

FOLOSIREA TEHNICILOR MODERNE DE ANALIZĂ SPECTRALĂ PENTRU ANALIZA SEMNALULUI REZONANȚAMAGNETICĂ NUCLEARĂ METODA LPSVD (LINEAR PREDICTION SINGULAR VALUE DE COMPOSITION)

Ing.Luminița Todor, Ing.mat. Adriana Alexandru

Institutul de Cercetări în Informatică

Ing.Dorin Todor, Fiz.Mihaela Lupu

Institutul de Fizică și Inginerie Nucleară

REZUMAT

Lucrarea prezintă utilizarea metodei LPSVD pentru analiza semnalului de rezonanță magnetică nucleară. După descrierea teoretică a metodei, este prezentat pachetul de programe asociat (pentru care sînt specificate datele de intrare și datele de ieșire, sub forma tabelară), precum și performanțele realizate. Rezultatele simulării, folosind un semnal de test, sînt prezentate grafic. În final, sînt comparate metoda LPSVD și metoda Transformatei Fourier Rapide.

1. Introducere

În ultimii ani, în tehnica prelucrării și analizei semnalelor, s-au făcut cercetări intense pentru dezvoltarea metodelor de analiză spectrală, care să rezolve problema semnalelor sinusoidale de frecvențe apropiate în prezența zgomotului.

Aceste eforturi au fost finalizate prin instrumente matematice deosebit de sofisticate, generate de limitările principalei metode de analiză spectrală Transformata Fourier Rapidă:

- 1 - Rezoluția este dată de inversul duratei semnalului, deci pentru semnale tranzitorii scurte (cum sînt semnalele obținute din Rezonanța Magnetică Nucleară pe solide), aceasta are valori nesatisfăcătoare. Îmbunătățiri puțin substanțiale se obțin prin anumite tehnici, dar acestea conduc mai totdeauna la scăderea sensibilității;
- 2 - În cazul în care, raportul semnal/zgomot este mic, Transformata Fourier Rapidă nu poate decela semnul util de zgomot, caz în care se obțin spectre "zgomotoase". În cazul Rezonanței Magnetice Nucleare, atunci cînd se studiază nuclee cu abundență naturală mică, semnalele au raportul semnal/zgomot foarte mic, caz în care se

aplică două tehnici:

- # acumulări de semnal care, bazîndu-se pe necoerența zgomotului, duc la o îmbunătățire a raportului semnal/zgomot de N ori (N -numărul de acumulări); tehnică este însă mare consumatoare de timp;
- # prin folosirea unor filtre, care însă duc la deformări ale spectrului.

Metoda implementată prin pachetul de programe (LPSVD) dă o rezoluție mai bună decît metoda Transformatei Fourier Rapide (FFT), în ceea ce privește "extragerea" (recunoașterea) caracteristicilor semnalului din zgomot.

2. Formularea problemei

Informația de la care se pornește prelucrarea este reprezentată de valorile unei mărimi măsurate la intervale egale de timp. Cunoaștem deci, numărul de valori și intervalul de eșantionare. Datele de pornire reprezintă valorile instantanee ale semnalului ce trebuie analizat, ce este o sumă de semnale sinusoidale atenuate și zgomot:

$$x_n = x(n\Delta t) = \sum_{k=1}^K c_k e^{-b_k n\Delta t} \cos(w_k n\Delta t + \varphi_k) + V_n \quad (1)$$

$n = 1, \dots, N$

c_k = amplitudinea componentei sinusoidale k

b_k = coeficientul de atenuare a componentei sinusoidale k

w_k = pulsația componentei sinusoidale k

φ_k = faza inițială a componentei sinusoidale k

V_n = zgomotul ce se suprapune semnalului la momentul $n t$

unde N este numărul de puncte, iar K este numărul de semnale sinusoidale atenuate, ce intră în componența semnalului. Prin nivelul zgomotului se înțelege raportul dintre amplitudinea semnalului sinusoidal și valoarea maximă a semnalelor parazite (în cazul mai multor semnale sinusoidale se ia în considerație amplitudinea cea mai mică).

Prelucrarea datelor urmărește obținerea caracteristicii amplitudine-frecvență a semnalului, respectiv calcularea parametrilor c_k și w_k pentru fiecare din componentele sinusoidale ale semnalului. Se urmărește atît o sensibilitate cît mai mare (capacitatea de a decela semnale de frecvențe apropiate), cît și evidențierea corectă a raporturilor mărimii amplitudinilor. De asemenea, după ce s-au obținut parametrii sinusoidelor semnificative se procedează la "extragerea" semnalului din zgomot și reconstrucția semnalului.

Metoda folosită nu este o metodă exactă, ci aproximativă, dar rezultatele sînt utile din punctul de vedere al analizei semnalului obținut prin rezonanța magnetică nucleară.

3. Teoria matematică a metodei

Modelul matematic folosit pentru analiza datelor are două etape. Inițial, presupunem că semnalul, care este eșantionat la intervale regulate $n \cdot t$ ($0 = n = N-1$), este alcătuit din K sinusoida atenuate, plus zgomotul

$$x_n = x(n\Delta t) = \sum_{k=1}^K c_k e^{-b_k n\Delta t} \cos(w_k n\Delta t + \varphi_k) + V_n \quad (1)$$

Aceasta implică existența a $4K$ parametri, anume w_k , b_k , c_k și φ_k cu $k=1, \dots, K$. Tratarea acestui set de ecuații neliniare este dificilă și necesită un set de valori inițiale; apoi se procedează la un șir de iterații. Neliniaritatea și alte complicații ce pot apărea, pot fi evitate în cazul folosirii predicției liniare numită și modelare autoregresivă. Aceasta reprezintă a doua etapă. Principiul predicției liniare pornește de la ipoteza că, fiecare punct (dată rezultată din eșantionarea semnalului) poate fi scris ca o combinație liniară a M semnale anterioare, adică:

$$x_n = a_1 x_{n-1} + a_2 x_{n-2} + \dots + a_M x_{n-M} \quad (2)$$

În care n poate lua valori între M și $N-1$ și coeficienții a ($m=1, \dots, M$) sînt independenți de n . Validitatea procedurii m poate fi ușor verificată pentru un semnal format dintr-o singură sinusoidă amortizată fără zgomot.

$$x_n = \exp(-b\Delta t) \cos(w\Delta t + \varphi_n)$$

după câteva manipulări algebrice găsim

$$a_1 = 2 \exp(-b\Delta t) \cos(w\Delta t) \quad \text{și}$$

$$a_2 = -\exp(-2b\Delta t)$$

Se observă că atât a_1 , cât și a_2 sînt independente de valoarea lui n . Se poate arăta că același lucru se poate întîmpla și pentru K sinusoida amortizate fără zgomot. În acest caz, numărul de coeficienți care se folosesc în predicția liniară scade la $2K$. În practică numărul de coeficienți scade mult sub $2K$, fiind de obicei de ordinul a $0.75N$.

4. Estimarea soluției folosind cele mai mici pătrate și descompunerea valorilor singulare

Exprimarea matricială a ecuațiilor (2) este următoarea:

$$X\bar{a} = \bar{x} \quad (3)$$

În care X este matrice dreptunghiulară (matricea datelor) de dimensiunea $(N-M) \times M$, iar \bar{a} și \bar{x} sînt vectori de dimensiune M și respectiv $N-M$. X și \bar{x} sînt cunoscuți, în vreme ce \bar{a} trebuie determinat. Rangul maxim al lui X este egal cu minimum dintre numerele $N-M$ și M . Pentru rezolvarea sistemului linear, matricea X este descompusă astfel:

$$X = U\Lambda\tilde{V} \quad (4)$$

în care Λ este o matrice diagonală, care are aceeași

dimensiune cu X . Elementele diagonale $\Lambda_{ji} = \lambda_i$ ale lui Λ sînt așa numitele valori singulare ale lui X . Acestea sînt egale cu valorile pozitive ale rădăcinilor pătrate ale valorilor proprii matricii pozitiv definite $X\tilde{X}$ ($\tilde{}$ reprezintă transpunerea), în ordine descrescătoare.

U și V sînt matrici ortogonale, care reduc $X\tilde{X}$ și $\tilde{X}X$ la forma diagonală. Dacă rangul lui X este 1, o singură valoare singulară este diferită de 0, iar restul ($N-M-1$ sau $M-1$) sînt egale cu 0.

Se poate dovedi că, matricea datelor pentru un semnal format din K sinusoida atenuate, are rangul $1=2K$. Aceasta înseamnă că toate valorile singulare sînt nenule. Totuși, cînd zgomotul este prezent, apar valori singulare nule. Este important de notat că, atîta timp cît raportul semnal-zgomot este destul de mic, este relativ ușor să se facă distincție între valorile singulare legate de semnal și cele legate de zgomot (prin compararea mărimilor valorilor singulare). Este evident că soluția aleasă pentru sistemul (3) va fi:

$$\bar{a} = V\tilde{\Lambda}^{-1} \tilde{U} \bar{x} \quad (5)$$

În care prin "inversul" matricii dreptunghiulară (simbolul -1 are numai o valoare formală) se înțelege matricea de dimensiune $M \times (N-M)$ cu elemente diagonale astfel încît:

$$\Lambda \Lambda^{-1} = \begin{bmatrix} E_1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

El fiind o matrice unitate de dimensiune 1×1

În acest moment, putînd face distincția dintre valorile singulare legate de semnal și cele legate de zgomot, putem omite din sistemul dat de predicția liniară, termenii dați de valorile singulare legate de zgomot. Această trunchiere are efecte favorabile și asupra stabilității calculului rămas.

Se poate arăta că soluțiile SVD trunchiate sînt cele mai bune soluții de rang mic în sensul normei Frobenius.

Este interesant de subliniat metoda originală a lui Kumaresan și Tufts pentru a reduce contribuția zgomotului la valorile singulare. Esența acestei metode constă în evidențierea faptului că, $X\tilde{X}/(N-M)$ aproximează matricea de autocorelație, dacă N este suficient de mare. Mai mult chiar, se subliniază că, la matricea de autocorelație, contribuția zgomotului este egală cu valoarea medie a radicalilor λ_i , pentru fiecare element diagonal și 0 pentru celelalte elemente. O înlocuire rezonabilă a acestei contribuții este media valorilor singulare, legate de zgomot, ale matricii $X\tilde{X}/(N-M)$. În consecință, se pot elimina valorile proprii legate de zgomot ale matricii $X\tilde{X}$ prin scăderea mediei aritmetice a valorilor proprii, legate de zgomot din matricea $X\tilde{X}$.

5. Calcularea parametrilor sinusoidelor amortizate din semnal pornind de la coeficienții predicției liniare obținuți

Având coeficienții predicției liniare, se poate proceda la calcularea relațiilor dintre acești coeficienți și valorile de interes, adică frecvențele, amplitudinile, factorii de atenuare și fazele componentelor sinusoidale ale semnalului.

Pentru înțelegerea legăturii dintre parametrii modelului semnalului (1) și coeficienții predicției liniare (2), vom considera din nou cazul unei singure sinusoidale atenuate exponențial. În acest caz avem numai doi coeficienți (după cum s-a arătat anterior): $a_1 = 2 \exp(-b\Delta t) \cos(w\Delta t)$ și $a_2 = -\exp(-2b\Delta t)$. Când a_1 și a_2 sînt cunoscuți, iar b și w trebuie determinați, putem scrie relația:

$$\exp [(-b+iw)\Delta t] = (a_1 + \sqrt{a_1^2 + 4a_2}) / 2 \quad (7)$$

Din această relație se observă că putem calcula pe b și w luînd rădăcinile ecuației:

$$z^2 - a_1 z - a_2 = 0 \quad (8)$$

Reprezentînd rădăcinile ca vectori în planul complex factorul de atenuare b poate fi obținut din modulul punctului, iar frecvența din unghiul făcut cu axa reală. Analog cu aceasta se poate arăta că în cazul a K sinusoidale atenuate fără zgomot, cantitățile $\exp [(-b_k + iw)\Delta t]$ cu $k=1, \dots, K$ sînt rădăcinile polinomului:

$$z^{2K} + a_1 z^{2K-1} - \dots - a_{2K} = 0 \quad (9)$$

În acest moment am obținut frecvențele și factorii de atenuare a sinusoidelor prezente în semnal. Amplitudinile și fazele sînt încă necunoscute. Acesta nu e surprinzător, dacă ținem cont că aceleași ecuații de predicție liniară pot fi aplicate oricărui set de date și de aceea nu pot fi obținute informații dependente de timp ca amplitudinea sau faza. Problema este rezolvată înlocuind frecvențele și factorii de atenuare a sinusoidelor prezente în semnal, în ecuația:

$$x_n = x(n\Delta t) = \sum_{k=1}^K c_k e^{-b_k n\Delta t} \cos(w_k n\Delta t + \varphi_k) + V_n \quad (10)S$$

criînd această ecuație pentru N puncte, fiecare ecuație poate fi văzută ca liniar dependentă de $c_k \sin \varphi_k$ și $c_k \cos \varphi_k$.

Astfel, pot fi determinate amplitudinile și fazele inițiale prin rezolvarea acestui nou sistem liniar.

6. Structura pachetului de programe

Pachetul de programe este scris în limbaj FORTRAN 77 și rulat pe un calculator compatibil IBM PC-AT (FORMOX 286).

Pachetul de programe este alcătuit în principal din următoarele programe:

1. Un program LPSVD, care calculează parametrii unui semnal eșantionat în timp;
2. Un program EROARE, ce realizează analiza erorilor în determinarea parametrilor sinusoidelor atenuate din semnal, folosind limita joasă Cramer-Rao;
3. Un program RECON, ce realizează reconstrucția semnalului în domeniu timp, pornind de la parametrii LPSVD determinați.

În afara acestor programe, mai există două programe ajutătoare, ce realizează conversia datelor din formatul ASCII în binar și invers și, dacă se dorește, un program ce poate realiza trunchierea datelor semnalului.

Datele de intrare pentru analiza semnalului și determinarea parametrilor sinusoidelor atenuate ce-l compun, sînt plasate într-un fișier ce conține două blocuri de date: în primul bloc sînt precizate numărul de puncte folosite, intervalul de eșantionare și momentul de la care sînt preluate datele; cel de-al doilea bloc conține valorile semnalului. Limbajul de programare folosit fiind FORTRAN, datele sînt scrise în format.

Rezultatul procesării datelor prin metoda LPSVD este un tabel, care conține toți parametrii sinusoidelor atenuate, prezente în semnal. În principiu, analizarea semnalului spectral este făcută în domeniul timp. Este totuși recomandabil să existe și o formă de prezentare grafică a rezultatelor. Această prezentare grafică poate fi obținută prin: reconstrucția semnalului în domeniul timp folosind parametrii obținuți prin LPSVD și prin aplicarea metodei transformatei Fourier rapide acestei reconstrucții a semnalului în domeniul timp. Această reconstrucție în domeniul timp oferă posibilitatea comparării cu semnalul original. În cazul unei prelucrări corecte (cînd raportul semnal-zgomot este suficient de mic), diferența dintre semnalul original și cel reconstruit trebuie să fie numai zgomotul.

La lansarea sistemului de programe utilizatorul este solicitat să precizeze următorii parametri:

- NDP - numărul de puncte folosite în analiza LPSVD. Acest număr poate fi mai mic decît numărul total de puncte ale măsurătorii. De exemplu, se poate elimina un număr de puncte la începutul sau sfîrșitul semnalului. Totodată, numărul total de puncte este limitat prin program la maximum 256 puncte.
- L - numărul de termeni în ecuațiile predicției liniare. Acest număr determină numărul de coeficienți LP. De obicei L este ales între $(0,5 * NDP, 0,75 * NDP)$ (dacă nu se precizează, se ia $0,75 * NDP$). Pentru matricea datelor, descompusă prin SVD, (Singular Value Decomposition) pot fi determinate maximum $NDP - L$ valori singulare.
- MM - numărul de valori singulare considerate a fi semnificative. În cazul unui raport semnal-zgomot (SNR) convenabil, fiecare valoare singulară corespunde unei componente sinusoidale, atenuate, a

semnalului. Rezultatele finale ale prelucrării prin metoda LPSVD nu depind în mod critic de alegerea acestui parametru.

Timpul necesar prelucrării nu depinde critic de parametrii prelucrării alesi, ci este puternic influențat de numărul de puncte ale semnalului. Astfel, pentru 128 de puncte, timpul de prelucrare este în jur de 3 minute, iar pentru 256 de puncte, timpul de prelucrare este de aproximativ 25 minute (aproximația apare de la variația dată de diverși parametri). Este deci evident că nu pot fi luate pentru prelucrare mai multe puncte, datorită creșterii excesive a timpului necesar prelucrării. Sugerăm că pentru mai multe puncte să fie aplicată o procesare paralelă cu algoritmi adecvați (fapt ce implică existența unui calculator având o structură hardware ce permite implantarea de proceduri paralele). Dacă datele puse la dispoziție au mai multe puncte decât pot fi prelucrate în semnal, semnalul poate fi trunchiat la început sau sfârșit sau selectate corespunzător unui timp de eșantionare mai mare (ceea ce nu este foarte inspirat, deoarece scade precizia).

7. Studiu de caz

Pentru testare am creat un program de simulare a unui semnal format din două sinusoide atenuate și zgomot. Programul este scris în PASCAL și este rulat, de asemenea, pe un calculator PC-AT, IBM compatibil. Rezultatul este un fișier ASCII în formatul cerut de prelucrarea prin metoda LPSVD. Numărul de puncte al fișierului poate fi fixat (putere a lui 2). De asemenea, se precizează în programul de prelucrare intervalul de eșantionare și momentul de început al înregistrării datelor. (De regulă am luat momentul de început al eșantionării $t_{inc}=0$). Pentru un interval de eșantionare $t=1ms$ (pe care l-am considerat deoarece este comparabil cu intervalul folosit de obicei în eșantionarea semnalului RMN), semnalul este achiziționat pe durata $NDP * t$. Frecvența maximă este $F_M=1/(2*t)$, deci, dacă $t=1ms$, pot fi detectate semnale de pînă la 500Hz. Rezoluția în frecvență este $f=2F_M/N$ ($=1000/128=7,8Hz$). Spectrul are $N/2$ ($=64$) canale. Valorile au fost calculate pentru două linii spectrale, pe care le-am luat de amplitudini diferite, iar nivelul zgomotului este stabilit prin program (amplitudinea). Formula de calcul folosită este:

$$x_n = x(n\Delta t) = a_1 * \cos(w_1 n) e^{\frac{-nb_1}{N}} + a_2 * \cos(w_2 n) e^{\frac{-nb_2}{N}} + NL * (0.5 - rnd) \quad (11)$$

În care a_1 și a_2 sînt amplitudinile liniilor spectrale simulate, b_1 și b_2 sînt factorii de amortizare alesi, n este numărul de ordine al valorii calculate, N este numărul total de puncte, iar NL este amplitudinea maximă a zgomotului. Valoarea zgomotului variază aleator ($0.5 - rnd$).

În figura 1 este reprezentat grafic semnalul ce urmează a fi prelucrat, iar în figura 2, transformata Fourier a

acestui. În urma prelucrării cu metoda LPSVD am obținut amplitudinile și frecvențele componentelor sinusoidale, considerate semnificative. Am eliminat pe cele de amplitudini mici, datorate zgomotului și am procedat la reconstrucția semnalului reprezentat în figura 3, iar în figura 4 avem transformata Fourier a acestuia.

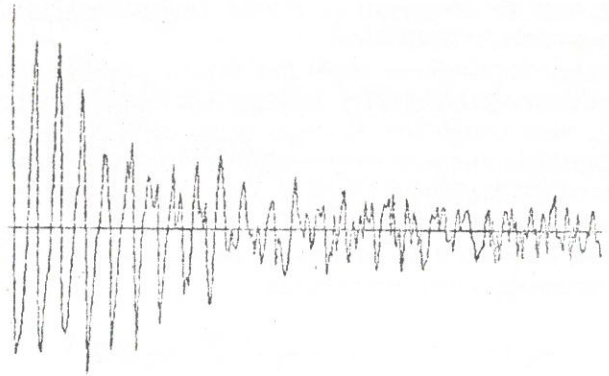


Fig. 1 Semnalul creat de programul de simulare (Amp1=6, Amp2=2, Noiselevel=4)

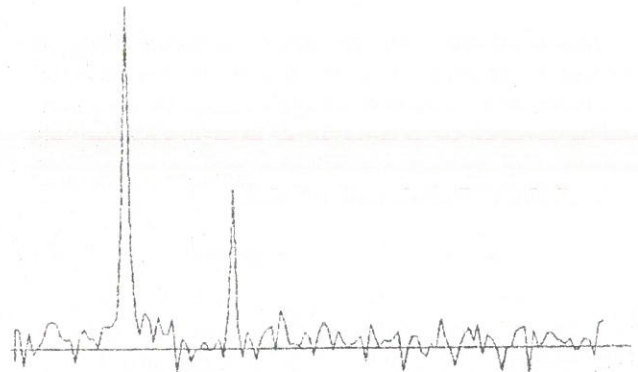


Fig. 2. Transformata Fourier a semnalului simulat

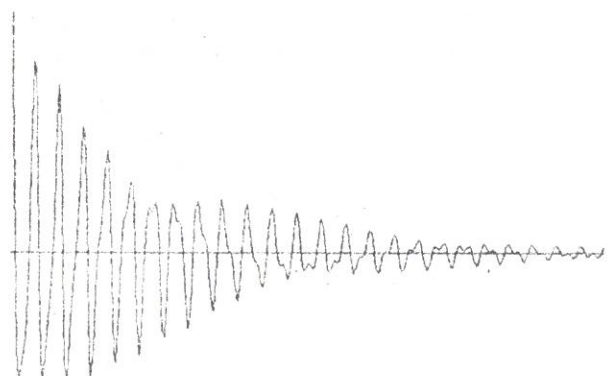


Fig. 3. Semnalul reconstruit pe baza rezultatelor metodei LPSVD

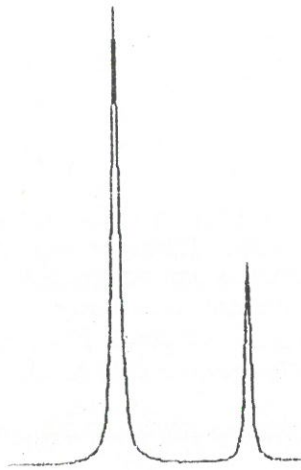


Fig. 4. Transformata Fourier a semnalului reconstruit pe baza rezultatelor metodei LPSVD

Folosind fișierele astfel create, am testat: influența diverșilor parametri asupra preciziei estimărilor și măsura în care o linie spectrală, a cărei amplitudine este comparabilă cu cea a zgomotului.

Am ajuns astfel la următoarele concluzii:

- dacă ordinul de regresie este foarte mare, nu mai putem "distinge" linia spectrală al cărei nivel este comparabil cu cel al zgomotului.
- nu este necesar (și nici indicat din punct de vedere al timpului de calcul) să considerăm semnificative un număr prea mare de valori singulare; liniile ce ne interesează au apărut foarte clar, chiar dacă am luat parametrul MM în jurul valorii de 8. Cum nici semnalele RMN, pentru analiza cărora a fost creat pachetul de programe, nu au prea multe linii caracteristice, acest parametru nu trebuie să fie prea mare.

8. Concluzii

Metoda reprezintă o prelucrare în mod direct a datelor din domeniul timp și are următoarele avantaje:

1. Folosirea predicției liniare (LP) elimina nevoia de a cunoaște date inițiale și execuția iterativă inerentă tehnicilor neliniare.
2. Predicția liniară (LP) folosită se bazează pe o descompunere după o valoare singulară. Aceasta mărește stabilitatea soluțiilor prelucrării datelor. În plus, analiza după valoarea singulară permite distincția dintre semnal și zgomot.
3. Această metodă are ca rezultat frecvențele, amplitudinile, factorii de atenuare și fazele inițiale ale fiecărei componente sinusoidale a semnalului. Aceasta înseamnă între altele, că integrarea în domeniul frecvențelor pentru determinarea intensității liniilor nu mai este necesară.
4. Preprocesarea datelor nu e necesară.
5. Fazele sinusoidelor, în domeniul timp nu sînt supuse restricțiilor. Astfel, trunchierea semnalului la început sau la sfîrșit, nu afectează rezultatul.

Bibliografie

1. BARKHUIJSEN, H., de BEER, R., BOVEE, W.M.M., van ORMONDT, D.: *Retrieval of Frequencies, Amplitudes, Damping Factors and Phase from Time-Domain Signals Using a Linear Least-Square Procedure*. In: *Journal of Magnetic Resonance* nr.61, 1985, pp 465-485.
2. ANISUR RAHMAN, Md., KAI-BOR YU: *Total Least Squares Approach for Frequency Estimation Using Linear Prediction*. In: *IEEE Transaction on Acoustics, Speech and Signal Processing*, nr.10, 1987.
3. GÎRLAȘU, ST. : *Prelucrarea în timp real a semnalelor fizice*. În: Editura Scrisul românesc, Craiova, 1987.



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

ORICÂND 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

INTELEGENȚĂ COMPETENȚĂ INVENTIVITATE

PARTENERUL DVS PE TERMEN LUNG ÎN INFORMATICA

LABORATORUL PROCONS

PROcess CONTROL Systems

Laboratorul Sisteme informatice pentru conducerea proceselor și instalațiilor tehnologice, -PROCONS- constituit din specialiști cu înaltă calificare, este orientat în domeniul proiectării și realizării de instrumente și sisteme informatice destinate automatizării avansate și conducerii instalațiilor și proceselor tehnologice. Dintre domeniile abordate menționăm:

- conducerea cu calculator a proceselor tehnologice complexe (de exemplu: aplicații finalizate la conducerea procesului de electroliză a aluminiului la I.A. Slatina și U. Novokuznețk-URSS);
- dispeceri energetici de distribuție pentru întreprinderi și platforme industriale și rețeaua națională (C.S. Reșița, Electrocentrale Rm.Vițea);
- conducerea cu calculator a unor instalații tehnologice (de exemplu: instalație de tratamente termice cu laser, instalație de călire în mediu controlat, instalație de hidurare/dehidurare etc.);
- sisteme de achiziție date din mediu industrial;
- sisteme de automatizare a activităților de laborator și a calculelor tehnice, economice și inginerești (analiză date de măsură, analiză statistică și control de calitate, modelare/simulare de procese industriale, optimizare, calcule de previziune etc.);
- metode pentru proiectarea și realizarea sistemelor de reglare automată avansată;
- dezvoltarea de sisteme de operare de timp real pentru microcalculatoare, interfețe cu proces inteligente și calculatoare personale (RTOS, S-83, S-86 etc.);
- gestiunea în timp real a depozitelor și magaziiilor, inclusiv a depozitelor pe verticală.

Specialiștii laboratorului dețin competența și experiența necesară pentru a realiza singuri sau împreună cu Dumneavoastră:

- studii pentru definirea direcțiilor de automatizare în cadrul procesului de rețehnologizare societăților comerciale;
- alegerea soluțiilor de dotare cu tehnică de calcul necesară aplicațiilor industriale, inclusiv elaborarea de cereri de ofertă și evaluarea ofertelor;
- consultanță și instruire privind etapele și tehnologia de realizare a sistemelor informatice industriale;
- produse-program specializate pentru calcule tehnice economice și inginerești, aplicații de grafică specifică și proiectarea asistată în domeniul sistemelor automate;
- instruire în domeniul sistemelor de operare și a programelor aplicative pentru aplicații de timp real;
- programe de comunicație specializate și performante pentru transmisia de date în mediu industrial;
- rețele industriale.

Aplicațiile de interes pentru dumneavoastră pot fi realizate fie cu echipamente românești (SPOT, CORAL 4021/8730) fie cu echipamente produse de firme renumite pe plan mondial: SIEMENS, PEP, IBM AT, OMRON, ASEM, DEC/VAX etc. Concepția noastră de realizare a programelor are ca obiectiv crearea pentru utilizator a unui mediu partener de exploatare utilizarea unor medii evaluate de dezvoltare a aplicației și satisfacerea deplină a cerințelor utilizatorilor.

Pentru toate produsele și sistemele realizate asigurăm instruirea personalului beneficiarului și o garanție de 12 luni. Pentru aplicații speciale putem achiziționa pentru Dvs. produse program de largă utilizare internațională pentru mini și microcalculatoare.

Pentru informații suplimentare sau dacă doriți sprijinul nostru vă rugăm să vă adresați la sediul nostru sau la telefon 65.28.90 (șef laborator ing. Pierre Rădulescu).