

# SIMULATOR FIZIC PENTRU SFP

ing. Adrian Totu  
ing. Lidia Barbul  
ing. Adrian Dorobanțu

**Rezumat.** În articol este prezentat modul în care a fost proiectat și realizat un simulator fizic pentru Sistemele Flexibile de Prelucrare (SFP). Simulatorul pentru SFP este un instrument utilizat în verificarea, testarea și reprezentarea modului de funcționare al Sistemelor Flexibile de Prelucrare, atât în etapa de proiectare a acestora, dar și ulterior, în realizarea sistemelor studiate în scopul reprezentării funcționării.

**Cuvinte cheie:** simulator fizic, sistem flexibil de prelucrare, robocar, flux de piese, flux de scule.

## 1. Introducere

Dezvoltarea tot mai rapidă și mai complexă a Sistemelor Flexibile de Prelucrare (SFP), presupune realizarea unei metodologii de proiectare unitară generală, cu largi posibilități de adaptare la specificul SFP proiectat. Pentru validarea proiectării SFP este deosebit de importantă simularea funcționării sale, lucru ce se poate realiza în două moduri:

- simularea funcționării SFP pe calculator cu ajutorul unor programe destinate acestui scop;
- simularea funcționării SFP cu ajutorul unui simulator fizic (macheta funcțională).

Simularea funcționării sistemelor flexibile de prelucrare cu ajutorul unui simulator fizic s-a dovedit deosebit de utilă constituind împreună cu simularea funcționării SFP pe calculator prin intermediul programelor destinate acestui scop o metodă în activitatea de proiectare.

În lucrarea de față se va prezenta un simulator fizic realizat în scopul dezvoltării produselor - program, elaborării de noi strategii de producție, instruirii personalului, însă având ca principal obiectiv observarea în "laborator" a modului în care va funcționa un viitor sistem flexibil.

În prezent, există în lume mai multe simulatoare fizice pentru sistemele de producție. În acest sens se pot menționa realizările similare ale colectivelor de specialiști de la: Universitatea Purdue (SUA), Institutul Politehnic Virginia (SUA), Universitatea de stat din Arizona (SUA), Universitatea din Texas A & M, Emco Maier (Austria), precum și realizările firmei germane Fischertechnik [1].

## 2. Domenii de utilitate ale simulatorului fizic pentru SFP

Sistemele fizice de simulare cu posibilități de vizualizare sînt de mare importanță pentru proiectanții și realizatorii de module SFP (inclusiv produse -

program), îmbunătățindu-se simțitor șansele de succes ale ambelor părți.

Gradul înalt de automatizare al SFP (tehnica de calcul, comenzi numerice, automate programabile, suport de comunicație, produse-program) atrage după sine cheltuieli de investiții. Pentru a putea asigura un regim de funcționare eficientă, rentabilă este necesară un randament cât mai ridicat de utilizare a mașinilor din sistem, obținut prin scăderea timpilor de deplasare a pieselor și sculelor din sistem, optimizînd traseele de deplasare și ordinea de execuție, corelarea judicioasă a comenzilor de prelucrare, evitarea creerii cozilor de așteptare, creșterea fiabilității componentelor sistemului etc. Cum numărul de parametri ce sînt implicați în funcționarea eficientă a unui SFP este foarte important ca aceștia să fie cunoscuți, a priori, în faza de debut a proiectului și preluați corect la nivelul produselor - program.

Modalitatea de utilizare a simulării se fac resimțite pema mai multe planuri:

- rolul simulării se întinde de la rezolvarea unor probleme pînă la studii asupra posibilităților de realizare și proiectare de SFP;
- modelele de simulare ajută la creșterea cunoștințelor și înțelegerea sistemelor de producție studiate;
- simularea este utilizată ca ajutor al gândirii în efortul de proiectare;
- modelele oferite prin simulare sînt un mijloc de a obține mai multe informații pentru proiectarea de SEP decît ar fi posibil pe o altă cale;
- simularea poate fi folosită în instruirea cadrelor ce vor lucra într-un SFP;
- simularea constituie, de asemenea, o metodă educativă putîndu-se examina presupunerile făcute în faza de proiectare.

## 3. Prezentarea standului de simulare a sistemelor flexibile de prelucrare

În momentul de față, ca urmare a studiilor efectuate, se constată existența unei multitudini de structuri de SFP.

Principalele funcții tratate prin modelele de simulare sînt:

- evaluarea configurației sistemului;
- identificarea rezervelor de capacitate sau a locurilor înguste;
- determinarea randamentului previzionat;
- investigarea impactului avariilor și a căderilor sistemului;
- estimarea necesarului de manoperă;
- determinarea regulilor de operare.

Fiind construit în scopul utilizării pentru simularea diferitelor configurații SFP, simulatorul fizic prezintă o structură modulară, adaptându-se astfel cu ușurință noilor variante studiate. Simulatorul fizic urmărește cu precădere circulația pieselor și a sculelor în SFP. În acest sens, modulele pentru simularea fluxului de piese îndeplinesc următoarele cerințe:

- a) mașinile unelte, posturile de stocare, mașinile auxiliare: prezintă un locaș în/din care să fie depusă/extrasă piesa ce este prelucrată;
- b) robocarul: are posibilitatea deplasării de la o mașină unealtă la alta sau la orice post de stocare, are posibilitatea preluării/depunerii unei piese sau două, atât din stînga, cît și din dreapta sa; are posibilitatea identificării codului pieselor transportate; are posibilitatea identificării poziției curente în care se află, este protejat la ciocniri accidentale, toate informațiile citite, atât de cod, cît și de ceilalți senzori sînt transmise calculatorului.

#### 4. Descrierea structurii de simulare a fluxului de piese

Analizînd structura unui SFP destinat prelucrării pieselor de tip prismatic se constată că piesele, prinse pe palete, descriu o astfel de traiectorie:

- post de încărcare (descărcare)
- robocar
- mașini unelte
- posturi de așteptare
- mașina de spălat
- mașina de controlat
- post de descărcare (încărcare)

Această structură nu ține și de circulația pieselor în afara SFP, deci la periferia acestuia (fig.1) Standul de simulare a fluxului de piese din SFP va fi necesar să conțină, deci, următoarele elemente:

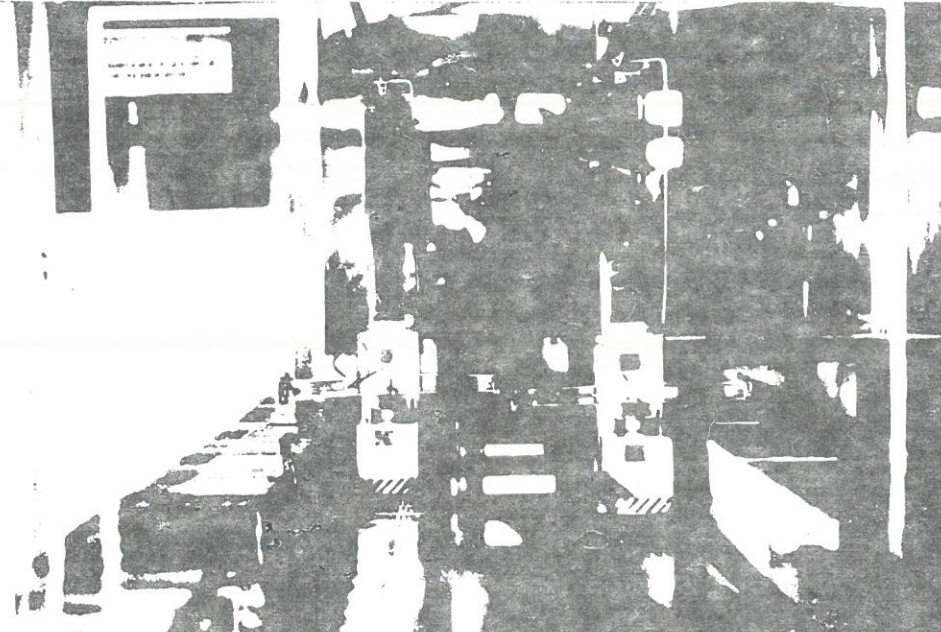


Fig. 1 Simulator Fizic pentru SFP

Principalele utilizări ale simulatorului fizic sînt:

- a) - simulatorul fizic poate fi folosit pentru validarea programelor destinate să conducă sistemele flexibile de prelucrare reale;
- b) - simulatorul fizic poate fi utilizat pentru învățarea și perfecționarea cunoștințelor privind sistemele flexibile de prelucrare;
- c) - simulatorul fizic se poate folosi în studiul fluxului de scule așchietoare și al fluxului de piese;
- d) - simulatorul fizic poate fi utilizat pentru demonstrații.

- 1 - piesele - cu codificarea fiecăreia pentru a se putea face distincție între ele;
- 2 - posturi de încărcare - descărcare, mașini unelte, mașini de spălat și de controlat, precum și posturi de așteptare;  
- asimilate fiecare cu un suport pentru piesele ce sînt vehiculate în SFP;
- 3 - robocarul - element al SFP, capabil să preia și să transporte cu unul sau două posturi piese din interiorul SFP, între oricare două posturi, prin identificarea corespunzătoare a postului.

Structura realizată pentru simularea fluxului de piese conține:

- sînt concepute 2 căi de rulare - funcționează simultan 4 robocare (5m. lungime);
- piese stocate pe un șir de posturi de așteptare, așezate central; (tabla de tole, codificare în BCD pe două ranguri);
- numărul maxim de posturi pe o latură de deservire: 45;
- fluxul de energie electrică și de informații se asigură printr-un fir multiplu;
- pentru a asigura o flexibilitate în aranjarea posturilor de stocare și a mașinilor unelte - modul lor de fixare este magnetic;
- sistem aprindere leduri pentru identificarea posturilor de către robocare;
- casete tampon la capete cu rol de protecție al robocarelor la ieșirea de pe șine și de determinare a zeroului funcțional (3 numărătoare: număr piese preluate post 1 sau 2, distanța parcursă).

#### 4.1. Robocarul

În vederea simulării fluxului de piese dintr-un SFP elementul central îl constituie robocarul (cărucior care se poate deplasa pe șine sau nu, cu unul sau două sisteme pentru preluarea paletelor port-piesa) (fig 2).

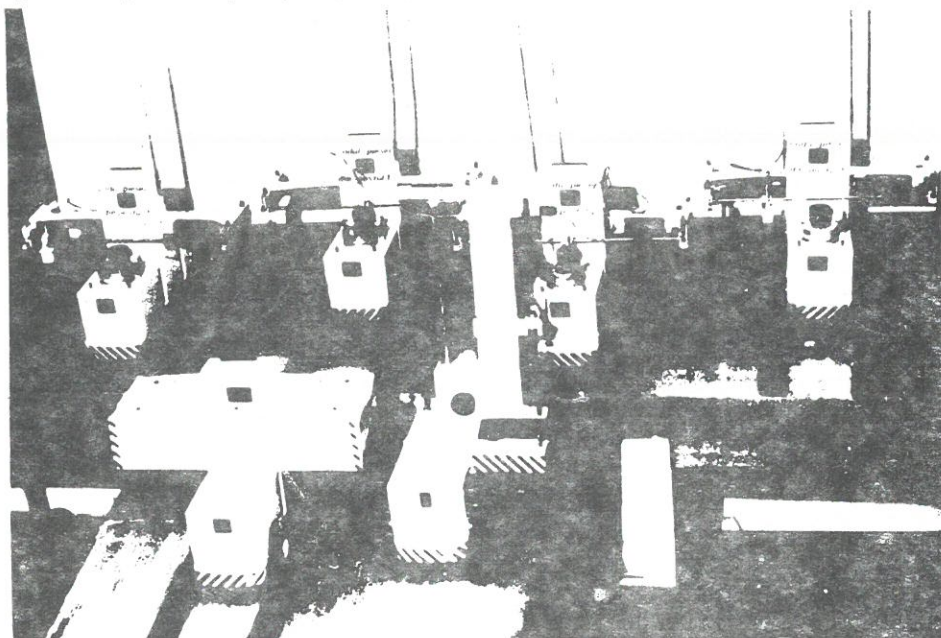


Fig. 2 Robocare

Structural, un robocar este constituit din modulele:

- modul de manipulare și transport;
- sistem de comunicație sol - vehicul;
- grupul moto - propulsor;

- grupul moto - director.

Cele două grupuri formează modulul de avans și direcție:

- modulul de poziționare în dreptul punctelor de servire;
- instalație hidraulică (la unele variante poate lipsi);
- instalație electronică avînd:
- sistem de alimentare cu energie electrică;
- sistem de ghidare;
- echipamentul de comandă îmbarcat;
- sistemele de protecție și avertizare;
- sistemul de recunoaștere.

Robocarul este prezentat în pliant. Structural el este constituit din două module:

#### A) - Modulul de preluare piese:

- rol de a prelua și transporta piesa: robocar - mașini unelte și invers;
- elementul care preia piesele : electromagnet;
- deplasarea orizontală
- antrenare prin fir de la un motor electric

- sesizarea celor 3 puncte de prindere/desprindere: la capăt de cursă microîntrerupători, iar pentru sesizare post de pe robocar - contact electric ( pentru fiecare dintre ele sînt prevăzute leduri).

## B) - Modulul de propulsie:

- sistem de propulsie constând din două motoare cu reductor încorporat de tip MSRRv, montat direct pe roțile directoare: turația la ieșire 60 rpm; tensiunea de alimentare 24 V c.a.
- patru sisteme de citire - decodificare și afișare: cod piesa postul 1, cod piesa post 2, cod poziție post 1, cod poziție post 2: informațiile sînt transmise la interfața electronică.

## 4.2. Mașinile unelte. Posturi de stocare intermediară. Mașini auxiliare

Mașinile unelte, posturile de stocare intermediare, posturile de prindere-desprindere, mașinile de spălat și mașinile de controlat au o construcție simplă din stiplac colorat. Modul lor de fixare este magnetic pentru o mai mare flexibilitate.

## 4.3 Calea de rulare

Calea de rulare este realizată din șine de plastic cu lungimea nominală de 25 cm, îmbinate între ele.

La capetele șinelor sînt plasate casete tampon cu rolul de a prezenta informații privind numărul pieselor preluate de fiecare post al robocarului și de contorizare a distanței parcurse.

Fiecare casetă tampon are un senzor de capăt de cursa necesar determinării zeroului de funcționare.

## 5. Descrierea structurii de simulare a fluxului de scule așchietoare

În prezent, există în lume numeroase sisteme la care transferul sculelor așchietoare se realizează cu ajutorul unui robot ce transferă sculele individuale. (Werner & Kolb: s-a optat pentru această variantă).

Cele trei componente ale fluxului de scule: magazia de scule, magazinele de scule (au fost realizate 4 magazine) (fig 3).

## 5.1. Scula așchietoare

Scula așchietoare este de forma unei pastile metalice din tabla de tole (histerezis magnetic minim). S-a ales varianta codificării locașului sculei așchietoare, atât din magazinele de scule, cît și din magazia de scule. (eliminarea problemei codificării sculei așchietoare).

## 5.2. Magazia de scule așchietoare

Inițial s-a gîndit o magazie le tip rastel matriceal (nu are avantaje de economie de materiale) (fig 4).

Magazia de scule așchietoare construită este realizată pe un suport vertical pe care sînt fixate benzi magnetice orizontale (8 poziții pe axa Y \* 66 poziții pe axa X = 528 locașe de scule așchietoare = adaptabilitate a capacității magaziei, posibilitate codificare locașuri, robotul de scule lucrează simplu deoarece a fost eliminat un braț intermediar de transfer.

Integrate magaziei se află calea de rulare și caseta tampon (număr de pași pe X și Y, număr de scule așchietoare, senzor de zero funcțional).

### Robotul de scule așchietoare

Structural, robotul de scule este alcătuit din două părți:

- modulul de propulsie;
- brațul robot pentru extragere transfer scule

**Modulul de propulsie:** este realizat cu 2 motoare sincrone cu reductor reversibile. Deplasarea se face pe șine din plastic. Modulul de propulsie conține 2 circuite de decodificare - afișare a poziției pe X și Y a brațului robot. Pentru protecția robocarului au fost realizate 2 parașocuri (oprire alimentare cu energie și emit un semnal sonor).

**Brațul robot:** acest dispozitiv are două mișcări:

- translația elementului de apucare pe axa Y: motor de acționare sincron reversibil cu reductor, fir de antrenare, role de ghidare, elementul de apucare (electromagnet);

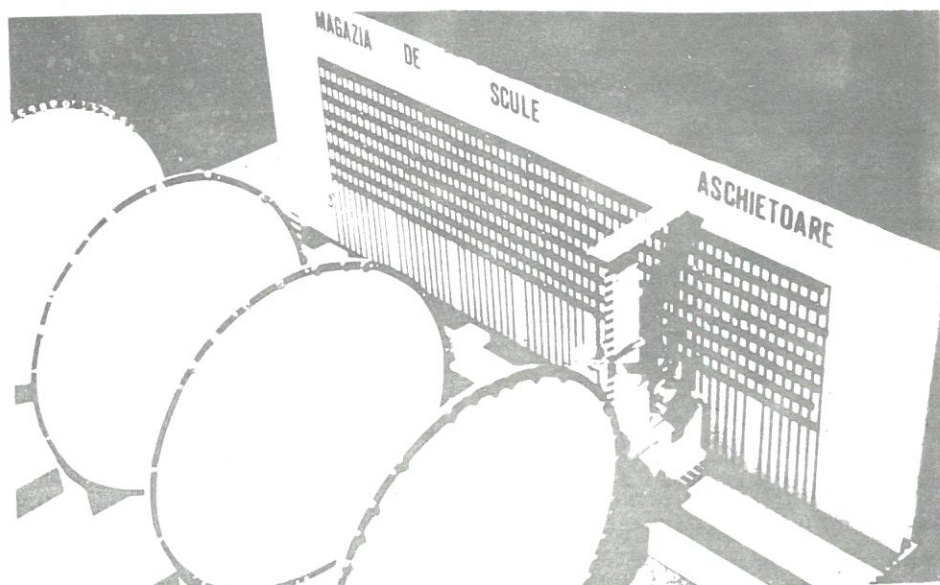
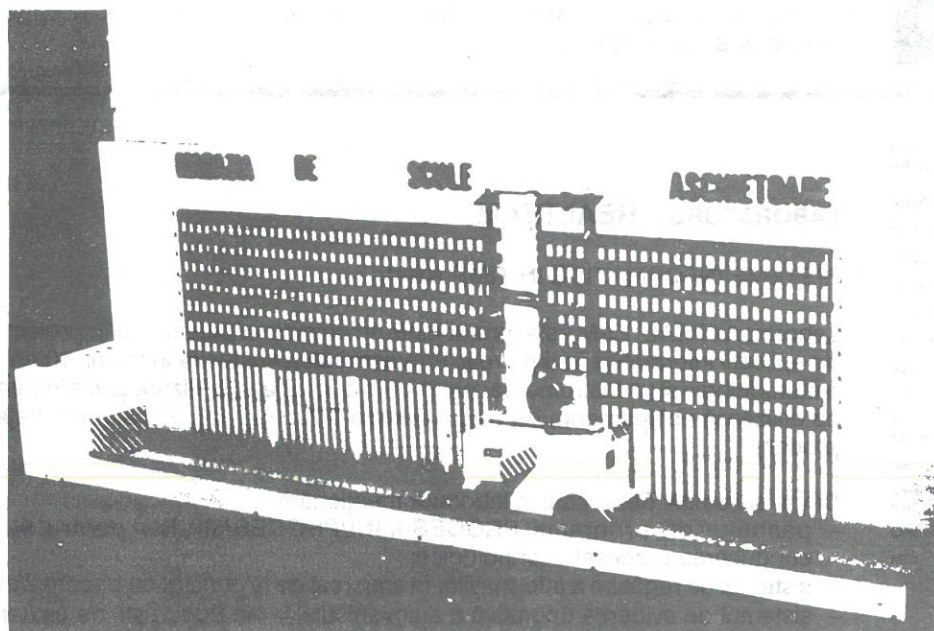


Fig. 3 Simulator Fizic pentru SFP Fluxul de scule așchietoare



**Fig.4 Magazinul central de scule așchietoare și robotul de scule**

- rotația în plan orizontal: mecanism format dintr-o transmisie prin curea și un motor de acționare.

Distingem 4 poziții de funcționare a brațului robot:

- repaus;
- apucat (depus) scula așchietoare din magazinul de scule;
- rotit 90 grade;
- apucat (depus) scula așchietoare din brațul robot al magazinului de scule.

#### 5.4 Magazinul de scule așchietoare

Constucția magazinului de scule așchietoare trebuie să îndeplinească următoarele condiții: înmagazinare sigură a sculelor, adaptabilitatea din punct de vedere al capacității, acționare ușoară, eversibilitate, precizie în poziționare, existența unui braț robot pentru alimentare/evacuare scule așchietoare, automatizare brațe robot.

Magazinul de scule este constituit de către un disc pe a cărui margine a fost fixată o bandă magnetică (capacitatea de 90 buc.) Cele două brațe robot sînt identice și pot executa două tipuri de mișcări: rotație și translație pentru apucare scula așchietoare. Fiecare magazin are o casetă cu 5 contoare numerice (număr scule preluate de postul 1 (2) al brațului 1 (2), număr poziții parcurse de magazin.

#### 6. Descrierea interfeței electronice

Standul de simulare este cuplat la microsistemul de dezvoltare MADS - 80 (constituit în jurul microprocesorului Z - 80) prin intermediul unei interfețe paralele specializate, cuplată direct pe bus-ul microsistemului.

Software-ul necesar acționării simulatorului este sensibil la comenzi ce reproduc elemente simple de

acționare ("înainte", "înapoi", "stînga", "dreapta" etc.) și macrocomenzi (combinații logice secvențiale ale comenzilor anterioare) ce pot fi preluate de la tastatură sau dintr-un fișier de îndirectare.

#### 7. Sursa de alimentare

Sînt necesare tensiunile : 5Vcc, 12 Vcc, 24Vca. Sursele de tensiune și sertarul plăcilor electronice sînt montate într-un cadru rigid metalic.

#### Concluzii

Dezvoltarea tot mai rapidă a structurilor înalt automatizate, flexibile, de prelucrare a atras în mod inevitabil dezvoltarea unor metode noi, moderne, de studiu și investigație utilizînd calculatoare electronice tot mai puternice avînd implementate programe de analiză și simulare. Simulatorul fizic prezentat a fost dezvoltat în scopul verificării și reprezentării modulului de funcționare al sistemelor flexibile de prelucrare, fiind de un real folos, atît proiectanților în faza de concepție, dar și utilizatorilor pentru instruire și testare a diferitelor strategii de conducere. De asemenea, simulatorul fizic s-a dovedit a fi deosebit de util în pregătirea tehnică a studenților de la facultățile de profil.

#### Bibliografie

1. DEISENROTH, M.P., MAURER, H. - *Physical Simulation of Automated Manufacturing Systems*. În: *The Automated Factory Handbook*. 1990, USA.
2. NOF. S.Y., MEIER, W.L., DEISENROTH. M.P. - *Computerized Physical Simulators are Developed to Solve IE Problems*. În: *Industrial Engineering*, oct. 1980, pp.70-75
3. DEISENROTH, M.P. - *Physical Simulation of Software Development Systems*. În: *CIM Review*, nr.3, 1987, pp.55-58.



# INSTITUTUL DE CERCETARE ÎN INFORMATICĂ

B-dul Mareșal Averescu 8 - 10, Sect. 1, cod 71316, Tel.: 17.79.78 - director, 65.45.65 - comercial, Telex: 11891 icpci-  
Fax: 12.85.39, București-ROMÂNIA

LA DISPOZIȚIA DVS. PENTRU  
LUCRĂRI ÎN:

- o inteligența artificială
- o sisteme expert
- o rețele locale
- o rețele generale
- o prelucrări distribuite
- o baze și bănci de date
- o birotică
- o MIS
- o sisteme suport de decizie
- o sisteme în timp real
- o conducerea proceselor tehnologice
- o CAD/CAM/CAQ
- o CIM

ORIGIND GATA  
SĂ PROIECTEZE PE BAZA  
SPECIFICAȚIILOR DVS.:

- o programe
- o sisteme informatice
- o sisteme la cheie

ASIGURĂ:

- o asistență tehnică
- o școlarizare
- o douăsprezece luni garanție

INTELIGENȚĂ  
COMPETENȚĂ  
INVENTIVITATE

PARTENERUL DVS.  
PE TERMEN LUNG  
ÎN INFORMATICĂ

## LABORATORUL REALTEAM

### SISTEME INFORMATICE IN TIMP REAL

Laboratorul REALTEAM este format dintr-un colectiv experimentat în proiectarea și realizarea de aplicații informatice în timp real. Prin activitatea susținută în ultimii 10 ani s-a pus la punct o metodologie și un instrumentar propriu de concepere, realizare și implementare a aplicațiilor ce utilizează echipamente de calcul diverse (VAX, CORAL, PC sau interfețe specializate de proces).

Dintre sistemele dezvoltate în laborator menționăm:

- pachetul de programe PROCES-MINI/PROCES/MICRO pentru supravegherea și conducerea proceselor tehnologice;
- sistemul de regăsire a informațiilor în timp real de la punctul de trecere a frontierei Otopeni
- sistemul de evidență operativă a autovehiculelor din București, de emitere computerizată a certificatelor de înmatriculare auto și de regăsire a informațiilor în timp real;
- sistemul de programe pentru supravegherea și conducerea instalației de peletizare Mangalore - India (sistem bazat pe o rețea de minicalculatoare, automate programabile și sisteme distribuite microZ);
- sistemul de evidență operativă a pașapoartelor emise de MAE, Direcția Consulară;
- sistemul de conducere a furnalelor bazat pe minicalculatorul CORAL-4021, automate programabile, dozatoare și interfețe de proces SPOT;
- sistemul de supraveghere și conducere a fabricii de peletizare de la Krivoi-Rog (URSS) bazat pe o rețea de calculatoare VAX, CORAL și sisteme distribuite de conducere a proceselor (în curs de elaborare).

Laboratorul REALTEAM vă oferă soluții complete pentru problemele dumneavoastră prin:

- elaborarea de aplicații tranzacționale și de regăsire a informațiilor;
- elaborarea de aplicații în timp real în domeniul industrial;
- proiectarea și realizarea de baze de date pentru aplicații și sisteme în timp real;
- proiectarea și realizarea de baze de date distribuite folosind configurații eterogene de echipamente;
- consultanță în elaborarea de proiecte de sisteme informatice complexe;
- consultanță și asistență tehnică pentru utilizarea sistemelor de operare VMS, RSX, și MS-DOS;
- consultanță și asistență tehnică în elaborarea de configurații utilizând calculatoare din seriile VAX, PDP și IBM-PC sau compatibile;
- școlarizarea și perfecționarea specialiștilor în domeniul utilizării sistemelor de operare VMS, RSX și MS-DOS;
- școlarizarea și perfecționarea specialiștilor în utilizarea pachetelor de programe pentru calculatoare VAX: RdB, CDD, FMS, TDMS, DTR, ACMS, RALLY, GKS, ALL-IN-ONE, ORACLE;
- școlarizarea specialiștilor în vederea exploatarei eficiente a aplicațiilor.

În elaborarea lucrărilor complexe menționate mai sus, clientul este antrenat direct în toate fazele, avînd posibilitatea acumulării de know-how și stăpînirea soluției oferite în vederea utilizării eficiente a aplicației și eventual în dezvoltarea ulterioară a ei.

Pentru diverse informații tehnice și relații privind serviciile oferite vă rugăm să ne solicitați la sediul ICI, tel. 65.28.90 (șef laborator fiz. Mihai Jitaru).