

Elemente privind dinamica automatizării industriale și a creșterii performanțelor de flexibilitate și de progres tehnologic

FLEXIBILITATEA ȘI PROGRESUL TEHNOLOGIC

PRODUCTIVITATEA, O CERINȚĂ FUNDAMENTALĂ A PRODUCȚIEI INDUSTRIALE

Dezvoltarea economico-socială în perspectiva celei de-a doua revoluții industriale preocupă în cel mai înalt grad oamenii de știință din toate statele lumii.

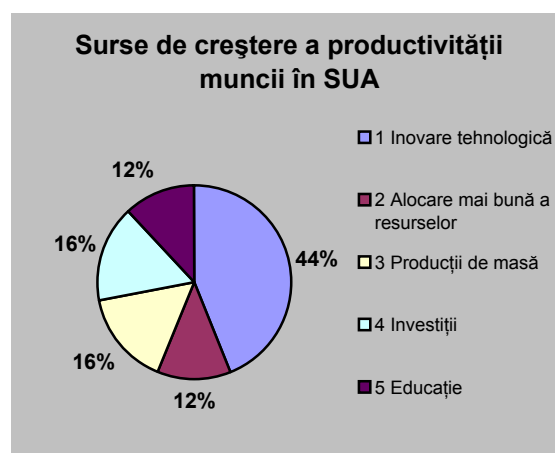
Important în acest sens este nivelul tehnico-științific propriu fiecărei țări. Astfel, este cunoscut că state precum S.U.A., Japonia și unele țări vest-europene sunt mult mai avansate și mai pregătite din punct de vedere științific și tehnologic pentru trecerea la această nouă etapă revoluționară a industriei cu largi implicații economico-sociale pentru societatea contemporană.

Productivitatea muncii, ca principal indicator al eficienței economice, poate deveni la un moment dat un element hotărâtor pentru dezvoltarea economiei naționale. Prin urmare, criteriul fundamental al noii revoluții industriale îl constituie în primul rând creșterea accentuată a productivității muncii în industrie, productivitatea generală a muncii membrilor societății și eficiența economico-socială.

Din examinarea sectoarelor mari ale economiei naționale a țărilor industrializate rezultă că productivitatea cea mai ridicată o deține în prezent fabricația continuă și semicontinuă (industria chimică, metalurgică etc.) și producția "discretă" de masă. Explicația creșterii productivității în aceste sectoare se datorează posibilităților de aplicare a metodelor de automatizare clasică într-un grad mult mai avansat decât în cazul producției în loturi (serie mică, serie mijlocie, inclusiv unicate).

Pentru a sublinia importanța acestei concluzii este suficient să arătăm că raportul între industria "discretă" de masă și industria în loturi, în țări dezvoltate precum S.U.A. este de 65% producție discretă de masă și 35% producție în loturi. Productivitatea mai scăzută în producția de loturi rezultă și din faptul că în acest sector lucrează peste 50% dintre lucrători. Analizând aceeași situație numai în domeniul prelucrării metalelor, ca parte distinctă a industriei "discrete", tot într-o țară industrializată ca S.U.A., se constată că 75% dintre piese se fabrică în loturi, și numai

25% în masă. În țări mai puțin dezvoltate, cu o tehnică inferioară, situația poate fi și mai defavorabilă producției pe loturi.



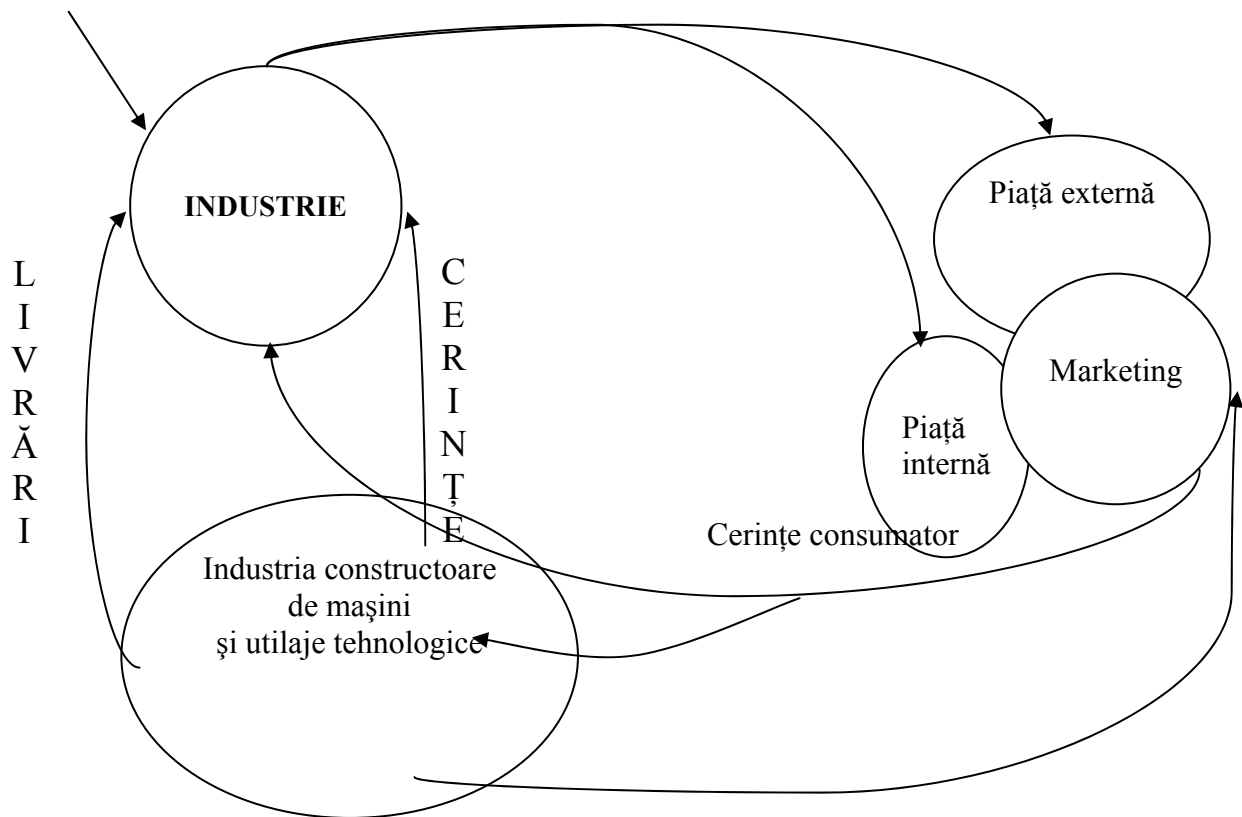
Complexitatea rezolvării problemelor problemei productivității muncii pentru producția de loturi în țara noastră derivă din numărul impresionant de mare al reperelor din această categorie, care se estimează a fi numai în construcția de mașini de circa un miliard de tipodimensiuni. Reușita rezolvării acestei probleme depinde în cele din urmă de creșterea flexibilității mașinilor de producție și a sistemelor de fabricație, de implementarea în structura lor a microelectronicii, a utilizării roboților industriali, de folosirea pe un plan mai larg a inteligenței artificiale și, nu în ultimul rând, de conducerea, organizarea și structurarea sectoarelor de producție și a producției ca atare. O evoluție asemănătoare a fost înregistrată în țări ca S.U.A. și Japonia, a căror dezvoltare industrială s-a bazat inițial pe transfer masiv de tehnologie fără un efort propriu semnificativ. Ulterior, însă inovarea tehnologică proprie a devenit elementul preponderent al creșterii productivității muncii. Din graficul prezentat anterior rezultă că în S.U.A., la un anumit moment, ponderea atinsă de aportul inovării tehnologice în raport cu toate celelalte surse de creștere a atins 44%.

În concluzie, rezultă că la nivelul dezvoltării tehnicii

actuale, domeniul cel mai deficitar privind creșterea productivității muncii, în raport de care trebuie stabilită o strategie a dezvoltării, reprezintă producția discretă pe loturi și, în primul rând, fabricația pieselor metalice.

Un model strategic de dezvoltare industrială bazat pe rolul inovării tehnologice ca factor preponderent al creșterii productivității muncii aplicat și în țara noastră redat în figura de mai jos.

Mașini și utilaje tehnologice
din import
Produce



Model strategic de dezvoltare industrială

Din analiza conexiunilor cibernetice prezentate în acest model rezultă importanța realizării unei bucle cibernetice de tipul **industria constructoare de mașini și utilaje tehnologice ↔ industrie**. Fără o astfel de corelație efortul de inovare tehnologică este în cele din urmă frânat. Dealtfel, la scară mondială, cu cât indicele de creștere al produsului social a fost mai mare cu atât s-a înregistrat un indice superior de creștere a producției industriei constructoare de mașini față de cel al ansamblului producției industriale.

Pentru ca un sistem economic bazat pe un astfel de model de rezolvare să fie echilibrat se impune ca, pe ansamblu, valoarea importurilor să oscileze în jurul valorii exporturilor. În consecință, dezvoltarea diferitelor ramuri industriale trebuie să se raporteze atât la baza de resurse proprii, cât și la posibilitățile de asigurare a piețelor de desfacere. În orice situație însă, rolul inovării tehnologice în dezvoltarea întregului sistem economic rămâne prioritar. În acest context, se preconizează desfășurarea în continuare a

activității de dezvoltare tehnologică, pe un front mai larg, în cadrul întreprinderilor, spre a extinde cercetările aplicative de bază. Impactul social al acestei dezvoltări se manifestă prin îmbunătățirea condițiilor de lucru, ca urmare a automatizării și robotizării, precum și a creșterii nivelului de cunoștințe profesionale și culturale. Creșterea capacității de prelucrare a sistemelor tehnice automate, ca și calitatea produselor fabricate, necesită o analiză sistematică și științifică fundamentată a tuturor factorilor care determină și influențează creșterea producției în unitatea de timp.

STUDIUL CAPACITĂȚII DE PRELUCRARE A SISTEMELOR TEHNICE AUTOMATE

În analiza unor aspecte teoretice și practice referitoare la capacitatea de prelucrare a mașinilor automate se va folosi conceptul uzual de productivitate, iar prin mașini se va înțelege în continuare, mașinile și utilajele semiautomate și automate precum și liniile automate de flux.

CICLUL DE LUCRU AL UNEI MAȘINI

Ciclul de lucru al unei mașini se caracterizează prin faptul că operația propriu-zisă este precedată, în timpul t_{11} , de mișcări auxiliare de apropiere (mers în gol), după care urmează timpul t_a (timpul de acționare sau de operație), urmat apoi din nou de mișcări (de retragere și repaus) în timpul t_{12} . Dacă mașina funcționează fără perturbări, aceeași operație se repetă, în general, în același interval de timp, denumit ciclu de lucru T_a .

Ca urmare, un ciclu de lucru se compune din:

$$T_a = t_{11} + t_a + t_{12} = t_a + t_l$$

Se menționează că prin operații se înțeleg mișcările care acționează tehnologic nemijlocit asupra piesei prelucrate, iar prin mersul în gol se înțeleg mișcările auxiliare, necesare pentru pregătirea și încheierea prelucrării.

În practică, ciclul de lucru nu are întotdeauna această formă simplă, întrucât deseori trebuie luate în considerare, în funcție de construcția mașinii și ciclul tehnologic (T_t), precum și ciclul cinematic (timpul de tact T_c).

Caracteristic este faptul că, în general, în cadrul unui ciclu de lucru un mecanism funcționează numai odată. Coordonarea reciprocă și succesiunea logică a mișcărilor tuturor elementelor sunt reprezentate grafic printr-o ciclogramă sau o diagramă a mașinii.

Categoriile productivitate și relațiile lor reciproce.

Prin productivitatea unei mașini se va înțelege cantitatea de produse prelucrate într-un timp determinat.

Cantitatea de produse prelucrate poate fi exprimată în dimensiuni diferite în raport de destinație și modul de prelucrare, ca de exemplu bucăți, masă, volum etc.

PRODUCTIVITATEA TEHNOLOGICĂ (Q_{th})

La un proces tehnologic continuu, care asigură cea mai mare productivitate, în formula precedentă, $t_l=0$ și deci $T_a=t_a$.

Dacă în fiecare ciclu de lucru se prelucurează un produs, atunci se obține productivitatea tehnologică

$$Q_{th} = 1/t_a$$

Se înțelege că dacă în aceeași perioadă de timp se produc p produse (la conectarea în paralel a stațiilor de lucru), atunci se obține:

$$Q_{th} = p/t_a$$

Prin urmare, productivitatea tehnologică reprezintă o productivitate ideală, calculată fără luarea în considerare a pierderilor de timp ciclice și din afara ciclului.

Productivitatea tehnologică depinde de piesa supusă prelucrării, de procesul tehnologic și de parametrii de lucru. Din valoarea calculată a productivității tehnologice rezultă pentru ce productivitate maximă poate fi proiectată mașina.

Dacă, de exemplu, timpul minim pentru operație este condiționat $t_a = 1/60$ min/buc, atunci proiectarea unei

mașini cu o productivitate tehnologică mai mare de $Q_{th} = 60$ buc/min nu este posibilă.

PRODUCTIVITATEA TEORETICĂ (Q_t)

Dacă în perioada ciclului de lucru T_a , mașina realizează un produs, atunci productivitatea tehnologică este numită și productivitatea teoretică sau ciclică

$$Q_t = 1/T_a = 1/(t_a + t_l) = n$$

În cazul fabricării a p produse în aceeași perioadă

$$Q_t = p/T_a = pn$$

în care n este turația arborelui de programare (comandă).

Productivitatea teoretică Q_t reprezintă o caracteristică fundamentală a mașinii, care depinde de principiul constructiv al acesteia, de numărul de produse prelucrate concomitent, de viteza de prelucrare și de gradul de îmbinare a operațiilor.

În majoritatea cazurilor ea este prevăzută în documentația tehnică a mașinii.

CORELAȚIILE ÎNTRE PRODUCTIVITATEA TEHNOLOGICĂ ȘI CEA TEORETICĂ

Productivitatea teoretică a mașinii la procesele tehnologice discontinue este întotdeauna mai mică decât cea tehnologică, după cum rezultă din formulele precedente

$$Q_t = 1/(t_a + t_l) = 1/[(1/Q_{th}) + t_l] = Q_{th} * [1/(Q_{th}t_l + 1)] = Q_{th} \cdot \alpha_{con}$$

Rezultă că productivitatea teoretică a mașinii reprezintă produsul dintre Q_{th} și **coeficientul de continuitate**, α_{con}

$$\alpha_{con} = 1/(Q_{th}t_l + 1) = Q_t/Q_{th} = t_a/T_a$$

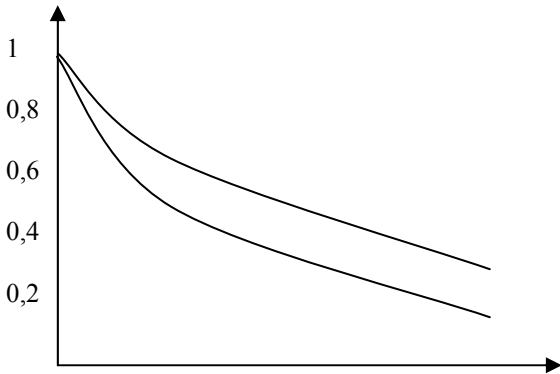
și caracterizează **gradul de folosire a productivității tehnologice** și deci gradul de continuitate al prelucrării în procesul tehnologic.

Astfel, de exemplu, dacă $\alpha_{con} = 0,7$ atunci, în cadrul unui ciclu de lucru, 70% din timp a revenit operațiilor și 30% mersul în gol, deci sunt utilizate numai 70% din posibilitățile procesului tehnologic. Rezultă că α_{con} reprezintă un criteriu de evaluare a folosirii intensive a performanțelor constructive și funcționale ale mașinii. El indică în acest fel gradul de apropiere a mașinii respective de soluția tehnică ideală, adică mașina cu activitate operațională continuă.

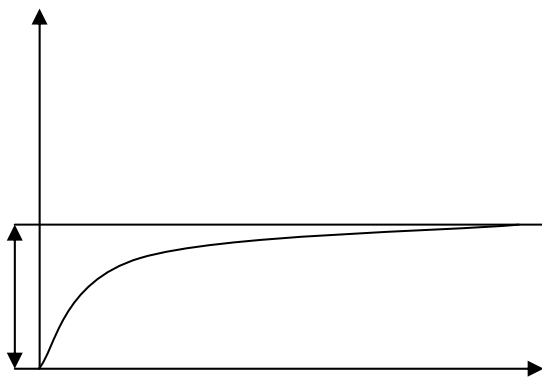
Coeficientul de continuitate depinde concomitent de indicatorii Q_{th} și t_l . Dacă $t_l = const.$, valoarea lui α_{con} se micșorează odată cu creșterea lui Q_{th} , ceea ce duce la reducerea ritmului de creștere a lui Q_t . De aceea, creșterea productivității este posibilă numai prin luarea în considerare a corelațiilor dintre cei doi indicatori. În general, la utilajele cu $\alpha_{con} < 0,5$ trebuie în primul rând redusă durata mersului în gol. Practic acest lucru este posibil prin înlocuirea

mișcărilor de du-te-vino ale organelor de lucru prin mișcări de rotație și/sau integrarea operațiilor respective în timpul operativ, adică executarea lor concomitentă. Numai în situația când $\alpha_{con} > 0,5$ creșterea productivității

tehnologice duc la o creștere marcantă a productivității teoretice a mașinii.



Gf. 1. Dependenta coeficientului de continuitate m_{con} (în ordonată) de Q_{th} și t_i



Gf. 2. Dependenta productivității teoretice Q_t (în ordonată) de Q_{th} și t_i

Din reprezentarea formulei $Q_t = Q_{th} * m_{con}$, în graficul 2, rezultă că la o mărire constantă a mersului în gol Q_t capătă o alură crescătoare cu aspect asimptotic. Nivelul maxim al productivității apare la $t_f = const$.

$$Q_{t \max} = \lim_{Q_{th} \rightarrow \infty} Q_{th} / (Q_{th} t_f + 1) = Q_{th}$$

Dacă durata mersului în gol se reduce la zero (Q_t) tinde spre valoarea productivității tehnologice:

$$Q_{t \max} = \lim_{\substack{t \rightarrow 0 \\ l \quad h}} Q_{th} / (Q_{th} t_f + 1) = Q_t$$

Din ultimele două formule rezultă că, la creșterea productivității tehnologice și la un mers în gol constant, orice mașină tehnologică are o limită a creșterii productivității. În schimb $Q_{th} \rightarrow \infty$ și $t_f \rightarrow 0$ creșterea productivității mașinii nu are nici o limită.

Prin generalizarea formulei $Q_t = Q_{th} * m_{con}$, la apariția altor pierderi de timp se obține o formulă generală pentru calculul productivității respective:

$$Q_t = Q_{th} / [Q_{th}(t_f + \sum t_{vi}) + 1],$$

în care t_{vi} cu $i = 1, 2, \dots, n$, sunt pierderi diferite, în afara ciclului și care sunt raportate asupra unității de produs.

PRODUCTIVITATEA EFECTIVĂ (Q_{ef})

Dacă se raportează cantitatea de produse obținute cu o mașină la o anumită perioadă de producție (de exemplu, un schimb de muncă, o săptămână, o lună etc.), valoarea rezultată va fi mai mică decât cea calculată după formula productivității teoretice. Acest fapt se datorează apariției unor pierderi întâmplătoare ale mașinii în această perioadă, din motive tehnologice și/sau organizatorice, inclusiv pierderile din perioadele în care se produc rebuturi. Toate aceste pierderi sunt considerate ca fiind pierderi în afara ciclului tehnologic.

Productivitatea efectivă la fabricarea unui produs pe fiecare ciclu de producție, ținându-se seama de suma timpilor de întrerupere sau pierduți ($\sum t_s$), va fi:

$$Q_{ef} = 1 / (T_a + \sum t_s)$$

iar la fabricarea a p produse în fiecare ciclu de producție

$$Q_{ef} = p / (T_a + \sum t_s)$$

CORELAȚIILE DINTRE PRODUCTIVITATEA TEORETICĂ Q_t ȘI PRODUCTIVITATEA EFECTIVĂ Q_{ef}

Din formula productivității efective se obține, ținându-se seama de formula productivității teoretice sau prin folosirea formulei generalizate

$$Q_{ef} = Q_t / [1 / (Q_t \sum t_s + 1)] = Q_t * m_p$$

în care coeficientul de folosire m_p , numit și grad de folosire sau grad de productivitate

$$m_p = 1 / (Q_t \sum t_s + 1) = Q_{ef} / Q_t = T_a / (T_a + \sum t_s),$$

caracterizează performanța mașinii și condițiile de exploatare.

Acest coeficient ne poate exprima procentual și ponderea timpului productiv în fondul total de timp. Dacă $m_p = 0,80$, rezultă că mașina funcționează în medie 80% din timp, iar 20% reprezintă timp neproductiv din diferite cauze. În perioada respectivă, productivitatea reprezintă 80% din cea posibilă.

Dacă $m_p < 0,5$ reducerea pierderilor din afara ciclului reprezintă metoda cea mai eficientă de creștere a productivității efective.

Dacă $m_p > 0,5$ este necesară, în primul rând, creșterea productivității efective prin sporirea productivității teoretice.

Cel mai mare efect se obține bineînțeles prin creșterea concomitentă a lui m_p și Q_{ef} .

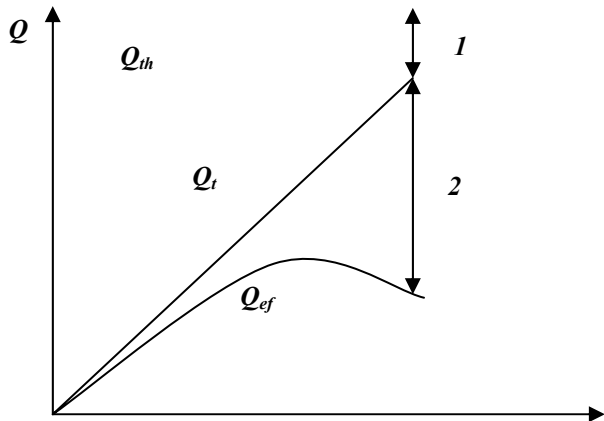
MĂSURI PENTRU CREȘTEREA PRODUCTIVITĂȚII EFECTIVE

În corelație cu formulele anterioare, formula pentru calculul productivității efective poate fi scrisă și sub următoarea formă:

$$Q_{ef} = Q_{th} * m_{con} * m_p = Q_t * m_p$$

În graficul următor este reprezentată dependența fiecărei categorii de productivitate de turația arborelui de programare și de diferite categorii de pierderi. Pierderile neperiodice din afara ciclului au o alură progresiv

crescătoare în raport cu turația arborelui, fapt ce duce la formarea unui punct maxim al productivității efective. Dependența productivității de viteză este valabilă numai în situația când $m_{con}=const.$, adică o dată cu modificarea duratei operației, durata mersului în gol pe intervalul ciclului de lucru se modifică proporțional.



Gf. 3. Productivitatea unui utilaj în funcție de turație și de diferite categorii de pierderi

1. pierderi în mers în gol;
2. pierderi întâmplătoare tehnice și/sau organizatorice, inclusiv rebut.

Analizând factorii de sporire a productivității efective a oricărui sistem tehnic de prelucrare automată pe baza formulei de mai sus se poate conchide că aceștia sunt:

- a) productivitatea tehnologică (Q_{th}) prin:
 - intensificarea procedeelor de prelucrare;
 - folosirea noilor procedee tehnologice care consumă puțin timp de operație t_a ;
 - defalcarea în continuare a duratei de acțiune a organului de lucru la mai multe spații de lucru;
 - conectarea în paralel a p stații de lucru.
- b) coeficientul m_{con} prin micșorarea timpilor de mers în gol, folosind diferite metode cum sunt:
 - scurtarea timpului de revenire;

- comasarea timpului de mers în gol cu operații productive;
- înlocuirea mișcărilor de du-te-vino cu mișcările de rotație.
- c) coeficientul m_p prin micșorarea pierderilor din afara ciclului cu:
 - caracter periodic, prin aplicarea celor mai noi cunoștințe cu privire la reparații și întreținere, prin aplicarea de noi soluții constructive cu grad ridicat de flexibilitate privind alimentarea și extragerea pieselor;
 - caracter neperiodic, ca urmare a reducerii pierderilor datorate organelor de lucru, dispozitivelor de comandă și reglare, producerii rebutului, organizării necorespunzătoare etc.

Analiza structurii diferitelor categorii de pierderi conduce la concluzia că creșterea productivității efective impune, după caz, aplicarea unor măsuri complexe privind înlăturarea tuturor categoriilor de pierderi enunțate, între care creșterea flexibilității mașinilor privind fabricația de piese unicat, serie mică și mijlocie.

Prof. univ. dr. Camelia Georgeta CĂLIN
Stud. Mihaela BILEA

Bibliografie

1. CONSTANTINESCU, I., *Prelucrarea datelor* GOLUNBOVICI, D., *experimentale cu calculatoare numerice*, MILITARU, C. București, Editura Tehnică, 1980
2. QUINN, J. B. *Managing Innovation*, Harward Business Review, May-June, 1986.
3. BALONI, L.M. L.M.Baloni, *Managementul inovației*, București, Editura Eficient, 1995