

SISTEME SUPORT DE DEZVOLTARE PENTRU INGINERIE CONCURENTĂ

ing. Marinela Călinescu

Institutul de Cercetări în Informatică

Rezumat: Articolul de față își propune să prezinte arhitectura unui sistem de inginerie concurentă, precum și o serie de sisteme suport de dezvoltare pe calculator pentru ingineria concurentă.

Cuvinte cheie: inginerie concurentă, inginerie paralelă, artifact, CEphone, agent, interacțiune a agentului, framework.

1. Introducere

Creșterea productivității ingineresti a determinat creșterea alternativelor de proiectare și o analiză sporită a acestora. Complexitatea proiectelor mărește timpul de fabricare, îngreunând anticiparea impactului deciziilor de proiectare, se bazează pe talentul inginerului și evidențiază necesitatea unor instrumente de proiectare mai bune. Sunt, deci, necesare proiecte mai eficiente și metode de fabricație mai competitive. Accesul automat al echipelor de ingineri la datele de proiectare și de fabricație a devenit o prioritate tehnică importantă.

Pentru a satisface aceste schimbări, producătorii s-au îndreptat către ingineria concurentă (ingineria paralelă). Se va renunța la metodele secvențiale de dezvoltare a produsului și se vor adopta metode care integrează proiectarea produsului și procesul de dezvoltare a acestuia. O astfel de relație compactă necesită implementarea automată a fluxului de date între proiectare și fabricare.

Echipele de dezvoltare a produsului, dintr-o companie, formate din personal de cercetare a pieței, marketing, lucrează ținând cont de toate aspectele unui produs pentru satisfacerea dorințelor clienților (de exemplu, produs de calitate bună). Scopul principal este crearea și experimentarea unui mediu operațional de inginerie concurentă ca răspuns la numeroasele probleme cu care se confundă fabricarea industrială dinamică, de astăzi.

Ingineria concurentă (IC) este un mijloc sistematic de dezvoltare a producției integrate, care

pune accent pe răspunsul la pretențiile clientului și care încorporează cooperarea în echipă pe parcursul ciclului de viață al produsului.

2. Arhitectura unui sistem de inginerie concurentă

Figura 1 prezintă o arhitectură stratificată a diferitelor tipuri de tehnologii de calcul, care trebuie considerate împreună pentru a realiza astfel de medii de colaborare.

2.1 Nivelul activității

Acest nivel reprezintă activitățile întreprinse de echipele de IC. O echipă este implicată într-un ciclu continuu de planificare, implementare, monitorizare și valorificare a colecției de activități vitale pentru realizarea unui proiect dat.

2.2 Nivelul tranzacției

Pentru a înțelege cum se lucrează individual, într-un mediu integrat de dezvoltare cu ajutorul calculatorului, în organizațiile distribuite vast, se consideră șase activități fundamentale pe care trebuie să le realizeze orice membru al echipei virtuale: privire de ansamblu, calcul, comunicare, negociere, decizie și arhivare. Aceste tranzacții simple devin puternice când se realizează în contextul unui mediu distribuit eterogen.

- **privirea de ansamblu:** informațiile din cadrul unei organizații vor fi aranjate în baze de cunoștințe. Membrii echipei au nevoie de un server de informație care să furnizeze un singur punct de interogare a informației. Lucrul în domeniul integrării datelor și a bazelor de cunoștințe se dezvoltă în acest sens.
- **calculul:** informația obținută prin metoda de mai sus este supusă calculului. Principalul obstacol îl reprezintă natura distribuită și eterogenă a mediului de calcul pentru aplicațiile software.

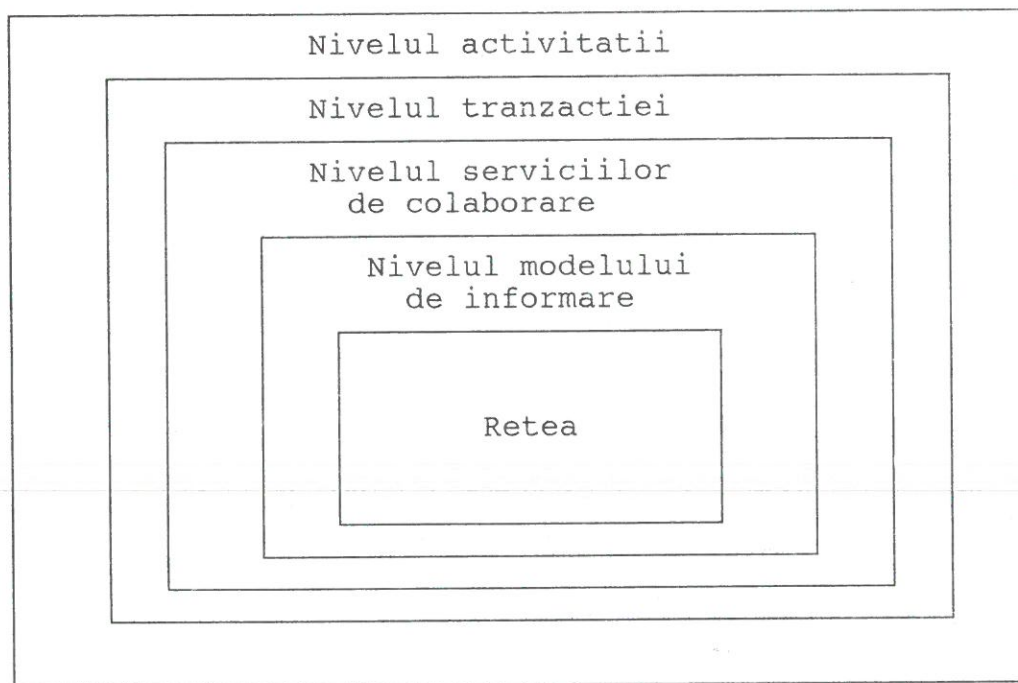


Figura 1. Arhitectura stratificată a tehnologiilor care permit echipa virtuală

- **comunicarea:** distribuirea informației este cheia ingineriei concurente efective. Tehnologia graficii pe calculator permite crearea unei varietăți de imagini digitale și afișarea acestora, oferind condiții optime care îmbogățesc efectiv posibilitățile de comunicare. Grafica pe calculator în timp real este o componentă de bază pentru mediul multisenzor de realitate virtuală. Tehnologia realității virtuale pare un domeniu cu câteva caracteristici unice și care conduce la o înțelegere cât mai bună a viziunii clientului de către echipa de dezvoltare a produsului. Un astfel de mediu proiectează operatorul uman într-un mediu interactiv mediat de dispozitive electronice și electromecanice artificiale. Mai mult, o lume virtuală combină mai multe dispozitive de intrare și de ieșire care operează concurent, cu servere de ieșire, care permit un feedback simultan pentru canalele multisenzor.

Deși realitatea virtuală ar realiza o interfață utilizator mai bună, datorită restricțiilor de timp și material, cea mai bună opțiune ar fi dezvoltarea de aplicații peste AutoCAD. Cea mai importantă calitate a acestui software este că permite crearea și editarea de atribute pentru obiecte. Totuși, comunicația efectivă în timp real

este limitată. Se speră că inițiativele actuale, cum ar fi, rețelele gigabit și sistemele multimedia vor ajuta la îndeplinirea acestui scop.

- **negocierea:** ingineria concurentă presupune că fiecare membru al echipei virtuale să aibe abilitatea de a negocia cu un grup pentru a obține consensul. Aceasta înseamnă că proiectul implicat trebuie să fie vizibil global, iar ramificațiile sale, care interesează pe unul dintre membri, trebuie să fie evidențiate.
- **decizia:** pe parcursul dezvoltării produsului, pot fi cerute variate instrumente de luare de decizii de către diferiți membri ai echipei.
- **arhivarea:** planul unui produs realizat trebuie păstrat și exploatat pe parcursul reproiectării sau dezvoltării altor produse.

2.3 Nivelul serviciilor de colaborare

Serviciile de colaborare reprezintă o varietate de servicii suport pentru tranzacțiile ingineriei concurente fundamentale și pentru activitățile membrilor echipei. Astfel de servicii sunt: asocierea, coordonarea, distribuirea de

informație, managementul afacerilor încheiate și integrarea.

2.4 Nivelul modelului de informare a întreprinderii.

Serviciile discutate anterior se bazează pe posibilitatea de informare a întreprinderii. Accesul la o astfel de informare este facilitat de modelele de informare a întreprinderii, care caracterizează produsul realizat de întreprindere; procesele sunt adoptate pentru a realiza astfel de produse și resurse necesare pentru organizație. Serviciile de coordonare se bazează pe un model al procesului care se referă la modul în care lucrează echipele și la organizarea activităților echipei. Serviciile de informare care oferă acces la bazele de date eterogene au la bază un model care urmărește stocarea informației.

2.5 Nivelul rețelei

Lucrul pe calculator, în rețea, este fundamentul pentru implementarea mediului echipei virtuale. Acest nucleu reprezintă progresele în tehnologia comunicațiilor și calculului distribuit. Exemplele includ servicii de gestiune a directoarelor, comunicare interprocese și execuția apelurilor procedurilor.

2.6 "CEphone"

Ca suport viitor pentru ingineria concurentă, se propune un artifact pe care îl numim "CEphone". Un astfel de dispozitiv trebuie să combine posibilitățile unui număr de comunicații folosite curent și dispozitive de calcul într-un singur artifact. Membrii echipei virtuale folosesc CEphone pentru a îndeplini tranzacțiile de colaborare. Acest artifact electronic legat în rețea ar putea îndeplini funcțiile de telefon, TV, VCR (videocameră), calculator. În plus, mediul va cunoaște impactul deciziilor implicate și scopurile generale ale proiectului, avertizând membrii responsabili ai echipei la momentul corespunzător. Deoarece mediul "vede" activitățile tuturor membrilor echipei, el va cunoaște mai mult decât orice membru și va oferi asistență inteligentă tuturor membrilor.

CEphone-ul va suporta tranzacțiile ingineriei concurente, prezentate anterior. Un astfel de dispozitiv va constitui baza organizațiilor dinamice și va face posibilă dezvoltarea întreprinderilor virtuale. Aceste întreprinderi de viitor vor opera într-o piață de lucru globală, cu

participanți care colaborează dinamic pentru a produce bunuri și servicii.

3. Gestionarea datelor de inginerie (EDM)

"Engineering Data Management" (EDM) realizează gestionarea datelor ingineresti. Privită ca o aplicație de baze de date cu accent ingineresc, EDM este implicată rapid într-un produs de automatizare cu inginerie concurentă (CEA).

Pentru a fi o aplicație CEA, software-ul de gestionare a datelor trebuie să aibă caracteristici puternice de lucru în rețea care să suporte o gamă largă de rețele, stații de lucru, calculatoare personale, precum și software de desenare și formate model. Cu alte cuvinte, aceasta trebuie să poată să servească și să ajungă la toți participanții la dezvoltarea produsului, indiferent de software-ul și hardware-ul pe care aceștia îl folosesc. În plus, produsul trebuie să ofere niveluri diferite de vedere și actualizare a privilegiilor pentru grupuri sau indivizi; trebuie să facă posibilă sau să automatizeze urmărirea proiectului sau controlul trăsăturilor care au legătură cu planificarea proiectului și software-ul de gestionare; trebuie, de asemenea, să ofere funcții EDM, cum ar fi stocarea documentului și recuperarea prin referințe ingineresti și de fabricare semnificative, căutare și recuperare, arhivare automată a datelor și copierea.

Dintre numeroasele baze de date, cele referitoare la proiectare și fabricare trebuie menționate explicit deoarece acestea sunt baza oricărei metodologii de inginerie concurentă. Se pot folosi limbaje din generația a patra, ca de exemplu, Superbase sau Oracle, ținând cont de compatibilitatea cu bazele de date CAD, cum ar fi cele din AutoCAD. Un sistem relațional de gestionare a bazei de date (RDBMS), cum ar fi Microsoft Access - accesibilă în rețea pentru membrii echipei de dezvoltare a produsului - are capacitatea de căutare rapidă, găsire și grupare a informațiilor utile stocate ca date în tabele distincte, care pot fi legate în mod direct sau indirect. Acesta va fi folosit ca sistem de gestionare în timp real a modelului pentru a manipula și interfața modelele obiectului din AutoCAD cu un domeniu de lucru ce poate controla procesul, bazat pe deciziile luate în cadrul sesiunii unui sistem expert.

4. MUSE- Sistem tehnic multimedia pentru inginerie

Ideea sistemului MUSE ("Multimediale Systementwicklung") este să ofere un model pe calculator, care este activ, care integrează toate informațiile și aspectele sistemului în același model și care se bazează pe tehnologia multimedia de reprezentare a datelor și de management a interfeței utilizator. Scopul MUSE este să ofere un mediu ingineresc pentru sistemele tehnice, atât pentru validarea modelului sistemului, cât și pentru tehnicile de modelare cerute de validare. De aceea, MUSE folosește și integrează tehnici științifice noi pentru calculatoare, după cum urmează:

4.2 Validarea

Mediul MUSE oferă următoarele funcții de validare pentru studiul modelului unui sistem: metode de explorare orientate pentru studiul structurii sistemului și al tuturor informațiilor stocabile, referitoare la sistem prin navigarea printr-o hyperrețea a datelor sistemelor multimedia; desktop-ul pentru interfața utilizator MUSE este organizat astfel: sunt definite tipuri de noduri speciale și de legături ale sistemelor ingineresti pentru a reprezenta structura și starea actuală a dezvoltării sistemelor proiectate

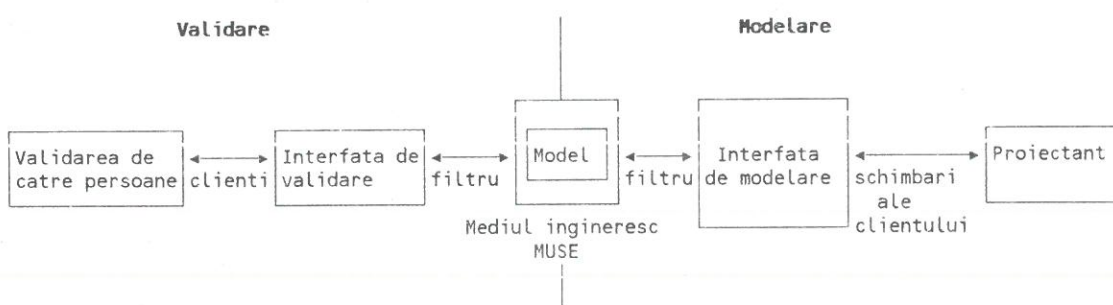


Figura 2. Integrarea mediului ingineresc MUSE

- tehnici de specificare avansate pentru descrierea modelului și pentru simulare
- realitate virtuală pentru a suporta realismul validării unui model de către o persoană
- hypermedia pentru a îmbunătăți managementul informației.

4.1 Integrarea mediului MUSE

Obiectivul principal al mediului MUSE este destinat conducerii unui model multimedia integrat al sistemului proiectat.

Mediul este independent de vederile specifice ale utilizatorului asupra modelului; aceste vederi sunt furnizate cu ajutorul interfețelor de validare și de modelare, astfel că fiecare grup de utilizatori poate lucra cu interfața proprie. Nucleul mediului oferă posibilitățile de specificare a acestor interfețe speciale, care vor fi controlate de nucleu în timpul rulării.

(Model, Variantă, Componentă, Specificare (noduri) și alcătuit din, Vizualizare, Explicare (legături)). Operațiile cum ar fi editarea și rulara (aplicabile nodurilor specificate) sunt prezentate ca meniuri. Pentru astfel de inspecții și pentru a extinde baza de date a modelelor, este integrat un sistem hypertext, bazat pe o bază de date multimedia.

MUSE oferă, de asemenea, interfețe utilizator de realitate virtuală și animație pentru studiul comportamentului componentelor sistemului din punctul de vedere al utilizatorului sistemului, motiv pentru care în mediul MUSE este integrat un instrument de vizualizare 3D.

4.3 Modelarea

MUSE oferă descrierea unui model, bazată pe obiecte. Componentele sistemului sunt reprezentate ca obiecte, legăturile de comunicare dintre ele fiind modelate cu ajutorul unor mecanisme ce folosesc mesaje. Pentru a modela paralelismul care este esențial pentru componentele sistemului, obiectele modelului lucrează în paralel când sunt rulate simulările. Descrierea funcțională a diferitelor obiecte poate fi specificată în diferite limbaje MUSE sau în C.

Întrucât modelarea rapidă a prototipurilor este necesară, MUSE folosește limbaje de specificare de limbaj înalt pentru descrierea modelului funcțional. Logica servește drept specificare master pentru MUSE.

MUSE permite, de asemenea, modelarea componentelor unui sistem electronic împreună cu restricții de timp. Dacă este necesar, optimizările pot cere descrierea și simularea paralelismului în cadrul unor obiecte cu un singur circuit. De aceea, obiectele electronice pot fi descrise în limbajul VHDL.

Toate progresele interfeței utilizator și facilitățile bazei de date pot fi folosite în fiecare stadiu de dezvoltare. Din acest motiv o specificare multimedia descrie trasarea unui mediu de validare cu ajutorul calculatorului pornind de la descrierea modelului funcțional. Descrierea funcțională este limitată să prezinte doar semanticile modelului. Descrierea multimedia este puternic separată doar prin referirea la descrierea funcțională. Aceasta înseamnă că, pentru o descriere funcțională "incompletă" a unui model, descrierea multimedia a acestuia va conduce mediul de validare pentru a permite o simulare de realitate virtuală.

5. PACT - Un experiment de integrare a sistemelor de inginerie concurentă

Mai multe grupuri de cercetători dezvoltă în comun Palo Alto Collaborative Testbed (PACT), o infrastructură de inginerie concurentă. Prin PACT se examinează problemele ridicate de realizarea de sisteme de inginerie paralelă, și anume:

- dezvoltarea în colaborare a interfețelor și a arhitecturii
- împărțirea cunoștințelor de către sistemele care își mențin propriile lor baze de cunoștințe specializate și mecanisme de decizie
- sprijin asistat de calculator pentru negocierea și luarea de decizii care caracterizează ingineria concurentă.

PACT servește realizării standardelor de schimb de date cum este PDES/STEP (schimbul de date de produs utilizând Step/Standard pentru schimbul de date de model de produs).

Arhitectura PACT se bazează pe agenți care interacționează (programe care încapsulează

instrumentele ingineresti). Interacțiunea agentului se bazează la rândul ei pe concepte și pe terminologie împărțite pentru comunicarea cunoștințelor între discipline, pe un interlimbaj pentru transferarea cunoștințelor între agenți și un limbaj de comunicare și de control, care permite agenților să solicite informații și servicii. Această tehnică permite agenților să lucreze la diferite aspecte ale proiectului pentru a interacționa la nivelul cunoștințelor: împărțirea și schimbul de informații despre proiect indiferent de formatul lor intern.

Sistemul PACT include:

- NVisage, un mediu de integrare bazat pe cunoștințe distribuite pentru instrumente de proiectare de către Lockheed Information and Computing Science Group
- DME, un mediu de descriere și simulare a modelelor de la Stanford Knowledge Systems Laboratory
- Next-Cut, un sistem de planificare a proiectării și prelucrării mecanice de la Stanford Computer Science Department și Hewlett-Packard
- Designworld, un sistem de proiectare, de simulare, de montaj și de testare pentru electronică digitală, de la Stanford Computer Science Department și Hewlett-Packard.

5.1 NVisage

NVisage este un "framework" de integrare a instrumentelor ingineresti, care sprijină proiectarea și dezvoltarea în stil foaie de calcul tabelar când proiectanții modifică un aspect al proiectului, ei văd imediat schimbarea reflectată de către celelalte aspecte.

"Framework" NVisage este o tehnică de utilizare în comun a cunoștințelor și care permite fiecărui instrument ingineresc să codifice și să mențină un model propriu al proiectului, în timp ce mecanismul de comunicație între instrumente asigură consistența modelelor. Tehnicile de reprezentare a cunoștințelor au călăuzit dezvoltarea limbajelor de împărțire și a ontologiilor, iar sistemele distribuite, bazate pe cunoștințe au călăuzit dezvoltarea protocoalelor de schimb de cunoștințe. Modelele separate și mecanismul de schimb sunt special proiectate pentru a include informații despre funcționalitate (corespunzând planurilor pentru PDES nivelul 4),

precum și informații reprezentabile uzual în formatele de schimb CAD.

5.2 Mediul de modelare a echipamentelor DME

Laboratorul de Sisteme de Cunoștințe al Universității Stanford, "The Stanford University Knowledge Systems Laboratory", dezvoltă un prototip de sistem "asociatul proiectantului" numit mediul de modelare a echipamentelor (DME). DME ajută proiectanții de echipamente electromecanice să experimenteze alternativele de proiectare prin oferirea unui răspuns rapid privind implicațiile deciziilor de proiectare. De asemenea, DME servește la documentarea unui proiect pentru a fi utilizat în faze precum diagnosticarea și reproiectarea. DME operează asupra unor baze multiple de cunoștințe ingineresti, care includ biblioteci de prelucrări și de componente, reprezentări ale legilor fizice și cunoștințe despre modelarea însăși. DME poate reprezenta multe modele de echipamente la diverse niveluri de abstractizare. Poate, de asemenea, să reprezinte explicit relațiile dintre modelele de echipamente. Dându-se un model care poate fi foarte abstract, un modul de simulare poate face previziuni asupra comportării echipamentului în situațiile specificate. Datorită capacităților de explicare, rezultatele sunt comunicate inginerului într-un mediu interactiv sub forma de text în limbaj natural. Instrumentele de formulare a modelului permit inginerului să creeze modele utile, corespunzătoare diverselor nevoi de informații.

5.3 Sistemul prototip Next-Cut

Next-Cut este un sistem prototip, destinat proiectării simultane a produsului și a prelucrării pentru ansambluri mecanice. Next-Cut se compune din mai multe module care cuprind reprezentări ale "design artifacts", planuri de proiectare și de utilare. Next-Cut include module pentru proiectarea bazată pe trăsături a componentelor și a ansamblurilor, analiza (toleranțelor) preciziei, analiza și sinteza cinematică, analiza geometrică și planificarea prelucrărilor CNC și a dispozitivelor.

Modulele din Next-Cut comunică în mare măsură prin intermediul reprezentărilor centralizate, pe care le modifică și din care extrag informații. Un mecanism de anunțare alertează modulele privitor la schimbări. Reprezentările proiectelor și ale planurilor în Next-Cut sunt ierarhice și includ referințe explicite, atât între diverse niveluri de detalieri, cât și între "artifacts" și pașii procesului ("artifacts and process steps"). Componentele individuale sunt descrise prin

trăsături, care sunt compuse din elemente geometrice, abateri de formă și de poziție, cadre de referință etc. Pentru a oferi un răspuns rapid în timpul sesiunilor de proiectare interactivă, Next-Cut folosește metode incrementale de planificare și de analiză, care reutilizează rezultatele anterioare ori de câte ori este posibil. Mecanismul primar din spatele acestor metode este menținerea structurilor de dependență.

5.4 Sistemul de prototipizare Designworld

În forma actuală, Designworld este un sistem de prototipizare automată pentru circuitele electronice de scară redusă construite din piese standardizate (precum circuite și conectori TTL pe plăci prototip). Proiectul unui produs apelează la sistem prin intermediul unei stații de lucru pentru proiectare multimedia. O celulă robotizată dedicată - în esență o microfabrică - construiește produsul. Dacă este necesar, produsul poate fi returnat sistemului pentru diagnosticare și reparare.

Sistemul Designworld se compune din 18 procese executate pe 6 mașini diferite (2 Macintosh și 4 stații de lucru HP). Aceste procese îndeplinesc diverse sarcini incluzând solicitarea, simularea, verificarea, diagnosticarea, testarea și măsurarea, așezarea, planificarea asamblării și realizarea asamblării.

Fiecare din cele 18 procese este implementat ca un agent distinct, care comunică cu semenii săi prin mesaje în limbajul de comunicare între agenți (ACL). Oricare dintre aceste programe poate fi înlocuit cu un program echivalent din punct de vedere al ACL, fără modificarea funcționalității sistemului privit ca un întreg. Oricare agent poate fi mutat pe o altă mașină (cu posibilități echivalente). Oricare agent poate fi șters fără ca sistemul să înceteze să funcționeze corect, chiar dacă funcționalitatea sa se reduce.

În experimentele inițiale, fiecare sistem a modelat diverse aspecte ale unui mic echipament robotic și le-a luat în considerare din punctul de vedere al unei alte discipline ingineresti (software, electronică analogică și digitală, dinamică). Apoi sistemele au colaborat pentru producerea unei simulări distribuite a echipamentului și sincronizarea pentru modificarea ulterioară a proiectului.

6. Concluzii

Deși ingineria concurentă este aproape universal recomandată, utilizarea ei în prezent,

Rev. Rom. de Informatică și Automatică, vol. 5, nr. 2, 1995

este dificilă în proiectele mari, multidisciplinare, fără a lua în considerare echipa. În orice moment, membrii echipei pot lucra la diverse niveluri de detaliere, fiecare utilizând propriile sale reprezentări ale realităților fizice, modele ingineresti și cunoștințe.

Prin ingineria concurentă se urmărește, deci, explorarea de metodologii noi de rezolvare în cooperare a problemelor ingineresti pe baza utilizării în comun a cunoștințelor.

Bibliografie

1. CUTKOSKY, M., ENGELMORE, R.S., FIKES, R.E.: PACT: An Experiment in Integrating Concurrent Engineering Systems. In: *IEE*, No.1, 1993, pp.28-38.

2. KRISHNASWAMY, G.: Intelligent Concurrent Engineering Environment. In: *Computers and Industrial Engineering*, Vol.25, No.1-4, 1993, pp.321-324.

3. KUSIAK, A.: Manufacturing Systems: A Concurrent Engineering Perspective. In: *Proceedings of the 1993 European Simulation Symposium, ESS'93*, The Society for Computer Simulation, San Diego, CA, USA, 1993, pp.57-66.

4. KUSIAK, A., (ed.): Concurrent Engineering - Automation, Tools and Techniques, John Wiley & Sons, Inc., 1993

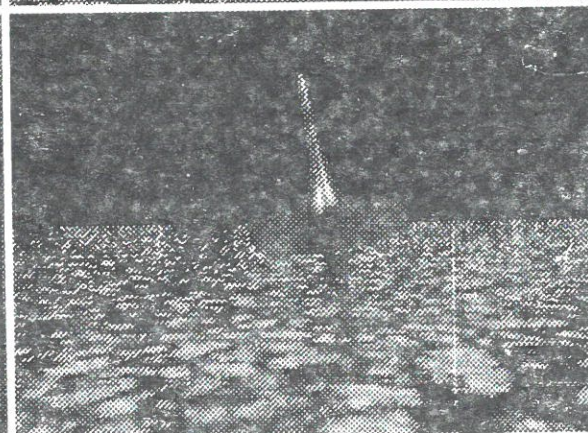
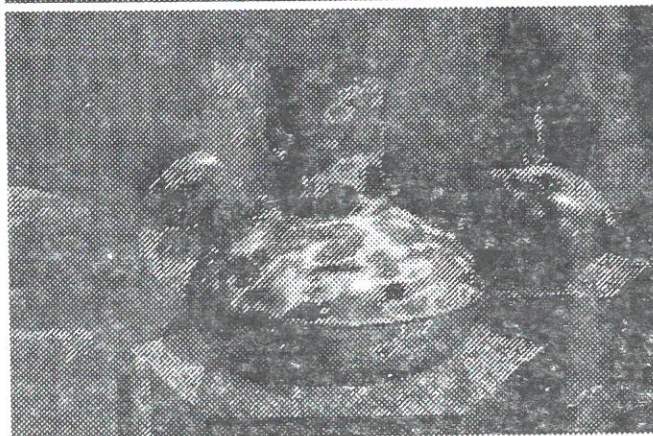
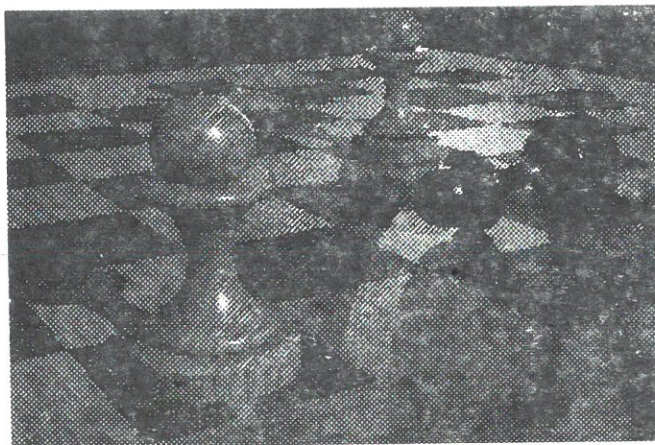
5. LUX, G.: MUSE-A Technical Systems Engineering Environment. In: *Proceedings of the 1993 European Simulation Symposium, ESS'93*, The Society for Computer Simulation, San Diego, CA, USA, 1993, pp.293-298.

6. REDDY, R., SRINIVASK, Y.V.: Computer Support for Concurrent Engineering. In: *IEE*, No.1, 1993, pp.12-16.

REALISTIC

REALISTIC este un instrument de modelare tridimensională și vizualizare fotorealistică, bazat pe generația și animarea unor imagini sintetice de înaltă rezoluție redată prin metoda RAY-TRACING.

REALISTIC permite descrierea de scene complexe ce cuprind forme, culori, texturi și surse de iluminare, utilizând un limbaj specific de descriere a scenelor în fișiere text standard ASCII pe care le preia și automat creează imagini tridimensionale cu spectaculoase caracteristici de umbrire, conturare, reflexie și iluminare a formelor, imagini sintetice pe care le poate anima.



Facilități:

- disponibilitatea unui editor grafic interactiv pentru descrierea scenelor;
- disponibilitatea unei biblioteci ce conține fișiere text de descriere a scenelor;
- sistemul include fișiere de forme, culori și texturi predefinite;
- calitate foarte înaltă a imaginilor afișate (24 biți/pixel culoare și 16 biți/pixel culoare pe calculatoare de tip IBM-PC);
- crearea unor suprafețe de tip fractal;
- surse de iluminare sofisticate;
- tipuri variate de forme:
 - primitive de bază: sferă, cutie, elipsoid, cilindru, con, triunghi, plan;
 - primitive avansate: tor, hiperboloid, paraboloid, curbe Bezier, blob;
- combinarea unor forme simple în forme complexe utilizând un modelator CSG;
- generarea și combinarea texturilor pentru a simula diverse tipuri de materiale (marmură, lemn, agat, granit, metal) sau pentru a genera efecte speciale;
- afișarea imaginilor în timpul prelucrărilor.

Domenii de aplicabilitate:

- generarea mediilor sintetice în sisteme de realitate virtuală;
- simularea grafică a roboților industriali;
- design industrial;
- proiectare asistată de calculator în arhitectură, mecanică, etc.;
- domenii artistice: film, reclamă, pictură, etc.;
- medicină, instruire;

Echipamente:

- calculatoare de tip IBM-PC (80386 sau 80486);
- stații grafice: Sun, Silicon Graphics;

Sisteme de operare:

- MS-DOS și WINDOWS pentru calculatoare de tip IBM-PC;
- UNIX pentru stații grafice;

Punct de contact:

- Lab. Sisteme grafice pentru inginerie asistată de calculator, Claudia Ionescu, Valerica Damian, tel: 665.60.60 și 665.70.15/102