

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GH. ASACHI" IAȘI
FACULTATEA DE ELECTRONICĂ ȘI TELECOMUNICAȚII**

PROIECT DE DIPLOMĂ

**TEHNICI NEURONALE ȘI DE INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ
ÎN PRELUCRAREA SEMNALULUI RESPIRATOR**

Coordonator : Prof. dr. ing. H.N. Teodorescu
Realizator : Student Damian Radu Florin

1995

CUPRINS

Capitolul 1. Introducere	1
1.1. Direcții de aplicare a informaticii în medicină	1
1.2. Tratarea incertitudinii.....	2
1.3. Probleme de deontologie legate de extinderea informatizării	3
1.4. Observații privind utilitatea temei de proiectare abordate.....	4
Capitolul 2. Rețele neuronale artificiale (RNA)	5
2.1. Realizări teoretice precursore neuronului artificial.....	5
2.2. Modele de bază pentru neuronul artificial	6
2.3. Tipuri de rețele neuronale artificiale (RNA).....	8
2.3.1. Rețea neuronală multistrat	8
2.3.2. Rețea KOHONEN (harta de caracteristici Kohonen).....	9
2.3.3. Memorii bidirecționale asociative (BAM).....	11
2.3.4. Rețele Hopfield (Memorii Hopfield)	13
2.4. Tehnici de simulare pe calculator a rețelelor neuronale	15
2.5. Realizări practice de rețele neuronale	17
2.5.1. Implementare analogică	17
2.5.2. Implementare digitală	20
2.6. Aplicații ale rețelelor neuronale.....	22
Capitolul 3. Prelucrarea semnalului respirator	24
3.1. Mărimi caracteristice ale semnalului respirator.....	24
3.2. Elemente de procesare numerică a semnalelor	26
3.2.1. Analiza în domeniul frecvență a semnalelor discrete	26
3.2.1.1. Seria Fourier discretă	26
3.2.1.2. Calcularea transformatei Fourier rapide	27
3.2.1.3. Implementarea pe calculator a algoritmului FFT.....	30
3.2.2. Filtrarea semnalelor discrete	35
3.2.3. Metode de compresie de date.....	38
3.2.3.1. Codare diferențială.....	38
3.2.3.2. Codare Huffman.....	39
Capitolul 4. Analiza semnalului respirator cu rețele neuronale.....	41
4.1. Dimensionarea rețelei neuronale pentru analiza semnalului respirator	41
4.2. Algoritmul Back-Propagation.....	44
4.2.1. Considerații teoretice	45

4.2.2. Implementarea pe calculator a algoritmului	46
4.2.3. Considerații practice	50
4.3. Generarea exemplarelor pentru antrenarea rețelei	52
4.4. Antrenarea rețelei în domeniul timp.	55
4.5. Antrenarea rețelei pentru funcționarea în frecvență.	59
4.6. Antrenarea rețelei cu o combinație între domeniile timp și frecvență.....	62
4.7. Rezultate obținute la clasificare	64
Capitolul 5. Scheme electronice pentru achiziția semnalului respirator	67
5.1. Schemă analogică de detecție a fluxului respirator	67
5.2. Schema de conversie analogic/numeric	74
Capitolul 6. Prezentarea programului	81
6.1. Folosirea rețelei neuronale	81
6.2. Gestionarea și procesarea semnalelor	85
6.3. Proceduri auxiliare	90
Bibliografie.....	93
Anexă	94
A.1. Modulul Percep.C	I
A.2. Modulul Prelucra.C.....	XII
A.3. Modulul Lista.C	XXIII
A.4. Modulul Exempl.C.....	XXIX
A.5. Modulul Urmărire.C.....	XXXIV
A.6. Definiri de constante și tipuri.....	XXXVII
A.6.1. Fișierul Definiri.h.....	XXXVII
A.6.2. Fișierul Tipuri.h	XXXVII

CAPITOLUL 6. PREZENTAREA PROGRAMULUI

Programul prezentat se constituie într-o aplicație de analiză a semnalului respirator. Deși este conceput ca o aplicație directă a rețelelor neuronale artificiale în clasificarea semnalelor, programul conține și alți algoritmi de prelucrare de semnale pentru a mări aria analizelor ce pot fi realizate, astfel încât poate constitui o aplicație direct utilizabilă în practică, cu condiția realizării legăturii cu un sistem de achiziție de date.

Mărimile rezultate în urma rulării acestui program sunt în această fază de realizare mai mult intuitive deoarece rezultatele numerice pot fi credibile doar în măsura unei calibrări precise a sistemului de achiziție de date.

În tabelul următor este prezentat meniul principal al programului împreună cu aplicațiile incluse în fiecare submeniu.

Meniu	Folosire	Rețea	Semnal	Opțiuni	Indicații	Ieșire
1	REȚEA	Încărcare	Încărcare	Simulare	Aplicații	Nu
2	Simulare	Salvare	Salvare	Optimizare	Comenzi	Da
3	Demonstrație	Rețea Nouă	Modificare	Auto Salvare		
4	SEMNAL	Antrenare	Extern	Fourier		
5	Urmărire	Parametri				
6	Analiză					

În continuare vom prezenta aplicațiile realizate în program și modul de utilizare a fiecărei comenzi din meniu.

6.1. Folosirea rețelei neuronale

În cadrul programului se poate realiza definirea unei rețele neuronale de dimensiunea dorită și cu parametrii de antrenare (constantele de învățare și modul) aleși după preferință. De asemenea se poate realiza salvarea pe disc a rețelei (după antrenare) sau încărcarea acesteia de pe disc (pentru folosire). Folosirea rețelei se poate realiza prin simularea funcționării (prin prezentarea la intrare a unor exemplare generate intern) sau prin analiza unui semnal aflat în memorie).

- Pentru definirea unei rețele se va alege succesiunea de meniuri **Rețea\Rețea Nouă**. Programul va cere în ordine introducerea numărului de neuroni de pe stratul de intrare,

straturile ascunse (1 și 2) și stratul de ieșire, apoi se cere precizarea parametrilor de antrenare (sub denumirea ALFA și ETA).

Se recomandă utilizarea unei structuri maxime de tipul 256/75/50/11 (la dimensiuni mai mari sigur se depășește memoria disponibilă a calculatorului sau este posibil să nu se permită nici această dimensiune dacă există multe "driver-e" instalate în memorie).

Prin protecție internă nu se permite introducerea unui număr de ieșiri mai mic decât 11 (deoarece rețeaua este proiectată să îndeplinească o sarcină precisă) iar introducerea unui număr de neuroni mai mare decât 11 este inutilă - ceilalți neuroni nu vor fi folosiți.

Parametrii de antrenare trebuie specificați ca numere reale în format englezesc (".") folosit în loc de ",") și trebuie să fie mai mari decât 0 și mai mici decât 1.

Dacă se folosește rețeaua pentru funcționare în frecvență este obligatorie specificarea unui număr de intrări multiplu de 2 (pentru o funcționare corectă).

- Pentru încărcarea sau salvarea unei rețele se va alege succesiunea de comenzi **Rețea\Încărcare** sau **Rețea\Salvare**. În funcție de comandă se încarcă sau se salvează numărul de neuroni de pe fiecare strat, ultimii parametri de antrenare folosiți (ALFA și ETA) ponderile la ultimul și penultimul pas și numărul total de pași de antrenare realizați cu rețeaua respectivă. Pentru salvare de rezultate parțiale există o opțiune de salvare automată (vezi punctul 6.3.).

- Alegând comenzile **Rețea\Parametri** se pot modifica parametri de antrenare pentru o rețea aflată în memorie. Observațiile de la definirea unei rețele sunt valabile și în acest caz.

- Pentru antrenarea rețelei aflate în memorie se alege succesiunea de comenzi **Rețea\Antrenare**. Programul va cere introducerea numărului de pași de antrenare care se dorește iar în cazul în care se dorește salvarea rezultatelor parțiale se cere introducerea fișierului de salvare. Extensia implicită a fișierelor ce conțin rețele este ".ret" iar erorile se salvează într-un fișier cu același nume cu al rețelei cu extensia ".rez".

În timpul antrenării în fereastra de sus a ecranului apare forma de undă a intrării (așa cum a fost exemplificat în capitolul 4.) iar în fereastra de jos apar următoarele informații:

Inspiratia	Platoul	Expiratia	Perioada	Riplul
nica	nica	foarte nica	nare	nica
Nr. Uirfuri: 1				
Numarul de pasi :		20		
Parcurs :		4		
Eroare Momentana :		0.058		
Eroare Medie :		0.029		

Se afișează numărul total de pași de antrenare specificați, numărul de pași parcurs până în acel moment, eroarea momentană (calculată pentru exemplarul curent) și eroarea medie (calculată pentru ultimii 100 de pași).

În partea de sus se arată care sunt valorile reale ale parametrilor (ieșirile dorite din rețea). Sunt specificate: valoarea lingvistică a parametrului respectiv, (mică, mare, etc.) și poziția valorii exacte în cadrul clasei respective.

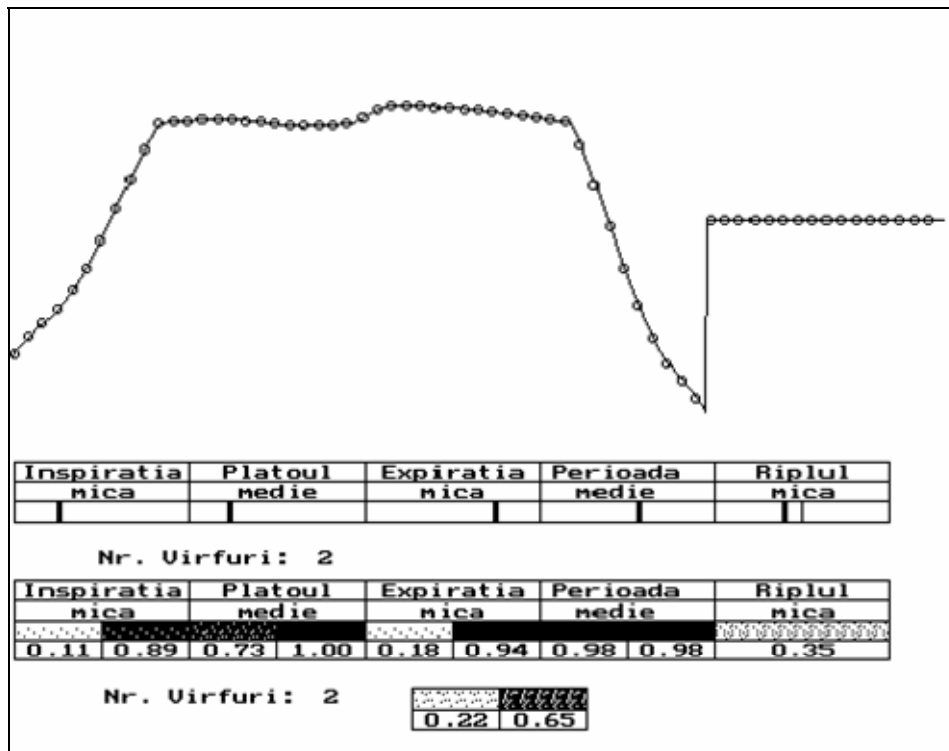


Această notație arată de exemplu că inspirația se găsește în intervalul corespunzător clasei "mică", iar indicatorul din dreptunghiul de mai jos arată că valoarea exactă a pantei pe durata inspirației este foarte aproape de limita de jos corespunzătoare clasei "mică". Aceste informații pot fi necesare în faza de verificare a

rețelei când o valoare ca cea de mai sus poate fi clasificată ca aparținând clasei "foarte mică" fără a considera această eroare mare. Deoarece riplul are doar două valori posibile ("mică" și "mare") afișarea grafică a valorii exacte se face după alt principiu. Se înfățișează întregul interval de definiție împărțit la mijloc de o linie verticală care constituie granița de separație între cele două clase. Indicatorul clasei arată în acest caz o valoare mică a riplului (se află în prima jumătate a dreptunghiului), foarte apropiată de 0.

- Pentru verificarea funcționării unei rețele există două posibilități.

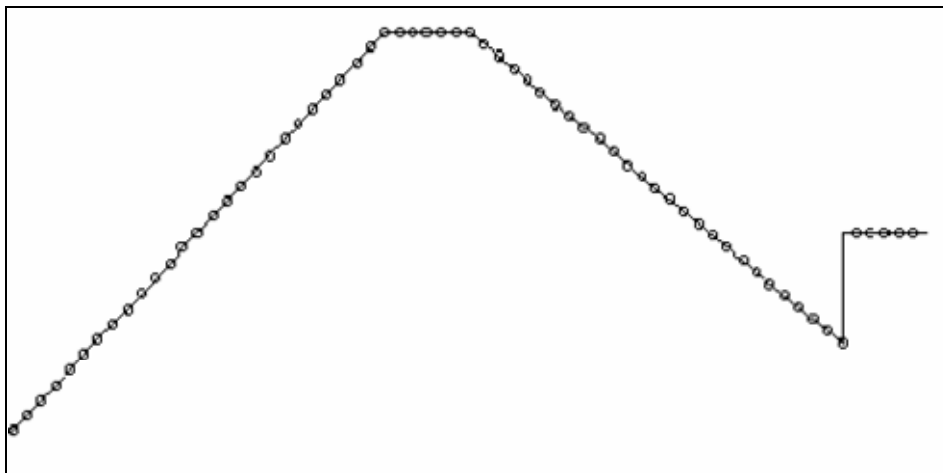
Prin alegerea succesiunii **Folosire\Simulare** se generează intern exemplare similare celor folosite pentru antrenare. Rezultatul poate fi observat în figura următoare:



Acest rezultat corespunde verificării unei rețele în domeniu timp. Se observă că se trasează graficul funcției exemplar, reprezentându-se mai pronunțat valorile intrărilor în rețea (obținute prin eșantionarea semnalului continuu). De asemenea se afișează valorile reale ale parametrilor (ieșirile dorite din rețea) după principiul expus mai devreme.

Se realizează și afișarea ieșirilor din rețea. Pentru fiecare neuron este indicată ieșirea analogică, și de asemenea o reprezentare grafică sugestivă: dreptunghiul corespunzător neuronului respectiv este umplut cu o culoare cu atât mai apropiată de negru cu cât ieșirea sa este mai apropiată de 1, în concordanță cu valoarea ieșirii. Pe ecranul calculatorului culorile vor fi inversate deci alb va corespunde maximului. La parametrii clasificați după apartenența la 4 clase neuronii sunt reprezentați conform convenției de codificare binară, mai întâi bitul cel mai semnificativ apoi cel mai puțin semnificativ.

Prin alegerea succesiunii **Folosire\Demonstrație** se intră într-un subprogram de generare succesivă a unor exemplare mai simple. Se vor genera exemplare liniare de formă trapezoidală ca în figura următoare.



Exemplarele se generează succesiv cu o anumită pauză între ele. La intrarea în subprogram se cere utilizatorului introducerea timpului (în secunde) care va fi lăsat să se scurgă între generarea a două exemplare succesive. Prin succesiunea de exemplare se urmărește parcurgerea tuturor posibilităților de apartenență a parametrilor la clase. Se cere de asemenea utilizatorului introducerea numărului de exemplare se generează pentru fiecare combinație posibilă în ceea ce privește apartenența parametrilor la clasele respective. În acest mod se urmărește verificarea parametrilor de pantă și durată deoarece se generează o formă de undă perfect plată în faza de platou (deci cu riplu nul și cu un singur vârf). Deși pe figură nu este figurat, se afișează ieșirile dorite și reale în același mod ca la verificarea prin generare de exemplare individuale complexe.

- Se poate folosi rețeaua pentru analiza unui semnal respirator aflat în memorie (achiziționat sau generat pentru simulare). Această posibilitate va fi prezentată pe larg la punctul 6.2.

6.2. Gestionarea și procesarea semnalelor

- Semnalele sunt memorate pe disc sub forma unei structuri de tip listă de persoane. Pentru a încărca un semnal se alege succesiunea de comenzi **Semnal\Încărcare**. Se cere introducerea fișierului care conține lista de persoane de interes. Apare apoi o fereastră în care sunt afișate persoanele din banca de date ca în figura următoare:

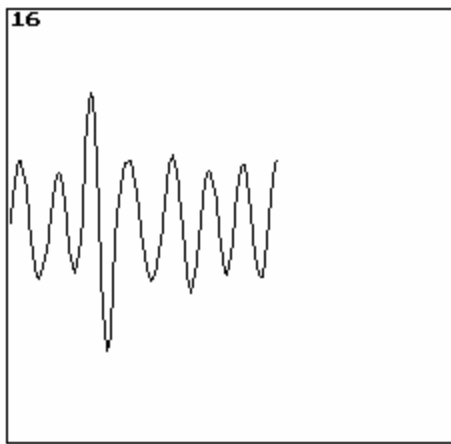
Nume	Prenume	Virsta	Data
Danian	Ioan	49	31/05/1995
Danian	Radu Florin	23	31/05/1995
Gheorghiu	Dan	35	31/05/1995
Gorgan	Eduard	23	31/05/1995
Herghelegiu	Elena	55	31/05/1995

Sunt afișate datele personale ale pacienților (în ordine alfabetică) și data achiziționării semnalului. După selectarea cu săgețile a persoanei care interesează se lansează automat programul ARJ care realizează decompresia semnalului și se realizează încărcarea în memorie a semnalului sub forma unei secvențe de octeți codată diferențial. Automat se realizează și decodarea semnalului obținându-se în memorie forma standard a semnalului (succesiune a 8192 valori codate pe 8 biți). Se încarcă și rezultatele unei eventuale prelucrări a semnalului (dacă semnalul a fost analizat înainte de a fi salvat).

- Pentru salvarea unui semnal aflat în memorie la un moment dat se alege succesiunea de comenzi **Semnal\Salvare**. Se cere denumirea fișierului bancă de date care va conține noua înregistrare apoi se cer introducerea datelor personale ale pacientului (Nume, Prenume, Vârsta). Celelalte date conținute de înregistrare sunt realizate automat (data testării, parametrii mășurați, numele fișierului de date). Se realizează codarea și comprimarea semnalului pentru stocare pe disc. Rata tipică de compresie obținută este de peste 1/10 pentru semnale filtrate și 1/2 pentru semnale zgomotoase deci se recomandă filtrarea semnalului înainte de salvare. Fișierul bancă de date este automat modificat în vederea introducerii noii înregistrări astfel încât să se respecte ordinea alfabetică a numelor.
- Prin alegerea comenzilor **Semnal\Modificare** se realizează modificarea datelor conținute într-o înregistrare dintr-o bancă de date. La alegerea acestei comenzi apare lista de persoane cerându-se specificarea înregistrării care trebuie modificată apoi se repetă pașii descriși la salvarea semnalului
- Se oferă posibilitatea încărcării de pe disc a unui semnal extern băncilor de date, dintr-un fișier creat eventual cu un alt program. Pentru aceasta se alege comanda **Semnal\Extern**. Pentru ca rezultatul să fie cel așteptat trebuie ca semnalul aflat pe disc să respecte convențiile caracteristice programului: să fie reprezentat ca o succesiune de octeți fără semn (care să reprezinte valorile eșantionului codat binar), să conțină cel puțin 8192 eșantioane și

să fie obținut în urma eșantionării cu frecvența de 100 Hz (dacă această ultimă condiție nu este îndeplinită rezultatele analizelor vor fi eronate).

- Semnalul poate fi urmărit în timp real și eventual achiziționat aplicându-se succesiunea de comenzi **Folosire\Urmărire**. Dacă programul se găsește în stadiul de simulare se cere introducerea numelui fișierului care va conține datele pentru simulare. Dacă calculatorul este cuplat la un convertor analog\numeric prin intermediul portului paralel (imprimantă) se achiziționează datele cu frecvența de 100 Hz, altfel datele se extrag din fișierul de date cu aceeași frecvență. Pe ecran se afișează evoluția semnalului în timp ca în figura următoare.



Se observă că în colțul din stânga sus al ferestrei se afișează timpul (exprimat în secunde) scurs din momentul aplicării comenzii de urmărire. Dacă se dorește începerea înregistrării se apasă tasta *Spațiu* și se vor achiziționa următoarele 8192 eșantioane (în acest timp de cca. 1 minut și 20 secunde nu se poate anula și nici schimba comanda dată). La sfârșitul înregistrării semnalul se va găsi în memorie și poate fi prelucrat și salvat.

Pentru folosirea corectă a programului, în intervalul de înregistrare medicul trebuie să îndrume respirația pacientului pentru ca rezultatele obținute în urma rulării să fie reale. Astfel se măsoară *Volumul Expirator Maxim pe Secundă* dar pornind de la valorile semnalului analizat. Dacă pacientul nu realizează o expirație maximă ca amplitudine și debit, valoarea numerică calculată nu va corespunde parametrului clinic VEMS și rezultatele vor fi eronate putând să inducă în eroare medicul.

În continuare vom prezenta posibilitățile de analiză a semnalului realizat. La alegerea succesiunii de comenzi **Folosire\Analiză** se deschide un meniu separat în colțul din dreapta jos al ecranului.

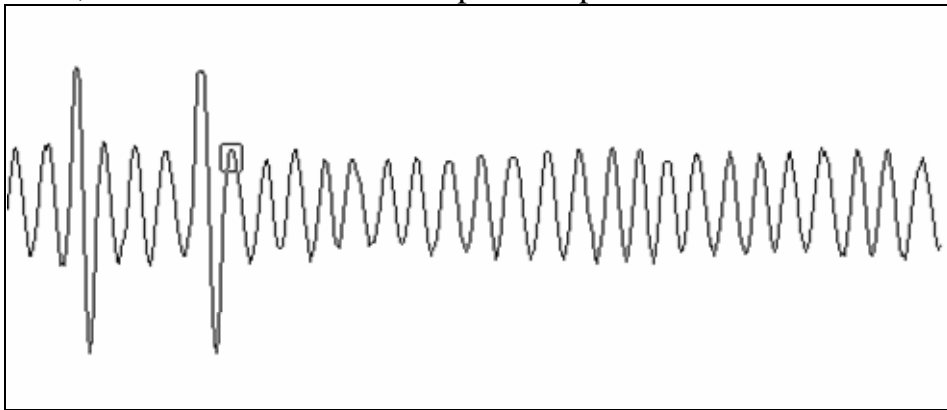
Lupă
Filtrare
Fourier
Calcul
Rețea
Stop

Acest meniu este accesibil decât dacă un semnal a fost încărcat în memorie (prin una din metodele descrise anterior). La intrarea în meniul de analiză se realizează afișarea semnalului în partea de sus a ecranului, fereastra din partea inferioară fiind rezervată prezentării rezultatelor analizei. Folosind săgețile se poate selecta una din metodele de analiză implementate, efectele fiecărei comenzi fiind prezentate în continuare.

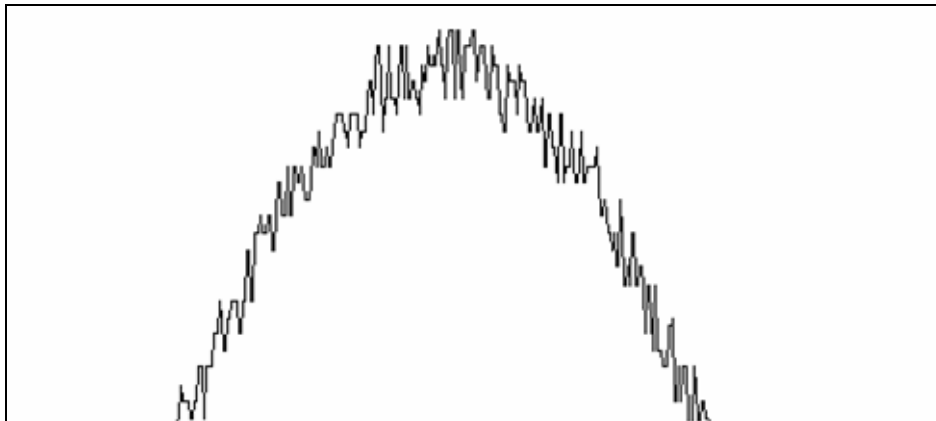
Comanda Stop sau tasta ESC realizează închiderea acestui meniu și întoarcerea în meniul principal.

- Comanda **Folosire\Analiză\Lupă** realizează are ca efect lansarea unui subprogram care permite observarea unor amănunte privind forma semnalului. Efectul comenzii este cel din figura următoare.

Se observă apariția unui dreptunghi suprapus peste semnal. Acest dreptunghi poate fi mișcat cu ajutorul *săgeților*, dimensionat printr-o comandă compusă **CTRL+săgeți** astfel încât să conțină în interior porțiunea de semnal care se dorește vizualizată în partea de jos a ecranului. Modificările de poziție și dimensiune pot fi realizate în două moduri: brut și fin. Comutarea între aceste două moduri se face apăsând tasta *Spațiu*. Pasul de modificare poate lua valorile 1 și 5 (pixeli). Validarea porțiunii de semnal selectate se face apăsând tasta *Enter*. Ca urmare, în fereastra inferioară va apare o replică mărită a ferestrei selectate.



Se prezintă în continuare efectul comenzii *Lupă* pentru selectarea porțiunii de semnal din figura de mai sus.

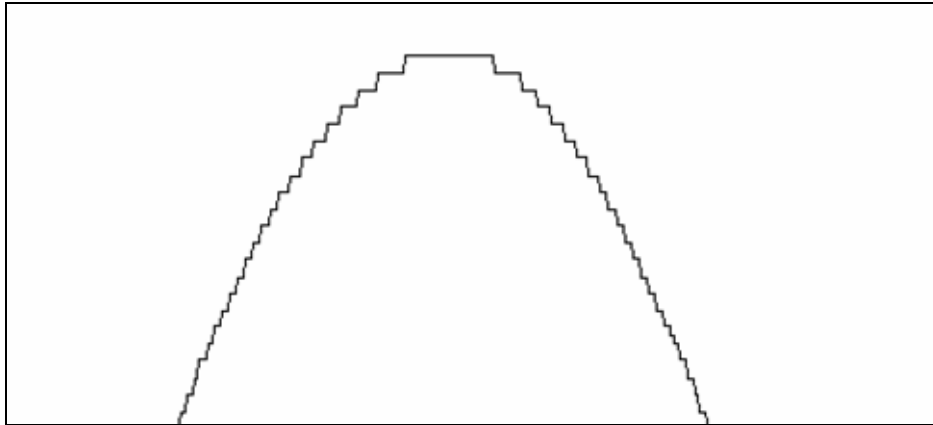


S-a realizat această aplicație deoarece, din punct de vedere medical este importantă și forma semnalului (de exemplu în timpul platoului). Prin introducerea aplicației *lupă* se urmărește oferirea unui mijloc de observare a unor detalii ale formei semnalului respirator, care se pot dovedi utile medicului pentru determinarea diagnosticului.

- Prin alegerea comenzii **Folosire\Analiză\Filtrare** se poate realiza filtrarea semnalului aflat în memorie după principiile menționate la punctul 3.2.2.

La selectarea acestei comenzi programul cere alegerea între cele două principii de filtrare: precis (folosind seria Fourier discretă) și rapid (folosind metoda mediei aritmetice expusă la punctul 3.2.2.).

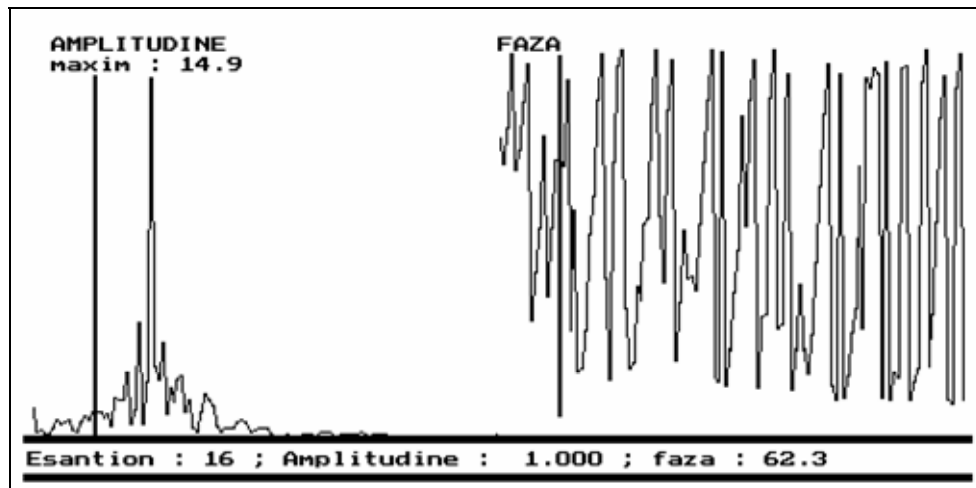
La alegerea opțiunii **precis** se realizează automat filtrarea fără alte interacțiuni cu utilizatorul. La alegerea opțiunii **rapid** programul cere introducerea lățimii ferestrei în care se va lucra la filtrare. Vom prezenta în figura următoare efectul filtrării asupra porțiunii de semnal prezentate la punctul anterior.



Se observă că se obține forma de scară caracteristică unui semnal eșantionat și cuantificat fără variații rapide. În urma verificării efectului filtrării se poate recomanda introducerea unei lățimi de 20 de eșantioane pentru fereastra de filtrare. Mai puține eșantioane în fereastră sunt ineficiente iar mai multe vor modifica forma semnalului (mai ales pentru frecvențe ridicate ale respirației). De asemenea s-a constatat că realizarea a două filtrări succesive cu același număr de eșantioane sunt mai eficiente decât una singură, chiar cu folosirea unui număr mai mare de eșantioane în fereastră. Cea mai corectă metodă de filtrare rămâne însă folosirea seriei Fourier discrete cu dezavantajul, menționat deja, al unui timp mai mare de calcul necesar.

- Succesiunea de comenzi **Folosire\Analiză\Fourier** permite analiza spectrală a semnalului aflat în memorie. Această modalitate de analiză a semnalului poate fi utilă deoarece după cum s-a văzut vârfurile prezente pe durata platoului sunt caracterizate de conținut mai bogat de frecvențe ridicate. Este posibil ca și alte afecțiuni ale aparatului respirator să se manifeste mai bine în domeniul spectral, acest lucru urmând a fi pus în evidență prin observarea spectrului unor semnale pentru care se cunoaște diagnosticul. Deci analiza spectrală a semnalului achiziționat poate constitui un instrument de cercetare pentru determinarea unor metode noi de analiză a aparatului respirator.

Analiza spectrală se face prin intermediul seriei Fourier discrete și rezultatul este cel din figura următoare.



Se trasează graficul variației modulului și fazei (exprimată în grade) pentru eșantioanele seriei Fourier discrete care au modulul mai mare de 0,5% din modulul maxim. Cu ajutorul săgeților se poate parcurgerea seriei pentru verificarea valorilor numerice ale fiecărui eșantion.

Această posibilitate de analiză consumă destul de multă memorie (64 K octeți) și este posibil să nu se poată realiza în cazul prezenței în memorie a unei rețele de dimensiuni mari. De asemenea poate fi utilă precizarea timpilor de calcul necesari: 2÷3 s (calculator cu microprocesor 80486, tact de 33 MHz) și 80 s (80386/40 MHz).

- Succesiunea de comenzi **Folosire\Analiză\Calcul** se folosește pentru realizarea calculului numeric a unor parametri de interes. Așa cum s-a mai menționat, rezultatele obținute prin această procedură pot fi considerate corecte doar în măsura în care aparatul de achiziție utilizat este calibrat anterior utilizării. Calibrarea trebuie făcută astfel încât variația maximă ca amplitudine a semnalului să fie corespunzătoare unei variații a volumului de 4800 ml.

FRECUENȚA		
maxima	25.3	(resp/min)
minima	19.4	(resp/min)
medie	22.0	(resp/min)
VOLUM		
maxim (CU)	2761	(ml)
mediu (UC)	1090	(ml)
minim	784	(ml)
DEBIT		
UEMS	2275	(ml/s)
VIMS	1485	(ml/s)
DU	23.95	(l/min)
DU max	69.89	(l/min)
K tiff	82	(%)

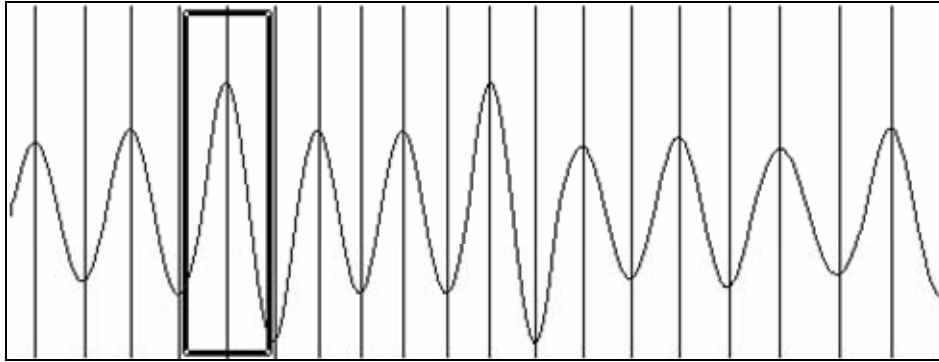
Înainte de realizarea calculului programul realizează filtrarea semnalului și segmentarea sa. Acest lucru se realizează prin interacțiune cu utilizatorul cerându-se aprobarea acestuia pentru trecerea la pasul următor.

Se calculează frecvențele (cadențele) maximă, minimă și medie pentru semnul înregistrat. Se calculează de asemenea

amplitudinea maximă a unei inspirații sau expirații (care în cazul unei respirații maxime ca amplitudine va corespunde parametrului *Capacitate Vitală*), amplitudinea medie (corespunzătoare parametrului *Volum Curent*) și amplitudinea minimă. La determinarea debitelor se determină parametrii *VEMS* și *VIMS*, de asemenea debitul ventilator (și valoarea momentană maximă a sa) și se calculează *indicele Tiffeneau* cu formula indicată la punctul 3.1.

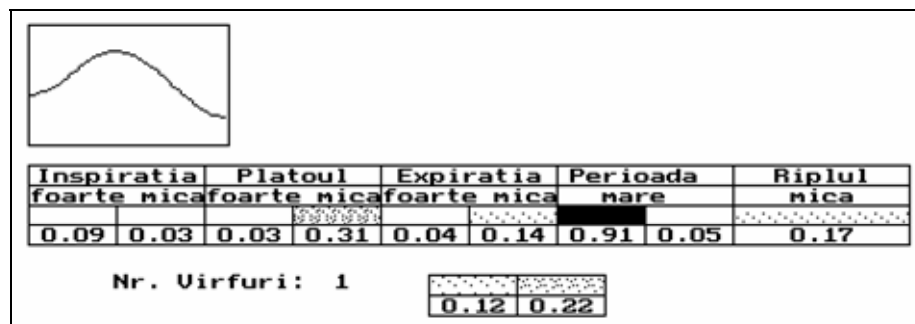
- Comanda **Folosire\Analiză\Rețea** necesită pentru validare prezența unei rețele în memorie. Dacă această condiție nu este îndeplinită nu se poate realiza această aplicație.

În acest subprogram se realizează analiza folosind rețeaua neuronală a semnalului achiziționat. Analog ca la comanda **Calcul** se realizează filtrarea și segmentarea semnalului (prin interacțiune cu utilizatorul). Apoi se afișează următoarea fereastră.



Liniile verticale semnalizează maximele și minimele locale ale semnalului (sunt reprezentate pentru verificarea corectitudinii segmentării). Utilizând *săgețile* se poate alege o anumită parte a semnalului (indicată de dreptunghiul colorat) pentru analiză folosind rețeaua. În urma validării cu *Enter* a porțiunii de interes se afișează rezultatele analizei în fereastra inferioară.

Se afișează în dreptunghiul din stânga sus variația intrărilor în rețea și în continuare rezultatele analizei conform convențiilor descrise la punctul 6.1. (ca în figura următoare).



6.3. Proceduri auxiliare

Se vor prezenta în continuare câteva proceduri auxiliare folosite pentru setarea unor opțiuni, ușurarea accesului la fișiere pe disc și afișarea unor parametri.

- Cu succesiunea de comenzi **Opțiuni\Simulare** se realizează setarea dorinței utilizatorului de a simula sau nu existența convertorului analogic/numeric.

- Alegând comanda **Opțiuni\Optimizare** se poate specifica dacă în faza de antrenare a rețelei se dorește claritatea afișărilor sau viteza execuției. Diferența constă în aceea că la optimizare pentru viteză nu se mai realizează calculul erorilor caracteristice pasului curent și nici nu se realizează afișarea intrărilor în rețea. În acest mod se realizează o economie de timp care poate deveni importantă în cazul unei antrenări lungi.

- Cu comanda **Opțiuni\Auto Salvare** se specifică dacă pe parcursul antrenării se salvează automat ponderile rețelei și eroarea medie. Dacă se alege varianta salvării automate acest lucru se va petrece la fiecare 1000 de pași de antrenare (ponderile) și la 200 de pași (eroarea).

- Cu comanda **Opțiuni\Fourier** se poate specifica ce tip de analiză va realiza rețeaua (la punctele 4.4., 4.5., 4.6. s-a arătat posibilitatea analizei în domeniul timp, frecvența sau cu o combinație între acestea). Această opțiune trebuie modificată de fiecare dată când se încarcă sau se definește o rețea astfel încât să corespundă cu tipul de analiză dorit. Dacă opțiunea nu corespunde celei corecte antrenarea se va face pentru alt tip de rețea și folosirea rețelei va da rezultate complet eronate (se consideră rețeaua ca fiind deja antrenată pentru tipul de analiză setat).

În legătură cu această opțiune vom face observația că rețelele deja antrenate au o denumire specifică conformă cu tipul de analiză pentru care au fost antrenate. Astfel denumirea fișierului rețelei va fi de tipul "*tip*"-"*număr*".*ret* unde "*tip*" poate fi șirul de caractere "timp", "frecv" sau "combi", "*număr*" va reprezenta numărul de intrări în rețea (256 sau 128 sau 64) iar ".ret" este extensia implicită a fișierelor conținând rețele.

- În partea din dreapta a ecranului se afișează în permanență starea programului cum se indică în figura următoare.

RETEA	
Parametri	
Intrari	128
Iesiri	11
Strat 1	50
Strat 2	25
Alfa	0.50
Eta	0.15
Pasi realizati	40001
SEMNAL	
Memorat	Nu
Filtrat	Nu
Segmentat	Nu
Calculat	Nu
OPTIUNI	
Optim	Claritate
Simulare	Da
Salvare	Da
Fourier	Timp

Dacă există o rețea încărcată în memorie se afișează parametrii caracteristici ai acesteia.

Se indică de asemenea și starea semnalului încărcat în memorie. Astfel se specifică dacă s-a realizat memorarea unui semnal, dacă în urma unor analize anterioare s-a realizat sau nu filtrarea, segmentarea și calculul parametrilor realizându-se economie de timp prin evitarea refacerii inutile a unor calcule.

Se specifică și starea curentă a celor 4 opțiuni descrise anterior, pentru a se determina necesitatea unor schimbări în cazul modificării rețelei sau a dorinței de simulare a convertorului analogic/numeric.

- Când se cere introducerea numelui unui fișier (la încărcare/salvare de rețea/semnal) se activează un subprogram care va ușura găsirea și selectarea unui anumit fișier.



Se folosește o notație standardizată: directoarele sunt notate cu majuscule iar numele de fișiere cu minuscule. Directorul părinte se va nota ca pe figură cu două puncte. Folosind *săgețile* se selectează un nume de fișier sau director. La apăsarea tastei *Enter* se preia numele fișierului sau se schimbă directorul intrând în directorul respectiv (în funcție de existența pe poziția curentă a unui director sau fișier). În mod implicit se afișează numai fișierele cu extensia implicită corespunzătoare aplicației pentru care se dorește preluarea numelui. Se poate schimba acest lucru apăsând tasta *Tab*. Dacă se va introduce de la tastatură un nume valid de fișier, acesta va fi preluat (la salvarea unor fișiere este singura modalitate de a salva fișierul cu un nume nou fără a se suprascrie peste alt fișier). Dacă se introduce un șir de caractere de tip filtru (conținând caracterele "*", "?", ".") se realizează afișarea tuturor fișierelor care corespund filtrului introdus fără a se părăsi subprogramul.

- Comanda **Indicații** va realiza furnizarea unor informații despre aplicațiile realizate de program (submeniul **Aplicații**) sau despre modul în care trebuie aplicate comenzile (submeniul **Comenzi**). Majoritatea informațiilor furnizate sunt cuprinse și în acest capitol.

La fiecare apăsare a unei taste se va furniza încă o pagină până la epuizarea tuturor indicațiilor prevăzute.

- Alegând comanda **Ieșire** se renunță la folosirea programului (prin selectarea submeniului **Da**). Dacă s-a realizat acționarea acestei comenzi dintr-o greșeală se poate renunța la execuția ei alegând submeniul **Nu**.