambi, Serial Number 00392.

Lect. Dr. Ing. Mihaela Elisabeta CIORTEA,
Departamentul Științe Exacte și Inginerești,
Universitatea „1 Decembrie 1918” din Alba Iulia,
membru AGIR
e-mail: ciortea31mihaela@yahoo.com
mciortea@uab.ro
telefon: 0744568002