



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00433**

(22) Data de depozit: **24/06/2015**

(41) Data publicării cererii:
30/06/2017 BOPI nr. **6/2017**

(71) Solicitant:
• **SMART MIND LAB S.R.L.**,
ALEEA POPASULUI NR. 40C, VOLUNTARI,
IF, RO

(72) Inventatori:
• **IORGA ANA MARIA**,
STR. ȘCOALA FLOREASCA NR. 16, ET. 1,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• **ENACHE VLAD, INTR. SG. ION TANCU**
NR. 1, AP. 1, BUCUREȘTI, B, RO

(54) **SISTEM ȘI METODĂ PENTRU DETECȚIA UNOR STĂRI
CARACTERISTICE PE BAZA DATELOR BIOMETRICE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem și o metodă pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice, folosite la monitorizarea evoluției în timp a parametrilor biologici, pentru a estima prezența/ absența unor stări mentale. Sistemul conform invenției este alcătuit dintr-un subsistem (I) de achiziție a datelor biometrice și un subsistem (II) de prelucrare a datelor biometrice, în care subsistemul (I) de achiziție a datelor biometrice permite înregistrarea unor semnale biometrice (**S1...Sn**), cum ar fi semnale EEG de la un electroencefalograf (1), semnale GSR de la un senzor (2) galvanic de răspuns al pielii, semnale EKG de la un electrocardiograf (3), semnale de urmărire a privirii de la un senzor (4) de mișcare a privirii, semnale de urmărire a mișcării capului de la un senzor (5) de mișcare a capului, semnale de frecvență a pulsului de la un dispozitiv (6) de măsurare a pulsului, semnale de oxigenare a sângelui de la un dispozitiv de măsurare a oxigenării sângelui, semnale de frecvență a respirației de la un dispozitiv (8) de monitorizare a respirației, dar și semnale de la alte dispozitive de monitorizare a parametrilor biometrici, subiectul fiind supus unei serii de stimuli despre care se știe dinainte că declanșează sau nu starea (S), semnalele (**S1...Sn**) biometrice înregistrându-se sincron cu ritmul prezentării stimulilor, și în care subsistemul (II) de prelucrare a datelor biometrice

preia înregistrările pentru mai mulți subiecți și le introduce într-un algoritm genetic implementat. Metoda conform invenției constă în aplicarea unor stimuli, cu un generator de stimuli, unor subiecți, în măsurarea și înregistrarea sincronă, în ritmul prezentării stimulilor, a semnalelor biometrice cu dispozitivele (1...8) de detecție a semnalelor biometrice, în transformarea acestor semnale în semnale (**S1**) digitale de intrare, în generarea unor filtre (**F1...Fn**) aleatorii, de detecție și execuție care preiau la intrare semnalul (**S1**), și în efectuarea de calcule.

Revendicări: 11

Figuri: 13

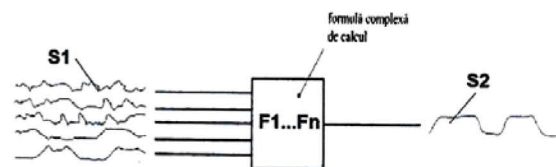


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





SISTEM ȘI METODĂ PENTRU DETECȚIA UNOR STĂRI CARACTERISTICE PE BAZA DATELOR BIOMETRICE

Prezenta invenție se referă la un sistem și o metodă pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice folosite la monitorizarea evoluției în timp a parametrilor biologici pentru a estima cu o oarecare rată de succes prezența/absența respectivelor stări mentale (adică să se detecteze acele stări).

Din cererea de brevet **RO a 2012 00171** sunt cunoscute un echipament electronic și o metodă pentru determinarea rapidă a profilului psihologic, ce pot fi folosite în laboratoarele de testare psihologică. Echipamentul electronic, conform invenției, este alcătuit dintr-un divizor de frecvență, un generator de semnal cu opt intrări în treaptă, două blocuri repartitoare, două blocuri de acces semnal, două grile de senzori de argint, un logger cu patru canale și un calculator. Metoda conform cererii de brevet menționate se bazează pe sondarea proiectivă a funcțiilor cerebrale, în vederea stabilirii unui set de variabile care, interpretate corelativ, furnizează un profil psihologic obiectiv al persoanei evaluate, profil ce derivă dintr-un ansamblu de niveluri de tensiune determinat prin utilizarea echipamentului electronic descris, cu ajutorul căruia, prin aplicarea pe epidermă, la nivelul palmelor, a unui semnal de tensiune în treaptă, se măsoară un set de semnale de răspuns, care vor fi mai întâi convertite cu un software specializat, în parametri ce descriu funcționalitatea a șapte centri energetici, apoi, prin prelucrare succesivă și relaționare la o scală și la o bază de date care le atribuie identitatea, servesc la calcularea setului de indicatori cu semnificație psihologică, necesari pentru stabilirea nivelurilor de activitate asociate proiectiv inteligenței emoționale și mentale, a stilului comportamental, a vocației și proporției temperamentale, a abilităților, aptitudinilor și motivațiilor, respectiv, a compatibilității profesionale și a profilului de activitate compatibil, operații ale căror rezultate finale sunt prezentate într-un raport calitativ al profilului psihologic.

Dezavantajul principal al soluției tehnice din cererea de brevet RO a 2012 00171 este acela că nu ține cont de modurile de vibrație ale semnalelor biologice măsurate.

Din cererea de brevet internațională **WO2012071545 A1 20120531** se cunoaște un dispozitiv de neuro-detectare și metoda de feedback pentru detectarea stărilor mentale și pentru a alerta utilizatorul, în timp real. Activitatea neuronală este detectată de senzori care măsoară frecvența, amplitudinea și sincronizarea activității creierului. Aceste măsurători pot fi comparate cu semnături și modele neuronale care s-au dovedit că se corelează cu boli și tulburări neuropsihice. Atunci când aceste valori indică o condiție adversă, utilizatorul este avertizat prin mijloace vizuale, auditive sau tactile concepute pentru a alerta utilizatorul foarte eficient. Folosirea acestui dispozitiv ridică aceeași problemă ca și soluția tehnică din documentul românesc prezentat mai sus, și anume acela că nu ține cont de modurile de vibrație ale semnalelor biologice măsurate, ceea ce duce la erori.

Se mai cunoaște, din cererea de brevet **CN102715902 A 20121010** o metodă de monitorizarea emoțiilor unei persoane care constă în: dobândirea de informații fiziologice neuronale și achiziționarea de semnal de la o electroencefalograma și de semnal de oxigenarea creierului din sange; prelucrarea semnalelor obținute și recunoașterea emoțiilor funcție de semnalul detectat; Folosirea acestei metode, desul de simplă de altfel, nu ține cont de modurile de vibrație ale semnalelor biologice măsurate, ceea ce duce la erori.

Așa cum se cunoaște din literatura de specialitate, diversele stări mentale ale omului se corelează cu diverși parametri biologici. Astfel se face că monitorizând evoluția în timp a acestor parametri biologici, este posibil să se estimeze cu o oarecare rată de succes prezența/absența respectivelor stări mentale (adică să se detecteze acele stări). Dar corelația nu este întotdeauna directă, ci trebuie detectate anumite moduri de vibrație în semnalele biometrice măsurate. În general aceste moduri de vibrație nu se cunosc dinainte, ci, în funcție de starea mentală urmărită, fiecare cercetător presupune câte un anume mod (derivat dintr-o teorie, sau din experiența lui) și îl testează în practică, rafinându-l până obține rezultate satisfăcătoare. Însă această abordare, fiind vorba de interpretări subiective poate conduce la erori în determinarea precisă a stărilor mentale ale omului, la un moment dat.

De aceea, folosirea rețelelor neuronale, ca în **WO2012071545 A1 20120531** poate elimina destul de mult factorul subiectiv.

În ultimul timp se dezvoltă folosirea algoritmilor genetici pentru a rezolva probleme de optimizare ori căutare. Acesta cuprinde un set de elemente individuale reprezentate sub forma unor șiruri binare (populația) și un set de operatori de natură biologică definiți asupra populației. Cu ajutorul operatorilor, algoritmi genetici manipulează cele mai promițătoare șiruri, evaluate conform unei funcții obiectiv, căutând soluții mai bune.

De exemplu, din cererea de brevet **CN103584872 A 20140219** este cunoscută o metodă de evaluare psihologică a stresului bazată pe integrarea parametrilor multifiziologici. Metoda include: proiectarea unui program de stimulare rezonabil, dobândirea a patru tipuri de semnale electrofiziologice, și anume semnalele de la electrocardiograma, semnale electromiografice, semnale de puls și semnale de electroencefalograma la persoanele care suferă de stres psihologic; extragerea caracteristicilor afective ale celor patru tipuri de semnale electrofiziologice; introducerea acestor caracteristici extrase într-un algoritm genetic și dobândirea de funcții de integrare pe bază de probabilitate.

Din cererea de brevet **CN104298873 (A) — 2015-01-21** este cunoscută o metodă de evaluare a stării mentale pe bază de algoritm genetic. Conform invenției sunt inițializate o funcție de fitness și un nivelul de aplicare, acestea sunt trecute într-un tabel, și prin introducerea lor într-un algoritm genetic se obțin niște indicatori cu atribute concentrate. Acești indicatori sunt extrași printr-o metodă de reducerea atributelor și a unui set dur de reguli, prin construirea unei rețele Bayesian.

Ca și metodele clasice de determinare și evaluare a stărilor mentale, nici această soluție nu ține cont de modurile de vibrație ale semnalelor biologice măsurate, ceea ce duce la erori.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în găsirea modului de vibrație a semnalelor de intrare ce se corelează cel mai bine cu starea urmărită

Sistemul pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice, conform invenției, rezolvă problema tehnică menționată prin aceea că este constituit dintr-un subsistem de achiziția datelor biometrice și un subsistem de prelucrarea datelor biometrice, în care

subsistemul de achiziția datelor biometrice permite înregistrarea unor

semnale biometrice cum ar fi semnale EEG de la un electroencefalograf, semnale GSR de la un senzorul galvanic de răspuns al pielii, semnale EKG de la un electrocardiograf, semnale de urmărirea privirii de la senzorul de mișcarea privirii, semnale de urmărirea mișcării capului de la un senzor de mișcarea capului, semnale de frecvența pulsului de la un dispozitiv de măsurarea pulsului, semnale de oxigenarea sângelui de la un dispozitiv de măsurarea oxigenării sângelui, semnale de frecvența respirației de la un dispozitiv de monitorizarea respirației, dar și semnale de la alte dispozitive de monitorizarea parametrilor biometrici (nefigurate), subiectul fiind supus unei serii de stimuli despre care se și știe dinainte că unii declanșează starea, iar alții nu, semnalele biometrice menționate mai sus înregistrându-se sincron cu ritmul prezentării stimulilor, astfel că în fiecare tact de timp se știe ce valori aveau parametrii biometrici și dacă starea mentală (**S**) era prezentă sau nu, și **în care**

subsistemul de prelucrarea datelor biometrice preia înregistrările pentru mai mulți subiecți și le introduce într-un algoritm genetic implementat.

Conform unui alt aspect al invenției, subsistemul de procesarea datelor biometrice mai conține mai multe filtre diferite, fiecare dintre filtrele producând câte un șir de date de ieșire care sunt comparate cu semnalul de referință, și anume prezența/absența stării studiate, care a fost înregistrată simultan cu parametrii biometrici de subsistemul de achiziție, în funcție de asemănarea semnalului de ieșire cu semnalul de referință, fiecărui filtru asociindu-se un scor maxim 1 și minim 0.

Conform unui alt aspect al invenției, filtrele subsistemului de prelucrare aplicate semnalelor biometrice măsurate cu dispozitivele de măsură, detectează modurile de vibrație, pornind de la o formulă, care se rafinează ulterior cu ajutorul experimentelor, acest proces fiind modelat în întregime în interiorul computerului, cu ajutorul algoritmului genetic.

Conform unui alt aspect al invenției, un filtru este un dispozitiv care prelucrează un semnal de intrare și furnizează un semnal la ieșire.

Conform unui alt aspect al invenției, un filtru este un filtru digital, care preia la intrare semnalul sub formă digitală, convertit la numere, efectuează calcule cu aceste

numere și furnizează la ieșire un rezultat sub forma unui alt șir de numere.

Metoda pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice exploatează corelația dintre anumite semnale biometrice măsurate cu dispozitivele de detectarea semnalelor biometrice ca urmare a aplicării unor stimuli cunoscuți asupra subiecților și unele stări mentale sau biologice, conform invenției, include:

aplicarea unor stimuli cu un generator de stimuli (luminoși, auditivi, etc) unor subiecți, despre care se știe dinainte că unii declanșează starea, iar alții nu;

măsurarea și înregistrarea sincronă în ritmul prezentării stimulilor, a semnalelor biometrice cu dispozitivele de detectarea semnalelor biometrice, și transformare acestor semnale în semnale digitale de intrare;

generarea unor filtre aleatorii, de detecție și de execuție care preiau la intrare semnalul sub formă digitală (convertit la numere), efectuează calcule cu aceste numere și furnizează la ieșire un rezultat sub forma unui alt șir de numere, filtrele fiind rafinate apoi cu ajutorul unui algoritm genetic, folosind o funcție de fitness ce ține cont de semnalul de referință ce arată prezența/absența stării urmărite (lucru presupus cunoscut)..

Conform unui alt aspect al invenției, generarea filtrelor de detecție este o formulă complexă ce calculează un șir de date de ieșire pe baza mai multor șiruri de date de intrare și a stărilor interne anterioare, care reprezintă de fapt un automat finit, formula fiind compusă din agregarea arborescentă a mai multor noduri elementare binare.

Conform unui alt aspect al invenției, o intrare a unui nod poate fi în general fie o dată de intrare, fie o valoare calculată deja în alt nod, interconectând nodurile creându-se o structură de tip DAG (Directed Acyclic Graph).

Conform unui alt aspect al invenției, pentru generarea filtrelor de execuție un filtru de detecție este supus unor optimizări, și anume, eliminarea nodurilor inactive și detectarea acelor grupuri de noduri care nu se influențează reciproc și pot fi calculate în paralel, parcurgând intrările „dintr-un foc”, de la un cap la altul.

Conform unui alt aspect al invenției, filtrul de execuție optimizat pentru execuție pe un șir de date trebuie să poată fi „dezlipit” cu ușurință de pe un șir de

date și atașat altui șir.

Conform unui alt aspect al invenției, algoritmul genetic genetic funcționează astfel:

 pentru fiecare filtru de detecție nou născut: se construiește Filtrul executabil, se execută pe șirul de date înregistrate și i se calculează scorul

 se ordonează filtrele după scor

 se rețin primele filtre din fruntea topului, iar celelalte se distrug

 pentru fiecare filtru rămas în viață se repetă până se ocupă toate locurile vacante:

 a. cu probabilitate proporțională cu scorul său, filtrului i se face o copie

 b. asupra copiei se operează aleatoriu câteva mutații

 c. dacă puiul este identic cu vreunul din filtrele memorate în buffer, se reia de la a.

 d. se memorează puiul în bufferul de filtre

 se reia de la primul punct.

Conform unui alt aspect al invenției, algoritmul folosește un buffer de filtre, în care sunt înscrise ultimile N filtre, rolul acestui buffer **fiind** să prevină reapariția și reevaluarea filtrelor care au fost deja evaluate.

Avantajele care decurg din aplicarea invenției sunt:

Se dă în continuare un exemplu de realizarea invenției, în legătură cu Figurile 1 - ...13 care reprezintă:

Figura 1 – reprezentare schematică a sistemului pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice, conform invenției;

Figura 2 – schema bloc subsistemului de achiziție date biometrice a sistemului pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice, conform invenției;

Figura 3 – prezentare schematică a semnalelor de intrare/ieșire a sistemului pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice, conform invenției;

Figura 4 – reprezentare nod algoritm genetic;

Figura 5 – reprezentare structura DAG care conține formula de calcul din interiorul unui filtru;

Figura 6 - schema de calcul pentru un filtru;

Figura 7 - reprezentare schematică a trecerii de la o generație la alta, conform algoritmului genetic, conform invenției;

Figura 8 – reprezentare semnal filtru ideal și filtru real vdprezența/absența stării urmărite;

Figura 9 – distribuția punctelor N și S pentru un discriminant ideal;

Figura 10 - distribuția punctelor N și S pentru un discriminant real;

Figura 11 – reprezentare diverși discriminanți generați aleatoriu;

Figura 12 – reprezentare distribuții de probabilitate între punctele F/N;

Figura 13 – reprezentarea unei populații de filtre.

Sistemul pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice, conform invenției, conține un subsistem I de achiziția datelor biometrice și un subsistem II de prelucrarea datelor biometrice.

Subsistemul I de achiziția datelor biometrice permite înregistrarea unor semnale biometrice cum ar fi semnale EEG de la electroencefalograf **1**, semnale GSR (Galvanic Skin Response) de la senzorul **2** galvanic de răspuns al pielii, semnale EKG de la electrocardiograf **3**, semnale de urmărirea privirii de la senzorul **4** de mișcarea privirii , semnale de urmărirea mișcării capului de la senzorul **5** de

mișcarea capului, semnale de frecvența pulsului de la dispozitivul **6** de măsurarea pulsului, semnale de oxigenarea sângelui de la dispozitivul **7** de măsurarea oxigenării sângelui, semnale de frecvența respirației de la dispozitivul **8** de monitorizarea respirației, dar și semnale de la alte dispozitive de monitorizarea parametrilor biometrici, nefigurate în prezentul exemplu de realizare.

Subiectului *i* se prezintă o serie de stimuli despre care se știe dinainte că unii declanșează starea **S**, iar alții nu. Semnalele **S1...Sn** biometrice menționate mai sus se înregistrează sincron cu ritmul prezentării stimulilor, astfel că în fiecare tact de timp se știe ce valori aveau parametrii biometrici și dacă starea mentală **S** era prezentă sau nu. Prelucrarea datelor biometrice se face cu subsistemul **II** de prelucrare care preia înregistrările pentru mai mulți subiecți și le introduce într-un algoritm genetic implementat.

Subsistemul **II** de procesarea datelor biometrice mai conține mai multe filtre **F1... Fn** diferite, denumite în continuare agenți, fiecare dintre agenții **F1.....Fn** producând câte un șir de date de ieșire. Aceste date de ieșire sunt comparate cu semnalul de referință (prezența/absența stării studiate), care-a fost înregistrat simultan cu parametrii biometrici de subsistemul **S2**.

. În funcție de asemănarea semnalului de ieșire cu semnalul de referință, fiecărui filtru *i* se asociază un scor (maxim 1 și minim 0).

Agenții **F1.....Fn** cu scor mare sunt păstrați, iar ceilalți sunt distruși. În locul lor sunt generate duplicate ale agenților **F1.....Fn** „supraviețuitori”. În timpul procesului de copiere pot apărea, cu anumite probabilități, diverse mutații. După multe astfel de generări, scorul mediu se îmbunătățește datorită selecției artificiale la care a fost supusă populația de agenți **F1.....Fn**. În acest fel, în final se obțin agenți **F1.....Fn** cu performanțe îmbunătățite în ceea ce privește capacitatea de detecție a stării **S**.

Se prezintă în continuare modul de funcționarea sistemului pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice .

Diverse stări mentale ale omului se corelează cu diverși parametri biologici. Astfel se face că monitorizând evoluția în timp a acestor parametri biologici, este posibil să se estimeze cu o oarecare rată de succes prezența/absența respectivelor stări **S** mentale (adică să se detecteze acele stări). Dar corelația nu este întotdeauna

directă, ci trebuie detectate anumite moduri de vibrație în semnalele biometrice măsurate. În general aceste moduri de vibrație nu se cunosc dinainte, ci, în funcție de starea mentală urmărită, fiecare cercetător presupune câte un anumit mod (derivat dintr-o teorie, sau din experiența lui) și îl testează în practică, rafinându-l până obține rezultate satisfăcătoare.

Modurile de vibrație se detectează în general cu filtrele **F1.....Fn** ale subsistemului II. Un filtru **F1.....Fn** este un dispozitiv care prelucrează un semnal **S1** de intrare și furnizează un semnal **S2** la ieșire. În domeniul Prelucrării Digitale a Semnalelor (DSP -- Digital Signal Processing) se folosesc filtrele digitale, care preiau la intrare semnalul sub formă digitală (convertit la numere), efectuează calcule cu aceste numere și furnizează la ieșire un rezultat sub forma unui alt șir de numere.

Detecția modurilor de vibrație menționate mai sus se face cu ajutorul unui set de astfel de filtre **F1.....Fn**, aplicate semnalelor biometrice măsurate cu dispozitivele **1....8**. Acest ansamblu complex de filtre **F1.....Fn** combinate reprezintă până la urmă tot un filtru **F** -- adică o formulă complexă de calcul ce preia datele numerice de intrare, le prelucrează aritmetic și furnizează la ieșire un unic rezultat. Calculul se petrece extrem de rapid, într-un singur pas de timp, iar apoi se reia cu noile valori ale datelor biometrice de intrare, repetându-se iar și iar. Astfel se obține un șir de date de ieșire, care depinde de datele de intrare (Fig. 1). Dacă teoria pe baza căreia a fost proiectat filtrul **F1.....Fn** a fost bună, semnalul **S2** digital de la ieșire este un bun indicator al prezenței/absenței stării urmărite. Dacă nu, semnalul **S2** de ieșire se corelează slab cu starea mentală urmărită.

Pentru generarea filtrelor **F1.....Fn**, se pune problema găsirii modului de vibrație a semnalelor **S2** de intrare ce se corelează cel mai bine cu starea urmărită. După cum am arătat, în practică se pornește de la o anumită formulă, care se rafinează ulterior cu ajutorul experimentelor. Acest proces poate fi modelat în întregime în interiorul computerului, cu ajutorul algoritmului genetic.

În Fig. 3 se vede cum un set de date biometrice înregistrate este furnizat mai multor filtre **F1.....Fn**, fiecare dintre ele producând câte un șir de date **S2** de ieșire. Aceste date de ieșire sunt comparate cu semnalul de referință (prezența/absența stării studiate), care-a fost înregistrat simultan cu parametrii biometrici. În funcție de asemănarea semnalului de ieșire cu semnalul de referință, fiecărui filtru *i* se asociază

un scor (maxim 1 și minim 0).

Filtrele cu scor mare sunt păstrați, iar ceilalți sunt distruși. În locul lor sunt generate duplicate ale agenților „supraviețuitori”. În timpul procesului de copiere pot apărea, cu anumite probabilități, diverse mutații. După multe astfel de generații, scorul mediu se îmbunătățește datorită selecției artificiale la care a fost supusă populația de agenți. În acest fel, în final se obțin agenți cu performanțe îmbunătățite în ceea ce privește capacitatea de detecție a stării **S**.

Metoda pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice exploatează corelația dintre anumite **S1** semnale biometrice măsurate cu dispozitivele **1...8** de detectarea semnalelor biometrice ca urmare a aplicării unor stimuli cunoscuți asupra subiecților și unele stări **S** mentale (sau biologice). Metoda, conform invenției, constă în:

aplicarea unor stimuli cu un generator de stimuli (luminoși, auditivi, etc) unor subiecți, despre care se știe dinainte că unii declanșează starea **S**, iar alții nu;

măsurarea și înregistrarea sincronă în ritmul prezentării stimulilor, a semnalelor biometrice cu dispozitivele **1...8** de detectarea semnalelor biometrice, și transformare acestor semnale în semnale **S1...Sn** digitale de intrare;

generarea unor filtre **F1....Fn** aleatorii, de detecție și de execuție care preiau la intrare semnalul **S1** sub formă digitală (convertit la numere), efectuează calcule cu aceste numere și furnizează la ieșire un rezultat sub forma unui alt șir de numere, filtrele **F1....Fn** fiind rafinate apoi cu ajutorul unui algoritm genetic **G**, folosind o funcție **FIT** de fitness ce ține cont de semnalul de referință ce arată prezența/absența stării urmărite (lucru presupus cunoscut).. Se descriu în continuare aceste etape:

Generarea filtrelor **F1....Fn** de detecție este o formulă complexă ce calculează un șir **S2** de date de ieșire pe baza mai multor șiruri **S1** de date de intrare și a stărilor interne anterioare. O astfel de formulă reprezintă de fapt un automat finit. Formula este compusă din agregarea arborescentă a mai multor noduri elementare binare (Fig. 4).

Pentru a limita posibilitatea creșterii sau scăderii nemărginite, valoarea funcției $f(x,y)$ trebuie să se păstreze în intervalul $[-1,1]$ atunci când argumentele x și y sunt în

intervalul $[-1, 1]$.

O intrare a unui nod poate fi în general fie o dată de intrare, fie o valoare calculată deja în alt nod. Interconectând nodurile se creează o structură de tip DAG (Directed Acyclic Graph), după cum se poate vedea în Fig. 5.

Structura de tip DAG are un nod rădăcină, care este ieșirea filtrului. Calculele pornesc de la nodul etichetat n_0 și continuă cu n_1 , n_2 , până la rădăcină (care este ultimul nod calculat). Fiecare nod are ca intrări fie linii de date, fie noduri deja calculate.

Dacă valorile liniilor de date sunt în intervalul $[-1, 1]$, atunci și ieșirea filtrului $F_1 \dots F_n$ este în intervalul $[-1, 1]$.

Pentru a explora spațiul filtrelor F recursive, se permite intrărilor nodurilor să acceseze nu doar valori curente, ci și valori trecute (ale datelor de intrare sau ale nodurilor). Pentru aceasta se considera o memorie M circulară (o listă FIFO -- First In, First Out) ce reține ultimele N_{memorie} valori ale nodurilor $n_0 \dots n_n$. Astfel, o intrare a unui nod se poate referi la:

- orice slot de date (curent sau trecut), sau
- orice nod trecut, sau
- orice nod curent care a fost deja calculat.

Remarcă: Structura descrisă nu mai este un DAG decât dacă considerăm că nodurile întârziate sunt echivalente liniilor de date (adică pierzând structura nodurilor întârziate). De aceea, despre un filtru nu putem spune că este nici arbore și nici DAG, ci un graf cu o structură mai complexă.

Existența memoriei pentru nodurile întârziate ridică problema valorilor acestor noduri în primul moment de timp (când niciun nod nu a fost calculat încă). Prin convenție, vom considera că aceste valori sunt 0.

Pentru liniile de date nu putem să „fabricăm” valori, astfel că suntem nevoiți să considerăm că primele N_{memorie} valori sunt întârziate, primul moment de calcul devenind $i = N_{\text{memorie}} + 1$. Schema de calcul arată ca în Fig. 6.

Generarea filtrelor **Fe** executabile este prezentată mai jos:

Un filtru **F1...Fn** reprezentat în forma algebrică exemplificată mai sus este potrivit pentru stocare, pentru tipărire în vederea analizei de către om și pentru mutații. Dar nu este potrivit pentru a fi rulat efectiv pe un șir de date -- pentru aceasta sunt necesare niște optimizări. Prima optimizare ce se impune este eliminarea nodurilor inactive. Un nod este inactiv dacă nu este intrare pentru vreun alt nod. Alte optimizări presupun detectarea acelor grupuri de noduri care nu se influențează reciproc și pot fi calculate în paralel, parcurgând intrările „dintr-un foc”, de la un cap la altul.

Un filtru **Fe** optimizat pentru execuție pe un șir de date îl numim filtru **Fe** executabil. Filtrele **Fe** executabile trebuie să poată fi „dezlipite” cu ușurință de pe un șir de date și atașați altui șir.

Mai jos se prezintă algoritmul genetic

Considerăm o populație constantă de filtre **F1... Fn**, supusă unui proces evolutiv. Fiecare filtru este evaluat cu ajutorul unei funcții **FIT** de fitness și primește un scor (un număr real în intervalul [0,1]). Filtrele **F1...Fn** sunt ordonate descrescător după scorul obținut și se reține o anumită fracțiune din vârful clasamentului. Restul sunt „uciși” și înlocuiți cu „pui” ai filtrelor supraviețuitoare.

Reproducerea nu este perfectă, ci descendenții suferă mutații cu diverse probabilități. Tipurile de mutații sunt:

- modificarea coeficientului (a sau P) al unei intrări a unui nod
- schimbarea sursei unei intrări a unui nod
- schimbarea întârzierii unei intrări a unui nod
- interschimbarea a două intrări aparținând unor noduri diferite
- inserarea unui nod
- ștergerea unui nod.

Mutațiile trebuie făcute astfel încât să se respecte condiția menționată anterior: intrarea unui nod poate fi un slot de date (întârziat sau nu), un nod întârziat

sau un nod curent care a fost deja calculat -- altfel, spus, un nod nu poate avea ca intrare un nod curent care n-a fost calculat încă.

Practic, algoritmul genetic funcționează astfel:

1. pentru fiecare filtru **F1...Fn** nou născut: se construiește Filtrul **Fe** executabil, se execută pe șirul de date înregistrate și i se calculează scorul
2. se ordonează filtrele după scor
3. se rețin primele filtre din fruntea topului, iar ceilalți se distrug
4. pentru fiecare filtru rămas în viață se repetă până se ocupă toate locurile vacante:
 - a. cu probabilitate proporțională cu scorul său, filtrului i se face o copie
 - b. asupra copiei se operează aleatoriu câteva mutații
 - c. dacă puiul este identic cu vreunul din filtrele memorate în buffer, se reia de la a.
 - d. se memorează puiul în bufferul de filtre
5. se reia de la punctul 1.

Se observă că algoritmul folosește un buffer **BF** de filtre, în care sunt înscrise (pe baza unui hash) ultimile **N** filtre. Rolul acestui buffer **BF** este să prevină reapariția (și reevaluarea, care este costisitoare) filtrelor care au fost deja evaluate.

Așa cum s-a menționat mai sus, folosirea algoritmului genetic presupune determinarea funcției **FIT** de fitness.

Evaluarea scorului unui filtru **F1...Fn** este o problemă strâns legată de designul întregului experiment. În aranjamentul experimental este urmărită o anumită stare **S**. Prin evaluare obiectivă independentă de semnalele **S1** biometrice se determină că starea **S** trebuie să fi fost prezentă în anumite intervale de timp și absentă în alte intervale de timp (notate cu **N**).

Rezultă că detectorul ideal ar trebui să furnizeze semnal maxim (+1) în timpul

perioadelor **S** și semnal minim (-1) în timpul perioadelor **N**. Sau invers, după cum se vede în Fig. 8.

Ieșirea unui filtru **F1...Fn** real este redusă la extremele -1 sau +1 aplicându-i o funcție prag: dacă semnalul de ieșire este mai mare decât o valoare y_{prag} , atunci el devine +1; dacă e mai mic, devine -1. Un astfel de filtru **F1...Fn** (trecut printr-o funcție prag) îl numim discriminant.

Pe parcursul unei perioade **S** (sau **N**), un discriminant real probabil că nu va indica +1 (sau -1) 100% din timp, ci va indica o parte din timp -1 și o altă parte din timp +1. Vom considera că ieșirea discriminantului pentru respectiva perioadă este media acestui semnal, rezultând deci o valoare oarecare cuprinsă în intervalul [-1,1].

Să considerăm că experimentul cuprinde n_S perioade **S** și n_N perioade **N**. Semnalul unui discriminant ideal ar fi pe toate perioadele **S** exact într-un capăt al intervalului [-1,1] și pe toate perioadele **N** exact în capătul opus.

Vor rezulta n_S puncte și n_N puncte, distribuite în intervalul [-1,1] ca în Fig. 9.

Despre distribuția ideală putem afirma următoarele trei lucruri:

- suma D_S a distanțelor între cele n_S puncte **S** este minimă (egală cu 0 în cazul ideal)
- suma D_N a distanțelor între cele n_N puncte **N** este minimă (egală cu 0 în cazul ideal)
- suma D_{SN} a distanțelor între cele $n_S * n_N$ perechi (**S**, **N**) este maximă (egală cu n_S și n_N , lungimea intervalului, care este 2)

Spre deosebire de distribuția ideală, un discriminant real nu va avea punctele n_S și n_N exact în capetele intervalului [-1,1], ci va arăta ca în Fig. 10.

Pentru a normaliza cei trei parametri D_S , D_N și D_{SN} , evaluăm valorile maxime posibile pentru fiecare și definim distanțele normalizate:

$$d_S = D_S / D_{Smax} \in [0,1], d_N = D_N / D_{Nmax} \in [0,1], d_{SN} = D_{SN} / D_{SNmax} \in [0,1]$$

Cu acestea, orice discriminant este reprezentat de un punct (d_S , d_N , d_{SN}) în

cubul unitar. Un astfel de punct îl numim punctul caracteristic al discriminantului.

Luând spre exemplu 14 perioade **S** și 46 de perioade **N**, în Fig. 11 se poate vedea cum arată punctele caracteristice pentru diverși discriminanți generați aleatoriu. Discriminanții din grupul de culoare mfiltrua au fost generați aruncând cele 60 de puncte **S/N** aleatoriu în capetele intervalului [-1,1]; discriminanții de culoare albastră au fost generați aruncând punctele **S/N** aleatoriu în interiorul intervalul [-1,1]; discriminanții verzi, galbeni și cyan au fost generați distribuind punctele **S/N** conform distribuțiilor de probabilitate *P* reprezentate în Fig. 11 și Fig. 12; iar punctul roșu reprezintă discriminantul ideal (care plasează toate punctele **S** într-un capăt al intervalului [-1,1] și toate punctele **N** în capătul opus).

Se observă că punctul caracteristic al unui discriminant este cu atât mai apropiat de punctul caracteristic ideal (cel roșu din Fig. 11) cu cât discriminantul este „mai bun”. Alegem ca această distanță să reprezinte scorul unui filtru -- de fapt, pentru ca scorul să fie maxim pentru filtrele cele mai bune, definim scorul filtruului ca fiind distanța de la punctul caracteristic al filtrului la punctul (0,0,1) împărțită la lungimea diagonalei cubului ($\sqrt{3}$) și scăzută din 100%. În acest fel, filtrul ideal are scorul 100%, iar toate filtrele reale au scor mai mic de 100%.

Scorul definit astfel îl adoptăm ca măsură a fitness-ului unui filtru:

$$fitness = 1 - \frac{\sqrt{d_S^2 + d_N^2 + (1 - d_{SN})^2}}{\sqrt{3}}$$

Exemplu de evoluție

Rulând algoritmul genetic pe o populație de filtre **F1...Fn** inițializate aleatoriu, se observă, așa cum era de așteptat, o îmbunătățire a scorului. În Fig. 13 este reprezentat cel mai bun filtru din populație, la diverse momente de timp.

În graficul din stânga sus se poate observa zona generică în care evoluează punctul caracteristic al celui mai bun filtru. Variația de scor fiind mică, detaliile se pot vedea mai bine în graficul din dreapta sus, care este un detaliu al celui din stânga

sus. Evoluția în timp a scorului celui mai bun filtru se poate urmări în graficul din stânga jos. În fine, în graficul din dreapta jos se vede evoluția numărului de noduri (cu verde), respectiv a numărului de noduri active (cu albastru) ale celui mai bun filtru.

REVENDICĂRI

1. Sistem pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un un subsistem (I) de achiziția datelor biometrice și un subsistem (II) de prelucrarea datelor biometrice, **în care**

subsistemul (I) de achiziția datelor biometrice permite înregistrarea unor semnale biometrice (**S1...Sn**) cum ar fi semnale EEG de la un electroencefalograf (1), semnale GSR de la un senzorul (2) galvanic de răspuns al pielii, semnale EKG de la un electrocardiograf (3), semnale de urmărirea privirii de la senzorul (4) de mișcarea privirii, semnale de urmărirea mișcării capului de la un senzor (5) de mișcarea capului, semnale de frecvența pulsului de la un dispozitiv (6) de măsurarea pulsului, semnale de oxigenarea sângelui de la un dispozitiv (7) de măsurarea oxigenării sângelui, semnale de frecvența respirației de la un dispozitiv (8) de monitorizarea respirației, dar și semnale de la alte dispozitive de monitorizarea parametrilor biometrici (nefigurate), subiectul fiind supus unei serii de stimuli despre care se și știe dinainte că unii declanșează starea (**S**), iar alții nu, semnalele (**S1...Sn**) biometrice menționate mai sus înregistrându-se sincron cu ritmul prezentării stimulilor, astfel că în fiecare tact de timp se știe ce valori aveau parametrii biometrici și dacă starea mentală (**S**) era prezentă sau nu, **și în care** subsistemul (II) de prelucrarea datelor biometrice preia înregistrările pentru mai mulți subiecți și le introduce într-un algoritm genetic implementat.

2. Sistem pentru detecția unor stări caracteristice, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** subsistemul (II) de procesarea datelor biometrice mai conține mai multe filtre (**F1... Fn**) diferite, fiecare dintre filtrele (**F1.....Fn**) producând câte un șir de date de ieșire care sunt comparate cu semnalul de referință, și anume prezența/absența stării studiate, care-a fost înregistrat simultan cu parametrii

biometrici de subsistemul (I), în funcție de asemănarea semnalului de ieșire cu semnalul de referință, fiecărui filtru ($F_1... F_n$) asociindu-se un scor maxim 1 și minim 0.

3. Sistem pentru detecția unor stări caracteristice, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** filtrele ($F_1...F_n$) ale subsistemului (II) aplicate semnalelor biometrice măsurate cu dispozitivele (1...8), detectează modurile de vibrație, pornind de la o anumite formulă, care se rafinează ulterior cu ajutorul experimentelor, acest proces fiind modelat în întregime în interiorul computerului, cu ajutorul algoritmului genetic.

4. Sistem pentru detecția unor stări caracteristice, conform revendicărilor 1, 2 și 3, **caracterizat prin aceea că** un filtru ($F_1...F_n$) este un dispozitiv care prelucrează un semnal (S_1) de intrare și furnizează un semnal (S_2) la ieșire.

5. Sistem pentru detecția unor stări caracteristice, conform revendicării 4, **caracterizat prin aceea că** un filtru ($F_1...F_n$) este un filtru digitale, care preia la intrare semnalul sub formă digitală, convertit la numere, efectuează calcule cu aceste numere și furnizează la ieșire un rezultat sub forma unui alt șir de numere.

6. Metodă pentru detecția unor stări caracteristice pe baza datelor biometrice exploatează corelația dintre anumite (S_1) semnale biometrice măsurate cu dispozitivele (1...8) de detectarea asemnalelor biometrice ca urmare a aplicării unor stimuli cunoscuți asupra subiecților și unele stări (S) mentale sau biologice, **caracterizată prin aceea că** include:

aplicarea unor stimuli cu un generator de stimuli (luminoși, auditivi, etc) unor subiecți, despre care se știe dinainte că unii declanșează starea (S), iar alții nu;

măsurarea și înregistrarea sincronă în ritmul prezentării stimulilor, a semnalelor biometrice cu dispozitivele (1...8) de detectarea semnalelor biometrice, și transformare acestor semnale în semnale (S_1) digitale de intrare;

generarea unor filtre ($F_1 \dots F_n$) aleatorii, de detecție și de execuție care preiau la intrare semnalul (S_1) sub formă digitală, efectuează calcule cu aceste numere și furnizează la ieșire un rezultat sub forma unui alt șir de numere, filtrele ($F_1 \dots F_n$) fiind rafinate apoi cu ajutorul unui algoritm genetic (G) folosind o funcție (FIT) de fitness ce ține cont de semnalul de referință ce arată prezența/absența stării urmărite (lucru presupus cunoscut)...

7. Metodă pentru detecția unor stări caracteristice, conform revendicării 6, **caracterizată prin aceea că** generarea filtrelor ($F_1 \dots F_n$) de detecție este o formulă complexă ce calculează un șir (S_2) de date de ieșire pe baza mai multor șiruri (S_1) de date de intrare și a stărilor interne anterioare, care reprezintă de fapt un automat finit, formula fiind compusă din agregarea arborescentă a mai multor noduri elementare binare.

8. Metodă pentru detecția unor stări caracteristice, conform revendicării 7, **caracterizată prin aceea că** o intrare a unui nod poate fi în general fie o dată de intrare, fie o valoare calculată deja în alt nod, interconectând nodurile creându-se o structură de tip DAG (Directed Acyclic Graph).

9. Metodă pentru detecția unor stări caracteristice, conform revendicării 6, **caracterizată prin aceea că** pentru generarea filtrelor (F_e) un filtru ($F_1 \dots F_n$) este supus unor optimizări, și anume, eliminarea nodurilor inactive și detectarea acelor grupuri de noduri care nu se influențează reciproc și pot fi calculate în paralel, parcurgând intrările „dintr-un foc”, de la un cap la altul.

9. Metodă pentru detecția unor stări caracteristice, conform revendicării 9, **caracterizată prin aceea că** filtrul (F_e) optimizat pentru execuție pe un șir de date îl trebuie să poată fi „dezlipite” cu ușurință de pe un șir de date și atașat altui șir.

10. Metodă pentru detecția unor stări caracteristice, conform revendicării 6, **caracterizată prin aceea că** algoritmul genetic genetic funcționează astfel:

 pentru fiecare filtru (**F1...Fn**) nou născut: se construiește Filtrul (**Fe**) executabil, se execută pe șirul de date înregistrate și i se calculează scorul

 se ordonează filtrele (**F1...Fn**) după scor

3. se rețin primele filtre din fruntea topului, iar celelalte se distrug

4. pentru fiecare filtru rămas în viață se repetă până se ocupă toate locurile vacante:

 a. cu probabilitate proporțională cu scorul său, filtrului i se face o copie

 b. asupra copiei se operează aleatoriu câteva mutații

 c. dacă puiul este identic cu vreunul din filtrele memorate în buffer, se reia de la a.

 d. se memorează puiul în bufferul de filtre

se reia de la primul punct.

11. Metodă pentru detecția unor stări caracteristice, conform revendicării 10, **caracterizată prin aceea că** algoritmul folosește un buffer (**BF**) de filtre, în care sunt înscrise ultimile N filtre, rolul acestui buffer (**BF**) fiind să prevină reapariția și reevaluarea filtrelor care au fost deja evaluate.

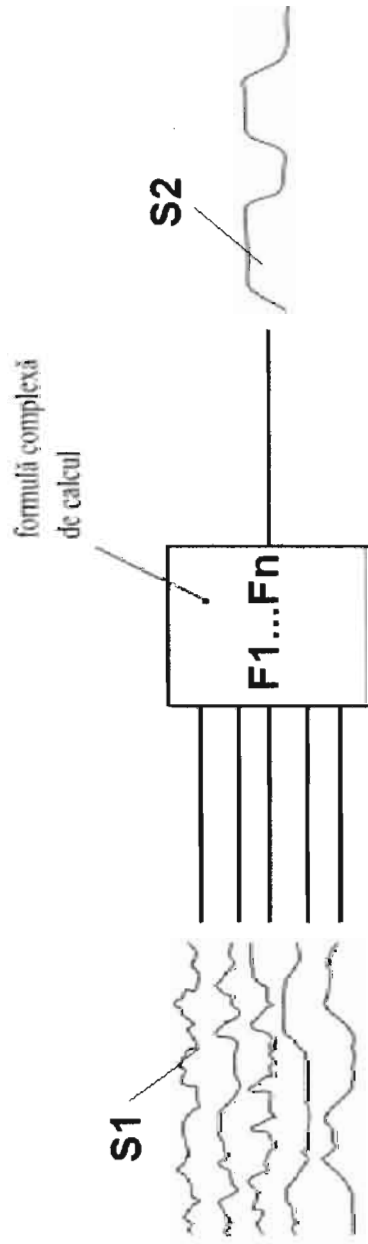


Figura 1

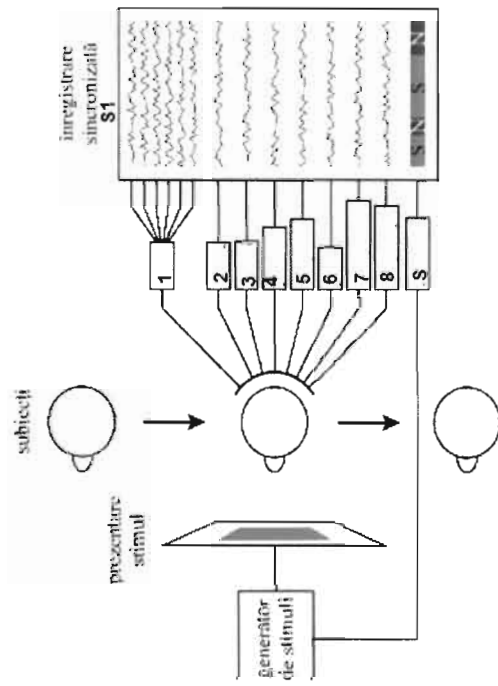


Figura 2

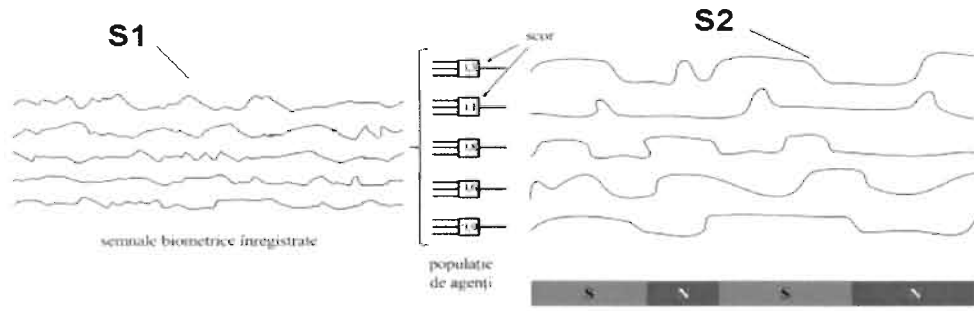


Figura 3

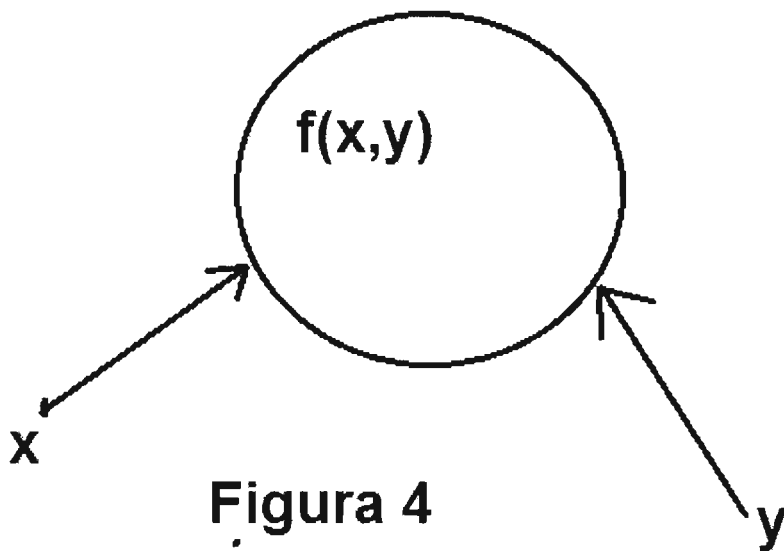


Figura 4

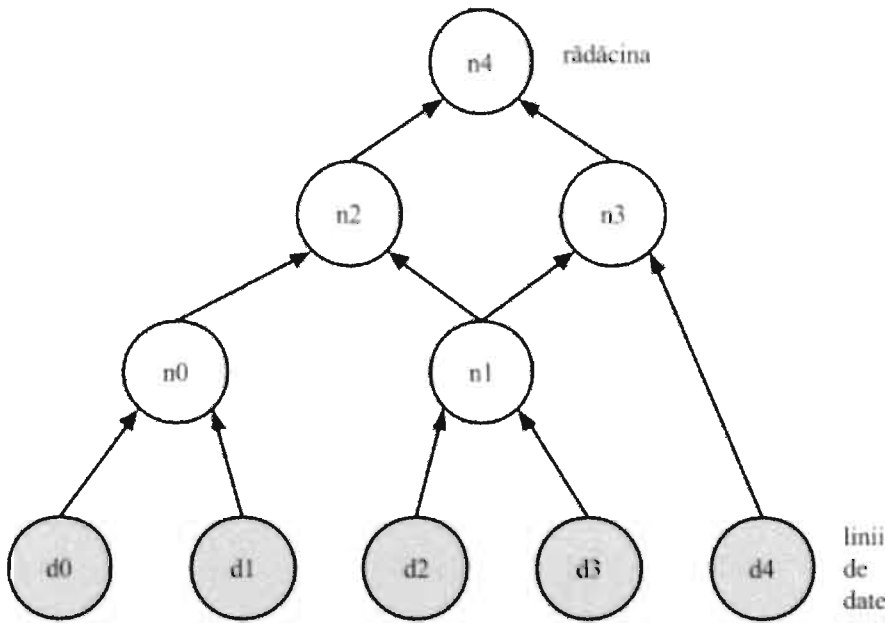
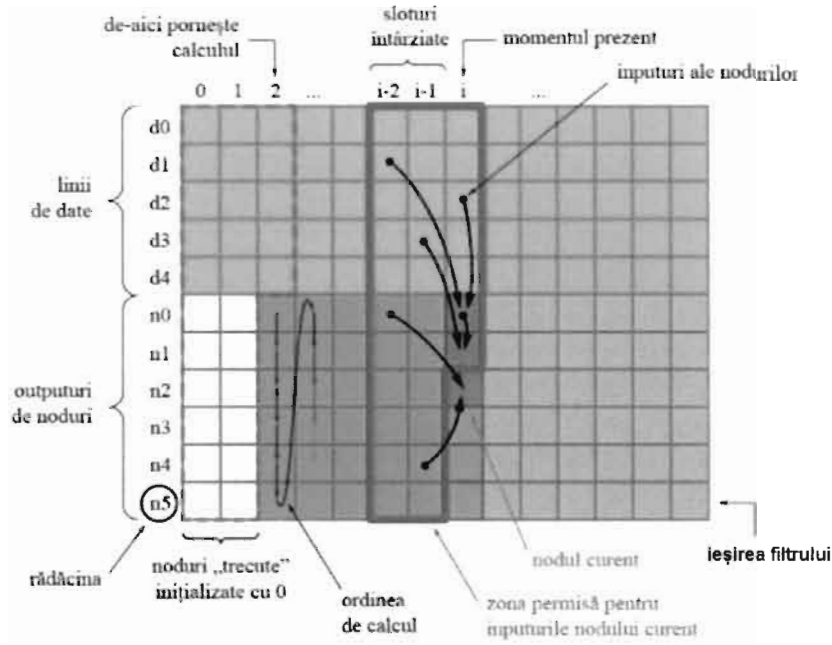


FIGURA 6



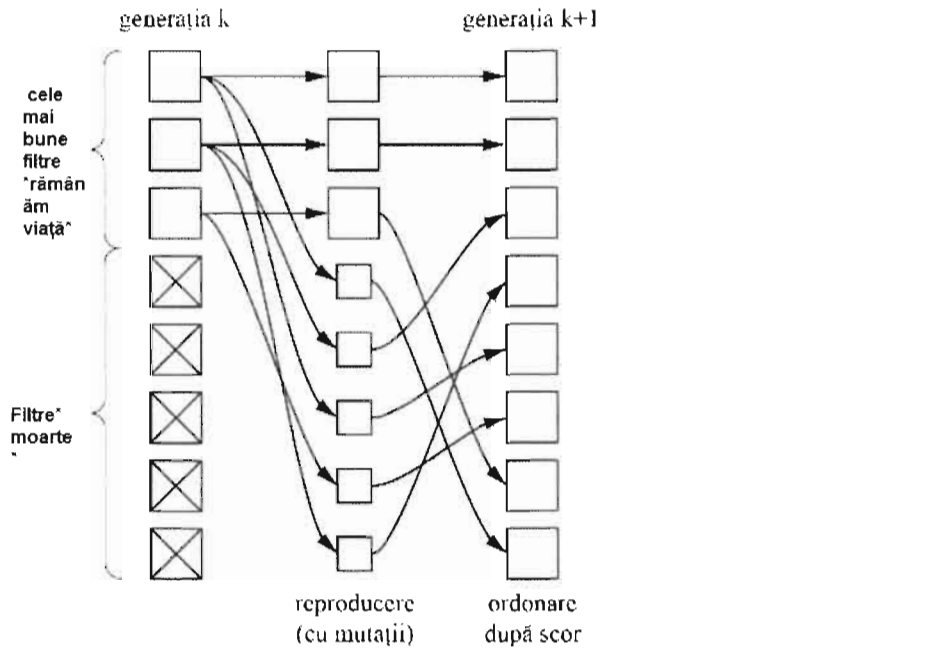


Figura 7

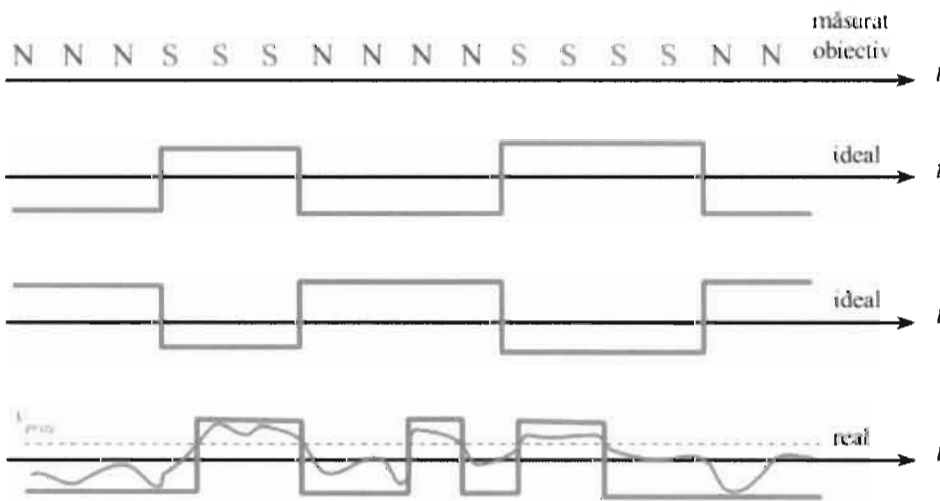


Figura 8

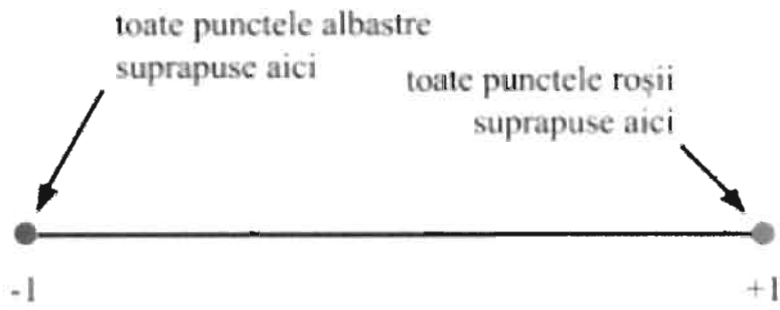


Figura 9



Figura 10

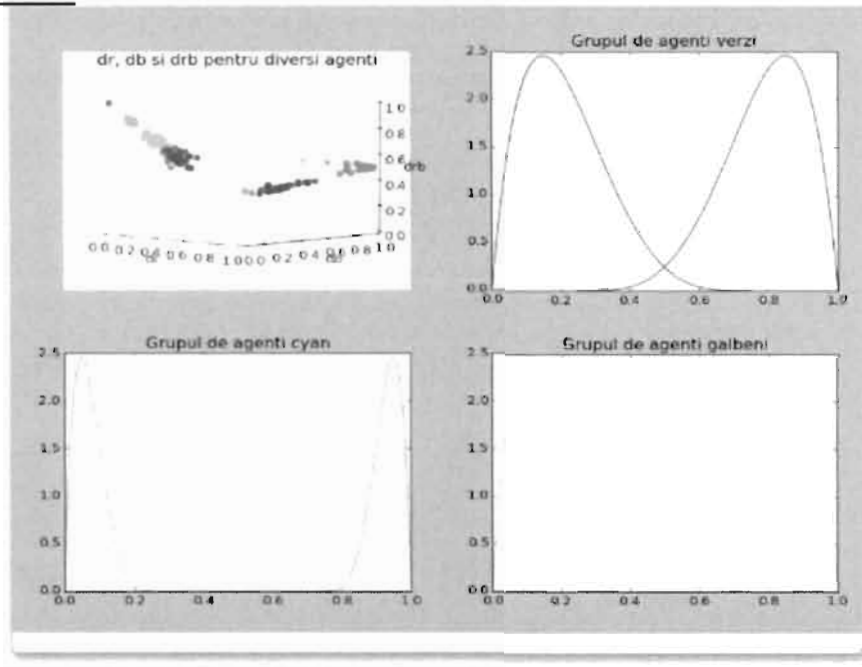


Figura 11

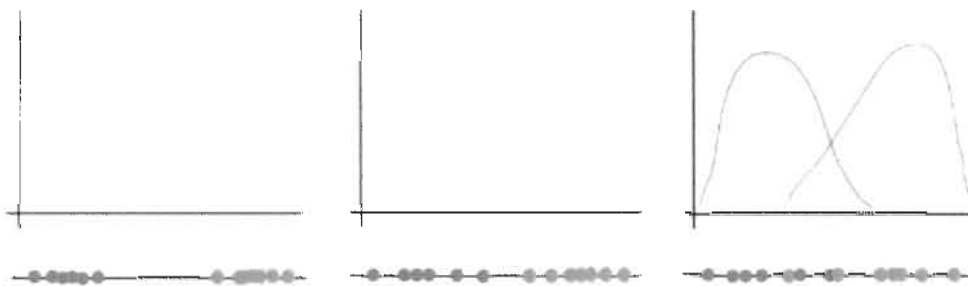


Figura 12

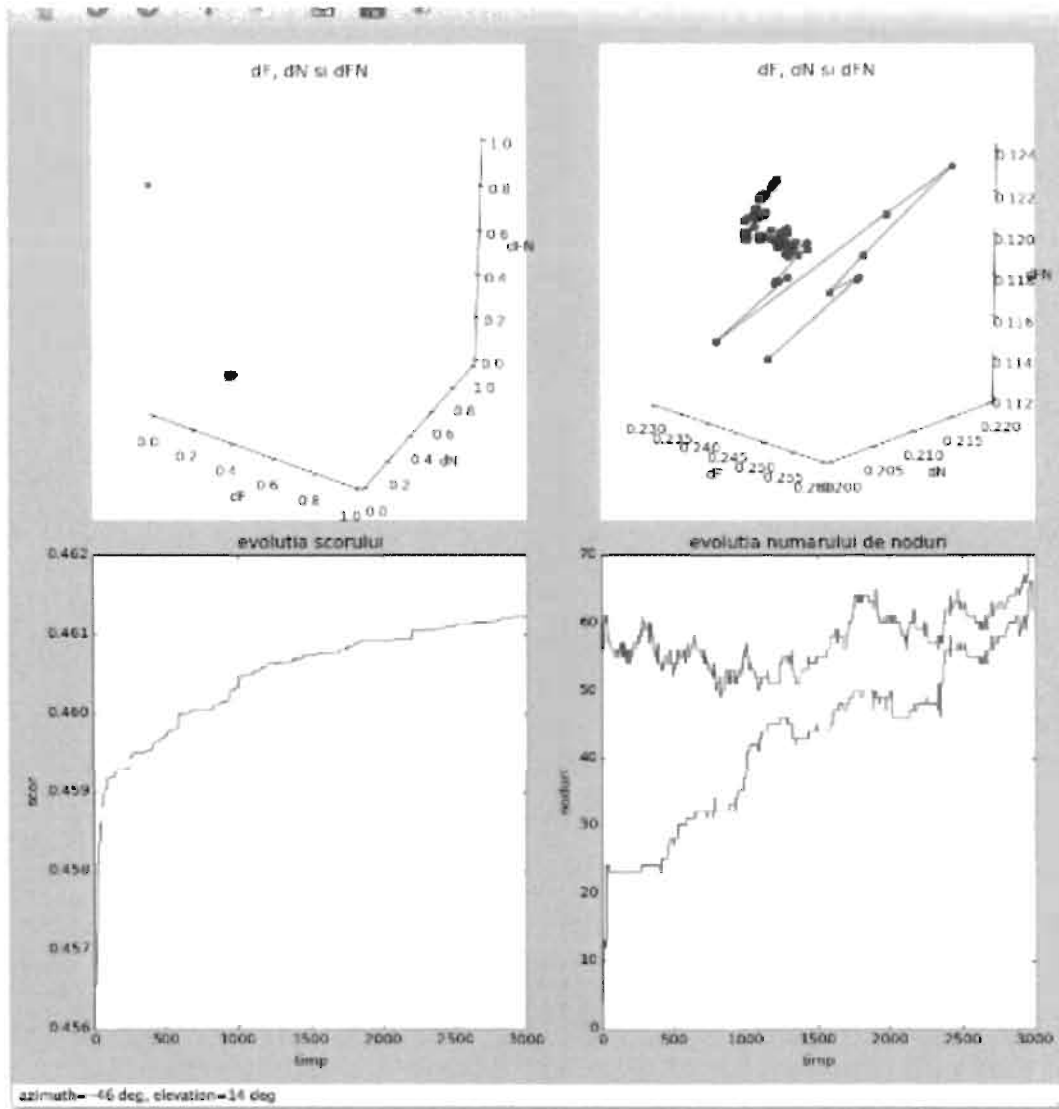


Figura 13