



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00392**

(22) Data de depozit: **01.06.2012**

(41) Data publicării cererii:  
**28.12.2012** BOPI nr. **12/2012**

(71) Solicitant:

- **STREBA COSTIN TEODOR**,  
STR. 1 DECEMBRIE 1918 NR. 18, BL. N11,  
SC. 1, AP. 2, CRAIOVA, DJ, RO;
- **ROGOVEANU ION**, STR.REMUS NR.1,  
CRAIOVA, DJ, RO;
- **VERE CRISTIN CONSTANTIN**,  
STR. CALEA BUCUREȘTI NR. 67, BL. A22,  
SC. 1, ET. 4, AP. 14, CRAIOVA, DJ, RO;
- **STREBA LETIȚIA ADELA MARIA**,  
STR. BUZIAȘ NR. 32, CRAIOVA, DJ, RO;
- **IONESCU MIHAELA**, STR. CASTANILOR  
NR. 8, BL. 3B, SC. 1, ET. 1, AP. 4,  
CRAIOVA, DJ, RO

(72) Inventatori:

- **STREBA COSTIN TEODOR**,  
STR. 1 DECEMBRIE 1918 NR. 18, BL. N11,  
SC. 1, AP. 2, CRAIOVA, DJ, RO;

- **ROGOVEANU ION**, STR.REMUS NR.1,  
CRAIOVA, DJ, RO;
- **VERE CRISTIN CONSTANTIN**,  
STR. CALEA BUCUREȘTI NR. 67, BL. A22,  
SC. 1, ET. 4, AP. 14, CRAIOVA, DJ, RO;
- **STREBA LETIȚIA ADELA MARIA**,  
STR. BUZIAȘ NR. 32, CRAIOVA, DJ, RO;
- **IONESCU MIHAELA**, STR. CASTANILOR  
NR. 8, BL. 3B, SC. 1, ET. 1, AP. 4,  
CRAIOVA, DJ, RO

(74) Mandatar:

- INVENTA - AGENȚIE UNIVERSITARĂ DE  
INVENTICĂ S.R.L.**,  
B-DUL CORNELIU COPOȘU NR.7, BL.104,  
SC.2, AP.31, SECTOR 3, BUCUREȘTI

## (54) SISTEM AUTOMAT MOBIL PE BAZĂ DE REȚELE NEURONALE PENTRU CLASIFICAREA FORMAȚIUNILOR HEPATICE FOCALE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem automat mobil, pe bază de rețele neuronale, pentru clasificarea formațiunilor hepatice focale, tumorale hepatice. Sistemul conform invenției este constituit dintr-o unitate (4) mobilă de introducere a unor date de intrare ale unui pacient, ce sunt convertite în valori logice și introduse într-un strat de intrare cu 15 neuroni (10), împreună cu niște șiruri de valori rezultate din analiza variației în timp a intensității maxime a culorii din niște zone de interes care cuprind o formațiune tumorală și o zonă netumorală, dintr-o înregistrare video, printr-o matrice formată dintr-un număr variabil de neuroni (17) de intrare a investigației ecografice cu agent de contrast, și un sistem (6) informatic central, care conține o interfață (7) de preluare a informațiilor, o bază de date (8) și un ansamblu (9) de rețele neuronale, format din două rețele neuronale consecutive, cu 15 neuroni (10) de intrare, respectiv, doi neuroni (15 sau 16) și o matrice de neuroni (17) de intrare, care preia datele dintr-o înregistrare video a investigației ecografice cu agent de contrast, un strat (11) intermediar și, respectiv, două straturi (18 și 22) intermediare și un strat (26) de ieșire

cu cinci neuroni, care prelucrează informațiile, oferind medicului un răspuns imediat, prin intermediul aceluiași dispozitiv mobil, răspunsul fiind salvat, de asemenea, în baza de date (8), medicul introducând o valoare (27) a clasificării ce reantrenează sistemul, oferind noi ponderi pentru niște valori (13, 20 și 24) introduse.

Revendicări: 1

Figuri: 4

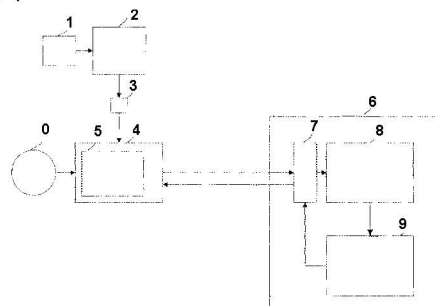


Fig. 1



W

## SISTEM AUTOMAT MOBIL PE BAZĂ DE REȚELE NEURONALE PENTRU CLASIFICAREA FORMAȚIUNILOR HEPATICE FOCALE

### *b. precizarea domeniului tehnic*

Invenția se referă la un sistem automat mobil pe baza de rețele neuronale pentru clasificarea formațiunilor hepatice focale, tumorale hepatice, și, în special, la un sistem și o metodă automate, pe bază de rețea neuronală și a computerelor pentru creșterea acurateții clasificării tumorilor hepatice descoperite prin metode ecografice.

Sistemul este format dintr-un dispozitiv mobil de înregistrare și transmitere a datelor către un calculator central, care execută clasificarea automată a formațiunilor hepatice focale și în special a hepatocarcinomului, în urma prelucrării cu ajutorul tehnicilor de învățare bazate pe rețele neuronale a informațiilor oferite de un ecograf dotat cu tehnici de evaluare cu agenți de contrast, împreună cu datele clinice și paraclinice ale pacientului investigat.

### *c. prezentarea stadiului tehnicii*

Ultrasonografia are beneficiul de a evalua alimentarea cu sânge a ficatului și prezența invaziei tumorale vasculare. Noile tehnologii, în special utilizarea de substanțe de contrast în examinarea ecografică, pot îmbunătăți precizia acestei metode în clasificarea formațiunilor hepatice focale. Ghidurile curente de diagnostic recomandă ecografia cu substanță de contrast (CEUS – *Contrast Enhanced UltraSonography*), împreună cu alte tehnici imagistice (tomografia computerizată sau rezonanța magnetică cu substanță de contrast) printre tehnicile care pot fi utilizate pentru clasificarea corectă a formațiunilor tumorale hepatice. Tehnica CEUS presupune injectarea unui bolus intravenos de substanță de contrast alcătuită din microbule cu diametrul cuprins între 2 și 7 microni. Sub acțiunea frecvențelor generate de un transductor ecografic microbulele vibrează, producând un semnal amplificat care este recepționat, prin tehnici speciale, de același transductor ecografic.

Se pot înregistra filme în timp real pe unitatea de stocare media magnetică cu care este dotat ecograful. Acestea pot fi analizate ulterior prin măsurarea comparativă a intensității medii a contrastului în două zone de interes trasate de operator pe imaginea ecografică, una corespunzând zonei tumorale iar una

parenchimului normal. Se trasează astfel două curbe intensitate-timp, din care se pot extrage o serie de parametrii cuantificabili, cum ar fi intensitatea maximă, aria de sub curbă, timpul până la atingerea intensității maxime. Fiecare aspect al celor două curbe este considerat patognomonic pentru un anumit tip de tumoră hepatică, analiza unui operator experimentat putând clasifica cu succes aceste formațiuni.

Rețelele neurale reprezintă translatarea în limbaj informatic a principiilor de funcționare ale sistemului nervos central uman. Sunt reproduse astfel, prin aplicații software dedicate, componentele de baza ale encefalului, respectiv neuronii și sinapsele neuronale, creându-se rețele ce au abilitatea de a prelua și prelucra informația pentru a rezolva probleme complexe, având în plus abilitatea de a învăța și de a lua decizii.

Neuronii, unitatea de baza a acestor rețele, sunt așezați în straturi vizibile sau "ascunse" (*hidden layers*), fiind interconectați prin intermediul unor sinapse, care asigură transmiterea informațiilor între fiecare strat. Fiecare variabilă care este introdusă în sistem este preluată de un neuron, care îi atribuie o valoare, o "ponderă" (*weight*), respectiv gradul de importanță în problema vizată. Aceste valori pot fi atât pozitive cât și negative în dinamica, asigurându-se astfel în permanență o evaluare corectă a variabilelor. Totalitatea informațiilor preluate sunt apoi transmise prin legături încrucișate către urmatorul strat, ce conține mai puțini neuroni care însă primesc mai multe informații decât primii, fiind astfel făcute asocieri logice între datele problemei. Aceștia la randul lor mai pot comunica cu alte straturi decizionale "ascunse", în final rezultând o soluție sau o evaluare logică a situației prezentate.

Pentru a fi capabile să producă rezultate cât mai corecte, rețelele neuronale trebuie să fie "antrenate", fie de către un operator uman (*supervised training* – antrenament supervizat), fie de către sisteme intrinseci (*self/unsupervised learning* – rețele ce învață singure). Sunt eliminate prin aceste procedee datele redundante, rețelele fiind capabile în urma acestui proces să evalueze corect fiecare variabilă introdusă, pentru a lua decizia corectă la finalul ciclului logic.

În prezent, există mai multe sisteme și metode bazate pe aplicarea rețelelor neuronale în diagnosticul și clasificarea diferitelor preparate umane, cu predilecție în domeniul anatomiei patologice (cum ar fi, de exemplu, brevetul RO 106931 B1, care descrie un sistem și o metodă automată pe bază de rețea neuronală pentru clasificarea specimenelor citologice), cât și metode de diagnostic strict statistice, cum este cea propusă de Gyorfı (brevet RO 00121981 – "Metodă de diagnostic, asistată

de calculator, al durerii toracice” ). Acestea însă fie nu au aplicabilitate clinică imediată, fie nu integrează concepte aplicabile în cazul unei afecțiuni atât de complexe precum cancerul hepatic.

Rezultatele au fost variabile, în funcție de calitatea parametrilor introduși și de eficiența procedurilor folosite în cadrul antrenării.

Rețelele neuronale folosite până acum în studiile medicale și în special în clasificarea afecțiunilor maligne prezintă unele **dezavantaje** :

- Selectarea greșită a variabilelor de intrare, fie prea numeroase, fie lipsite de importanță clinică;
- Număr mic de cazuri implicate în procesul de antrenare, fapt ce a condus la alegerea unor variabile prea specifice, cazurile fiind încadrate “ideal” în modelul de diagnostic urmărit;
- Estimarea eronată a ratei de erori, rezultată în urma validării necorespunzătoare;
- Oprirea procesului de învățare după un anumit număr de cazuri, sistemului diagnostic lipsindu-i astfel plasticitatea și adaptabilitatea care ar fi trebuit să fie definitorii.

#### *d. prezentarea problemei tehnice*

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este îmbunătățirea metodei de diagnostic asistat de un sistem expert bazat pe rețele neuronale a cancerului hepatic, capabil de asemenea să clasifice și alte tipuri de tumori hepatice maligne sau benigne.

#### *e. expunerea invenției, așa cum este revendicată*

Sistemul automat pe bază de rețele neuronale pentru clasificarea formațiunilor hepatice focale , conform invenției este format dintr-o unitate mobilă (4) de introducere a datelor unui pacient convertite în valori logice (10), împreună cu șirurile de valori rezultate din analiza variației în timp a intensității maxime a culorii din zonelor de interes care cuprind formațiunea tumorală și o zonă netumorală, din înregistrarea video a investigației ecografice cu agent de contrast, (17) și un sistem informatic central (6) ce conține o interfață de preluare a informațiilor (7), o bază de

date (8) și un ansamblu de rețele neuronale (9), format din două rețele neuronale consecutive, cu 15 (reperul 10) și respectiv doi neuroni de intrare (15 sau 16 și 17), unul (11) și respectiv două straturi intermediare (18, 22), și un strat de ieșire cu cinci neuroni (26), care prelucrează informațiile, oferind medicului un răspuns imediat prin intermediul aceluiași dispozitiv mobil, răspunsul fiind de asemenea salvat în baza de date (8), medicul introducând o valoare a clasificării (27) care reantrenează sistemul oferind noi ponderi pentru valorile introduse (13, 20, 24).

*f. prezentarea avantajelor invenției*

- Datele sunt introduse în timp real din orice locație unde există acces Internet, permițând practic utilizarea sistemului în aproape orice context clinic existent
- Toți parametrii sunt stocați într-o bază de date dinamică, de unde pot fi folosiți ulterior pentru antrenări succesive, odată cu validarea diagnosticelor de către un clinician. Astfel, este eliminat unul din principalele inconveniente ale rețelelor neuronale clasice, și anume oprirea procesului activ de învățare la un anumit nivel.
- Validarea poate fi oricând făcută de către operatorii umani, astfel eliminându-se orice posibilitate de estimare eronată a ratei de eroare.
- Numărul de cazuri introdus în sistem este practic nelimitat, existând oricând centre medicale de referință capabile să ofere rezultate noi pentru îmbunătățirea sistemului.
- Datele sunt introduse în timp real prin folosirea dispozitivului dedicat
- Înregistrarea și prelucrarea datelor se efectuează centralizat, în cadrul sistemului dedicat pentru acest scop, aflat la distanță.
- Calitatea variabilelor introduse este rezultată din urmărirea ghidurilor și statisticilor existente în prezent, cu validare clinică pre-existentă, fiind posibilă re-ajustarea dinamică a acestora, fiind astfel eliminat inconvenientul legat de selectarea greșită a acestora
- Folosirea parametrilor imagistici rezultați din introducerea șirurilor de valori înregistrate în timpul analizei filmelor de ecografie cu substanță de contrast.
- Parametrilor deja descriși mai sus li se adaugă trei variabile noi, cu importanță în clasificarea tipului de tumoră hepatică. Astfel, sistemul folosește raportul dintre intensitățile maxime ale celor două zone de referință, care diferă în funcție de tipul de tumoră hepatică. Diagnosticul se mai bazează și pe aspectul încărcării cu agent de contrast (încărcarea centripetă este specifică hemangiomului hepatic), cât și pe

scăderea sau păstrarea constant ridicată a intensității în zona tumorală comparativ cu cea de control (prezența sau absența wash-out-ului tumoral).

- Poate fi folosit în stabilirea cu precizie a originii unei formațiuni hepatice în contextul unei consultații clasice, cât și în aplicații de telemedicină, putând fi un sistem expert de referință pentru centre aflate la distanță. De asemenea, are utilitate didactică, putând fi folosit în pregătirea medicilor rezidenți sau aflați în stadii de pregătire, cât și în cadrul aplicațiilor practice efectuate de către studenții unei universități cu specific medical.

- Modularitatea sistemului îi permite să ofere un rezultat chiar în absența uneia sau mai multor investigații, cu aprecierea gradului de siguranță. Sistemul este astfel flexibil și elimină subiectivismul unui operator uman.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1,2,3 și 4, care prezintă:

**Figura 1**, o diagramă bloc a sistemului automat mobil pe bază de rețele neuronale pentru clasificarea formațiunilor hepatice focale și prognosticul cancerului hepatic.

**Figura 2**, reprezentarea rețelei neuronale de tipul utilizat în sistem.

Figura 3, prezentarea interfetei A

Figura 4, prezentarea interfetei B

*h. prezentarea a cel puțin unui mod de realizare a invenției*

Carcinomul hepatocelular este o tumoră malignă dezvoltată în ficat, aflat în momentul de față pe locul trei ca mortalitate la nivel mondial, fiind a cincea ca incidență. Cel mai adesea, diagnosticul de carcinom hepatocelular este suspectat în urma observării la o ecografie clasică a unei tumori hepatice, la un pacient cu afectare hepatică în antecedente, iar obiectivarea acesteia se face printr-o metodă imagistică cu substanță de contrast.

Tehnica ecografică bazată pe agenți de contrast a fost introdusă în diagnosticul cancerului hepatic primitiv pentru a îmbunătăți acuratețea în cazul localizării unei formațiuni hepatice în urma unei investigații ecografice clasice. Se bazează pe injectarea intravenoasă a unei cantități de agent de contrast, care odată ajunsă în ficat poate fi supravegheată ecografic de o sondă specială și redată grafic

ca o imagine de intensitate crescătoare odată cu acumularea în vasele de sânge aflate în câmpul de urmărire al sondei ecografice. Investigația se desfășoară pe parcursul a 2 până la 5 minute, timp în care substanța de contrast străbate compartimentele vasculare arterial și portal hepatic, distingându-se astfel trei faze distincte: faza arterială, faza venoasă și faza tardivă. Tumora va capta diferit agentul de contrast în comparație cu parenchimul înconjurător datorită vascularizației nou-formate care este doar de tip arterial. Acest lucru este înregistrat vizual de către observator și evoluția diferită pe parcursul celor trei faze, specifică pentru fiecare tip de tumoră hepatică, este interpretată. Înregistrările ecografice pot fi salvate pe un suport magnetic în timpul înregistrării pentru vizualizare ulterioară. Astfel, se pot concepe așa numitele "curbe intensitate-timp", respectiv determinări efectuate în fiecare cadru al înregistrării, a intensității medii pentru una sau mai multe zone de interes selectate de către operatorul uman. Sunt alese de obicei o zonă care se suprapune peste tumora hepatică, și o zonă de referință în afara zonei considerate a fi tumoră. Rezultă astfel două șiruri de valori, care reprezentate grafic oferă graficele de umplere cu contrast, unde abscisa reprezintă intervalul de timp înregistrat, și ordonata valoarea maximă în fiecare cadru. Sunt calculați astfel o serie de parametri, cum ar fi intensitatea maximă, timpul până la atingerea intensității maxime, timpul mediu de tranzit a agentului de contrast sau aria de sub curbă. Trasarea ariilor de interes și obținerea șirurilor de valori poate fi făcută de către ecograf, sau poate fi realizată ulterior în cadrul interfeței dispozitivului mobil.

Sistemul folosește datele clinice obținute de medicul curant în timpul anamnezei și al examenului clinic obiectiv, datele obținute din investigațiile de laborator, cât și o serie de parametri imagistici rezultați în urma examinării ultrasonografice simple și cu agent de contrast. Toți parametrii sunt înregistrați în timp real de către orice clinician, sistemul propriu-zis fiind de tipul "cloud-computing", introducerea datelor făcându-se prin intermediul unei interfețe grafice de la distanță, folosind dispozitivul mobil dedicat, conectat permanent la Internet.

În interfața unității mobile, medicul introduce informațiile clinice pertinente pentru stabilirea originii formațiunii hepatice, la care se adaugă datele din investigațiile imagistice (ecografie standard sau cu agent de contrast) sub formă de parametri numerici. Modulul trimite datele prin intermediul unei conexiuni Internet permanente (abonament mobil de date sau rețea wireless existentă) către un sistem informatic central, unde sunt introduse într-o bază de date, de unde rețeaua



neuronală prelucrează informația și oferă medicului un răspuns specific.

Sistemul folosește o serie de parametri obținuți în cadrul investigației ultrasonografice bazate pe tehnici de injectare de agenți de contrast, pentru îmbunătățirea capacității decizionale a unei rețele neuronale în scopul diagnosticului diferențial a unei mase tumorale hepatice. Datele clinice și paraclinice au importanță deosebită în diagnosticul oricărei afecțiuni, însă în cazul tumorilor hepatice diagnosticul de certitudine trebuie să fie bazat conform ghidurilor de tratament actuale pe minim o investigație imagistică cu agenți de contrast (EFSUMB Study Group et al. Guidelines and Good Clinical Practice Recommendations for Contrast Enhanced Ultrasound (CEUS) –Update 2008. *Ultraschall in Med* 2008; 29:28–44. DOI 10.1055/s-2007-963785).

Rețeaua neuronală reprezintă un ansamblu de structuri decizionale numite neuroni, ale căror conexiuni sunt modulate pe parcursul a trei etape consecutive, respectiv de antrenare, validare și testare. Straturile formate de aceștia sunt de trei tipuri: de intrare, decizionale și de ieșire. În stratul de intrare, datele în format numeric sunt introduse în sistem, unde fiecărui parametru îi este acordată o pondere, care în final contează pentru rezultatul final, în urma calculului nonlinear bazat pe respectivele ponderi. În timpul procesului de antrenare, ponderile sunt ajustate corespunzător încât rezultatul să se apropie de cel preconizat. Rețelele neuronale aplicate în medicină au fost folosite în cadrul aplicațiilor medicale în trecut, în procesul de diagnostic, în preconizarea riscurilor sau în evaluarea prognosticului unor afecțiuni, inclusiv cancerelor.

Conform invenției un operator **0** înregistrează cu ajutorul sondei **1** în ecograful **2** filmul ecografic, care este transferat cu ajutorul unui dispozitiv mobil de transfer **3** în dispozitivul mobil **4**. Prin interfața grafică **5**, operatorul **0** introduce datele din categoriile **I ... V** din **tabelul 1** în cadrul interfeței **A** și prelucrează filmul ecografic înregistrat, cu ajutorul interfeței **B**, obținând parametrii din tabelul 1, categoria **VI**, conform metodei descrise mai jos. Introduce de asemenea o posibilă clasificare, conform categoriei **VII** din **tabelul 1**.

Sistemul mobil **4** trimite datele prin intermediul unei conexiuni wireless securizate către unitatea centrală **6**, un calculator personal conectat la Internet, cu o adresă unică, care conține aplicația de primire a datelor **7**, baza de date **8** (a cărei structură este descrisă în **tabelul 1**) și rețeaua neuronală **9**, descrisă în amănunt în **figura 2**. Baza de date conține valori numerice care codifică informația introdusă de medic în



interfața A și extrasă din interfața B.

Compartimentul de prelucrare neuronală a datelor, **Figura 2**, este format dintr-o cascadă de două rețele neuronale. Valorile codificate în baza de date din categoriile I ... V din **tabelul 1** sunt reprezentate prin reperul general **10** - 15 neuroni din stratul de intrare. Stratul ascuns **11** conține 15 neuroni care atribuie o pondere fiecărui parametru (notată cu reperul general **12**), căreia îi este adăugat un bias (reperul general **13**) și care trec printr-o funcție sigmoidă (reper general **14**). Sunt obținute astfel două valori de ieșire, respectiv **15** și **16**, corespunzătoare clasificării ca malign, respectiv benign a formațiunii hepatice. Se adaugă datele imagistice colectate prin **interfața B** (reper general **17**), și sunt introduse ca neuroni de intrare într-un nou strat ascuns (**18**), unde li se atribuie o pondere (**19**) și un bias (**20**), trecând printr-o funcție sigmoidă (**21**) într-un strat ascuns (**22**) unde sunt re-evaluate, atribuindu-li-se o nouă pondere (**23**), bias (**24**) și trecând printr-o funcție de liniarizare (**25**). În stratul de ieșire (**26**), sunt obținute cinci valori posibile, corespunzătoare câte unei clase de tumoră hepatică. Rezultatul este transmis către unitatea mobilă (**4**) în cadrul interfeței **A**, datele fiind introduse și în baza de date (**8**). Clasificarea introdusă de medic (categoria **VII** din **tabelul 1**, respectiv reperul **27**) este folosită pentru re-antrenarea rețelei neuronale, atribuindu-se o nouă pondere în straturile **11**, **18** și **22**.

O rețea neuronală este un sistem de structuri decizionale numite neuroni, elemente de preluare sau prelucrare a informației. Între aceștia se stabilesc conexiuni, aceste ansambluri fiind organizate în straturi consecutive: unul de intrare, unul sau mai multe straturi decizionale și un strat de ieșire. În stratul de intrare, datele în format numeric sunt introduse în rețea. În stratul sau straturile intermediare, fiecărui parametru îi este acordată o pondere (denumită și greutate), care în final contează pentru rezultatul final, în urma calculului nonlinear bazat pe respectivele ponderi. Acești neuroni au atașată o funcție de transfer, care operează pornind de la suma tuturor produselor parametru x pondere, producând un rezultat. Ponderile sunt modulate pe parcursul a trei etape consecutive, respectiv de antrenare, validare și testare. În timpul procesului de antrenare, ponderile sunt ajustate corespunzător încât rezultatul să se apropie de cel preconizat.

Pentru realizarea prezentei invenții, varianta preferată folosește un ansamblu de două rețele neuronale consecutive, care funcționează dependent una de cealaltă. Prima rețea (ansamblul **10...16**) este alcătuită dintr-un strat de ieșire, unul de intrare, și un strat intermediar ascuns. Aceasta furnizează o clasificare a formațiunii în malign

și benign, pornind de la cei 15 neuroni de intrare (10), corespunzături celor 15 parametri prezentați în tabelul 1, informația preluată din baza de date (reperul 8 din figura 1). Clasificarea tipului de formațiune se face numeric, în intervalul [0;1]. Intervalul [0;0,5) corespunde clasificării ca benign (15), intervalul [0;1] corespunde clasificării ca malign (16). A doua rețea neuronală conține doi neuroni în stratul de intrare (15 sau 16, 17), două straturi ascunse (18 și 22) și un strat de ieșire cu cinci neuroni (26). Se obține în stratul 26 o clasificare în funcție de intervalul din care face parte valoarea obținută, după cum urmează: [-0,5;0,5) = steatoză focală; [0,5;1,5) = carcinom hepatocelular; [1,5;2,5) = metastază hipervasculară; [2,5;3,5) = metastază hipovasculară [3,5;4,5) = hemangiom hepatic.

**Tabelul 1.** Structura aplicației de introducere a datelor și a bazei de date corespondente.

Variabilă	Tip variabilă	Mențiuni speciale	Valoare înregistrată în baza de date
<b>I. Date generale</b>			
Sex	Binară	Bărbătesc / Femeiesc	1 / 0
Vârstă	Valori predefinite	<30 ani, 30–60, >60 ani.	0 / 1 / 2
Mediu de proveniență	Binară	Urban / Rural	1 / 0
<b>II. Factori de risc</b>			
Consum de alcool	Binară	Abuz / normal	1 / 0
Virusuri hepatice	Valori	B+C / B / C	2 / 1 / 0
<b>III. Antecedente personale patologice semnificative</b>			
Clasă ciroză hepatică	Valori predefinite	Fără / A / B / C / D	0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5
<b>IV. Markerii tumorali</b>			
Valoare Alfafetoproteină	Binară	Peste limite / Normal	1 / 0
Alți markerii tumorali	Binară	Peste limite / Normal	1 / 0
<b>V. Ecografie standard</b>			
Hepatomegalie	Binară	Prezentă / Absentă	1 / 0
Dimensiune	Valoare	Valoarea în milimetri	1 ... n
Număr	Valoare	Număr	1 ... n
Tromboză malignă de venă portă	Binară	Prezentă / Absentă	1 / 0
<b>VI. Ecografie cu agent de contrast</b>			
Intensitatea maximă a	Valori	Valoare exprimată	1 ... n

<b>semnalului din zona tumorală relativ la parenchim</b>			
<b>Încărcare centripetă</b>	Binară	Da / Nu	1 / 0
<b>Aspect fază terminală</b>	Valori predefinite	Washout total / Washout parțial / washout absent	2 / 1 / 0
<b>VII. Diagnostic de certitudine</b>			
<b>Clasificarea introdusă de medic</b>	Valoare predefinită	HCC/Tumoră hipovascularizată/Tumoră hipervascularizată/Hem angiom/Steatoză focală	1 / 2 / 3 / 4 / 5

O descriere a modului de funcționare a metodei se prezintă în continuare:

- Medicul examinează pacientul prin metodele obișnuite. La examenul ecografic este identificată o formațiune tumorală hepatică. Consecutiv, se efectuează examinarea ecografică cu agent de contrast, conform protocoalelor clasice.
- La terminarea investigației cu contrast, înregistrarea este încărcată pe dispozitivul mobil cu ajutorul unui dispozitiv mobil de înregistrare (de exemplu un stick USB).
- Medicul folosește dispozitivul mobil pentru introducerea datelor clinice și paraclinice consemnate în timpul examenului obiectiv și rezultate din testele de laborator, apoi prelucrează filmul obținut, cu extragerea zonelor de interes și calcularea curbelor intensitate-timp. Dispozitivul mobil extrage datele relevante și le adaugă setului de date introdus de medic, pentru transmitere.
- Datele sunt transmise la distanță către sistemul central, unde sunt prelucrate.
- Rețeaua neuronală preia datele semnificative iar în câteva secunde este oferit un rezultat.
- Medicul primește o clasificare a tumorii hepatice cu care se confruntă, însoțită de o probabilitatea corectitudinii și posibilele alternative, o stadializare, cu posibilitățile terapeutice existente și un prognostic posibil pentru pacient.
- Medicul introduce un diagnostic personal, care va fi ulterior folosit într-o nouă procedură de antrenare a rețelei neuronale, dacă diagnosticul se confirmă în timp.

## REVEDICARE

Sistem semi-automat pe bază de rețea neuronală pentru clasificarea formațiunilor hepatice focale identificate **caracterizat prin aceea că** include o unitate mobilă (4) de introducere a datelor unui pacient convertite în valori logice (10), împreună cu șirurile de valori rezultate din analiza variației în timp a intensității maxime a culorii din zonelor de interes care cuprind formațiunea tumorală și o zonă netumorală, din înregistrarea video a investigației ecografice cu agent de contrast, (17) și un sistem informatic central (6) ce conține o interfață de preluare a informațiilor (7), o bază de date (8) și un ansamblu de rețele neuronale (9), format din două rețele neuronale consecutive, cu 15 (reperul 10) și respectiv doi neuroni de intrare (15 sau 16 și 17), unul (11) și respectiv două straturi intermediare (18, 22), și un strat de ieșire cu cinci neuroni (26), care prelucrează informațiile, oferind medicului un răspuns imediat prin intermediul aceluiași dispozitiv mobil, răspunsul fiind de asemenea salvat în baza de date (8), medicul introducând o valoare a clasificării (27) care reantrenează sistemul oferind noi ponderi pentru valorile introduse (13, 20, 24).

DESENE EXPLICATIVE

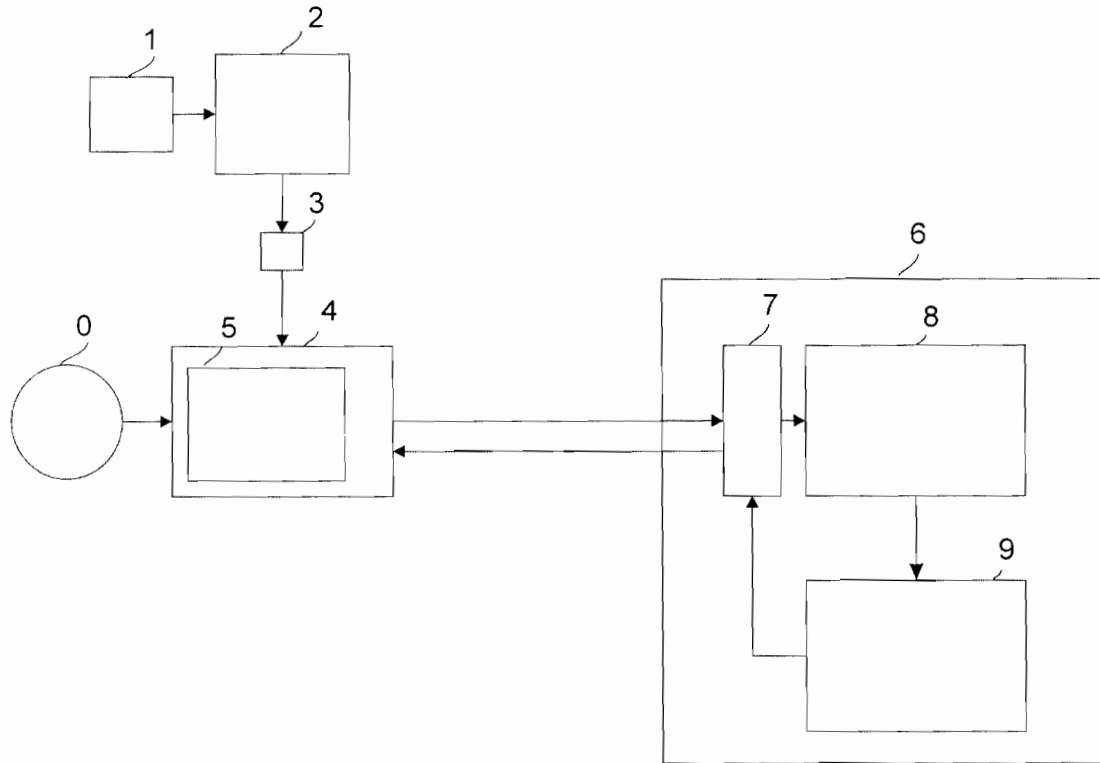


Fig. 1

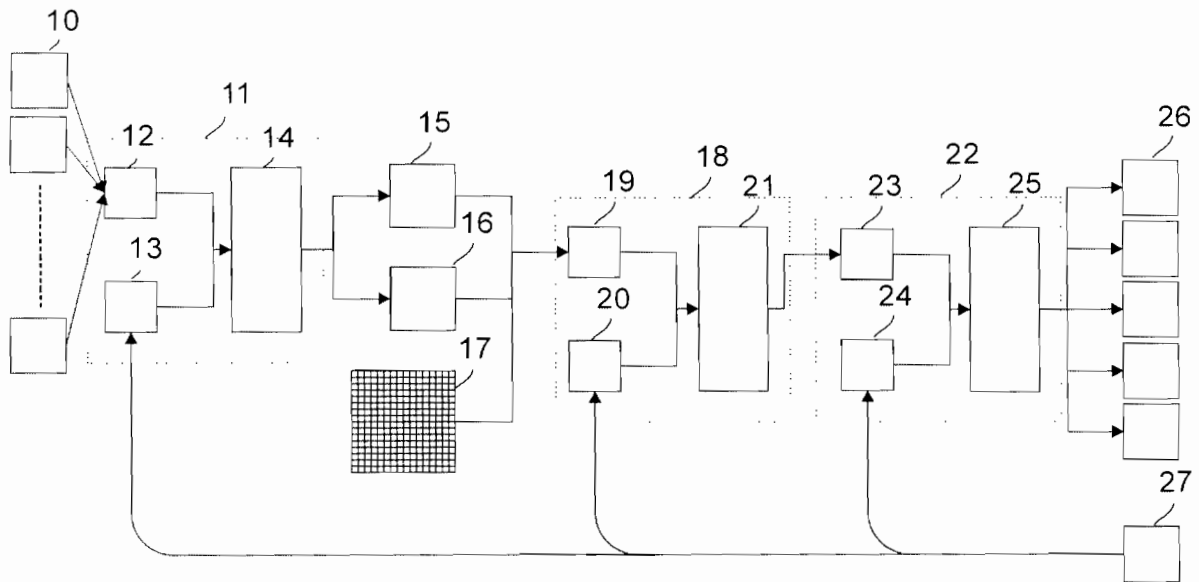


Fig. 2

### TIP TUMORA

#### Datele pacientului

Varsta:  < 30 ani  între 30 și 60 ani  > 60 ani  
Consum alcool:  da  nu  
Sex:  M  F  
Mediu de proveniență:  urban  rural

#### Date clinice

Virusuri hepatice:  absent  virus hepatitic B  virus hepatitic C  ambele  
Ciroza hepatică:  da  nu  
Clasa Child-Pugh:  A  B  C

#### Date paraclinice

Alfa-fetoproteina:  valori în limite normale  valori peste limite normale  
Alți markeri tumorali:  absenți  prezenți

#### Ecografie mod B

Tipul tumorii:  Unicentric  1-2 noduli  Mai mult de 3 noduli  
Dimensiune:  < 2 cm  2-3 cm  > 3 cm  
TVP:  0  1  
Hepatomegalie:  da  nu

#### Tip tumora

Probabilitate:

Tip tumora:

Clasificare:

Probabilitate:

#### Incarca film CEUS

IMAXI  IMAXp

Incarcare centripeta

Faza terminala

Diagnostic medic

#### Validare rezultat

figura 3 -Interfața A

### Selectia zonelor de interes si calcularea TIC



Valori:

IMAXI	Coefficient
IMAXp	Centripet

00:12

01:42

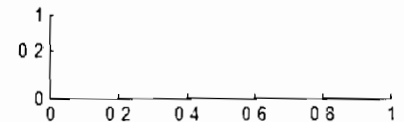


figura 4 -Interfața B