

Sisteme expert în diagnosticul imaginii digitale medicale

“Automated diagnosis anywhere at anytime”
 “People don’t understand that I use the Internet to communicate, not diagnose. I communicate with my patients via the Internet and see them in their apartments.”
 Web 2.0 and Medicina



Decizia

- Sisteme computerizate de suport a deciziei medicale (inteligenta artificială): definiție, istoric
- Metodologia sistemelor computerizate de suport a deciziei
- Arhitectura sistemului expert
- Sisteme expert în diagnosticul imaginii digitale medicale



Decizia

- **Decizia: Când? ... Cum?**
- Care e problema?
- Ce metode se pot folosi pentru a rezolva problema?
- Ce se poate întâmpla?
- Care pot fi rezultatele?
- Ce valoare au fiecare din rezultatele posibile?



Decizia

- Alegerea unei acțiuni după ce au fost evaluate toate riscurile și beneficiile fiecărei alternative
- Arborele decizional:
 - Noduri decizionale
 - Noduri de tip șansă



Decizia

DECISION	CHANCE EVENTS	OUTCOME	UTILITY
Take an umbrella to work	Lose umbrella	Rains	Wet & lost umbrella 0.2
		Stays Sunny	Dry & lost umbrella 0.6
	Do not lose umbrella	Rains	Dry & still have umbrella 1.0
		Stays Sunny	Dry & still have umbrella 0.7
Leave umbrella at home	Rains	Wet & still have umbrella 0.3	
	Stays Sunny	Dry & still have umbrella 1.0	



Sisteme computerizate de suport a deciziei medicale

- = orice program computerizat care ajută profesioniștii din sănătate în luarea deciziilor (Shortliffe, 1990)
- “computer software employing a knowledge base (KB) designed for use by a clinician involved in patient care, as a direct aid to clinical decision making”



Sisteme computerizate de suport a deciziei medicale

- Deficiențe:
 - Cunoștințele personalului specializat nu sunt suficient structurate pentru a fi transpuse în algoritmi;
 - Cunoștințele pot fi reprezentate ca o mulțime de „reguli” (unități de "know-how"), fiecare fiind potrivită pentru o clasă de evenimente;
 - Mulțimea de reguli nu este completă



Sisteme computerizate de suport a deciziei medicale

- Sistemului expert MYCIN (Stanford University):
 - diagnosticul și tratamentul patologiilor infecțioase
 - 1974 utiliza ~ 200 de reguli
 - 1985 utiliza ~ 600 de reguli
 - Acuratețea calculată experimental: 69%
 - Nu a fost folosit niciodată în practica medicală:
 - Probleme etice și legale ale practicii medicale (dacă programul pune un diagnostic greșit sau atribuie o recomandare terapeutică greșită cine este răspunzător?)
 - Problema majoră: tehnologia sistemului (un utilizator trebuie să introducă toate datele necesare → necesita ~ 30 min)



Sisteme computerizate de suport a deciziei medicale

- Exemple:
 - CADUCEUS, INTEMIST, QMR: diagnostic medicină internă
 - PUFF: diagnosticul patologiilor respiratorii
 - ONCOCIN: asistarea chimioterapiei
 - SGL-Doctor: 8000 simptome / semne / examinări de laborator



Bazele metodologice ale sistemelor de asistare a deciziilor

Abordare	Raționament	Explicați	Învățare
Modele matematice	Algoritm	Nu	Nu
Statistică/Probabilitate	Inductiv	Limitate	Automat prin inducție
Sisteme expert	Deductiv	Da	Dificil, necesită control
Rețele neuronale	Inductiv	Nu	Controlat sau automat



Modele matematice

- Modelele matematice au fost propuse de câteva zeci de ani, pentru descrierea sistemelor biologice sau fiziologice complexe:
 - Hemodinamica
 - efectele radiațiilor ionizante asupra țesuturilor
 - Farmacocinetică
- Pot servi direct la adoptarea deciziilor medicale:
 - pasiv (analiza consecințelor variației a unul sau mai mulți parametri)
 - activ (control automat)



Statistică/Probabilitate

- Metode de clasificare multidimensională
 - Pacientul este asignat unei clase (terapeutică sau diagnostică), în funcție de valoarea unor parametri de interes.
 - Un eșantion de “învățare”, constituit din cazuri pentru care s-a stabilit decizia (diagnostică, sau terapeutică), permite găsirea variantelor discriminante și estimarea valorii coeficienților de interes.



Statistică/Probabilitate

- Cele mai utilizate metode statistice:
 - Regresia multiplă
 - Analiza discriminantă
- Exemplu:



Statistică/Probabilitate

Exemplu:

$$f_D = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

- diagnostic medical posibil: apendicită vs salpingită
- 3 semne: apărare musculară, durere în fosa iliacă dreaptă și durere în fosa iliacă stângă).
- $f_{\text{apendicită}} = 4 \cdot AM + 10 \cdot DFID - 10 \cdot DFIG$
- $f_{\text{salpingită}} = 3 \cdot AM + 5 \cdot DFID + 5 \cdot DFIG$
 - $f_{\text{apendicită}} = 0 + 10 - 10 = 0$
 - $f_{\text{salpingită}} = 0 + 5 + 5 = 10$



Statistică/Probabilitate

Sisteme probabilistice:

- **Teorema lui Bayes:** Probabilitatea a posteriori de a avea un diagnostic D_i atunci când semnul S este prezent este funcție de probabilitatea a priori a diagnosticului și de probabilitatea observării semnului atunci când este prezent diagnosticul (probabilitate condiționată)

$$\Pr(D_i | S) = \frac{\Pr(D_i) \cdot \Pr(S | D_i)}{\sum_{j=1}^n \Pr(D_j) \cdot \Pr(S | D_j)}$$



Statistică/Probabilitate

- **Teorema lui Bayes:**

- Se ține seama atât de semnele pozitive cât și de cele negative.
- Concordanța obținută cu opinia experților este adesea mai mare de 70% și rezultatele sunt cu atât mai bune cu cât numărul cazurilor din eșantionul de bază este mai mare.
- În lipsa unei baze de cazuri, estimarea probabilităților a priori și a probabilităților condiționale poate fi asigurată inițial de experți, apoi să fie înlocuită de probabilități reale calculate pe baza cazurilor.



Statistică/Probabilitate

- **Teorema lui Bayes: Limite**
 - Exhaustivitatea deciziilor (suma probabilităților de diagnostic D_i este egală cu 1)
 - Exclusivitatea deciziilor
 - Independența semnelor (rareori realizată iar gradul de legătură diferă în funcție de situația diagnostică). Când două semne sunt legate între ele, să se păstreze doar cel mai semnificativ.



Sisteme expert

- Un sistem expert este format dintr-un grup de programe și o colecție de informații specifice, cu ajutorul cărora se realizează un dialog om-computer, în vederea rezolvării problemelor
- Multiplică inteligentă formalizată a unor specialiști punând-o la dispoziția acelor persoane al căror acces la respectivii specialiști este imposibilă



Rețele neuronale

- Inspirată din structura și funcționarea creierului
- Rețeaua este constituită din noduri, sau neuroni formali U_i , legate între ele prin arcuri.
- Propagarea se face pornind de la unități de intrare care formează un strat de intrare, pentru a ajunge, prin intermediul unuia sau al mai multor straturi de neuroni și de aici la unități de ieșire care formează stopul, sau pătura de ieșire.



Rețele neuronale

- Gradul de stimulare al unui neuron este suma stimulilor neuronilor aferenți.
- Dacă această sumă depășește un anumit prag de activare, neuronul va stimula neuronii eferenți cu care este conectat.



Arhitectura sistemului expert

Componente:

- Un limbaj de exprimare a cunoștințelor
- Baza de cunoștințe pentru acumularea cunoștințelor specifice unui domeniu de aplicare (furnizate de experți, achiziționate de sistem). Această bază de cunoștințe este necesară pentru realizarea obiectivului 3.
- Un motor de inferențe care exploatează cunoștințele din baza de cunoștințe.
- Un modul de dialog cu utilizatorul.



Arhitectura sistemului expert

Limite:

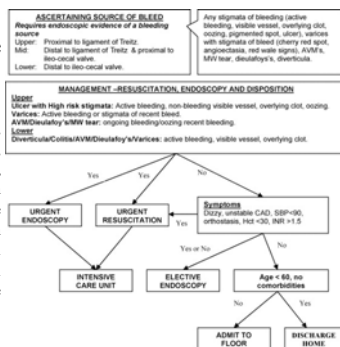
- Cunoașterea este multiplă
- Cunoașterea este infinită
- Cunoașterea este adesea contradictorie sau inconstantă
- Computerul este orb, are nevoie de intermediar
- Este dificil să se ia din limitele micro-universului sistemelor expert
- Raționamentele sunt limitate (deducție, abducție)
- Validarea cunoștințelor este dificilă



Schema logică a unui sistem expert

Schema de învățare a clasificărilor

- Chu A, Ahn H, Halwan B, Kalmin B, Artifon ELA, Barkun A, Lagoudakis MG, Kumar A. A decision support system to facilitate management of patients with acute gastrointestinal bleeding. *Artificial Intelligence in Medicine* 2008;42(3):247-259.



Sisteme expert în diagnosticul imaginii digitale medicale

Artificial Intelligence in Medicine

- Diagnosticul mamografic asistat de calculator:
 - Detecția automată a formațiunilor mamare tumorale (Hashimoto S. *et al.*).
 - Algoritm de detecție a masei glandelor mamare pe mamografia digitală S. Kasai *et al.*; T. Matsubara *et al.*).
 - Idnetificarea computerizată a microcalcifierilor pe mamografia digitală A. Vilarrasa *et al.*).
 - Simulare 3D a calcifierilor mamare cu aplicabilitate în mamografia digitală
- Diagnosticul de cancer pulmonar asistat de calculator:
 - Screening CT (H. Jiang *et al.*)
 - X-ray CT (T. Okumura *et al.*)



Sisteme expert în diagnosticul imaginii digitale medicale

- Diagnosticul patologiei tumorale cerebrale:
 - Wang and Tseng. Computer-Based Medical Systems, 1990.
 - Integrated expert system for medical imaging scan, set-up, and scheduling
- Diagnosticul Alzheimer asistat de calculator:
 - PET (Positron emission tomography) cu FDG (fluorodeoxyglucose): Siessmeier T. at. all.



Sisteme expert în diagnosticul imaginii digitale medicale

- **SPEC: patologia coronariană**
 - PERFEX: interpretarea automată a datelor SPECT cardiac
 - 255 nivele de gri clasificate în 5 clase (clasificarea severității defectului de perfuzare):
 - Normal: 100% -70% perfuzie - sigur nu e CAD (255 - 179 nivele gri)
 - Reducere mică: 69% - 50% perfuzie – probabil nu e CAD (178 - 128 nivele gri)
 - Reducere moderată: 49% - 30% perfuzie – poate să fie CAD (127 - 77 nivele de gri)
 - Reducere severă: 29% -10% perfuzie – probabil e CAD (76 - 26 nivele de gri)
 - absentă: 9% - 0% perfuzie – sigur e CAD (25 - 0 nivele gri)



Sisteme expert în diagnosticul imaginii digitale medicale

- **SPEC: patologia coronariană**
 - Măsuri ale procedurii diagnostic:
 - Sensibilitate
 - Specificitate
 - Valoare predictivă pozitivă
 - Valoare pozitivă negativă
- Qureshi RJ, Husain SA. Design of an Expert System for Diagnosis of Coronary Artery Disease Using Myocardial Perfusion Imaging. National Conference on Emerging Technologies 2004, pp. 100-105.

