

# **CERCETĂRI ASUPRA POSIBILITĂȚILOR DE DIAGNOSTICARE ASISTATĂ DE CALCULATOR A AFECȚIUNILOR MACULARE**

*M. Luculescu, Gh. L. Mogan*  
*Universitatea Transilvania din Brașov, România*

## **INTRODUCERE**

Macula reprezintă zona cea mai sensibilă a retinei ochiului uman, cu rol important în vederea centrală. În această parte adiacentă nervului optic se formează imaginea cu claritate maximă care permite atât identificarea detaliilor, cât și vederea color.

Uneori celulele din care este formată macula sunt afectate de diferite condiții care vor împiedica funcționarea lor adecvată și ca urmare vederea este influențată prin diminuarea clarității. Din păcate numeroase astfel de afecțiuni sunt iremediabile, procesul degenerativ este ireversibil și de aceea este foarte important ca ele să fie prevenite sau identificate din timp în vederea stopării lor. Un pas foarte important în acest sens îl reprezintă posibilitatea de diagnosticare automată, asistată de calculator a acestor tipuri de afecțiuni. Medicul specialist le cunoaște și le poate identifica printr-o simplă analiză având la bază acuitatea simțurilor și experiența proprie, însă utilizând un sistem de diagnosticare asistată de computer, pe de-o parte, se mărește precizia de identificare inițială și evolutivă și, pe de altă parte, se îmbunătățește evident managementul profilactic și al tratamentului, putându-se ajunge chiar la situația când pacientul poate afla de existența unei afecțiuni fără a fi consultat de medicul specialist.

Diagnosticul asistat de calculator are la bază un pachet software care presupune stocarea informațiilor în format electronic digital (bază de date pentru pacienți și diagnostice) cu numeroase avantaje în primul rând prin posibilitatea de generare a unui istoric al afecțiunilor corelat cu imaginile lor, apoi prin posibilitatea de urmărire în timp a modului de evoluție a afecțiunii pacientului la aplicarea unor noi metode de tratament (fișa pacientului), prin completarea unei baze de date cu diagnostice care pot fi exploatate în cercetare, în practica medicală, precum și în învățământul de specialitate ș.a.

## **1. DESCRIEREA STRUCTURII SISTEMULUI DE DIAGNOSTICARE**

Structura generală a sistemului de diagnosticare proiectat și realizat este prezentată în Figura 1. Acest sistem este bazat pe recunoașterea de imagini ale retinei în format digital realizată cu ajutorul rețelelor neuronale artificiale. Software-ul este dezvoltat în Matlab, iar pentru baza de date pentru pacienți s-a utilizat, în versiunea actuală, Microsoft Access.

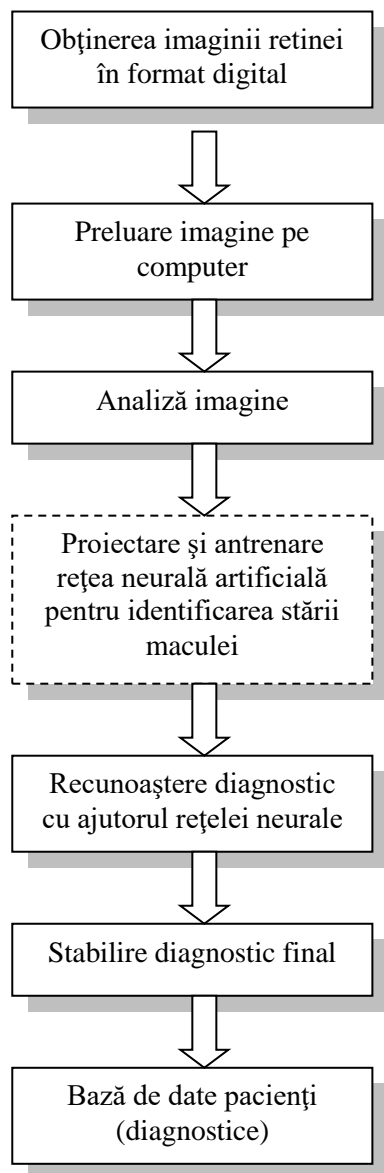
### **1.1. Obținerea imaginii retinei în format digital**

Pentru utilizarea sistemului de diagnosticare este necesar să se cunoască imaginea retinei, concret a maculei, în format digital. Ea poate fi preluată direct de la un retinoscop digital (aparate foarte scumpe, întâlnite destul de rar în momentul de față la noi în țară) sau de la un retinoscop clasic ce are un aparat foto încorporat (echipament existent în cabinetele și clinicile actuale în număr destul de mare). Filmul obținut cu retinoscopul clasic este dezvoltat și apoi scanat, obținându-se imaginea în format digital.

Preluarea imaginii pe computer se poate realiza, funcție de modul de obținere, on-line sau off-line. Varianta on-line apare în cazul retinoscopului digital unde imaginea poate fi vizualizată în timp real direct pe ecranul calculatorului, iar medicul decide asupra momentului salvării acesteia. Varianta off-line presupune preluarea imaginii la un moment de timp diferit de cel în care s-a realizat fotografierea. Fișierul ce conține imaginea digitală poate fi preluat și deschis de pe orice suport de memorie externă: floppy-disk, hard-disk, CD, card de memorie, USB drive etc. Pentru început, imaginea investigată trebuie să fie salvată în format *.jpg*.

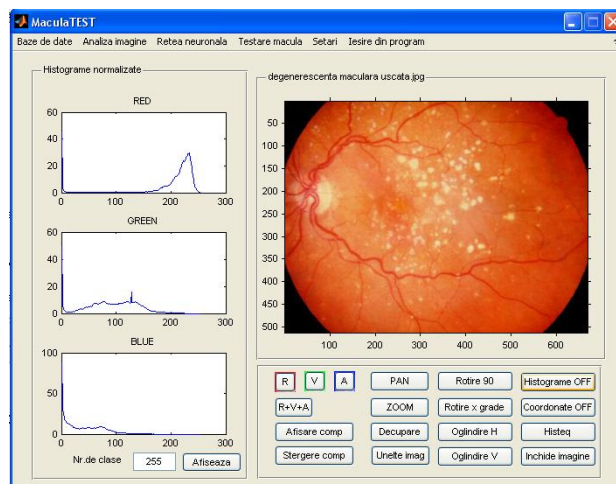
### **1.2. Analiza imaginii**

Odată ajunsă în computer imaginea digitală a retinei este procesată în vederea punerii în evidență a elementelor de identificare a afecțiunii maculare sau în vederea analizei în detaliu.



**Figura 1.** Structura sistemului de diagnosticare asistată de calculator

Pentru aceasta utilizatorul dispune de un modul software realizat special pentru prelucrarea și analiza de imagini de pe retină. Programul include opțiuni pentru mărirea/micșorarea unei zone de interes (*Zoom*), selectarea și salvarea unei anumite zone (*Decupare*), rotirea, oglindirea față de verticală sau orizontală a imaginii, filtrarea ei în scopul obținerii unui contrast mai bun, afișarea componentelor Red, Green, Blue care formează imaginea, precum și pentru elaborarea și afișarea histogramelor corespunzătoare. Medicul poate analiza o singură imagine sau poate face comparație între două imagini. Toate aceste operații sunt realizate cu ajutorul modului „*Analiză imagine*” (Figura 2).



**Figura 2.** Modulul de analiză imagine

Imaginea prelucrată poate fi salvată în diferite tipuri de formate. O parte din opțiunile conținute de acest modul au fost utilizate pentru cercetări asupra informațiilor (trăsături ale imaginii) care trebuie extrase în scopul utilizării lor ca intrări în rețeaua neuronală. În plus, s-a studiat modul de variație al valorilor numerice asociate pentru o imagine asupra căreia s-au aplicat operații de rotire, oglindire sau scalare.

### 1.3. Proiectarea și antrenarea rețelei neuronale

Odată stabilită zona grafică de interes, se trece la recunoașterea de imagine după care, practic, utilizatorul va primi din partea sistemului un răspuns referitor la diagnosticul investigat. În situația în care rețeaua neuronală a fost instruită pentru recunoașterea diagnosticului, răspunsul va conține denumirea acestuia. În caz contrar, utilizatorului i se va comunica faptul că diagnosticul nu este recunoscut. Sistemul de diagnosticare poate discerne cu acuratețe între starea normală a maculei și o stare diferită de cea normală (patologică). Procesul de acumulare de cunoștințe poate fi continuat prin memorarea imaginii diagnosticului într-o bază de date care va fi utilizată pentru instruirea ulterioară a rețelei neurale.

Structura unei rețele neurale artificiale este formată din straturi de neuroni. Neuronul colectează semnalele din sinapsele sale prin însumarea tuturor influențelor excitatoare și inhibitoare ce acționează asupra lui (figura 3). Dacă influențele excitatoare sunt dominante atunci nivelul de prag al neuronului este depășit și informația este transmisă către alți neuroni prin intermediul sinapselor de ieșire. În acest sens funcționarea neuronului poate fi și este adesea modelată ca o funcție treaptă  $f(U)$ .

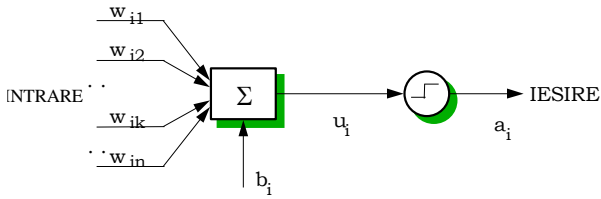


Figura 3. Modelul neuronului

Vor exista niște informații de intrare în rețea, ponderate și aplicate neuronilor din stratul de intrare. Ieșirile acestora pot fi aplicate ponderat unui alt strat de neuroni (depinde de tipul de rețea neurală utilizată) ale căror ieșiri vor furniza un set de valori ce corespunde unui anumit diagnostic.

Una dintre problemele cele mai importante cu consecințe asupra preciziei rezultatelor se referă la informațiile de intrare: ce valori trebuie aplicate pe intrările rețelei pentru a putea realiza recunoașterea de imagine?

O imagine este formată din pixeli. Fiecărui pixel îi corespunde în funcție de formatul imaginii un anumit set de valori numerice. A asocia câte o intrare în rețea pentru fiecare valoare este practic imposibil, deoarece numărul acestora poate fi foarte mare. De aceea, este necesar să se extragă și să se calculeze o serie de valori care reprezintă trăsături ale imaginii.

În acest sens au fost utilizate un set de șapte invarianți moment 2D și un set de șase valori care descriu o regiune a imaginii prin cuantificarea conținutului texturii ei [1], [4]. Cei șase descriptori care se bazează pe proprietățile statistice ale histogrammei intensității imaginii, mai concret, pe momentele statistice ale acesteia, sunt:

- *media* – o măsură a intensității medii,
- *abaterea standard* – o măsură a contrastului mediu,
- *finețea* - o măsură a variației intensității într-o regiune,
- *momentul de ordin 3* – o măsură pentru asimetria histogrammei,
- *uniformitatea* - o măsură nivelului intensității
- *entropia* - o măsură a gradului de distribuție aleatoare a valorilor intensității.

Relațiile utilizate pentru calculul valorilor numerice ale celor 6 descriptori sunt prezentate în continuare.

Considerând  $z_i$  o variabilă discretă, aleatoare, ce corespunde nivelelor de intensitate ale unei imagini și notând cu  $p(z_i)$  histograma normalizată corespunzătoare ( $i = 0, 1, 2, \dots, L-1$  cu  $L$  numărul de valori posibile ale intensității), descrierea formei unei histogramme prin momentele centrale [2] se face cu relația

$$\mu_n = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^n p(z_i) \quad (1)$$

în care  $n$  este ordinul momentului, iar  $m$  este media

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i) \quad (2)$$

**Media** ( $m$ ) ca o măsură a intensității medii, reprezintă prima trăsătură a imaginii din vectorul descriptorilor de șase valori considerat.

Datorită faptului că histograma este normalizată, suma tuturor componentelor este egală cu 1 și se poate observa că momentul de ordinul zero,  $\mu_0 = 1$ , și momentul de ordinul unu,  $\mu_1 = 0$ .

Momentul de ordin doi poartă denumirea de *varianță* și se calculează cu relația:

$$\mu_2 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 p(z_i) \quad (3)$$

**Abaterea standard** ( $\sigma$ ), ca măsură a contrastului mediu, este a doua trăsătură a imaginii din vectorul descriptorilor care se determină cu relația

$$\sigma = \sqrt{\mu_2(z)} = \sqrt{\sigma^2} \quad (4)$$

Cea de-a treia trăsătură a imaginii este **finețea** ( $R$ ) care măsoară finețea relativă a intensității unei regiuni și se determină cu relația

$$R = 1 - 1/(1 + \sigma^2) \quad (5)$$

Dacă regiunea are intensitate constantă, atunci  $R = 0$ , iar pentru variații mari  $R$  tinde spre 1. În practică se utilizează valoarea normalizată în intervalul  $[0, 1]$  prin împărțirea la  $(L-1)^2$ .

Cea de-a patra componentă a vectorului cu trăsături ale imaginii este **momentul de ordinul 3**

$$\mu_3 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^3 p(z_i) \quad (6)$$

Acesta măsoară asimetria histogrammei intensității imaginii. Dacă histograma este simetrică, atunci  $\mu_3 = 0$ , dacă aceasta este deplasată în partea dreaptă a mediei, atunci  $\mu_3 > 0$ , iar dacă este deplasată în partea stângă a mediei, atunci  $\mu_3 < 0$ . Valorile acestei mărimi sunt aduse într-un domeniu comparabil cu celelalte cinci valori ale vectorului descriptorilor prin împărțirea la  $(L-1)^2$ .

A cincea trăsătură a unei imagini este *uniformitatea*

$$U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i) \quad (7)$$

Aceasta are valoare maximă dacă toate nivelele de gri sunt egale.

Ultima mărime din setul de valori pentru aprecierea unei imagini este *entropia*

$$e = \sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i) \quad (8)$$

ca o măsură a gradului de distribuție aleatoare a valorilor intensității.

Pentru calculul valorilor acestor descriptori au fost dezvoltate funcții speciale în Matlab cu butoane de accesare cuprinse în interfața grafică proiectată [1].

Pentru a putea fi aplicate pe intrările rețelei neurale, datorită diferențelor dintre ele ca ordin de mărime, aceste valori sunt scalate cu un vector ce poate fi setat în procesul de antrenare a rețelei.

În procesul de proiectare a sistemului de diagnosticare au fost utilizate o rețea neurală de tip perceptron multistrat și una de tip feed-forward cu propagarea erorii înapoi [3], rezultatele cele mai bune fiind obținute cu prima variantă.

Seturile de antrenament au fost generate automat pentru imaginile din baza de date cu diagnostice. În scopul acumulării viitoare de cunoștințe și îmbunătățirii celor acumulate, la baza de date de antrenament pot fi adăugate alte imagini ale diagnosticelor existente sau noi. Baza de date este realizată în Matlab. Structura rețelei neuronale precum și parametri de antrenament pot fi modificați prin intervenții simple.

Toate aceste informații au fost utilizate în procesul de proiectare a sistemului de diagnosticare, fiind transparente în momentul utilizării acestuia de către personalul medical.

#### 1.4. Stabilirea diagnosticului și elaborarea bazei de date pentru pacienți

După preluarea imaginii de pe retină și introducerea acesteia în baza de imagini, utilizatorul programului de diagnosticare, va trebui doar să aleagă imaginea retinei pacientului și după activarea tastei de recunoaștere, printr-un simplu click de mouse, va primi răspunsul referitor la tipul de diagnostic.

Răspunsul împreună cu imaginea aleasă poate fi exportat în baza de date pentru pacienți, alături de celelalte informații corespunzătoare consultației curente. Această bază de date este accesibilă printr-o interfață grafică realizată în Microsoft Access, care include (Figura 4):

- catalog de pacienți în care poate fi urmărit un istoric al consultațiilor, diagnosticelor și tratamentelor pentru fiecare pacient (fișa pacientului);
- catalog de diagnostice;
- evidența programărilor pentru consultații.

Informațiile despre pacient cuprind datele personale, antecedente personale, antecedente heredocolaterale, consultațiile efectuate, tratamentele aplicate, căile către fișierele cu imaginile diagnosticelor etc.

Conținutul bazei de date este protejat, accesul putându-se face pe baza unor coduri de acces.

Programul pune la dispoziție o opțiune de tip „reminder” prin care utilizatorul poate fi înștiințat la un anumit moment asupra unor acțiuni pe care trebuie să le întreprindă cu privire la tratamentul sau consultațiile viitoare ale pacientului. Întrucât între datele personale se află și adresa de e-mail, programul poate genera și trimite automat înștiințări către pacienți.

Din această bază de date poate fi generată automat o bază de date de diagnostice, cu denumirile și imaginile corespunzătoare, care, pe de-o parte, poate fi consultată atât de medici

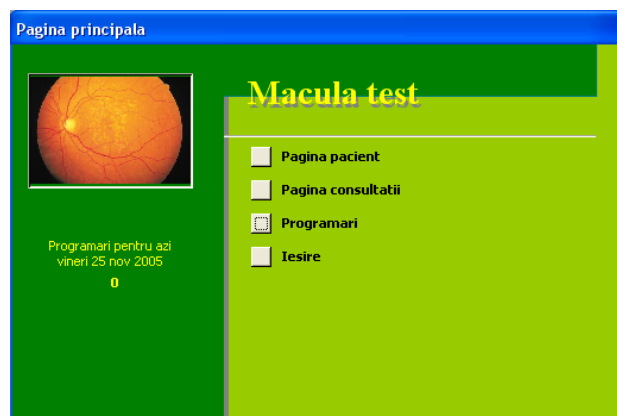


Figura 4. Interfața de acces la baza de date pentru pacienți

specialiști, cât și de asistenți, personal din cercetare, învățământ și, pe de altă parte, poate contribui la dezvoltarea bazei de date de antrenament asociată rețelei neurale în vederea creșterii performanțelor acesteia.

Fișele pacienților pot fi previzualizate, listate la imprimantă sau stocate în fișiere permițându-se transferul lor în format electronic.

## 2. CONCLUZII

Sistemul de diagnosticare asistată de computer (CAD – Computer Aided Diagnosis) pentru afecțiunile maculare este un instrument deosebit de util pentru medici și cercetători în domeniu deoarece el permite:

- Stabilirea-de diagnostice cu precizie mărită, fapt ce vine să micșoreze nivelul de incertitudine al medicului privind anumite afecțiuni patologice.
- Urmărirea în timp a modului de evoluție al afecțiunilor pacienților în urma aplicării unor metode de tratament.
- Păstrarea în format digital a imaginii afecțiunii investigate ca referențial și pentru autoperfecționarea sistemului.
- Completarea unei baze de date cu diagnostice care pot fi exploatate în cercetare, în practica medicală, precum și în învățământul de specialitate
- Completarea unei baze de date cu informații despre pacienți și despre evoluția afecțiunilor lor, cu posibilitatea de acces direct sau de la distanță.
- Autoinstruirea sistemului în procesul de recunoaștere al unor tipuri noi de afecțiuni
- Analiză și prelucrare de imagini

În perspectivă sistemul de diagnosticare poate fi dezvoltat în următoarele direcții:

- Implementare hardware pe sisteme dedicate care realizează testarea afecțiunilor maculare
- Adăugarea de module de program pentru diagnosticarea pe bază de recunoaștere de imagine a altor tipuri de afecțiuni.
- Adăugarea unui modul pentru analiza configurației irisului din punct de vedere al corespondenței iris-proiecție organe (iridologie).
- Integrarea în cadrul unui server cu baze de date pentru diferite tipuri de diagnostice, cu posibilitate de acces de la distanță prin Internet a informațiilor, de către medici, cercetători, personal didactic ș.a.
- Analiză on-line/off-line a imaginilor retinei.

## Bibliografie

1. **Marchand P, Holland T.** *Graphics and GUIs with MATLAB. Third Edition, CRC Press, 2003.*
2. **Gonzales R., Woods R., Eddins S.** *Digital Image processing using Matlab. Pearson Prentice Hal , pag. 464...466, 470...472, 2004.*
3. **Tzanakou-Micheli E.** *Supervised and Unsupervised Pattern Recognition. Feature extraction and Computational Inteligence, CRC Press, 2000.*
4. **Luculescu, M., Barbu, D.** *Matlab Graphical User Interface for Image Feature Extraction// Al III-lea Simpozion Internațional “Mecatronică, Microtehnologii și Materiale Noi”, Târgoviște 18-19 Noiembrie 2005, pag.III.85-III.90.*

**Recomandat spre publicare: 15.11.2005**