

PRELUCRAREA DATELOR IN SISTEMELE DE PRO- DUCTIE INTEGRATA CU CALCULATOR

mat. Rodica Constantinescu,
ing. Adrian Domide

Institutul de Cercetări în Informatică

Rezumat:

Sistemele de producție și inginerie integrată cu calculator - CIME (Computer Integrated Manufacturing and Engineering) tind să asiste, prin intermediul componentelor software, întregul ciclu de dezvoltare a unui produs tehnic. Asistarea integrală și integrată a tuturor proceselor implicate este posibilă prin asigurarea continuității fluxului de date între compartimentele întreprinderii, ca și între acestea și exteriorul ei.

Stadiul curent al tehnologiei informaționale asigură suportul pentru interconectarea și conlucrarea între componentele sistemelor CIME, în cadrul unei arhitecturi CIM-OSA [9], de mediu deschis și integrat pentru procesarea datelor IDPE (Integrated Data Processing Environment) [12].

Lucrarea de față își propune să prezinte abordările moderne în realizarea sistemelor CIME, cu accent către procesarea datelor de definire a produselor tehnice (la nivel de prezentare și aplicație din cadrul Modelului de Referință OSI). Sunt prezentate aspecte referitoare la prelucrarea datelor în sistemele grafice, sistemele de modelare, sistemele de gestiune a bazelor de date și programele de aplicație pentru Sistemele de proiectare, inginerie și fabricație asistate de calculator (CAD /CAE /CAM - Computer Aided Design /Computer Aided Engineering /Computer Aided Manufacturing) și în Sistemele de planificarea proceselor asistată de calculator (CAPP - Computer Aided Process Planning).

Sunt evidențiate abordările de la nivelul organizațiilor internaționale și naționale de standardizare și din cadrul proiectelor ESPRIT [1] privind: standardizarea în domeniul sistemelor grafice, modelul informațional integrat de descriere a produselor tehnice și standardizarea interfețelor de transfer al datelor de descriere și a modelelor acestor produse, bază de date neutră.

Cuvinte cheie: CIM-OSA, CGI, CGM, exchange, FTAM, GKS, ICR, IGES, interfață, modelarea produsului tehnic, neutral data format, neutral database, PHIGS, proiectare concurentă și asociativă, procesor, ODA/ODIF, product data, standard, STEP, SQL, transfer.

1. Tendințe în realizarea aplicațiilor CIME

Mediul CIME, de procesare a datelor este determinat de sistemul obiect și de platformele hardware - software din dotarea existentă și potențială a întreprinderilor.

În cadrul complexelor sisteme CIME, aplicațiile software tind să asiste toate procesele din întreprindere, pe parcursul întregului ciclu de dezvoltare a unui produs tehnic: proiectarea conceptuală, fundamentală, de detaliu, proiectarea proceselor de fabricație a produsului, a sculelor, matrițelor, fabricația acestora, asamblarea, testarea, vânzarea și întreținerea pe parcursul utilizării produsului la beneficiar.

Programele de aplicație reflectă procesele ce se desfășoară în întreprindere, cit și accesul, transmitia, prezentarea datelor. O aplicație implementează un anumit aspect al unui proces. De exemplu, modelarea procesului de proiectare a unui produs tehnic și a sculelor pentru fabricarea lui este implementată în sistemele și aplicațiile CAD, analiza prin metoda elementului finit și calculația proiectelor este realizată de sistemele CAE, planificarea proceselor de fabricație este asistată de aplicațiile CAPP, producția este asistată de aplicațiile CAM și FMS (Flexible Manufacturing System), asigurarea calității de către aplicațiile CAQ (Computer Aided Quality Assurance), controlul proceselor de către sistemele PC (Process Control), iar testarea proiectelor de către aplicațiile CAT (Computer Aided Testing).

Tendințele moderne sînt către o strategie de proiectare concurentă și asociativă, care constă în:

- proiectarea integrată a componentelor produsului (ex.: proiectarea mecanică a motorului unui autovehicul și a circuitelor electrice aferente);
- proiectarea simultană a produsului și a proceselor de fabricare a lui;
- proiectarea simultană a produsului și a sculelor, dispozitivelor de fabricare a lui, a matrițelor, și se realizează prin:
- conlucrarea grupelor interdisciplinare de specialiști (ingineri proiectanți, tehnologi, specialiști marketing și aprovizionare etc.) pe parcursul ciclului de dezvoltare a produsului;
- utilizarea tuturor informațiilor și a expertizei inginerilor dintr-o întreprindere.

Proiectarea concurentă și asociativă conduce la:

- eliminarea paralelismelor, scurtarea fazelor repetitive pe parcursul ciclului de dezvoltare a produsului;

- cunoașterea, încă din faza de proiectare a produsului, a implicațiilor în fabricația viitoare, a cerințelor pentru materiale etc.;
- dezvoltarea permanentă, în fazele ciclului de viață a produsului, a volumului de date de definire și a modelelor produselor tehnice;
- utilizarea modelelor produselor (elaborate în faza de proiectare) în fazele ulterioare de fabricație și în timpul întreținerii produsului pe parcursul utilizării;
- păstrarea integrității proiectelor în concordanță cu documentația lor;
- reutilizarea proiectelor anterioare.

Mediul de proiectare concurentă și asociativă a produselor și proceselor este caracterizat prin:

- distribuirea grupelor eterogene de specialiști în ateliere și necesitatea conlucrării și a comunicării între ele;
- necesitatea lucrului cooperant asupra unui **model unic al produsului tehnic**.

Platformele hardware-software, care vor susține în CIME proiectarea concurentă și asociativă, sînt caracterizate prin eterogenitate și distribuire.

Produsele software tind să înglobeze toate funcțiunile din sistemele CAD, CAE, CAPP, CAM și chiar CAT. Referirea la ele, în literatura de specialitate, se face prin denumirea "sisteme CAD/CAM", iar pentru proiectarea în domeniul mecanic "sisteme MDA" (Mechanical Design Automation) sau MCAD (Mechanical CAD).

Firmele consacrate în domeniul CAD /CAM /CAPP au elaborat produse software, care susțin mediul de proiectare concurentă și asociativă. Enumerăm cîteva din aceste produse:

- EUCLID-IS Matra Datavision;
- CADAM IBM;
- CATIA IBM - Dassault Systems;
- Unigraphics Electronic Data System (EDS);
- CADD 5 Computervision (CV);
- ICEM Control Data Corporation (CDC);
- CIS Medusa CIS Medusa, Inc.;
- BRAVO 3 Schlumberger Technology, Inc.;
- I/EMS Intergraph;
- I-DEAS Structural Dynamic Research Corporation (SDRC);
- Pro/Engineer Parametric Technology Corporation (PTC);
- AutoCAD Autodesk.

Asistarea cu produse software a întregului ciclu de dezvoltare a produselor tehnice necesită (figura 1):

- utilizarea unuia sau mai multor produse software de firmă;
- integrarea aplicațiilor de la beneficiari cu aceste produse software;
- asigurarea continuității fluxului de date între aplicațiile și produsele software.

O succintă analiză a produselor software de firmă existente reflectă următoarea concepție de realizare:

- arhitectura în rețea, cu stații de lucru distribuite în ateliere și dotate cu software specific unui grup de lucru;
- un model unic integrat, al produsului tehnic, asupra căruia lucrează toate grupele de specialiști;
- o bază de date integrată ca o sursă unică de informații;
- arhitectura de sistem deschis software, ceea ce permite "croirea" pentru beneficiar a unui set de instrumente în concordanță cu cerințele din domeniu și cu fazele de proiectare concrete și adăugarea ulterioară a noi module, cu păstrarea integrității proiectului pe baza structurii de date unice;
- instrumente de integrare a aplicațiilor cu produsele software de firmă;
- interfețe standardizate (IGES, VDAFS, SET, STEP, DXF, CGM) pentru transferul datelor de definire, a modelelor produselor tehnice sau numai a desenelor acestora, între diferite produse și aplicații software;
- asigurarea portabilității aplicațiilor și produselor software pe platforme hardware eterogene.

Aceste produse software dețin instrumente pentru:

- proiectarea ansamblelor complexe;
- generarea, pornind de la modelul produsului;
- modelelor pentru analiza prin metoda elementului finit;
- desenelor de detaliu;

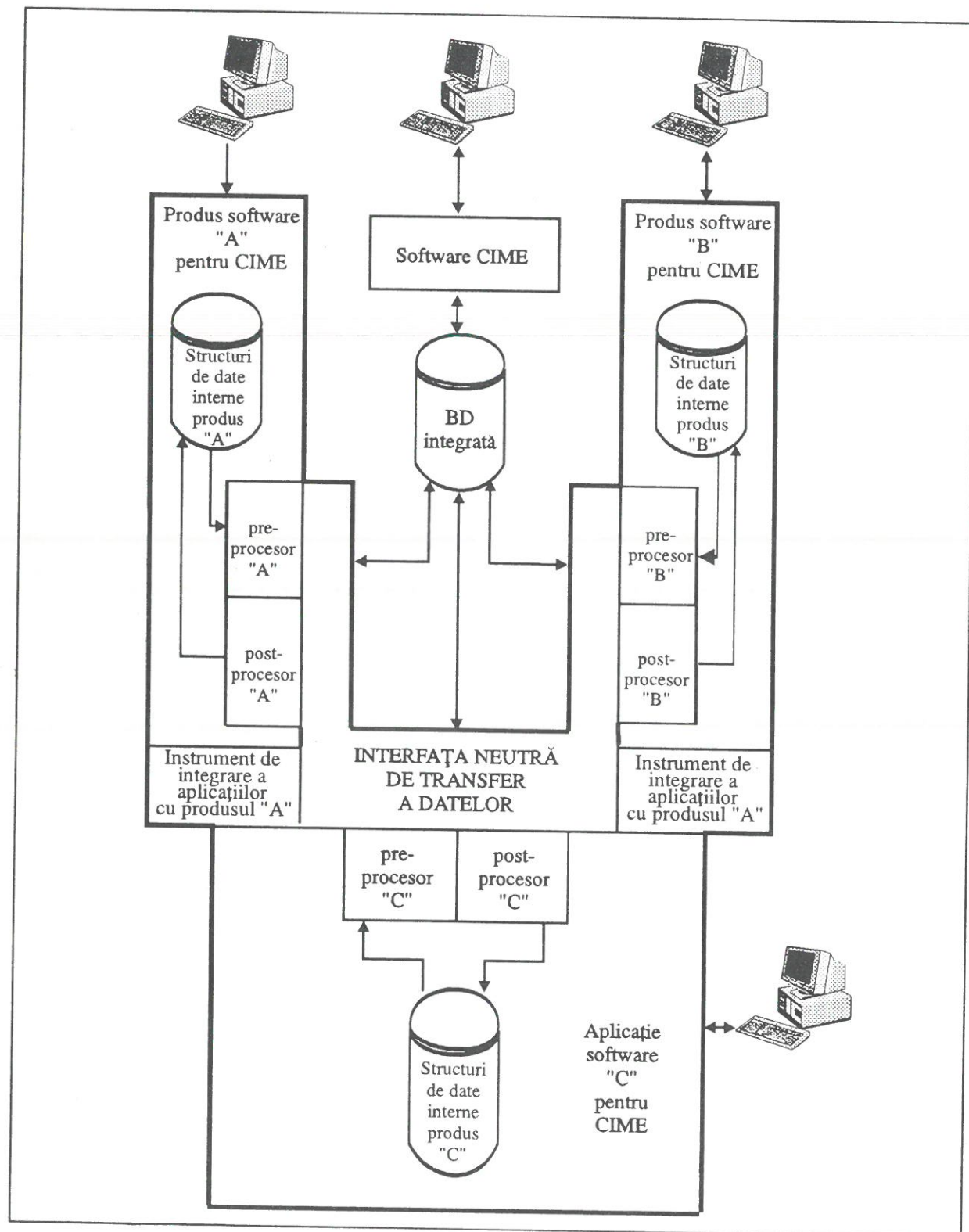


Figura 1: Integrarea produselor software și a datelor în CIME

- planurilor pentru procesele de fabricație;
- programelor NC;
- comenzilor pentru conducerea roboților;
- fișierelor în format STL (interfața pentru stereolitografie) utilizate în protipizare;
- analiza obiectelor modelate;
- formatarea (în vederea transferului informațiilor din birourile tehnice) a: rapoartelor, listelor de materiale, specificațiilor de montaj, dispozițiilor de modificări tehnice (ECO - Engineering Change Orders), tabelor cu familii de ansamble, listelor itinerariilor de fabricație;
- simularea grafică a prelucrării pieselor prin găurire, strunjire, frezare etc.;
- facilitarea conducerii proiectelor complexe;
- administrarea modelelor produselor etc.

2. Modelarea produselor tehnice în CIME

Rezultatele activității de proiectare se concretizează în modelul conceptual al obiectului ce urmează a fi fabricat sub forma unui obiect real.

În proiectarea convențională, modelul conceptual al obiectului real poate fi descris și este operabil într-o manieră neformală. Implementarea și utilizarea modelelor în CIME necesită o formalizare a modelului și maparea lui într-o reprezentare internă.

Modelul produsului este un concept unanim recunoscut pentru prezentarea informatică a soluției de proiectare. Modelul produsului ocupă un loc central în cadrul unui sistem CIME, la el articulându-se toate activitățile pe parcursul ciclului de dezvoltare a produsului tehnic.

Calitatea unui sistem CIME depinde într-o măsură considerabilă de calitatea modelului produsului implementat la nivelul componentelor software.

Datele de definire a unui produs tehnic conțin informații despre un obiect tehnic sau componentă a sa.

Un produs tehnic este caracterizat de următoarele tipuri de informații:

- geometrice - caracterizează forma, dimensiunile și structura obiectului precum și topologia componentelor;

- tehnologice - permit descrierea cu mai multă acuratețe a produsului în vederea fabricării lui ulterioare (materialul, dimensiunile și toleranțele, calitatea suprafețelor, tratamentele tehnice etc.);
- despre cerințele funcționale - caracterizează produsul din punct de vedere funcțional; ele fac parte din specificațiile de proiectare;
- privind logică de proiectare a produsului - descriu modul în care sînt generate formele geometrice și informațiile tehnologice ținînd cont de cerințele funcționale;
- administrative - permit identificarea unui produs (cod, denumire, nume proiectant etc.);
- de reprezentare - specifică modul în care un obiect este reprezentat grafic (vederea, culoarea, grosimea și tipul de linie etc.).

Modelul intern computerizat al produsului tehnic poate fi definit pe următoarele niveluri:

- modelul produsului - conține toate tipurile de informații de definire a produsului;
- modelul geometric - conține informații geometrice, tehnologice, administrative și de reprezentare;
- modelul de reprezentare - conține doar datele de reprezentare.

Modelul geometric este constituit pe baza unor entități (primitive) constructive: puncte, linii, arce, corpuri elementare spațiale, elemente tipizate, texte etc. Metodele de modelare geometrică, utilizate în CIME, sînt bi- și tridimensionale. Există următoarele tipuri de modele tridimensionale: "sîrma" (wireframe), "prin suprafețe" (surface), "prin limite" (B-rep, Boundary representation), "prin limite ale suprafețelor compuse" (CBR, Compound B-rep), "prin solide" (Constructive Solid Geometry).

Tendința sistemelor de modelare moderne [31, 32, 33], care vor susține procesele de proiectare concurentă și asociativă, constă în :

- integrarea tuturor informațiilor relevante despre produs într-un model informațional integrat al produsului (figura 2);
- modelarea geometrică parametrică, ghidată de dimensiuni (dimension-driven modelling) și bazată pe elemente tipizate (features);

MODELUL INTEGRAT AL PRODUSULUI

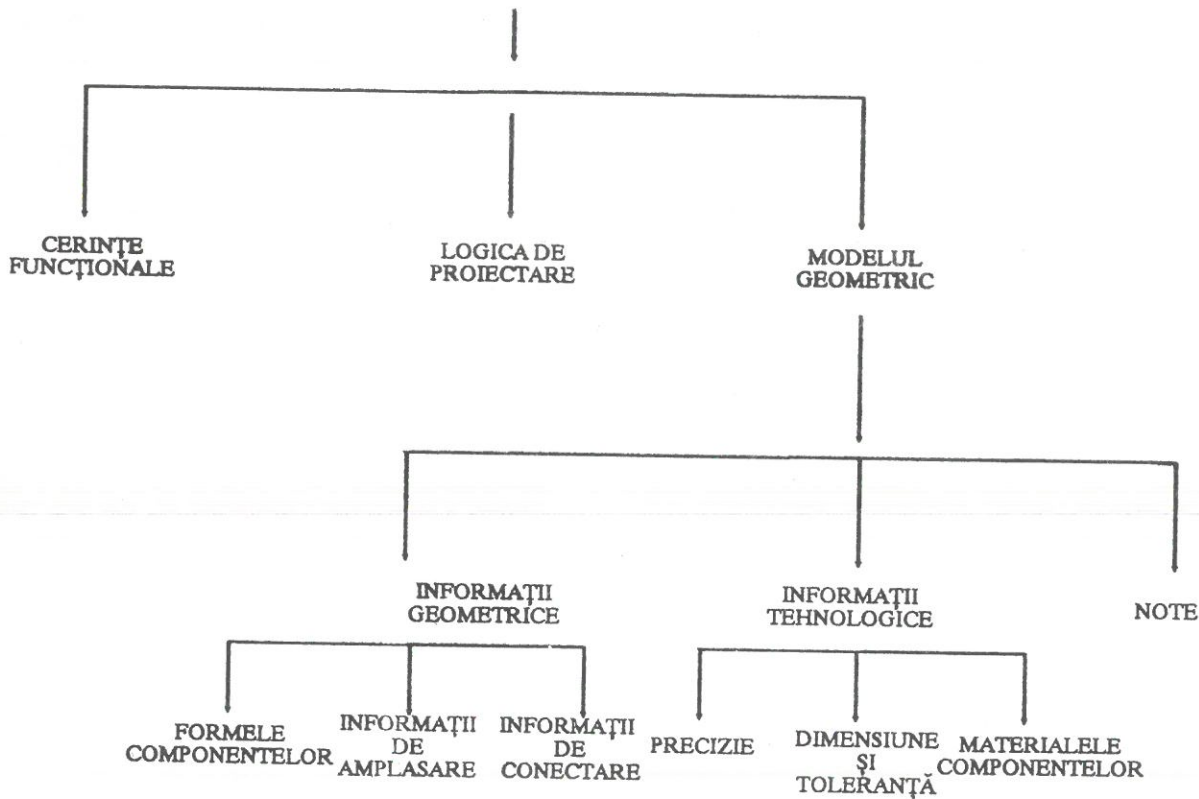


Figura 2: Informațiile incluse în modelul produsului

- **importul, exportul și transferul modelelor produselor** între diferite sisteme software.

Subsistemul de modelare geometrică a formei produsului implementează mecanismele de modelare sub forma de:

- rutine apelabile din programele aplicative CAD/CAM;
- instrumente integrate de modelare și grafică; microprograme cablate în acceleratoarele stațiilor de lucru inteligente.

Tendențele moderne în modelarea formei geometrice sînt către:

- **invarianta** - obiectele 2D și 3D sînt tratate ca solide;
- **parametrizare** - ghidată de dimensiunile corpurilor;
- **asamblare** - prin referirea, și nu copierea modelelor subansamblelor și pieselor conținute în alte fișiere;
- **tipizare** - utilizarea elementelor tipizate;
- **orientarea către obiecte** (modelare orientată-obiect).

Un **element tipizat** (feature) este definit printr-un set de entități geometrice de bază (puncte, linii, arce, primitive volumice etc.), grupate într-o instanță logică, asociată cu anumite caracteristici orientate către producție. În general, se disting următoarele tipuri de elemente tipizate:

- **elementele geometrice tipizate** (form features), descriu forma și/sau funcționalitatea obiectului (găuri, filete, cilindri etc.);
- **seturile de elemente tipizate** (pattern features), specifică o repetiție de elemente tipizate;
- **elementele tipizate pentru conectare** (connection features), specifică relațiile geometrice între elemente tipizate;
- **elementele tipizate, referitoare la proprietăți** (property features), precizează caracteristicile negeometrice, referitoare la un produs tehnic; adesea, ele sînt caracteristicile tehnologice (tratamentele termice și chimice, prelucrarea suprafeței, calitatea suprafeței etc).

Se prezintă, în continuare, cîteva modelatoare geometrice, realizate de firme cu renume în domeniul CAD/CAM și implementate în produsele software:

- PARASOLID (vers 5.0) - Shape Data Limited (modelator solid);
- I-DEAS (vers 6.1) - SDRC (modelare solidă, orientată către analiza prin element finit);
- I/EMS (vers 2.0) - Intergraph (modelare invariantă, bazată pe elemente tipizate);
- UG Concept, UG Solids, Surfaces - din produsul Unigraphics;
- EDS (modelarea parametrică, ghidată de dimensiuni și bazată pe elemente tipizate, modelarea ansamblor);
- Bravo3 Solid Modelling (modelare solidă), Bravo3 Surface Modelling (modelarea formelor libere și analitice);
- AME (Advanced Modelling Extension) - Autodesk (modelator solid, oferit de sistemul AutoCAD, adecvat modelării pieselor cu suprafețe regulate);
- ACIS (modelator solid ce va înlocui modelatoarele din AutoCAD și Bravo3);
- Modelatorul inclus în produsul Pro/Engineer - PTC (modelare invariantă, bazată pe elemente tipizate și parametrizare, modelarea ansamblor);
- Modelatorul inclus în EUCLID-IS (modelare wire-frame, prin suprafețe, solidă, parametrică);
- Modelatorul inclus în CATIA-IBM-Dassault (modelare prin suprafețe curbe, modelare solidă, ghidată de dimensiuni, modelarea ansamblor);
- Graphical Library - Silicon Graphics (limbaj pentru modelare orientată-obiect).

Evaluarea celor mai cunoscute sisteme CAD / CAM de firmă, din punctul de vedere al sistemelor de modelare incluse, conduce la următoarea ordine descrescătoare a performanței [34]: Pro/Engineer, CADD5, I/EMS, I-DEAS, Unigraphics.

Din punctul de vedere al capacității de modelare a ansamblor, evaluarea a condus la următoarea ordine descrescătoare a performanței: CADD5, I-DEAS, Bravo3, Pro/Engineer, Unigraphics, I/EMS, Euclid-IS, ProCADAM, CATIA, AutoCAD/AME.

Existența unui model integrat al produsului permite:

- asociativitatea bidirecțională între model, desenele de detaliu, structura conceptuală și ansamble;
- concurența între proiectarea produsului și a proceselor de fabricație a lui;
- captarea și utilizarea "intenției" proiectantului și a restricțiilor de fabricație direct în model.

Strategia proiectării concurente și asociative se bazează pe conceptul de "modelare integrată a produsului", susținut de o bază de date unitară, un sistem de gestiune, capabil să stocheze și manevreze datele modelului și un sistem de conducere a proiectelor complexe [6, 32, 33]. Orice modificare operată de o echipă, la un moment dat, asupra modelului produsului, se va reflecta în activitatea celorlalte echipe. Din această cauză, o componenta software specială va trebui să reglementeze accesul la modele permițând administratorului de model:

- să decidă cine poate face schimbări în ansamble;
- să restricționeze modificările asupra ansamblurilor care sînt deja destinate producției.

Astfel de operații sînt puse la dispoziția conducătorilor de proiecte prin componentele de gestiune a datelor despre produs, PDM (Product Data Management) din sistemele software CAD/CAM moderne:

- Infomeneger Unigraphics;
- CATIA Data Manager;
- Pro / Project și Pro / Assembly din Pro / Engineer;
- EDM din produsele asimilate de Compu-tervision (CADD5, Medusa, PrimeDESIGN, ColmaDDM, PersonalDESIGN, VersaCAD);
- I/PDM din I/EMS.

Evaluarea celor mai cunoscute sisteme CAD / CAM de firmă, din punctul de vedere al sistemului PDM inclus, conduce la următoarea ordine descrescătoare a performanței [34]: Unigraphics, I/EMS, CADD5, Euclid-IS, CATIA, I-DEAS, Pro/Engineer, AutoCAD/AME, ProCADAM etc.

Factorul cheie în implementarea cu succes a CIME este disponibilitatea unei descrieri numerice neutre a produsului tehnic, care poate fi accesată, în consultare și actualizare, de

toți specialiștii implicați în realizarea produsului, pe tot parcursul ciclului sau de dezvoltare. În cadrul organizațiilor naționale și internaționale, s-au desfășurat activități în direcția formalizării și standardizării descrierii datelor de definire și a modelelor produselor.

Standardul ISO STEP (Standard for Exchange of Product Model Data) [17] reglementează problemele din domeniul modelării integrate a produselor destinate producției și transferului datelor despre model, între componentele software ale sistemelor CIME. În cadrul acestui standard s-au elaborat:

- **metodologia de modelare a produselor și s-a definit clar terminologia din domeniu;**
- **limbajul de modelare EXPRESS [18];**
- **modelul informațional integrat al produsului (IPIM - Integrated Product Information Model).**
- **interfață neutră pentru transferul modelului produsului;**
- **regulile de mapare ale nivelului logic pe cel fizic.**

3. Interfețe pentru transferul datelor de definire și al modelelor produselor tehnice în CIME

O premisă pentru un proces integrat de proiectare și producție este transferul datelor de definire a produsului în fluxul de informații dintre:

- diferite sectoare de proiectare (ex. proiectarea caroseriei și a circuitelor electrice aferente, proiectarea motorului etc.);
- proiectare, pregătirea producției, producție;
- fabricanți, furnizori, alte fabrici din ramură;
- fazele de dezvoltare a produsului;
- diferite sisteme software CAD/CAM;
- diferite versiuni ale unui sistem CAD/CAM.

Sistemele și aplicațiile CAD/CAM diferă prin:

- tipurile de modele ale produselor tehnice;
- volumul entităților pe baza cărora sînt definite modelele specifice domeniului concret de aplicație;
- structurile interne de date;

- conținutul datelor;
- acuratetea datelor.

Aceste diferențe se reflectă în volumul, forma și calitatea informațiilor stocate și constituie problema de bază a schimbului de date dintre componentele software ale sistemelor CIME.

Disponibilitatea unor **interfețe pentru transferul datelor de definire a produselor** (Interface for Exchange of Product Data) este o premisă pentru integrarea aplicațiilor și produselor software.

Există două metode de transfer al datelor prin interfețe între sisteme software diferite:

1. **Transferul direct** - extragerea și conversia datelor din sistemul emitent "A", prin intermediul unui procesor, astfel încît ele să poată fi înțelese și prelucrate în sistemul receptor "B". Procesorul este adecvat entităților din cele două sisteme; pentru alt sistem receptor este necesar un alt procesor; de asemenea, pentru transferul de la sistemul "B" la sistemul "A". Conectarea unui nou sistem N cu N-1 sisteme necesită realizarea a 2(N-1) procesoare noi (figura 3).
2. **Transferul prin intermediul unui format neutru** - datele dintr-o reprezentare internă (dintr-un sistem emitent "A") sînt extrase și convertite într-un format comun (independent de sistemele emitent și receptor) (figura 4).

Realizarea unei interfețe standardizate între două sisteme CAD/CAM (figurile 3,4,5) este asigurată de un translator care presupune existența cîte unui :

- **pre-procesor** care convertește entitățile din sistemul CAD/CAM "A" (emitent) într-un format neutru, creează fișierul neutru și îl stochează pe un suport în vederea transferului către mediul sistemului CAD/CAM "B" (receptor);
- **post-procesor** care convertește entitățile din formatul neutru în entități specifice sistemului CAD/CAM "B" (receptor).

Conectarea unui nou sistem necesită scrierea a două procesoare (un pre- și un post-procesor).

Translatorul trebuie să realizeze conversia, atît la nivelul organizării fișierului, cît și la nivelul seturilor de entități.

Această metodă necesită o **interfață de date standardizată** (figura 5). În literatura de specialitate se întilnește și denumirea de fișier neutru

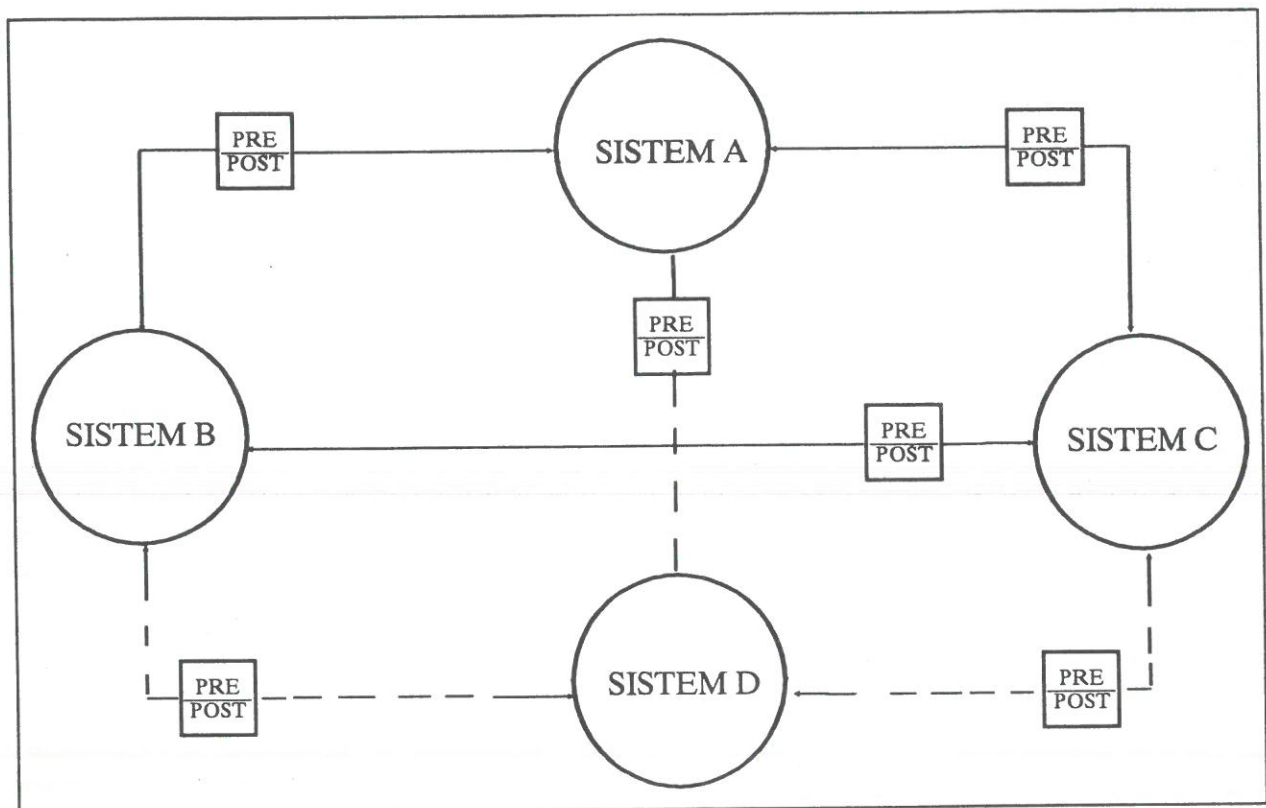


Figura 3: Transferul direct între sisteme

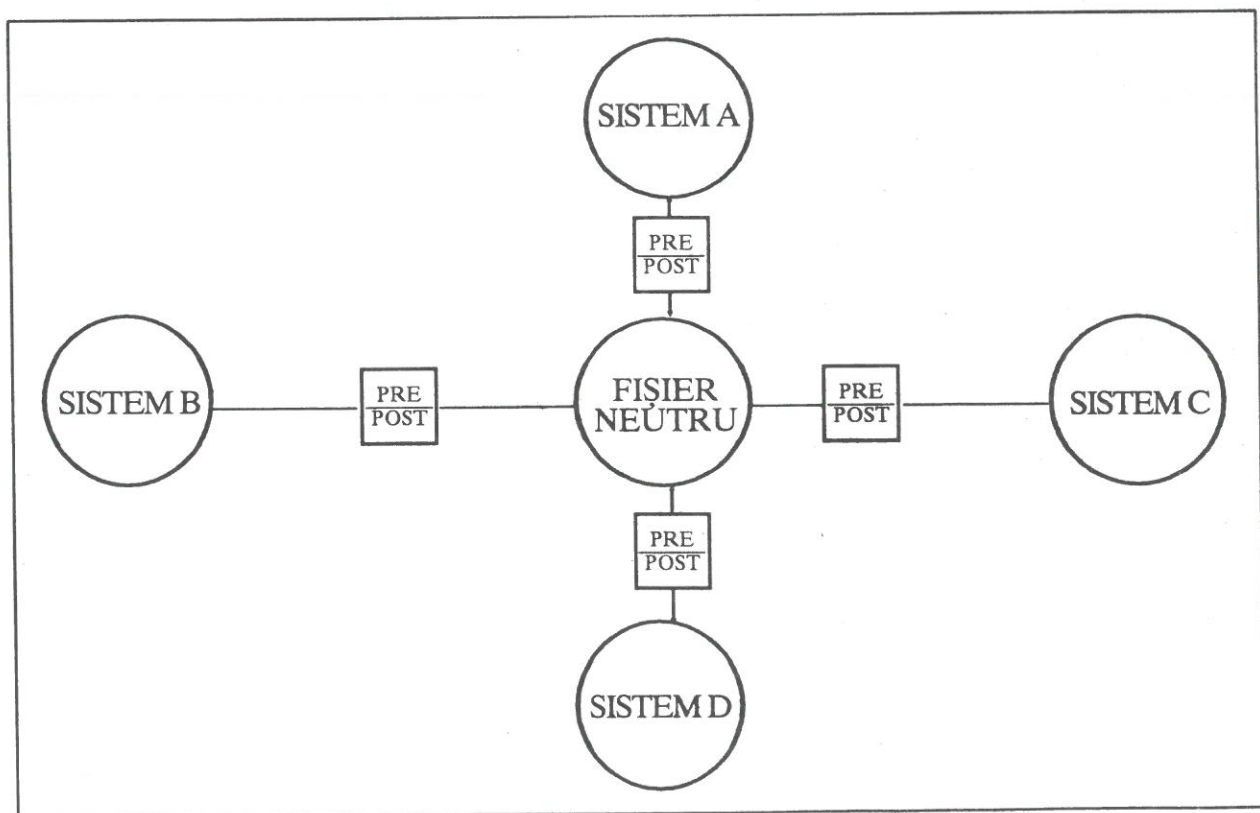


Figura 4: Transferul între sisteme prin intermediul interfeței neutre

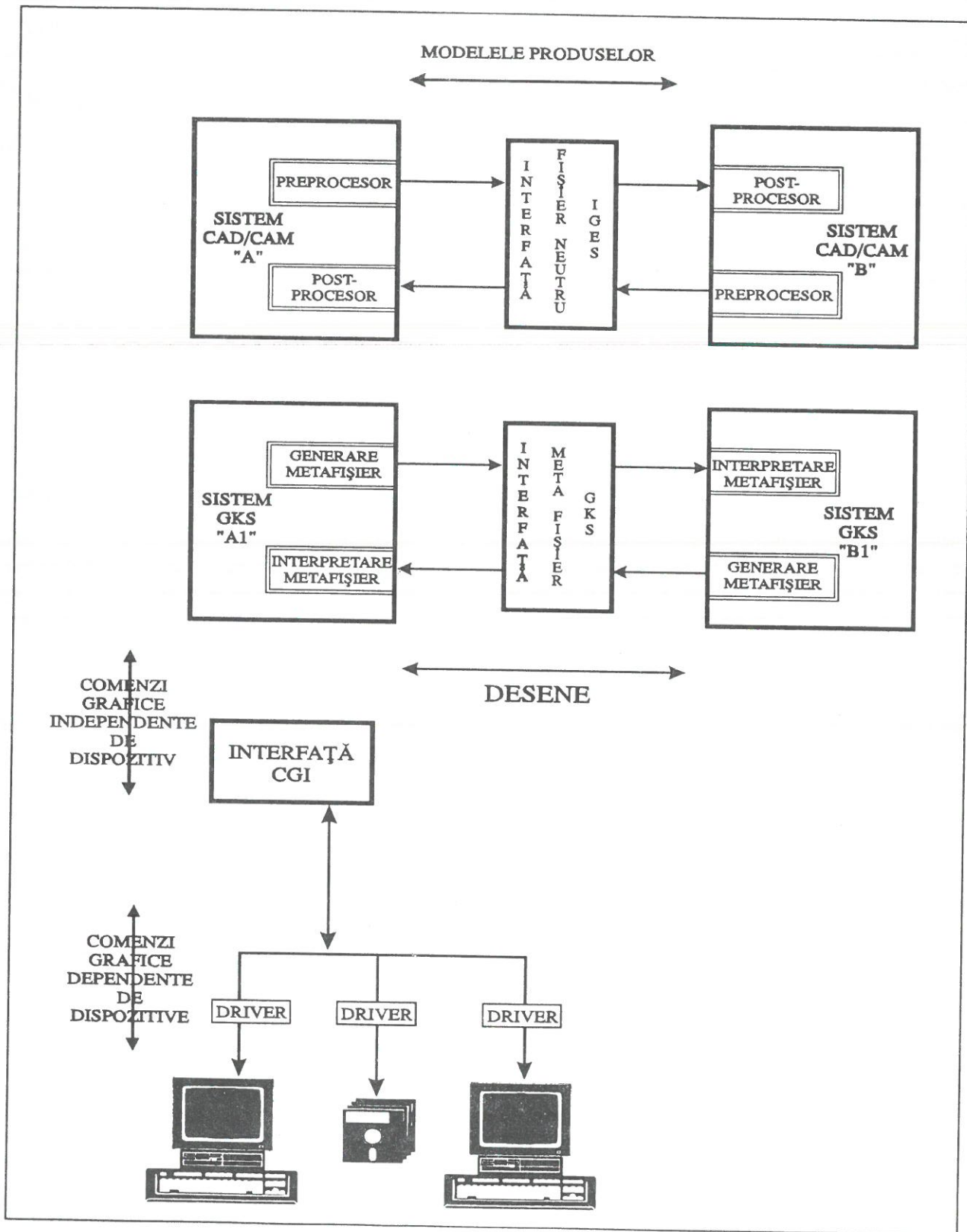


Figura 5: Transferul datelor în sistemele CAD/CAM

(neutral file), în sensul că este independent față de un sistem software și un mediu de transfer particular.

Specificarea interfețelor de transfer al datelor include elemente de date, la nivel logic, și formate de date, la nivel fizic. Realizarea unor standarde internaționale pentru transferul datelor de definire a produsului a fost obiectivul comun al grupurilor naționale din cadrul ISO /TC184 /SC4 (International Standardisation Organization/Technical Committee 184/Sub-Committee 4). Pînă în prezent, au fost elaborate următoarele standarde:

ANSI ¹	Y14.26M, IGES 2.0, IGES 2.1, IGES 3.0	- Initial Graphics Exchange Specification
AFNOR ²	SET	- Specification for the Exchange of product data from AeroSpatale
DIN ³	TAP	- Transport and Archiving of Product data
DIN	VDAFS	- Exchange of Geometric Information via VDA ⁴ /VDMA ⁵ Surface Interface
NBS ⁶	PDDI	- U.S. Air Force effort for Product Definition Data Interface
BS ⁷	PDES	- Product Data Exchange Standard
ISO ⁸	STEP	- Standard for the Exchange of Product Model Data

Proiectele ESPRIT susțin și dezvoltă activitățile de standardizare a interfețelor neutre pentru:

- CAD - proiectele:
 - CAD Interfaces (CAD*I) [2]
 - Integrated Modeling of Products and Processing using Advanced Computer Technologies (IMPACT) [3]
 - CAD Geometry Data Exchange (CADEX) [4]
- Conducerea roboților - proiectele:
 - Neutral Interface for Robotics (NIRO) [7];
 - Interoperability of Standards for Robotics in CIM (INTEROB) [8];

¹American National Standard Institute

²Association Francaise de Normalisation

³Deutsche Industrie Norm

⁴Verband der Deutsche Automobilindustrie

⁵Verband Deutsche Maschinen - und Anlagenbau

⁶U.S. National Bureau of Standardisation

⁷U.S. Bureau of Standardisation

⁸International Standardization Organization

- CAPP - proiectul "Development of an Integrated Process and Operations Planning System with the use of Interactive 3-D Modelling Technique" [10].

4. Prelucrarea datelor grafice în sistemele CIME

În sistemele CIME, componentele de grafică sînt necesare pentru reprezentarea obiectelor, pentru a înlesni interacțiunea operatorilor cu sistemul (prin intermediul dispozitivelor grafice de intrare) în vederea modelării obiectelor, analizei obiectelor modelate, editării desenelor și dialogului om-calculator.

Facilitățile de grafică sînt organizate în:

- Instrumente de grafică, incluse în produsele software CIME;
- Biblioteci de rutine (nucleu grafic), apelabile din programele aplicative de grafică (PLOT10, GKS, GKS-3D, PHIGS, GL-Silicon Graphics etc.);
- Microprograme cablate în acceleratoarele stațiilor de lucru inteligente.

Produsele (sistemele) de grafică asistată de calculator oferă facilități pentru:

- editare desene, modelare geometrică și reprezentarea grafică;
- construirea și manipularea segmentelor parametrizate și a elementelor tipizate;
- manipularea structurilor de segmente de desen și a elementelor tipizate, în scopul realizării ansamblurilor complexe;
- stocarea desenelor în fișiere (DXF, IGES, CGM etc.) în vederea utilizării lor viitoare sau transferului datelor grafice și a modelelor geometrice.

Singura soluție pentru dezvoltarea aplicațiilor utilizator de grafică portabile pentru CIME este oferită de bibliotecile de rutine, apelabile din programele de aplicație. Aceste biblioteci constituie nucleul grafic, pe baza caruia se pot dezvolta aplicații grafice.

Preocupări pentru realizarea bibliotecilor de rutine pentru grafică au existat permanent la firmele furnizoare de software și hardware. Acțiunile de standardizare, desfășurate în cadrul organizațiilor internaționale, au condus la realizarea următoarelor standarde pentru grafica asistată de calculator:

Standardele pentru interfața cu aplicațiile de grafică reglementează modul de realizare a aplicațiilor de grafică portabile, prin apelul funcțiilor unui nucleu grafic standardizat:

- GKS - Graphical Kernel System [19], pentru grafica 2D;
- GKS-3D - Graphical Kernel System for Three Dimension [20] pentru grafica 3D;
- PHIGS - Programming Hierarchical Interactive Graphics Systems [21], pentru grafica 3D și procesarea structurilor ierarhice de desene, și PHIGS+ pentru grafica raster.

Standardul pentru interfață cu dispozitivele grafice - Computer Graphics Interface (CGI) [24], reglementează prin specificații funcționale și sintactice controlul și schimbul de date între un sistem software grafic (independent de dispozitiv) și unul sau mai multe drivere de dispozitive grafice.

Standardul ISO/IEC 8632 pentru interfața de arhivare a desenelor - Computer Graphics Metafile (CGM) for Storage and Transfer of Picture Description Information [22], furnizează formate de fișiere (metafișiere grafice), adecvate stocării și regăsirii informației grafice și a imaginilor (procesate de aplicațiile grafice), și a informațiilor utilizator (procesate de aplicații). Subgrupul de lucru pentru metafișiere grafice ISO/TC97 /SC5 /WG2 a dat următoarea definiție [35]: "Un metafișier grafic este un mecanism pentru transferul și stocarea datelor grafice, independente de dispozitive și aplicații". Standardul ISO 8632 nu descrie mecanisme de generare și interpretare a metafișierelor grafice, ci doar sintaxa și semantica elementelor CGM și efectul ce va fi produs într-un dispozitiv virtual prin interpretarea elementelor din CGM. Aceste mecanisme sînt lăsate în seama realizatorilor de implementări CGM. În acest sens, standardul GKS oferă o interfață pentru metafișierul grafic, iar în anexa E a standardului este specificat formatul GKSM pentru metafișiere grafice. Accesul la metafișier este permis atât în scriere (generare), cît și în citire (interpretare). În standardele pentru nuclee grafice (GKS, PHIGS), metafișierul este tratat ca două stații particulare: metafișier de intrare (MI - Metafile Input) și metafișier de ieșire (MO - Metafile Output).

Standardele orientate pe interfețe video-text, reglementează modalitatea de compunere a documentelor care conțin grafică și text:

- North American Presentation-level Protocol Syntax (NAPLPS);

- Computer Language for the Processing of Text (CEPT/VPLP);
- Standard Generalized Markup Language (SGML) [27].

Dezvoltarea aplicațiilor de grafică pe baza acestor standarde conduce la: portabilitatea programelor de aplicație, independentă programelor față de echipamentele grafice, portabilitatea informațiilor grafice, portabilitatea instruirii (utilizatorilor și realizatorilor de aplicații) și adoptarea unei metodologii unanim acceptate în domeniul graficii asistate de calculator.

În figura 5 sînt puse în evidență următoarele aspecte:

- funcțiile nucleului grafic (de ex. GKS) sînt apelate din programele de aplicație;
- nucleul grafic controlează stațiile de lucru prin interfață virtuală cu dispozitivele grafice (CGI);
- generarea și interpretarea desenelor se face prin intermediul interfeței cu metafișierul grafic (CGM).

Transferul fișierelor grafice prin rețea, în cadrul ISO/IEC ca și în alte organizații, standardele pentru "Computer Graphics" și pentru "Open Systems Interconnection" au fost riguros dezvoltate, dar în mod izolat unele față de altele. În prezent, se desfășoară acțiuni în vederea:

- creării mediilor pentru transferul informațiilor grafice prin rețele internaționale;
- creșterii calității și a posibilităților de aplicare a standardelor în acest domeniu; utilizarea împreună a standardelor CGM și FTAM [29] pentru accesarea de la distanță a unei imagini individuale din CGM.

Transferul imaginilor 3D printr-o rețea, cu standardul X-WINDOWS care permite transferul imaginilor 3D prin rețele. Pentru transferul imaginilor 3D, gestionate de nucleele grafice PHIGS și GL-Silicon Graphics, se desfășoară lucrări și s-au elaborat propunerile:

- PEX (PHIGS Extension To X), propunere MIT de extensie a X-WINDOWS pe baza PHIGS pentru transmiterea imaginilor dinamice (protocol de transmitere prin rețea a primitivelor PHIGS sub X-WINDOWS);
- OPEN-GL, (OPEN Graphical Library), propunere Silicon Graphics pentru o bibliotecă ce furnizează funcții pentru grafica 3D și pentru protocoalele de comunicații.

PEX este în conformitate cu standardele lumii UNIX, iar OPEN-GL a apărut ca un standard pentru utilizatorii de aplicații GL.

5. Bazele de date pentru CIME

Împreună cu sistemul de comunicații al arhitecturii CIME, baza de date asigură integrarea aplicațiilor care asistă fazele din ciclul de dezvoltare a produselor tehnice, destinate fabricației, în concepția proiectării concurente și asociative.

Tipurile de baze de date care concură la activitățile ce se desfășoară într-o întreprindere sînt:

- baza de date tehnice (nomenclatoare de materiale, de piese tipizate, scule, dispozitive etc.);
- baza de date a proiectului (conține atît proiecte anterioare, cît și proiectul în desfășurare: modelul produsului, metafișierele grafice, documentațiile desenate);
- baza de date generale a întreprinderii (conține informații administrative).

Pentru bazele de date tehnice și generale, în sistemele CIME sînt adoptate soluțiile din domeniul gestiunii economice deci sînt utilizate bazele de date de tip relațional sau ierarhic.

Problema se complică, în cazul bazelor de date despre proiectare, și corelarea lor cu datele din procesele celorlalte faze de dezvoltare a unui produs destinat fabricației.

Cîteva caracteristici specifice ale unei baze de date, a unui proiect CAD/CAM, față de bazele de date economice, sînt:

- numărul tipurilor de entități este foarte mare, iar numărul de instanțieri ale unui tip de entitate este mai mic;
- relațiile între entități sînt, în general, mult mai complexe într-o schemă CAD/CAM;
- dinamica schemei unei baze de date pentru CAD/CAM este mult mai mare;
- accesul aleator la o cantitate foarte mare de date în cadrul tranzacțiilor;
- tipurile de date sînt eterogene: entitățile geometrice (puncte, linii, vectori, primitive volumice, elemente tipizate), matrici, arbori, grafuri, video voce, imagine, structuri recursive complexe;

Sistemele de gestiune a bazelor de date (ale proiectelor) trebuie să permită:

- modificarea dinamică a schemei unui obiect și extensia ei;
- reprezentarea ierarhiilor complexe;
- gruparea și accesarea entităților prin relații multiple;
- relații de tip m:m între obiecte;
- accesul la date în sus și în jos din orice nod al ierarhiei;
- traversarea de la un nod la altul, sărind peste un număr arbitrar de noduri intermediare;
- definirea de vederi utilizator asupra datelor;
- accesul concurent și distribuit la date;
- accesul neprocedural la date dinspre utilizator;
- accesul transparent la date;
- independența logică a datelor;
- întreținerea automată a consistenței datelor;
- asigurarea integrității și securității datelor.

Analizînd modul de gestiune a datelor din produsele CAD/CAM, elaborate de firme cu tradiție software, se pot evidenția următoarele concluzii cu privire la implementare:

- sînt utilizate, în special, bazele de date relaționale;
- tendința este către utilizarea bazelor de date orientate pe obiect;
- pentru rezolvarea eficientă a unor probleme specifice aplicațiilor, realizatorii și-au elaborat propriul sistem de gestiune de date, pe care și l-au încorporat în produs;
- sînt utilizate limbajele de acces la date (de tipul SQL - Structured Query Language) care ușurează soluțiile de gestiune a informațiilor, permițînd accesul concurent al utilizatorilor într-un mediu client/server;
- sînt utilizate instrumente integrate de gestiune a informațiilor (ca de exemplu monitoarele pentru procesarea tranzacțiilor) și programarea orientată pe obiecte, ceea ce a făcut posibilă administrarea aplicațiilor distribuite de gestiune a datelor.

Deoarece modelul informațional integrat al produsului (IPIM) este punctul central al unui sistem CIME, este evident că o bază de date neutră (neutral product definition database), ce va implementa acest model, este suportul software care completează metodologia de realizare CIME (figura 1).

În cadrul proiectului ESPRIT nr. 2010, Neutral Product Definition Database for Large Multifunctional Systems (NEUTRABAS), se desfășoară lucrări pentru dezvoltarea unei baze de date de definire a produselor multifuncționale (conform cu standardul STEP).

Sistemul de gestiune a unei astfel de baze de date va trebui să permită transferul și stocarea datelor în formate neutre (din sistemele eterogene CIME) și partajarea datelor (prin mijloacele accesului dinamic). Avantajele care pot rezulta din implementarea unei astfel de metodologii sînt:

- integrarea proceselor CIME, pe baza unui model unic și coerent al produsului;
- perfecționarea comunicației și colaborării compartimentelor din întreprindere și din exteriorul ei;
- distribuirea, descentralizarea și coordonarea activităților în mediile ingineresti concurente.

Se enumeră, în continuare, cîteva din caracteristicile unei astfel de baze de date:

- **neutră** - să nu fie dedicată unui sistem particular sau domeniu aplicativ; să se bazeze pe o metodologie standard de modelare a informației, în special pe:
 - recomandările standardului STEP și pe limbajul de modelare EXPRESS;
 - modelul informațional al produsului (tehnic) din domeniul particular CIME;
- **completă** - să cuprindă tot ceea ce este esențial (pe tot parcursul ciclului de dezvoltare), referitor la datele de definire a produsului;
- **structurată** - flexibilă în acces, din diferite puncte de vedere funcționale;
- **deschisă** - adecvată partajării și distribuirii în medii de sisteme deschise.

6. Concluzii

Realizarea sistemelor CIME necesită abordarea unei strategii sistemice în modelarea produselor

tehnice și a proceselor dintr-o întreprindere, precum și în elaborarea aplicațiilor software (ce implementează aceste modele), care vor asista procesele implicate.

Complexitatea domeniului conduce la existența unui număr considerabil de produse software, care asistă procesele din întreprindere. Considerabil este, de asemenea, volumul de informații ce sînt generate, gestionate și transferate între aplicațiile care conlucrează în mediul (eterogen și distribuit de echipamente) specific CIME.

Aplicațiile software particulare implementează soluții specifice de structurare și gestiune a datelor. Integrarea funcțională a aplicațiilor din sistemele CIME este posibilă prin interfețele standardizate de transfer al datelor, susținute de instrumentele și serviciile tehnologiei informaționale, care pun la dispoziția utilizatorilor dintr-o organizație mecanisme pentru accesarea și folosirea oricărei informații, de oriunde este rezidentă, oriunde este nevoie de ea.

Dezvoltarea de componente software pentru CIME este susținută de realizările, din cadrul organizațiilor internaționale și din proiectele ESPRIT, în următoarele domenii:

- modelul informațional integrat al produsului (IPIM) standardizat în STEP;
- interfețele de transfer a datelor de definire și a modelelor produselor tehnice;
- interfețele de transfer al datelor grafice (metafișierele);
- interfețele cu echipamentele grafice;
- interfața cu roboții și cu mașinile cu comandă numerică;
- interfața neutră cu bazele de date.

Departele de a fi simple normative, standardele concură la realizarea, în prezent, a software-ului portabil pe echipamentele tehnologiilor informaționale, prezente și viitoare.

Prin metodologiile promovate și prin definirea precisă a termenilor utilizați în domeniul CIME, standardele asigură portabilitatea instruirii utilizatorilor și realizatorilor de aplicații.

BIBLIOGRAFIE

1. ESPRIT - European Strategie - Program for Research and Development in Information Technology. Springer-Verlag, The Synopses, October 1992.

2. ESPRIT – Proiect 322 – *CAD Interfaces (CAD*I)*.
3. ESPRIT – Proiect 2165 – *Integrated Modelling of Products and Processing Using Advanced Computer Technologies (IMPPACT)*.
4. ESPRIT – Proiect 2195 – *CAD Geometry Data Exchange (CADEX)*.
5. ESPRIT – Proiect 2623 – *Methods for Advanced Group Technology Integrated with CAD/CAM (MAGIC)*.
6. ESPRIT – Proiect 2010 – *Neutral Product Definition Database for Large Multifunctional Systems (NEUTRABAS)*.
7. ESPRIT – Proiect 2614 – *Neutral Interface for Robotics (NIRO)*.
8. ESPRIT – Proiect 6457 – *Interoperability of Standards for Robotics in CIM (INTERROB)*.
9. ESPRIT – Proiect 6521 – *Open Library for Models of Mechatronics Components (OLMECO)*.
10. ESPRIT – Proiect 409 – *Development of an Integrated Process and Operations Planning System with the Use of Interactive 3-D Modelling Technique*.
11. Encarnacao, J., Shuster, R., Voge, E. (ed.): *Product Data Interfaces*. În *CAD/CAM Applications, Design, Implementation and Experiences*, Springer-Verlag, 1986, p.254.
12. Domide, A.: *Arhitectura sistemelor de producție integrată cu calculator*. În: *Revista Română de Informatică și Automatică*, vol.I, nr.1, 1992, pp.27-39.
13. *Computer Aided Design Report, CAD/CAM Publishing Inc.*, vol.12, nr.11, 1992.
14. Cugini, U.: *The Role of Different Modelling Layers*. În *CAD Systems*, Polytechnics of Milano, 1987, pp.168-186.
15. Cugini, U.: *The Role of the Right User Interface*. În *CAD Systems Based on Solid Modelling*, CAM-I Solid Modelling Conference, Boston, May, 1987, pp.234-242.
16. Encarnaçao, J.: *Computer Aided Design – Implementation and Application*. Springer-Verlag, 1986, 346p.
17. ISO 10303 – *Industrial Automation Systems – Exchange of Product Model Data – Representation and Format Description (PDES/STEP)*.
18. ISO 10303:11 – *Industrial Automation Systems – Exchange of Product Model Data – The EXPRESS Language*.
19. ISO 7942 – *Information Processing Systems – Computer Graphics – Graphical Kernel System (GKS)*.
20. ISO 8805 – *Information Processing Systems – Computer Graphics-Graphical Kernel System for Three Dimension (GKS- 3D)*.
21. ISO 9592 – *Information Processing Systems – Computer Graphics – Programming Hierarchical Interactive Graphics Systems (PHIGS)*.
22. ISO 8632 – *Information Processing Systems – Computer Graphics – Metafile (CGM) for Storage and Transfer of Picture Description Information*.
23. ISO/IEC 9973 – *Information Processing Systems – Computer Graphics – Procedures for Registration of Graphical Items*.
24. ISO/IEC 9636 – *Information Processing Systems – Computer Graphics – Interfacing Technique for Dialogue with Graphical Devices (CGI)*.
25. ISO/IEC 11072 – *Information Processing Systems – Computer Graphics – Computer Graphics Reference Model*.
26. ISO 8613 – *Information Processing – Text and Office Systems – Office Document Architecture and interchange Format (ODA/ODIF)*.
27. ISO 8879, 9069, 9070, ISO/IEC 9573 – *Information Processing – Text and Office Systems – Standard Generalized Markup Language*.
28. ISO/IEC 8824 – *Information Technology – Open System Interconnection – Specification of Abstract Syntax Notation One (ASN.1)*.
29. ISO 8571 – *Information Processing Systems – Open System Interconnection – File Transfer, Access and Management (FTAM)*.
30. ANSI Y12.26M/1981 *Initial Graphics Exchange Specification (IGES)*.
31. Arai, E., Iwata, K.: *Product Modelling System in Conceptual Design of Mechanical Products*. În: *Robotics and CIM*, vol.9, nr.4/5, 1992.
32. *** Pro/Engineer *** – *Mechanical Design Automation for Design - Through - Manufacturing*. În: *Parametric Technology Corporation, SUA, Report, nov.1992*.
33. *** ICEM *** *Design/Drefting*. În: *Control Data Corporation, SUA, 1988*.
34. *** CIM *** *Data Inc. Report, 1991*.
35. ISO/TC97/SC5/WG2 – *Minutes of experts' meeting in Melbourn. Florida, 1981*.