

AUTOMATIZAREA FABRICAȚIEI CU AJUTORUL CALCULATORULUI

Dr. ing. Constantin Sâmbotin

Instituul de Cercetări în Informatică

Rezumat

Scopul lucrării este de a prezenta unele considerații personale privind introducerea calculatorului electronic în automatizarea mediilor industriale, dezvoltând astfel unele concepte pe care le-am elaborat anterior.

În acest context am arătat unele modalități de realizare a sistemelor de automatizare a fabricației cu ajutorul calculatorului, în cele mai importante etape de dezvoltare, în funcție de progresele tehnologice, atât în străinătate, cât și în țară.

Având în vedere actualitatea problemei, am insistat pe prezentarea unor concepte privind realizarea de sisteme de fabricație integrată cu calculatorul, de tip CIM.

Cuvinte cheie: CIM, CAD, CAM.

1. Introducere

Industria constituie în toată lumea un subiect major cu implicații economico-sociale deosebite, evoluția sa fiind condiționată de dezvoltarea unor tehnologii avansate.

Datorită acumulărilor tehnologice și a creșterii eficienței economice, se asistă la o nouă revoluție industrială, cu implicații benefice în tehnică, economie și societate, caracterizată prin apariția de sisteme de fabricație automatizate performante, care vor constitui suportul viitoarelor fabrici fără oameni.

Introducerea calculatorului în structurile industriale s-a realizat în mod progresiv, pe etape și a permis creșterea capacității tehnice și a eficienței economice a procesului de fabricație. Acest fapt a condus în prezent, la realizarea unui concept nou de "Sistem de fabricație integrată cu calculatorul", (Computer Integrated Manufacturing - CIM).

Cu toate că actualele mijloace tehnice nu pot satisface în totalitate cerințele sistemelor de tip CIM, apariția de noi tehnologii, în special în domeniul calculatoarelor vor putea asigura condițiile necesare de automatizare și integrare cu ajutorul calculatorului a tuturor structurilor procesului de fabricație.

Introducerea calculatorului în mediul industrial este marcată prin trei etape distincte, care au ca obiectiv realizarea unor generații de sisteme cu un grad tot mai mare de automatizare a procesului de fabricație.

Prima etapă a constat în introducerea informaticii în întreprinderi prin aplicații mai restrânse, de gestiune

economică și de conducere a producției. Ea a continuat cu elaborarea de produse-program, destinate unor activități importante, care au fost reunite, în final, în sisteme suficient de complexe și unitare, bazate în principal pe calculatoare de capacitate medie, din a treia generație.

A doua etapă este determinată de apariția unor sisteme cu un grad mai mare de automatizare și integrare, datorită facilității de asistare cu calculatorul a activităților procesului de fabricație, respectiv: concepția și proiectarea produsului, conducerea producției la nivel de atelier și controlul direct al mijloacelor de producție. Aceste sisteme au putut fi concepute, datorită noilor tehnologii apărute prin microcalculatoare și minicalculatoare.

Ultima etapă este caracterizată prin apariția unei noi generații de sisteme cu grad foarte mare de automatizare, înțelegere și flexibilitate, sistemele de fabricație integrată prin calculator - CIM.

Aceste sisteme vor avea o evoluție continuă, în funcție de progresele tehnologice, prin creșterea gradului de automatizare și de integrare a structurilor mediului industrial. Introducerea elementelor de tehnică de calcul și de inteligență artificială în procesul de fabricație și formarea unei simbioze perfecte între acestea, vor conduce la realizarea, în final, de sisteme de fabricație inteligente CIM-I, care vor dispune de posibilități de prelucrare a unui volum mare de date, transformate în cunoștințe mai ușor procesate. Aceste sisteme vor constitui suportul viitoarelor fabrici fără prezența umană.

Automatizarea fabricației a constituit un proces dificil și de lungă durată din cauza complexității procesului de fabricație și a disponibilităților aproape întotdeauna limitate, în ceea ce privește software-ul, hardware-ul și altele.

Calculatorul a jucat un rol important în evoluția industrială provocând mutații de la stadiul muncii intensive, la stadiul de realizare a viitoarelor industrii cu prelucrare de cunoștințe intensive.

Tehnica de calcul, utilizată inițial în lucrări repetitive, a ajutat la reducerea muncii, ceea ce a dus la schimbări în competiția industrială, de la muncă la material.

Ca rezultat al creșterii eficienței informaticii și al aducerii ei în atelier, caracteristica producției industriale s-a schimbat din material intensiv în date intensive. Următorul pas va conduce la conversia cantităților masive de date, prin utilizarea lor în cunoștințe și procesarea acestora în vederea eficienței deciziilor. Se va trece, cu ajutorul unor metode bazate pe calculator, la o nouă tranziție în industrie, de la date curente intensive, la cunoștințe intensive.

Tabelul arată evoluția fabricației industriale, în funcție de automatizarea cu calculatorul.

Industria	Caracterul	Automatizarea	Tehn. calcul	Tehnologia
1 În trecut (automatizare convențională)	Lucru intensiv	Convențională	Numeric/ Analogic	Operații manuale, semiautomate
2 În trecut (introducere calculator: etapa I)	Material intensiv	Facilități (resurse fizice, hard, automatizare convențională, aplicații informatice)	Numerical Control: (NC)	Prelucrare materiale
3 În prezent (introducere calculator: etapa a II-a)	Informații intensive	Nivel date (calcul masiv date)	CAD/CAM (Computer Aided Design, Manufacturing)	Prelucrare date
4 În devenire (introducere calculator - CIM etapa a III-a)	Cunoștințe intensive	Nivel decizie (decizii luate pe cunoștințe)	AI (Artif. Intell.)	Prelucrare cunoștințe

2. Sistemele de automatizare a fabricației cu ajutorul calculatorului

2.1 Generalități

Dezvoltarea industrială contemporană a fost marcată în ultimele două decade de apariția sistemelor de automatizare a fabricației cu ajutorul calculatorului, care au înlocuit treptat activitatea umană și automatizarea convențională.

Apariția unor generații de noi sisteme mai perfecționate, în funcție de nivelul tehnologic atins, a vizat automatizarea cât mai complexă a întreprinderii industriale, cu efecte benefice economice și organizatorice.

În acest context sînt prezentate primele două generații de sisteme de automatizare a fabricației cu ajutorul calculatorului:

- sisteme pentru conducerea întreprinderii cu calculatorul sau sisteme de conducere a producției și de gestiune economică;
- sisteme de automatizare a fabricației asistată de calculator.

Cele două tipuri de sisteme au, din punct de vedere conceptual, unele asemănări, deoarece folosesc aceeași arhitectură de sistem cu o structură ierarhică, formată din componente funcționale, pe nivele de decizie și unele deosebiri care constau în utilizarea de către cea de a doua generație, a unor noi tehnologii, în special minicalculatoarele.

2.2 Sisteme pentru gestiunea economică și conducerea producției

Prima etapă de introducere a calculatorului în întreprindere a fost marcată de dezvoltarea și implementarea unor aplicații informatice pentru activitățile principale, ale întreprinderii: planificarea, gestiunea economică, conducerea producției, tabloul de bord și altele.

În jurul anului 1975, aceste aplicații au putut fi reunite în sisteme informatice de conducere, unitare, complexe, care au asigurat creșterea eficienței economice, îmbunătățirea modului de organizare și altele. Aceste sisteme au prezentat și dificultăți, în special în ceea ce privește legăturile dintre aplicații, modul centralizat de prelucrare a datelor, timpul de răspuns în luarea deciziilor și altele.

Rezultatele obținute au depins în mare parte, de nivelul tehnic atins în perioada respectivă în domeniul calculatoarelor, precum și de alți factori, cum ar fi organizarea, sensibilizarea întreprinderii și altele.

Sistemele au avut ca suport calculatoare, în general de capacitate medie, din generația a treia, cu o serie de facilități, dar și cu deficiențe care au constat în prelucrarea numai pe loturi, timpul mare de răspuns, capacitate redusă de memorare, fiabilitate scăzută și altele.

Sisteme cu grad mai mare de automatizare au fost construite în acea perioadă cu ajutorul unor pachete de programe generalizabile, care au rezolvat din punct de vedere informatic funcțiile principale ale întreprinderii. Au fost abordate, în special, problemele de conducere a producției și de gestiune economică, precum : planificarea, programarea și urmărirea producției, aprovizionarea și desfacerea, gestiunea stocurilor, lucrări financiare și de contabilitate, salariile și altele. Legăturile între aceste componente au fost slabe, datorită inexistenței unei baze de date corespunzătoare.

Pe plan mondial, firmele constructoare de calculatoare au realizat și produse-program aplicative: PICS-IBM SUA, ORACLE-CII FRANȚA și altele.

În țară au fost realizate produse-program aplicative, cu un decalaj de timp față de cele realizate de firmele străine, care, în general, au satisfăcut cerințele de informatizare a întreprinderilor. Colectivul nostru a realizat un sistem complex la o întreprindere constituită în acea perioadă ca model și a elaborat produsul-program, generalizabil pentru conducerea producției, PRODIND.

2.3. Sisteme pentru automatizarea fabricației asistată de calculator

Etapa a doua privind automatizarea întreprinderii cu calculatorul, situată în jurul anului 1980, a fost determinată de apariția noilor tehnologii în domeniul calculatoarelor, care au oferit soluții în elaborarea unei noi generații de sisteme de automatizare, prin asistarea cu calculatorul a fabricației.

Sistemele mult mai performante decât cele precedente, ating un grad mai mare de integrare a activităților, cuprind concepția produsului și conducerea fabricației și dispun de posibilități de reacție și de un mod decizional ierarhic și autonom. Această generație de sisteme a putut fi elaborată datorită apariției

microcalculatoarelor, minicalculatoarelor sistemelor grafice și a unor facilități ca: interactivitatea, bazele de date geometrice și tehnice, sistemele relaționale de gestiune date, rețelele locale, prelucrarea distribuită, lucru în timp real, comanda numerică directă și altele. Capacitatea de asistare cu calculatorul, prin luarea deciziilor în mod automat sau interactiv, prin dialog în activitățile proceselor de fabricație, a prezentat interes deosebit pentru ingineria produsului și conducerea directă a proceselor de fabricație. Posibilitățile de prelucrare a datelor locale și existența unor baze de date distribuite, au mărit siguranța în funcționare, au permis un răspuns rapid și au asigurat, printr-o rețea locală, un grad corespunzător de integrare a aplicațiilor. La toate acestea s-a adăugat și utilizarea unor tehnici moderne de modelare matematică pentru optimizarea și simularea soluțiilor produselor și proceselor de fabricație, modelarea decizională pentru rezolvarea perturbațiilor în mod optim și, uneori, în mod automat un răspuns rapid la toate nivelele, modelarea geometrică pentru descrierea și reprezentarea piesei, grafica interactivă și altele. Aceste sisteme performante de automatizare a fabricației au posibilitatea de a include elemente de hardware și de software în mod direct în procesul de fabricație, pentru controlul mijloacelor de producție și de a utiliza informatica distribuită la nivel de atelier pentru planificarea, ordonarea și urmărirea rapidă a lucrărilor.

Pe plan mondial există astfel de sisteme implementate, care asigură automatizarea procesului fabricației prin asistarea cu calculatorul, prelucrarea distribuită pe un suport de rețea locală, cu coordonare centrală la un nivel superior.

În țară au fost elaborate aplicații și produse-program în cadrul procesului de fabricație, care privesc concepția și ingineria produselor, comanda numerică a mașinilor unelte, conducerea producției, precum și alte aplicații de asistare cu calculatorul.

Cu toate acestea, nu au fost realizate și implementate în totalitate în întreprinderi, sisteme de automatizare a fabricației.

În cadrul propriului colectiv au fost realizate lucrări de asistare cu calculatorul, care au abordat unele domenii ca: proiectarea constructivă și tehnologică, modelarea geometrică, grafica interactivă, controlul mașinilor unelte cu comandă numerică, programarea și urmărirea producției, ordonarea atelierului și altele.

Un concept de sistem unitar de fabricație asistată de calculator, care poate fi realizat într-o perioadă scurtă de timp cu utilizarea unor componente existente, cu extinderi necesare și cu posibilități de integrare, este reprezentat de sistemul informațional decizional al fabricației, în figura 1 și de două variante de sistem:

- sistemul de automatizare a fabricației asistată de calculator, în figura 2;
- sistemul cu un grad mai mare de automatizare, în figura 3.

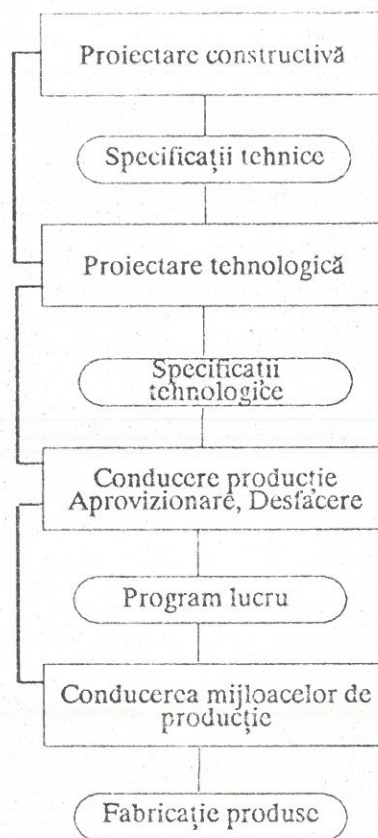


Fig. 1 Sistem decizii, informații fabricație

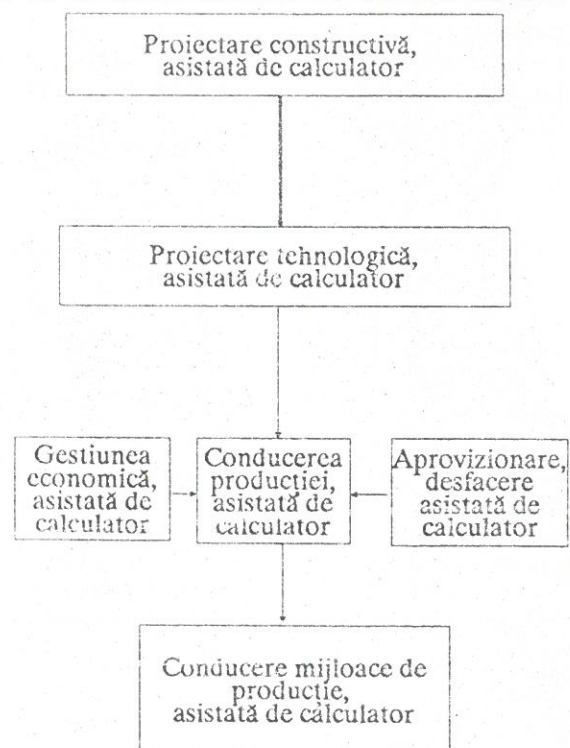


Fig. 2 Sistem de fabricație asistată de calculator, cu grad mediu de automatizare

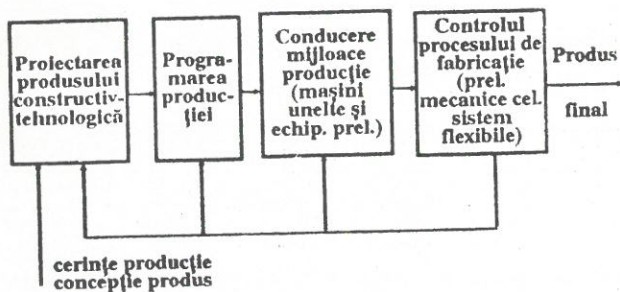


Fig. 3 Sistem de fabricație asistat de calculator, cu grad mare de automatizare

Sistemul propus, de automatizarea fabricației prin asistarea cu calculatorul, poate fi structurat pe trei mari direcții:

- proiectarea constructivă asistată de calculator și fabricația asistată de calculator;
- conducerea producției și gestiunea economică, asistată de calculator,
- controlul mijloacelor de producție, asistat de calculator.

Sînt prezentate în continuare principalele componente ale unui sistem de fabricație asistată de calculator:

° Proiectarea constructivă sau concepția produsului, asistată de calculator (Computer Aided Design-CAD), a apărut o dată cu introducerea micro- și minicalculatoarelor în activitatea de creație-concepție. Cu toate că realizările au fost punctuale, totuși s-a remarcat un salt important în creșterea eficienței muncii. Au fost preluate, pentru început, lucrările de rutină ca: desenarea, arhivarea desenelor, calculele tehnico-ingenerești și altele. Acestea au constituit elemente ajutătoare concepției, în problemele complexe de găsirea unei variante cît mai optime de construcție a produsului. Activitatea s-a extins ulterior prin utilizarea unor facilități ca: grafica interactivă, metode de analiză și sinteză, modelarea geometrică pentru descrierea și reprezentarea formelor, modelarea și simularea soluțiilor etc.

Aceste facilități, la care se adaugă și asistarea cu calculatorul prin dialogul om-mașină, au condus la obținerea de bune rezultate, concretizate în sisteme care pot asigura documentația constructivă și desenul de execuție al produsului.

Proiectarea constructivă este prezentată în figura 4.

° Fabricația asistată de calculator cu componentele: Planificarea procesului sau Proiectarea tehnologică și Comanda numerică a mașinilor unelte a început cu prelucrarea pe microcalculatoare și minicalculatoare, a unor aplicații particulare (în special de calcule inginereste și comandă numerică, cunoscînd o evoluție continuă, care a condus la construirea de sisteme cu structuri complexe,

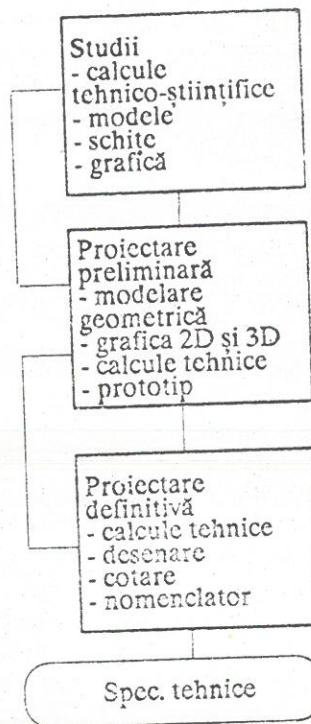


Fig. 4 Programare constructivă

ierarhizate, pentru elaborarea tehnologiei produsului și conducerea numerică a mijloacelor de producție). Utilizarea modelelor de optimizare și simulare a soluțiilor, precum și asistarea cu calculatorul în elaborarea proiectării procesului tehnologic și programării mașinilor unelte, au contribuit la determinarea unor variante optime, de planificare a tehnologiilor și stabilirea resurselor materiale, privind mașini unelte, scule, materiale și la determinarea traseului sculei.

Elaborarea modernă a tehnologiilor are la bază:

- metoda de tip generativ, în care prelucrările tehnologice, necesare fabricației unor structuri ale piesei sînt stabilite în funcție de caracteristicile tehnice ale acestora;
- metoda de tip tehnologie de grup unde piesele sînt reunite după caracteristici de similitudine în grupe, fiecare grupă dispunînd de o tehnologie complexă, etalon, din care sînt selectate prelucrările tehnologice necesare piesei ce urmează a fi proiectată;
- metoda de tip semigenerativ, care îmbină cele două metode de mai sus.

Tehnicile și metodele folosite, precum și asistarea cu calculatorul a procesului de elaborare, au condus la obținerea de sisteme performante, care pot furniza documentația tehnologică necesară fabricației produsului și determina traseul sculei, se prezintă în figura 5.

Comanda numerică a mașinilor-unelte, concretizată

prin programarea acestora prin calculator cu ajutorul unor sisteme de tip APT (Automatically Programming



Fig. 5 Proiectare tehn. comandă numerică

Tools) este încă actuală și obține succese, cu toată existența sa de peste două decenii.

Integrarea proiectării constructive și proiectării tehnologice în sistemele de tip CAD/CAM constituie o preocupare de actualitate. Aceste sisteme au o structură integrată cu iterații, pe tot parcursul procesului de concepție și inginerie și utilizează tehnici moderne ca interactivitatea, bază de date comună de tip relațional, cu informații geometrice, tehnice și de gestiune, precum și un suport asigurat de către micro și minicalculatoare performante, stații de lucru, terminale grafice, digitizoare, mese de desen și altele. Se remarcă introducerea și dezvoltarea proiectării asistate de calculator în domenii importante ca: mecanica (aeronautică, automobile, mașini-unelte), electronică și electrotehnică.

Sistemul integrat de tip CAD/CAM este prezentat în figura 6.

Pe plan mondial, în ultima perioadă, numărul sistemelor de proiectare constructivă și tehnologică asistată de calculator a crescut vertiginos. Astfel, au fost dezvoltate sisteme puternice care pot rezolva probleme de proiectare constructivă, tehnologică și comandă numerică, ca EUCLID, PROMO, ESPACE în FRANȚA, GENESYS în ANGLIA, EXAPT în GERMANIA, CAPIS în JAPONIA, CAPP în URSS, APT-SUA etc.

Și la noi în țară, au fost realizate sisteme în domeniul

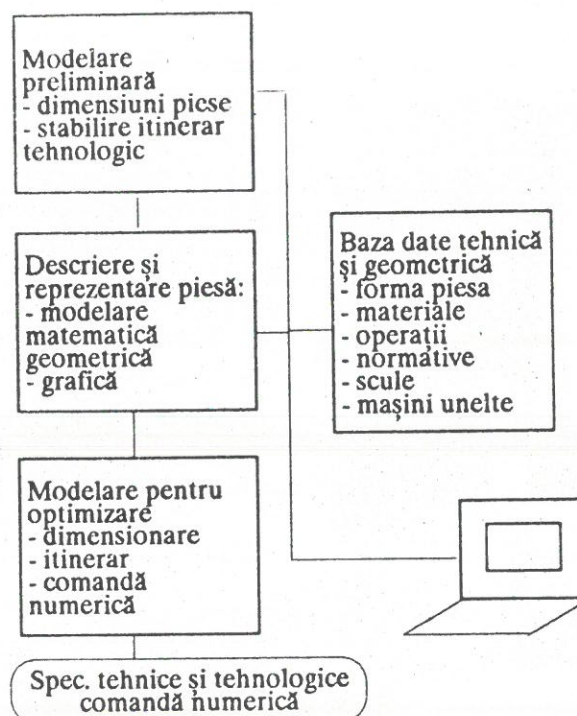


Fig. 6 Sistem integrat CAD/CAM

proiectării constructive și tehnologice ISOLDA, INTERPLOT, SIGET, LIPCON, GPX, BIRD, PRATEH, SANRA ultimele trei elaborate în propriul colectiv.

- Conducerea producției și gestiunea economică Asistată de calculator (Production Control -PC și Factory Management -FM), a suferit în această etapă transformări esențiale, prin introducerea tehnicilor de asistare cu calculatorul în funcțiile de bază ale conducerii producției și gestiunii economice, și a cuprins: planificarea producției, aprovizionarea, desfacerea, gestiunea stocurilor de materiale, controlul magaziiilor, probleme financiare și contabile etc. Conducerea producției și gestiunea economică se prezintă în figura 7.

Pe plan mondial, au fost elaborate produse-program, care pot acoperi sfera conducerii producției operative și gestiunii economice, de unele firme constructoare de calculatoare: DEC, IBM din SUA și altele, ca COPICS, IMS, MAN etc. În țară s-au realizat numeroase produse-program pentru conducere operativă a producției și gestiunii economice, precum cele elaborate de colectivul nostru, RESOP și COMAT, pentru conducerea producției și MINICOPA pentru conducerea operativă a atelierului.

- Controlul direct cu calculatorul, al mijloacelor de producție constă, în esență, în introducerea de microprocesoare și microcalculatoare direct în coordonarea și comanda mașinilor unelte, centrelor de prelucrare, celulelor flexibile și conferă astfel

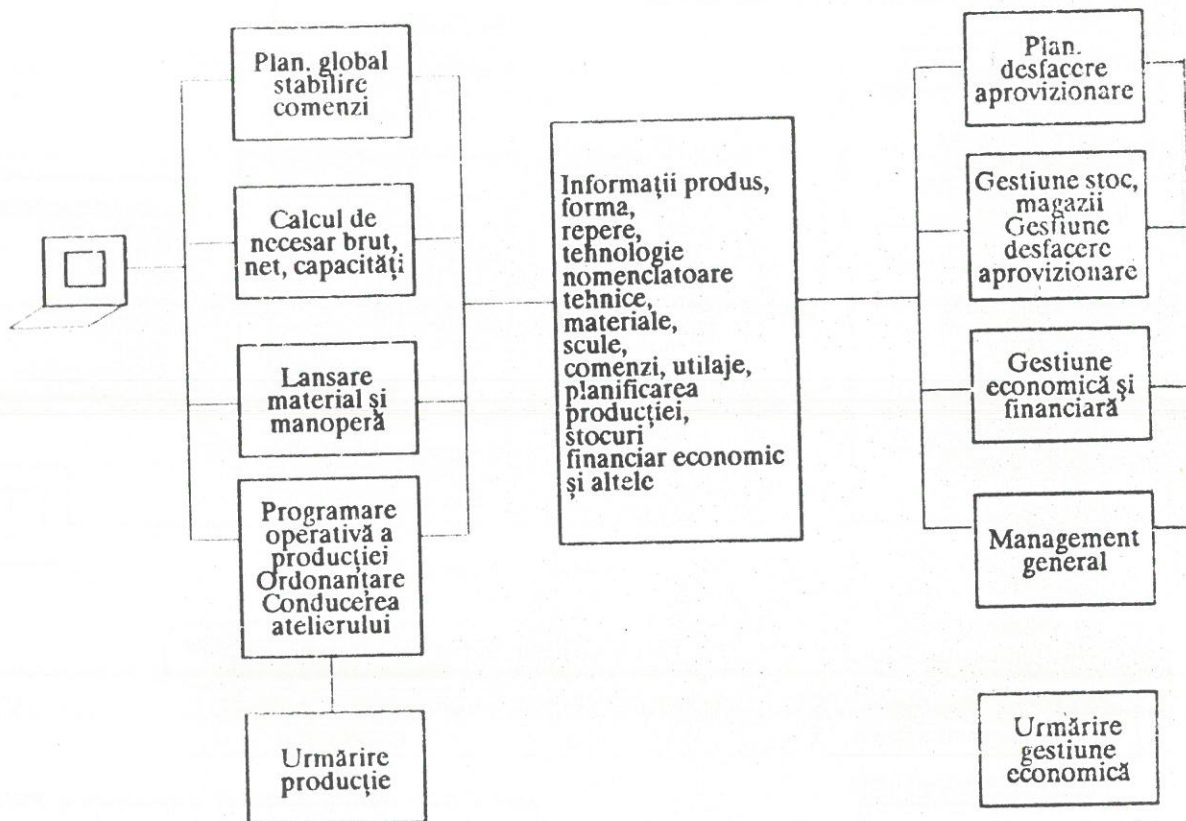


Fig. 7 Conducerea producției și gestiunea economică asistată de calculator

echipamentelor de prelucrări mecanice, performanțe mărite, flexibilitate și productivitate. Această facilitate a evoluat în timp, de la comanda numerică până la celule și sisteme flexibile de fabricație. Controlul direct al mașinilor-unelte cu ajutorul calculatorului a constituit o fază superioară, care a condus la creșterea performanțelor mașinilor-unelte și este concretizat prin:

- Comanda numerică prin calculator (Computer Numerical Control CNC) care înglobează microcalculatoare sau microprocesoare direct în mașini-unelte care preiau comanda (este prezentată în figura 8);
- Comanda directă prin calculator (Direct Numerical Control DNC) care controlează prin calculator elementele hardware și software

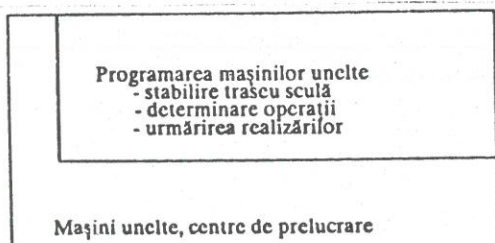


Fig. 8 Comanda numerică prin calculator a mașinilor unelte CNC

plasate direct, în mai multe mașini-unelte ce formează un grup de mașini-unelte sincronizate în prelucrări, ca în figura 9;

- Celula flexibilă de fabricație (Flexibile Manufacturing Cell-FMC), care este formată dintr-un grup de mașini-unelte, transportoare, manipuloare, magazii automate și altele și care concură cu ajutorul calculatorului, la realizarea automată a unui produs, este prezentată în figura 10;
- Sistemul flexibil de fabricație (Flexibile Manufacturing System-FMS) care grupează celule flexibile, mașini cu comandă numerică, manipuloare, roboți, magazii automate, magazii de scule și materiale și altele, toate coordonate de calculatoare printr-o rețea locală, este prezentat în figura 10.

Încorporarea de elemente hardware și software în mașini-unelte, în centre de prelucrare, în celule și în sisteme flexibile de fabricație a condus la o creștere considerabilă a eficienței economice, reușindu-se astfel să se asigure flexibilitatea și automatizarea complexă a procesului de fabricație.

Sistemele de comandă, a mijloacelor de producție asistate de calculator au avut, în special în ultima

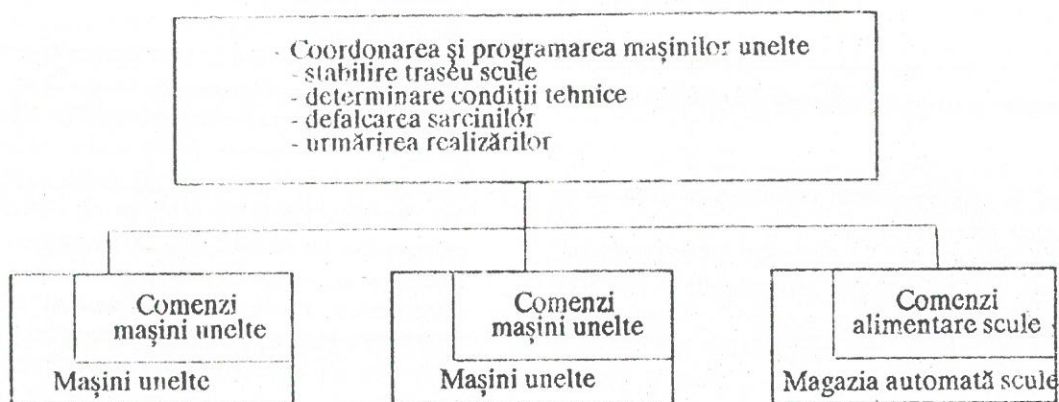


Fig. 9 Comanda numerică directă a mașinilor unelte - DNC

perioadă, o evoluție rapidă.

Pe plan mondial există preocupări deosebite în domeniul controlului direct al mijloacelor de producție, începând cu comanda numerică și pînă la sisteme flexibile de fabricație, făcîndu-se remarcate în special firme ca: GENERAL ELECTRIC, UNIMATION, WESTINGHOUSE din SUA, KAWASAKI, TOSHIBA, MITSUBISHI din Japonia, SIEMENS din Germania, OLIVETTI din Italia, ASEA din Suedia și altele.

La noi în țară s-au dezvoltat lucrări de cercetare și implementare în domeniul controlului numeric, prin elaborarea de sisteme de programare tip APT și de postprocesoare, unele realizate în colectivul nostru. S-au fabricat și în țară unele echipamente de comandă numerică.

În domeniul controlului direct al mijloacelor de producție prin calculator, CNC, DNC, celule și sisteme

flexibile de fabricație se constată o rămînere în urmă în cercetare și în producție. În ultima perioadă există preocupări privind cercetarea și realizarea în țară de celule și sisteme flexibile de fabricație.

3. Sisteme de fabricație integrată prin calculator - Computer Integrated Manufacturing - CIM

3.1. Generalități

Activitatea privind concepția sistemelor de fabricație cu un grad mai mare de integrare cu calculatorul de tip CIM este în plină desfășurare, cu prioritate pentru industria semicontinuă și cea discretă (aerospațială, a automobilelor, mecanică, electrică etc). Sistemele de

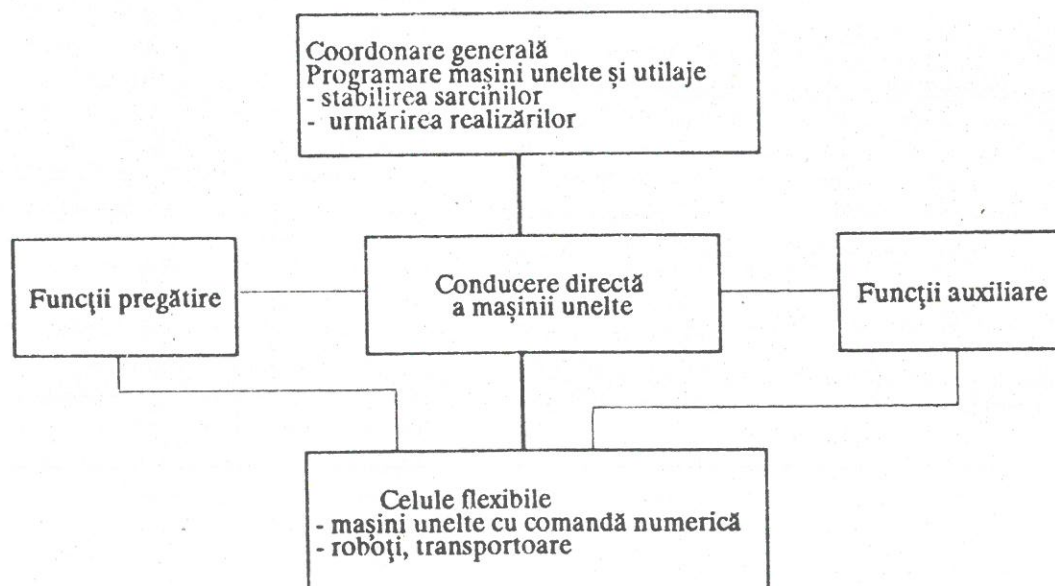


Fig. 10 Comanda sistemelor și celulelor flexibile de fabricație asistată de calculator

tip CIM au ca obiectiv principal creșterea gradului de automatizare a proceselor de fabricație, prin introducerea de noi tehnologii, constituind astfel o nouă generație, a treia, de sisteme de automatizare a fabricației.

Reușita în ceea ce privește realizarea sistemelor de tip CIM, având în vedere marea lor complexitate, va fi decisă numai de aportul științei, în general, și al dezvoltărilor tehnologice în domeniul calculatoarelor, în special. Se prevăd progrese substanțiale în realizări de: procesoare paralele, cu viteză și capacitate foarte mare, care pot prelucra în special cunoștințe; echipamente performante pentru grafică și pentru culegere date; roboți industriali și senzori inteligenți, celule și sisteme flexibile de fabricație inteligente și altele. Pentru obținerea unor sisteme de tip CIM cât mai performante, pe lângă dezvoltările din domeniul software, asistarea cu calculatorul, lucru în timp real, informatica distribuită, sisteme suport de decizie, modelarea, simularea și altele, un rol foarte important va reveni inteligenței artificiale și, în final, rețelelor neurale [17-20].

Având în vedere că în prezent, pe plan mondial se intensifică preocupările pentru realizarea sistemelor de tip CIM, iar în țara acest domeniu a fost abordat numai la nivel de studiu, se consideră oportună prezentarea unor considerații personale legate de concepția și modul de realizare a acestor sisteme, care să corespundă realităților din industria noastră.

Totodată, au fost prezentate spre exemplificare la nivel de concepție și de prototip unele sisteme realizate de organizații internaționale, specializate, în vederea conturării unui cadru cât mai adecvat pentru studierea și cercetarea în țară a acestui domeniu.

Se fac remarcate, în continuare, câteva aspecte generale privind concepția și modul de realizare a sistemelor de tip CIM.

Elaborarea sistemelor de tip CIM necesită alegerea unei metodologii de realizare cât mai corectă. În prezent, există două mari direcții de elaborare a unei arhitecturi de sistem. Prima ia în considerare sistemele actuale cu structurare ierarhică, însă care încep să prezinte dificultăți o dată cu creșterea complexității sistemului și a costurilor de implementare și întreținere. A doua, apărută recent, utilizează o structurare cooperantă ierarhică, adică autonomă și totodată coordonată, care poate astfel asigura o autonomie totală componentelor sistemului la implementare și în funcționare, dar nu poate emite răspuns la alte nivele care lucrează fiecare în conformitate cu reguli bine stabilite, într-o concordanță perfectă.

Complexitatea obiectivelor și cerințelor sistemelor de tip CIM impune elaborarea unor concepții realiste, care să asigure o simbioză perfectă a două mari categorii de probleme: referitoare la structurarea funcțională, care să cuprindă totalitatea

componentelor procesului de fabricație și mediului industrial; referitoare la asigurarea unor atribute speciale ca flexibilitatea și integrabilitatea și care pot fi obținute, în special, cu ajutorul inteligenței artificiale. Prima mare categorie de probleme se referă mai ales la arhitectura sistemelor de tip CIM. Având o structură ierarhică coordonată, de un nivel superior sau una autonomă, sistemele trebuie să cuprindă întregul proces de fabricație, de la concepția și ingineria produsului, la conducerea producției și gestiunea economică, la controlul direct al mijloacelor de producție, până la livrarea produsului, și să asigure o circulație cât mai rapidă a informațiilor între aceste componente, cu tot caracterul divers al acestora de natură tehnică, geometrică și de conducere. Se remarcă, în acest cadru, asigurarea unui înalt grad de automatizare a tuturor componentelor, acordând prioritate concepției produsului și conducerii directe a procesului de fabricație, concretizat prin celule și sisteme flexibile de fabricație.

Aceste sisteme vor trebui, în aceste condiții, să asigure, pe de o parte, simultaneitatea între proiectarea constructivă și proiectarea tehnologică și obținerea, pe de altă parte, a unui mare grad de integrare între inginerie și procesul de fabricație, care în această situație nu vor mai fi ca până acum, concurente ci într-o perfectă coordonare.

Un aspect important, care trebuie luat în considerare se referă la caracterul sistemelor de tip CIM. Acestea pot fi sisteme deschise evolutive (cu extindere în funcție de cerințe și adaptare rapidă la procesul de fabricație și în general la mediul industrial) sau pot fi sisteme închise (concepute de la început pentru a se introduce numai în fabrici noi sau reechipate).

A doua mare categorie de probleme se referă la tehnicile și metodele care trebuie să înzestreze sistemele de tip CIM, pentru a le conferi acestora posibilități importante, în special în ceea ce privește flexibilitatea și integrabilitatea.

Cele mai importante dintre aceste noi tehnici pot fi considerate a fi inteligența artificială, sistemele suport de decizie, rețelele locale și, în special, rețelele neurale.

Inteligența artificială va avea un rol decisiv în realizarea sistemelor de tip CIM, pentru a răspunde cu succes cerințelor, în perspectivă când va trebui intensificată utilizarea ei în toate structurile procesului de fabricație și ale mediului industrial, pentru a le asigura o mare flexibilitate și integrabilitate. Sistemele expert vor deveni indispensabile în procesul de fabricație, aria aplicațiilor acestora cuprinzând concepția și ingineria planificarea producției, programarea și ordonarea atelierelor, comanda celulelor și sistemelor flexibile comanda roboților inteligenți cu senzori tactili și de vedere, supervizarea prin învățare din experiență, și altele. Prelucrarea cunoștințelor va asigura integrarea totală a funcțiilor, deoarece poate admite și informații greșite sau incomplete și poate face față cu succes procesului

le fabricație cu caracterul său nedeterminist. Sistemele de suport de decizie vor deține și ele un rol important în realizarea sistemelor de tip CIM, prin obținerea deciziilor de conducere corecte din situații decizionale nestructurate sau semistructurate și prin asigurarea de reguli de decizie și de transformare ale datelor, în formate accesibile calculatorului.

Un important rol în realizarea sistemelor de tip CIM îl dețin în această perioadă rețelele locale, cu posibilitățile de conectare ale diferitelor echipamente de calcul, cu viteză mică și medie de transmisie a informațiilor. În prezent se dispune de un protocol standard ISO-OSI, Manufacturing Automation Protocol (MAP) și de rețele locale de tip Local Area Network (LAN) [21].

În viitor, pentru realizarea sistemelor CIM inteligente este vitală dezvoltarea rețelilor neurale, caracterizate prin interconectarea de procesoare rapide, procesoare paralele și alte echipamente inteligente, care vor putea simula structura și funcționarea creierului uman.

Această generație de sisteme inteligente de fabricație integrate prin calculator (CIM-I) va constitui suportul creativ, tehnic, decizional al fabricilor viitorului.

3.2. Unele concepții privind realizarea sistemelor de fabricație integrate cu calculatorul de tip CIM

Definiția simplistă, dată sistemului de tip CIM, arată că acesta este un ansamblu total de funcții din mediul industrial reprezentat ca un sistem autoadaptiv, cu bucle de reacție complet automatizate, în care intrările le constituie cerințele producției și concepției produsului; ieșirea principală este practic produsul, transformarea internă fiind asigurată de către capacitățile din domeniul hardware și software disponibile. Stadiul de dezvoltare al acestor sisteme este condiționat de foarte mulți factori de ordin tehnic, economic și social.

Prima fază a evoluției sistemelor de tip CIM se va baza pe conceptele privind realizarea sistemelor actuale de automatizare a fabricației, cu utilizarea parțială a inteligenței artificiale.

Aceste sisteme de tip CIM, astfel concepute, pot fi implementate în fabrici prin două modalități prima, prin utilizarea unei soluții de dezvoltare graduală a sistemului, asimilând la un moment dat, într-un ansamblu unitar, aplicațiile automatizate existente și integrarea evolutivă în sistem a altor componente, care vor fi elaborate ulterior; a doua, prin utilizarea unei soluții de proiectare globală și complexă a sistemului și introducerea sa ca un ansamblu unitar în structurile procesului de fabricație.

Prima modalitate de tranziție la sisteme de tip CIM este o abordare prin sistem deschis, evolutiv și care poate fi adaptată la structuri organizatorice complexe,

existente. Această soluție este practică cu succes de unele organizații internaționale și prezintă interes în anumite condiții și constituie un model de abordare de sistem în țară, pentru fabrici, care sînt în funcțiune.

Se prezintă în continuare cele două modalități de abordare, cu exemplificări concrete, privind conceperea și implementarea de sisteme de tip CIM.

Prima variantă de realizare a unui sistem de tip CIM, abordează tipul deschis, cu dezvoltarea evolutivă și care poate fi introdus în actualele fabrici.

Acest tip de sistem CIM va trebui să dispună de capacități importante în ceea ce privește software-ul, pentru a fi apt să prelucreze un volum mare de date prin sisteme de suport de decizie, inteligența artificială, rețele locale și altele, care vor asigura integrarea informațiilor, controlul componentelor și legăturile cu structurile organizatorice și decizionale. Într-un cuvînt, se asigură monitorizarea tuturor informațiilor necesare pentru controlul direct, în timp real al procesului de fabricație și al celorlalte activități din mediul industrial. Aspectul funcțional și aspectul informațional din cadrul tuturor componentelor implicate direct sau indirect în procesul de fabricație vor trebui coordonate printr-o rețea locală, care să regăsească, fără erori informațiile în orice moment și în orice parte, provenite de la diferite tipuri de calculatoare.

Se va crea un mediu universal, de circulație a informației în toate sferile întreprinderii ce va conduce la optimizarea și realocarea resurselor în mod dinamic și la o integrare funcțională.

Un aspect prioritar este caracterul funcțional al sistemului deținut de planificarea activităților, care, în acest caz, nu mai este separată de procesul de execuție, datorită interconectării directe stabilite de calculator. În aceste condiții, ordinele de producție, generate de planificare sînt periodic transformate de către un calculator coordonator, în liste de operații, de piese și de planuri de lucru.

Prin ordonanțare, ordinele de producție vor alocă capacități de producție și vor realiza secvențe de activități operaționale pentru controlul direct al prelucrărilor, transportului, paletizării etc. Se inițiază, astfel, un proces în timp real, de prelucrare, transport, asamblare, iar fiecare schimbare de situație poate fi acum bine controlată prin plan. Ca orice metodă ierarhică de lucru, au fost prevăzute toleranțe la toate nivelele de planificare, ceea ce va conduce la o continuă revizie, pînă la cel mai înalt nivel; în ce privește fabricația directă, existența devierilor de la matricea prestabilită anterior va declanșa un proces de control automat pentru compensare, iar, dacă nu este posibil acest mod, va fi nevoie de corecții periodice.

Calculatorul principal subordonează prin rețeaua locală celelalte calculatoare, în special cele care efectuează controlul direct al mijloacelor de producție, celulele, sistemele flexibile, echipamentele DNC, CNC și altele.

Sistemul CIM asigură integrarea funcțională la toate

nivelele de planificare, ilustrate în special prin procesul de fabricație și rezolvă o problemă esențială, căreia pînă acum nu i s-a găsit soluția. Este vorba de realizarea simultaneității între cerințele și disponibilitățile producției, prin abordarea unei integrări funcționale, care leagă în fapt planificarea de la cel mai înalt nivel, cu celelalte nivele de planificare subordonate, fără alterarea datelor, și cu o continuă procesare a datelor în adaptarea la situațiile care se ivesc pe parcurs.

Componentele sistemului pot dispune de elemente de inteligență artificială. Sistemul de fabricație, integrat prin calculator în varianta prezentată este redat în figura 11.

Altă variantă conceptuală de sistem tip CIM, abordată tot din punct de vedere funcțional, în sistem deschis, este

ESPRIT al Comunității Economice Europene.

Proiectul respectiv realizează un nucleu de sistem ce dezvoltă o arhitectură utilizată pentru producerea unor modele de referință, ce pot fi elaborate printr-o simulare pe calculator.

Sistemul de tip CIM cuprinde un sistem CAD și nivele care privesc:

- activitatea întreprinderii, care rezolvă integrarea aplicațiilor tehnice, ingineresti, de planificare a producției, de aprovizionare și vânzare și de lucrări administrative;
- aplicațiile procesului de fabricație, care dispun și de algoritmi pentru control;
- aplicații privind prelucrarea datelor în mediul suport CIM, pentru integrarea informației prin

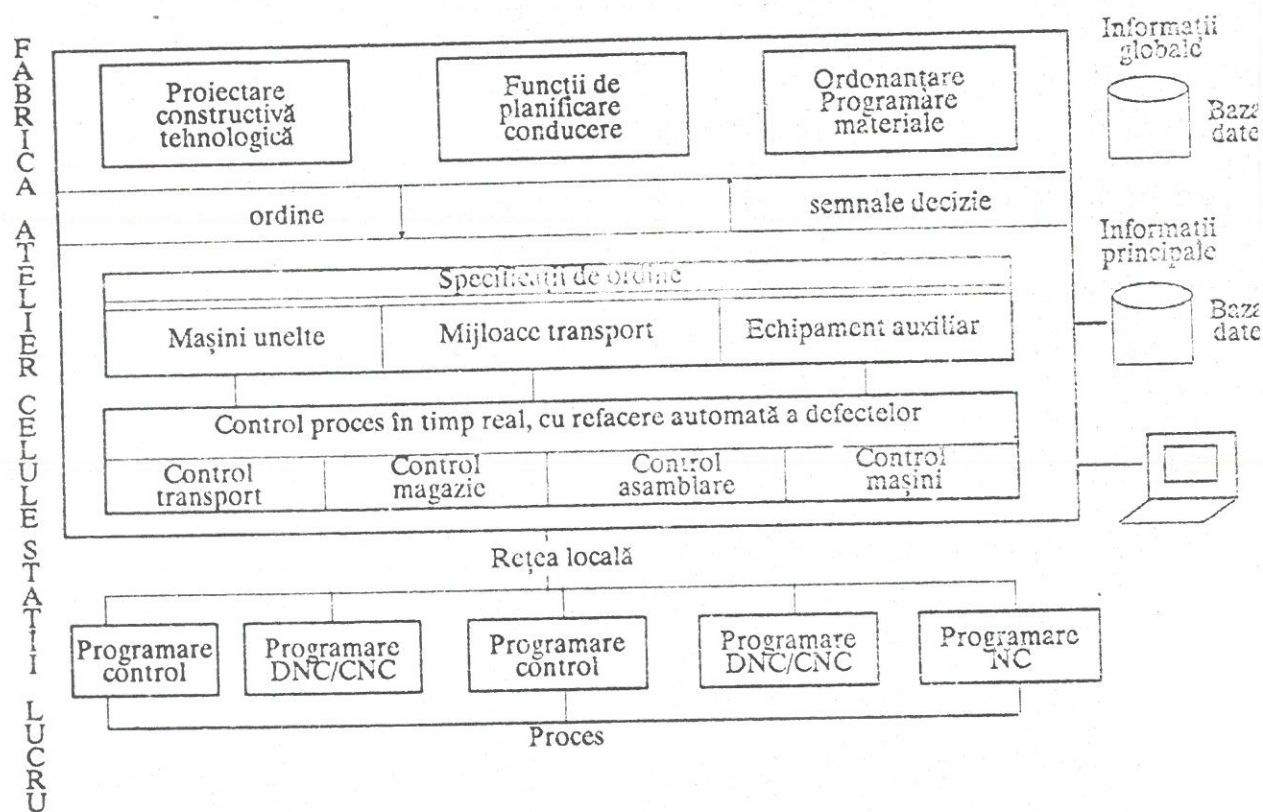


Fig. 11 Sistem de fabricație, integrat prin calculator de tip CIM

dezvoltată de Consiliul tehnic al organizației Computer and Automated System Association (CASA).

În acest sistem se disting două componente principale: proiectarea și modelarea produsului, simularea și planificarea procesului tehnologic, programarea și ordonanțarea producției, controlul atelierului de producție; a doua, include problemele economice, de afaceri, de finanțe, de planificare strategică.

Sistemul de fabricație integrată tip CASA este dat în fig.12

A treia variantă se referă la conceptul Computer Integrated Manufacturing Open System Architecture, CIM-OSA, în figura 13 care face parte din proiectul

rețeaua de comunicație.

O variantă modernă de abordare în realizarea de sisteme de fabricație integrate prin calculator, de tip CIM, se bazează pe introducerea intensivă a inteligenței artificiale.

Se tinde astfel la realizarea de sisteme de fabricație inteligente de tip CIM-I, (Inteligente CIM), prevăzute a fi implementate în noile generații de întreprinderi.

Sistemul inteligent de fabricație este prezentat în figura 14. Concepția sistemului de fabricație inteligent, CIM-I, într-o viziune cât mai apropiată de realitate, trebuie să satisfacă obiectivele majore de integrare în mediul industrial al acestor sisteme inteligente. Se prevede

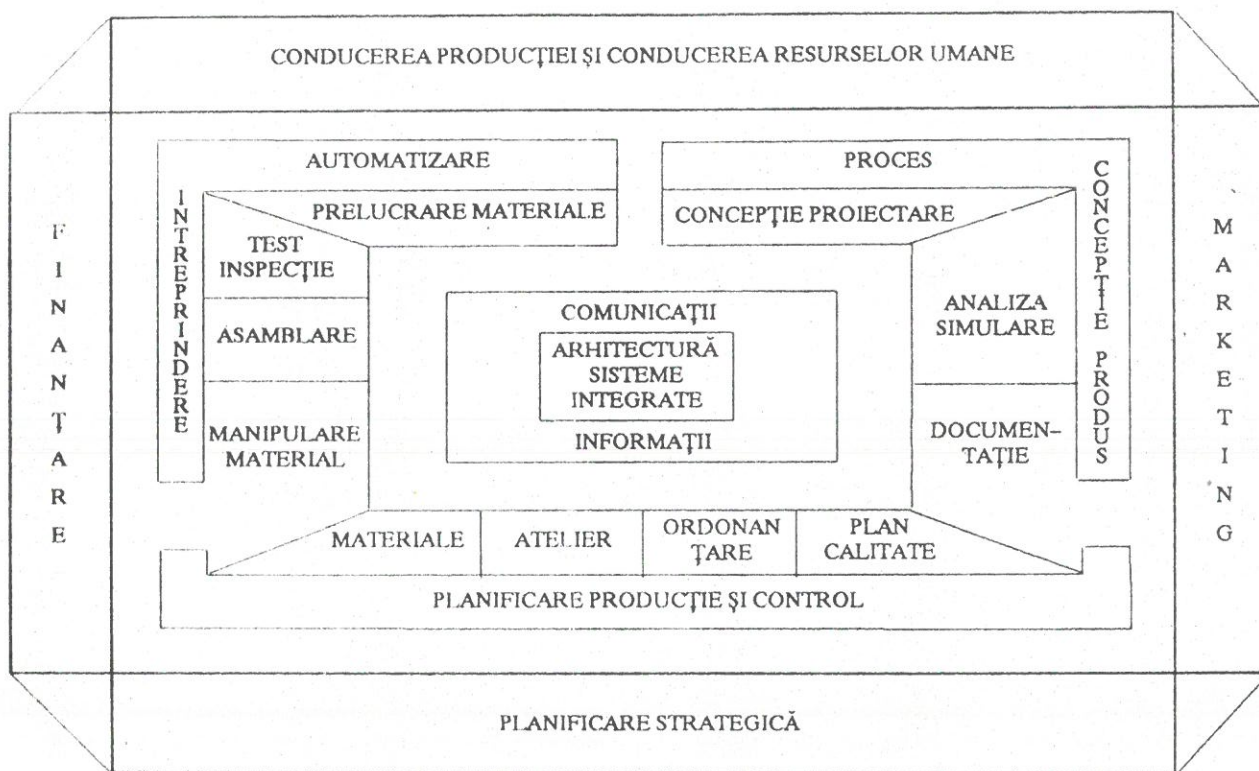


Fig. 12 Sistemul de fabricație integrată prin calculator – CASA

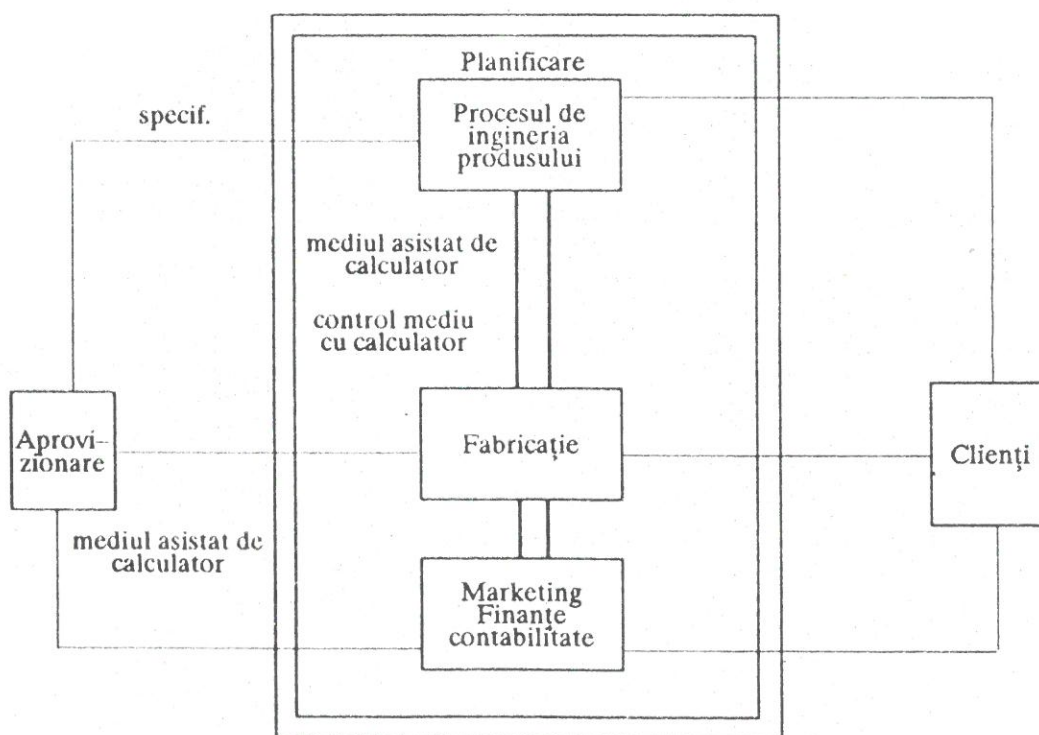


Fig. 13 Sistemul de fabricație de tip CIM - OSA

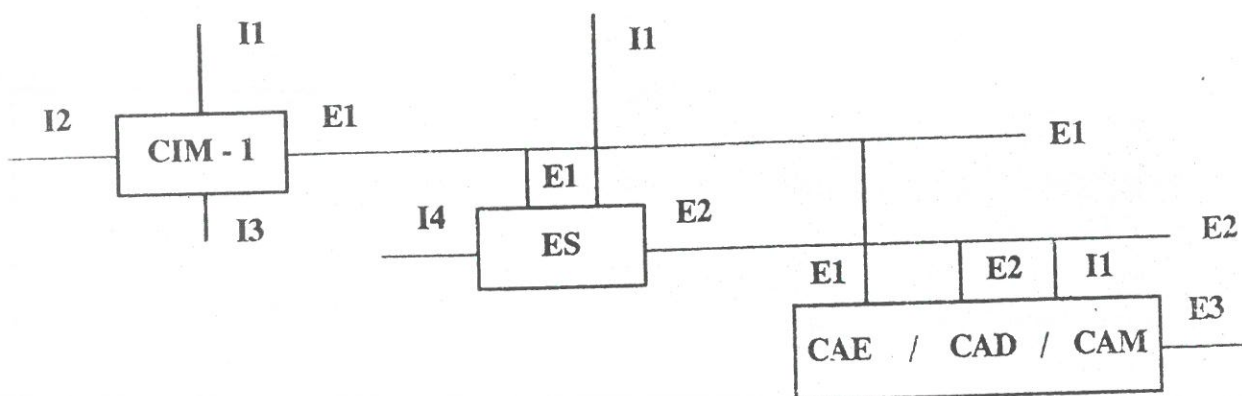


Fig. 14 Sistem inteligent de fabricație, integrat prin calculator CIM - I

astfel o structură multinivel prin trei entități principale: sisteme de fabricație inteligente CIM-I, sisteme expert ES și sisteme inteligente de asistare cu calculatorul a ingineriei, concepției și tehnologiei CAE/CAD/CAM. Pentru primul nivel de descompunere CIM-I, intrările și ieșirile sînt matriciale, complexe. Se prezintă, spre exemplificare intrarea I1, care are caracteristici privind ingineria produselor, produsele specifice, creșterea productivității, micșorarea timpului de livrare, creșterea duratei de viață a produsului, factori din activitatea intelectuală, problemele comerciale. Numai pentru prima caracteristică a acestei intrări I1, ingineria produselor, matricea prezintă complexitatea funcțională, forma dimensiunilor, toleranțele piesei etc. Intrarea I2 are caracteristici ca: minimizarea consumurilor, creșterea performanțelor sistemelor de fabricație, satisfacerea creativității acestora și creșterea flexibilității.

Intrarea I3 este importantă pentru că introduce sistemul în mediul industrial și face legături între noua concepție a sistemului și unele părți din structura întreprinderii.

Ieșirea E1 este reprezentată prin matricea de transformare a sistemului, care ia în considerare matricele de intrare prezentate (I1, I2, I3); ea este foarte complexă, necesitînd studii în vederea clarificării sale și avînd în componență elemente ca: inteligența artificială, inteligența umană, ingineria cunoașterii, proiectarea produsului, proiectarea tehnologiei, planificarea și urmărirea producției, controlul mașinilor unelte și auxiliare, al calculatoarelor, roboților etc.

La acest nivel se poate arăta ca intrările, ieșirile și matricele de transformare pot fi definite, deși acestea sînt de o mare complexitate.

Cercetările actuale, în vederea cunoașterii modelului complex al unui sistem de fabricație de tip CIM-I se bazează pe progresele teoretice din matematică, din teoria automatelor, din teoria proceselor cognitive etc.,

care vor duce treptat la dezvoltări în domeniile analizei și sintezei structurilor mecanice, proiectării constructive și tehnologice asistate de calculator, modelării și simulării problemelor ingineresti, modelării deducției bazate pe experiența cunoașterii și inducției raționamentului, în cazul unor cunoștințe limitate etc.

Un aspect important va fi luarea în considerare și a altor aspecte privind mediul industrial și sistemele de fabricație integrate, prin factorii de bază ai acestora, definiți prin nivelele de integrabilitate, flexibilitate, automatizare și inteligență artificială, factori care vor trebui să fie prezenți și în roboți sau în mașini unelte, pentru a avea rolul de a cupla aceste mecanisme cu întreprinderea.

Conceptele noi, de sisteme de fabricație inteligente abordează întreprinderile în raport cu structurile procesului de fabricație inteligente, de la concepția produsului, la sistemele de fabricație flexibile FMS.

Structura logică pentru un sistem inteligent de fabricație integrată prin calculator CIM - I este reprezentată prin:

$$\text{CIM-I} (\text{AI} \wedge \text{CIM} (\text{CAD} \wedge \text{CAM} \wedge \text{PC} \wedge \text{FM} \\ (\text{MT} \wedge \text{C} \wedge \text{R}))))$$

unde AI este inteligența artificială, CIM este fabricația integrată pe calculator, CAD este proiectarea constructivă asistată de calculator, CAM este proiectarea tehnologică asistată de calculator, PC este conducerea producției, MT, este mașina uneltea, FMS este sistem flexibil de fabricație, C este calculatorul, R este robotul.

Această structură logică reprezintă baza sistemelor de fabricație, inteligente.

Conceptul se poate dezvolta și se obține:

$$\text{AI} (\text{LG} (\text{LISP PROLOG}) \wedge \text{KE}(\text{Ex}) \wedge \text{MP}(\text{NL}) \wedge \\ \text{S} \wedge \text{V}))$$

Astfel LG (LISP PROLOG) sînt limbajele și instrumentele, KE(Ex) este ingineria cunoașterii, MP este prelucrarea pe mașină, NL este limbajul natural, S

de vorbire, V este vederea.
 Un sistem de fabricație inteligent este deci o simbioză între un software inteligent cu o mașină inteligentă și un software și hardware din generațiile actuale și viitoare.
 Diferența calitativă, dintre întreprinderile existente și noua generație, de fabrici ale viitorului este exprimată în paradigma:
 $\{FR\} = [T1]\{FE\}$; $\{FV\} = [T2]\{FR\} = [T2][T1]\{FE\}$
 Fabricile se pot defini prin stadiul de cunoștințe și experiențe. Comparând entropia fabricilor existente, cu

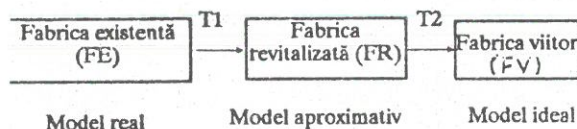


Fig. 15 Diferențierea calitativă între fabrici

Pe lângă noile generații pe linia cunoștințelor și experienței, se arată că entropia se va schimba, de la valori minime la maxime.

Entropia	Cunoștințe	Experiențe	Industrie
Existența	Eec → min.	Eee → min.	Eei → min.
Revitalizată (nouă)	Enc → max.	Ene → max.	Eni → max.

Se poate arăta că în domeniul sistemelor de fabricație integrate prin calculator CIM-I, progrese substanțiale au fost realizate de firme ca: FANUC Ltd, MITSUBISHI din Japonia, WESTINGHOUSE, și GENERAL DYNAMICS CORP., din SUA. Și în Europa Occidentală există preocupări serioase în domeniul realizării și implementării de astfel de sisteme.

Concluzii

Sistemele de automatizarea fabricației prin calculator, și toate dificultățile întâmpinate, au determinat creșteri economice și tehnice substanțiale și au evoluat în continuu, spre sistemele de fabricație integrate prin calculator, de tip CIM.
 Sistemele CIM, care vor constitui suportul automatizării viitoarelor fabrici, au fost analizate din punct de vedere conceptual și s-au prezentat unele soluții de realizare.
 Problematika sistemelor de tip CIM este foarte vastă și necesită abordări complexe, în toate domeniile științei. În final, vom încerca să prezentăm numai câteva recomandări mai importante, privind realizarea sistemelor CIM.
 Aceste sisteme de tip CIM reprezintă un concept

integrator al ansamblului de componente ce cuprind întreg mediul industrial (cu prioritate procesul de fabricație) cu proiectarea (CAD, CAM, CAE) controlul producției, sistemele flexibile și roboții industriali, toate acestea, fiind într-o simbioză perfectă cu elemente de suport de decizie, inteligența artificială, rețele locale și chiar rețele neurale.

Realizarea și implementarea sistemelor CIM vor necesita elaborarea de strategii adecvate, în funcție de condițiile existente în întreprinderi. Astfel, pentru fabricile existente, introducerea sistemelor trebuie făcută fără perturbări importante ale procesului de producție, cu toată incompatibilitatea dintre tehnicile de tip CIM cu cele ale fabricației convenționale; pentru fabricile noi, complet re tehnologizate și reechipate, instalarea sistemelor CIM se va realiza în totalitate.

Elaborarea unor metodologii pentru realizarea sistemelor de tip CIM constituie o preocupare majoră. Adoptarea unei arhitecturi de tip autonom, cooperantă, reduce mult dificultățile de integrare a sistemului, permițând o toleranță în cazul unor date greșite.

O direcție importantă de cercetare în domeniul CIM, o constituie ingineria concurentă. Aceasta încearcă să asigure simultaneitatea unor activități seriale (ca proiectarea unui produs cu execuția acestuia în fabricație), adică asigură integrarea totală a concepției produsului cu procesul de fabricație, care în acest caz nu mai sînt concurente.

Un element important, în realizarea unui sistem CIM îl constituie comunicația datelor, care trebuie să fie totală și instantanee. Pînă în prezent sînt unele rezolvări bazate pe rețelele locale, care permit conectarea unei mari diversități de echipamente de calcul.

Rolul principal în dezvoltarea sistemelor CIM revine introducerii inteligenței artificiale. Într-o primă etapă, aceasta se va realiza în punctele critice ale sistemului, dar pe parcurs se va extinde la întreg ansamblul componentelor sistemului, unde sistemele expert vor rezolva probleme de planificare, de diagnostic, de control atelier etc.

Productivitatea sistemelor CIM va crește foarte mult, o dată cu introducerea pe scară largă a inteligenței artificiale, constituită în final în rețele neurale.

Se va ajunge în viitor, la realizarea de sisteme de fabricație inteligentă, (CIM-I), care, pe lângă software corespunzător, vor dispune și de un înalt grad de inteligență artificială, bazată pe rețelele neurale, și care vor fi în concordanță totală cu sistemele de fabricație inteligente, cu roboți inteligenți, cu senzori deștepți și cu alte capacități de învățare și de recunoaștere a formelor. Se oferă astfel un potențial excelent pentru integrarea totală și perfectă a sistemelor de fabricație, ce vor constitui suportul viitoarelor fabrici.

Bibliografie

1. SĂMBOTIN, C.: - *Sistem interactiv pentru generarea automată a tehnologiilor pentru piese mecanice prelucrate prin aşchiere*. In: Buletin Român de Informatică, vol VI, Bucureşti, 1985 pp. 53-59.
2. SĂMBOTIN, C.: - *Consideraţii privind automatizarea producţiei discrete cu ajutorul calculatorului*. In: Buletin Român de Informatică vol.III, Bucureşti, 1987, pp. 54-68.
3. SĂMBOTIN, C.: - *Structurarea şi organizarea datelor în proiectarea constructivă şi tehnologică, asistată de calculator*. In: Rezumat Conferinţă Academia Română, Comisia de Sisteme, Bucureşti, 1987, pp.208-262.
4. SĂMBOTIN, C.: - *Concept de realizare a sistemului interactiv, pentru generarea automată a tehnologiilor pentru piese mecanice, prelucrate prin aşchiere*. In: Rezumate comunicări Academia Română, Comisia de sisteme, Bucureşti, 1985, pp.170-175.
5. SĂMBOTIN, C.: - *Conceptia şi realizarea sistemelor de proiectare asistată de calculator*. In: INFOTEC '88, BUcuresti, 1988, pp.445-503.
6. SĂMBOTIN, C.: - *An Algorithm for Statistical Analysis and Simulation*. In: European Congngres on simulation, Prague, 1987, pp.269-276.
7. SĂMBOTIN, C.: - *Concept de realizare a unui sistem integrat de proiectare constructivă şi tehnologică, pentru piese mecanice prelucrate prin aşchiere*. vol 3 (pp. 19-28) 1987 Bucureşti.
8. SĂMBOTIN, C.: - *Sistem de proiectare tehnologică asistată de calculator pentru piese de rotaţie*. In: INFOTEC '88, Bucureşti, 1988, pp.506-509.
9. DRĂGANESCU, M.: - *Tehnologii pentru viitor*. Editura Academiei, Bucureşti, 1983.
10. FILIP.F.G.: - *A Solution for Sparce Systems Relatively Constant Parameter*. In: Studies and Research in Computer and Informatics, Bucureşti, 1990, pp.19-39.
11. COMĂNESCU, N.: - *Sistem de producţie flexibilă*. In: Buletin de informare tehnico-ştiinţifice, ICI, Bucuresti, nr.1,2,3,4; 1988.
12. ENCARNAÇÃO, S.: - *Computer Adided Design*. Springer-Verlag, Berlin, 1983.
13. MERMET, S.: - *CAD in medium Sized and Small Industries*. North-Holl. Publish Comp., Amsterdam, 1985.
14. BLAKE, P.: - *Advanced manufacturing technology North Holland, Amsterdam*. 1983.
15. HOSAKA, M.: - *A Model Approach to CAD/CAM Integration*. Computer in Industry, nr.14, 1990, pag.35-429.
16. CRESTIN, S.: - *Hints towards Integration*. In: Computer in Industry, nr.14, 1990, pp.181-186.
17. KRAUSE, F.: - *Technological Planning Systems for the Future*. In: Computers in Industry, 1990, pp.109-116.
18. TOSHIO SATO: - *Recent Developments in Computer Integrated Manufacturing in Japan*. In: Robotics and CIM, vol.3, nr.4, 1987, pp.373-380.
19. SELINGER, G.: - *Descriptive methods for Computer Integrated Manufacturing and Assembly*. In: Robotics and CIM, vol.3, nr.4, 1987, pp.285-296.
20. REISCH, D.: - *Total CIM concept embracing logistics*. In: Robotics and CIM, vol.3, nr.1, 1987, pp.105-122.
21. MERCHANT, M.: - *World trends of importance to intelligent robotic CIM system*. In: Robotics and CIM, vol.7, nr.3, 1989, pp.25-261.
22. MERCHANT, M.: - *Computer Integrated Manufacturing as the basis for the factory of the future*. In: Robotics and CIM, vol.2, nr.2, 1987, pp.89-90.
23. MALACIC, V. :- *Factory environment and CIM*. In: Robotics and CIM vol.7, nr.3,4, 1990, pp .213-228.