

# TENDINȚE ȘI PERSPECTIVE ÎN INFORMATIZAREA MEDICINEI

Horia-Nicolai Teodorescu\*<sup>1</sup>, Dan Galea\*\*<sup>2</sup>,  
Florin Topoliceanu\*\*\*<sup>3</sup>, Ion Bogdan<sup>+</sup>, Adrian  
Brezulianu<sup>++</sup>

Sfârșitul de secol este sub zodia a două mari proiecte ce nu privesc cosmosul, ori atomul, ci sunt legate de om. Aceste proiecte, indubitabil, sunt înrudite: ambele sunt privitoare la informație, deși clasic aparțin la două științe diferite.

Primul proiect propulsează spre centrul atenției genomul uman (The Human Genome Project), modul de codificare a informației ancestrale, acumulată în sute de milioane de ani de către speciile premergătoare și, recent, de specia umană. Există aproximativ 100000 de gene în genomul uman. Secvențele codate de fragmente moleculare de-a lungul ADN-ului, care constituie gena umană, conțin imensă informație privitoare la spațiul filogenetic în care fiecare individ este constrâns a se mișca. Înțelegerea acestor coduri - se speră a fi posibilă până în anul 2005 - ar urma să modifice, atât spectrul medicinei, cât și viziunea noastră privitoare la universul uman.

Al doilea proiect, mai vag formulat și mai difuz, dar foarte concret în desfășurare, se adresează informației din viața exterioară organismului: comunicării, deci vieții societății. Conform acestui al doilea proiect, ce capătă tot mai mult statut, societatea va deveni un organism interdependent informațional și cu acces la o memorie distribuită a cărei cantitate nici măcar nu s-a încercat a fi estimată încă<sup>2</sup>.

Dincolo de asemănarea lor și de fundamentul comun, aceste proiecte au punți directe. Primul ar fi de neconceput fără aportul științelor informatice<sup>3</sup> și al suportului fizic informatic (să îl numim "tehnic"). Al doilea presupune informatizarea ("tehnică") a individului biologic, de la conectarea sa într-o rețea de supraveghere și corectare a stării biologice (de sănătate, ca să numim termenul uzual), la cuplarea sa directă (chiar dacă parțială) la rețelele de calculatoare. Aceste afirmații nu se referă la un univers imaginar. Astfel de cuplări sunt deja numeroase, un exemplu imediat fiind cel al purtătorilor de stimulare cardiace, monitorizați continuu prin calculator și a căror inimă este activă conform

unor proceduri comandate de calculator.

Cele de mai sus ar putea constitui cel puțin un motiv de discutare a informatizării medicinei, dacă factori tehnici și economici nu ar justifica-o deja deplin. Se întrevede, printre alte consecințe majore, ca numărul medicilor specialiști din S.U.A. să se reducă, în viitorii 20 de ani, cu cca. 40%, atât ca urmare a informatizării, cât și a modificării perspectivei asupra actului medical.

Indubitabil, alături de factorul de cunoaștere și de progresele farmaceutice, tehnologia instrumentației medicale reprezintă pivotul medicinei actuale și al asigurării creșterii cantitative, iar parțial și al îmbunătățirii calitative a vieții.

Să mai amintim în încheierea acestei scurte motivații că ingineria biomedicală este una dintre esențiale - și simultan pune unele dintre cerințele principale - de producere a inovațiilor în domenii de vârf ale informaticii, precum inteligența artificială și robotica.

Urmază deci să conchidem simbioza acestor domenii în viitorul imediat.

## 1. Stadiul actual

Prelucrarea statistică a informației a fost prima aplicație directă în medicină, în special la nivelul medicinei preventive. De la această aplicație imediată și banală, informatizarea medicinei a evoluat către utilizarea inteligenței artificiale și diagnostic automat, computerizarea completă a imagisticii medicale și protezarea avansată.

Tendențele principale actuale sunt cele privitoare la robotizarea actului chirurgical, crearea unor sisteme de sănătate cu acces distribuit - de la chirurgia la distanță la tratamentul informatizat realizat la domiciliu - și evoluția de la informatizarea unităților sanitare către constituirea macrosistemelor informatice de sănătate. Aceste tendințe impun dezvoltări tehnice semnificative, atât asupra unităților de calcul, cât și asupra rețelelor de calculatoare folosite.

Vom analiza în cele ce urmează câteva dintre aceste elemente.

## 2. Cerințe pentru rețelele de calculatoare

Rețelele de calculatoare pentru aplicații în medicină trebuie să aibă bandă largă de frecvențe, deoarece ele sunt chemate să transmită rapid

1 \* Prof. dr., membru corespondent; \*\* Prof. dr., membru asociat al Secției de Știință și tehnologia Informației, Director al Institutului de Informatică Teoretică al Academiei, Iași, \*\*\* Prof. dr., Decan al Facultății de Inginerie Bio-Medicală, Universitatea de Medicină Iași; + Conf. dr.; ++ As. drnd., Universitatea Tehnică Iași. Adresa pentru corespondență: Universitatea Tehnică Iași.

2 Este vorba de accesul imediat, sau aproape imediat la informația deținută de sistemul de calcul, dar și la cea a experților umani

3 Promovăm pluralul științe ale informaticii dată fiind multitudinea de discipline chemate să constituie structura informaticii actuale, de la știința calculatoarelor și teoria informației (în sens clasic, restrâns), la teoria comunicației, inteligență artificială, ori lingvistică matematică (aflată în centrul triunghiului matematică-lingvistică-informatică) și, de ce nu, până la gnosologie.

cantități impresionante de date precum, de exemplu, radiografii. O imagine radiografică are 4000 x 4000 de puncte, fiecare cu strălucirea (tonul de gri) exprimată printr-un număr binar cu opt biți, ceea ce înseamnă un volum total de 128 Mbiți. O rețea Ethernet, foarte uzuală în alte domenii de transmisii de date, ce are o bandă de frecvențe de 10 MHz, transmite imaginea în aproximativ 13 secunde. Timpul real este însă cel puțin dublu, deoarece biții de date trebuie transmiși în pachete ce includ și adresa de destinație și biții de control, iar unele pachete trebuie retransmise, dacă nu sunt corect recepționate. Rețelele Token Ring (a căror viteză maximă de transmisie este de 16 Mbps) nu sunt nici ele satisfăcătoare. Această viteză de transmisie, la limita acceptabilului pentru transmisii de imagini statice, este total inacceptabilă pentru transmisii în timp real de imagini în mișcare, cum este cazul imaginii cordului în funcționare. Desigur, metode adecvate de compresie asigură o reducere a volumului datelor de cca. 10-100 ori, ceea ce nu este totuși suficient pentru manipularea, pe rețele uzuale, a imaginilor organelor în mișcare.

Cerința unei viteze mari de transmisie (peste 100 Mbps) este impusă și de alte aplicații, precum transmisiile video și multimedia. Asemenea viteze se pot obține în rețele cu transmisie pe fibră optică. Acest mediu de transmisie a fost utilizat până acum numai în realizarea magistralelor de comunicații (interurbane), ca urmare a prețului de cost ridicat. Datorită scăderii puternice a acestuia în ultimii ani, a devenit posibilă utilizarea fibrelor optice și în realizarea rețelelor de calculatoare.

Rețelele pe fibră optică se realizează uzual în inel, cu transmisie în ambele sensuri. În acest fel, întreruperea accidentală a inclului într-un punct nu conduce la întreruperea comunicației între calculatoare. Tehnologia permite interconectarea cu rețele locale Ethernet, Token Ring sau de altă natură.

Pe rețelele cu fibră optică, protocolul de transmisie se poate adapta foarte bine transmisiilor de tip ATM (Asynchronous Transfer Mode). Acestea au fost dezvoltate o dată cu introducerea magistralelor de comunicații pe fibră optică și se estimează că vor constitui una dintre principalele tehnici de transmisie în viitor.

În tehnica ATM se definesc circuite virtuale și căi virtuale (un grup de circuite), utilizate pe toată durata unei comunicații. Pachetul de date este de lungime fixă și mică (53 biți). Rezultă o viteză mare de transmisie și o mare flexibilitate în configurarea rețelei, în funcție de cerințele reale de trafic.

Se preconizează apariția unor noi generații de circuite, care să asigure comutarea și interfațarea rapidă cu fluxurile de informații de viteză mare. Două propuneri de organizare a serviciilor celulare de comunicații sunt competitive și anume:

- SMDS (*switched multimegabit data service*): preluat în cazul schimburilor locale de informații și de către o mare parte a serviciilor de procesare a datelor industriale;
- CCITT: reprezentând standardul pentru modul de transfer asincron (ATM) în banda largă a rețelelor digitale pentru servicii integrate (ISDN).

De asemenea, intră în atenție rețelele de comunicații fără fir, care permit viteze de transmisie a datelor de ordinul a 20Mb/s, utilizând fie transmisie radio, fie transmisie prin infraroșii. Sunt folosite comunicațiile fără fir în cazul rețelelor mobile sau în cazul rețelelor care acționează într-un spațiu închis sau limitat de tipul unui campus. Se consideră că introducerea rețelelor fără fir va modifica esențial modul de acces și de transmisie a datelor.

De notat că limitările sistemelor actuale în ceea ce privește modificarea către transmisiile de viteză foarte mare sunt date în principal de viteza mare la care trebuie procesate protocolurile de comunicații, precum și de eficiența algoritmilor care gestionează minimizarea erorilor de transmisie, a controlului bufferelor (overflow) și implicit a proceselor de retransmisie. În unele aplicații, se poate dovedi utilă reducerea benzii de transmisie, în avantajul îmbunătățirii protocolurilor de comunicație.

### 3. Prelucrarea imaginilor

Văzul pare a fi simțul care conferă omului senzația celui mai mare grad de certitudine. Dincolo de cel mai sofisticat aparat care transformă informația în histograme, cifre, mesaje, siguranța pentru un medic o asigură numai posibilitatea de a vedea organul analizat în specificitatea și funcționalitatea acestuia. Spectrul diagnozei bazate pe imagistică medicală s-a extins în ultimele decenii. Tomografia computerizată, diagnoza bazată pe medicina nucleară, rezonanța magnetică nucleară și angiografia digitală au redus considerabil aspectele incerte și au sporit cantitatea de informație și gradul de certitudine a diagnosticului. Tehnicile de procesare a imaginilor bi- și tridimensionale se împletesc cu mijloacele de simulare și terapie în volum (prin câmpuri, nelocalizată, punctual).

În ceea ce privește terapia, metodele extracorporale scutesc pacientul de riscul și de disconfortul tehnicilor clasice, toate acestea la un cost diminuat. Terapia radioactivă a devenit mult mai eficientă prin computerizare.

Nivelul actual al tehnicii privind achiziția și prelucrarea imaginilor conferă câteva direcții de optimizare a activității de diagnoză și terapie:

- obținerea de imagini bi- sau tridimensionale ale zonelor de interes, de înaltă rezoluție și de fidelitate;
- posibilitatea arhivării imaginilor în vederea

- prelucrării statice a informației conținute și a urmării în timp a evoluției pacienților;
- posibilitatea de detecție automată și de evidențiere a unor caracteristici mai greu observabile de către factorul uman;
- simularea comparativă a efectelor diverselor tipuri de terapii în vederea alegerii soluției optime;
- simularea mișcării articulațiilor, folosită în protezologie în vederea asigurării gradului maxim de libertate a membrului imobilizat.

Stocarea unor bănci de imagini discuri de mare capacitate. Procesarea și restaurarea imaginilor tridimensionale în timp real se pot realiza proiectând algoritmi de procesare paralelă. Extragerea informației utile și interpretarea acesteia reprezentând un proces cognitiv, trebuie abordată prin prisma teoriilor și a tehnologiilor alternative: metode conexioniste, logica fuzzy, algoritmi genetici. O abordare generoasă ar putea fi oferită de către metodele unitare, care reușesc diversele tehnologii la zi.

#### 4. Robotizarea

Informatizarea la nivelul "celui mai pur act medical", actul chirurgical, este evidentă în tendința de robotizare. Fie că este vorba de chirurgie interactivă, ghidată, fie că este vorba de chirurgie efectuată autonom de robot, transferul de responsabilitate de la om către mașină este practic total.

Robotul este chemat să rezolve problemele de finețe ce depășesc posibilitățile umane, sau să opereze în locuri fără vizibilitate. Robotul manipulat (parțial sau total) ori robotul independent rezolvă adesea o problemă de chirurgie submilimetrică, sub supraveghere tomografică, dar cu un grad mare de independență în găsirea soluției optime (traseu de tăiere, zonă de ablație etc.).

Alături de sistemul expert de diagnostic și de tratament, precum și de proteza inteligentă, chirurgia robotică a completat arcul ce închide cercul informatizării medicinei.

Toate aceste evoluții nu ar fi posibile fără dezvoltări corespunzătoare teoretice. Printre cele mai importante, în ultimii ani, sunt teoria dinamicii haotice, care explică în profunzime un imens număr de comportamente biologice, precum și tehnicile (teoretice) de tratare a incertitudinii.

#### 5. Aplicații ale teoriei dinamicii neliniare (sistemelor haotice) în medicină

Fără îndoială că teoria dinamicii neliniare, cu ramura sa principală dinamica haotică, ar fi rămas, pentru multă vreme încă, o "știință neplauzibilă" fără aportul calculatoarelor. Rezultatele obținute la sfârșitul secolului trecut și la începutul secolului acesta în matematică, în domeniul haosului și al fractalilor erau, chiar și în matematică, "retorice",

reflectând mai mult o patologie decât un interes real. Promovarea la nivel de disciplină de vârf, cu aplicabilitate universală ca arie de cuprindere, a venit abia după ce Lorenz, în esență un meteorolog, a detectat fenomenul haotic prin simulare pe calculator.

Primele referiri la un sistem cu comportament de tip haotic datează din 1892 și sunt datorate lui H. Poincaré. Observații referitoare la comportamentul haotic a unor sisteme biologice apar în anii '70, prin studii asupra dinamicii populațiilor, incluzând cercetări asupra modelelor de tip populație pradă - populație prădătoare, populație gazdă-insecte parazite, populație gazdă - viruși/bacterii. În anii '70 apar, de asemenea, primele interpretări ale unor structuri ale organismului uman - plămân, oase - din punct de vedere a geometriei fractale.

Informațiile privind semnalele biomedicale (ECG, EEG, EMG etc.), cât și la alți parametri biologici (evoluția unor epidemii, variația numărului de indivizi infectați cu virusul HIV, etc.) sunt de cele mai multe ori disponibile sub forma scriilor de timp, adică a unei informații eșantionate. Problema centrală este ca prin analiza seriei de timp să se obțină informații corecte despre sistemul care a generat seria respectivă. Încă nu este rezolvată pe deplin problema reconstrucției informației de la seria de timp - care reprezintă informația eșantionată la o singură ieșire a sistemului - funcție de întreg sistemul, care uzual este caracterizat de mai multe variabile.

Dificultatea analizei este datorată faptului că de cele mai multe ori seriile de timp provin de la sisteme complexe (inimă, encefal, populații de viruși etc.), care sunt puternic cuplate cu mediul lor specific și ca urmare prezintă dimensiuni de haos de ordin superior și sunt greu de modelat cu ajutorul unor dinamici neliniare de ordin redus.

Analiza seriilor de timp haotice, provenite de la generatorii biologici testează o serie de parametri specifici dinamicilor haotice, cei mai importanți fiind coeficientul Lyapunov și dimensiunea fractală a atractorului general de dinamica în spațiul fazelor. Analiza seriei de timp haotice permite reconstituirea atractorului straniu și apoi determinarea dimensiunii fractale a acestuia. Cu cât dimensiunea fractală a atractorului este mai mare, cu atât mai mare este gradul de complexitate a sistemului care a produs seria de timp analizată. Analiza seriilor de timp haotice a generatorilor biologici permite determinarea limitelor teoretice în ceea ce privește posibilitatea predicției pe termen scurt utilizând entropia Kolmogorov.

Analiza diverselor semnale biomedicale (ECG, EEG, EMG etc.) din punct de vedere al dinamicii neliniare, precum și a unor structuri anatomice din punct de vedere al geometriei

fractale, relevă noi serii de parametri a căror interpretare se dovedește a fi utilă în diagnostic.

## 6. Activitatea haotică la nivelul cordului

Inima prezintă proprietăți de tip fractal și haotic, atât în ceea ce privește structura anatomică, cât și în ceea ce privește funcționarea (semnalul electrocardiologic general). Există structuri cu caracteristici de autosimilaritate la nivelul arhitecturilor arterelor coronare, a ramificațiilor venoase, a unor fascicule miocardice și a rețelei His-Purkinje. Teoretic, fractalii prezintă proprietatea de autosimilaritate pentru o scală infinită: nu există o "cea mai mică" scală. Structura fascicolului His-Purkinje este caracterizată de o valoare limitată a scalei de magnitudine, pentru care arhitectura se păstrează. În același timp există diferențe de la o scală la alta. Realizarea unui model fractal al rețelei His-Purkinje este util în studierea patologiilor datorate conducerii defectuase a impulsului de depolarizare către ventricole (sindrom de bloc), cât și în detecția modificărilor apărute în spectrul semnalului ECG induse de modificări ale geometriei rețelei His-Purkinje. Înregistrările realizate asupra pulsului relevă aceleași proprietăți fractale (autosimilaritate), transferate acum dinamicii cordului. Variația valorii pulsului și a semnalului ECG în timp, pentru un pacient normal, dă aparența de regularitate și uniformitate. Un studiu mai atent relevă existența unui grad înalt de variabilitate a pulsului - neasociat cu respirația - chiar și pentru pacienți normali, aflați în repaos. Există legături între apariția unor stări patologice și scăderea gradului de complexitate a manifestării individului. Aceste pierderi ale gradului de complexitate fiziologică sunt, de asemenea asociate cu îmbătrânirea organismului. Aceste legături pot fi caracterizate prin parametrii caracteristici dinamicilor haotice: coeficient Lyapunov, dimensiune fractală, entropie.

## 7. Activitatea haotică la nivelul encefalului

Înregistrările EEG realizate pentru diverse activități ale creierului au evidențiat o puternică dependență a dimensiunii atractorului straniu (reconstituit în spațiul fazelor după metoda "time delay"), de tipul de activitate a creierului.

Există numeroase studii privitoare la corespondențele dintre valoarea dimensiunii de corelație și diverse procese de gândire, ca activitate a encefalului suprapusă peste activitatea curentă. De asemenea, s-au realizat determinări ale dimensiunii de corelație, funcție de activitatea mentală corelată cu obstrucționarea unuia din simțuri (cu ochii închiși, cu urechile astupate etc.). Studiile relevă apariția unei valori a dimensiunii de corelație cu atât mai mare cu cât problema dată subiectului spre rezolvare este mai dificilă și cu cât simțurile care sunt activate aduc o informație mai complexă spre creier.

Aceasta vine în sprijinul altor studii care încearcă, la nivel global, să asocieze ideea de haos (dimensiune de corelație mare) cu procesul de evoluție normală a individului în ansamblu.

## 8. Studii fractale asupra structurilor osoase și alte aplicații

Este cunoscut faptul că structura și densitatea osului trabecular afectează rezistența și calitatea întregii structuri osoase. Există studii asupra variației structurale a osului trabecular utilizând conceptele geometriei fractale. Determinarea dimensiunii fractale a fost realizată comparativ pe imagini.

Alte aplicații medicale ale analizei haotice și fractale în: studiul epidemiilor, studiul activității musculare EMG, studii psihiatrice, studii genetice, studii privind detecția cancerului mamar, studii hepatice, studii asupra retinopatiilor, asupra polipilor rectali, privind evoluția herpesurilor, privind SIDA etc.

## 9. Compresie de imagini utilizând fractali

Utilizarea teoriei fractale în compresia de imagini reprezintă o deschidere în tehnicile de compresie de imagini, atât în ceea ce privește stocarea informației pe un timp îndelungat, cât și din punct de vedere al transmisiei imaginilor medicale (radiografii, ecografii, tomografii), între centrele de decizie medicală.

Există tehnici speciale de compresie de imagini, care pleacă de la ipoteza că fractalii pot descrie cel mai bine imaginile naturale. Astfel de tehnici sunt:

- compresie utilizând sistemele de funcții iterative (IFS based coding);
- compresie prin segmentare și codare utilizând dimensiunea fractală (segmentation based coding);
- compresie prin metoda "bățului" (yardstick method).

Tehnicile menționate permit obținerea unor rapoarte de compresie de ordinul 10000:1, cu prețul unui timp de compresie deosebit de mare. De exemplu, o imagine color complexă necesită în medie 100 de ore pentru codare și aproximativ 1 oră pentru decodare, în cazul în care se dorește o extragere maximală a parametrilor fractali din imagine (utilizând o stație grafică Masscomp 5600). Funcție de calitatea dorită a imaginii codate (compresate) și apoi decodate (decompresate), se poate obține un timp de calcul inferior celui precizat anterior. De exemplu, reducând raportul de compresie la o valoare de 20:1, pentru care nu se observă diferențe de calitate evidente, sunt realizate plăci dedicate PC pentru codare și decodare utilizând IFS și care pot realiza o codare a unei imagini color de 320x200x24 bit/pixel în 20 secunde și o decodare a aceleași imagini în 1.2

secunde.

## 10. Tratarea incertitudinii

Actul medical și prognoza rezultatelor sale, ca și în multe alte tipuri de activități umane, sunt impregnate de incertitudine, la nivel statistic, dar și la nivel cognitiv.

Instrumentele conceptuale și deductive (raționale) utilizate de medic, precum și elementele faptice cu valențele lor de incertitudine trebuie transferate ca atare mașinii, ce se dorește a deveni receptacol al "inteligenței". Acest transfer presupune o înțelegere anterioară a factorilor ce intervin în cunoaștere, formalizarea și algoritmizarea lor. Tratarea incertitudinii este unul dintre aspectele cele mai subtile ale inteligenței umane. Încercările relativ recente au condus la domenii și tehnici noi, precum teoria logicii și sistemelor "nuanțate" (fuzzy), teoria posibilităților ș.a. O informatizare a medicinii în afara acestor aporturi teoretice ar fi naivă, iar rezultatele ar fi elementare.

## 11. Probleme de deontologie legate de extinderea informatizării

Este banal a spune că informatizarea medicinei presupune adunarea a tot mai multe date despre bolnav, pe întreaga paletă biopsihică a atributelor sale. Este poate mai puțin evident că această extindere a cunoașterii individului trece dincolo de atributele individuale, în colectarea datelor despre ascendența individului, vizând strămoșii acestuia, ca entități biopsihice. Și este, de asemenea, mai puțin evident că această alegere de date trebuie, măcar într-o oarecare măsură, a se referi și la statutul profesional, interrelațional, la nivel de grup și la nivelul social al pacientului. De exemplu, stresul social sau mediul profesional-uman și familial sunt factori de risc în numeroase maladii, nu doar psihice, iar bolile ereditare "clasice" sau neuropsihice presupun cunoștințe relativ detaliate despre ascendența biologică, în mediul ei social. Ca urmare, este vorba de deschiderea porților asupra unei "informații sensibile" și mai ales asupra unei cantități foarte mari de astfel de informație.

Legile lui Hipocrate devin vagi, dacă nu cumva fragile, dar mai ales dificil de aplicat, în ce privește secretul privitor la viața personală a individului. Diametrul cercului intimității sale se restrânge, intimitatea individului devine uneori discutabilă, ca în cazul pacienților cu maladii grave, transmisibile.

Informatizarea și accesul distribuit, uneori necontrolabil, la aceste date forțează cel puțin

modificări conceptuale pe plan legislativ: ele presupun o legislație mult mai fină, detaliată și precisă.

O idee asupra noii neimunități dobândite de intimitatea individului o oferă problema manipulării datelor privitoare la sistemul genetic al individului: determinarea unor factori de risc, eventual chiar certitudinea privitoare la apariția unor maladii ereditare (dintre cele cca. 4000 cunoscute deja în prezent) la omul în prezent sănătos este o informație pe care compania de asigurări, sau firma care angajează persoana respectivă au dreptul să o cunoască? Necondiționat sau condiționat? Cum trebuie condiționată această cunoaștere?

La nivelul actului medical însuși, sunt de așteptat modificări - pentru a nu spune deteriorări - ale relației clasice medic-pacient.

În toate aceste direcții, informatica este motor de schimbare, dar va trebui să fie și factor regulator.

## 12. Problematika domeniului la nivel național

Este îndeobște recunoscut că una dintre oportunitățile majore ale unei industrii în dezvoltare este orientarea către aparatul medical. Cazul mai multor industrii naționale cu dinamică ridicată este edificator. Rămâne la latitudinea factorilor de decizie măsura în care o asemenea deschidere este oportună. În cazul nostru, această decizie va trebui să ia în considerare că industria națională de aparatură medicală - cu toată complexitatea specifică (mecanică fină, electronică, știința materialelor, informatică etc.) este ca și inexistentă. Dar, indiferent de această decizie, precizarea necesităților și a oportunităților de informatizare pe scară largă a medicinei naționale este imperativă.

Școlile ieșene de informatică, inginerie biomedicală și medicină au dat un răspuns conștient și responsabil acestor cerințe ale viitorului apropiat, prin înființarea<sup>4</sup> primei facultăți de bioinginerie medicală din țară, precum și prin realizarea unor cercetări cu caracter de prioritate în acest domeniu.

În aceeași direcție, considerăm naturală și necesară mai vechea implicare a colectivului Institutului de Informatică teoretică din Iași și a Centrului de cercetări în sisteme fuzzy și inteligență artificială<sup>5</sup>, în cercetări cu finalitate în medicină.

4 4 în 1994

5 din cadrul Universității tehnice " Gh. Asachi" din Iași, centru afiliat și Academiei Române.