



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 01311

(22) Data de depozit: 06.12.2011

(41) Data publicării cererii:
28.06.2013 BOPi nr. 6/2013

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS"
DIN GALAȚI, STR. DOMNEASCA NR. 111,
GALAȚI, GL, RO

(72) Inventatori:
• GHELASE DANIELA, STR. ȘCOLILOR
NR. 28, BL. D2, SC. 3, AP. 43, BRĂILA, RO;

• DASCHIEVICI LUIZA,
STR. 1 DECEMBRIE 1918 NR. 37, BL. B,
SC. 2, AP. 33, BRĂILA, BR, RO;
• EPUREANU ALEXANDRU,
STR. ALEXANDRU LĂPUȘNEANU NR.16,
BL.B6, AP.16, GALAȚI, GL, RO;
• MARINESCU VASILICA,
BD.GEORGE COȘBUC NR.37, BL.C20,
AP.35, GALAȚI, GL, RO

(54) METODĂ PENTRU CONDUCEREA SISTEMELOR DE
MANUFACTURARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de conducere optimă a sistemelor de manufacturare, în condițiile în care acestea execută, la comandă, lucrări de serie mică. Metoda conform invenției constă în aceea că, pentru a conduce sistemul de manufacturare, stațiile de lucru ale acestuia implementează permanent un program-sistem, care asigură funcționarea optimă a întregului sistem, program care se elaborează periodic și constă în parcurgerea următoarelor etape:

1. descompunerea comenzii curente în componente, iar componentele în operații, alcătuind astfel rețeaua de procese tehnologice alternative, compusă din cupluri stație de lucru - operație tehnologică;

2. pentru fiecare dintre cuplurile stație de lucru - operație tehnologică ce alcătuiesc rețeaua de procese tehnologice alternative, se determină valorile constantelor de proces, care caracterizează definitoriu funcționarea cuplului;

3. folosind datele obținute din monitorizarea, cursul executării comenzilor precedente, a constantelor și variabilelor de proces care caracterizează definitoriu cuplurile stație de lucru - operație tehnologică, se modelează funcționarea acestor cupluri;

4. simularea implementării proceselor tehnologice ale rețelei, mai întâi elaborând programe-sistem alternative, iar apoi, pe baza modelelor rezultate în etapa precedentă, determinând valorile optime ale variabilelor de proces;

5. folosind rezultatele simulării, se alege acela dintre programele-sistem alternative pentru care eficiența, evaluată la nivelul sistemului de manufacturare, este maximă, iar restricțiile de timp și preț ale comenzilor sunt satisfăcute;

6. elaborarea programele-piesă, implementând atât valorile constantelor de proces stabilite în etapa a doua, cât și valorile variabilelor de proces stabilite în etapa a patra.

Revendicări: 3
Figuri: 8

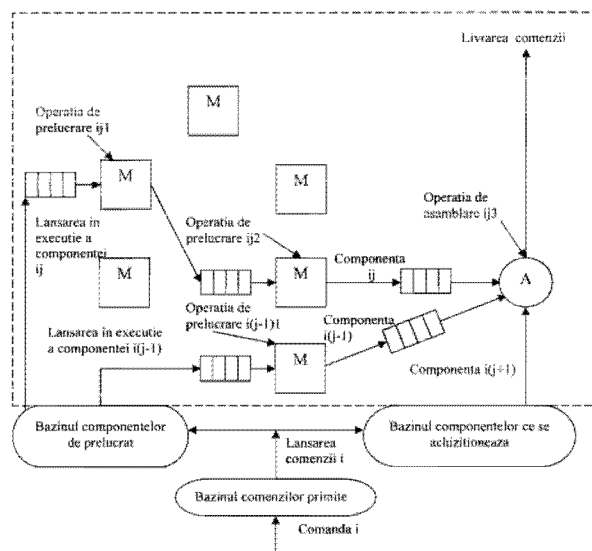


Fig. 1

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).



B - Descrierea invenției -

Invenția se referă la o metodă pentru conducerea optimă a sistemelor de manufacturare în condițiile în care acestea execută la comandă lucrări de serie mică.

Întelegem prin sistem de manufacturare un ansamblu de stații de lucru selectate dintr-un atelier (Fig. 1) și folosite pentru executarea unei comenzi. Structura sistemului de manufacturare se stabilește pornind de la mașinile unelte existente în atelier și selectându-le pe cele care vor fi folosite pentru executarea unei comenzi.

Prin conducerea sistemului de manufacturare se înțelege: a) atribuirea operațiilor prin care un produs este manufacturat la mașinile unelte existente în atelier, configurând astfel sistemul de manufacturare; b) programarea ciclurilor de lucru ale mașinilor unelte ce formează sistemul de manufacturare astfel încât, în condițiile pieței, să se obțină eficiența maximă la nivelul sistemului de manufacturare.

Prin eficiența sistemului de manufacturare, E_i , se înțelege raportul dintre rata profitului și valoarea investiției, calculată la nivelul cuplului comandă-sistem de manufacturare. Se consideră că comanda ce o are de executat sistemul de manufacturare este formată din j componente și fiecare componentă, la rândul său, este formată din k operații. Eficiența sistemului de manufacturare va fi (relația 1):

$$E_i = \frac{P_i - \sum_j \sum_k c_{ijk}(p_{jkn})}{\sum_j \sum_k A_{ijk} \cdot t_{ijk}(p_{jkn})} \quad \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Euro} \cdot \text{min}} \right] \quad (1)$$

unde:

P_i este pretul comenzii i ;

$\sum_j \sum_k c_{ijk}(p_{jkn})$ reprezintă cheltuielile pentru realizarea comenzii i , în funcție de parametrii,

n , ai regimului de lucru al operației k pentru realizarea componentei j :

A_{ijk} reprezintă valoarea investiției necesară realizării operației k de la componenta j din comanda i [Ron];

$t_{ijk}(p_{jkn})$ - timpul cât este ocupată mașina unealtă pentru a face operația k de la componenta j [min].

Atributul esențial al metodei de conducere a sistemelor de manufacturare este dat de caracterul optimal al metodei propuse. Caracterul optimal al conducerii constă în faptul că: a) structura sistemului de manufacturare este optimă; b) funcționarea tuturor mașinilor unelte ce compun sistemul de manufacturare este optimă.

Actualmente, structurarea sistemului de manufacturare se face fără nici o analiză, ci doar pe baza disponibilității mașinilor unelte la un moment dat. Atribuirea operației către o mașină unealtă nu este optimă ci doar întâmplătoare. Regimul de lucru și programarea regimului de lucru pe mașina unealtă se fac pe baza unor date generale care nu țin cont de cât de eficientă este realizarea comenzii respective.

Dezavantajele metodelor actuale de conducere a sistemelor de manufacturare sunt:

- Analiza metodelor, prezentate în literatura de specialitate, de a lua decizia de acceptare sau de respingere a unei comenzi au ca principal neajuns faptul că această decizie se ia pe baza factorului timp și a factorului capacitate și se ține mult prea puțin cont de eficiența ce ar putea fi obținută dacă o anumită comandă ar fi acceptată.
- Nu se evaluează eficiența la nivelul fiecărei operații astfel încât structura operației și mașina unealtă folosită pentru executarea acesteia să fie potrivit selectate dintr-un număr de opțiuni, astfel încât eficiența operației să fie maximizată. În plus, nu se stabilesc alternative pentru situațiile în care fluxul tehnologic este afectat de gătirea producției.
- Respectiv metodele au o slabă capacitate de a se adapta la diferite situații concrete întrucât informația folosită pentru estimare este generală și nu este adaptată cazului concret.

- In prezent controlul masinii unelte se realizeaza independent de caracteristicile comenzii, cum ar fi pretul. Din aceasta cauza, desi local controlul masinii este optimal, totusi la nivelul comenzii eficienta obtinuta nu este maxima.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este aceea de a conduce optimal functionarea sistemelor de manufacturare prin controlul, pe tot parcursul traseului tehnologic de fabricatie a unui produs, a tuturor asocierilor dintre operatiile tehnologice si masinile unelte care le executa, pe de o parte, si pe de alta parte, prin controlul tuturor proceselor prin care masinile unelte executa operatiile cu care au fost asociate.

Metoda pentru conducerea optima a sistemelor de manufacturare, potrivit inventiei, inlatura dezavantajele de mai sus *prin aceea ca*, se parcurg urmatoorii pasi in cadrul algoritmului: 1) se descompune comanda curenta in operatii rezultand reseaua de procese tehnologice alternative compusa din operatii de manufacturare, comerciale si administrative; 2) caracterizarea componentelor retelei adica, determinarea caracteristicilor retelei rezultand caracteristicile operatiilor si ale masinilor unelte care le vor executa; 3) modelarea ansamblurilor operatie-masina unealta, existente in cadrul retelei de procese tehnologice rezultand modelele pentru cost, timp si eficienta ale tuturor asocierilor operatie-masina unealta din reseaua de procese tehnologice; 4) simularea implementarii proceselor tehnologice ale retelei folosind modele rezultate in pasul precedent. Simularea se aplica grupului de comenzi aparut intr-o perioada de timp in scopul de a face posibila evaluarea competitiva a comenzilor. Sunt selectate comenzile pentru care eficienta sistemului de manufacturare este maxima iar restrictiile specifice comenzilor sunt satisfacute (restrictii de timp si pret); 5) programarea ciclului de lucru al masinii unelte ce executa operatia care i s-a asociat si la care regimul de lucru este astfel stabilit incat eficienta sistemului de manufacturare este maxima, *si prin aceea ca* tehnicile folosite in modelarea eficientei sunt adaptabile cazului concret de prelucrare: tehnica analitica acopera cazurile proceselor ale caror legitati sunt bine cunoscute, tehnica bazata pe modelare neuronală acopera cazurile cand sunt manufacturate in numar mare produse similare, putin diferite, iar tehnica k-NN (Nearest Neighbour) acopera cazurile cand exista putine date pentru a construi modelul (productia este foarte diversa si seriile de fabricatie sunt mici), *dar si prin aceea ca* pasul 5 al algoritmului metodei se face optimizand simultan toate procesele de manufacturare ocazionate de executarea comenzii primite ca un unic proces, complex, compus din mai multe etape iar sistemul de manufacture este considerat ca un unic utilaj ce executa acest proces complex.

Inventia prezinta urmatoarele avantaje:

- realizarea unei metode de conducere optima a sistemelor de manufacturare in acord cu actuala dinamica a pietii;
- realizarea unei metode de conducere a sistemului de manufacturare luand in considerare ansamblul sistem de manufacturare-piata, acest lucru nemaifiind raportat in literatura de specialitate, unde sunt abordari separate: de ordin tehnic sau economic;
- modelul obtinut este simplu de utilizat si ofera managerului intreprinderii posibilitatea selectarii comenzilor cu efect economic favorabil;
- pe baza modelului obtinut se realizeaza un control optimal al regimului de prelucrare;
- pe langa realizarea unui control integrat la nivel de sistem de manufacturare, aceasta metoda dezvoltă un control strategic si tactic al investitiilor;
- metoda propusa are un grad mare de eficienta deoarece se construiesc un model matematic pentru fiecare serie de date de intrare. Mai mult, in urma verificarii practice a solutiei rezultate la negocierea cu clientul, aceasta se va adauga la tabelul initial de date experimentale, imbogatind astfel baza de date cu o noua experienta.

În continuare se prezintă un exemplu de aplicare a invenției.

Considerăm că avem de executat piesa din figura 2 și managerul trebuie să decidă dacă accepta sau nu această comandă. Procesul tehnologic necesar realizării piesei este format din următoarele operații: strunjire, gaurire și sudare.

1. Descompunerea comenzii curente

În vederea evaluării eficienței la nivel de comandă va trebui să calculăm eficiența la nivel de componente și la nivel de operații. Pentru aceasta, comandă se descompune în componenta 1 (tija 1, Fig. 2) și componenta 2 (placă 2).

Pentru realizarea componentei 1 este necesară operația de strunjire. Pentru realizarea componentei 2 sunt necesare operațiile de gaurire și sudare.

2. Modelarea operațiilor

Operația de strunjire, k , este modelată analitic pe baza relației 2:

$$E_{ijk} = \frac{P_{ijk} - c_{ijk}(p_{jkn})}{A_{ijk} \cdot t_{ijk}(p_{jkn})} \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Euro} \cdot \text{min}} \right] \quad (2)$$

unde: c_{ijk} este costul operației, dat de relația (3):

$$c_{ijk} = C'_{amijk} + C'_{pijk} + c \cdot S_{ijk} \cdot N_{ijk} \quad (3)$$

C'_{amijk} - costul manoperei auxiliare pentru realizarea operației k de la componenta j (în cazul nostru componenta 1) [euro];

$$C'_{amijk} = \frac{C'_{mijk} \cdot N_{ijk}}{4} \quad (4)$$

C'_{mijk} - costul manoperei operației k de la componenta j .

În cazul operației de strunjire ce face parte din componenta 1, $C'_{mijk} = 2.75$ Euro.

N_{ijk} - numărul de bucăți de prelucrat

C'_{pijk} - costul de pregătire al operației k de la componenta j [Euro].

În cazul operației de strunjire, $C'_{pijk} = 2.7$ Euro.

$$c = \frac{c_t}{10vs} + \frac{\tau_{sr}c_t + c_s}{10Tvs} + \frac{t \cdot c_{mat}}{10} + \frac{K_e c_e}{10000vs} + \frac{C_M}{10K_M} v^{\alpha-1} s^{\beta-1} t^{\gamma} \quad [\text{Euro}/\text{cm}^2], \quad (5)$$

în care:

c_t este costul unui minut de utilizare a locului de muncă; 0.45 Euro/min

τ_{sr} - timpul necesar pentru schimbarea și reascutirea sculei [min]; 10 min

c_s - costul sculei între două reascutiri succesive; 20 Euro

c_{mat} - costul pentru îndepărtarea unui cm^3 de material de adaos; 0.008/ cm^3

c_e - costul unui KWh de energie electrică; 0.23 Euro/KWh

K_e - coeficient de energie [Wh/min]; 15 Wh/min

K_M - coeficient al mașinii-unelte; $5.4 \cdot 10^6$

C_M - costul mașinii-unelte [Euro]; 100000 Euro

v - viteză de așchiere [m/min];

s - avansul de așchiere [mm/rot]; 0.15 mm/rot

t - adâncimea de așchiere [mm]; 3mm

$\alpha = \beta = \gamma = 0.5$;

T - durabilitatea sculei,

$$T = \left[\frac{470}{v} \right]^{2.5} [\text{min}] \quad (6)$$

S_{ijk} – suprafața prelucrată [cm^2]: 281.34 cm^2

Pentru aceeași prelucrare mecanică, modelul timpului de încărcare a mașinii unelte pentru realizarea operației k a reperului j a comenzii i este:

$$t_{ijk} = t_{p,ijk} + t_{a,ijk} \cdot N_{ijk} + \tau \cdot S_{ijk} \cdot N_{ijk} \quad (7)$$

unde:

$t_{p,ijk}$: este timpul de pregătire al operației: 60 min

$t_{a,ijk}$ – timpul auxiliar al operației: 4.4 min

$$t_{u,ijk} = 0,2 \cdot t_{a,ijk} \quad (8)$$

$t_{u,ijk}$ - timpul unitar pentru realizarea operației: 22 min

τ - timpul specific necesar pentru îndepărtarea unui cm^2 de material

$$\tau = \frac{T + \tau_{sv}}{10 \cdot T \cdot v \cdot s} \quad [\text{min}/\text{cm}^2] \quad (9)$$

Retinem ca variabila de control a procesului de aschiere viteza de aschiere, v .

Reprezentând grafic eficiența operației de strunjire în funcție de viteza de aschiere se observă că există o valoare maximă a eficienței pentru o valoare optimă a vitezei de aschiere (Fig.3). De exemplu, pentru un număr de bucăți $N=2$, valoarea maximă a eficienței, $E=-0.0002898$ %/ora când $v=40$ m/min; $N=5$, valoarea maximă a lui $E=0.0496663$ %/ora pentru o viteză de aschiere $v=50$ m/min, pentru $N=10$, valoarea maximă a lui $E=0.079419$ %/ora pentru $v=50$ m/min și în cazul când $N=50$, valoarea maximă a lui $E=0.112742971$ %/ora pentru $v=50$ m/min.

Se observă că în funcție de numărul de bucăți de prelucrat N , alegând viteza de aschiere optimă se poate obține un E maxim, adică se poate realiza un control optimal al operației de strunjire.

Operația de sudare din cadrul componentei 2 se modelează cu ajutorul tehnicii Neural Network.

Best NN model sau cel mai bun model dat de rețeaua neuronală este modalitatea practică de a determina relațiile de cauzalitate dintre variabile astfel încât să putem determina clusterele de variabile.

Cu ajutorul rețelei neuronale se compară variabilele, fiecare cu fiecare, obținându-se seturi/clustere de variabile care se află în relații de cauzalitate. Obținerea clusterelor se face printr-o aplicație informatică, practic antrenând rețeaua cu valorile din baza de date și determinând acele variabile între care există legături de cauzalitate.

Din baza de date a variabilelor operației de sudare (Tabelul 1) pe care le notăm cu $v_1, v_2, \dots, v_{12}$, considerăm coloana 12 care conține valorile variabilei v_{11} - costul operației de sudare. Cu ajutorul unei rețele neuronale, determinăm care sunt cele mai bune relații de legătură cu celelalte coloane. Se determină că există cele mai bune relații de dependență cu coloanele v_1 - lungimea cordonului de sudare, v_2 - numărul de treceri, v_6 - numărul de bucăți și v_4 - viteza de sudare (Fig. 4). Va rezulta un cluster de variabile (v_3, v_4, v_6, v_8). Cu datele din baza de date aferente variabilelor clusterului se antrenează rețeaua neuronală. Rețeaua antrenată este modelul căutat și prin interogare putem afla valoarea variabilei de interes, costul operației- v_{11} . Apoi efectuăm aceleași operații dar comparând coloana 10 care conține valorile variabilei v_9 - timpul operației de sudare cu celelalte coloane. Va rezulta un cluster de variabile care va fi perechea (v_3, v_4, v_6). Rețeaua antrenată este modelul căutat și prin interogare putem afla valoarea variabilei de interes, timpul operației- v_9 .

Cunoscând costul, timpul, valoarea investiției și prețul obținut în urma negocierii cu clientul pentru operația de sudare, se calculează E pentru operația de sudare, cu relația (2). Estimarea valorii investiției nu este dificilă întrucât există informații destul de exacte și la zi.

Curba de variație a eficienței E în funcție de viteza de sudare considerată ca fiind parametrul de control al procesului de sudare este reprezentată în Fig. 5 și din analiza diagramei se observă că există o valoare de maxim a eficienței $E=0.039392$ %/ora pentru viteza de sudare $v=5.2$ mm/s, viteza optimă a procesului. Deci, în timpul operației de sudare se poate regla viteza de sudare astfel

incat eficienta operatiei sa fie maxima si astfel efectul economic al companiei sa fie maxim. Se face astfel un control al operatiei de sudare.

Operatia de gaurire din cadrul componentei 2 se modeleaza cu ajutorul tehnicii data mining.

Vom folosi un produs informatic realizat in mediul de programare Visual FoxPro si C, care apeleaza biblioteca matematica MatLab. Vom considera pentru inceput o secventa aleatoare din baza de date a operatiei de gaurire (Tabelul 2), in care regasim notatiile v_i , cu $i=1, \dots, 10$.

Sa consideram ca cerintele clientului sunt: $v_1=OL\ 37$; $v_2=21$; $v_3=6$; $v_6=82$.

La nivel operational clusteringul variabilelor are la baza utilizarea facilitatii "best model" pe care o ofera tehnica retelelor neuronale aplicata setului de date experimentale. In urma utilizarii programului informatic, variabilele de interes, costul si timpul: v_7 si v_9 , necesare calculului eficientei E a operatiei de gaurire sunt dependente de variabilele:

$$v_7 = (v_2, v_4, v_5) \quad (10)$$

$$v_9 = (v_2, v_3, v_5). \quad (11)$$

Rezulta ca:

$$E = \frac{\text{Pret} - \text{cost}}{\text{Valoarea investitiei} \times \text{timp}} (v_2, v_3, v_4, v_5). \quad (12)$$

Pentru clusteringul starilor vom alege din baza de date acele linii pentru care distanta comuna va fi minima, efectuand astfel clusteringul liniilor cu distanta comuna minima (Fig.6). Se va selecta astfel un set de date care are calitatea ca acestea vor fi in vecinatatea cerintelor clientului si astfel modelul matematic va fi unul liniar, rezultand modelele matematice pentru cost si timp in operatia de gaurire:

$$\begin{aligned} v_9 &= a_0 + a_1 v_2 + a_2 v_4 + a_3 v_5 \\ v_7 &= b_0 + b_1 v_2 + b_3 v_3 + b_4 v_4 \end{aligned} \quad (13)$$

Retinand primele 4 stari, $k=4$, conform algoritmului k-NN (Nearest Neighbour) se obtine un sistem matematic pentru cost si timp. Rezolvand sistemele se obtin solutiile pentru determinarea coeficientilor modelului matematic. Modelele liniare obtinute pentru cost si timp sunt modele locale, pentru ca sunt valabile numai in vecinatatea starii in legatura cu care sunt interogate si efemere intrucat dupa interogare sunt abandonate. Metoda are un grad mare de eficienta deoarece se construiesc un model matematic pentru fiecare serie de date de intrare. Mai mult, in urma verificarii practice a solutiei rezultate la negocierea cu clientul, aceasta se va adauga la tabelul initial de date experimentale, imbogatind astfel baza de date cu o noua experienta.

Considerand viteza de gaurire, v , ca fiind parametrul de control al procesului reprezentam grafic variatia lui eficientei E functie de v (Fig. 7). Se observa, ca si in cazul operatiilor de strunjire si sudare, ca si in cazul operatiei de gaurire, eficienta E are o valoare maxima pentru o anumita valoare a vitezei, adica pentru viteza optima. In cazul operatiei de gaurire, viteza optima este $v=227$ rot/min.

3. Modelarea comenzii

In vederea evaluarii eficientei, E , la nivel de comanda se utilizeaza relatia (1) care adaptata orderului i considerat devine:

$$E_i = \frac{P_i - \sum_{j=1}^k \sum_{n=1}^k c_{jnk} (p_{jkn})}{\sum_{j=1}^k \sum_{n=1}^k A_{jnk} \cdot t_{jkn} (p_{jkn})} = \frac{(P_{i11} + P_{i21} + P_{i22}) - (c_{i11} + c_{i21} + c_{i22})}{A_{i11} \cdot t_{i11} + A_{i21} \cdot t_{i21} + A_{i22} \cdot t_{i22}} \left[\begin{array}{c} \text{Euro} \\ \text{Euro} \cdot \text{min} \end{array} \right] \quad (14)$$

unde:

$P_{i11}, P_{i21}, P_{i22}$ reprezinta pretul operatiei de strunjire, sudare si respectiv gaurire (Fig.8);

$c_{i11}, c_{i21}, c_{i22}$ - costul operatiei de strunjire, sudare si respectiv gaurire (Fig.8);

$A_{i11}, A_{i21}, A_{i22}$ - valoarea investitiei operatiei de strunjire, sudare si respectiv gaurire (Fig.8);

$t_{i11}, t_{i21}, t_{i22}$ - timpul de realizare a operatiei de strunjire, sudare si respectiv gaurire (Fig.8).

Prin simulări numerice (Fig. 8) pentru cazul a 14 valori ale vitezei de aşchiere, a 11 valori ale vitezei de gaurire şi a 13 valori ale vitezei de sudare s-au obţinut 2002 valori a eficienţei E a comenzii. Valoarea maximă a eficienţei E a fost obţinută pentru viteza de strunjire, $v = 50 \text{ m/min}$, viteza de gaurire, $v = 200 \text{ rot/min}$ şi viteza de sudare, $v = 5.2 \text{ mm/s}$. Valoarea maximă obţinută pentru eficienţa E este $7.25 \cdot 10^8 \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Euro} \cdot \text{min}} \right]$.

Asemănător se calculează eficienţa E pentru celelalte comenzi aflate în bazinul de comenzi. În final se ordonează descrescător valorile obţinute pentru eficienţa E a tuturor comenzilor. Se opresc acele comenzi pentru care eficienţa E maximă calculată aduce companiei efectul economic scontat. Celelalte comenzi se vor externaliza către alte companii prelucrătoare. Rezultă că, managerul va avea o imagine de ansamblu pentru eficienţa comenzilor primite pentru a face acceptarea comenzilor.

Analizând datele din tabelul 3 în funcţie de valoarea maximă a eficienţei E, managerul se poate decide dacă să execute toate componentele necesare realizării comenzii sau nu în cadrul companiei sale.

În cazul obţinerii unei valori nesatisfăcătoare a eficienţei E pentru companie, managerul poate opta pentru externalizarea operaţiei respective. Astfel, dacă compania ar executa numai operaţia de gaurire şi ar externaliza celelalte două operaţii se observă că acest caz este cel mai profitabil ($E = 57.5 \cdot 10^{-8}$). Dacă ar executa numai operaţia de sudare atunci se obţine eficienţa E cea mai slabă ($E = 6.09 \cdot 10^{-8}$).

4. Influenţa parametrilor procesului asupra economicităţii

Din analiza figurilor 3, 5 şi 7 care prezintă variaţia eficienţei E funcţie de viteza procesului se observă că valoarea maximă a eficienţei se obţine pentru $v = v_{\text{optim}}$. În cazul în care $v \neq v_{\text{optim}}$ atunci valoarea eficienţei este mai mică. De exemplu, în cazul strunjirii, pentru un număr de 5 bucăţi, dacă $v = 100 \text{ m/min}$ atunci $E = 0.031\%/\text{ora}$. Se înregistrează o scădere a eficienţei E de 34% faţă de cazul când $v = v_{\text{optim}} = 50 \text{ m/min}$. Dacă se modifică numărul de bucăţi de la $N = 5$ la $N = 50$ atunci valoarea eficienţei E va creşte de aproximativ două ori.

În cazul operaţiei de gaurire, dacă viteza de lucru este de $v = 100 \text{ rot/min}$ se înregistrează o scădere a eficienţei E de 1.3 ori faţă de cazul când se lucrează cu viteza optimă, $v = 227 \text{ rot/min}$.

În cazul operaţiei de sudare, dacă procesul se execută cu viteza de $v = 2.2 \text{ mm/s}$ atunci valoarea eficienţei E va scădea de 78 de ori faţă de cazul când se lucrează cu $v = v_{\text{optim}} = 5.2 \text{ mm/s}$.

D - Revendicari -

1. Metoda pentru modelarea conducerii sistemelor de manufacturare caracterizata prin aceea ca se parcurg urmatoorii pasi in cadrul algoritmului: 1) se descompune comanda curenta in operatii rezultand reseaua de procese tehnologice alternative compusa din operatii de manufacturare, comerciale si administrative; 2) caracterizarea componentelor retelei adica, determinarea caracteristicilor retelei rezultand caracteristicile operatiilor si ale masinilor unelte care le vor executa; 3) modelarea ansamblurilor operatie-masina unelata, existente in cadrul retelei de procese tehnologice rezultand modelele pentru cost, timp si eficienta ale tuturor asocierilor operatie-masina unelata din reseaua de procese tehnologice; 4) simularea implementarii proceselor tehnologice ale retelei folosind modele rezultate in pasul precedent. Simularea se aplica grupului de comenzi aparut intr-o perioada de timp in scopul de a face posibila evaluarea competitiva a comenzilor. Sunt selectate comenzile pentru care eficienta sistemului de manufacturare este maxima iar restrictiile specifice comenzilor sunt satisfacute (restrictii de timp si pret); 5) programarea ciclului de lucru al masinii unelte ce executa operatia care i s-a asociat si la care regimul de lucru este astfel stabilit incat eficienta sistemului de manufacturare este maxima.
2. Metoda pentru modelarea conducerii sistemelor de manufacturare, corespunzator revendicarii 1, caracterizata prin aceea ca tehnicile folosite in modelarea eficientei sunt adaptabile cazului concret de prelucrare: tehnica analitica acopera cazurile proceselor ale caror legitati sunt bine cunoscute, tehnica bazata pe modelare neuronală acopera cazurile cand sunt manufacturate in numar mare produse similare, putin diferite, iar tehnica k-NN (Nearest Neighbour) acopera cazurile cand exista putine date pentru a construi modelul (productia este foarte diversa si seriile de fabricatie sunt mici).
3. Metoda pentru modelarea conducerii sistemelor de manufacturare, corespunzator revendicarii 1, caracterizata prin aceea ca pasul 5 al algoritmului metodei se face optimizand simultan toate procesele de manufacturare ocazionate de executarea comenzii primite ca un unic proces, complex, compus din mai multe etape iar sistemul de manufacture este considerat ca un unic utilaj ce executa acest proces complex.

C - Figuri -

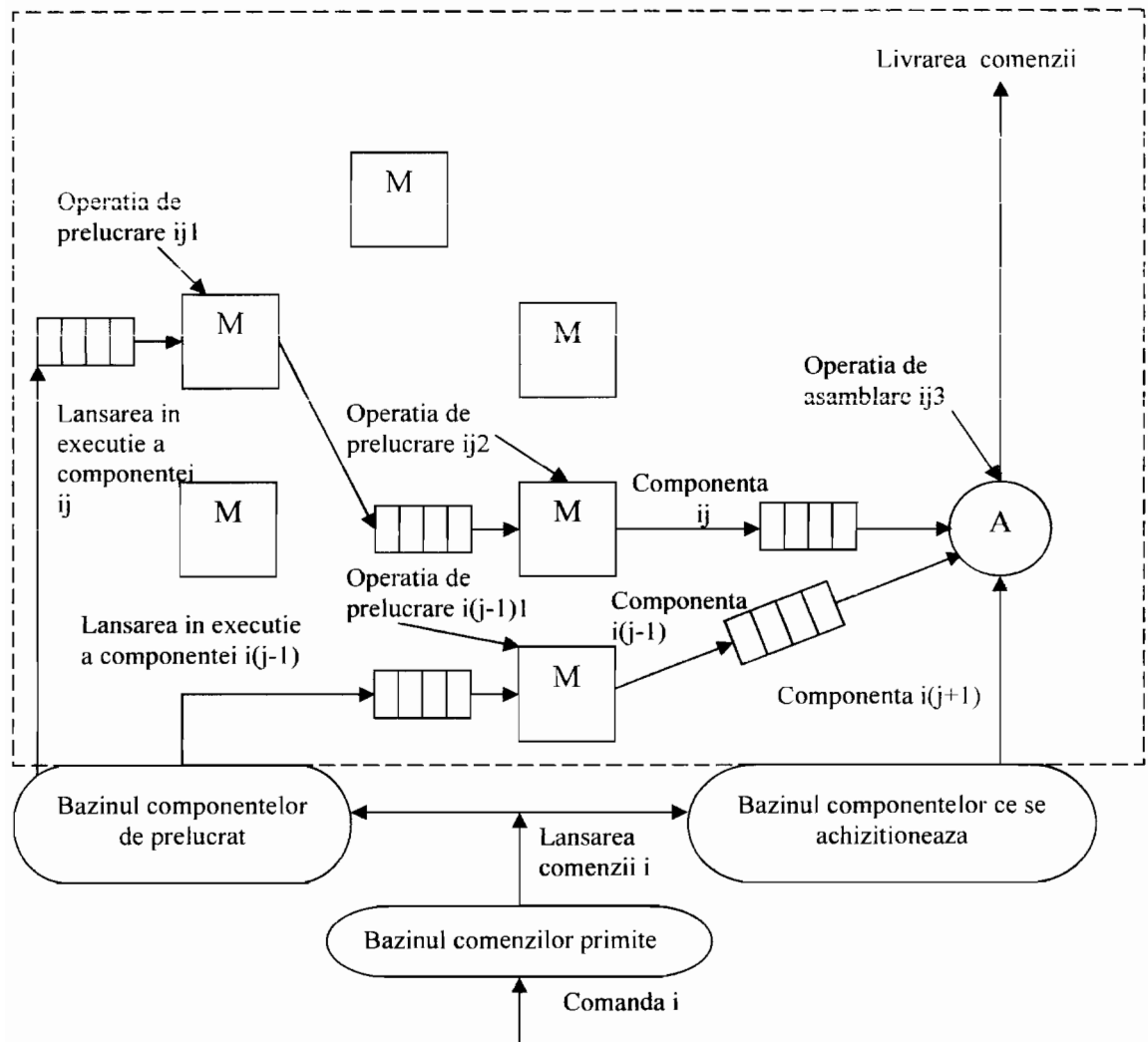


Fig. 1 Configuratia unui atelier de
manufacturare

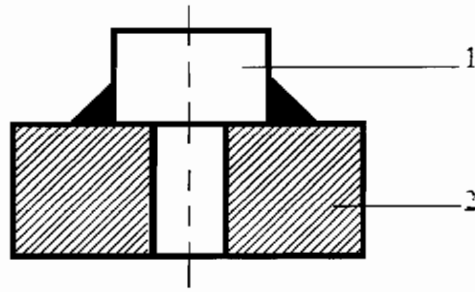


Fig. 2 Piesa de prelucrat
1 – tijă; 2 - placă

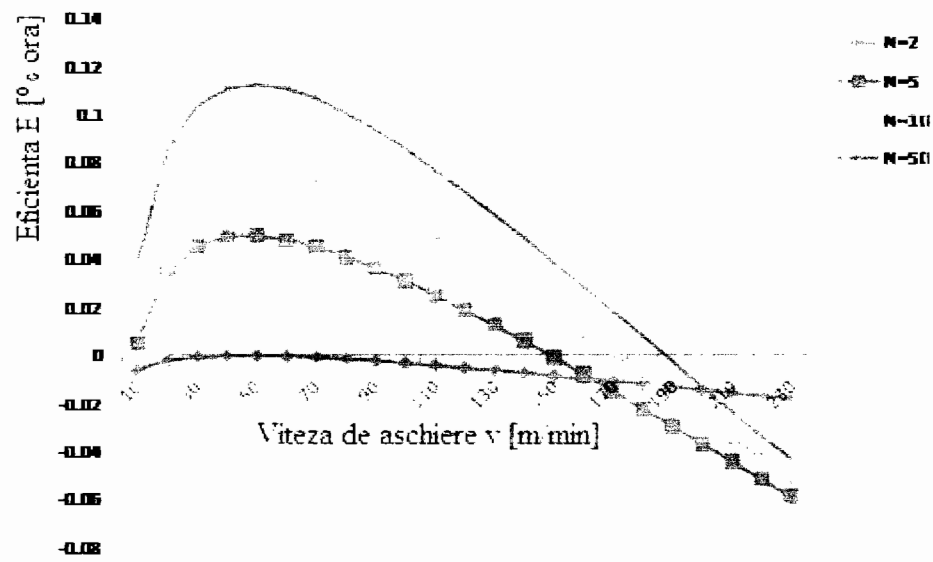


Fig. 3 Variatia eficientei in functie de viteza de aschiere

Tabelul 1 Secventa din tabloul variabilelor operatiei de sudare

Nr. crt.	Tip material	Tip sudura	Lungime cordon sudura [mm]	Numar treceri	Intensitatea curentului [A]	Viteza de sudare [mm/s]	Canitate de sarma de sudura [m]	Numar bucati	Timp de sudare [s]	Consum de energie [Kw/h]	Cost pe operatie [Euro]	Canitate deseuri [Kg]
-	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12
1	OL 52	colt	501	3	200	10.2	4.2	63	1375	10.521	78.9	15.781
21	OL 37	colt	503.5	9	204	5.1	4.85	103	6758	52.898	388.9	77.791
40	OL 52	colt	490	4	197	8.2	4.60	59	11243	12.656	96.3	19.273
52	OL 42	colt	515	10	188	9.2	5.20	52	2459	27.970	223.1	44.633
64	OL 52	colt	521	11	191	8.15	4.1	92	6066	55.947	439.3	87.875

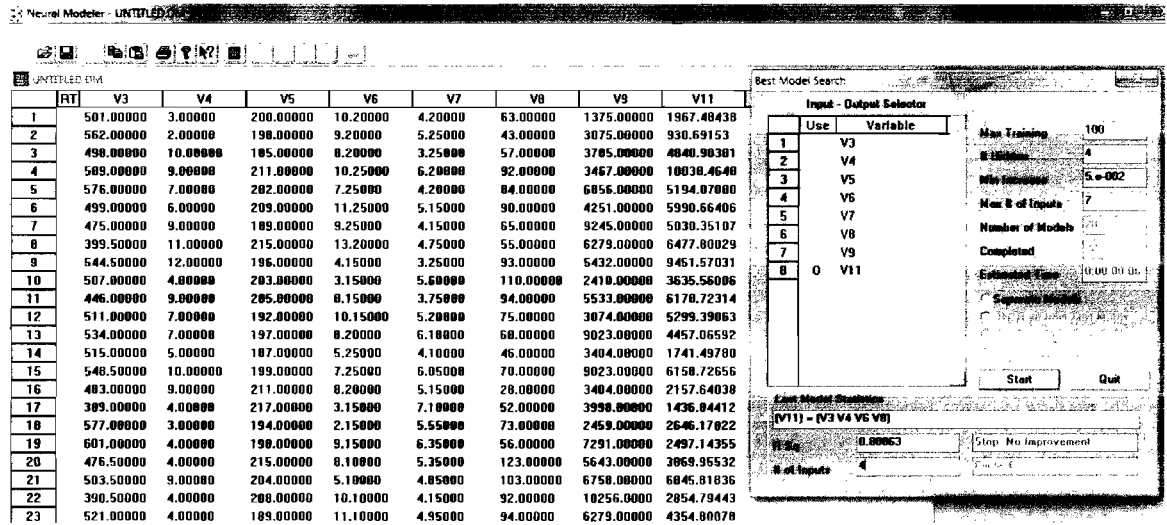


Fig. 4 Neural Model

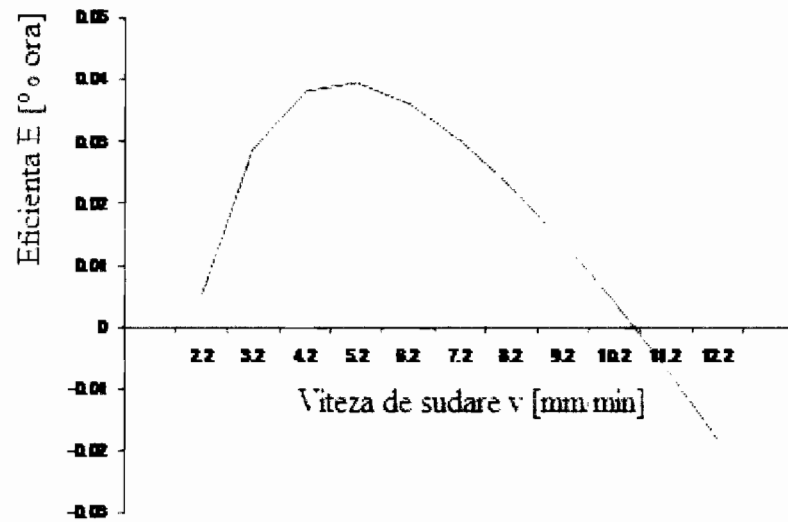


Fig. 5 Variatia eficientei E in functie de viteza de sudare

[illegible]

Fig. 6 Tabel ordonat dupa distantele comune cele mai mici

Tabelul 2 Secventa din tabloul variabilelor operatiei de gaurire

Nr. crt.	Tipul materialului	Diametrul gaurii [m]	Numar de gauri	Viteza de gaurire [mm/s]	Avansul de gaurire [mm/s]	Numar de bucati	Timpul de gaurire [s]	Consum de energie [kW/ora]	Cost pe operatie [euro]	Canitate deseuri [Kg]
-	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10
6	OL 37	17.55	8	3.2	0.75	77	2459	13.17	158.10	75.89
14	OL 37	28.6	6	3.2	0.45	65	2410	29.53	265.8	127.60
31	OL 37	32.6	7	5.1	0.2	70	4011	41.32	433.9	208.30
38	OL 37	22.5	8	4.15	0.45	73	11243	20.53	246.3	118.26
47	OL 37	20.5	7	6.2	0.65	68	2983	15.87	166.6	80.01
60	OL 37	22.55	9	6.25	0.42	132	2459	37.29	503.9	241.64
73	OL 37	29.5	13	6.1	0.67	77	3998	37.22	725.9	348.44
83	OL 37	21.55	10	2.2	0.5	73	10256	18.83	282.5	135.60
92	OL 37	18.6	13	5.05	0.9	43	8201	8.26	161.1	77.35

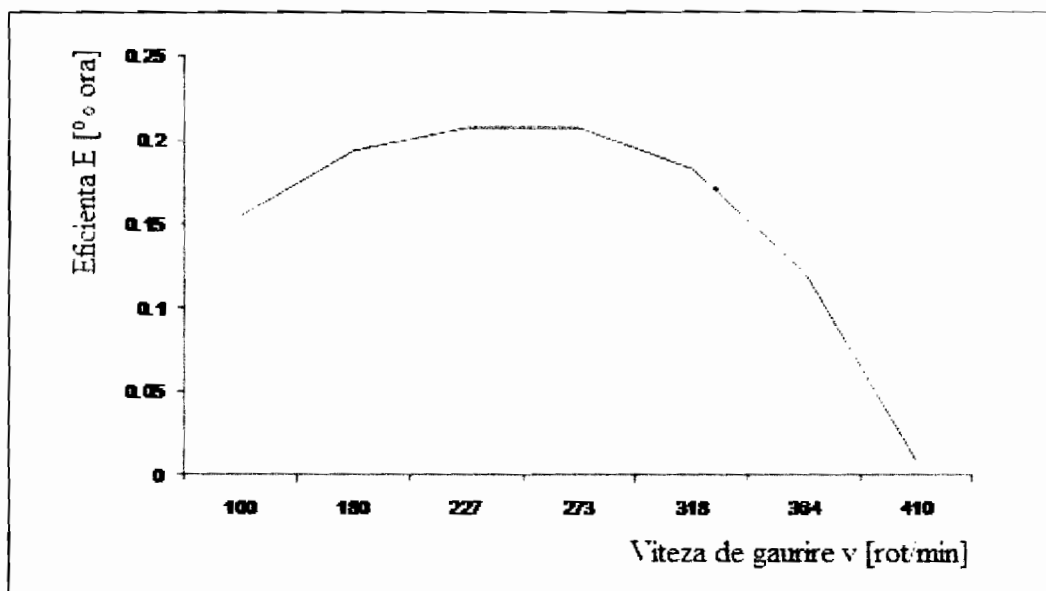


Fig.7 Variatia eficientei E in functie de viteza de gaurire

- 2 0 1 1 - 0 1 3 1 1 - -
0 6 -12- 2011

41

Microsoft Excel - Modulare																
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help																
Q1																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	cutting spe cutting speed (m/spindle so			cutting cos Drilling cos			cutting tim cutting tim drilling tim			Drilling ass Welding ar Costeuro) Price (Eur						
2	50	833 3333333	200	4.555692	6.725	99.275	111.5913	6695.478	5223	247236	10000	2500	1875	110.5357	150	7.2361E-03
3	40	666 6666667	200	4.554301	6.725	99.275	112.4392	6746.351	5223	247236	10000	2500	1875	110.5343	150	7.24361E-03
4	60	1000	200	4.611915	6.725	99.275	111.2714	6676.284	5223	247236	10000	2500	1875	110.6119	150	7.24861E-03
5	50	833 3333333	110	4.555692	6.575	99.275	111.5913	6695.478	6703	247236	10000	2500	1875	110.4057	150	7.23475E-03
6	70	1166 666667	200	4.705403	6.725	99.275	111.2733	6676.401	5223	247236	10000	2500	1875	110.7054	150	7.23139E-03
7	40	666 6666667	110	4.554301	6.575	99.275	112.4392	6746.351	6703	247236	10000	2500	1875	110.4343	150	7.22828E-03
8	60	1000	110	4.611915	6.575	99.275	111.2714	6676.284	6703	247236	10000	2500	1875	110.4519	150	7.22701E-03
9	30	500	200	4.645902	6.725	99.275	114.291	6857.461	5223	247236	10000	2500	1875	110.6459	150	7.21829E-03
10	70	1166 666667	110	4.705403	6.575	99.275	111.2733	6676.401	6703	247236	10000	2500	1875	110.5554	150	7.2359E-03
11	80	1333 333333	200	4.826718	6.725	99.275	111.4926	6689.557	5223	247236	10000	2500	1875	110.8267	150	7.20732E-03
12	50	833 3333333	250	4.555692	7.125	99.275	111.5913	6695.478	4602	247236	10000	2500	1875	110.9567	150	7.20338E-03
13	30	500	110	4.645902	6.575	99.275	114.291	6857.461	6703	247236	10000	2500	1875	110.4959	150	7.19696E-03
14	40	666 6666667	250	4.554301	7.125	99.275	112.4392	6746.351	4602	247236	10000	2500	1875	110.9543	150	7.19689E-03
15	60	1000	250	4.611915	7.125	99.275	111.2714	6676.284	4602	247236	10000	2500	1875	111.0119	150	7.19556E-03
16	80	1333 333333	110	4.826718	6.575	99.275	111.4926	6689.557	6703	247236	10000	2500	1875	110.6757	150	7.193E-03
17	70	1166 666667	250	4.705403	7.125	99.275	111.2733	6676.401	4602	247236	10000	2500	1875	111.1054	150	7.17329E-03
18	50	1500	200	4.970217	6.725	99.275	111.8702	6712.211	5223	247236	10000	2500	1875	110.9702	150	7.17393E-03
19	30	500	250	4.645902	7.125	99.275	114.291	6857.461	4602	247236	10000	2500	1875	111.0459	150	7.16533E-03
20	90	1500	110	4.970217	6.575	99.275	111.8702	6712.211	6703	247236	10000	2500	1875	110.8202	150	7.16482E-03
21	80	1333 333333	250	4.826718	7.125	99.275	111.4926	6689.557	4602	247236	10000	2500	1875	111.2267	150	7.15416E-03
22	100	1666 666667	200	5.132248	6.725	99.275	112.3699	6742.191	5223	247236	10000	2500	1875	111.1322	150	7.14419E-03
23	20	333 3333333	200	4.936749	6.725	99.275	118.564	7113.839	5223	247236	10000	2500	1875	110.9367	150	7.13141E-03
24	90	1500	250	4.970217	7.125	99.275	111.8702	6712.211	4602	247236	10000	2500	1875	111.3702	150	7.12471E-03
25	100	1666 666667	110	5.132248	6.575	99.275	112.3699	6742.191	6703	247236	10000	2500	1875	110.9322	150	7.12332E-03
26	20	333 3333333	110	4.936749	6.575	99.275	118.564	7113.839	6703	247236	10000	2500	1875	110.7367	150	7.11076E-03
27	110	1833 333333	200	5.310298	6.725	99.275	112.9681	6778.084	5223	247236	10000	2500	1875	111.3103	150	7.10578E-03
28	100	1666 666667	250	5.132248	7.125	99.275	112.3699	6742.191	4602	247236	10000	2500	1875	111.5322	150	7.0909E-03
29	110	1833 333333	110	5.310298	6.575	99.275	112.9681	6778.084	6703	247236	10000	2500	1875	111.1603	150	7.08617E-03
30	50	833 3333333	300	4.555692	7.875	99.275	111.5913	6695.478	4094	247236	10000	2500	1875	111.7057	150	7.08161E-03
31	20	333 3333333	250	4.936749	7.125	99.275	118.564	7113.839	4602	247236	10000	2500	1875	111.3367	150	7.07845E-03
32	40	666 6666667	300	4.554301	7.875	99.275	112.4392	6746.351	4094	247236	10000	2500	1875	111.7043	150	7.07521E-03
33	60	1000	300	4.611915	7.875	99.275	111.2714	6676.284	4094	247236	10000	2500	1875	111.7619	150	7.07372E-03
34	120	2000	200	5.502553	6.725	99.275	113.6486	6818.919	5223	247236	10000	2500	1875	111.5026	150	7.06516E-03
35	70	1166 666667	300	4.705403	7.875	99.275	111.2733	6676.401	4094	247236	10000	2500	1875	111.8554	150	7.05941E-03
36	110	1833 333333	250	5.310298	7.125	99.275	112.9681	6778.084	4602	247236	10000	2500	1875	111.7103	150	7.05342E-03
37	120	2000	110	5.502553	6.575	99.275	113.6486	6818.919	6703	247236	10000	2500	1875	111.3526	150	7.04504E-03
38	30	500	300	4.645902	7.875	99.275	114.291	6857.461	4094	247236	10000	2500	1875	111.7959	150	7.04383E-03
39	80	1333 333333	300	4.826718	7.875	99.275	111.4926	6689.557	4094	247236	10000	2500	1875	111.9767	150	7.03228E-03
40	130	2166 666667	200	5.707649	6.725	99.275	114.4001	6864.005	5223	247236	10000	2500	1875	111.7076	150	7.0227E-03
41	120	2000	250	5.502553	7.125	99.275	113.6486	6818.919	4602	247236	10000	2500	1875	111.9026	150	7.01227E-03
42	90	1500	300	4.970217	7.875	99.275	111.8702	6712.211	4094	247236	10000	2500	1875	112.1202	150	7.00278E-03
43	130	2166 666667	110	5.707649	6.575	99.275	114.4001	6864.005	6703	247236	10000	2500	1875	111.5376	150	7.0027E-03
44	50	833 3333333	200	4.555692	6.725	100.35	111.5913	6695.478	5223	250036	10000	2500	1875	111.6307	150	6.99111E-03
45	40	666 6666667	200	4.554301	6.725	100.35	112.4392	6746.351	5223	250036	10000	2500	1875	111.6293	150	6.98469E-03
46	60	1000	200	4.611915	6.725	100.35	111.2714	6676.284	5223	250036	10000	2500	1875	111.6869	150	6.98331E-03
47	140	2333 333333	200	5.924529	6.725	99.275	115.2138	6912.831	5223	247236	10000	2500	1875	111.9245	150	6.97668E-03
48	50	833 3333333	410	4.555692	6.575	100.35	111.5913	6695.478	6703	250036	10000	2500	1875	111.4807	150	6.97144E-03
49	130	2166 666667	250	5.707649	7.125	99.275	114.4001	6864.005	4602	247236	10000	2500	1875	112.1076	150	6.96919E-03

Fig. 8 Secventa din calculul eficientei E la nivelul comenzii

Tabelul 3 Eficienta maxima a comenzii

Pretul comenzii [Euro]	Operatiile necesare executarii comenzii			Eficienta maxima a comenzii [Euro/Euro·min]
	strunjire	gaurire	sudare	
150	x	x	x	$7.256 \cdot 10^{-8}$
136.25	x		x	$6.11 \cdot 10^{-8}$
22.5	x	x		$14 \cdot 10^{-8}$
141.25		x	x	$7.4 \cdot 10^{-8}$
127.5			x	$6.09 \cdot 10^{-8}$
8.75	x			$6.26 \cdot 10^{-8}$
13.75		x		$57.5 \cdot 10^{-8}$

B - Descrierea inventiei -

Inventia se refera la o metoda pentru conducerea optima a sistemelor de manufacturare, in conditiile in care acestea executa, la comanda, lucrari de serie mica.

Potrivit inventiei, prin sistem de manufacturare se intelege un ansamblu de statii de lucru, interconectate, care functioneaza integrat, ca un tot unitar, cu o conducere unica, si pe care o societate comerciala le dedica manufacturarii unei anumite clase de produse. In timpul functionarii unui astfel de sistem, la intrare se afla un portofoliu de comenzi, venite de la clienti. O parte a acestor comenzi vor fi acceptate si executate, iar restul vor fi respinse. La iesirea sistemului se afla portofoliul de produse, realizate de acesta pentru a fi livrate clientilor.

Potrivit inventiei, indeplinirea unei comenzi inseamna executarea unui numar de componente care, prin asamblare, formeaza produsul comandat de client. Executarea unei componente inseamna derularea unui numar de operatii. Fiecare operatie se deruleaza la o anumita statie de lucru a sistemului de manufacturare si consta in aceea ca statia de lucru functioneaza o perioada de timp dupa un anumit de program, numit program-piesa.

Prezenta inventie se refera la sistemele de manufacturare folosite pentru realizarea la comanda a produselor mecanice. De aceea, componentele sunt piese mecanice iar statiile de lucru ce compun astfel de sisteme de manufacturare sunt masini unelte, instalatii de sudare, prese, instalatii de tratament termic etc.

In Fig. 1 se prezinta schema functionala a unui sistem de manufacturare ce face obiectul prezentei inventii, precum si modul in care acesta indeplineste comanda cu numarul de ordine i. Aceasta comanda contine, atat componente ce vor fi executate de sistem, cat si componente ce vor fi achizitionate de la terti. Componentele executate de sistem sunt cele cu numerele de ordine ij si i(j-1), in timp ce componenta i(j+1) va fi achizitionata de compartimentul administrativ al sistemului, considerat a fi tot o statie de lucru, la fel ca celelalte, dar cu deosebirea ca nu proceseaza materie (sub forma de materie prima sau semifabricat), ci informatie.

Componenta ij impune derularea operatiilor ij1, ij2 si ij3. Pentru operatia ij1, componenta ij isi va astepta randul sa fie procesata la statia de lucru M2. Dupa ce va fi procesata, va merge la statia de lucru M3, pentru a se derula operatia ij2. Operatia ij3 se va derula la statia de lucru A si va consta in asamblarea componentei ij cu componenta i(j-1), ce a fost manufacturata, si cu componenta i(j+1), ce a fost achizitionata.

Conducerea sistemelor de manufacturare ce face obiectul prezentei inventii este de tipul *conducere dupa program* si consta in elaborarea programului de evolutie in timp a valorilor de referinta ale variabilelor de control (adica variabilele ale caror valori sunt controlate de buclele de control ale statiilor de lucru), urmata de executarea respectivului program, respectand aceste valori ale variabilelor de control. De aceea, in cazul conducerii dupa program, singura actiune, prin care se tine sub control modul in care functioneaza sistemul, este modificarea programului, imediat ce au aparut motive care sa impuna schimbarea modului in care sistemul functioneaza la momentul curent. Pentru a exemplifica astfel de motive, se poate cita aparitia unor noi sarcini de manufacturare (noi comenzi de la clienti, neluate in considerare in momentul elaborarii programului de functionare) sau aparitia unor perturbatii care au generat deviatii semnificative de la program (defectiuni ale unor statii de lucru, de exemplu).

In programarea functionarii unui sistem de manufacturare, componenta structurala bazica este programul-piesa aferent unei operatii tehnologice. Ansamblul programelor-piesa, care sunt concepute astfel incat sa fie posibila executarea unei anumite comenzi primita de la un anumit client, si care sunt corelate, atat in ceea ce priveste valorile parametrilor de proces cat si in ceea ce priveste orarul executarii lor in timp de catre statiile de lucru ce alcatuiesc sistemul de manufacturare, se numeste program-comanda. Un ansamblu de programe-comanda, anume structurat, precum si orarul executarii acestora, se numeste program-sistem si reprezinta programului de evolutie in timp a valorilor de referinta ale tuturor variabilelor controlate de buclele

de control ale statiilor de lucru. Conducerea sistemului de manufacturare inseamna re-elaborarea permanenta a programului-sistem, in asa fel incat, prin aceasta, sa fie atins un anumit obiectiv si sa fie respectate anumite restrictii.

Pe de alta parte, a elabora programul-sistem, corespunzator unui anumit sistem de manufacturare, considerat ca un tot unitar, inseamna a derula urmatoarele actiuni: a) dintre comenzile venite de la clienti, sa fie acceptate acelea pe care sistemul le va executa livrand apoi clientului produsele rezultate, restul urmand a fi respinse b) dintre componentele ce trebuie realizate in scopul executarii comenzilor acceptate, sa fie stabilite acelea pe care statiile de lucru ale sistemului le vor manufactura, restul urmand a fi achizitionate de la terti, c) simultan, pentru toate operatiile executate de statiile de lucru ale sistemului in cursul manufacturarii acestor componente, sa fie stabilite, pe de o parte, valorile parametrilor de proces (valori ce nu sunt independente, asa cum se intampla in prezent, ci corelate intre ele in asa fel incat sa fie atins obiectivul conducerii), urmand a fi inscise in programele-piesa prin intermediul carora statiile de lucru vor executa aceste operatii, si, pe de alta parte, programul executarii in timp a acestor operatii. Derularea acestor trei actiuni trebuie sa aiba loc in asa fel incat sa se asigure, atat atingerea unui anumit obiectiv (de exemplu reducerea la minim a costului), cat si satisfacerea anumitor exigente (de exemplu incadrarea in campurile de toleranta dimensionala sau respectarea termenului de livrare).

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este aceea de a conduce sistemele de manufacturare destinate realizarii de produse mecanice. Orice solutie a acestei probleme se prezinta sub forma unei metode de conducere a sistemelor de manufacturare, aceasta definindu-se si distingandu-se prin i) procedura urmata in vederea indeplinirii celor trei actiuni de mai sus, ii) prin obiectivul ce trebuie atins si iii) prin exigentele ce trebuie satisfacute. Rezultatul aplicarii metodei este programul-sistem, prin intermediul caruia un sistem de manufacturare este condus, incepand cu momentul curent.

Potrivit inventiei, eficienta (EP) reprezinta cel mai bun criteriu de evaluare a performantei unui sistem de manufacturare, intrucat este, atat sintetic (intrucat reflecta motivatia esentiala a procesului de manufacturare), cat si compliant cu cele mai importante aspecte ale performantei. Prin definitie, eficienta este raportul dintre castigul operational si suma blocata sub forma de investitie in mijloacele de productie folosite.

Eficienta poate fi definita la nivel de operatie, componenta sau sistem de manufacturare.

La nivel de operatie, eficienta este definita considerand procesarea unui lot de piese, la o statie de lucru. In cazul operatiei k, necesara pentru obtinerea componentei j de la comanda i, eficienta se defineste cu relatia:

$$EP_{ijk} = \frac{P_{ijk} - c_{ijk}(p_{ijk})}{A_{ijk} \cdot t_{ijk}(p_{ijk})} \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Euro} \cdot \text{min}} \right]$$

unde:

$c_{ijk}(p_{ijk})$ reprezinta cheltuielile operationale, ce depind de constantele si variabilele de proces, cumulate in vectorul p_{ijk} , [Euro];

A_{ijk} reprezinta suma blocata sub forma de investitie [Euro];

$t_{ijk}(p_{ijk})$ reprezinta timpul necesar pentru procesarea lotului de piese [min];

P_{ijk} reprezinta pretul operatiei [Euro].

Acest pret se calculeaza cu relatia:

$$P_{ijk} = (1 + \alpha) \cdot c_{ijk}$$

unde α este rata profitului, aceasta fiind constanta pentru toate operatiile de la toate componentele comenzii k.

Pretul comenzii cu indexul i, P_i , este distribuit pe toate operatiile, de la toate componentele, conform relatiei:

$$P_i = \sum_j \sum_k P_{ijk}$$

La nivelul uneia dintre componentele comenzii, eficienta se calculeaza pe baza datelor corespunzatoare operatiilor aferente respectivei componente. Stiind pentru fiecare dintre aceste operatii pretul P_{ijk} , costul c_{ijk} , suma blocata sub forma de investitie A_{ijk} si timpul t_{ijk} , se poate calcula eficienta cu formula:

$$EP_{ij} = \frac{P_{ij} - \sum_k c_{ijk}(p_{ijk})}{\sum_k A_{ijk} \cdot t_{ijk}(p_{ijk})} \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Euro} \cdot \text{min}} \right]$$

La nivel de comanda, eficienta se calculeaza similar, folosind relatia:

$$EP_i = \frac{P_i - \sum_j \sum_k c_{ijk}(p_{ijk})}{\sum_j \sum_k A_{ijk} \cdot t_{ijk}(p_{ijk})} \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Euro} \cdot \text{min}} \right]$$

La nivelul intregului sistem de manufacturare, eficienta se calculeaza cu relatia:

$$EP_{system} = \frac{\sum (P_{ijk} - c_{ijk}(p_{ijk}))}{A_{system} \cdot t_{period}} \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Euro} \cdot \text{min}} \right]$$

unde A_{system} este suma blocata sub forma de investitie in mijloace de productie, corespunzatoare intregului sistem, iar t_{period} este timpul ce se scurge intre momentul curent si momentul urmatoarei actualizari a programului-sistem.

Actualmente, metodele de conducere a sistemelor de manufacturare au urmatoarele dezavantaje:

- Decizia de acceptare sau de respingere a unei comenzi se ia pe baza factorului termen si a factorului capacitate, in timp ce eficienta ce ar putea fi obtinuta daca o anumita comanda ar fi acceptata este evaluata doar global, si reprezinta doar o conditie, nu un criteriu.
- Intrucat eficienta nu este evaluata la nivelul fiecarei operatii, structura operatiei si masina unalta folosita pentru executarea acesteia nu sunt potrivit selectate (dintr-un numar de optiuni) astfel incat eficienta operatiei sa fie maximizata. In plus, nu se stabilesc alternative pentru situatiile in care fluxul tehnologic este afectat de gatuirea productiei.
- Actualele metode au o slaba capacitate de a se adapta la diferite situatii concrete, intrucat informatia folosita pentru estimare este generala si nu este adaptata cazului concret.
- In prezent controlul masinii unelte se realizeaza independent de caracteristicile comenzii, cum ar fi pretul. Din aceasta cauza, desi, local, controlul masinii este optimal, totusi la nivelul comenzii, eficienta obtinuta nu este maxima.

Metoda pentru conducerea optima a sistemelor de manufacturare, potrivit inventiei, inlatura dezavantajele de mai sus *prin aceea ca*, pentru a conduce sistemul de manufacturare, statiile de lucru ale acestuia implementeaza permanent un program-sistem optimal, care se elaboreaza periodic, in conformitate cu schema prezentata in Fig. 2, si care consta in parcurgerea

urmatoarele etape: in prima etapa se descompune comanda curenta in componente iar componentele in operatii, alcatuind astfel reseaua de procese tehnologice alternative, compusa din cupluri statie de lucru - operatie tehnologica executata de aceasta, operatia tehnologica putand fi de manufacturare, comerciala sau administrativa, asa cum se arata schematic in Fig. 3; in a doua etapa, pentru fiecare dintre cuplurile statie de lucru - operatie tehnologica, ce alcatuiesc reseaua de procese tehnologice alternative, se determina valorilor constantelor de proces ce caracterizeaza definitoriu functionarea cuplului; in a treia etapa, folosind datele obtinute din monitorizarea, in cursul executarii comenzilor precedente, a constantelor si variabilelor de proces ce caracterizeaza definitoriu functionarea cuplurilor statie de lucru – operatie tehnologica, se modeleaza functionarea cuplurilor statie de lucru - operatie tehnologica, existente in cadrul retelei de procese tehnologice, rezultand modelele pentru cost, timp si eficienta ale tuturor acestor cupluri; in a patra etapa se simuleaza implementarea proceselor tehnologice ale retelei, mai intai elaborand programe-sistem alternative iar apoi, pe baza modelelor rezultate in pasul precedent, determinand valorile optime ale variabilelor de proces ce caracterizeaza definitoriu functionarea fiecarui cuplu statie de lucru – operatie tehnologica, dar si valoarea maxima a eficientei sistemului de manufacturare, corespunzatoare acestor valori optime; in a cincea etapa, folosind rezultatele simularii, se alege acela dintre programele-sistem alternative pentru care eficienta evaluata la nivelul sistemului de manufacturare este maxima iar restrictiile de timp si pret ale comenzilor sunt satisfacute; in a sasea etapa se elaboreaza programele-piesa prin intermediul carora se va comanda fiecare cuplu statie de lucru – operatie tehnologic, implementand, atat valorile constantelor de proces stabilite in etapa a doua, cat si valorile variabilelor de proces stabilite in etapa a patra; *si prin aceea ca*, pentru a modela cu mai mare precizie cuplurile statie de lucru – operatie tehnologica, datele folosite pentru constructia modelului sunt obtinute prin monitorizarea constantelor si variabilelor de proces ce caracterizeaza definitoriu functionarea cuplurilor statie de lucru – operatie tehnologica, in cursul executarii comenzilor precedente, iar tehnicile folosite in constructia modelelor se adapteaza cazului concret dupa cum urmeaza: tehnica analitica acopera cazurile proceselor ale caror legiti sunt bine cunoscute, tehnica bazata pe modelare neuronală acopera cazurile cand sunt manufacturate in numar mare produse similare, putin diferite, iar tehnica k-NN acopera cazurile cand exista putine date pentru a construi modelul (productia este foarte diversa si seriile de fabricatie sunt mici).

Inventia prezinta urmatoarele avantaje:

- metoda de conducere optima a sistemelor de manufacturare , potrivit inventiei, pune in acord functionarea sistemului cu dinamica pietii;
- ofera managerului intreprinderii posibilitatea selectarii comenzilor cu efect economic favorabil;
- realizeaza un control optimal si corelat al tuturor proceselor realizare de statiile de lucru ale sistemului;

In continuare se prezinta un exemplu de aplicare a inventiei, in legatura cu urmatoarele figuri:

Figura 1, ce prezinta schema structurala a unui sistem de manufacturare;

Figura 2, ce prezinta schema unei retele tehnologice;

Figura 3, ce prezinta etapele de aplicare a metodei de conducere a unui sistem de manufacturare;

Figura 4, ce prezinta programul-sistem ce s-a derulat pana in momentul curent, unde

F – frezare, R – rectificare, S – strunjire, T – tratament termic, G – gaurire, A – asamblare;

Figura 5, ce prezinta programul-sistem ce se va derula incepand cu momentul curent, unde

F – frezare, R – rectificare, S – strunjire, T – tratament termic, G – gaurire, A – asamblare;

Figura 6 ce prezinta un exemplu de produs comandat de un client, unde
1 – tija; 2 – placa;

Figura 7, ce prezinta variatia eficientei EP in functie de viteza de aschiere;

Figura 8, ce prezinta variatia eficientei EP in functie de viteza de sudare;

Figura 9, ce prezinta variatia eficientei EP in functie de viteza de gaurire.

Aplicarea metodei conform inventiei consta in parcurgerea celor opt etape aratate in figura 3, si anume:

I. Descompunerea cererii curente a clientului

În această primă etapă, cererea este considerată ca o potențială comandă, chiar dacă o decizie cu privire la acceptarea acesteia nu a fost luată încă. În scopul de a lua o astfel de decizie, comanda potențială este prelucrată, pentru a permite generarea de rețele tehnologice. Prelucrarea constă în identificarea tuturor alternativelor referitoare la descompunerea comenzii în componente și în operații. Fiecare operație este definită astfel încât să poată fi realizată prin utilizarea uneia dintre stațiile de lucru ale sistemului de manufacturare. Definirea constă în a stabili stația de lucru ce va fi utilizată și stadiul produsului, înainte și după executarea operației. Rezultatul este diagrama rețelei tehnologice a comenzii, asociată cu definițiile tuturor operațiilor, așa cum se arată schematic în Figura 2.

II. Caracterizarea cuplurilor stație de lucru – operație tehnologică ce formează rețeaua tehnologică a comenzii

Pentru fiecare dintre cuplurile stație de lucru - operație tehnologică, ce alcătuiesc rețeaua de procese tehnologice alternative, se determină valorile constantelor de proces, ce caracterizează definitiv funcționarea cuplului.

III. Modelarea cuplurilor stație de lucru – operație tehnologică ce formează rețeaua tehnologică a comenzii

Acest pas constă în modelarea operațiilor pentru realizarea comenzii, folosind o tehnică adecvată (cum ar fi, de exemplu, modelarea neuronală). Pentru fiecare resursă a sistemului de manufacturare, aceste tehnici de modelare au fost a priori și definitiv stabilite. Fiecare operație este modelată prin utilizarea uneia dintre aceste tehnici. Ca variabile de ieșire ale modelului sunt considerate costul, timpul, eficiența sistemului de manufacturare și valoarea investiției, în timp ce variabilele de intrare sunt selectate din setul de caracteristici ale resurselor, în scopul de a obține cel mai bun model al operației.

În plus, un set de date care conține experiența din trecut a resurselor este permanent actualizat prin înregistrarea datelor rezultate după finalizarea operației curente.

IV. Alcatuirea lotului de comenzi format din comenzile existente în portofoliu

Pentru procesarea concurenței a comenzii curente, comenzile existente în portofoliu sunt grupate periodic, în acest fel formând lotul actual al comenzilor. Numai comenzile găsite în portofoliu sunt luate în considerare. Ele sunt fie noi, fie returnate. Regula de alcatuire a lotului de comenzi poate fi: i) sunt luate primele N comenzi, în timp ce altele sunt amânate sau ii) sunt luate toate comenzile găsite în portofoliu la acel moment. Dimensiunea perioadei la care comenzile sunt grupate și evaluate concurențial este stabilită în funcție de fluxul de comenzi și de datele scadente. În funcție de politica companiei, alcatuirea lotului de comenzi poate avea loc fie la anumite date, fie la intervale regulate de timp.

V. Simularea indeplinirii comenzilor ce formeaza lotul curent de comenzi

Lotul actual al comenzilor este analizat în scopul de a împărți comenzile în trei grupe: acceptate, respinse și returnate în portofoliu. În acest scop, pentru fiecare comanda, eficienta sistemului este evaluată, prin utilizarea modelelor operațiilor pregătite la pasul III. Comenzile aparținând lotului actual sunt în continuare ordonate în funcție de valorile eficienței. Apoi, grupuri de una sau mai multe comenzi sunt pregătite. Un astfel de grup conține acele comenzi care ar putea fi acceptate. Comenzile care nu sunt incluse în grup vor fi respinse sau returnate înapoi la portofoliu.

Algoritmul de grupare a comenzilor conține două acțiuni generice, și anume gruparea comenzilor și evaluarea performanțelor. Pentru a face un grup, succesiv, în ordinea descrescătoare a valorii eficienței sistemului, acceptarea fiecărei comenzi este simulată, prin luarea în considerare a încărcării stațiilor de lucru și a datei scadente a fiecărei comenzi. Criteriul de performanță este eficienta sistemului, evaluată la nivelul întregului sistem de manufacturare și pentru întreaga perioadă curentă. Restricțiile sunt datele scadente ale comenzii.

Grupurile de comenzi pregătite (de exemplu în funcție de conținutul și performanța lor), în cele din urmă sunt transmise unui decident, în scopul a lua o decizie pentru urmatorul pas.

Fig. 4 și 5 prezintă, cu titlu de exemplu, diagrama programului-sistem, înainte, respectiv după simulare.

Pentru cazul înainte de simulare, în Fig. 4 se prezintă programul-sistem care a fost valabil până în momentul în care un nou lot de comenzi vine pentru simulare. La momentul curent, în lucru se afla două comenzi, și anume comanda 1, cu cele patru componente 11; 12; 13; 14 și data scadentă DD1 = 21, și comanda 2 cu cele 2 componente 21, 22 și data scadentă DD2 = 19. Încărcarea celor șase locuri de munca, și anume F, R, S, T, G, și A poate fi văzută în diagramă.

Pe de altă parte, noul lot de comenzi constă în realizarea a patru comenzi, și anume comenzile 3, 4, 5 și 6 cu următoarele date scadente: DD3 = 29, DD4 = 22, DD5 = 28, și DD6 = 23.

Luând în considerare rețeaua tehnologică a comenzii 3, s-a stabilit că eficienta maximă a sistemului ar putea fi obținută atunci când acesta comandă va consta din componentele 31, 32, 33, care pot fi realizate prin finalizarea operațiilor prezentate în diagramă. În mod similar, activitățile și operațiile lor, corespunzătoare pentru comenzile 4, 5, și 6 au fost stabilite. Valorile maxime ale eficienței sistemului (EP) pentru cele patru comenzi noi (și anume EP3 = 3.432; EP4 = 3.336; EP5 = 2.568; EP6 = 2.542), precum și clasamentul lor sunt prezentate în diagramă.

VI. Luarea deciziei asupra lotului curent de comenzi

Două alternative au fost evidențiate ca urmare a pasului anterior. În conformitate cu prima alternativă, comenzile 3 și 5 sunt acceptate, în timp ce comenzile 2 și 4 sunt respinse. Conform cu a doua alternativă, comanda 3 este acceptată, comenzile 2 și 4 sunt respinse, în timp ce comanda 5 este returnată în portofoliu (pentru a fi inclusă în lotul de comenzi). Prima alternativă a fost adoptată, deoarece, printre altele, eficienta sistemului, evaluată la nivelul întregului sistem de manufacturare și pentru toată perioada curentă, este mai mare (EP = 2.952). Diagrama programului-sistem, care rezultă din simularea acestei alternative, este prezentată în Fig. 5.

VII. Actualizarea optimă a programului-sistem

Bazinul de comenzi constă în comenzile 1, 2, 3 și 5 ca urmare a pasului anterior. Operațiile lor ar trebui să fie îndeplinite în conformitate cu diagrama programului-sistem prezentată în Fig. 5.

În cazul în care, la un moment dat, în timpul procesului de producție real, apare o abatere de la această diagramă, atunci o nouă diagramă este elaborată. Punctul de pornire este starea la momentul dat, în timp ce tehnica de programare este aceeași ca și în simulare.

VIII. Implementarea versiunii actualizate a programului-sistem

Pentru multe dintre stațiile de lucru ale sistemului, costul și timpul depind de intensitatea procesului. Aceasta din urmă este stabilită în timpul programării ciclului de funcționare a stației de lucru. Pe de altă parte, potrivit invenției, compromisul dintre cost și timp se obține prin

considerarea eficienței EP drept criteriu pentru evaluarea performanței. În plus, trebuie observat că eficiența depinde de prețul produsului.

Aceste aspecte conduc la posibilitatea de maximizare a eficienței EP printr-o programare a stației de lucru care să fie corelată cu nivelul prețului produsului. Acțiunea realizată în acest ultim pas al metodei propuse este de a elabora pe aceste baze programul-piesa al stației de lucru.

Pentru exemplificare, să considerăm cazul unei stații de lucru care efectuează o anumită operație tehnologică. Realizarea unui program-piesa pentru aceasta operație include determinarea acelor valori ale parametrilor de proces care, luând în considerare prețul produsului, duc la o valoare maximă a eficienței sistemului.

În continuare se prezintă rezultatele obținute la aplicarea metodei în cazul unui client ce a comandat executarea piesei din figura 6.

1. Descompunerea comenzii curente

În vederea evaluării eficienței la nivel de comandă va trebui să calculăm eficiența la nivel de componente și la nivel de operații. Pentru aceasta, comanda se descompune în componenta 1 (tijă 1) și componenta 2 (placă 2), așa cum se vede în Fig. 6.

Pentru realizarea componentei 1 este necesară operația de strunjire. Pentru realizarea componentei 2 sunt necesare operațiile de gaurire și sudare.

2. Modelarea operațiilor

Operația de strunjire, k , este modelată analitic pe baza relației :

$$E_{ijk} = \frac{P_{ijk} - c_{ijk}(p_{jkn})}{A_{ijk} \cdot t_{ijk}(p_{jkn})} \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Euro} \cdot \text{min}} \right]$$

unde: c_{ijk} este costul operației, dat de relația:

$$c_{ijk} = C_{amijk} + C_{pijk} + c \cdot S_{ijk} \cdot N_{ijk}$$

C_{amijk} - costul manoperei auxiliare pentru realizarea operației k de la componenta j (în cazul nostru componenta 1) [euro]:

$$C_{amijk} = \frac{C_{mijk} \cdot N_{ijk}}{4}$$

C_{mijk} - costul manoperei operației k de la componenta j .

În cazul operației de strunjire ce face parte din componenta 1, $C_{mijk} = 2.75$ Euro.

N_{ijk} - numărul de bucăți prelucrate

C_{pijk} - costul de pregătire al operației k de la componenta j [Euro].

În cazul operației de strunjire, $C_{pijk} = 2.7$ Euro.

$$c = \frac{c_{\tau}}{10vs} + \frac{\tau_{sr}c_{\tau} + c_s}{10Tvs} + \frac{t \cdot c_{mat}}{10} + \frac{K_e c_e}{10000vs} + \frac{C_M}{10K_M} v^{\alpha-1} s^{\beta-1} t^{\gamma} \quad [\text{Euro}/\text{cm}^2],$$

în care:

c_{τ} este costul unui minut de utilizare a locului de muncă; $c_{\tau} = 0.45$ Euro/min

τ_{sr} - timpul necesar pentru schimbarea și reascutirea sculei [min]; $\tau_{sr} = 10$ min

c_s - costul sculei între două reascutiri succesive; $c_s = 20$ Euro

c_{mat} - costul pentru îndepărtarea unui cm^3 de material de adaos; $c_{mat} = 0.008/\text{cm}^3$

c_e - costul unui KWh de energie electrică; $c_e = 0.23$ Euro/KWh

K_e - coeficient de energie [Wh/min]; $K_e = 15$ Wh/min

K_M - coeficient al mașinii-unelte; $K_M = 5.4 \cdot 10^6$

C_M - costul mașinii-unelte [Euro]; $C_M = 100000$ Euro

v – viteza de aschiere [m/min];
 s – avansul de aschiere [mm/rot]; $s=0.15$ mm/rot
 t – adancimea de aschiere [mm]; $t=3$ mm
 $\alpha=\beta=\gamma=0.5$;
 T – durabilitatea sculei,

$$T = \left[\frac{470}{v} \right]^{2.5} [\text{min}]$$

S_{ijk} – suprafata prelucrata [cm^2]; $S_{ijk} = 281.34 \text{ cm}^2$

Pentru aceeasi operatie de prelucrare mecanica, modelul timpului de incarcare a masinii unelte pentru realizarea operatiei k a reperului j a comenzii i este:

$$t_{ijk} = t_{pijk} + t_{aijk} \cdot N_{ijk} + \tau \cdot S_{ijk} \cdot N_{ijk}$$

unde:

t_{pijk} este timpul de pregatire al operatiei; $t_{pijk}=60$ min

t_{aijk} – timpul auxiliar al operatiei; $t_{aijk}=4.4$ min

$$t_{aijk} = 0,2 \cdot t_{uijk}$$

t_{uijk} - timpul unitar pentru realizarea operatiei; $t_{uijk}=22$ min

τ - timpul specific necesar pentru indepartarea unui cm^2 de material, dat de relatia:

$$\tau = \frac{T + \tau_{sr}}{10 \cdot T \cdot v \cdot s} [\text{min}/\text{cm}^2]$$

Retinem ca variabila de control a procesului de aschiere este viteza de aschiere, v .

Reprezentand grafic eficienta operatiei de strunjire in functie de viteza de aschiere se observa ca exista o valoare maxima a eficientei pentru o valoare optima a vitezei de aschiere (Fig.7). De exemplu, pentru un numar de bucati $N=2$, valoarea maxima a eficientei, $E=-0.0002898$ %/ora cand $v=40$ m/min; $N=5$, valoarea maxima a lui $EP=0.0496663$ %/ora pentru o viteza de aschiere $v=50$ m/min, pentru $N=10$, valoarea maxima a lui $E=0.079419$ %/ora pentru $v=50$ m/min si in cazul cand $N=50$, valoarea maxima a lui $EP=0.112742971$ %/ora pentru $v=50$ m/min.

Se observa ca in functie de numarul de bucati de prelucrat N , alegand viteza de aschiere optima se poate obtine un EP maxim, adica se poate realiza un control optimal al operatiei de strunjire.

Operatia de sudare din cadrul componentei 2 se modeleaza cu ajutorul tehnicii retelelor neuronale.

Gasirea celui mai bun model dat de retea neuronală este modalitatea practica de a determina relatiile de cauzalitate dintre variabile, astfel incat sa putem determina clusterelor de variabile.

Cu ajutorul retelei neuronale se compara variabilele, fiecare cu fiecare, obtinandu-se seturi/clustere de variabile care se afla in relatii de cauzalitate. Obtinerea clusterelor se face printr-o aplicatie informatica, practic antrenand retea neuronală cu valorile din baza de date si determinand acele variabile intre care exista legaturi de cauzalitate.

Din baza de date a variabilelor operatiei de sudare (Tabelul 1) pe care le notam cu $v1, v2, \dots, v12$, consideram coloana 12 care contine valorile variabilei $v11$ - costul operatiei de sudura. Cu ajutorul unei retele neuronale, determinam care sunt cele mai bune relatii de legatura cu celelalte coloane. Rezulta ca cele mai bune relatii de dependenta sunt cele cu coloanele $v1$ - lungimea cordonului de sudura, $v2$ - numarul de treceri, $v6$ - numarul de bucati si $v4$ - viteza de sudare. Va rezulta un cluster de variabile ($v3, v4, v6, v8$). Cu datele din baza de date aferenta variabilelor clusterului se antreneaza retea neuronală. Reteaua antrenata este modelul cautat si, prin interogare, putem afla valoarea variabilei de interes, costul operatiei- $v11$. Apoi efectuam aceleasi actiuni, dar comparand coloana 10 care contine valorile variabilei $v9$ - timpul operatiei de sudare cu celelalte coloane. Va rezulta un cluster de variabile care va fi tripletul ($v3, v4, v6$). Si de aceasta data, retea neuronală antrenata este modelul cautat si, prin interogare, putem afla valoarea variabilei de interes, timpul operatiei- $v9$.

Cunoscand costul, timpul, valoarea investitiei si pretul obtinut in urma negocierii cu clientul pentru operatia de sudare, se calculeaza EP pentru operatia de sudare.

Curba de variatie a eficientei EP functie de viteza de sudare, considerata ca fiind parametrul de control al procesului de sudare, este reprezentata in Fig. 9 si, din analiza acesteia, se observa ca exista o valoare de maxim a eficientei $EP=0.039392\%$ /ora pentru viteza de sudare $v=5.2\text{ mm/s}$, care este viteza optima. Deci, in timpul operatiei de sudare se poate regla viteza de sudare astfel incat eficienta operatiei sa fie maxima. Se face astfel un control al operatiei de sudare.

Operatia de gaurire din cadrul componentei 2 se modeleaza cu ajutorul tehnicii data mining, folosind un produs informatic realizat in mediul de programare Visual FoxPro si C++ care apeleaza biblioteca matematica MatLab. Vom considera pentru inceput o secventa aleatoare din baza de date a operatiei de gaurire (Tabelul 2), in care regasim notatiile v_i , cu $i=1, \dots, 10$.

Sa consideram ca cerintele clientului sunt: $v_1=OL\ 37$; $v_2=21$; $v_3=6$; $v_6=82$.

La nivel operational clusteringul variabilelor are la baza utilizarea facilitatii "best model" pe care o ofera tehnica retelelor neuronale aplicata setului de date experimentale. In urma utilizarii programului informatic, variabilele de interes (costul si timpul notate v_7 si v_9) necesare calculului eficientei EP a operatiei de gaurire sunt dependente de alte variabile, dupa cum urmeaza:

$$v_7 = (v_2, v_4, v_5)$$

$$v_9 = (v_2, v_3, v_6).$$

Rezulta ca:

$$EP = \frac{\text{Pret} - \text{cost}}{\text{Valoarea investitiei} \times \text{timp}} (v_2, v_3, v_4, v_5).$$

Pentru clusteringul starilor, vom alege din baza de date acele linii pentru care distanta comuna va fi minima, efectuand astfel clusteringul liniilor cu distanta comuna minima. Se va selecta in acest fel un set de date care are calitatea ca acestea vor fi in vecinatatea cerintelor clientului si de aceea modelul matematic poate fi unul liniar, rezultand urmatoarele modele matematice pentru cost si timp in operatia de gaurire:

$$v_9 = a_0 + a_1 v_2 + a_2 v_4 + a_3 v_5$$

$$v_7 = b_0 + b_1 v_2 + b_2 v_3 + b_3 v_4$$

Retinand primele 4 stari, conform algoritmului k-NN se obtine un sistem algebric pentru cost si timp. Rezolvand sistemul, se obtin solutiile pentru determinarea coeficientilor modelului matematic. Modelele liniare obtinute pentru cost si timp sunt modele locale, pentru ca sunt valabile numai in vecinatatea starii in legatura cu care sunt interogate, si efemere, intrucat dupa interogare sunt abandonate. Metoda are un bun nivel de precizie deoarece se construiesc un model matematic pentru fiecare serie de date de intrare. Mai mult, in urma verificarii practice a solutiei rezultate la negocierea cu clientul, aceasta se va adauga la tabelul initial de date experimentale, imbogatind astfel baza de date cu o noua experienta.

Considerand viteza de gaurire, v , ca fiind parametrul de control al procesului, reprezentam grafic variatia lui eficientei EP functie de v (Fig. 9). Se observa ca, si in cazul operatiei de gaurire, eficienta EP are o valoare maxima pentru o anumita valoare a vitezei, adica pentru viteza optima. In cazul operatiei de gaurire, viteza optima este $v=227\text{ rot/min}$.

3. Modelarea comenzii

In vederea evaluarii eficientei, EP, la nivel de comanda se utilizeaza urmatoarea relatie:

$$EP_i = \frac{P_i - \sum_j \sum_k c_{ijk} (p_{jkn})}{\sum_j \sum_k A_{ijk} \cdot t_{ijk} (p_{jkn})} = \frac{(P_{i11} + P_{i21} + P_{i22}) - (c_{i11} + c_{i21} + c_{i22})}{A_{i11} \cdot t_{i11} + A_{i21} \cdot t_{i21} + A_{i22} \cdot t_{i22}} \quad \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Euro} \cdot \text{min}} \right]$$

unde:

$P_{i11}, P_{i21}, P_{i22}$ reprezinta pretul operatiei de strunjire, sudare si respectiv gaurire ;

$c_{i11}, c_{i21}, c_{i22}$ - costul operatiei de strunjire, sudare si respectiv gaurire ;

A_{i11} , A_{i21} , A_{i22} - valoarea investitiei operatiei de strunjire, sudare si respectiv gaurire ;
 t_{i11} , t_{i21} , t_{i22} - timpul de realizare a operatiei de strunjire, sudare si respectiv gaurire.

Prin simulari numerice, pentru cazul a 14 valori ale vitezei de aschiere, a 11 valori ale vitezei de gaurire si a 13 valori ale vitezei de sudare s-au obtinut 2002 valori ale eficientei EP a comenzii. Valoarea maxima a eficientei EP a fost obtinuta pentru viteza de strunjire, $v = 50\text{m/min}$, viteza de gaurire, $v = 200\text{ rot/min}$ si viteza de sudare, $v = 5.2\text{mm/s}$. Valoarea maxima obtinuta pentru eficienta EP este $7.25 \cdot 10^{-8} \left[\frac{\text{Euro}}{\text{Euro} \cdot \text{min}} \right]$.

Asemanator se calculeaza eficienta EP pentru celelalte comenzi aflate in bazinul de comenzi. In final se odoneaza descrescator valorile obtinute pentru eficienta EP a tuturor comenzilor. Se opresc acele comenzi pentru care eficienta EP maxima calculata aduce companiei efectul economic scontat. Celelalte comenzi vor fi respinse. Rezulta ca, managerul va avea o imagine de ansamblu pentru eficienta comenzilor primite pentru a decide pe baze obiective acceptarea comenzilor.

Analizand datele din Tabelul 3, managerul se poate decide daca sa execute sau nu in cadrul companiei sale toate componentele necesare realizarii comenzii.

In cazul obtinerii unei valori nesatisfacatoare a eficientei EP pentru companie, managerul poate opta pentru externalizarea operatiei respective. Astfel, cand compania executa numai operatia de gaurire si externalizeaza celelalte doua operatii, se obtine cea mai mare valoare a eficientei ($EP = 57.5 \cdot 10^{-8}$). Daca executa numai operatia de sudare, atunci se obtine eficienta cea mai scazuta ($EP = 6.09 \cdot 10^{-8}$).

4. Observatii generale

Din analiza figurilor 7, 8 si 9, care prezinta variatia eficientei EP functie de intensitatea procesului se observa ca valoarea maxima a eficientei se obtine pentru $v = v_{\text{optim}}$. In cazul in care $v \neq v_{\text{optim}}$ atunci valoarea eficientei este mai mica. De exemplu, in cazul strunjirii, pentru un numar de 5 bucati, daca $v = 100\text{m/min}$ atunci $E = 0.031\%/ora$. Se inregistreaza o scadere a eficientei E de 34% fata de cazul cand $v = v_{\text{optim}} = 50\text{m/min}$. Daca se modifica numarul de bucati de la $N = 5$ la $N = 50$ atunci valoarea eficientei EP va creste de aproximativ doua ori.

In cazul operatiei de gaurire, daca viteza de lucru este de $v = 100\text{ rot/min}$ se inregistreaza o scadere a eficientei EP de 1.3 ori fata de cazul cand se lucreaza cu viteza optima, $v = 227\text{rot/min}$.

In cazul operatiei de sudare, daca procesul se executa cu viteza de $v = 2.2\text{ mm/s}$ atunci valoarea eficientei EP va scadea de 78 de ori fata de cazul cand se lucreaza cu $v = v_{\text{optim}} = 5.2\text{mm/s}$.

Tabelul 1 Secventa din tabloul variabilelor operatiei de gaurire

Nr. crt.	Tip material	Tip sudura	Lungime cordón sudura [mm]	Numar treceri	Intensitatea curentului [A]	Viteza de sudare [mm/s]	Cantitate de sarma de sudura [m]	Numar bucati	Timp de sudare [s]	Consum de energie [Kw/h]	Cost pe operatie [Euro]	Cantitate deseuri [Kg]
-	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10	v11	v12
1	OL 52	colt	501	3	200	10.2	4.2	63	1375	10.521	78.9	15.781
21	OL 37	colt	503.5	9	204	5.1	4.85	103	6758	52.898	388.9	77.791
40	OL 52	colt	490	4	197	8.2	4.60	59	11243	12.656	96.3	19.273
52	OL 42	colt	515	10	188	9.2	5.20	52	2459	27.970	223.1	44.633
64	OL 52	colt	521	11	191	8.15	4.1	92	6066	55.947	439.3	87.875

Tabelul 2 Secventa din tabloul variabilelor operatiei de gaurire

Nr. crt.	Tipul materialului	Diametrul gaurii [m]	Numar de gauri	Viteza de gaurire [mm/s]	Avansul de gaurire [mm/s]	Numar de bucati	Timpul de gaurire [s]	Consum de energie [kW/ora]	Cost pe operatie [euro]	Cantitate deseuri [Kg]
-	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10
6	OL 37	17.55	8	3.2	0.75	77	2459	13.17	158.10	75.89
14	OL 37	28.6	6	3.2	0.45	65	2410	29.53	265.8	127.60
31	OL 37	32.6	7	5.1	0.2	70	4011	41.32	433.9	208.30
38	OL 37	22.5	8	4.15	0.45	73	11243	20.53	246.3	118.26
47	OL 37	20.5	7	6.2	0.65	68	2983	15.87	166.6	80.01
60	OL 37	22.55	9	6.25	0.42	132	2459	37.29	503.9	241.64
73	OL 37	29.5	13	6.1	0.67	77	3998	37.22	725.9	348.44
83	OL 37	21.55	10	2.2	0.5	73	10256	18.83	282.5	135.60
92	OL 37	18.6	13	5.05	0.9	43	8201	8.26	161.1	77.35

Tabelul 3 Eficienta maxima a comenzii

Pretul comenzii [Euro]	Operatiile necesare executarii comenzii			Eficienta maxima a comenzii [Euro/Euro-min]
	strunjire	gaurire	sudare	
150	x	x	x	7.256-10-8
136.25	x		x	6.11-10-8
22.5	x	x		14-10-8
141.25		x	x	7.4-10-8
127.5			x	6.09-10-8
8.75	x			6.26-10-8
13.75		x		57.5-10-8

D - Revendicari -

1. Metoda pentru conducerea sistemelor de manufacturare, caracterizata *prin aceea ca*, pentru a conduce sistemul de manufacturare, statiile de lucru ale acestuia implementeaza permanent un program-sistem optimal, elaborat periodic, in conformitate cu schema prezentata in Fig. 2, si care consta in parcurgerea urmatoarelor etape: in prima etapa se descompune comanda curenta in componente iar componentele in operatii, alcatuind astfel reseaua de procese tehnologice alternative, compusa din cupluri statie de lucru - operatie tehnologica executata de aceasta, operatia tehnologica putand fi de manufacturare, comerciala sau administrativa, asa cum se arata schematic in Fig. 3; in a doua etapa, pentru fiecare dintre cuplurile statie de lucru - operatie tehnologica, ce alcatuiesc reseaua de procese tehnologice alternative, se determina valorile constantelor de proces, ce caracterizeaza definitiv functionarea cuplului; in a treia etapa, folosind datele obtinute din monitorizarea, in cursul executarii comenzilor precedente, a constantelor si variabilelor de proces ce caracterizeaza definitiv functionarea cuplurilor statie de lucru - operatie tehnologica, se modeleaza functionarea cuplurilor statie de lucru - operatie tehnologica, existente in cadrul retelei de procese tehnologice, rezultand modelele pentru cost, timp si eficienta ale tuturor acestor cupluri; in a patra etapa se simuleaza implementarea proceselor tehnologice ale retelei, mai intai elaborand programe-sistem alternative iar apoi, pe baza modelelor rezultate in pasul precedent, determinand valorile optime ale variabilelor de proces ce caracterizeaza definitiv functionarea fiecarui cuplu statie de lucru - operatie tehnologica, dar si valoarea maxima a eficientei sistemului de manufacturare, corespunzatoare acestor valori optime; in a cincea etapa, folosind rezultatele simularii, se alege acela dintre programele-sistem alternative pentru care eficienta, evaluata la nivelul sistemului de manufacturare, este maxima iar restrictiile de timp si pret ale comenzilor sunt satisfacute; in a sasea etapa se elaboreaza programele-piesa prin intermediul carora se va comanda optimal fiecare cuplu statie de lucru - operatie tehnologic, implementand prin aceasta, atat valorile constantelor de proces stabilite in etapa a doua, cat si valorile variabilelor de proces stabilite in etapa a patra; *si prin aceea ca*, pentru a modela cu mai mare precizie cuplurile statie de lucru - operatie tehnologica, datele folosite pentru constructia modelului sunt obtinute prin monitorizarea constantelor si variabilelor de proces ce caracterizeaza definitiv functionarea cuplurilor statie de lucru - operatie tehnologica, in cursul executarii comenzilor precedente, iar tehnicile folosite in constructia modelelor se adapteaza cazului concret dupa cum urmeaza: tehnica analitica acopera cazurile proceselor ale caror legiti sunt bine cunoscute, tehnica bazata pe modelare neuronală acopera cazurile cand sunt manufacturate in numar mare produse similare, putin diferite, iar tehnica k-NN acopera cazurile cand exista putine date pentru a construi modelul (productia este foarte diversa si seriile de fabricatie sunt mici).

C - Figuri -

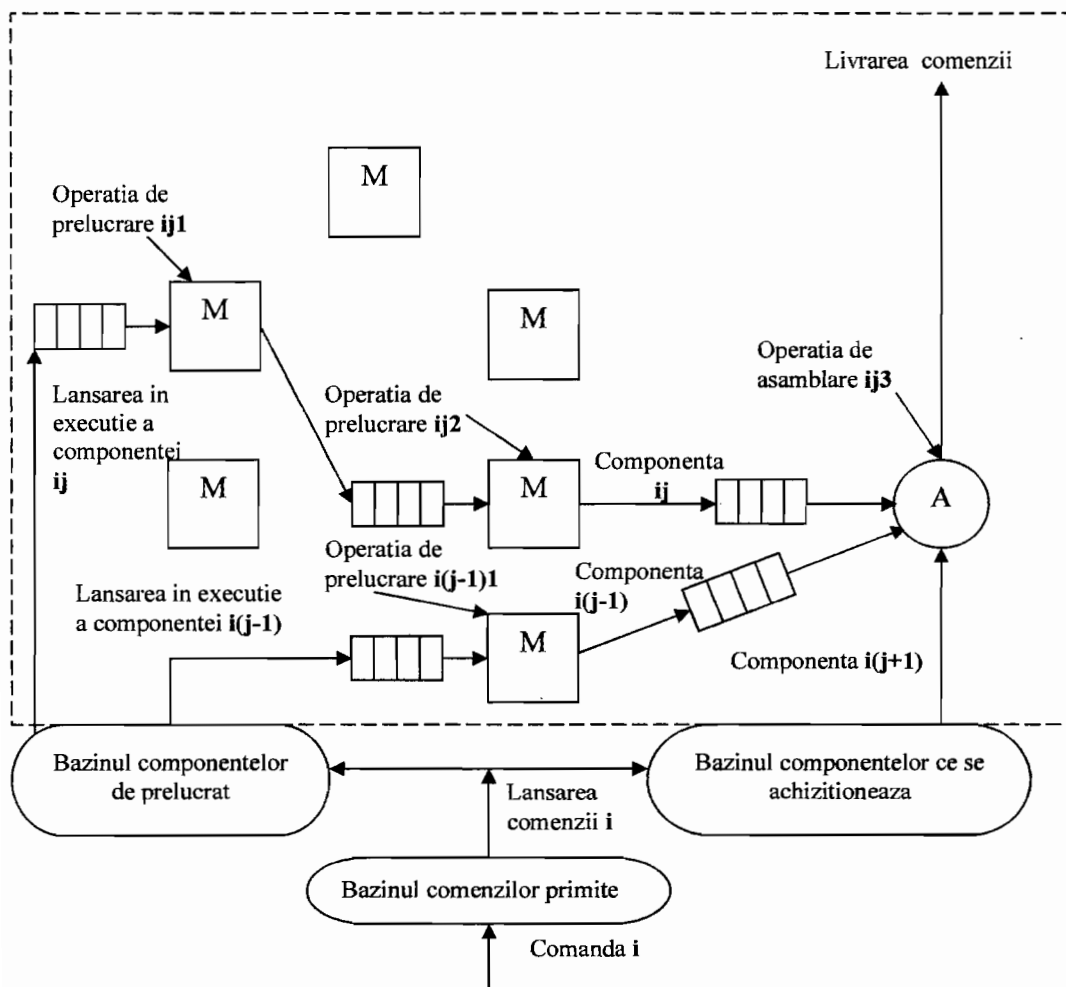


Figura 1

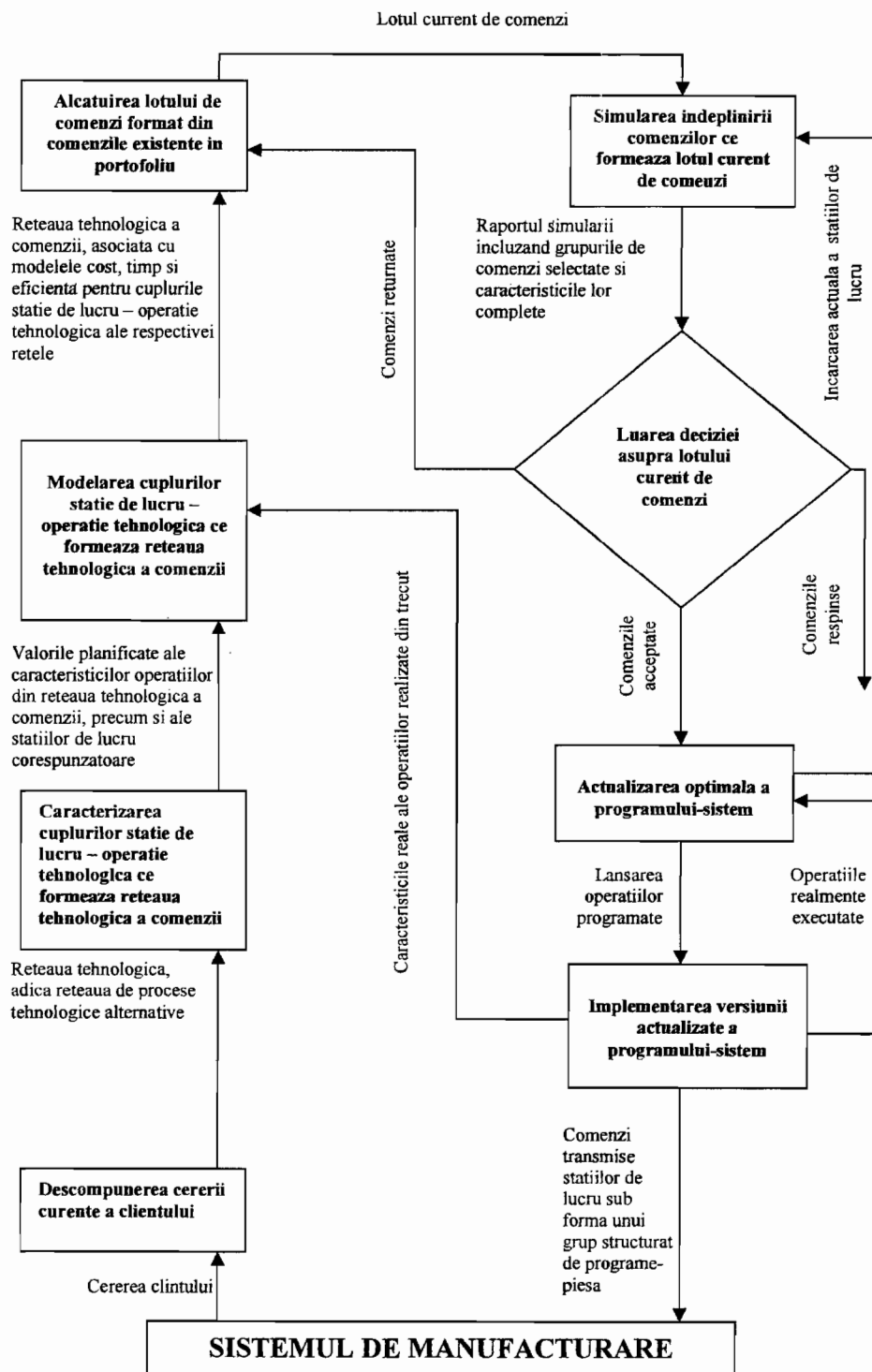


Figura 2

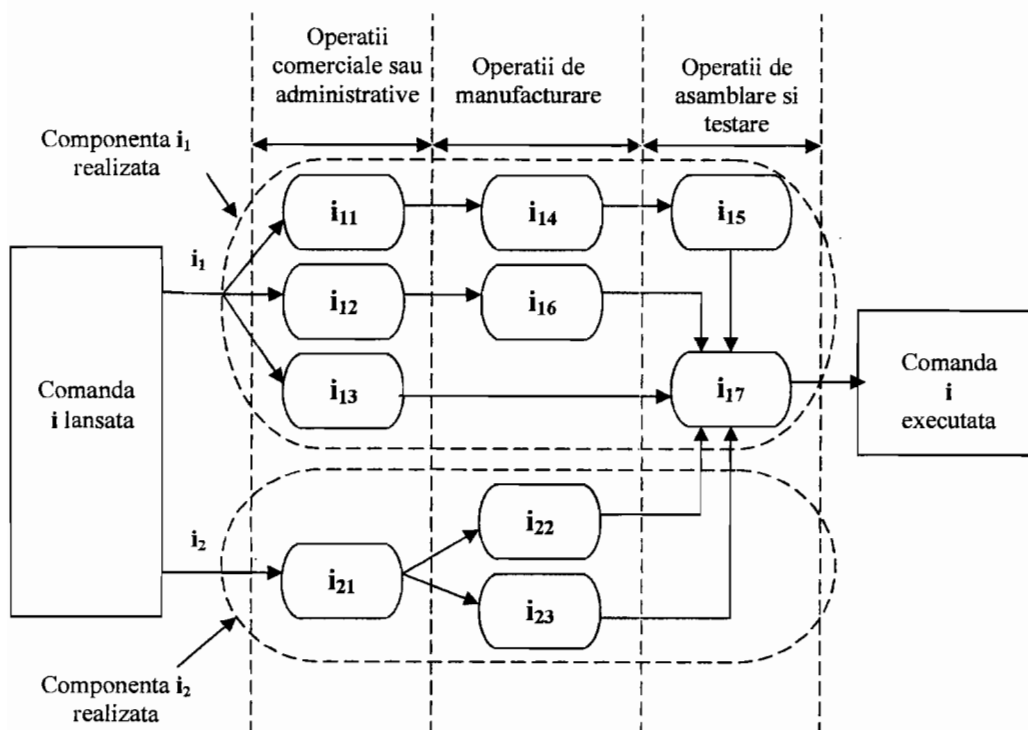


Figura 3

Timpul	30							DD3								DD5																
	29																															
	28																															
	27															DD4																
	26																															
	25																															
	24															DD6																
	23																															
	22																															
	21							DD1																								
	20							A																					A			
Perioada curenta EP=2,952 [%/zi]	19				DD2			A																								
	18				A																											
	17				R	R	S	A			F	T		R	A			F	S	R												
	16				G	S							T																			
	15					T		S				G	S			G		S	T													
	14																															
	13				R																											
Perioada precedenta EP=2,9041 [%/zi]	12																															
	11																															
	10	T																														
	9																															
	8																															
	7																															
	6																															
Perioada precedenta EP=2,9041 [%/zi]	5	G																														
	4																															
	3	S																														
	2																															
	1	F	G																													
Indexul componentei	11	12	13	14	21	22	31	32	33	41	42	43	44	45	51	52	53	61	62	63	64											
Indexul comenzi	1				2		3			4					5			6														
Eficienta EP a comenzii	3.168				3.096		3.432			3.336					2.568			2.542														
	Comenzi in derulare						Comenzile ce formeaza lotul curent																									

Figura 4

Timpul	30																																																														
	29																						DD3																																								
	28																											DD5																																			
	27																									A																																					
	26																														A																																
	25																																	S																													
	24																																				T																										
	23																																							S																							
	22																																										T																				
	21																																													DD1																	
	20																																																G														
	19																																																			A											
	18																																																						DD2								
	17																																																									A					
	16																																																												S		
15	R																																																														
14				G																																																											
13							S																																																								
12										F																																																					
11													F																																																		
10																T																																															
9																			R																																												
8																						G																																									
7																									T																																						
6																												S																																			
5																															G																																
4																																		F																													
3																																					Accepiat																										
2																																								Respins																							
1																																											Accepiat																				
Indexul componentei																																														11	12	13	14	21	22	31	32	33	41	42	43	44	45	51	52	53	61
Indexul comenzii				1																																										2		3			4					5			6				
Eficienta EP a comenzii				3.168				3.096																																						3.432			3.336					2.568			2.592						
Comenzi in derulare									Comenzile ce formeaza lotul curent																																																						

Figura 5

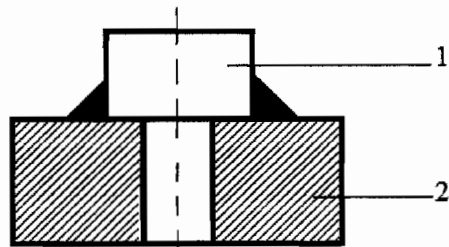


Figura 6

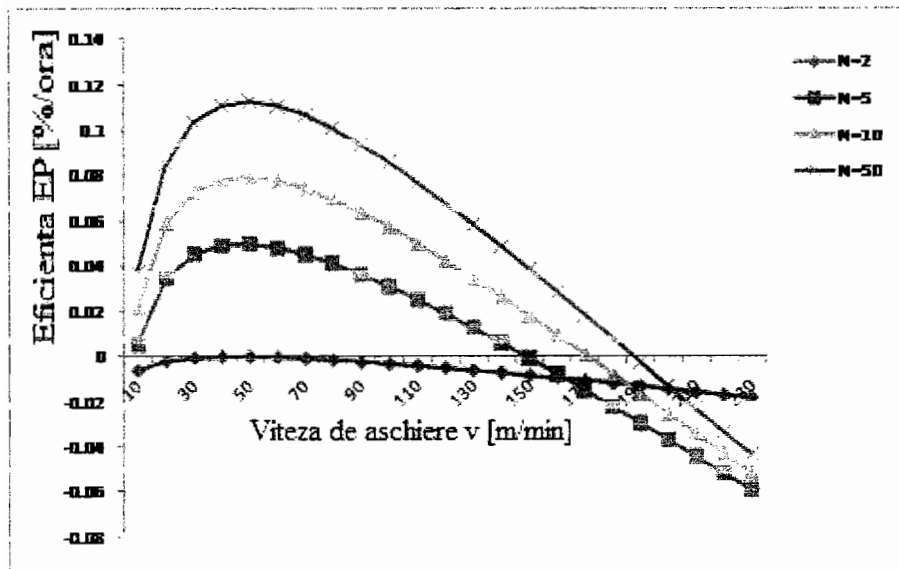


Figura 7

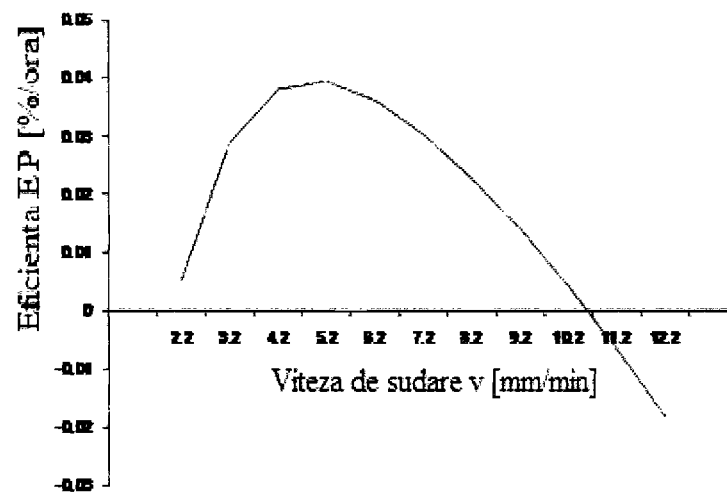


Figura 8

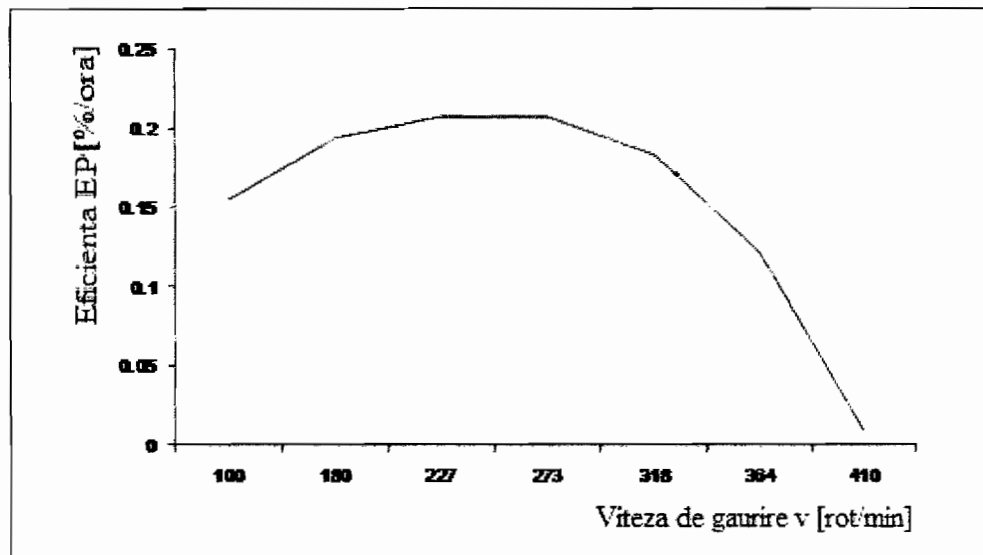


Figura 9