

Dr. Mircea-Novac Ștefănescu



# Sisteme-Multiexpert medicale

ISBN 978-606-577-205-2

Editura Sfântul Ierarh Nicolae  
2010

## **Cuprins**

Introducere .....	2
<b>1. Aplicații bazate pe cunoștințe</b> .....	<b>5</b>
1.1. Introducere .....	5
1.2. Baza de cunoștințe .....	5
1.3. Cerințe pentru aplicațiile bazate pe cunoștințe .....	7
<b>2. Sisteme-expert</b> .....	<b>13</b>
2.1. Introducere .....	13
2.2. Arhitectura sistemelor-expert .....	14
2.3. Dezvoltarea și întreținerea sistemelor-expert .....	16
2.4. Reprezentarea cunoștințelor .....	18
2.5. Regulile de producție .....	20
2.6. Exemplu de sistem-expert medical .....	27
<b>3. Sisteme-expert medicale</b> .....	<b>31</b>
3.1. Introducere .....	31
3.2. Sarcini ale sistemelor-expert medicale .....	31
3.3. Domeniile sistemelor-expert medicale .....	33
3.4. Metode de diagnostic .....	35
3.5. Organizarea sistemelor-expert medicale .....	35
3.6. Calitatea sistemelor-expert medicale .....	37
<b>4 Sistemele-multiexpert</b> .....	<b>39</b>
4.1. Introducere .....	39
4.2. Controlul sistemelor-multiexpert .....	40
4.3. Comunicarea în interiorul sistemelor-multiexpert .....	41
<b>5. Sistemul-multiexpert “MEDICOL”</b> .....	<b>42</b>
5.1. Introducere .....	42
5.2. Domeniul sistemului-multiexpert .....	42
5.3. Cerințe ale sistemului-multiexpert .....	44
5.4. Principii de proiectare ale sistemului-multiexpert .....	46
5.5. Colectarea datelor cazului .....	48
5.6. Regulile de prelucrare a faptelor .....	52
5.7. Organizarea modulelor-expert .....	55
5.8. Exemplu de analiză a unui caz clinic .....	57
5.8.1. Cazul clinic analizat .....	57
5.8.2. Detaliile consultației .....	58
5.8.3. Rezultatele consultației .....	82
Glosar .....	85
Bibliografie .....	87

## Introducere

### Inteligența artificială și medicina

Primele programe de calcul au fost scrise pentru aplicarea unor formule. Chiar și un prezent, programele de conversie a valorilor temperaturii între scările Celsius și Fahrenheit sunt folosite ca un prim exemplu pentru studii dintre cele mai diverse ale programelor de calcul.

Evoluția tehnicii de calcul a permis introducerea rapidă a operațiilor de comparație a două numere. O primă utilizare a acestor operații a fost interpretarea rezultatelor aplicării formulilor de calcul, în special prin compararea cu valori-limită precizate de la caz la caz. În acest fel programul poate preciza dacă rezultatul este plauzibil, dacă este în niște limite normale, sau dacă are vreo altă semnificație.

Prin instrucțiuni de decizie bazate pe comparația mai multor valori s-a ajuns relativ rapid la efectuarea unor raționamente și la apariția unor programe cu comportament inteligent. Aceste programe reprezintă un salt calitativ care a devenit posibil prin acumulările cantitative date de lărgirea gamei operațiilor efectuate de calculatoare. Primele programe cu comportament inteligent au fost dezvoltate de matematicieni pentru demonstrarea teoremelor și rezolvarea unor probleme dificile.

Chiar primele programe cu comportament inteligent au dat rezultate interesante și utile, ceea ce a determinat delimitarea unui nou domeniu în cadrul informaticii pentru studiul acestor programe. Acest nou domeniu este numit **inteligența artificială** și este unul dintre primele care s-au delimitat în cadrul informaticii.

În cadrul inteligenței artificiale s-au delimitat relativ rapid mai multe clase de programe, atât datorită varietății problemelor abordate de programele cu comportament inteligent, cât și a varietății modurilor de a obține comportament inteligent. În prezent s-a ajuns la supraspecializări în diverse domenii ale inteligenței artificiale, deoarece între diversele clase cu comportament inteligent sunt diferențe serioase, iar volumul de cunoștințe necesar pentru fiecare clasă de programe este oricum ridicat.

O problemă aparte a programelor cu comportament inteligent este volumul mare de prelucrări, care este impus de volumul mare al datelor care trebuie analizate. Acum există sisteme de calcul cu performanțe ridicate care susțin evoluția acestor programe, și chiar în viitorul apropiat este de așteptat o sporire semnificativă a posibilităților în acest domeniu.

În toate perioadele istoriei și în toate spațiile istorice, medicina a beneficiat cu prioritate de cele mai noi achiziții ale științei și tehnologiei. Chiar și în cele mai vechi timpuri s-au identificat numeroase specii de plante cu posibilități curative variate, s-au folosit în scopuri medicale cele mai bune mijloace de comunicație disponibile, s-au folosit cele mai noi materiale disponibile pentru instrumente chirurgicale, etc.

Pentru tehnica de calcul s-au căutat utilizări în medicină cu aceeași promptitudine ca și în cazul altor tehnologii nou-introduse.

S-a ajuns rapid la delimitarea unui domeniu aparte, numit **informatica medicală** și dedicat studiului utilizării informaticii în medicină. În zilele noastre, fiecare domeniu al medicinei beneficiază de utilizări ale tehnicii de calcul și fiecare clasă cunoscută de aplicații informatice are utilizări în medicină.

În câteva domenii ale medicinei tehnica de calcul are o importanță decisivă pentru sporirea calității rezultatelor. Între acestea s-au remarcat statistica medicală (în care au devenit posibile noi metode de prelucrare statistică a datelor) și computertomografia (deoarece imaginile secțiunilor pot fi formate în timp util doar cu ajutorul calculatorului).

În prezent în activitatea medicilor apar schimbări importante datorită introducerii sistemelor informatice care realizează evidența informatizată a pacienților (dar pot îndeplini și alte sarcini care pot fi importante), volumului în creștere de literatură de specialitate publicată pe Internet (însoțit de o gamă largă de imagini color), precum și a altor realizări spectaculoase în domenii dintre cele mai variate.

În perioada în care primele aplicații cu comportament inteligent au dat rezultate s-a pus problema rezolvării unor probleme de diagnostic în medicină. S-a acordat prioritate diagnosticului deoarece acesta creează probleme dintre cele mai serioase. În prezent există tehnologia necesară pentru formularea unui diagnostic la cel mai înalt nivel, chiar în cazuri dintre cele mai complexe care reclamă consultul interdisciplinar la nivelul experților. În timp s-au găsit diverse utilizări în medicină pentru diverse clase de aplicații cu comportament inteligent.

În prezent **inteligenta artificială în medicină** (AIM, de la artificial intelligence in medicine) constituie o ramură pe deplin consacrată a informaticii medicale. În orice prezentare a informaticii medicale se găsește un capitol despre utilizarea inteligenței artificiale în medicină, alături de cele referitoare la baze de date, statistică sau programe cu scop didactic.

Utilizarea aplicațiilor din domeniul inteligenței artificiale în medicină este acum limitată, dar rezultatele obținute sugerează că utilizarea acestor aplicații se va extinde în viitorul apropiat.

### **Scopul lucrării**

Scopul lucrării de față este prezentarea unor posibilități de utilizare a inteligenței artificiale în medicină. Acest scop a fost ales deoarece inteligența artificială în medicină constituie una dintre cele mai complexe ramuri ale informaticii medicale, dar, în același timp, și printre cele mai interesante.

Primul obiectiv este o prezentare a utilizărilor inteligenței artificiale în medicină. Această prezentare a fost pregătită să fie utilă și pentru cei care doresc doar să se documenteze fără a deveni specialiști.

Au fost alese pentru prezentare ramurile inteligenței artificiale care sunt mai bine cunoscute datorită rezultatelor obținute. Pentru fiecare din aceste ramuri au fost prezentate:

- domeniile medicale în care s-au identificat posibilități de utilizare a aplicațiilor informatice;
- clasele de aplicații care pot fi utilizate în medicină și posibilități ale acestora;
- diverse aplicații care au dat deja rezultate în domeniile semnalate.

Un alt obiectiv care s-a dovedit a fi important este o introducere în inteligența artificială, deoarece acest domeniu este unul dintre cele mai complexe din cadrul informaticii. În acest fel se oferă medicilor o posibilitate de a înțelege natura acestor aplicații fără a mai fi nevoiți să caute alte publicații. Majoritatea lucrărilor disponibile de introducere în inteligența artificială sunt destinate în special informaticienilor care intenționează să se specializeze în acest domeniu.

Lucrarea de față se adresează în special medicilor care ar dori să participe la dezvoltarea unor aplicații de uz medical din domeniul inteligenței artificiale în special prin furnizarea cunoștințelor medicale necesare.

Pot beneficia și medicii implicați în conducerea unor secții cu activități de cercetare în care sunt dezvoltate sau utilizate aplicații de inteligență artificială.

Cunoștințele prezentate pot fi de folos și medicilor din departamentele de informatică ale spitalelor (și ale altor unități medicale mari), deoarece asemenea aplicații pot fi introduse cu bune rezultate în sistemele informatice de spital. Pot fi secții care ar utiliza în mare măsură asemenea aplicații.

În viitorul apropiat pot fi și medici care să lucreze în firme care asigură asistența tehnică pentru sisteme informatice ale cabinetelor medicale.

În domeniul învățământului cunoștințele prezentate ar putea fi de folos în special pentru formarea în domeniul informaticii medicale. Din ce în ce mai important va fi că unele aplicații cu comportament inteligent pot fi deja folosite în scop didactic, sau pentru dezvoltarea aplicațiilor medicale de uz didactic.

## **Prezentarea lucrării**

Pentru redactare a fost preferat un stil aparte, format pentru a permite o lectură cât mai rapidă și înțelegerea cu ușurință a tuturor noțiunilor prezentate. Această abordare a fost inspirată în special de idei grupate în cadrul unei discipline numite în literatura anglo-saxonă „**technical writing**” (ar fi „scrierea tehnică” în limba română), și adesea confirmate în cadrul logicii. Printre altele, în cadrul acestui stil au fost următoarele preocupări:

- organizarea conținutului pe principiul „fluxului logic” (logical flow), care cere ca fiecare paragraf să fie o consecință logică a celor precedente;
- autonomia lărgită a fiecărui paragraf;
- includerea tuturor detaliilor care au vreo importanță pentru subiectul abordat, chiar dacă acestea par simple și ușor de ghicit chiar de către cei inițiați în domeniu.
- formularea cu atenție a definițiilor, în special pentru noțiunile importante.

Acest sistem permite adesea o lectură mai eficientă (ca viteză și efort de înțelegere) chiar și pentru cei care se inițiază într-un domeniu cu totul nou, dar și un acces secvențial pentru cei care au nevoie de rememorarea unor noțiuni.

În cadrul lucrării au fost introduse diverse **exemple** în ideea de a ilustra cât mai bine toate categoriile de aplicații posibile. Au fost selectate exemplele mai ușor de urmărit.

În multe cazuri au fost introduse exemple din alte domenii, după care au urmat cele cu conținut medical. Această abordare a fost preferată deoarece cunoștințele medicale au o complexitate aparte și de aceea se găsesc greu exemple ușor de urmărit al căror conținut medical să nu fie deformat. Este foarte probabil ca ilustrarea cu exemple din mai multe domenii să fie mai eficientă decât cea limitată la un singur domeniu.

Pentru termenii introduși în această lucrare au fost incluse și traducerile în limba **engleză**, deoarece această limbă este utilizată din ce în ce mai mult în activitatea științifică atât pentru realizările din S.U.A. și Marea Britanie, cât și pentru simplitatea gramaticii. În prezent se remarcă tendința ascendentă de a folosi engleza ca *lingua franca* în diverse domenii de activitate și regiuni ale globului.

În multe cazuri au fost probleme serioase de delimitare a conținutului unor capitole, date în special de complexitatea materialului prezentat. Majoritatea cunoștințelor de nivel mediu din inteligența artificială se bazează pe achiziții ale ingineriei programării și ale matematicii, ceea ce creează diverse probleme chiar specialiștilor în curs de formare în domeniul informaticii. Din această cauză, în unele domenii s-au reținut doar exemple dintre cele mai simple și doar s-a schițat utilizarea în medicină a cunoștințelor respective.

Este foarte probabil ca o a doua ediție a acestei lucrări să fie mai bună în special datorită posibilităților mari de informare de pe Internet, cât și celor create de evoluția tehnicii de calcul pentru activitatea de cercetare în informatică.

# 1. Aplicații bazate pe cunoștințe

## 1.1. Introducere

**Aplicațiile bazate pe cunoștințe** (Knowledge-based Applications) sunt aplicații informatice care folosesc pentru îndeplinirea sarcinilor cunoștințe **explicite** și **separate** de restul programului.

Aceste cunoștințe sunt stocate și utilizate de către aplicație în cazuri concrete care sunt suficient de complexe pentru a fi soluționate într-o manieră acceptabil doar prin raționamente.

Definiția merită să fie promovată deoarece delimitarea conceptului nou-introdus se face prin criterii ușor de utilizat.

Aplicațiile bazate pe cunoștințe constituie obiectul uneia dintre cele mai importante ramuri a informaticii. În prezent cea mai importantă și cunoscută categorie de aplicații bazate pe cunoștințe o constituie sistemele-expert, dar perspectivele unora din noile clase de aplicații derivate din sistemele-expert sunt deja interesante

Un program de **diagnostic medical bazat** pe cunoștințe este cel care primește datele unui anume pacient și formulează pe baza acestora diagnosticul pentru respectivul pacient. Datele pe care le poate primi un asemenea program sunt de fapt propoziții de genul:

- „*pacientul este febril*” (simptome);
- „*pacientul are dureri abdominale*” (semne);
- „*pacientul are leucocitoză*” (rezultate ale examenelor paraclinice), etc.

Concluziile unui asemenea program ar fi tot propoziții de genul „*pacientul are peritonită*” (ce ar putea corespunde datelor prezentate mai sus).

Valoarea unui asemenea program este dată de posibilitatea de a primi descrieri detaliate ale manifestărilor bolii și de a folosi în mod corespunzător fiecare detaliu care poate avea vreo importanță pentru cazul respectiv.

## 1.2. Baza de cunoștințe

În cazul aplicațiilor bazate pe cunoștințe denumirea clasei și definiția arată că rațiunea de a fi a acestei aplicații este utilizarea unei cantități importante de **cunoștințe**, ceea ce nu se justifică decât în probleme complexe.

Din precizarea în cadrul definiției că în aceste aplicații cunoștințele sunt separate de restul programului rezultă deja ideea unei structuri de date aparte destinată stocării acestor cunoștințe.

Cunoștințele sunt **explicite** atunci când toate detaliile sunt exprimate clar și nu se ajunge la regăsirea vreunui detaliu pe baza unor raționamente. Caracterul explicit al cunoștințelor se obține prin separarea într-o structură de date aparte, unde este consemnată doar o descriere a obiectelor din domeniu și a interacțiunilor acestora. Utilizarea acestor cunoștințe pentru o anumită problemă este sarcina unor module de program care pot obține aceste cunoștințe ori de câte ori este necesar, printr-o operație de regăsire (retrieval), care este similară unei lecturi.

Inspecția unei structuri de date rămâne mereu posibilă, dar conținutul acesteia este scris într-o formă care să fie înțeleasă în primul rând de programele care folosesc structura de date. În multe cazuri se folosesc programe specializate de vizualizare care dau o traducere a conținutului structurii de date într-o formă ușor de înțeles pentru om (eventual, chiar într-un limbaj natural).

Cunoștințele sunt **implicite** atunci când nu sunt exprimate direct. În lipsa afirmațiilor, cunoștințele sunt regăsite prin consecințe logice. În cadrul unui program cunoștințele implicite sunt cele folosite la formarea și organizarea instrucțiunilor programului. Asemenea cunoștințe nu sunt incluse în instrucțiunile programului și pot fi regăsite doar dacă sunt precizate în documentația programului. Cunoștințele implicite pot fi deduse din analiza instrucțiunilor programului care le include sau a răspunsurilor programului la diverse seturi de date de intrare. Dacă este necesară vreo analiză a instrucțiunilor unui program, aceasta nu ar valoare dacă nu sunt deduse cunoștințele implicite.

Orice program include cunoștințele necesare rezolvării clasei (sau claselor) de probleme pentru care a fost constituit, dar în marea majoritate a cazurilor acestea sunt implicite.

**Baza de cunoștințe** este o structură de date destinată stocării unei colecții de cunoștințe din domeniul pentru care a fost dezvoltată aplicația care o conține.

Spre deosebire de datele folosite în diverse tipuri de programe, cunoștințele sunt complexe, deoarece obiectele din domeniul vizat trebuie descrise într-un mod care să permită soluții adecvate pentru numeroase probleme dintre cele mai complexe. Asemenea descrieri presupun o mare varietate de detalii, care se referă în special la:

- diversele proprietăți ale obiectelor,
- structura obiectelor (diverse componente, proprietățile și interacțiunile lor)
- diversele interacțiuni între obiecte (fenomene, procese, etc.). Asemenea interacțiuni au diverse caracteristici și efecte.
- diverse clase de obiecte, care pot constitui mai multe ierarhii pe mai multe nivele. Pentru toate aceste clase și subclase contează criteriile de delimitare și consecințele acestor delimitări.
- diverse metode de explorare, evaluare și utilizare a obiectelor și interacțiunilor acestora.

Descrierea obiectelor dintr-un anumit domeniu, așa cum a fost prezentată mai sus, poate fi realizată și utilizată doar prin structuri de date cu o mare varietate de componente și relații între aceste componente. Din aceste motive, caracteristicile aparte ale cunoștințelor au impus ca bazele de cunoștințe să fie o clasă aparte de structuri de date.

În cazul programului care prezintă rezultatele amestecului culorilor fundamentale, o bază de cunoștințe minimală ar fi formată din trei propoziții:

1. *“Dacă se folosesc culorile roșu și albastru, atunci se obține culoarea violet.”*
2. *“Dacă se folosesc culorile roșu și verde, atunci rezultă culoarea galben.”*
3. *“Dacă se folosesc culorile albastru și verde, atunci se obține culoarea cyan” (verde-albastru)*

Această prezentare este în limbaj natural și este destinată să ilustreze doar natura conținutului bazei de cunoștințe. Propozițiile pot fi formulate în câteva moduri diferite, dar sensul se păstrează.

În prezent există mai multe moduri de reprezentare a cunoștințelor, iar acestea constituie obiectul unuia dintre cele mai importante capitole ale inteligenței artificiale.

**Bazele de date** au fost propuse în repetate rânduri pentru stocarea cunoștințelor, dar nici artificiile de utilizare intensivă a unora din cele mai complexe tipuri de baze de date nu au asigurat înregistrarea în mod corespunzător a tuturor detaliilor folosite în raționamente.

Baza de date este de regulă o colecție de **tabele** în care se precizează ce obiecte dintr-o anumită clasă sunt disponibile la un moment dat, iar pentru fiecare din aceste obiecte doar anumite caracteristici și relații cu alte obiecte. În acest fel, o bază de date este utilă pentru descrierea diverselor obiecte din cadrul unei anumite clase, dar într-o măsură limitată pentru descrierea clasei de obiecte și a comportamentului acestor obiecte în diverse situații.

Prin utilizarea unei baze de date se obține o separare a datelor de restul programului, într-un mod similar cu separarea cunoștințelor în cadrul aplicațiilor bazate pe cunoștințe. Această asemănare

determină multe similarități importante între arhitectura sistemelor de gestiune a bazelor de date și a aplicațiilor bazate pe cunoștințe.

În cazul unor utilizări ocazionale ale unui volum redus de cunoștințe sunt suficiente diverse artificii de programare, și acestea se folosesc și în prezent când este posibil.

Separarea bazei de cunoștințe de programele care o utilizează a adus o serie de avantaje importante:

- programele care efectuează raționamentele sunt mai eficiente;
- pot fi utilizate baze de cunoștințe incomplete;
- bazele de cunoștințe pot fi mai ușor de modificat.

Programele care efectuează raționamente devin mai simple, deoarece includ în locul cunoștințelor din domeniul vizat doar instrucțiuni de extragere a acestora la nevoie. (Silogismul arată posibilitățile teoretice)

O aplicație bazată pe cunoștințe poate fi utilizată chiar din primele etape ale dezvoltării, datorită autonomiei diverselor componente ale bazei de cunoștințe. Valoarea rezultatelor obținute este oricum limitată permanent de volumul cunoștințelor disponibile în momentul utilizării.

Baza de cunoștințe poate fi reactualizată și corectată ori de câte ori este necesar fără a fi necesare modificări ale programelor care o utilizează, deci aplicația este scoasă din funcțiune numai pe perioade foarte scurte pentru modificări. Deși are o structură complexă, baza de cunoștințe poate fi modificată cu ușurință relativă dacă sunt disponibile editoare specializate pentru cunoștințele stocate.

Ideea de a separa structura de date de programele care o folosesc pentru a simplifica întreținerea aplicației este utilizată cu succes și pentru alte clase de aplicații, cum ar fi cele de gestiune a bazelor de date sau cele cu scop educativ.

### **1.3. Cerințe pentru aplicațiile bazate pe cunoștințe**

Aplicațiile bazate pe cunoștințe pot fi folosite pentru diverse sarcini de mare complexitate:

- Diagnoză;
- Interpretare;
- Monitorizare;
- Previziuni;
- Planificări;
- Proiectări.

Toate aceste sarcini sunt îndeplinite în condiții similare indiferent de natura sistemului, care poate fi natural, artificial, social, etc.

**Diagnosticul** este, în sensul cel mai larg, o concluzie referitoare la starea funcțiilor unui sistem, așa cum este dedusă prin analiza datelor obținute din observații. Acest sens este rezultatul unei generalizări a celui binecunoscut din medicină. [WAT86]

Diagnosticul precizează dacă este prezentă vreo disfuncție în cazul analizat, iar pentru fiecare din disfuncțiile depistate trebuie specificate natura și cauzele acesteia.

Stabilirea diagnosticului este o sarcină de o complexitate remarcabilă, deoarece

- pot fi prezente concomitent una sau mai multe disfuncții;
- o disfuncție poate avea cauze diferite și de importanță variabilă. Între aceste cauze pot fi și alte disfuncții prezente în același caz.
- o disfuncție poate avea mai multe cauze în același caz, și acestea pot acționa simultan și/sau succesiv. Toate aceste cauze trebuie identificate pentru a obține un diagnostic de calitate.



- descrierile diverselor disfuncții includ elemente diferite de la caz la caz.

Datele care permit sesizarea și analiza unei disfuncții ale unui anumit sistem pot fi considerate **semne** ale disfuncției. Un asemenea semn este, de fapt, o modificare a aspectului și/sau a funcției sistemului analizat sau ale uneia din părțile componente. Semnele unei disfuncții sunt determinate în special de cauzele disfuncției, dar și de diverse particularități ale sistemului afectat.

De regulă nici una dintre datele care pot fi semne ale unei disfuncții a sistemului analizat nu este suficientă pentru a susține singură un diagnostic, deoarece se referă la o modificare ce poate fi efectul mai multor disfuncții diferite. O disfuncție poate fi depistată adesea numai pe baza mai multor date obținute din surse diferite.

Există multe cazuri în care semnele unei disfuncții nu sunt evidente și trebuie făcute diverse **investigații**, iar asemenea investigații sunt adesea diverse și greu de planificat.

Marea majoritate a disfuncțiilor au mai multe **stadii evolutive** și în fiecare din aceste stadii pot apare semne diferite. Diferențele pot fi într-atât de mari încât stadii evolutive diferite ale aceleiași disfuncții să fie considerate în mod eronat disfuncții diferite.

Când este analizată o anumită disfuncție, pentru a obține o bună caracterizare a acesteia trebuie să se țină seama de toate părțile componente ale sistemului care pot fi implicate în disfuncția respectivă. În acest fel se evită omisiunea unor cauze care sunt adesea importante.

Dacă modificările sesizate într-un anumit caz sugerează posibilitatea mai multor disfuncții, se recomandă să se presupună în primul rând prezența celei mai probabile disfuncții dintre cele posibile. Această ipoteză se confirmă doar în majoritatea cazurilor, nu în toate, și uneori nici în marea majoritate. Chiar și așa, în cazul analizei multor cazuri se realizează o economie importantă de timp și eforturi.

Când semnele analizate sugerează prezența mai multor disfuncții concomitent în același caz, se recomandă să se presupună în primul rând prezența unei disfuncții care să explice cât mai multe modificări dintre cele sesizate în cazul respectiv. Această presupunere se confirmă în cele mai multe cazuri și asigură o economie importantă de timp și eforturi.

În medicină formularea diagnosticului este cea mai mare problemă în majoritatea cazurilor și **semiologia** este una dintre cel mai importante discipline. Cele prezentate mai sus sunt bine cunoscute și prezentate pe larg în semiologie, dar sunt valabile și în diverse domenii de activitate, altele decât medicina.

**Interpretarea** este un proces de analiză a unei situații care vizează depistarea unei **semnificații** sau găsirea unei explicații care nu este evidentă.

Scopul interpretării este găsirea unui înțeles ascuns, care se referă de regulă la o anumită evoluție a situației date (a unui anumit sistem). În multe cazuri este vorba de semnificația unui mesaj sau a unor evenimente care au efectul unui mesaj. Unele dintre cele mai complexe cazuri sunt cele de înțelegere a unei situații descrise prin date provenite din surse de informații diferite, cum ar fi diverse categorii de senzori.

Multe probleme ale interpretării sunt studiate în cadrul **semanticii**, care este o ramură a logicii.

**Monitorizarea** este un proces de supraveghere sistematică și continuă care poate avea ca scopuri:

- detectarea unor pericole;
- controlul calității (unui semnal sau produs obținut printr-un proces continuu);
- depistarea unor elemente semnificative dintr-un semnal.

Acest proces presupune comparații ale rezultatelor observațiilor efectuate la intervale stabilite în prealabil cu niște valori dezirabile, pentru a depista cazurile în care este necesară o intervenție și a stabili natura intervenției.

De regulă pentru monitorizare se folosesc instrumente care nu au efect asupra operațiunilor vizate.

Între disciplinele desprinse relativ recent din filozofie este și **controlul proceselor**, care studiază printre altele și diverse probleme ale monitorizării.

**Previziunea** este o presupunere a unei evoluții ulterioare și a unor consecințe posibile ale unei situații date, așa cum este dedusă din analiza unor date.

Probleme serioase pot fi create de:

- lipsa unor date care pot fi utile într-un anumit caz;
- date care pot fi eronate datorită unor erori de recoltare a datelor sau de transmitere a acestora. Frecvența și importanța erorilor pot varia de la caz la caz chiar în limite largi.
- volumul prea mare de date care trebuie prelucrate într-un caz anume. Un asemenea volum de date este adesea impus de o mare varietate de factori cauzali care au importanță și durată variabile.
- cunoașterea insuficientă a cauzelor unor fenomene;
- elemente ale situației care nu pot fi prevăzute din diverse motive.

Multe elemente ale rezultatului predicției pot fi afectate de incertitudini sau imprecizii dintre cele mai diverse.

**Planificarea** este, în sensul cel mai larg, stabilirea metodelor care urmează să fie utilizate pentru atingerea unui anumit obiectiv. [WAT86]

Un plan de acțiune este o intenție consemnată, de regulă, în diverse documente care este organizată ca o listă a **etapelor** ce trebuie parcurse pentru atingerea obiectivului propus. Fiecare etapă include una sau mai multe acțiuni ce trebuie îndeplinite, eventual și niște obiective de etapă. Un plan detaliat conține pentru fiecare din **acțiunile** incluse detaliile (proprietățile) care au vreo importanță pentru îndeplinirea obiectivului propus. Se recomandă să fie identificate și reținute toate detaliile care pot avea vreo importanță, deoarece importanța unui detaliu poate varia în limite largi de la caz la caz.

Un plan al unei clădiri, instalații sau al unei mașini (în sensul cel mai larg, care include, printre altele, și mașinile-unelte) este un document care conține o descriere a aranjamentului sistematic al elementelor componente ale sistemului vizat. În acest fel sunt specificate forma, dimensiunile și plasarea în spațiu a elementelor componente, iar din plasarea în spațiu rezultă diverse relații între aceste componente (în primul rând cele date de poziție, dar și destule dintre cele date de funcțiile lor. Această clasă de planuri este apropiată de prima, deoarece reprezintă rezultatul dorit al acțiunilor de construire a sistemului vizat.

Planificarea este un proces complex datorită mării varietăți a detaliilor care pot avea importanță pentru rezultatul final.

Un plan poate deveni adesea nerealizabil dacă nu se ține cont de fiecare din **resursele** disponibile. Marile clase de resurse sunt umane, materiale, financiare și informaționale. Mai totdeauna aceste resurse sunt limitate sau chiar insuficiente.

O problemă serioasă a planificării este posibilitatea unor **situații neprevăzute**. Asemenea situații pot avea o mare importanță pentru rezultatul final al planului.

Diverse probleme ale planificării sunt studiate în cadrul unor discipline desprinse relativ recent din filozofie, cum ar fi **teoria deciziei**, **gestiunea proiectelor** (project management) și **gestiunea proceselor** (process management).

**Proiectarea** este procesul prin care se stabilește structura unui sistem artificial. În cadrul structurii se precizează elementele componente ce vor fi incluse, detaliile fiecărui component și poziția fiecărui component în cadrul sistemului. Din pozițiile componentelor rezultă un aranjament prin care se precizează relațiile spațiale și funcționale stabilite între componente.

Deciziile referitoare la componente sunt determinate de o serie de **obiective** ale proiectului respectiv. Obiectivele unui proiect se stabilesc pe baza unei serii de cerințe de proiectare. De fapt, stabilirea acestor cerințe este prima fază a proiectului.

**Cerințele** proiectării se împart în două mari categorii: funcționale și nefuncționale. Cerințele funcționale determină diverse detalii ale funcțiilor sistemului proiectat. Cerințele nefuncționale se referă la diverse aspecte ale utilizării sistemului vizat, cum ar fi costurile funcționării, ușurința utilizării, condiții de întreținere, fiabilitate, etc.

În prezent aplicații bazate pe cunoștințe sunt utilizate sau propuse pentru toate domeniile de activitate și în ultimii ani s-au delimitat câteva categorii mari de asemenea aplicații.

#### **1.4. Clase de aplicații bazate pe cunoștințe**

Analiza definiției aplicațiilor bazate pe cunoștințe arată că este vorba de o categorie de aplicații delimitată în primul rând pe baza unui principiu de **arhitectură**.

**Arhitectura** unui program (software architecture) este o specificație a modului de organizare a acestuia, și se referă la:

- componentele programului (unitățile de program de pe nivelul cel mai înalt de organizare);
- proprietățile vizibile din exterior ale acestor componente (importante pentru alte componente de același nivel sau chiar de utilizator);
- relațiile între componente (care precizează condițiile de colaborare între diversele componente).

Multe clase de aplicații sunt delimitate pe baza unei anumite **sarcini** de îndeplinit (tasks), iar arhitectura este o consecință a cerințelor (așa cum în biologie funcția unui organ determină structura acestuia). Asemenea clase de aplicații sunt

- programele de calcul (calculators), a căror sarcină este aplicarea unor formule de calcul;
- aplicațiile de gestiune a bazelor de date (database management systems) a căror sarcină este întreținerea și utilizarea unei baze de date;
- editoarele grafice, a căror sarcină este crearea și modificarea unor imagini.

În cazul editoarelor grafice, este de remarcat că acestea constituie doar o clasă de aplicații în cadrul supraclasei editoarelor. **Editorul** este un program destinat creării și modificării unei colecții de date, iar clasele de editoare sunt delimitate pe baza tipului colecției de date. Cele mai cunoscute clase de editoare sunt cele de text și cele grafice, dar sunt și editoare ale bazelor de date (ca modul în cadrul sistemului de gestiune a bazelor de date), sau ale sunetului, etc. S-a ajuns la delimitarea claselor de editoare datorită diferențelor importante între structurile diverselor colecții de date.

În cazul aplicațiilor bazate pe cunoștințe principiul de arhitectură care este esența acestei clase de aplicații oferă o deschidere pentru îndeplinirea unei game variate de sarcini. În aceste condiții, aplicațiile bazate pe cunoștințe constituie o supraclasă în cadrul căreia mai multe clase pot fi delimitate pe diverse criterii.

Între toate aceste clase, prima în ordine cronologică și poate cea mai cunoscută și importantă și în prezent este cea a sistemelor-expert.

**Sistemele-expert** sunt sisteme de programe ce rezolvă ca un expert o problema dintr-un domeniu bine definit al activității practice. Baza de cunoștințe a sistemului-expert se referă de regulă la un întreg domeniu consacrat sau o secțiune a acestuia.

**Sistemul informatic** este o colecție de programe care colaborează pentru îndeplinirea unui grup de sarcini înrudite.

Diversele clase de aplicații bazate pe cunoștințe se delimitează în special pe baza a două criterii: nivelul cunoștințelor utilizate și extinderea domeniului aplicației.

Nivelul cunoștințelor utilizate poate fi în principiu expert sau non-expert și are importanță în special pentru complexitatea aplicației, dar și pentru volumul bazei de cunoștințe.

Extinderea domeniului aplicației este principalul factor care determină volumul bazei de cunoștințe. O aplicație poate fi dezvoltată pentru o specialitate consacrată, dar pot fi și unul sau mai multe capitole dintr-un domeniu consacrat.

**Expertiza** este un mod de cunoaștere intensivă care permite obținerea unor soluții bune și rapide chiar în probleme dintre cele mai dificile din domeniul vizat. Acest scop presupune un mare volum de cunoștințe de mare complexitate. Unele estimări au arătat că experții dețin adesea un volum de 100 – 300 de ori mai mare de cunoștințe decât specialiștii nou-formați din același domeniu. [WAT86]

Utilizarea expertizei creează probleme aparte, deoarece include majoritatea cunoștințelor nou-dobândite, care adesea sunt utilizate înainte de a fi bine sistematizate.

Între categoriile mai noi de aplicații bazate pe cunoștințe mai cunoscute până în prezent sunt:

- Sistemele non-expert;
- Sistemele multi-expert;
- Sistemele de asistare a deciziei;
- Programele-expert.

**Sistemele non-expert** sunt destinate să rezolve cazuri pentru care sunt suficiente cunoștințe de nivel mediu, cum ar fi rezervarea biletelor de călătorie sau sfaturi pentru pacienții care au nevoie de o primă orientare (la ce medic să se prezinte pentru o anumită afecțiune și cum care ar fi prognosticul acesteia).

**Sistemele-multiexpert** sunt o categorie de aplicații provenite, în principiu, din integrarea mai multor sisteme-expert consacrate unor domenii diferite de activitate. În medicină ar putea fi utile pentru cazurile extrem de complexe, care impun un consult multidisciplinar. O problemă serioasă în cazul acestor aplicații s-a dovedit organizarea unei colaborări eficiente între diversele sisteme-expert integrate. Soluțiile adoptate presupun o serie de cunoștințe aparte, pentru care s-a delimitat **inteligența artificială distribuită** ca un subdomeniu aparte al inteligenței artificiale. [AND94][BEN93]

S-a propus adesea denumirea de sisteme-multiexpert pentru aplicații care țin cont de păreri divergente ale experților din același domeniu pentru un anumit caz. Denumirea sugerează oricum apelul la mai mulți experți și nu se precizează dacă este vorba de un singur domeniu de expertiză sau mai multe. În cazul **opiniilor divergente** dintr-un domeniu, se pune întrebarea dacă problemele create de acestea sunt atât de mari încât să justifice delimitarea unei clase aparte de aplicații și dacă nu cumva ar fi mai eficientă o varietate corespunzătoare de sisteme expert. În multe cazuri divergențele între opinii sunt consecința unor cunoștințe insuficiente în subdomeniul utilizat pentru problema respectivă, iar extinderea cunoștințelor duce adesea la atenuarea sau eliminarea unor asemenea divergențe. Cei ce au propus folosirea denumirii pentru sisteme-multiexpert nu au propus vreo denumire pentru aplicațiile care folosesc expertiza din domenii diferite.

**Sistemele-multiagent** sunt sisteme informatice care grupează mai mulți agenți pentru îndeplinirea unei sarcini complexe.

**Agentul** este un program care verifică periodic datele prelucrate de alte programe și intră în acțiune atunci când sesizează prin analiza acestor date o situație care impune acțiunea pentru care agentul a fost implementat și instalat. De regulă agentul își execută sarcina în fundal și raportează doar rezultatele finale. Agenții pot avea un comportament simplu sau inteligent.

Unul dintre cele mai simple tipuri de agenți este un program care verifică data sistemului și anunță dacă în ziua respectivă este un anumit eveniment deosebit pentru utilizator. Asemenea agenți cu rol de **avertizare** pot fi folosiți și în scopuri medicale, pentru a semnaliza diverse erori de planificare a tratamentului sau situații

în care situația pacientului se agravează.

Au fost propuși și agenți de căutare pe Internet pentru a semnala noutățile dintr-un anumit domeniu (produse, literatură de specialitate). Asemenea agenți pot fi utili și în scopuri medicale, pentru a semnala noutățile din literatura medicală, dar și diverse medicamente sau echipamente de uz medical.

Există riscul de a se confunda sistemele multi-agent cu sistemele-multiexpert, dar denumirea de multi-agent nu garantează nivelul de expert pentru cunoștințele stocate, și nici măcar un comportament inteligent, deși există o tendință de a se prefera agenții inteligenți.

**Sistemele de asistare a deciziilor** (Decision Support Systems) sunt o clasă de sisteme informatice care susțin procesul de adoptare a deciziilor. Asemenea sisteme sunt utile pentru adoptarea deciziilor în situații de mare complexitate.

Utilizatorul unui asemenea sistem este persoana care adoptă decizia (numită uneori și decident) sau consilierul acesteia.

S-au propus trei tipuri de sisteme de asistare a deciziilor:

- pasive, care asistă decizia, dar nu propun în mod explicit sugestii sau soluții;
- active, care pot propune în mod explicit sugestii sau soluții
- cooperative, care permit utilizatorului să completeze sau să rafineze decizia propusă de sistem și să o retrimită sistemului spre validare. O asemenea validare poate fi repetată de mai multe ori dacă este cazul.

Pentru asistarea deciziilor se folosesc date din surse extrem de diverse: în special baze de date, dar și diverse documente, foi de calcul tabelar (spreadsheet), etc.

Diversele programe din cadrul acestui sistem pot realiza

- diverse sinteze ale situației analizate (inclusiv cu grafice și/sau rapoarte dintre cele mai diverse și diverși indicatori, etc)
- diverse predicții, pentru a estima efectele diverselor decizii posibile.

Structura sistemelor de adoptare a deciziilor este complexă, dar de regulă se propun trei mari componente:

- sistemul de gestiune a bazelor de date (DBMS, de la Data Base Management System), pentru obținerea rapoartelor din bazele de date utilizate
- sistemul de gestiune a bazelor de modele (MSMS, de la Model Base Management System), care grupează diverse programe folosite pentru simulări, optimizări sau prelucrări statistice (serii temporale, etc.)
- sistemul de gestiune și generare a dialogurilor (DGMS, de la Dialog Generation and Management System), care asigură interacțiunea cu utilizatorul.

Asemenea aplicații pot include și **sisteme-expert**, care sunt recomandate în special pentru diagnoză când sunt multe date incerte sau de rîp calitativ.

S-a propus denumirea de sisteme de asistare a deciziilor pentru sisteme-expert, dar aceasta este deja folosită pentru o serie de aplicații de natură diferită.

## 2. Sisteme-expert

### 2.1. Introducere

Sistemele-expert sunt și în prezent principala categorie de aplicații bazate pe cunoștințe.

Teoria sistemelor-expert recomandă trei **caracteristici esențiale** pentru a stabili dacă o aplicație este sistem-expert autentic sau face parte din vreo altă clasă. Această deosebire este importantă datorită prestigiului aparte al sistemelor-expert și diverselor avantaje conferite de acest prestigiu. Cele trei caracteristici sunt:

- existența unei baze de cunoștințe separate de restul sistemului (sunt aplicații bazate pe cunoștințe);
- raționamentele sistemului sunt efectuate la nivelul experților din domeniu;
- raționamentele efectuate sunt prezentate în detaliu, prin contribuția unor programe speciale din cadrul sistemului-expert.

Posibilitatea conferită sistemului-expert de a **explica** de ce s-a ajuns la o anumită concluzie este o caracteristică de foarte mare importanță. Soluția dată de un sistem-expert este greu de verificat, are adesea o mare importanță și rămâne mereu riscul unor erori, așa că adesea fiecare detaliu care a contribuit la o anumită concluzie trebuie să fie disponibil pentru analiza soluției,

În funcție de modul de colectare a datelor cazului analizat sistemele-expert pot fi

- **Interactive**, când prelucrează date furnizate de către utilizator la consolă sau
- **Integrate**, când prelucrează date colectate din diverse aparate sau baze de date ale diverselor aplicații..

Consultarea sistemului-expert pentru analiza unui caz poate fi

- **Interactivă**, dacă sistemul solicită periodic informații despre problema abordată (înainte de a prezenta rezultatele analizei cazului) sau
- **non-interactivă**, dacă nu este nici o ocazie de interacțiune cu utilizatorul până ce sistemul prezintă rezultatele analizei cazului.

Sistemele-expert **în timp real** constituie o varietate de sisteme-expert cu timp de răspuns strict limitat pentru a nu fi sesizat de utilizator. Asemenea sisteme-expert se folosesc, printre altele, în cadrul unor sisteme de control ale proceselor tehnologice.

Mai multe varietăți de sisteme-expert au fost delimitate pentru diverse categorii de utilizatori.

Dacă se ține cont de nivelul de pregătire, utilizatorii pot fi experți sau utilizatori comuni.

Un **expert uman** folosește de regulă un sistem-expert de consultanță. Un asemenea sistem-expert are un rol de consilier destinat în primul rând să-i reamintească expertului uman ceea ce se presupune că știe, dar ar putea uita. Astfel se realizează **asistarea** expertului uman.

Un **utilizator comun** folosește un sistem-expert care permite unor persoane să adopte decizii deasupra nivelului lor de pregătire și experiență și uneori chiar în afara acestuia. În acest fel se ajunge la **înlocuirea** expertului uman, dar este extrem de riscantă o înlocuire totală a unor asemenea specialiști. De regulă se asigură o înlocuire parțială, în special pentru cazurile în care experții umani nu sunt disponibili,

De regulă utilizatorii comuni folosesc versiuni ale sistemelor-expert numite versiuni-utilizator sau sisteme **blocate**, deoarece pot fi utilizate doar pentru analiza cazurilor (în modul exploatare) fără posibilitatea modificării cunoștințelor stocate.

Dacă se ține cont de afilierea utilizatorilor se pot dezvolta versiuni interne și externe ale sistemelor-expert.

Un sistem-expert **extern** este destinat unui număr mare de utilizatori, din întreprinderi diverse. Marea majoritate a sistemelor-expert sunt din această categorie.

Un sistem expert **intern** este destinată pentru utilizarea exclusiv în interiorul unei întreprinderi. În asemenea cazuri conținutul bazei de cunoștințe este adaptat condițiilor specifice întreprinderii respective. Asemenea sisteme-expert sunt dezvoltate mai rar, în special pentru întreprinderi foarte mari.

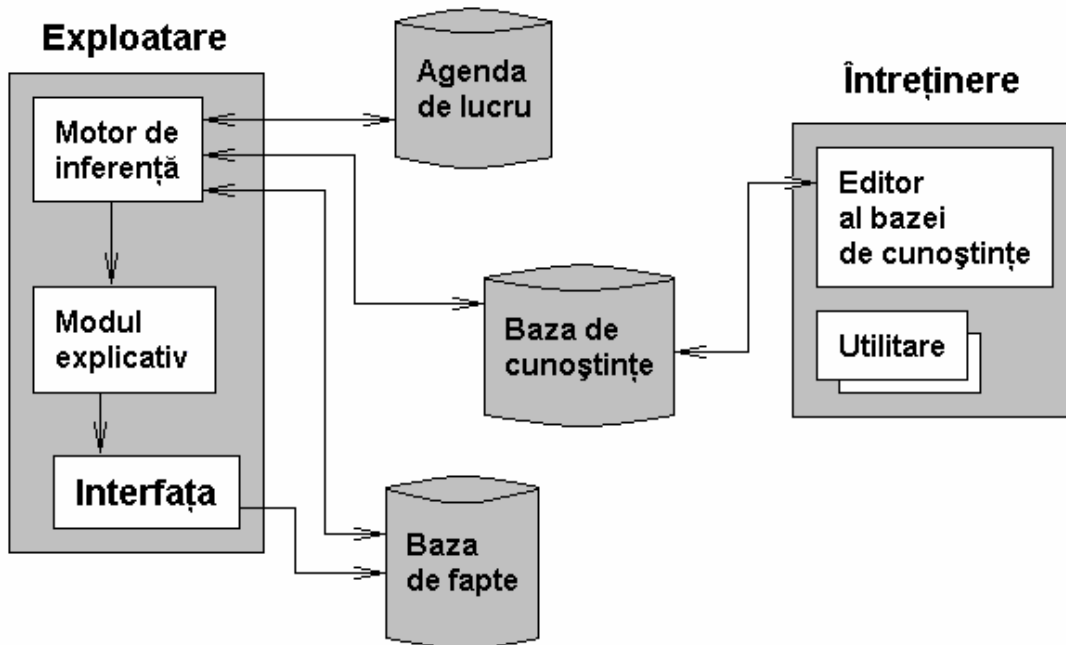
- Utilitatea sistemelor-expert este sporită de posibilitatea de a asigura
- utilizarea sistematică a unor protocoale care țin cont de foarte multe detalii și/sau a unor formule care presupun calcule laborioase;
  - diseminarea facilă a expertizei în regiunile unde este deficitară;
  - o mai bună înțelegere și organizare a cunoștințelor care sunt pregătite pentru utilizarea în cadrul sistemului-expert.

## **2.2. Arhitectura sistemelor-expert**

Sistemele-expert au o arhitectură complexă, în cadrul căreia principalele componente sunt:

- Baza de cunoștințe ;
- Baza de fapte ;
- Motorul de inferențe ;
- Modulul explicativ.

În multe cazuri mai pot fi incluse și diverse alte componente. (**Planșa 2.1**)



Planșa 2.1 Schema-bloc a sistemului-expert

**Baza de fapte** (Facts Base) este o structură de date ce conține enunțul problemei abordate și rezultatele intermediare obținute în cursul rezolvării. Conținutul bazei de fapte este utilizat și pentru justificarea raționamentelor efectuate. Baza de fapte are statutul unei memorii auxiliare pe termen scurt, al cărei conținut este dependent de situația creată. După rezolvarea unei probleme conținutul bazei de fapte este conservat doar la cererea expresă a utilizatorului.

**Baza de cunoștințe** (Knowledge Base) este folosită pentru rezolvarea tuturor problemelor din domeniul ales pentru aplicație. Are statutul unei memorii principale pe termen lung.

În unele domenii se utilizează și **baze de date** pentru stocarea unor fapte utilizate pe perioade mai lungi într-o serie de cazuri din domeniul analizat. De exemplu, o bază de date se pot utiliza pentru firmele dintr-un anumit domeniu și o anumită zonă, dacă au importanță pentru problemele abordate.

În cazul programului de prezentare a rezultatului amestecului culorilor fundamentale o **bază de cunoștințe** ar putea fi cea formată din trei propoziții.

1. "Dacă se folosesc culorile roșie și albastră, atunci se obține culoarea violet."
2. "Dacă se folosesc culorile roșie și verde, atunci rezultă culoarea galben."
3. "Dacă se folosesc culorile albastră și verde, atunci se obține culoarea cyan"

Un exemplu de **bază de fapte** cu datele unei probleme ce ar putea fi rezolvată cu ajutorul bazei de cunoștințe de mai sus ar putea fi cea formată din propozițiile

- "S-a folosit culoarea roșie." și
- "S-a folosit culoarea verde."

Un alt exemplu de bază de fapte (tot pentru baza de cunoștințe prezentată mai sus) ar cea formată din propozițiile



- “S-a folosit culoarea roșie.” și
- “S-a folosit culoarea albastră.”

În acest exemplu structurile de date și rezultatele au fost prezentate în limbajul natural. Acestei formulări îi pot corespunde câteva moduri diferite de reprezentare, dar rezultatele sunt aceleași.

**Motorul de inferențe** (Inference Engine) este programul care asigură rezolvarea cazului analizat pe baza cunoștințelor disponibile în cadrul bazei de cunoștințe și a faptelor din baza de fapte. Este o structură practic independentă de baza de cunoștințe, care conține doar cunoștințe implicite referitoare la rezolvarea claselor de probleme din domeniul vizat.

Principalele componente ale motorului de inferență sunt:

- **interpretorul**, care analizează și prelucrează fiecare propoziție ;
- **planificatorul** (Scheduler) care determină ordinea în care cunoștințele sunt analizate.

Același motor de inferențe poate fi utilizat pentru mai multe sisteme-expert care utilizează baze de cunoștințe cu structuri similare.

**Modulul explicativ** (Explicative Module) este folosit pentru a prezenta raționamentele efectuate în cazul unei probleme analizate cu sistemul-expert respectiv. Printre diversele aspecte ale raționamentelor pot fi precizate:

- cum a fost utilizată o anumită informație;
- cum s-a ajuns la o anumită decizie;
- ce decizie s-a adoptat pentru o anumită subproblemă.

Explicațiile furnizate în acest pot fi utilizate pentru verificarea bazei de cunoștințe. Această facilitate este de mare importanță în cazul sistemelor-expert, deoarece sunt cazuri în care se face apel la cunoștințe insuficient sistematizate și validate, sau chiar neintroduse în baza de cunoștințe în momentul analizei cazului respectiv.

### **2.3. Dezvoltarea și întreținerea sistemelor-expert**

**Dezvoltarea** sistemelor-expert s-a dovedit a fi un proces de mare complexitate datorită volumului și complexității cunoștințelor utilizate în cadrul acestor aplicații. O problemă serioasă s-a dovedit a fi dificultatea transunerii cunoștințelor într-o formă care să poată fi folosită de calculator.

**Întreținerea** sistemelor-expert s-a dovedit a fi un proces de complexitate și importanță comparabile cu ale dezvoltării acestora. Importanța aparte a întreținerii este una din cele mai importante caracteristici ale sistemelor-expert.

Progresul în orice domeniu de activitate determină extinderea și revizuirea în special a cunoștințelor din domeniul expertizei. Experții sunt nevoiți să folosească deseori cele mai noi cunoștințe din domeniu înainte ca acestea să poată fi validate, aprofundate și organizate în mod corespunzător în cazuri care adesea au o mare importanță și complexitate, Orice ameliorare a calității unor asemenea cunoștințe are adesea mare importanță pentru rezultatele analizei.

Noile evoluții într-un domeniu determină uneori revizuirea unor cunoștințe care au o mare importanță în acel domeniu, ceea ce poate impune chiar reorganizări ample ale unor întregi subdomenii. Uneori se poate chiar ajunge la o veritabilă revoluție în acel domeniu, dacă o serie de cunoștințe nou-dobândite influențează semnificativ întreaga activitate din domeniul respectiv. În prezent frecvența și chiar importanța unor asemenea schimbări pot ajunge să

crească datorită ritmului accelerat al evoluției științei. În aceste condiții, întreținerea devine un proces practic permanent și de mare importanță pentru sistemele-expert.

**Ingineria cunoștințelor** (Knowledge Engineering) este un domeniu al inteligenței artificiale care studiază colectarea cunoștințelor experților și organizarea acestora într-un mod care permite utilizarea acestora în cadrul sistemelor-expert. Acest domeniu a fost delimitat datorită complexității dezvoltării și întreținerii sistemelor-expert, precum și a necesității unei activități permanente de întreținere a acestora. În acest fel rezultă un volum de cunoștințe și activitate care impune ingineria cunoștințelor ca o specialitate distinctă în cadrul informaticii.

Una dintre cele mai mari probleme de inginerie a cunoștințelor este chiar **delimitarea domeniului** unui anumit sistem-expert, în special din cauza situațiilor în care nu pot fi analizate fără cunoștințe din alte domenii. Această problemă este posibil să devină mai serioasă în cazul abordării multidisciplinare a multor subiecte, care a dat adesea rezultate bune sau chiar peste așteptări.

**Achiziția cunoștințelor** este procesul de colectare a cunoștințelor care urmează a fi utilizate în cadrul sistemelor-expert. Principala sursă a acestor cunoștințe o constituie experții umani, dar și literatura de specialitate este o sursă care uneori poate fi importantă.

Principala dificultăți create de experții umani sunt timpul limitat în care sunt disponibili și furnizarea unor cunoștințe incomplete. Experții umani sunt greu de contactat deoarece se formează greu și serviciile lor sunt necesare pentru situații care adesea sunt importante. Cunoștințele sunt incomplete atât datorită timpului disponibil limitat, cât și tendinței multor experți de a percepe o serie de cunoștințe folosite în mod curent în domeniul lor de activitate ca fiind ușor de înțeles, deși acesta sunt adesea prea complexe pentru a fi deduse sau asimilate cu ușurință de interlocutori. O problemă serioasă, deși rar menționată, este că nu totdeauna un anumit expert stăpânește toate cunoștințele acumulate în domeniul în care este recunoscut. Chiar limitele domeniilor sunt adesea obiectul unor controverse vii, și inteligența artificială este departe de a fi singurul domeniu în această situație.

Consultarea experților umani are o serie de avantaje majore, între care se remarcă:

- posibilitatea de a obține o reformulare a unor cunoștințe care inițial nu au fost preluate în bune condiții;
- posibilitatea de obținere a unor cunoștințe care din diverse motive nu sunt consemnate în literatura de specialitate.

Literatura de specialitate are avantajul unei disponibilități mult mai mare decât a experților umani, dar prezintă și riscul de a oferi o serie de cunoștințe incomplete și deformate.

Analiza diverselor avantaje și dezavantaje sugerează că experții umani și literatura de specialitate constituie surse complementare de cunoștințe. Compilarea cunoștințelor provenite din mai multe surse diferite este laborioasă, dar în unele cazuri se pot obține astfel cunoștințe mai vaste și mai bine organizate decât ar părea posibil în urma consultării unei anumite surse..

Pentru a spori eficiența extragerii cunoștințelor s-au propus diverse metode care au dat adesea rezultate bune sau cel puțin încurajatoare.

În unele cazuri extragerea cunoștințelor a fost sistematizată prin utilizarea unor **chestionare** special pregătite spre a evita omisiunile.

În domeniul **învățării automate** (machine learning) s-au propus o serie de programe care asistă inginerul de cunoștințe sau chiar expertul uman să preia și să organizeze cunoștințele necesare în mod corespunzător. Asemenea programe sunt proiectate să asigure:

- limitarea omisiunilor în cursul extragerii cunoștințelor;

- depistarea unor vicii de logică ce pot reduce în mare măsură calitatea cunoștințelor;
- sugerarea unor modificări care pot spori calitatea cunoștințelor, etc.

În prezent se lucrează și la programe de căutare pe Internet a literaturii de specialitate pentru depistarea celor mai noi achiziții în domeniul vizat.

Alături de toate aceste metode se recomandă ca inginerul de cunoștințe să-și asigure și o inițiere în domeniul pentru care pregătește un sistem-expert, adesea prin studiu individual.

Dezvoltarea pe etape este o abordare recomandată de mult pentru aplicații complexe din cele mai diverse clase și a dat adesea rezultate bune. În cazul sistemelor-expert, ca și în cazul altor aplicații bazate pe cunoștințe, acest sistem a permis asigurarea promptă a unui nivel de utilitate certă și chiar o bună compartimentarea cunoștințelor stocate.

Stadiile consacrate de **dezvoltare** a unui sistem-expert sunt [WAT86]:

- prototip demonstrativ;
- prototip de cercetare;
- prototip de teren.

**Prototipul demonstrativ** (demonstrative prototype) oferă soluții doar pentru câteva cazuri dintre cele mai tipice, care constituie o zonă restrânsă a domeniului vizat. Un asemenea prototip este dezvoltat în câteva luni și constituie o primă probă a utilității noului sistem-expert și a validității deciziilor de proiectare adoptate în cazul respectiv.

**Prototipul de cercetare** (research prototype) atinge nivelul mediu al specialistului din domeniu și oferă soluții bune în toate subdiviziunile domeniului vizat. Un asemenea prototip este obținut de regulă în 1 – 2 ani prin extinderea prototipului demonstrativ.

**Prototipul de teren** (field prototype) este cel care include în mod progresiv majoritatea cunoștințelor din domeniul expertizei. Un asemenea prototip este obținut prin extinderea prototipului de teren și în cursul dezvoltării se ține cont și de diverse detalii întâlnite în activitatea curentă, pe parcursul testării în teren. Rezultatul acestui stadiu de dezvoltare este un sistem-expert care poate da răspunsuri la nivelul experților din domeniu în toate subdiviziunile domeniului vizat, cu un risc de erori de cca. 1 – 5%.

O problemă serioasă o constituie tranziția dificilă de la stadiul inițial de prototip demonstrativ la cele avansate. Cazurile tipice necesită de regulă doar un volum limitat de cunoștințe bine asimilate și demonstrează fezabilitatea cu o ușurință derutantă. Problemele date de volumul, complexitatea și limitele cunoștințelor din domeniu se întâlnesc doar în stadiile avansate, ceea ce duce la abandonul multor proiecte de dezvoltare a sistemelor-expert în stadiul de prototip de cercetare.

O problemă serioasă o constituie și necesitatea **finanțării** continue a dezvoltării sistemelor-expert mai mulți ani la rând. Asigurarea finanțării întreținerii este un alt obstacol major, deoarece în cazul sistemelor-expert întreținerea presupune eforturi și cheltuieli comparabile cu cele necesare pentru dezvoltare.

## 2.4. Reprezentarea cunoștințelor

**Reprezentarea cunoștințelor** este o metodă utilizată pentru codificarea cunoștințelor utilizate de către sistemele-expert. Există mai multe moduri de reprezentare a cunoștințelor, dar în toate cazurile sunt folosite în special simboluri care sunt grupate în structuri de date complexe, care indică relațiile între simboluri. Raționamentele sunt bazate în special pe

compararea simbolurilor ,și utilizarea relațiilor între acestea, dar în marea majoritate a cazurilor pot fi utilizate și diverse metode de calcul inteligent.

Pentru fiecare mod de reprezentare a cunoștințelor există motoare de inferență și programe de utilizare specifice acestuia. **Regulile** de producție constituie principalul mod de reprezentare a cunoștințelor, dar în multe cazuri au fost folosite și rețelele semantice sau cadrele.

Aceleași cunoștințe pot fi reprezentate în diferite moduri, și în prezent există chiar programe utilitare care pot obține dintr-o bază de cunoștințe reprezentată într-un anumit mod o altă bază de cunoștințe care este echivalentă cu cea inițială, în care aceleași cunoștințe sunt reprezentate într-un alt mod.

Reprezentarea adecvată a cunoștințelor în cadrul unui sistemului-expert presupune o formulare și organizare a cunoștințelor mai riguroase decât cele solicitate în activitatea curentă în domeniu și chiar la redactarea pentru literatura de specialitate.

O serie de dificultăți de reprezentare a cunoștințelor sunt specifice diverselor clase de cunoștințe, între care mai importante sunt:

- cunoștințele empirice;
- cunoștințele teoretice;
- cunoștințele implicite;
- metacunoștințele.

Cunoștințele **empirice** sunt cele deduse prin utilizarea organelor de simț sau a unor instrumente de măsură. Asemenea cunoștințe se referă în special la manifestările externe ale sistemelor studiate și ale diverselor fenomene. Principalele metode de obținere a cunoștințelor empirice sunt observația și descrierea.

Cunoștințele **teoretice** sunt cele care se referă în special la esența și la relațiile interbe ale sistemelor studiate, precum și la cauzele fenomenelor. Principalele metode de obținere a cunoștințelor teoretice sunt experimentul și diverse raționamente (care vizează în special prelucrarea rezultatelor experimentelor).

Cunoștințele **implicite** sunt cele care de regulă sunt omise în cursul prezentării diverselor sisteme și fenomene. Asemenea cunoștințe se referă în special la adevăruri dintre cele mai generale și mai bine cunoscute chiar de publicul larg și adesea sunt greu de explicat. Oamenii pot folosi asemenea cunoștințe chiar fără să conștientizeze, dar calculatorul nu le poate folosi decât dacă sunt reprezentate în cadrul aplicațiilor informatice.

**Metacunoștințele** sunt cunoștințe care au rolul de a descrie restul cunoștințelor dintr-un anumit domeniu și determina modul de utilizare al acestora. Pentru a explica natura și rolul metacunoștințelor se folosește adesea sintagma “cunoștințe despre cunoștințe”.

Cunoștințele empirice pot fi adesea suficiente pentru realizarea unor raționamente eficiente, dar cunoștințele teoretice sunt mai utile pentru explicații și diminuarea riscului de obținere a unor concluzii eronate.

Modurile de raționament pentru obținerea rezultatelor sunt cel euristic și cel algoritmic. [WAT86]

Un raționament este **algoritmic** atunci când ține cont de toate detaliile necesare pentru a obține concluzii corecte în toate cazurile analizate, inclusiv în cele mai rare și cele mai complexe.

Un raționament este **euristic** atunci când se bazează doar pe elementele care permit să se obțină rapid o soluție corectă în majoritatea cazurilor utilizate.

Mulți specialiști au fost tentați să promoveze metode euristice de raționament, deoarece acestea obțin rezultatul mai rapid și sunt mai ușor de implementat. O asemenea abordare poate da rezultate bune în cazul sistemelor non-expert, dar este în contradicție cu rațiunea de a fi a sistemelor-expert, deoarece acestea sunt dezvoltate în special pentru a da o soluție cât mai bună în cele mai complexe și/sau mai rare cazuri posibile.

## 2.5. Regulile de producție

**Regula** (rule) este un modul de cunoștințe care reprezintă legăturile între fapte pe baza cărora se pot desfășura deducțiile.

De fapt regulile cuprind în special **cunoștințe operatorii**, care reflectă raționamentele expertului în prelucrarea faptelor.

O regulă este o structură de date formată din două părți care sunt unite prin **implicare logică**.

Aceste părți sunt numite **premise** și **concluzii**, dar pot fi folosite și alte denumiri, cum ar fi

- condiții și acțiuni;
- antecedenti și consecințe (consequents) ;
- LHS (de la Left Hand Side, ceea ce s-ar traduce prin “membrul stâng al regulii”) și RHS (de la Right Hand Side, ceea ce s-ar traduce prin “membrul drept al regulii”).

**Premisa** constituie partea care precizează condițiile de aplicabilitate ale regulii, deci are rol de declanșator al regulii.

**Concluzia** constituie partea de acțiune a regulii și precizează una sau câteva acțiuni. Cel mai adesea sunt adăugate noi fapte la baza de fapte a cazului analizat.

Forma generică a regulilor este “**DACĂ sunt îndeplinite condițiile precizate ATUNCI sunt efectuate acțiunile precizate**”, ceea ce pe scurt ar fi

*DACĂ Condiții ATUNCI Acțiuni*

Fiecare din cele două părți ale regulii este o **propoziție**, care poate fi simplă sau compusă.

**Faptele** sunt informații primare utilizate pentru descrierea elementelor domeniului considerat într-o modalitate agreată de experții din domeniu.

**Propoziția simplă** este cea destinată doar afirmării sau negării unei singure fapte.

**Propoziția compusă** este formată din câteva propoziții simple unite prin conectori logici. În cazul regulilor, acești conectori logici pot fi:

- ȘI (and), care exprimă **conjuncția**, deci cazul în care toate propozițiile asociate sunt adevărate în același timp;
- SAU (or), care exprimă **disjuncția**, deci cazul în care cel puțin una din propozițiile asociate este adevărată.

Conectorul ȘI este principalul conector folosit în cadrul regulilor pentru premise și concluzii. Conectorul SAU se folosește uneori pentru premise, (**Planșa 2.2**)

Un **exemplu** de regulă folosită în cadrul programului de prezentare a rezultatului amestecului culorilor este:

*DACĂ Se folosește culoarea roșie  
ȘI se folosește culoarea albastră  
ATUNCI se obține culoarea violet*

În cadrul acestei reguli

- **premise** este propoziția compusă “*Se folosește culoarea roșie ȘI se folosește culoarea albastră.*”
- **concluzia** este propoziția simplă “*Se obține culoarea violet.*”  
Premisa acestei reguli este compusă din două propoziții simple unite prin conectorul logic ȘI (pentru conjuncție). Cele două propoziții simple sunt:
  - “*Se folosește culoarea roșie.*” și
  - “*se folosește culoarea albastră*”Această regulă are ca efect adăugarea la baza de fapte a cazului analizat a propoziției simple care formează concluzia.

Alte exemple de reguli sunt prezentate mai jos. În toate cazurile propozițiile din concluzie sunt adăugate la baza de fapte a cazului analizat.

*DACĂ este sindrom disimun*

*ATUNCI este vasculită*

În acest caz (de mai sus) premise și concluzia sunt formate fiecare din câte o propoziție simplă. Este cea mai simplă formă de regulă

*DACĂ este indicație pentru corticoterapia sistemică*

*ȘI nu sunt contraindicații pentru corticoterapia sistemică*

*ATUNCI se recomandă corticoterapia sistemică*

În acest caz premise este o propoziție compusă formată din două propoziții simple unite prin conectorul logic ȘI (pentru conjuncție), iar concluzia este o propoziție simplă. Această formă de regulă ar fi cea mai frecvent întâlnită în practică.

**DACĂ** este sindrom disimun

**ATUNCI** este vasculită

**DACĂ** este indicație pentru corticoterapia sistemică

**ȘI** nu sunt contraindicații pentru corticoterapia sistemică

**ATUNCI** se recomandă corticoterapia sistemică

**DACĂ** papulele violacee sunt mici

**ȘI** papulele violacee au suprafață netedă

**ȘI** papulele violacee au suprafață plană

**ATUNCI** este lichen plan

**ȘI** este erupție tipică de lichen plan

### Structura regulilor

Planșa 2.2 Structura regulilor

*DACĂ papulele violacee sunt mici  
ȘI papulele violacee au suprafața netedă  
ȘI papulele violacee au suprafața plană  
ATUNCI este lichen plan  
ȘI este erupție tipică de lichen plan.*

În acest caz premisa și concluzia sunt propoziții compuse formate din trei și, respectiv, două propoziții simple unite prin conectorul logic ȘI (pentru conjuncție).

În majoritatea cazurilor concluziile unor reguli constituie rezultate intermediare și se pot regăsi printre premisele altor reguli. Asemenea reguli de producție sunt intercorelate și generează lanțuri de acțiune care sunt numite **lanțuri de inferență** (inference chains) în literatura de specialitate.

Un exemplu de lanț de inferență ar fi cel de mai jos;  
*DACĂ pacientul era "izolator" înainte de 1965  
ATUNCI pacientul manevra în mod nemijlocit azbest*

*DACĂ pacientul manevra direct azbest  
ȘI pacientul era expus în spații închise  
ATUNCI pacientul are o expunere severă la azbest.*

În acest caz se poate remarca propoziția "*pacientul manevra în mod nemijlocit azbest*" care este o concluzie a primei reguli, dar este și prima parte a premisei celei de-a doua reguli. Dacă prima regulă este activată într-un anumit caz, va introduce în baza de fapte propoziția simplă din concluzie și va înregistra astfel un rezultat intermediar. Acest rezultat intermediar va crea posibilitatea activării celei de-a doua reguli.

O anumită propoziție poate apărea în baza de fapte a unui anumit caz fie ca dată de intrare, fie ca rezultat intermediar (introdusă ca urmare a activării unei reguli).

O anumită regulă poate avea ca premisă o propoziție compusă formată din propoziții simple care într-un caz anume pot proveni din surse diferite: una sau mai multe reguli activate în prealabil sau datele de intrare ale cazului.

O anumită regulă poate face parte concomitent din mai multe lanțuri de inferență diferite și poate ocupa poziții diferite în aceste lanțuri de inferență. (**Planșa 2.3., 2.4**)

Activarea unei reguli poate da rezultate dintre cele mai diferite. Cel mai frecvent caz este cel ilustrat prin exemplele de mai sus, în care faptele deduse sunt adăugate în baza de fapte și constituie rezultate intermediare sau finale.

Alte efecte ale regulii pot fi

- **afișarea** unor mesaje;
- **eliminarea** din baza de fapte a unor propoziții (de regulă, ipoteze infirmate);
- aplicarea unor **formule**.

S-au mai descris subtipuri de reguli pe baza unor efecte ale concluziilor asupra bazei de fapte, și între acestea s-ar putea menționa

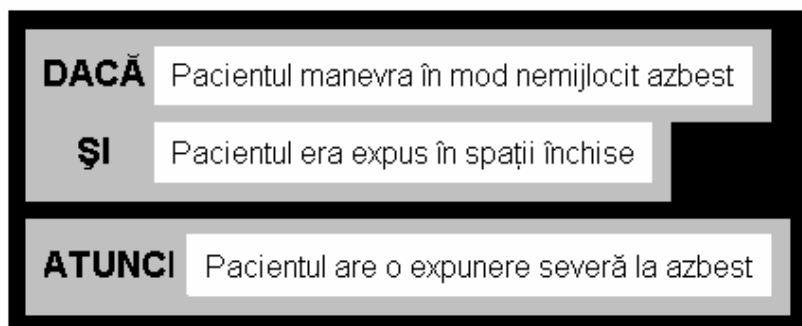
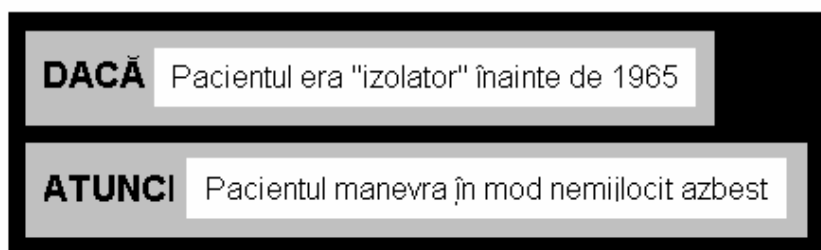
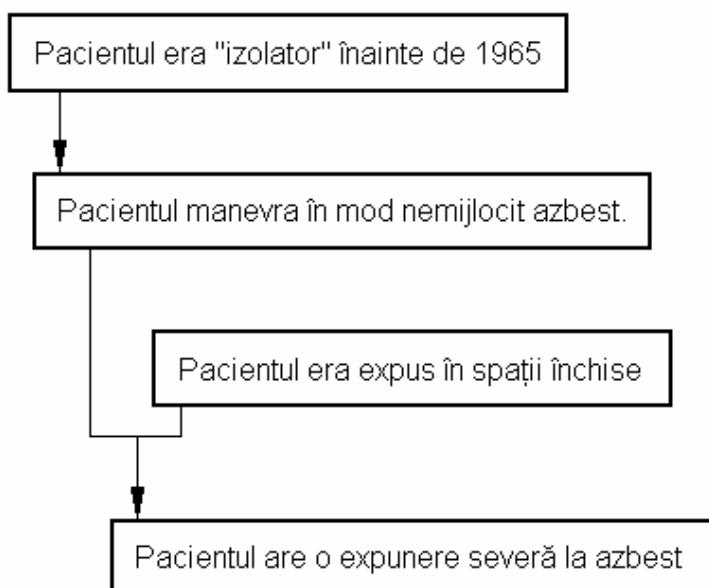
- abstractizarea calitativă (qualitative abstraction);
- abstractizarea taxonomială (taxonomic abstraction);
- abstractizarea definițională (definitional abstraction);

**Metaregulele** sunt reguli care au rolul de a dirija modul în care acționează alte reguli, ceea ce este sugerat de prefixul "meta" (care în limba greacă înseamnă "peste"). De regulă aceste reguli decid dacă o serie de alte reguli din aceeași bază de cunoștințe trebuie sau nu să fie analizat într-un anumit caz și pot simplifica astfel de multe ori analiza unui caz. Metaregulele stochează și utilizează **metacunoștințele** din cadrul bazei de cunoștințe.

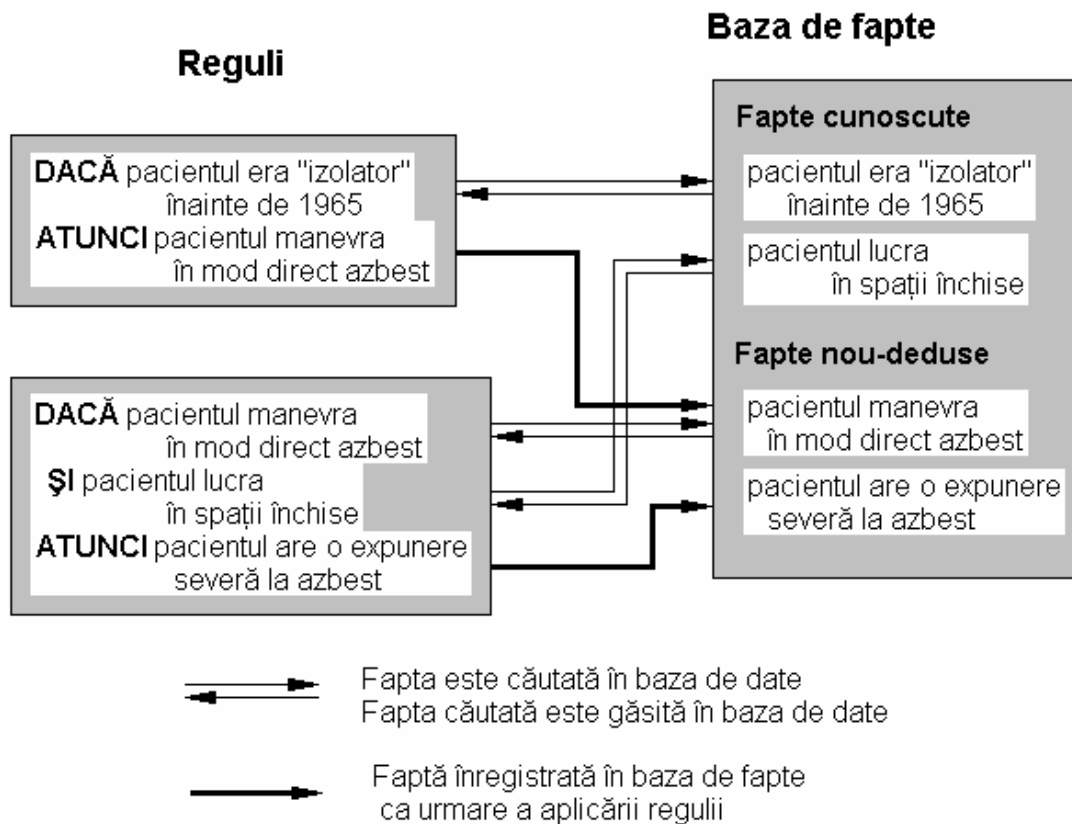


Un exemplu de regulă de abstractizare calitativă ar putea fi:  
*DACĂ ritmul respirator este mai mare de 20 respirații pe minut*  
*ATUNCI este tahipnee (ritm respirator crescut)*

O regulă de abstracție taxonomică ar putea fi:  
*DACĂ sputa este galben-cremoasă*  
*ATUNCI sputa este purulentă*



Planșa 2.3 Lanț de inferență



Planșa 2.4 Funcționarea motorului de inferență

Reguli de abstracție definițională ar putea fi:

*DACĂ e senzație de lipsă de aer*

*ATUNCI este dispnee*

Precum și

*DACĂ limba este colorată în albastru*

*ATUNCI este cianoză centrală*

După ordinea premiselor și concluziilor în cadrul regulii se disting două forme diferite de reguli: deductive și inductive.

Regulile **deductive** asigură acumularea de fapte noi în cadrul unui raționament guvernat de fapte (facts-driven reasoning). Asemenea reguli au forma generală

*DACĂ premise ATUNCI concluzie*

Regulile **inductive** asigură acumularea în baza de fapte a unor scopuri noi, până la confirmarea sau infirmarea acestora (după caz), ceea ce asigură confirmarea sau infirmarea scopului inițial. Raționamentele de acest gen sunt bazate pe scopuri (goal-driven reasoning). Asemenea reguli au forma generală:

*concluzie DACĂ premise* (concluzia se confirmă dacă sunt prezente premisele)

S-a remarcat rapid că aproape orice regulă poate avea o formă deductivă sau inductivă. Un exemplu de regulă în forma deductivă este chiar cea redată mai sus:

*DACĂ Se folosește culoarea roșie*

*ȘI se folosește culoarea albastră*

*ATUNCI se obține culoarea violet*

Forma inductivă a regulii de mai sus este:

*Se obține culoarea violet*

*DACĂ Se folosește culoarea roșie*

*ȘI se folosește culoarea albastră*

În multe cazuri se impune precizarea anumitor aspecte ale faptelor;

- Încrederea că o faptă este adevărată (sau chiar o regula este validă), care este, de regulă, exprimată prin **coeficienți de certitudine**.
- Tranziția între diverse stări naturale este uneori graduală și greu de evaluat, și atunci de regulă este exprimată prin **coeficienți de apartenență**. Asemenea stări ar fi tânăr/bătrân, cald/rece, înalt/scund, etc.

Regulile care utilizează asemenea coeficienți sunt de mare ajutor într-o serie de situații complexe. Pentru a obține rezultate bune trebuie ținut însă cont de numeroase detalii, și pentru toate acestea s-a delimitat un domeniu aparte, al **cunoștințelor imperfecte**-

Un tip de reguli mai rar descris, dar frecvent folosit, este cel de **colectare** al datelor de intrare, care sunt faptele cunoscute și introduse de utilizator pentru a descrie cazul care urmează să fie analizat. O asemenea regulă afișează o întrebare pusă utilizatorului, preia răspunsul acestuia și introduce în baza de fapte o propoziție care va fi analizată prin regulile prezente în baza de cunoștințe.

O regulă de colectare a datelor poate fi activată în oricare din cazurile analizate sau numai în anumite condiții, care sunt determinate de diverse rezultate intermediare și specificate sub forma premiselor regulii.

Utilizarea regulilor de colectare a datelor are, de fapt, efectul unei anamneze conduse de medic.

**Granularitatea** este proprietatea unei reguli de a asigura independența elementului de cunoaștere pe care îl reprezintă. Denumirea acestei proprietăți a fost aleasă deoarece fiecare regulă poate fi considerată o granulă de cunoștințe, adică un element întru totul distinct de cele similare.

**Specificitatea** regulilor de producție este un parametru care precizează sfera de aplicabilitate a regulilor și este dată de numărul propozițiilor din precondiție. Fiecare propoziție inclusă în precondiție specifică o restricție de aplicare a regulii respective, așa că atunci când numărul acestor propoziții este mai mare apar mai multe condiții, iar acestor condiții ar corespunde un număr mai redus de cazuri analizate în care regula respectivă ar putea fi aplicată.

Cele mai numeroase sisteme-expert sunt cele bazate pe reguli (rule-based expert systems), și cea mai vastă experiență în reprezentarea cunoștințelor este cea acumulată în domeniul utilizării regulilor.

Această tendință este datorată avantajelor oferite în special de simplitatea regulilor (față de alte forme de reprezentare a cunoștințelor) și modularitatea accentuată a acestora :

- flexibilitate sporită și
- întreținere ușoară.

Anumite dezavantaje sunt date de numărul mare al regulilor care trebuie folosite în fiecare caz și de dificultatea de a reprezenta diverse clasificări.

Într-un sistem-expert numărul lanțurilor de inferență este, de regulă, mare, ceea ce crează dificultăți serioase de dezvoltare și întreținere. Aceste dificultăți pot fi combătute prin structurarea regulilor în pachete sau alte forme.

**Flexibilitatea** sistemului de reprezentare prin reguli este determinată de

- cantitatea restrânsă de cunoștințe reprezentată de o anumită regulă,
- diversitatea efectelor posibile al unei reguli și
- numărul mare de reguli care pot fi folosite.

O bază de cunoștințe este formată din reguli într-o manieră similară cu a mozaicului, în care imagini extrem de variate și de complexe pot fi obținute prin asocierea unui număr foarte mare de piese, dar fiecare din aceste piese este simplă și varietatea pieselor folosite este limitată.

O consecință importantă a flexibilității sistemului de reprezentare prin reguli de producție este capacitatea de a reproduce toate raționamentele umane care sunt folosite pentru rezolvarea oricărei probleme. Această capacitate a fost semnalată prin așa-numită ipoteză a lui Newell și Simon, care este acceptată în prezent ca axiomă, deoarece până în prezent nu s-a observat în nici un domeniu al activității umane vreo situație care să constituie un contraexemplu.

**Întreținerea** unei baze de cunoștințe bazate pe reguli este simplificată deoarece

- O regulă este de regulă ușor de modificat, datorită dimensiunilor și complexității limitate a acesteia.
- Modificarea, eliminarea sau introducerea unei reguli nu determină în mod direct vreo modificare a altor reguli prezente în baza de cunoștințe respectivă. Prin asemenea operațiuni sunt afectate doar lanțurile de inferență din care respectiva regulă face parte.
- Un editor specializat al bazei de cunoștințe este mai ușor de dezvoltat pentru reguli decât pentru alte forme de reprezentare a cunoștințelor.

## **2.6. Exemplu de sistem-expert medical**

Un prim exemplu de sistem-expert medical ar putea fi cel destinat viciilor de refracție (**ametropiilor**). Acest domeniu este complex, deoarece în afara miopiei și hipermetropiei mai sunt și alte entități clinice, cum ar fi astigmatismul sau astenopia acomodativă.

O primă versiune a bazei de cunoștințe a unui asemenea sistem-expert ar putea fi:

*DACĂ vederea de aproape redusă  
ȘI vederea la distanță normală  
ATUNCI este suspiciune de hipermetropie*

*DACĂ vederea de aproape normală  
ȘI vederea la distanță redusă  
ATUNCI este suspiciune de miopie*

*DACĂ este suspiciune de hipermetropie  
ATUNCI s-ar putea recomanda tratament optic cu lentile convergente  
ȘI s-ar putea recomanda evitarea solicitării vederii*

*DACĂ este suspiciune de miopie  
ATUNCI s-ar putea recomanda tratament optic cu lentile divergente  
ȘI s-ar putea recomanda evitarea eforturilor fizice mari*

Această bază de cunoștințe are deja două lanțuri de inferență, unul dedicat hipermetropiei și unul dedicat miopiei. (**Planșa 2.9**)

Chiar și în această primă bază de cunoștințe, care este de o simplitate căutată pentru scopuri academice, se pot sesiza unele probleme de inginerie a cunoștințelor.

Tabela de decizie pentru analiza vederii semnalează cazuri în care nu s-a dat un răspuns:

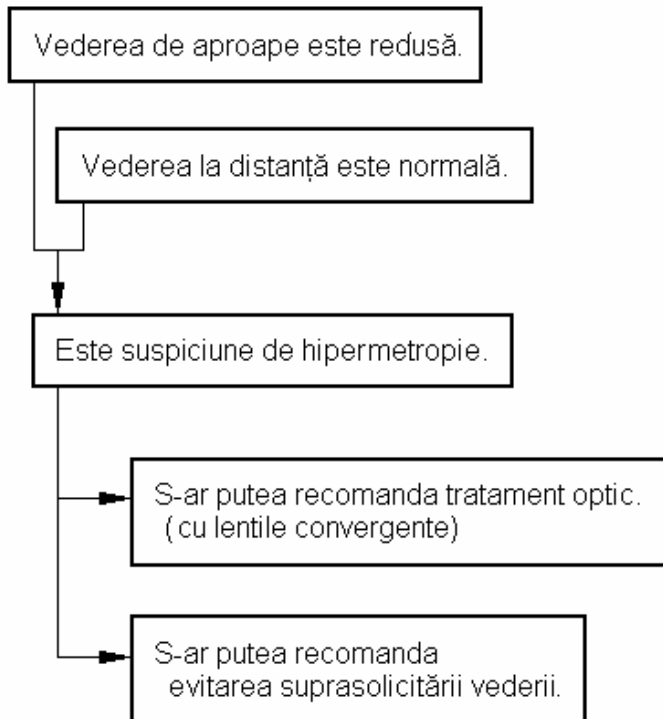
Vederea de aproape	Vederea la distanță	Concluzie
normală	Normală	neprecizată (ar fi emetropie)
normală	Redusă	suspiciune de miopie
Redusă	Normală	suspiciune de hipermetropie
Redusă	Redusă	neprecizată

În cazul lanțului de inferență cum ar fi cel format din următoarele reguli:

*DACĂ vederea de aproape redusă  
ȘI vederea la distanță normală  
ATUNCI este suspiciune de hipermetropie*

*DACĂ este suspiciune de hipermetropie  
ATUNCI s-ar putea recomanda tratament optic cu lentile convergente  
ȘI s-ar putea recomanda evitarea solicitării vederii*

Există tentația de a înlocui aceste reguli cu cea de mai jos:



**DACĂ** Vederea de aproape este redusă.  
**ȘI** Vederea la distanță este normală.  
**ATUNCI** Este suspiciune de hipermetropie

**DACĂ** Este suspiciune de hipermetropie.  
**ATUNCI** S-ar putea recomanda tratament optic.  
(cu lentile convergente)  
**ȘI** S-ar putea recomanda evitarea suprasolicitării vederii.

Planșa 2.5 Lanț de inferență (pentru vicii de refracție)

*DACĂ vederea de aproape redusă  
ȘI vederea la distanță normală  
ATUNCI este suspiciune de hipermetropie  
ȘI s-ar putea recomanda tratament optic cu lentile convergente  
ȘI s-ar putea recomanda evitarea solicitării vederii*

În acest caz se obține o economie de spațiu și timp de rulare, dar regula nu mai este corectă și creează probleme de întreținere.

Erroarea este dată de ideea că tratamentul este recomandat pentru combaterea simptomelor, când este, de fapt, recomandat pentru combaterea entității clinice care a determinat simptomele vizate. În acest fel, s-a prezentat un efect indirect (tratamentul determinat de entitatea clinică și aceasta este determinată de simptome) ca fiind un efect direct (tratament determinat de simptome). Consecințele unei asemenea erori pot fi minore în unele cazuri, deoarece concluzia este aceeași, dar și atunci rămâne riscul generării unor explicații necorespunzătoare.

Dificultățile de întreținere sunt date de numărul sporit al concluziilor, și se poate ajunge la divizarea regulii în urma cunoștințe noi, care să țină cont de diverse stadii sau varietăți ale hipermetropiei,

## 3. Sisteme-expert medicale

### 3.1. Introducere

Dezvoltarea unor programe de diagnostic a devenit domeniu de cercetare bine definit în informatica medicală aproape imediat după conturarea inteligenței artificiale ca domeniu aparte al informaticii.

Raționamentele efectuate pentru diagnosticul medical s-au dovedit a fi adesea de o complexitate remarcabilă, ceea ce a făcut ca sistemele-expert să fie clasa preferată de programe de diagnostic și interesul pentru asemenea aplicații să rămână permanent.

În prezent cele mai multe sisteme-expert de uz curent sunt în domeniile militar și economic. În domeniul medical s-au înregistrat câteva realizări remarcabile, cum ar fi sistemul-expert **MYCIN**, pentru planificarea tratamentului cu antibiotice în septicemii și meningite, care și astăzi este prezentat ca **produs de referință** în literatura de specialitate.

### 3.2. Sarcini ale sistemelor-expert medicale

Rațiunea de a fi a unui sistem-expert este utilizarea expertizei, ceea ce în cazul sistemelor-expert medicale înseamnă posibilitatea de a diagnostica, trata și preveni chiar și cele mai rare și mai atipice maladii posibile, chiar și în cele mai complexe situații posibile, cum ar fi cele date de comorbidități sau necesitatea unor terapii dintre cele mai complexe.

În cazul sistemelor-expert medicale, experții umani sunt specialiștii de înaltă calificare din clinicile universitare, și între aceștia în primul rând ar fi profesorii universitari.

Principalele sarcini care pot reveni sistemelor-expert medicale sunt formularea diagnosticului și a unui plan de tratament. S-au mai dezvoltat și o serie de sisteme-expert pentru sarcini mai aparte, cum ar fi evaluarea riscurilor la cei sănătoși, o primă consiliere, analiza unor soluții adoptate, etc.

**Diagnosticul** este principala sarcină a sistemelor-expert medicale, deoarece s-a remarcat ca fiind cea mai dificilă sarcină din cadrul activității medicale curente. Această dificultate remarcabilă este dată de relevanța limitată a majorității manifestărilor bolilor, marile variații individuale ale pacienților, aspectul diferit al diverselor stadii evolutive, posibilitatea unor comorbidități, etc.

De fapt, diagnosticul este o formă de analiză a unei situații complexe, ceea ce constituie una din componentele esențiale ale comportamentului inteligent. Din acest motiv, diagnoza este una din sarcinile pentru care au fost proiectate aplicațiile bazate pe cunoștințe.

Planificarea **tratamentului** este o sarcină majoră a multor sisteme-expert medicale de o dificultate remarcabilă datorită diverselor limite și reacții adverse posibile ale diverselor remedii care pot fi utilizate. Probleme aparte pot fi date de diverse variații individuale ale pacientului, stadii evolutive ale maladiilor, diverse comorbidități sau necesitatea unor terapii complexe bazate pe o gamă largă de remedii.

Rezolvarea problemelor complexe constituie una din componentele esențiale ale



comportamentului inteligent, iar planificarea poate fi considerată o clasă de probleme de mare complexitate. Din acest motiv, planificarea este una din sarcinile pentru care au fost proiectate aplicațiile bazate pe cunoștințe.

**Prognosticul** apare mai rar ca o sarcină a sistemelor-expert medicale, deși este o cerință permanentă în activitatea medicală curentă.

Prognosticul este, de fapt o formă de predicție, iar aceasta este una din sarcinile pentru care au fost proiectate aplicațiile bazate pe cunoștințe. Predicția se bazează în primul rând pe analiza unei situații complexe, dar și pe evaluarea soluțiilor care pot fi propuse în cazul respectiv, ceea ce constituie componente importante ale comportamentului inteligent.

Au fost propuse și sisteme-expert dedicate evaluării riscurilor de apariție a unor maladii, iar evaluarea unor asemenea riscuri poate fi considerată o formă de prognostic,

Sistemele-expert medicale au un **rol educativ** mai puțin menționat, deoarece arată cum rezolvă experții cazurile reale din domeniul lor de activitate. În medicină se folosesc din ce în ce mai mult o mare varietate de programe educative, dar sistemele-expert au o valoare didactică mare, deoarece permit formarea experților și se adresează în primul rând realităților întâlnite în teren.

Modulul explicativ este componenta care contribuie în cea mai mare măsură la rolul educativ al acestor aplicații.

Au fost propuse și o serie de sisteme-expert medicale cu rol didactic, care realizează în special o **analiză a soluțiilor** deja adoptate în diverse cazuri întâlnite în activitatea curentă (numite uneori critiquig expert systems). De fapt analiza soluțiilor adoptate este o formă de învăț din experiență, care constituie una din formele omportamentului inteligent.

Una dintre cele mai importante sarcini ale sistemelor-expert medicale este stocarea cunoștințelor referitoare la boli **foarte rare**. În asemenea cazuri chiar experiența expertului rămâne adesea limitată, deoarece pot fi întâlnite chiar o singură dată sau nicicând în cursul întregii vieți profesionale a acestuia. Asemenea afecțiuni s-au dovedit a fi numeroase, iar în adara celor care dintotdeauna au fost foarte rare sunt și cele total sau parțial eradicate. Chiar în cazul afecțiunilor complet eradicate, cum ar fi variola, rămâne mereu posibilitatea apariției unor noi cazuri din cauze diverse, cum ar fi accidente sau evoluții neașteptate ale istoriei naturale sau chiar ale societății umane..

În privința utilizatorilor, între categoriile care intră în discuție s-au menționat medicii generaliști, specialiști, experții, dar și pacienții.

Se pare că **medicii specialiști** pot folosi în modul cel mai eficient sistemele-expert medicale și pot beneficia în cea mai mare parte măsură de rezultatele acestora. De regulă medicii specialiști sunt cei ce colectează majoritatea datelor unui caz care ajunge să fie analizat cu ajutorul sistemului-expert medical. Medicul specialist are nivelul de pregătire necesară pentru a înțelege explicațiile experților, așa că poate verifica rezultatele analizei unui caz prin explicațiile furnizate de către sistemul-expert. În acest fel experții pot fi degrevați de o parte din sarcinile de rutină, deoarece ar fi solicitați mai ales în cazurile în care sistemul-expert medical nu a putut ajunge la o concluzie sau această concluzie este discutabilă

**Medicul de familie** poate ajunge să aibă nevoie de sistemele-expert medicale în anumite cazuri:

- când nu se poate apela la serviciile expertului, ceea ce se poate întâmpla de regulă în cazul unor boli foarte rare, care sunt diagnosticate și tratate doar în câteva secții speciale.

- când primește un răspuns incomplet de la expertul în domeniu,
- când are impresia că expertul a dat un răspuns inadecvat, deoarece nu este admisă încrederea oarbă în recomandările specialistului.

Utilizarea sistemelor-expert medicale de către pacienți este contraindicată, deoarece:

- majoritatea datelor utilizate de către sistemul-expert pot fi obținute pe doar pe baza unei pregătiri medicale;
- există riscul unor psihotraume serioase când se semnaleză ipoteza unor maladii dintre cele mai grave sau chiar incurabile;
- rămâne permanent riscul ca sistemul-expert să dea concluzii eronate, iar erorile pot fi depistate adesea doar prin analiza explicațiilor furnizate de aplicație. Asemenea explicații sunt greu de înțeles fără o pregătire medicală,

S-au propus o serie de sisteme-expert proiectate special pentru a putea fi utilizate fără o pregătire medicală. Asemenea aplicații se adresează unor probleme variate ale publicului larg, iar cunoștințele folosite sunt selectate cu grijă spre a evita interpretări și utilizări eronate. Între aceste aplicații poate fi remarcat un sistem-expert de primă orientare a pacienților numit Doctor in the House, a cărui principală sarcină este să semnaleze cazurile când pacientul trebuie să se prezinte la medic și să precizeze specialitatea de competența căreia este cazul respectiv.

### **3.3. Domeniile sistemelor-expert medicale**

Sistemele-expert medicale au fost dezvoltate pentru domenii cu extinderi dintre cele mai diverse:

- grupuri de specialități medicale;
- specialități medicale consacrate;
- subspecialități;
- subdomenii din cadrul unei anumite specialități medicale.

Multe proiecte de sisteme-expert medicale au fost propuse pentru domenii de extindere similară **subspecialităților** medicale. O subspecialitate este dedicată unei boli mai frecvente sau unui grup de boli înrudite. Exemple de subspecialități ar fi astmologia, aritmologia sau eczele. Delimitarea acestor subspecialități a rămas o problemă deschisă, deoarece au fost propuse în special prin inițiative izolate pe măsura necesităților sesizate în cadrul diverselor specialități. Propunerile de împărțire a unor specialități în subspecialități s-au dovedit interesante și utile, dar au rămas sporadice.

Se pare că domeniile limitate la întinderea unei subspecialități au fost considerate mai abordabile decât cele corespunzătoare unei întregi specialități, dar nu s-au găsit studii care să explice această tendință.

Au fost dezvoltate și câteva sisteme-expert medicale pentru domenii corespunzătoare unor întregi **specialități medicale**, iar între acestea cel mai cunoscut este "Internist", care a fost destinat întregii medicine interne, dar a mai fost și un proiect dedicat bolilor infecțioase. În ultimele decenii din medicina internă s-au desprins o serie de specialități medicale distincte ca urmare a sporirii volumului de cunoștințe și de activitate în domeniu.

Pentru un domeniu corespunzător unui grup de specialități medicale s-au propus în special sisteme-multiexpert medicale.

În ultimele decenii s-au propus sisteme-expert medicale și pentru un domeniu restrâns, la nivelul unor **capitole** din cadrul unor subspecialități medicale. Un asemenea capitol este dedicat unei anumite proceduri de diagnostic și tratament. Între numeroasele aplicații din această subclasă pot fi menționate cele dedicate analizei durerii toracice (pentru diagnosticul diferențial al cardiopatiei ischemice) sau cele dedicate interpretării examenelor serologice pentru toxoplasmoză.

Aceste aplicații s-au dovedit utile și au fost apreciate, dar au apărut numeroase diferențe semnificative față de sistemele-expert medicale clasice (dedicate în special unor subspecialități medicale). Asemenea diferențe se referă la arhitectură, dezvoltare și utilizare, ceea ce susține ideea delimitării unei clase aparte de aplicații bazate pe cunoștințe, care ar putea fi denumită a **programelor-expert**.

Majoritatea sistemelor-expert medicale au fost propuse pentru diagnostic în domeniul specialităților medicale. În cazul **specialităților chirurgicale** au fost câteva proiecte, deși în aceste domenii sunt numeroase probleme aparte, care justifică din plin dezvoltarea unor sisteme-expert medicale dedicate. Între acestea se pot remarca

- probleme specifice regiunii anatomiche abordate. Acestea au o importanță aparte, deoarece sunt adesea intervenții asemănătoare pentru boli diferite.
- surprizele intraoperatorii, când diagnosticul devine diferit față de cel stabilit prin examenul clinic și explorările preoperatorii
- cazurile de evoluție post-operatorie nefavorabilă, în care contează mult cum s-a derulat intervenția chirurgicală.

**Delimitarea domeniilor** sistemelor-expert medicale s-a dovedit adesea extrem de dificilă, în special din cauza tendinței afecțiunilor localizate de a deveni sistemice în cursul evoluției. Complexitatea cazurilor este sporită de diversele relații funcționale și/sau topografice între diverse organe. Relațiile topografice între organe din cadrul unor sisteme diferite sunt determinate în special de necesitatea asigurării economiei de spațiu în cadrul organismului, dar acestea determină în multe cazuri evoluții dintre cele mai surprinzătoare.

Unele dintre cele mai serioase probleme de delimitare a domeniilor sunt date de tuberculoză, deoarece această afecțiune are forme sistemice (cum ar fi tuberculoza miliară), dar și localizate. În marea majoritate a cazurilor apar manifestări specifice tuberculozei, cum ar fi sindromul de impregnare bacilară, dar și manifestări specifice organelor afectate (care pot fi ușor confundate cu alte afecțiuni ale organelor respective în multe cazuri).

Probleme serioase de delimitare a domeniilor sistemelor-expert medicale sunt date și de situațiile în care diagnosticul diferențial este important. Între afecțiunile grave care crează probleme serioase de diagnostic diferențial sunt infarctul miocardic acut (care poate avea o mare varietate de forme atipice) sau sifilisul (care poate avea forme asemănătoare cu alte afecțiuni dermatologice dintre cele mai variate).

O serie de probleme dintre cele mai serioase sunt determinate de posibilitatea asocierii diverselor afecțiuni. Vasculitele crează asemenea probleme datorită asocierilor extrem de diverse și frecvente ale unor entități clinice dintre cele mai diverse. De fapt vasculitele crează probleme mai serioase de delimitare a domeniului unui sistem-expert medical deoarece pot afecta oricare dintre sistemele organismului și pot fi confundate cu afecțiuni dintre cele mai diverse (infecțioase, etc.)

S-a constatat că dacă se includ în cadrul unui sistem-expert cunoștințele necesare pentru a rezolva majoritatea cazurilor ce ajung la limita cu alte domenii volumul cunoștințelor stocate se poate chiar dubla. Din cauza acestui efect este foarte probabil ca sistemele-multiexpert medicale să fie mai utile.

### **3.4. Metode de diagnostic**

Metodele de diagnostic au importanță pentru organizarea sistemului-expert medical și stabilirea duverselor detalii de funcționare ale acestora .

În prezent metoda de diagnostic recomandată este cea numită **ipotetico-deductivă**, în care se formulează anumite ipoteze referitoare la diagnostic, și aceste ipoteze trebuie confirmate sau infirmate.

Ipotezele sunt cunoscute uneori sub numele de “diagnostic de lucru” și formulate pe baza motivelor internării și altor elemente clinice ușor de sesizat. Pe baza acestor ipoteze sunt colectate datele clinice prin anamneză și examen obiectiv. Aceste date sunt folosite pentru verificarea ipotezelor, iar aceste verificări determină adesea reformularea unor ipoteze.

Noile ipoteze sunt folosite pentru alegerea următoarelor date de colectat, în special din examene paraclinice. Noua serie de date este folosită pentru verificarea ipotezelor curente, Dacă ipotezele sunt confirmate sau incertitudinea este redusă la un nivel satisfăcător, se trece la decizia terapeutică. În caz contrar, sunt alese serii noi de date care urmează a fi colectate, în special prin explorări suplimentare, și această acțiune se poate repeta de mai multe ori dacă este necesar.

Această metodă de diagnostic este cea recomandată în literatura de specialitate, iar eficiența ei crește când semnele și simptomele clinice sunt grupate în **sindroame**. Această variantă este cea mai sigură, deoarece face apel în modul cel mai eficient la cunoștințele teoretice (profunde) din domeniu. Aceste cunoștințe sunt utilizate în mod corespunzător atunci când de la fiecare manifestare a bolii (clinică sau evidențiată prin examene paraclinice) apărută într-un anumit caz se poate identifica un lanț causal care ajunge la un agent etiologic.

Cea mai veche metodă de diagnostic a fost de recunoaștere a unor **tablouri clinice**, bazată pe cunoștințe superficiale (care sunt obținute doar prin observație și nu se referă la cauzele fenomenului) Această metodă a fost propusă în literatura de specialitate, deoarece este ușor de implementat și poate fi folosită și în cazul unui deficit de cunoștințe teoretice în domeniul vizat. În anumite cazuri această metodă poate avea o eficiență neegalată până în prezent:

- în situațiile în care este posibil un diagnostic instantaneu (blick-diagnose) bazat pe o serie de simptome sau semne extrem de caracteristice și evidente
- în cazul apariției unor semne care sunt patognomonice pentru anumite boli.

Recunoașterea tablourilor clinice are o eficiență redusă datorită variațiilor în tabloul clinic date de diverși factori etiologici secundari sau diverse particularități ale pacientului, dar și de evoluția în timp a entității clinice, care determină stadii diferite. În cazul utilizării acestei metode aplicațiile pot furniza doar explicații sumare, care susțin mai slab concluzia obținută, spre deosebire de explicațiile care pot fi date pe baza unor cunoștințe teoretice.

Pentru domeniile în care sunt disponibile în special cunoștințe superficiale pot fi utile sistemele de raționament bazat pe cazuri (case-based reasoning systems).

### **3.5. Organizarea sistemelor-expert medicale**

Modul de **reprezentarea cunoștințelor** are o mare importanță pentru eficiența funcționării și a întreținerii unui sistem-expert medical sau cu altă destinație. Au fost obținute

rezultate bune cu majoritatea metodelor descrise în literatura de specialitate, dar în majoritatea proiectelor a fost preferată reprezentarea cunoștințelor prin **reguli** de producție, deoarece s-au dovedit a fi mai ușor de folosit pentru raționamente din cele mai diverse.

În cazul sistemelor-expert medicale trebuie organizat cu mare atenție modulul explicativ, pentru a furniza **explicații** cât mai detaliate posibil în fiecare caz analizat. Acest aspect este foarte important, deoarece rămâne riscul redus, dar imposibil de eliminat, al unor concluzii eronate, iar explicațiile referitoare la raționamentele efectuate permit identificarea acestor erori. În acest fel medicul curant poate verifica recomandările sistemului-expert, ceea ce este în acord cu reglementările din activitatea medicală curentă, care nu-i permit unui medic curant să accepte necondiționat recomandările specialistului sau chiar ale expertului în domeniu.

S-a discutat mult în mediile academice despre responsabilitatea pentru concluziile eronate ale sistemelor-expert medicale, dar se pare că cel mai rezonabil este ca acestor aplicații să se confere un statut similar cu al literaturii de specialitate.

Securitatea sistemelor-expert medicale trebuie asigurată cu mare atenție, deoarece trebuie asigurate confidențialitatea datelor pacienților și integritatea bazei de cunoștințe.

Confidențialitatea datelor pacienților este impusă de etica medicală și de legislația care reglementează funcționarea sistemului medical, așa că asigurarea acestei confidențialități devine o cerință majoră pentru toate aplicațiile informatice de uz medical care prelucrează date ale pacienților reali.

Asigurarea integrității bazei de cunoștințe este o cerință majoră datorită eforturilor deosebite necesare pentru dezvoltarea și întreținerea acesteia, dar și pentru importanța mare a concluziilor obținute.

Sistemele-expert medicale clasice, proiectate să rezolve orice caz de competența unei sub-specialități medicale, necesită un spațiu mare de stocare și analiza unui caz durează adesea 30 – 40 min. Acest consum de timp devine inevitabil deoarece datele unui caz analizat cu un sistem-expert medical constituie răspunsul la cel puțin câteva zeci de întrebări, pe care utilizatorul trebuie să le înțeleagă și la fiecare din aceste întrebări să introducă un răspuns corect. Raționamentele sunt complexe în majoritatea cazurilor, dar tehnica de calcul disponibilă în prezent permite efectuarea acestora în timp real (rezultatul apare într-un interval de timp foarte scurt, care nu este sesizat de păeratorul uman).

Costurile și problemele de întreținere date de asemenea aplicații sunt acceptabile doar în spitale mari, unde ajung de regulă cazurile care pot fi rezolvate doar de experti.

Primele sisteme-expert medicale au fost dezvoltate sub forma unor aplicații monolitice, O aplicație este **monolitică** atunci când toate componentele acesteia (programe și colecții de date) sunt instalate într-un singur sistem de calcul. Marea majoritate a programelor mici sunt din această categorie.

Aplicațiile **distribuite** sunt cele care au componente instalate în sisteme de calcul diferite care sunt interconectate în cadrul unei rețele. În prezent se recomandă ca sistemele-expert să fie implementate ca aplicații distribuite cu o arhitectură client-server în cadrul căreia

- componenta **client** (cea care solicită un serviciu) să fie folosită pentru colectarea datelor cazului și prezentarea rezultatelor analizei efectuate cu ajutorul sistemului-expert;
- componenta **server** (cea care furnizează un serviciu la cerere) să includă baza de cunoștințe folosită pentru analiza cazului.

Utilizarea aplicațiilor distribuite asigură economii substanțiale ale spațiului de stocare, deoarece este păstrată în permanență o sigură copie a unei aplicații pentru toate secțiunile din

spital, ceea ce are importanță specială pentru utilizările ocazionale, cum este cazul majorității sistemelor-expert.

În cazul unui sistem-expert medical este recomandabil să fie dezvoltate o versiune distribuită pentru uz curent în cadrul spitalului și o versiune monolitică pentru dezvoltare și întreținere.

În prezent, unele din cele mai utilizate sisteme-expert sunt disponibile pe Internet, rulând pe server la adresa [www.mathemedics.com](http://www.mathemedics.com).

### **3.6. Calitatea sistemelor-expert medicale**

**Validarea** sistemelor-expert medicale s-a dovedit a fi o problemă aparte, datorită complexității deosebite a cunoștințelor medicale și responsabilității sporite de prevederile eticii medicale. În urma diverselor propuneri s-a conturat ideea unui test orb, în care comisia formată din specialiști de prestigiu în domeniul vizat compară rezultatele analizei mai multor zeci de cazuri analizate de către

- sistemul-expert testat;
- specialiști de prestigiu din domeniu (inclusiv cei ce au participat la dezvoltarea sistemului-expert);
- specialiști formați;
- specialiști în curs de formare (rezidenți și studenți).

Rezultatele testului sunt completate cu o analiză a naturii și importanței divergențelor sesizate.

Metodologia de testare are o semnificație aparte în cazul sistemelor-expert, deoarece validarea trebuie reluată după fiecare actualizare majoră a bazei de cunoștințe. În cazul unor sisteme-expert medicale este posibil să se ajungă și la validări anuale,

S-ar putea să fie interesant să se verifice dacă cunoștințele stocate într-un anumit sistem-expert sunt suficiente pentru promovarea examenelor de liberă practică a medicinei.

Aspecte care susțin calitatea unui sistem-expert medical ar fi prezența cunoștințelor referitoare la:

- abordarea cazurilor în care diverse date lipsesc;
- variațiile individuale (inclusiv condiții de viață și muncă);
- afecțiunile ce pot fi asociate celor vizate;
- aspecte temporale ale evoluției cazului ;
- detalii de planificare a tratamentului.

Lipsa unei anumite date (semn sau simptom, etc.) poate avea efecte dintre cele mai variate, mergând de la nesemnificativ până la compromiterea diagnosticului. În multe cazuri absența unor date este compensată prin analiza altora, ceea ce presupune totuși un volum semnificativ de cunoștințe.

Variațiile individuale pot avea mare importanță în medicină. Poate fi afectate

- diagnosticul, prin modificări ale tabloului clinic, sau chiar favorizate unele forme clinice care pot fi dintre cele mai atipice;
- tratamentul, prin variații ale răspunsului la un anumit medicament sau procedeu terapeutic, dar și prin importanța formei clinice pentru indicația unui anumit demers terapeutic;
- prognosticul, datorită rezistenței la maladia respectivă și eficienței unor mecanisme de compensare, dar și a răspunsului la tratament.

Afecțiunile ce pot fi asociate unei anumite entități clinice pot influența

- diagnosticul, în special prin apariția unor probleme de diagnostic diferențial, dar uneori pot susține un anumit diagnostic (atunci când sunt asociate frecvent cu entitatea vizată, și mai ales când sunt mai ușor de depistat decât acea entitate).
- tratamentul, în special când constituie contraindicații pentru anumite medicamente sau proceduri.
- prognosticul, deoarece adesea agravează entitatea clinică vizată, scad rezistența organismului și pot limita posibilitățile de tratament în cazul respectiv.

În cursul analizei cazurilor clinice contează în special **intervalele de timp** (tip relativ), care sunt utile în special pentru

- aprecierea validității rezultatelor unor analize,
- evaluarea gravității unor boli;
- evaluarea eficienței unor tratamente;
- stabilirea și semnalarea momentului în care trebuie efectuat un control medical (specificat adesea de protocoale)
- stabilirea și semnalarea momentului în care trebuie oprit tratamentul sau ajustate dozele (specificat adesea de protocoale)

Detaliile de planificare a tratamentului pot avea mare importanță-în multe cazuri. În cazul tratamentului medical, de exemplu, trebuie să se stabilească

- dozele (și pot fi mari variații individuale);
- durata administrării;
- intervale și parametri de control ai eficienței tratamentului
- atitudinea în cazul unor reacții adverse (diminuarea dozelor, oprirea tratamentului, un tratament specific).

Cea mai mare parte a proiectelor de dezvoltare a sistemelor-expert medicale a fost abandonată din cauza unor dificultăți majore, cum ar fi

- necesitatea finanțării unui proiect cel puțin 4 – 5 ani la rând și
- numărul mare al cazurilor ce nu pot fi rezolvate exclusiv pe baza cunoștințelor din subspecialitatea medicală vizată.

În multe cazuri prototipul demonstrativ a fost ușor de obținut dar dificultăți neprevăzute s-au sesizat în faza următoare, a prototipului de cercetare. În cazul majorității afecțiunilor formele tipice se referă în special la un singur organ sau sistem, iar complexitatea cazului este dată în special de efecte sistemice dintre cele mai diverse, de care se ține cont doar în fazele de prototip de cercetare și de teren.

## 4 Sistemele-multiexpert

### 4.1. Introducere

**Sistemele-multiexpert** sunt sisteme informatice care asigură integrarea mai multor sisteme-expert din domenii diferite. În acest fel sunt create condiții bune pentru analiza unor cazuri de mare complexitate, care necesită abordări multi-disciplinare.

Dezvoltarea și utilizarea acestor aplicații a devenit subiectul unei ramuri a inteligenței artificiale, numită **inteligența artificială distribuită**. [AND94][BEN93]

**Integrarea** este acțiunea de reunire a mai multor entități prin crearea unei mulțimi de legături, cu formarea unei noi entități, care este numită **sistem integrat**. Un asemenea sistem este complex, deoarece are un nivel de organizare superior celui al entităților inițiale, care au devenit părți componente. Calitatea unui sistem integrat este rezultanta interrelației părților componente și este superioară sumei calității părților sale când acestea sunt considerate desprinse unul de altul.

În biologie s-a realizat prin integrare evoluția formelor de viață de la cele unicelulare (simple, inferioare) la cele pluricelulare (complexe, superioare).

În informatică integrarea mai multor programe se obține prin crearea unor facilități de apel al unui program din cadrul altuia și de transfer al unor cantități mari de date între programe. Apelul unui program se poate face la cererea utilizatorului sau în mod automat, când programul apelant sesizează necesitatea apelului. Transferul datelor între programele integrate se face de regulă fără intervenția utilizatorului. În toate cazurile programele integrate sunt făcute să rezolve singure majoritatea problemelor date de cooperarea pentru rezolvarea unei sarcini complexe.

Raționamentul din cadrul unui sistem multi-expert este similar raționamentului uman pentru probleme complexe, care necesită o activitate de analiză și decizie a unui grup de specialiști din domenii diferite.

S-a remarcat că în asemenea cazuri între specialiști interacțiunile sunt frecvente și complexe. În aceste condiții, sistemele-expert sunt constituite într-o rețea de module de cunoaștere slab cuplate și cunoscute, de regulă, în tehnologia de specialitate ca **module-expert**. Numele de modul-expert este bine ales, deoarece **modulul** este un component complex care menține un grad mare de autonomie, iar cuvântul expert semnalează nivelul dorit pentru cunoștințele stocate într-un asemenea modul.

Un sistem-multiexpert este de preferat față de un sistem-expert masiv cu un volum similar de cunoștințe deoarece separarea modulelor-expert asigură autonomia expertizei, ceea ce simplifică întreținerea și reduce mult riscul unor erori.

Modulele-expert pot utiliza un motor de inferență unic, al întregului sistem-multiexpert, dar există destule cazuri în care unele module-expert utilizează motoare de inferență proprii.

Controlul interacțiunii acestor module-expert devine dificil, mergând uneori până la necesitatea rezolvării unor conflicte, atât în cursul funcționării, cât și al sintetizării într-un rezultat final a concluziilor diferitelor modele.

Întreținerea unui sistem-multiexpert este simplificată datorită diviziunii în module-expert deoarece fiecare modul-expert poate fi întreținut separat fără a fi afectată starea de funcționare a ansamblului. Module-expert întregi pot fi la nevoie eliminate cu relativă ușurință.



**Baza de fapte** a sistemului-multiexpert poate fi

- unitară (pentru toate modulele-expert) sau
- divizată (cu câte un compartiment pentru fiecare modul-expert)

De multe ori baza de fapte este organizată în sistemul așa-numit al **tablei negre** (blackboard architecture). O asemenea bază de fapte conține toate datele inițiale, intermediare și finale ale problemei de rezolvat și accesul este liber la toate faptele existente în momentul respectiv. Unele din faptele incluse în această bază de fapte au rol de semnalizare și sunt folosite pentru coordonarea modulelor-expert. Acest sistem este ușor de implementat, dar un dezavantaj major poate fi creșterea timpului necesar pentru regăsirea unora din faptele înregistrate (prin datele inutile la un moment dat).

#### **4.2. Controlul sistemelor-multiexpert**

**Controlul** sistemelor-multiexpert presupune alegerea modulelor care trebuie activate și activarea acestora. Organizarea în condiții optime a acestei componente a funcționării sistemelor-multiexpert este asigurată de rezultatele studiilor rezoluției distribuite a problemelor și rezoluției multiagent.

Controlul sistemelor-multiexpert poate fi centralizat sau descentralizat.

**Rezoluția distribuită a problemelor** este procesul de repartitie a sarcinii de rezolvare a unei probleme între mai multe module de cunoaștere. Prin descompunerea problemei inițiale de către un modul de cunoaștere sunt generate subprobleme, numite **subsarcini** în terminologia de specialitate. O subsarcină poate fi atribuită unui modul de cunoaștere, altul decât cel inițial, atunci când este cazul.

**Rezoluția multiagent** este procesul de coordonare a comportamentului mai multor agenți autonomi în soluționarea problemei inițiale. Scopul acestui proces este realizarea coerenței globale a rezultatului final, ceea ce presupune adesea diverse concesii din partea diverselor module-expert.

Controlul este **centralizat**, când un modul are supremația asupra celorlalte, ca un șef de orchestră. Un asemenea modul este numit, de regulă, **supervizor** și are un rol de supraveghere și arbitraj. Principalele sarcini ale supervizorului sunt distribuția sarcinilor celorlalte module-expert și recuperarea rezultatelor acestora.

Pentru a-și îndeplini rolul supervizorul are nevoie de o vedere generală și completă asupra sistemului, ceea ce se asigură doar prin includerea unor cunoștințe din toate domeniile vizate.

Supervizorul folosește de regulă o **agendă de sarcini**, dar uneori poate folosi alături de toate celelalte module-expert o **tabla neagră** (blackboard), care e o structură de date cu rol de cutie poștală.

Controlul este **descentralizat** când fiecare modul-expert poate descompune sarcina principală în subsarcini, iar cele pe care nu le poate rezolva le transmite celorlalte module-expert. În acest scop, fiecare modul-expert trebuie să includă cunoștințe despre competența celorlalte, dar așa ceva poate crea complicații la adăosul sau eliminarea unor module-expert.

### **4.3. Comunicarea în interiorul sistemelor-multiexpert**

Comunicarea în cazul sistemelor multiexpert se efectuează între program și utilizator, dar și între modulele de cunoaștere componente.

Comunicarea între modulele componente este specifică sistemelor-multiexpert și de o mare importanță pentru acestea. În cadrul studiului acestui tip de comunicație se ține cont de conținutul, direcția și perioada comunicării.

**Conținutul** comunicării trebuie să aibă o semantică (semnificație) și sintaxă (mod de exprimare) comune pentru toate modulele-expert, altfel acestea nu se pot „înțelege” între ele. Acest deziderat se poate realiza în două moduri:

- utilizarea unei terminologii unitare obligatorii pentru toți experții care contribuie la dezvoltarea sistemului-multiexpert
- treceri repetate printr-o reprezentare intermediară. Acest mod permite o independență relativă a vocabularului utilizat de experții din-trun anumit domeniu, dar este mai puțin eficient, decât primul, deci nu e recomandat.

**Direcția comunicării** este în special de la modulul **apelant** (cel care inițiază legătura, în calitate de solicitant) spre modulul **apelat** (cel care răspunde solicitării). Modulul apelant transmite datele inițiale, iar modulul apelat transmite rezultatele finale. Uneori rezultate intermediare (ipoteze, etc.) sunt trimise modulului apelant pentru verificare, iar acest modul poate transmite, dacă este cazul, date complementare.

**Perioada comunicării** este delimitată de momentele începutului și, respectiv, sfârșitului legăturilor.

În cadrul sistemelor-multiexpert pot fi folosite următoarele tipuri de comunicare:

- prin partajarea informației:
- prin transmiterea de mesaje.

Comunicarea prin **partajarea informației** (information sharing) se efectuează printr-o structură unică de date care are rolul unei cutii poștale pentru toate modulele-expert. Fiecare modul-expert caută datele de care are nevoie în structura de date și tot în structura de date depune și rezultatele finale. De regulă se utilizează sistemul tablei negre (blackboard architecture).

Comunicarea prin **transmiterea mesajelor** este posibilă în două variante:

- **directă**, când mesajul este transmis la unul sau mai mulți receptori specificați de emițător sau
- prin **difuziune** (broadcasting) când mesajul este transmis tuturor receptorilor în același timp, și fiecare dintre aceștia înțelege din conținutul mesajului dacă trebuie să răspundă și ce anume.

## 5. Sistemul-multiexpert "MEDICOL"

### 5.1. Introducere

MEDICOL este un sistem-multiexpert proiectat pentru întreaga medicină alopată (mainstream medicine).

Denumirea provine de la *Clinica **MED**icală a Spitalului "N. Gh. Lupu – **COL**entina" din București*, unde autorul a asimilat cea mai mare parte a cunoștințelor medicale care au permis proiectarea acestui sistem-multiexpert.

Acest sistem-multiexpert a fost dezvoltat pe baza ideii de integrare a sistemelor-expert medicale pentru a asigura o colaborare eficientă a acestora și a depăși astfel o serie de limite binecunoscute ale sistemelor-expert medicale. Diversele aspecte ale structurii și funcțiilor acestui sistem-multiexpert pot fi înțelese mai ușor dacă se ține cont că această aplicație este destinată să analizeze cazuri dintre cele mai complexe ca o echipă de experți în domeniul medical care realizează un consult multi-disciplinar. [STE97]

### 5.2. Domeniul sistemului-multiexpert

Domeniul acestui sistem-multiexpert este de o amploare neobișnuită, dar se pare că va fi singura soluție acceptabilă pentru sisteme-expert și multiexpert, iar o serie de estimări arată că este realizabil în această formă neobișnuită.

Când se pune problema delimitării domeniilor sistemelor-expert și multiexpert trebuie ținut cont că **experților** dintr-un anumit domeniu li se cere să rezolve în special cele mai complexe și mai rar întâlnite probleme care apar în acel domeniu.

Când s-au delimitat domeniile primelor sistemele-expert medicale, s-au constatat de la primele studii probleme serioase de delimitare create de entitățile clinice care au din diverse motive o anumită importanță în domeniul vizat, dar aparțin de fapt altor domenii (specialități sau subspecialități). În cele mai multe cazuri în domeniul unui sistem-expert medical au fost incluse doar cele mai frecvente entități clinice care aparțin și altor domenii, ceea ce este totuși o soluție de compromis, dar și așa s-a ajuns la dublarea volumului bazei de cunoștințe a sistemului-expert respectiv.

Prima idee pentru delimitarea domeniilor sistemelor-multiexpert medicale a fost extinderea acestora la grupuri de specialități medicale consacrate pe diverse criterii, sau a unor grupuri de afecțiuni care presupun o abordare multidisciplinară. Această idee a fost bine susținută de analiza cazurilor tipice și a celor mai frecvente din domeniile vizate, care sunt de competența specialiștilor de nivel mediu. Când s-a schițat o listă a entităților clinice care au vreo importanță în aceste domenii, s-au găsit multe care aparțineau în primul rând altor domenii din afara grupului de specialități medicale vizate, indiferent de criteriile utilizate pentru delimitarea acestor domenii.

O entitate clinică poate avea importanță pentru un anumit domeniu al medicinei, deși aparține de fapt unuia diferit din diverse cauze, între care mai importante ar fi:

- coexistența cu o entitate clinică din domeniul vizat;
- probleme de diagnostic diferențial;
- tratament care presupune o abordare multi-disciplinară,

**Coexistența** mai multor entități clinice într-un anumit caz poate avea cauze și semnificații dintre cele mai diverse. În multe cazuri o entitate clinică este favorizată de o afecțiune preexistentă, în altele constituie un efect care apare frecvent sau o complicație a acesteia. Chiar entitățile clinice care apar simultan într-un anumit caz fără a avea vreo relație cauzală pot avea importanță pentru planificarea tratamentului, deoarece pot fi interacțiuni medicamentoase dintre cele mai diverse sau o anumită entitate clinică este o contraindicație pentru un anumit tratament al alteia. Au importanță și cazurile în care o anumită entitate clinică poate să apară ca o reacție adversă la tratamentul alteia.

Cazurile în care se ajunge la **diagnostic diferențial** crează diverse situații complexe. De multe ori se ajunge la un asemenea diagnostic pentru entități dintre cele mai diferite domenii. În unele cazuri prin diagnosticul diferențial se găsesc entități clinice coexistente, și nu sunt rare cazurile în care prin acest diagnostic se găsește o entitate clinică diferită dintr-un alt domeniu decât cel în care este cea care constituie obiectul primei suspiciuni.

Cazurile în care se ajunge la **terapii** care presupune cooperarea specialiștilor din domenii diferite sunt variate și departe de a fi rare. Între cele mai frecvente situații de acest gen sunt cele în care se impune tratament medical și chirurgical, și între acestea se pot remarca neoplaziile.

Chiar la o primă analiză numărul și diversitatea situațiilor care impun legături între diverse domenii consacrate în medicină, în principiu la nivelul unor specialități sau subspecialități medicale, s-au arătat a fi suficient de mari pentru a crea pentru fiecare domeniu medical diverse relații cu toate celelalte domenii din cadrul medicinei.

Rezultatele acestei analize nu pot fi considerate surprinzătoare, deoarece în prezent se recomandă ca un spital să includă secții pentru toate specialitățile medicale recunoscute, chiar dacă astfel devin mari și mai greu de administrat. La această idee s-a ajuns pentru a limita diversele deplasări necesare în cazul unor consulturi multidisciplinare, atunci când s-a constatat frecvența considerabilă a unor asemenea consulturi.

În cazul sistemului-multiexpert propus domeniul extrem de vast determină un consum mare de spațiu de stocare. O estimare Fermi a spațiului de stocare necesar pentru un asemenea sistem-multiexpert sugerează un consum mare, dar nu prohibitiv.

Numele de **estimare Fermi** este dat unei metode de calcul a valorii unui anumit parametru cu o mare aproximație, bazată pe efectul estimat al celor mai importanți factori sesizați în cazul respectiv.

Eroarea unor asemenea estimări poate ajunge la un ordin de mărime, deci valoarea găsită poate fi chiar de 10 ori mai mică sau mai mare decât cea reală. Chiar și așa, estimarea Fermi oferă o bună orientare în diverse situații în care valoarea maximă posibilă are mai multe ordine de mărime față de cea minimă, și pot fi adesea zeci sau sute asemenea ordine de mărime, dar și mult mai mult.

Avantaje majore ale estimării Fermi sunt simplitatea calculelor necesare și posibilitatea efectuării chiar și în condițiile unui nivel redus al cunoștințelor teoretice din domeniul vizat. O asemenea estimare este posibilă cu mult înainte de a se cunoaște toți factorii care contribuie la rezultatul unui fenomen și chiar detaliile acțiunii principalilor factori care determină acest rezultat.

O estimare Fermi a spațiului necesar pentru stocarea bazei de cunoștințe a unui sistem-multiexpert destinat întregii medicine clasice este prezentată mai jos.

În medicină sunt delimitate cca. 50 – 60 de specialități medicale, cu variații de la țară la țară și în fiecare perioadă. În viitorul previzibil s-ar putea ajunge cel mult 100 asemenea specialități.

În fiecare specialitate medicală sunt conturate de regulă între 3 și 5 subspecialități care ar putea constitui domenii de sisteme-expert. În viitorul previzibil s-ar ajunge la cel mult 10 subspecialități în cadrul unei anumite specialități.

Pentru fiecare sistem-expert literatura de specialitate estimează ca baza de cunoștințe ar ajunge la 4000 – 5000 reguli, dar aproape nici un sistem-expert medical descris nu a ajuns la acest prag, deși ar fi posibil.

Pentru fiecare regula, spațiul de stocare ar putea fi între 1 – 2 kO (kilooceteți) dacă se ține cont de traducerea în limbaj cvasi-natural și pasajele corespunzătoare din dicționarul explicativ.

În urma acestor presupuneri se ajunge la un spațiu de stocare de cca. 10 – 20 MO pentru fiecare modul-expert și cca. 10 – 20 GO (GB) pentru întregul sistem-multiexpert, ceea ce în prezent este acceptabil pentru un calculator personal de ultimă generație.

Sistemul-multiexpert propus devine interesant, deoarece asigură o economie importantă de spațiu de stocare față de seria de sisteme-expert a căror domenii însumate ar forma același domeniu. Economia este obținută deoarece majoritatea cunoștințelor referitoare la o anumită entitate clinică sunt stocate într-un singur modul-expert, și la aceste cunoștințe poate face apel cu ușurință orice alt modul-expert care sesizează necesitatea utilizării lor. În acest fel se evită dublarea bazei de cunoștințe care era necesară pentru entitățile clinice din alte domenii care aveau importanță pentru domeniul respectiv.

Un avantaj specific unui sistem-multiexpert pentru întreaga medicină este posibilitatea de a aborda domenii care au legături folosite în permanență cu multe alte domenii ale medicinei. Asemenea domenii pot fi, printre altele:

- expertiza capacității de muncă, deoarece sunt multe cazuri de cumul de afecțiuni;
- febra cu etiologie neprecizată, care poate fi determinată de diverse afecțiuni din domeniul medicinei interne, bolilor infecțioase, oncologiei, dar și destule altele;
- sindromul anemic, în care trebuie identificată boala de bază pentru a permite un tratament etiologic.

Sistemul-multiexpert propus permite chiar abordarea cazurilor în care la prima analiză a elementelor clinice nu poate fi formulată o ipoteză pentru stabilirea diagnosticului.

Domeniul extrem de vast al sistemului-multiexpert propus include un volum extrem de mare de cunoștințe, dar colectarea acestor cunoștințe este facilitată de numeroase elemente comune tuturor ramurilor medicale. Aceste elemente comune favorizează și colaborarea eficientă a numeroaselor module-expert pentru cazuri dintre cele mai complexe posibile.

Prezența unor cunoștințe valabile pentru toate specialitățile medicale are fundament teoretic, deoarece toate aceste specialități se referă la un singur organism, și componentul de bază al acestui organism este celula, atât pentru structuri, cât și pentru funcții. Sunt descrise cca. 200 de tipuri de celule în organismul uman, dar toate aceste tipuri au mai multe elemente comune decât elemente specifice, deci pot fi considerate variațiuni pe aceeași temă.

### **5.3. Cerințe ale sistemului-multiexpert**

Sistemul-multiexpert "MEDICOL" a fost proiectat să satisfacă solicitări diverse, exact ca în cazul consultării experților umani, care se pronunță în cazuri mergând de la cele mai simple până la cele mai complexe, inclusiv în cazurile extrem de rar întâlnite, care în domeniul medical sunt comunicate în cadrul reuniunilor științifice.

Acest sistem-multiexpert este proiectat să formuleze în toate cazurile din domeniile abordate diagnosticul, prognosticul, un plan de tratament și chiar recomandări de profilaxie, toate acestea cu toate detaliile posibile. În afară de aceste scopuri, care pot fi considerate convenționale pentru sistemele-expert medicale, pot fi propuse și sunt de o utilitate certă o serie de scopuri mai rar menționate. Între acestea ar fi:

- discuția cazurilor
- evaluarea unor diagnostice mai vechi sau a unor tratamente deja stabilite
- stabilirea atitudinii de adoptat în cazul mersului necorespunzător al unui tratament.

**Discuția cazurilor** analizate presupune, printre altele, identificarea elementelor atipice și/sau de importanță secundară ale cazurilor analizate.

Diverse diagnostice sau tratamente deja stabilite pot fi corecte sau eronate din cele mai diverse cauze. În cazul unor erori contează dacă acestea puteau fi evitate sau nu, și ce detalii ar fi fost importante pentru evitarea erorilor.

Un tratament poate avea rezultate necorespunzător dacă este inefficient sau dacă apar o serie de reacții adverse. În asemenea cazuri sunt necesare măsuri dintre cele mai diverse, mergând de la ajustarea diverselor detalii până la oprirea tratamentului și adoptarea altui plan de tratament.

Scopurile stabilite pentru sistemul-multiexpert propus, așa cum sunt prezentate mai sus, asigură aplicației o **valoare didactică** mare încă din primele faze ale dezvoltării fiecărui modul-expert. Această posibilitate a fost identificată în cazul sistemelor-expert, inclusiv a celor medicale, și era de așteptat să apară și în cazul sistemelor-multiexpert, deoarece acestea sunt succesoare ale sistemelor-expert obținute prin integrare, care presupune o gamă nu prea largă de modificări.

Valoarea didactică a sistemului multi-expert "MEDICOL" este asigurată prin capacitatea de a furniza explicații și prin adoptarea logicii trivalente.

**Explicațiile** se referă atât la utilitatea fiecărei întrebări pe care o pune sistemul, cât și la fiecare detaliu care a contat în decizia finală.

**Logica trivalentă** a fost adoptată pentru a ține cont de efectul asupra deciziei finale al absenței unor date necesare pentru analiza unui caz. În medicină absența unor asemenea date poate avea importanță extrem de variată de la caz la caz, mergând de la lipsa oricărei influențe asupra rezultatului final (ceea ce constituie cazul cel mai favorabil) până la imposibilitatea de a obține o concluzie în cazul analizat (ceea ce corespunde unui eșec total). Această facilitate permite folosirea cazurilor analizate ca exemple posibile din activitatea curentă pentru efectele posibile ale unor scăpări sau lacune în formarea specialiștilor.

O cerință importantă este **reproducerea** cât mai fidelă a **raționamentelor medicale** în formele cele mai performante care sunt utilizate în cursul analizei fiecărui caz în activitatea de zi cu zi. Aceste raționamente se bazează pe câteva metode de diagnostic diferite, între care cea mai importantă este gruparea semnelor și simptomelor în sindroame. Această metodă analitică s-a dovedit eficientă chiar în cazuri dintre cele mai complexe. Alte metode de diagnostic care mai pot fi folosite pentru anumite aspecte ale unor cazuri sunt:

- recunoașterea tablourilor clinice, în special pentru cazurile în care este posibil un diagnostic instantaneu;
- utilizarea scorurilor de diagnostic;
- utilizarea unor indicatori calculați pe baza valorilor mai multor parametri biologici.

Colectarea datelor trebuie să se deruleze conform organizării foii de observație, care este bazată pe idei acceptate în marea majoritate a unităților medicale din toate țările. Această idee este în acord cu cea generală de a asigura colectarea datelor într-un mod cât mai apropiat posibil de cel consacrat prin formularele utilizate în mod curent pentru acele date.

Această cerință permite verificarea concluziilor sistemului-multiexpert în cazul unor incertitudini, ceea ce are o mare importanță pentru acceptarea acestora.

O cerință importantă pentru condițiile de utilizare este **comunicarea în limbaj cvasinatural**- În cazul sistemelor-multiexpert această cerință are o importanță sporită de complexitatea aparte a cazurilor care pot fi analizate și a volumului mare de date și cunoștințe complexe necesar pentru o analiză corespunzătoare..

Acest sistem-multiexpert are un **control descentralizat**, deoarece fiecare modul-expert poate apela orice alte module-expert, conform necesităților specifice ale cazului analizat. Acest sistem de control pare cel mai potrivit pentru un sistem-multiexpert medical, deoarece în multe cazuri necesitatea apelului altor module-expert poate fi evidențiată doar în faze avansate ale analizei cazului curent.

#### **5.4. Principii de proiectare ale sistemului-multiexpert**

Sistemul-multixpert "MEDICOL" folosește un generator de sisteme-multiexpert proiectat special pentru necesitățile sistemelor-multiexpert medicale.

Un principiu de proiectare a acestui generator este utilizarea unor structuri cât mai simple posibil în cadrul bazei de cunoștințe, pentru a oferi posibilitatea generării și utilizării unor module-expert adecvate unor subiecte din orice specialitate medicală cunoscută și a oferi în toate cazurile un răspuns cât mai detaliat posibil.

Au fost adoptate și câteva decizii originale pentru arhitectura sistemului-multiexpert descris, pentru a permite o utilizare cât mai bună a cunoștințelor medicale și a spori viteza de funcționare a acestuia.

Un principiu important de proiectare este cel de asigurare a autonomiei maxime posibile a fiecărui component al bazelor de cunoștințe din cadrul sistemului-multiexpert. Acest principiu a fost sugerat de avantajele specifice regulilor de producție.

**Baza de fapte** este necompartimentată (monolitică), ceea ce reduce viteza de căutare, dar crează mai puține dificultăți de întreținere a bazei de cunoștințe.

O decizie de proiectare originală este divizarea bazei de cunoștințe a fiecărui modul-expert în grupuri de reguli. Această decizie a fost o consecință a principiului autonomiei maxime posibile a componentelor bazei de cunoștințe.

**Grupul de reguli** a fost proiectat să fie un **minisistem-expert**, de aceea este un modul cu un grad ridicat de autonomie care include toate cunoștințele disponibile, de orice fel, referitoare la o subproblemă din domeniul modulului-expert. Grupuri de reguli separate au fost delimitate în primul rând pentru analiza unor simptome, semne clinice sau rezultate ale unor analize de laborator.

Un grup de reguli poate apela alte grupuri de reguli, câte unul pentru fiecare subproblemă pe care o sesizează în cursul analizei cazului curent. Apelul este realizat printr-o regulă specială, care înregistrează solicitarea grupului de reguli necesar în agenda de lucru. Regulile de apel sunt, de fapt, metareguli, deoarece apelul unui grup de reguli este comanda de a declanșa toate regulile conținute în cadrul unui grup de reguli.

Toate grupurile de reguli au acces la baza de fapte unică a sistemului-multiexpert atât pentru preluarea faptelor colectate și/sau deduse de alte grupuri de reguli, cât și pentru stocarea faptelor pe care le-au colectat și/sau dedus în cursul funcționării,

Compartimentarea bazei de cunoștințe în grupuri de reguli autonome permite simplificarea operațiilor de dezvoltare și întreținere, deoarece marea majoritate a cunoștințelor referitoare la o zonă restrânsă a domeniului (operative, explicative, etc) sunt grupate într-o singur modul.

O altă decizie originală de proiectare a fost de a permite verificarea oricărei reguli **o singură dată** în cursul funcționării grupului de reguli.

Motoarele de inferență reiau de regulă verificarea regulilor din baza de cunoștințe până când nu se mai obțin rezultate noi. Verificările repetate permit obținerea rezultatelor dorite chiar dacă o regulă ce folosește fapte deduse (ca rezultate intermediare) este plasată în baza de cunoștințe înaintea celei care asigură deducția acestor fapte pe baza datelor colectate. În acest fel regula care ar fi a doua verigă a lanțului de inferență este plasată înaintea regulii ce constituie prima verigă. Într-un asemenea caz în prima etapă se activează doar regula care asigură deducerea faptelor pe baza datelor colectate (prima verigă a lanțului de inferență), iar în a doua etapă se activează și regula care folosește faptele deduse în prima etapă (a doua verigă a lanțului de inferență). Acest sistem sporește mult durata obținerii rezultatelor, dar specialiștii care asigură întreținerea nu mai sunt nevoiți să fie atenți la ordinea în care sunt stocate regulile în baza de cunoștințe.

Evitarea verificărilor repetate a regulilor nu crează dezavantaje semnificative la întreținere în cazul grupurilor de reguli, deoarece fiecare asemenea grup include doar câteva zeci de reguli. Când sunt separate în acest fel, regulile devin mult mai ușor de controlat decât în cazul unei baze de cunoștințe clasice.

Se poate constata că sistemul-multiexpert descris folosește un **sistem de comunicare** hibrid, atât prin mesaje, cât și prin partajarea informației.

**Mesajele** sunt transmise prin intermediul agendei de lucru, și orice grup de reguli înregistrat în această agendă nu este activat decât după ce grupul de reguli curent și-a încetat activitatea. Acest sistem de comunicații este asincron, deoarece grupul de reguli apelant nu așteaptă nici un fel de rezultate de la vreun grup de reguli apelat.

**Partajarea informației** se realizează prin baza de fapte monolitică, ce are rolul unei table negre (blackboard). Un grup de reguli apelat nu primește nici un fel de date de intrare prin intermediul mesajului, ci caută faptele necesare pentru analiză în baza de fapte. Concluziile analizei care pot fi folosite de alte grupuri de reguli sunt depuse tot în baza de fapte monolitică.

Același sistem de comunicare este folosit și pentru apelul altui modul-expert, dacă acesta se dovedește a fi necesar în cursul analizei cazului curent. Dacă o regulă de apel este destinată pentru un alt modul-expert, aceasta va realiza apelul unui primului grup de reguli din cadrul acestui modul-expert.

**Rezultatul final** al consultației este un document în care este delimitată câte o secțiune pentru rezultatele fiecărui grup de reguli. Fiecare secțiune include toate regulile care s-au aplicat în acel caz, ceea ce permite accesul rapid la un anumit pasaj și controlul prin sondaj al concluziilor. Acest document are rolul unui raport de expertiză.

Fiecare grup de reguli include și **reguli de explicație** de un tip special, care realizează alipirea unor pasaje conservate (canned texts). Aceste reguli sunt incluse în baza de cunoștințe alături de toate celelalte reguli și conțin cunoștințele profunde care sunt folosite pentru controlul soluțiilor, deoarece acestea sunt obținute în special pe baza unor cunoștințe superficiale.



Prin folosirea unor reguli de producție și pentru generarea explicațiilor se evită necesitatea unui **modul explicativ** separat de genul celor descrise pentru sistemele-expert clasice. Eficiența motorului de inferență este mult sporită, deoarece concomitent cu obținerea rezultatelor asigură și justificarea acestora printr-un mecanism simplu.

Fiecare grup de reguli conține un **dicționar explicativ** pentru termenii specifici subdomeniului pentru care este delimitat. Un asemenea dicționar poate fi accesat în timpul colectării datelor, dar și separat în cursul utilizării (în afara analizei unui caz) sau al întreținerii. Eficiența unui asemenea dicționar explicativ crește dacă se pot include imagini și legături de tip hipertext.

**Modulul-expert** este de fapt un sistem-expert integrat proiectat să rezolve singur cazurile care se încadrează strict în domeniul lui. Un asemenea modul-expert ajunge să apeleze diverse alte module-expert deoarece sunt multe cazuri care au nevoie de cunoștințe în alte domenii.

Prin introducerea grupurilor de reguli s-a obținut și o viteză mare de rulare, și o întreținere mai ușoară.

Viteza mare de rulare a fost dată de posibilitatea de a verifica orice regulă o singură dată în cursul funcționării grupului de reguli, dar și de a apela un grup de reguli numai când este dovedită necesitatea acestuia.

Întreținerea este favorizată de gruparea într-un singur loc a cunoștințelor dintr-un anumit subdomeniu (reguli de orice fel, decțiuni ale dicționarului explicativ), dar și de utilizarea intensivă a regulilor (inclusiv pentru generarea explicațiilor).

## **5.5. Colectarea datelor cazului**

Achiziția datelor cazului asigură acumularea faptelor interogabile exclusiv prin intermediul unor **reguli** speciale de **introducere a datelor**.

Regulile de introducere a datelor sunt grupate într-un set care este activat automat la apelul grupului de reguli care îl conține. În acest fel sunt colectate toate datele care pot avea relevanță pentru grupul de reguli respectiv, înainte de a se activa regulile prin care se realizează raționamentele.

Acest sistem a fost conceput pentru a permite reproducerea protocoalelor de anamneză, a căror utilitate a fost confirmată de mult în clinică. În acest fel se previne introducerea unor date pentru care nu sunt disponibile cunoștințe corespunzătoare în momentul respectiv. (**Planșa** 10.1.)

În cadrul setului de reguli de introducere a datelor acestea sunt grupate în structuri complexe, și fiecare asemenea structură include toate regulile care se referă la o anumită întrebare. Pentru fiecare răspuns posibil la o anumită întrebare este prevăzută câte o regulă de introducere a datelor. Fiecare structură dedicată unei întrebări conține:

- textul unei întrebări;
- titlul unei rubrici din dicționarul explicativ;
- lista răspunsurilor posibile la întrebarea respectivă.

Textul întrebării este afișat împreună cu un meniu care prezintă lista tuturor răspunsurilor posibile la respectiva întrebare. Alegerea unui răspuns determină activarea regulii

care asigură introducerea faptei corespunzătoare respectivului răspuns în baza de fapte a cazului analizat.

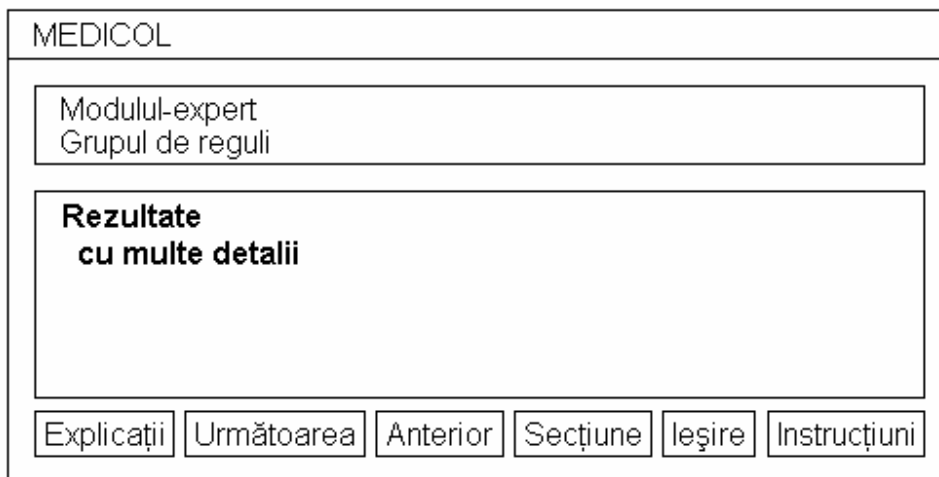
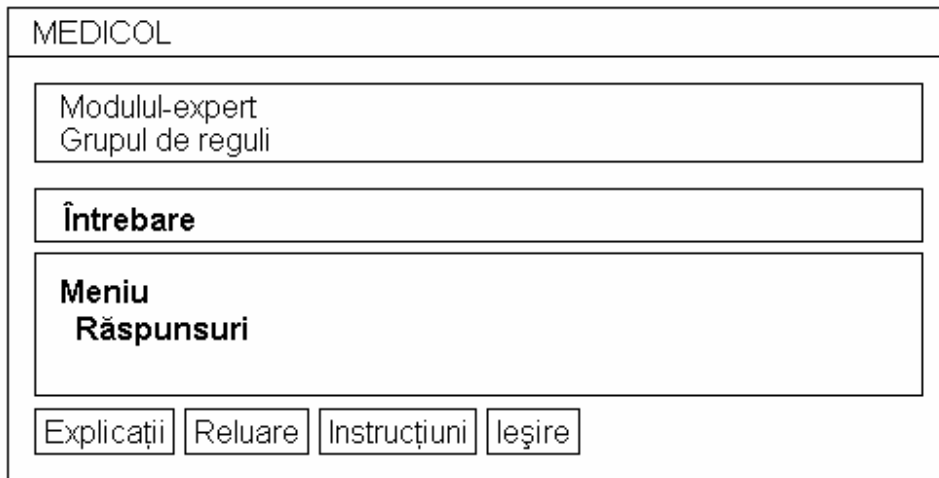
Înainte de a se afișa textul unei întrebări motorul de inferență verifică dacă nu cumva este deja prezent în baza de fapte a cazului analizat vreunui în răspunsurile posibile, Într-un asemenea caz, întrebarea nu mai apare și în raționamente se va folosi răspunsul gata obținut. O asemenea situație poate apare frecvent în cazul unui sistem-multiexpert pentru date care pot fi culese din module-expert diferite.

Dacă utilizatorul dorește explicații, se afișează o rubrică din dicționarul explicativ care prezintă pe larg faptul care constituie subiectul întrebării respective.

Alegerea răspunsurilor posibile din meniuri permite o achiziție rapidă și eficientă a datelor cazului analizat. În acest fel sunt evitate diversele neînțelegeri provocare în cazul introducerii unor fraze de către utilizator,

Tipurile de structuri folosite pentru întrebări sunt:

- clasice, pentru cazurile în care răspunsul poate fi afirmativ, negativ sau necunoscut, conform logicii trivalente.
- cu meniu, pentru cazurile în care sunt posibile mai multe răspunsuri dintre care numai unul singur poate fi valabil într-un caz anume (deci, sunt mutual exclusive)
- de introducere a valorilor numerice, în cazul unor parametri.



Planșa 5.1 Scheme de interfață ale sistemului multiexpert MEDICOL

Cel mai adesea sunt utile structurile clasice, iar celelalte două tipuri sunt destinate depășirii unor limite ale întrebărilor de tip clasic.

Un exemplu de structură **clasică** reprezentată în limbaj cvasinatural ar putea fi:

*Sunt prezente papule eritematoase ?*  
*Papule eritematoase TIP : clasic*  
*se observă papule eritematoase*  
*nu se observă papule eritematoase*  
*nu se știe dacă se observă papule eritematoase*

În acest caz textul întrebării este *Sunt prezente papule eritematoase ?* și acestuia îi corespunde în dicționarul explicativ rubrica cu titlul *Papule eritematoase*.

Regulile de introducere a datelor ar fi, în acest caz, următoarele:

*DACĂ se introduce răspunsul DA (afirmativ)*  
*la întrebarea "Sunt prezente papule eritematoase ?"*  
*ATUNCI se introduce în baza de fapte propoziția*  
*"se observă papule eritematoase"*

*DACĂ se introduce răspunsul NU (negativ)*  
*la întrebarea "Sunt prezente papule eritematoase ?"*  
*ATUNCI se introduce în baza de fapte propoziția*  
*"nu se observă papule eritematoase"*

*DACĂ se introduce răspunsul "Nu se știe" (evaziv)*  
*la întrebarea "Sunt prezente papule eritematoase ?"*  
*ATUNCI se introduce în baza de fapte propoziția*  
*"nu se știe dacă se observă papule eritematoase"*

Un exemplu de structură **cu meniu**, dedicată mai multor răspunsuri mutual exclusive, ar putea fi

*În cursul crizelor de dispnee paroxistică, pacientul poate vorbi ?*  
*Estimarea intensității dispneii paroxistice TIP : cu meniu*  
*în cursul crizelor de dispnee paroxistică pacientul poate vorbi cu cuvinte întregi*  
*în cursul crizelor de dispnee paroxistică pacientul poate pronunța doar cuvinte întretăiate*  
*în cursul crizelor de dispnee paroxistică pacientul nu poate vorbi în nici un fel*  
*nu se știe dacă pacientul poate vorbi în cursul crizelor de dispnee paroxistică.*

În acest caz textul întrebării este *În cursul crizelor de dispnee paroxistică, pacientul poate vorbi ?* și acestuia îi corespunde în dicționarul explicativ rubrica cu titlul *Estimarea intensității dispneii paroxistice*

Răspunsurile oferite în acest caz sunt

- *pacientul poate vorbi cu cuvinte întregi* (ceea ce sugerează o criza de dispnee de intensitate redusă);
- *poate pronunța doar cuvinte întretăiate* (ceea ce sugerează o criza de dispnee de intensitate redusă);

- *pacientul nu poate vorbi în nici un fel* (ceea ce sugerează o criza de dispnee de intensitate redusă);
- *nu se știe dacă pacientul poate vorbi în cursul crizelor de dispnee paroxistică.*  
În acest caz apar patru răspunsuri posibile care sunt mutual exclusive.

Un exemplu de structură dedicată introducerii **valorii numerice** a unui parametru este cel prezentat mai jos:

*S-a dozat hematocritul ?  
Hematocritul TIP : cu valori numerice  
hematocritul se exprimă în %  
nu s-a dozat hematocritul*

În acest caz textul întrebării este *S-a dozat hematocritul ?* și acestuia îi corespunde în dicționarul explicativ rubrica cu titlul *nu s-a dozat hematocritul*.

Răspunsurile posibile care apar sunt "Da" sau "NU",

În cazul răspunsului afirmativ apare o fereastră de editare pentru introducerea valorii numerice. Dacă, de exemplu, valoarea numerică este 40, în baza de fapte se introduce propoziția de forma *hematocritul este de 40 %*.

În cazul răspunsului negativ se introduce propoziția *nu s-a dozat hematocritul*, ceea ce corespunde cazului în care nu se cunoaște valoarea numerică a parametrului respectiv.

## **5.6. Regulile de prelucrare a faptelor**

Sistemul-multiexpert MEDICOL poate folosi următoarele tipuri de reguli

- Inferență;
- excludere (retragere a unor concluzii);
- prezentare (afișarea unor mesaje);
- apel;
- comparație;
- aplicare a scorurilor;
- aplicare a formulor.

Rămâne deschisă posibilitatea introducerii și a altor tipuri de reguli, dacă acestea s-ar putea dovedi utile pentru raționamentele efectuate în medicină.

**Regulile de inferență** sunt cele mai frecvent utilizate și descrise în cazul tuturor sistemelor-expert bazate pe reguli, și au același statut și în cazul sistemului-expert "MEDICOL". Dacă o regulă de acest tip este declanșată, se adaugă în baza de fapte toate concluziile care pot fi obținute pe baza premiselor acesteia. Un exemplu de regulă de inferență este :

*DACĂ este sindrom nefritic  
ATUNCI este vasculită  
ȘI este afectare renală vasculitică*

Regulile de **excludere** sunt cele care asigură eliminarea din baza de fapte a propozițiilor infirmate în cursul rezolvării cazului, ceea ce realizează retractarea unei afirmații. Se recomandă ca asemenea reguli să fie folosite numai în cazuri de forță majoră, când

propoziția în cauză poate conduce întregul raționament pe o pistă falsă. O asemenea regulă ar fi :

*DACĂ este redusă la 50 % capacitatea de muncă  
ȘI este pierdută capacitatea de autoservire  
ATUNCI, se renunță la propoziția  
este redusă la 50 % capacitatea de muncă*

Regulile de **prezentare**, sunt destinate afișării unor mesaje pentru a furniza explicații referitoare la raționamentele efectuate. Dacă o regulă de acest tip este declanșată, va introduce una sau mai multe propoziții numai în documentul furnizat ca rezultat final, nu în baza de fapte, așa că aceste propoziții nu au vreo contribuție la formarea vreunui lanț de inferență.

Prin asemenea reguli se asigură "granularitatea" explicațiilor, ceea ce permite particularizarea explicațiilor în funcție de detaliile fiecărui caz analizat și facilitează în mare măsură întreținerea bazei de cunoștințe. O posibilitate interesantă oferită de acest sistem este de a plasa o serie de reguli de prezentare imediat după regulile de inferență pentru care este pregătită explicația respectivă. O regulă de acest tip ar fi următoarea :

*DACĂ nu s-a stabilit diagnosticul complet  
ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL  
Nu se poate lua o decizie corespunzătoare.*

**Regulile de apel** reprezintă singurul tip de **metareguli** utilizate în cadrul sistemului multiexpert "MEDICOL". Aplicarea acestora determină apelul unor grupuri de reguli sau al altor module-expert, prin plasarea identificatorului corespunzător în agenda de lucru. Un asemenea identificator este plasat întotdeauna în coada agendei, conform principiului "ultimul venit, ultimul servit" (first in, first out). Primul element din agenda de lucru va fi folosit pentru apelul unui grup de reguli numai după verificarea tuturor regulilor din cadrul grupului curent.

Versiunea actuală permite apelul unui singur grup de reguli sau modul-expert în cazul fiecărei reguli de apel, ceea ce a fost mai ușor de implementat, fără inconveniente semnificative până în prezent.

Exemple de reguli de apel ar fi următoarele:

*DACĂ se observă papule violacee  
ATUNCI, se va face apelul grupului de reguli  
2111 - Papule violacee*

*DACĂ se observă papule  
ATUNCI, se va face apelul modulului-expert  
Lichen plan*

**Regulile de comparație**, sunt destinate interpretării valorilor numerice ale unor parametri. Asemenea reguli se folosesc în special pentru rezultatele diverselor examene paraclinice.

Pentru un singur parametru se folosește o structură complexă care grupează mai multe reguli de comparație, iar fiecare din aceste reguli este dedicată unei anumite concluzii, referitoare la o anumită stare sau sub stare a sistemului biologic (în cazul acestui sistem multiexpert, a pacientului). O asemenea concluzie se obține când se confirmă prezența valorii numerice curente în interiorul intervalului continuu specificat de regula respectivă. Toate concluziile care pot fi obținute printr-o asemenea structură sunt mutual exclusive.

Exemple de reguli de această categorie sunt :

DACĂ hemoglobinemia este de 9 mg%

ȘI bolnavul este de sex feminin

ATUNCI, este anemie

DEOARECE

sub 11 mg% este anemie

între 11 mg% (inclusiv) și 15 mg% (inclusiv) este euglobulie

peste 15 mg% este poliglobulie

DACĂ hemoglobinemia se exprimă în mg%

ȘI bolnavul este de sex masculin

ATUNCI,

sub 12 mg% este anemie

între 12 mg% (inclusiv) și 15 mg% (inclusiv) este euglobulie

peste 15 mg% este poliglobulie

Din aceste exemple se observă că una sau mai multe premise valabile pentru toate regulile din cadrul unei structuri sunt plasate într-un singur loc și verificate o singură dată în cursul analizei unui caz. În acest fel se asigură o economie de spațiu de stocare și de timp de rulare, dar și o întreținere mai ușoară, cu un risc mai redus de erori.

Întreținerea este facilitată și de evitarea dispersării regulilor de comparație referitoare la același parametru, ceea ce asigură și evitarea unei serii de omisiuni.

- Într-o asemenea structură trebuie prevăzute în mod explicit și reguli speciale de semnalare a unor valori care pot fi absurde din diverse motive:
- plasare pe scara negativă (foarte puțini parametri folosiți în medicină au asemenea valori)
- incompatibilitate cu viața
- depășirea produsului de solubilitate
- concentrații mai mari sau egale cu 100%

Regulile de utilizare a **scorurilor de diagnostic** stabilesc contribuția la punctajul final al fiecărui parametru utilizat, în funcție de starea celui parametru în cazul respectiv. După derularea tuturor regulilor destinate aplicării unui anumit scor, concluzia este trasă prin intermediul unei structuri care grupează **reguli de comparație**, de același tip cu cele descrise mai sus. O regulă de acest tip este

DACĂ este hipotonie

ATUNCI se adaugă 0 puncte LA SCORUL Apgar

În medicină există tendința de a se introduce diverse scoruri de diagnostic, chiar dacă cele mai cunoscute rămân Apgar în obstetrică și Glasgow în terapia intensivă.

Regulile de **aplicare a formulelor** sunt utile în multe cazuri, Premisele acestor reguli sunt folosite pentru a verifica dacă în cazul analizat sunt cunoscute toate valorile numerice folosite în cadrul unei anumite formule. Concluzia specifică parametrul a cărei valoare numerică este calculată pe baza formulei pentru care a fost formată regula respectiv. Exemple de asemenea reguli sunt:

DACĂ hematocritul se exprimă în %

ȘI numărul hematiilor se exprimă în mil./mm<sup>3</sup>

ATUNCI volumul eritrocitar mediu se exprimă în mm<sup>3</sup>

- rezultat obținut pe baza FORMULEI

$(\text{hematocritul} \cdot 10) / \text{num\caraul hematocitelor}$

DACĂ hemoglobinemia se exprimă în mg%

ȘI hematocritul se exprimă în %

ATUNCI concentrația hemoglobinei eritrocitare medii se exprimă în g%

- rezultat obținut pe baza FORMULEI

$(\text{hemoglobinemia} \cdot 100) / \text{hematocritul}$

## **5.7. Organizarea modulelor-expert**

În cursul organizării modulelor-expert s-au sesizat și o serie de probleme de delimitare a diverselor grupuri de reguli. Destul de repede s-a ajuns la mai multor varietăți de grupuri de reguli datorită diversității și complexității cunoștințelor stocate. Diferențele între aceste varietăți de grupuri de reguli sunt date în special de natura cunoștințelor incluse, fără a impune diferențe semnificative ale structurilor. (**Planșa 10.2.**)

În toate cazurile sunt activate din oficiu două grupuri de reguli, primul pentru a organiza analiza cazului și al doilea pentru a organiza prezentarea rezultatelor analizei cazului respectiv. Aceste două grupuri de reguli au fost delimitate pe baza unor cunoștințe de bază din filozofie, referitoare la cele trei etape ale activității umane, Aceste etape sunt

- **observația**, în cursul căreia se realizează achiziția datelor care pot conține informații relevante pentru acțiunea dorită;
- **raționamentul**, în care sunt analizate datele obținute pentru adoptarea unei decizii și planificarea acțiunii;
- **acțiunea** propriu-zisă.

Frecvent în cursul activității se ajunge la cicluri interactive, în care:

- în cursul observației se înregistrează diverse rezultate intermediare ale acțiunii declanșate;
- raționamentul vizează ajustarea planului adoptat pentru acțiune conform rezultatelor intermediare;
- acțiunea continuă, dar cursul acesteia este modificat conform planului ajustat.

În medicină cele trei etape identificate pentru activitatea umană realizează ciclul diagnostic-terapeutic (diagnostic therapeutic cycle), în care pe baza diagnosticului se stabilesc prognosticul și un plan de tratament.

Cele trei etape identificate pentru activitatea umană apar și în cazul prelucrării datelor cu calculatorul. În acest domeniu etapele sunt

- Introducerea datelor (**input**, de la intrare);
- prelucrarea datelor introduse (**process**);
- afișarea rezultatelor (**output**, de la ieșire)

Aceste trei etape sunt importante pentru proiectarea și analiza tuturor claselor de aplicații din informatică. [BEM97]

Primul grup de reguli activat din oficiu este cel numit "*Analiza cazului*" și destinat apelului altor grupuri de reguli importante, pe baza cerințelor înregistrate pentru cazul respectiv și a principalelor categorii de date disponibile.

Al doilea grup de reguli activat din oficiu este cel numit "*Prezentarea rezultatelor*" și destinat reunirii tuturor rezultatelor analizei cazului. Acest grup de reguli și toate cele apelate

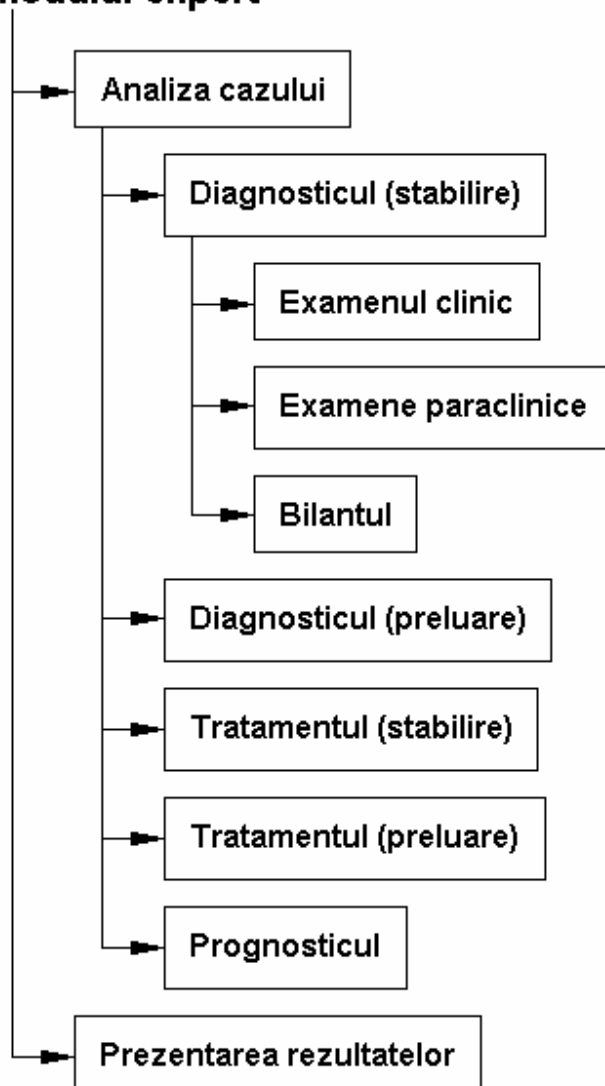


prin intermediul acestuia sunt necesare deoarece rezultatul include multe detalii ale diagnosticului, planului de tratament, prognosticului și discuției cazului. Toate aceste detalii sunt greu de regăsit printre explicațiile furnizate de sistem.

Acest grup de reguli asigură și un răspuns din oficiu pentru cazul în care nu sunt date de intrare. Un asemenea răspuns este necesar pentru a confirma că nu este vreo defecțiune a sistemului de calcul.

Grupurile de reguli destinate **diagnosticului** sunt organizate pe baza principiului formulării diagnosticului prin coroborarea datelor provenite din diverse surse. Acest principiu este aplicat în medicină (în semiologie), dar și în celelalte domenii de activitate, ori de câte ori este cazul.

### Modulul-expert



Planșa 5.2 Structura minimală a unui modul-expert

O serie de grupuri de reguli sunt destinate, fiecare colectării datelor provenite dintr-o anumită sursă și analizei acestora, pentru a obține toate concluziile posibile pe baza acestor date. Asemenea grupuri de reguli pot fi dedicate, printre altele, analizei unui anumit simptom (cum ar fi dispneea) sau rezultatelor unei categorii de teste de laborator, cum ar fi serologia pentru toxoplasmă. Aceste grupuri de reguli asigură colectarea majorității faptelor folosite la analiza unui caz.

Pentru datele provenite din surse diferite sunt prevăzute grupuri de reguli de bilanț, care asigură coroborarea rezultatelor obținute din diverse surse. Printre altele există grupuri de reguli destinate sindroamelor clinice, sindroamelor paraclinice (radiologice, etc), sindroamelor ce pot fi numite clinico-paraclinice, dar și cele destinate identificării bolilor din domeniul vizat.

Grupurile de reguli destinate planificării tratamentului sunt bazate pe cunoștințe de bază din terapeutică, ce precizează că un anumit medicament sau o anumită procedură sunt alese în special pe baza entităților clinice depistate, și se rețin dacă nu există în cazul resăectiv vreo entitate clinică ce constituie o contraindicație.

Pentru fiecare medicament sau procedură este prevăzut câte un grup de reguli destinat stabilirii tuturor detaliilor de utilizare (sau, respectiv, de aplicare), particularizate pentru cazul respectiv.

Organizarea schițată mai sus este utilă pentru module-expert ale căror domeniu este o întreagă subspecialitate medicală. Aceste module-expert sunt similare sistemelor-expert clasice și constituie principalul tip de module-expert folosite în cadrul sistemului-multiexpert "MEDICOL". Fiecare modul-expert din această categorie poate avea anumite particularități ale organizării, datorate în special de importanța diferită a anumitor surse de date clinice sau paraclinice, sau a anumitor metode de tratament.

Un tip important de module-expert este cel destinat triajului, pentru cazuri în care nu se poate formula vreo ipoteză de diagnostic. Au fost propuse sisteme-expert similare, dar un sistem-multiexpert oferă posibilitatea apelului modulelor-expert ce pot fi necesare în cazul respectiv, ceea ce este util în special când sunt necesare mai multe. Printre altele, asemenea module-expert pot fi folosite pentru afecțiuni dermatologice, febra cu etiologie neprecizată, boli infecțioase, etc.

În timp este posibil să se contureze și alte tipuri de module-expert, pentru prestații medicale mai aparte. Un asemenea modul-expert ar putea fi destinat, de exemplu, evaluării capacității de muncă, ceea ce constituie o formă de prognostic și poate fi important când apare un cumul de adefcșiuni.

Este foarte probabil ca într-o nouă versiune a sistemului-multiexpert descris să apară diverse modificări importante, date de experiența în domeniu și/sau de modificări importante în medicină.

## **5.8. Exemplu de analiză a unui caz clinic**

### **5.8.1. Cazul clinic analizat**

Pentru a prezenta modul de funcționare al sistemului-multiexpert "MEDICOL" a fost ales cazul ale cărui date sunt următoarele :

A. A., 71 ani, sex feminin, pensionară din mediul urban, se prezintă în mai 1991 la Clinica de Dermatologie "Colentina", trimisă de la medicul de familie cu diagnosticul de alergodermie, datorită unei erupții cutanate pruriginoase și extinse. Nu a mai fost internată nicidecum într-o clinică de dermatologie, iar episodul actual a debutat în urmă cu 4 luni, cu afectarea feței de flexie a antebrațului. La anamneză a negat existența unor afecțiuni asemănătoare în familie, a urmării vreunui tratament în perioada de debut a afecțiunii cutanate sau a existenței unor traumatisme, infecții, intoxicații sau psihotraume, ori a vreunei afecțiuni importante.

La examenul obiectiv s-a observat o erupție papuloasă cu confluarea leziunilor și distribuție lichenoidă, interesând cele patru membre și trunchiul. Papulele erau eritematoase și violacee, mici, cu suprafață plană și netedă, iar semnul Koebner era absent.

Diagnosticul la internare a fost de eczemă cronică în placcarde, iar la ieșire de lichen plan generalizat, cu formă tipică și subacută cu confluarea leziunilor, fără a se efectua biopsie cutanată. A fost internată 18 zile și a urmat tratament cu prednison, antihistaminice și dermatocorticoizi, cu evoluție favorabilă.

Concluzia acestui caz este următoarea:

*Lichen plan cu forma tipică și forma subacută*

*Prognostic vital, funcțional și al capacității de muncă foarte bun*

*Tratament recomandat*

*Prednison 40 mg/zi, doza de atac 2 săptămâni*

*Hidroxizin 25 mg × 3 / zi*

*Pivalat de flumetazonă 0.2 % unguent*

*Pacientul are o vârstă la care lichenul plan e mai rar.*

*Lichenul plan este cea mai frecventă afecțiune cu erupție papuloasă*

Sesiunea de lucru destinată analizei acestui caz cu sistemul multi-expert "MEDICOL" dedicat medicinei alopate, conceput și dezvoltat de autor, ar putea fi prezentată în modul următor, sugerat de mesajele trasorului generatorului acestui sistem-multiexpert :

### **5.8.2. Detaliile consultației**

Modulul-expert : ***Afecțiuni dermatologice (triaj)***

Se declanșează grupul de reguli ***Analiza cazului***

*S-a stabilit diagnosticul ?*

*s-a stabilit diagnosticul*

*nu s-a stabilit diagnosticul*

*nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*nu s-a stabilit diagnosticul*

*S-a administrat vreun tratament ?*

*s-a stabilit un tratament*

*nu s-a stabilit tratamentul*

*nu este sigur că s-a stabilit vreun tratament*  
Se introduce în baza de fapte propoziția  
*nu s-a stabilit tratamentul*

Regula

*DACĂ s-a stabilit diagnosticul*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 5 - Diagnosticul (preluare)*  
nu se aplică în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește propoziția  
*s-a stabilit diagnosticul*

Regula

*DACĂ nu s-a stabilit diagnosticul*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 1 - Diagnosticul (stabilire)*  
se aplică în acest caz,  
deci se va face apelul grupului de reguli indicat.

Regula

*DACĂ nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 1 - Diagnosticul (stabilire)*  
nu se aplică în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește propoziția  
*nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

Regula

*DACĂ s-a stabilit tratamentul*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 7 - Tratamentul (preluare)*  
nu se va aplica în acest caz,  
deoarece în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*s-a stabilit tratamentul*

Regula

*DACĂ nu s-a stabilit tratamentul*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 6 - Tratamentul (stabilire)*  
se aplică în acest caz,  
deci se va face apelul grupului de reguli indicat.

Regula

*DACĂ nu este sigur că s-a stabilit vreun tratament*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 6 - Tratamentul (stabilire)*  
nu se va aplica în acest caz,  
deoarece în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*nu este sigur că s-a stabilit tratamentul*

Regula

*DACĂ s-a stabilit diagnosticul*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 8 - Prognosticul*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*s-a stabilit diagnosticul*

Regula

*DACĂ nu s-a stabilit diagnosticul*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 8 - Prognosticul*

se aplică în acest caz,

deci se va face apelul grupului de reguli indicat.

Regula

*DACĂ nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

*ȘI s-a stabilit tratamentul*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 8 - Prognosticul*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsesc următoarele propoziții :

*nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

*s-a stabilit tratamentul*

Regula

*DACĂ nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

*ȘI nu s-a stabilit tratamentul*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 8 - Prognosticul*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

Agenda de lucru are următorul conținut :

*Diagnosticul (stabilire)*

*Tratamentul (stabilire)*

*Prognosticul*

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Diagnosticul (stabilire)**

S-au observat modificări la examenul clinic ?

*s-au observat modificări la examenul clinic*

*nu s-au observat modificări la examenul clinic*

*nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenele clinice*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*s-au observat modificări la examenul clinic*

S-au observat modificări la examenele paralinice ?

*s-au observat modificări la examenele paraclinice*

*nu s-au observat modificări la examenele paraclinice*

*nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenele paraclinice*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*s-au observat modificări la examnle paraclinice*

Regula

*DACĂ s-au observat modificări la examenul clinic*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 2 - Examenul clinic*  
se aplică în acest caz  
deci, se va face apelul grupului de reguli indicat

Regula

*DACĂ s-au observat modificări la examenele paraclinice*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 3 - Examene paraclinice*  
se aplică în acest caz  
deci, se va face apelul grupului de reguli indicat.

Regula

*DACĂ s-au observat modificări la examenul clinic*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 4 - Bilanțul*  
se aplică în acest caz  
deci, se va face apelul grupului de reguli indicat.

Regula

*DACĂ nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenul clinic*  
*ȘI nu este certă absența modificărilor la examenele paraclinice*  
*ATUNCI, nu se poate obține nici un fel de rezultat în cazul supus analizei*  
*ȘI apelul sistemului-multiexpert în asemenea condiții este nejustificat*

nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsesc următoarele propoziții  
*nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenul clinic*  
*nu este certă absența modificărilor la examenele paraclinice*

Agenda de lucru are următorul conținut :

*Examenul clinic*  
*Examenele paraclinice*  
*Bilanțul*  
*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Examenul clinic**

Sunt afectate tegumentele ?

*sunt leziuni ale tegumentelor*  
*tegumentele nu sunt afectate*

Se introduce în baza de fapte propoziția  
*sunt leziuni ale tegumentelor*

Regula

*DACĂ sunt leziuni ale tegumentelor*  
*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 21 - Examenul tegumentelor*  
se aplică în acest caz  
deci, se va face apelul grupului de reguli indicat.

Regula

*DACĂ nu se știe despre vreo eventuală afectare a tegumentelor*

*ATUNCI, este greu de imaginat un diagnostic al unei eventuale afecțiuni dermatologice nu se va aplica în acest caz, deoarece în baza de fapte nu se găsesc următoarele propoziții : nu se știe despre vreo eventuală afectare a tegumentelor*

Agenda de lucru are următorul conținut :

*Examenul tegumentelor  
Examenele paraclinice  
Bilanțul  
Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Examenul tegumentelor**

Se observă o erupție papuloasă ?

*se observă o erupție papuloasă  
nu se observă o erupție papuloasă  
nu este sigură absența erupției papuloase*

Se introduce în baza de fapte propoziția  
*se observă o erupție papuloasă*

Se observă o erupție veziculoasă ?

*se observă o erupție veziculoasă  
nu se observă o erupție veziculoasă  
nu este sigură absența erupției veziculoase*

Se introduce în baza de fapte propoziția  
*nu se observă o erupție veziculoasă*

Se observă o erupție scuamoasă ?

*se observă o erupție scuamoasă  
nu se observă o erupție scuamoasă  
nu este sigură absența erupției scuamoase*

Se introduce în baza de fapte propoziția  
*nu se observă o erupție scuamoasă*

Se observă placarde ?

*se observă placarde  
nu se observă placarde  
nu este sigură absența placardelor*

Se introduce în baza de fapte propoziția  
*nu se observă placarde*

Regula

*DACĂ nu este sigură absența erupției papuloase  
ATUNCI, se poate pierde ocazia diagnosticului clinic al unui eventual lichen plan*

nu se va aplica în acest caz, deoarece în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*nu este sigură absența erupției papuloase*

Regula

*DACĂ nu este sigură absența erupției veziculoase  
ATUNCI se poate pierde ocazia diagnosticului clinic al unei eventuale eczeme  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
nu este sigură absența erupției veziculoase*

Regula

*DACĂ nu este sigură absența erupției scuamoase  
ATUNCI se poate pierde ocazia diagnosticului clinic al unui eventual psoriazis  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
nu este sigură absența erupției scuamoase*

Regula

*DACĂ nu este sigură absența placardelor  
ATUNCI se poate pierde ocazia diagnosticului clinic al unei eventuale eczeme  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
nu este sigură absența placardelor*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Examenele paraclinice  
Bilanțul  
Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Examenele paraclinice**

Rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt pozitive ?

*rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt pozitive  
rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt negative  
nu s-au efectuat testele serologice pentru sifilis*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt negative*

Se observă modificări la biopsia cutanată ?

*se observă modificări la biopsia cutanată  
nu se observă modificări la biopsia cutanată  
nu s-a efectuat biopsia cutanată*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*nu s-a efectuat biopsia cutanată*

Regula

*DACĂ rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt pozitive  
ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 31 - Teste serologice pentru sifilis  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt pozitive*

Regula



*DACĂ rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt negative  
ATUNCI probabilitatea existenței unui sifilis este extrem de redusă  
se aplică în acest caz, deci  
se va introduce în baza de fapte propoziția  
probabilitatea existenței unui sifilis este extrem de redusă*

Regula

*DACĂ se observă modificări la biopsia cutanată  
ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 32 - Biopsia cutanată  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
se observă modificări la biopsia cutanată*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Bilanțul*

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Bilanțul**

*Nu sunt întrebări !*

Regula

*DACĂ se observă o erupție papuloasă  
ATUNCI, se va face apel la modulul-expert Lichen plan  
se aplică în acest caz  
deci, se va face apelul modulului-expert indicat.*

Regula

*DACĂ se observă o erupție papuloasă  
ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL  
Lichenul plan este cea mai frecventă afecțiune cu erupție papuloasă  
se aplică în acest caz  
deci, în final va fi afișat mesajul  
Lichenul plan este cea mai frecventă afecțiune cu erupție papuloasă*

Regula

*DACĂ se observă o erupție veziculoasă  
ATUNCI, se va face apel la modulul-expert Eczeme  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
se observă o erupție veziculoasă*

Regula

*DACĂ se observă o erupție papuloasă  
ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL  
Eczema este cea mai frecventă afecțiune cu erupție papuloasă  
nu se aplică în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
se observă o erupție veziculoasă*

Regula

*DACĂ este o erupție scuamoasă*

*ATUNCI, se va face apel la modulul-expert Psoriazis*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*este o erupție scuamoasă*

Regula

*DACĂ se observă o erupție scuamoasă*

*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*

*Psoriazisul este cea mai frecventă afecțiune cu erupție scuamoasă*

nu se aplică în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*se observă o erupție scuamoasă*

Agenda de lucru are următorul conținut:

Modulul-expert **Lichen plan**

Prezentarea rezultatelor

În acest moment se face **apelul** modulului-expert **Lichen plan**,

deci agenda de lucru este salvată (într-o listă specială)

și noul conținut al agendei de lucru este

*Analiza cazului*

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan : Analiza cazului**

S-a stabilit diagnosticul ?

*s-a stabilit diagnosticul*

*nu s-a stabilit diagnosticul*

*nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

Întrebarea nu se mai pune, deoarece în baza de fapte se găsește propoziția

*nu s-a stabilit diagnosticul*

S-a administrat vreun tratament ?

*s-a stabilit tratamentul*

*nu s-a stabilit tratamentul*

*nu este sigur că s-a stabilit vreun tratament*

Întrebarea nu se mai pune, deoarece în baza de fapte se găsește propoziția

*nu s-a stabilit tratamentul*

Regula

*DACĂ s-a stabilit diagnosticul*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 5 - Diagnosticul (preluare)*

nu se aplică în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește propoziția

*s-a stabilit diagnosticul*

Regula

*DACĂ nu s-a stabilit diagnosticul*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 1 - Diagnosticul (stabilire)*

se aplică în acest caz,

deci se va face apelul grupului de reguli indicat.

Regula

*DACĂ nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 1 - Diagnosticul (stabilire)*

nu se aplică în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește propoziția

*nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

Regula

*DACĂ s-a stabilit tratamentul*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 7 - Tratamentul (preluare)*

nu se va aplica în acest caz,

deoarece în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*s-a stabilit tratamentul*

Regula

*DACĂ nu s-a stabilit tratamentul*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 6 - Tratamentul (stabilire)*

se aplică în acest caz,

deci se va face apelul grupului de reguli indicat.

Regula

*DACĂ nu este sigur că s-a stabilit vreun tratament*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 6 - Tratamentul (stabilire)*

nu se va aplica în acest caz,

deoarece în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*nu este sigur că s-a stabilit tratamentul*

Regula

*DACĂ s-a stabilit diagnosticul*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 8 - Prognosticul*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*s-a stabilit diagnosticul*

Regula

*DACĂ nu s-a stabilit diagnosticul*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 8 - Prognosticul*

se aplică în acest caz,

deci se va face apelul grupului de reguli indicat.

Regula

*DACĂ nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

*ȘI s-a stabilit tratamentul*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 8 - Prognosticul*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsesc următoarele propoziții :  
*nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*  
*s-a stabilit tratamentul*

Regula  
*DACĂ nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*  
*ȘI nu s-a stabilit tratamentul*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 8 - Prognosticul*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*nu este sigur că s-a stabilit vreun diagnostic*

Agenda de lucru are următorul conținut :

*Diagnosticul (stabilire)*  
*Tratamentul (stabilire)*  
*Prognosticul*  
*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan : Diagnosticul (stabilire)**

S-au observat modificări la examenul clinic ?

*s-au observat modificări la examenul clinic*  
*nu s-au observat modificări la examenul clinic*  
*nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenul clinic*

Întrebarea nu se mai pune, deoarece în baza de fapte se găsește propoziția  
*s-au observat modificări la examenul clinic*

S-au observat modificări la examenele paraclinice ?

*s-au observat modificări la examenele paraclinice*  
*nu s-au observat modificări la examenele paraclinice*  
*nu este certă absența modificărilor la examenele paraclinice*

Întrebarea nu se mai pune, deoarece în baza de fapte se găsește propoziția  
*s-au observat modificări la examenele paraclinice*

Regula  
*DACĂ s-au observat modificări la examenul clinic*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 2 - Examenul clinic*  
se aplică în acest caz  
deci, se va face apelul grupului de reguli indicat

Regula  
*DACĂ s-au observat modificări la examenele paraclinice*  
*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 3 - Examene paraclinice*  
se aplică în acest caz  
deci, se va face apelul grupului de reguli indicat.

Regula

*DACĂ s-au observat modificări la examenul clinic*

*ȘI s-au observat modificări la examenele paraclinice*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 4 - Bilanțul*

*se aplică în acest caz*

*deci, se va face apelul grupului de reguli indicat.*

Regula

*DACĂ s-au observat modificări la examenul clinic*

*ȘI nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenele paraclinice*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 4 - Bilanțul*

*nu se va aplica în acest caz, deoarece*

*în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție*

*nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenele paraclinice*

Regula

*DACĂ s-au observat modificări la examenele paraclinice*

*ȘI nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenul clinic*

*ATUNCI, se face apel la grupul de reguli 4 - Bilanțul*

*nu se va aplica în acest caz, deoarece*

*în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție*

*nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenul clinic*

Regula

*DACĂ nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenul clinic*

*ȘI nu este certă absența modificărilor la examenele paraclinice*

*ATUNCI, nu se poate obține nici un fel de rezultat în cazul supus analizei*

*ȘI apelul sistemului-multiexpert în asemenea condiții este nejustificat*

*nu se va aplica în acest caz, deoarece*

*în baza de fapte nu se găsesc următoarele propoziții*

*nu este certă absența modificărilor sesizabile la examenul clinic*

*nu este certă absența modificărilor la examenele paraclinice*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Examenul clinic*

*Examenele paraclinice*

*Bilanțul*

*Tratamentul (stabilire)*

*Prognosticul*

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan : Examenul clinic**

S-a efectuat anamneza ?

*s-a efectuat anamneza*

*nu s-a efectuat anamneza*

Se observă exantem ?

*se observă exantem*

*nu se observă exantem*  
*nu se știe despre eventuala existență a unui exantem*  
Se introduce în baza de fapte propoziția  
*se observă exantem*

*Se observă enantem ?*  
*se observă enantem*  
*nu se observă enantem*  
*nu se știe despre eventuala existență a unui enantem*  
Se introduce în baza de fapte propoziția  
*nu se observă enantem*

Regula  
*DACĂ s-a efectuat anamneza*  
*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 20 - Anamneza*  
se aplică în acest caz  
deci, se va face apelul grupului de reguli indicat

Regula  
*DACĂ se observă un exantem*  
*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 21 - Exantemul*  
se aplică în acest caz  
deci, se va face apelul grupului de reguli indicat

Regula  
*DACĂ se observă un enantem*  
*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 22 - Enantemul*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*se observă un enantem*

Regula  
*DACĂ nu se știe despre eventuala prezență a unui exantem*  
*ATUNCI se pierde ocazia depistării formelor clinice cu afectare cutanată a lichenului plan*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*nu se știe despre eventuala prezență a unui exantem*

Regula  
*DACĂ nu se știe despre eventuala prezență a unui enantem*  
*ATUNCI se pierde ocazia depistării formelor clinice cu afectare mucoasă a lichenului plan*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*nu se știe despre eventuala prezență a unui enantem*

Agenda de lucru are următorul conținut:  
*Anamneza*  
*Exantemul*  
*Examenele paraclinice*

*Bilanțul  
Prognosticul  
Tratamentul (stabilire)  
Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan : Anamneza**

*Pacientul este de sex feminin ?*

*pacientul este de sex feminin  
pacientul este de sex masculin  
nu se cunoaște sexul pacientului*

Se introduce în baza de fapte propoziția  
*pacientul este de sex feminin*

*Se cunoaște vârsta pacientului ?*

*vârsta pacientului se exprimă în ani  
nu se cunoaște vârsta pacientului*

Se introduce în baza de fapte propoziția  
*vârsta pacientului este de 71 de ani*

*Sunt circumstanțe etiologice ale lichenului plan ?*

*sunt circumstanțe etiologice probabile ale lichenului plan  
nu se semnalează circumstanțe etiologice probabile ale lichenului plan  
nu este sigură absența circumstanțelor etiologice probabile ale lichenului plan*

Se introduce în baza de fapte propoziția  
*nu se semnalează circumstanțe etiologice probabile ale lichenului plan*

*Sunt alte afecțiuni importante asociate ?*

*sunt alte afecțiuni importante asociate  
nu sunt alte afecțiuni importante asociate  
nu este sigură absența altor afecțiuni importante asociate*

Se introduce în baza de fapte propoziția  
*nu se semnalează alte afecțiuni importante asociate*

Regula

*DACĂ vârsta pacientului se exprimă în ani  
ATUNCI,*

*sub 0 ani este o valoare neutilizată pentru măsurătoarea vârstei  
între 0 ani (inclusiv) și 30 ani este o vârstă la care lichenul plan este mai rar  
între 30 ani (inclusiv) și 60 ani (inclusiv) este o vârstă la care lichenului plan e mai frecvent  
între 60 ani și 185 ani este o vârstă la care lichenul plan este mai rar  
peste 185 ani este depășit recordul consemnat la longevitate*

se aplică în acest caz, deci

ținând cont de propoziția : *vârsta pacientului este de 71 ani*

se introduce în baza de fapte propoziția

*este o vârstă la care lichenului plan e mai frecvent*

Regula

*DACĂ este o vârstă la care lichenului plan e mai frecvent*

*ATUNCI sunt elemente atipice în cazul analizat*  
se aplică în acest caz, deci  
se introduce în baza de fapte propoziția  
*sunt elemente atipice în cazul analizat*

Regula

*DACĂ sunt circumstanțe etiologice probabile ale lichenului plan*  
*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 201 - Circumstanțe etiologice posibile*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*sunt circumstanțe etiologice probabile ale lichenului plan*

Regula

*DACĂ sunt alte afecțiuni importante asociate*  
*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 202 - Afecțiuni importante asociate*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*sunt alte afecțiuni importante asociate*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Exantemul*  
*Examenele paraclinice*  
*Bilanțul*  
*Prognosticul*  
*Tratamentul (stabilire)*  
*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan : Exantemul**

Se observă papule ?

*se observă papule*  
*nu se observă papule*  
*nu se știe nimic despre eventuala prezență a unor papule*  
Se introduce în baza de fapte propoziția  
*se observă papule*

Se observă vezicule ?

*se observă vezicule*  
*nu se observă vezicule*  
*nu se știe nimic despre eventuala prezență a unor vezicule*  
Se introduce în baza de fapte propoziția  
*nu se observă vezicule*

Regula

*DACĂ se observă papule*  
*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 211 - Papulele*  
se aplică în acest caz, deci  
se va face apel la grupul de reguli indicat.



Regula

*DACĂ se observă vezicule*

*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 212 - Veziculele*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*se observă vezicule*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Papulele*

*Examenele paraclinice*

*Bilanțul*

*Prognosticul*

*Tratamentul (stabilire)*

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan :Papulele**

Se observă papule violacee ?

*se observă papule violacee*

*nu se observă papule violacee*

*nu se știe despre eventuala existență a papulelor violacee*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*se observă papule violacee*

Se observă papule eritematoase ?

*se observă papule eritematoase*

*nu se observă papule eritematoase*

*nu se știe despre eventuala existență a papulelor eritematoase*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*se observă papule eritematoase*

Se observă papule roșii-arămii ?

*se observă papule roșii-arămii*

*nu se observă papule roșii-arămii*

*nu se știe despre eventuala existență a papulelor roșii-arămii*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*nu se observă papule roșii-arămii*

Regula

*DACĂ se observă papule violacee*

*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 2111 - Papule violacee*

se aplică în acest caz, deci

se va face apel la grupul de reguli indicat

Regula

*DACĂ se observă papule eritematoase*

*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 2112 - Papule eritematoase*

se aplică în acest caz, deci

se va face apel la grupul de reguli indicat

Regula

*DACĂ nu se observă papule roșii-arămii*

*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 2113 - Papule roșii-arămii*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*nu se observă papule roșii-arămii*

Regula

*DACĂ nu se știe despre eventuala existență a papulelor violacee*

*ATUNCI nu se poate depista pe criterii clinice forma tipică de lichen plan*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*nu se știe despre eventuala existență a papulelor violacee*

Regula

*DACĂ nu se știe despre eventuala existență a papulelor eritematoase*

*ATUNCI nu se poate depista pe criterii clinice forma acută de lichen plan*

*ȘI nu se poate depista pe criterii clinice forma foliculară de lichen plan*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*nu se știe despre eventuala existență a papulelor eritematoase*

Regula

*DACĂ nu se știe despre eventuala existență a papulelor roșii-arămii*

*ATUNCI nu se poate depista sifilisul secundar papulos*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*nu se poate depista sifilisul secundar papulos*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Papule violacee*

*Papule eritematoase*

*Examenele paraclinice*

*Bilanțul*

*Prognosticul*

*Tratamentul (stabilire)*

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan :Papule violacee**

Papulele violacee sunt mici ?

*papulele violacee sunt mici*

*papulele violacee sunt mari*

*nu se cunoaște dimensiunea papulelor violacee*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*papulele violacee sunt mici*

Papulele violacee au suprafața netedă ?

*papulele violacee au suprafața netedă*  
*papulele violacee au suprafața cu asperități*  
*nu se cunoaște aspectul suprafeței papulelor violacee*  
Se introduce în baza de fapte propoziția  
*papulele violacee au suprafața netedă*

*Papulele violacee au suprafața plană ?*  
*papulele violacee au suprafața plană*  
*papulele violacee nu au suprafața plană*  
*nu se știe dacă suprafața papulelor violacee este plană*  
Se introduce în baza de fapte propoziția  
*papulele violacee au suprafața plană*

*Papulele violacee sunt localizate pe trunchi ?*  
*papulele violacee sunt localizate pe trunchi*  
*papulele violacee nu sunt localizate pe trunchi*  
*nu este sigur că nu sunt papule violacee localizate pe trunchi*

*Papulele violacee sunt localizate pe membrele superioare ?*  
*papulele violacee sunt localizate pe ambele membre superioare*  
*papulele violacee sunt localizate pe un singur membru superior*  
*papulele violacee nu sunt localizate pe membrele superioare*  
*nu este sigur că nu sunt papule violacee localizate pe membrele superioare*

*Papulele violacee sunt localizate pe membrele inferioare ?*  
*papulele violacee sunt localizate pe ambele membre inferioare*  
*papulele violacee sunt localizate pe un singur membru inferior*  
*papulele violacee nu sunt localizate pe membrele inferioare*  
*nu este sigur că nu sunt papule violacee localizate pe membrele inferioare*

Regula  
*DACĂ papulele violacee sunt mici*  
*ȘI papulele violacee au suprafața netedă*  
*ȘI papulele violacee au suprafața plană*  
*ATUNCI este lichen plan*  
*ȘI este, foarte probabil, erupție tipică de lichen plan*  
se aplică în acest caz, deci  
se introduc în baza de fapte propozițiile  
*este lichen plan*  
*este erupție tipică de lichen plan*

Regula  
*DACĂ este lichen plan*  
*ȘI papulele violacee sunt localizate pe ambele membre superioare*  
*ȘI papulele violacee sunt localizate pe ambele membre inferioare*  
*ȘI papulele violacee sunt localizate pe trunchi*  
*ATUNCI, este lichen plan generalizat*  
se aplică în acest caz, deci  
se introduce în baza de fapte propoziția

*este lichen plan generalizat*

Regula

*DACĂ este lichen plan*

*ȘI papulele violacee sunt localizate pe ambele membre superioare*

*ȘI papulele violacee sunt localizate pe ambele membre inferioare*

*ȘI papulele violacee nu sunt localizate pe trunchi*

*ATUNCI, este lichen plan diseminat*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*papulele violacee nu sunt localizate pe trunchi*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Papule eritematoase*

*Examenele paraclinice*

*Bilanțul*

*Prognosticul*

*Tratamentul (stabilire)*

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan :Papule eritematoase**

Papulele eritematoase sunt mici ?

*papulele eritematoase sunt mici*

*papulele eritematoase sunt mari*

*nu se cunoaște dimensiunea papulelor eritematoase*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*papulele eritematoase sunt mici*

Papulele eritematoase au suprafața netedă ?

*papulele eritematoase au suprafața netedă*

*papulele eritematoase au suprafața cu asperități*

*nu se cunoaște aspectul suprafeței papulelor violacee*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*papulele eritematoase au suprafața netedă*

Papulele eritematoase au suprafața plană

*papulele eritematoase au suprafața plană*

*papulele eritematoase nu au suprafața plană*

*nu se știe dacă suprafața papulelor violacee este plană*

Se introduce în baza de fapte propoziția

*papulele eritematoase au suprafața plană*

Regula

*DACĂ papulele eritematoase sunt mici*

*ȘI papulele eritematoase au suprafața netedă*

*ȘI papulele eritematoase au suprafața plană*

*ATUNCI este lichen plan*

*ȘI este formă acută de lichen plan*

se aplică în acest caz, deci  
se introduc în baza de fapte propozițiile  
*este lichen plan*  
*este erupție acută de lichen plan*

Regula

*DACĂ papulele eritematoase sunt mici*

*ȘI papulele eritematoase sunt acuminat*

*ATUNCI este lichen plan*

*ȘI este forma foliculară de lichen plan*

nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*papulele eritematoase sunt acuminat*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Examenle paraclinice*

*Bilanțul*

*Prognosticul*

*Tratamentul (stabilire)*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan :Examenle paraclinice**

Rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt pozitive ?

*rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt pozitive*

*rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt negative*

*nu s-au efectuat testele serologice pentru sifilis*

Întrebarea nu se mai pune, deoarece în baza de fapte se găsește propoziția  
*rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt negative*

Se observă modificări la biopsia cutanată ?

*se observă modificări la biopsia cutanată*

*nu se observă modificări la biopsia cutanată*

*nu s-a efectuat biopsia cutanată*

Întrebarea nu se mai pune, deoarece în baza de fapte se găsește propoziția  
*nu s-a efectuat biopsia cutanată*

Regula

*DACĂ rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt pozitive*

*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 31 - Teste serologice pentru sifilis*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt pozitive*

Regula

*DACĂ rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt negative*

*ATUNCI probabilitatea existenței unui sifilis este extrem de redusă*

se aplică în acest caz, deci

se va introduce în baza de fapte propoziția  
*probabilitatea existenței unui sifilis este extrem de redusă*

Regula

*DACĂ se observă modificări la biopsia cutanată*

*ATUNCI, se va face apel la grupul de reguli 32 - Biopsia cutanată*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*se observă modificări la biopsia cutanată*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Bilanțul*

*Prognosticul*

*Tratamentul (stabilire)*

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan :Bilanțul**

*Nu sunt întrebări !*

*Nu sunt reguli !*

Agenda de lucru are următorul conținut :

*Tratamentul (stabilire)*

*Prognosticul*

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan :Tratamentul (stabilire)**

*Nu sunt întrebări !*

Regula

*DACĂ este lichen plan generalizat*

*ATUNCI este indicată corticoterapia sistemică*

*ȘI sunt indicate tranchilizante*

*ȘI sunt indicați dermatocorticoizii*

se aplică în acest caz, deci

se introduc următoarele propoziții în baza de fapte :

*este indicată corticoterapia sistemică*

*sunt indicate tranchilizante*

*sunt indicați dermatocorticoizii*

Regula

*DACĂ este indicată corticoterapia sistemică*

*ATUNCI, se va face apelul grupului de reguli 71 - Corticoterapia sistemică*

se aplică în acest caz, deci

se va face apel la grupul de reguli indicat

Regula

*DACĂ sunt indicate tranchilizante*

*ATUNCI, se recomandă Hidroxizin în doză de 25 mg × 3 / zi*

se aplică în acest caz, deci  
se introduce următoarea propoziție în baza de fapte :  
*se recomandă Hidroxizin în doză de 25 mg × 3 / zi*

Regula

*DACĂ este indicați dermatocorticoizii*  
*ATUNCI, se recomandă Pivalat de flumetazonă 0,2 % unguent*  
se aplică în acest caz, deci  
se introduce următoarea propoziție în baza de fapte :  
*se recomandă Pivalat de flumetazonă 0,2 % unguent*

Agenda de lucru are următorul conținut :

*Corticoterapia sistemică*  
*Prognosticul*  
*Prezentarea rezultatelor*

Grupul de reguli **Lichen plan : Corticoterapia sistemică**

*Nu sunt întrebări !*

Regula

*DACĂ este psihoză*  
*ATUNCI corticoterapia sistemică este contraindicată*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*este psihoză*

Regula

*DACĂ este osteoporoză cu tasarea corpurilor vertebrale*  
*ATUNCI corticoterapia sistemică este contraindicată*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*este osteoporoză cu tasarea corpurilor vertebrale*

Regula

*DACĂ nu este psihoză*  
*ȘI nu este osteoporoză cu tasarea corpurilor vertebrale*  
*ATUNCI nu sunt contraindicații pentru corticoterapia sistemică*  
se aplică în acest caz, deci  
se introduce următoarea propoziție în baza de fapte :  
*nu sunt contraindicații pentru corticoterapia sistemică*

Regula

*DACĂ este indicație pentru corticoterapia sistemică*  
*ȘI nu sunt contraindicații pentru corticoterapia sistemică*  
*ATUNCI, se recomandă corticoterapia sistemică*  
se aplică în acest caz, deci  
se introduce următoarea propoziție în baza de fapte :  
*se recomandă corticoterapia sistemică*

Regula

*DACĂ se recomandă corticoterapia sistemică*

*ATUNCI, se va administra Prednison 40 mg/zi minimum 2 săptămâni*

se aplică în acest caz, deci

se introduce următoarea propoziție în baza de fapte :

*se va administra Prednison 40 mg/zi minimum 2 săptămâni*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Prognosticul*

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan :Prognosticul**

*Nu sunt întrebări !*

Regula

*DACĂ este o erupție tipică de lichen plan*

*ATUNCI, prognosticul vital, funcțional și al capacității de muncă este foarte bun*

se aplică în acest caz, deci

se introduce următoarea propoziție în baza de fapte :

*prognosticul vital, funcțional și al capacității de muncă este foarte bun*

Regula

*DACĂ este o formă acută de lichen plan*

*ATUNCI, prognosticul vital, funcțional și al capacității de muncă este foarte bun*

se aplică în acest caz, deci

se introduce următoarea propoziție în baza de fapte :

*prognosticul vital, funcțional și al capacității de muncă este foarte bun*

Regula

*DACĂ este formă erozivă de lichen plan a mucoasei*

*ATUNCI este leziune preneoplazică (riscul apariției unui spinaliom)*

nu se va aplica în acest caz, deoarece

în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :

*este formă erozivă de lichen plan a mucoasei*

Agenda de lucru are următorul conținut:

*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan :Prezentarea rezultatelor**

*Nu sunt întrebări !*

Regula

*DACĂ este lichen plan*

*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*

*Lichen plan*

se aplică în acest caz

deci, în final va fi afișat mesajul



*Lichen plan*

Regula

*DACĂ este o erupție tipică de lichen plan*

*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*

*forma tipică*

se aplică în acest caz

deci, în final va fi afișat mesajul

*forma tipică*

Regula

*DACĂ este o formă acută de lichen plan*

*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*

*forma acută*

se aplică în acest caz

deci, în final va fi afișat mesajul

*forma acută*

Regula

*DACĂ prognosticul vital, funcțional și al capacității de muncă este foarte bun*

*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*

*Prognostic vital, funcțional și al capacității de muncă foarte bun*

se aplică în acest caz

deci, în final va fi afișat mesajul

*Prognostic vital, funcțional și al capacității de muncă foarte bun*

Regula

*DACĂ se va administra Prednison 40 mg/zi minimum 2 săptămâni*

*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*

*Prednison 40 mg/zi*

*doza de atac 2 săptămâni*

se aplică în acest caz

deci, în final va fi afișat mesajul

*Prednison 40 mg/zi*

*doza de atac 2 săptămâni*

Regula

*DACĂ este lichen plan*

*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*

*Hidroxizin 25 mg × 3 / zi*

se aplică în acest caz

deci, în final va fi afișat mesajul

*Hidroxizin 25 mg × 3 / zi*

Regula

*DACĂ este lichen plan*

*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*

*Pivalat de flumetazonă 0,2 % unguent*

se aplică în acest caz

deci, în final va fi afișat mesajul  
*Pivalat de flumetazonă 0,2 % unguent*

Regula  
*DACĂ este o vârstă la care lichenul plan e mai rar*  
*ATUNCI, se va face apelul grupului de reguli 91 - Elemente atipice*  
se aplică în acest caz, deci  
se va face apel la grupul de reguli indicat

Agenda de lucru are următorul conținut :  
*Elemente atipice*  
Se declanșează grupul de reguli **Lichen plan : Elemente atipice**

*Nu sunt întrebări !*

Regula  
*DACĂ este o vârstă la care lichenul plan e mai rar*  
*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*  
*Pacientul are o vârstă la care lichenul plan e mai rar.*  
se aplică în acest caz  
deci, în final va fi afișat mesajul  
*Pacientul are o vârstă la care lichenul plan e mai rar.*

Agenda de lucru este vidă,  
deci se revine la modulul-expert **Afecțiuni dermatologice (triaj)**  
Agenda de lucru restaurată are următorul conținut:  
*Prezentarea rezultatelor*

Se declanșează grupul de reguli **Prezentarea rezultatelor**

*Nu sunt întrebări !*

Regula  
*DACĂ este lichen plan*  
*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*  
*Lichen plan*  
se aplică în acest caz  
deci, în final va fi afișat mesajul  
*Lichen plan*

Regula  
*DACĂ este eczemă*  
*ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*  
*Eczemă*  
nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*este eczemă*

Regula

*DACĂ este psoriazis  
ATUNCI, SE VA AFIȘA ÎN FINAL*

*Psoriazis*

nu se va aplica în acest caz, deoarece  
în baza de fapte nu se găsește următoarea propoziție :  
*este psoriazis*

Agenda de lucru este vidă și nu mai este programat apelul niciunui alt modul-expert.

### **5.8.3. Rezultatele consultației**

**Rezultatele** acestei consultații sunt următoarele :

Grupul de reguli **Prezentarea rezultatelor**

*Lichen plan*

Grupul de reguli **Lichen plan : Prezentarea rezultatelor**

*Lichen plan*

*forma tipică*

*forma subacută*

*Prognostic vital, funcțional și al capacității de muncă foarte bun*

*Prednison 40 mg/zi*

*doza de atac 2 săptămâni*

*Hidroxizin 25 mg × 3 / zi*

*Pivalat de flumetazonă 0,2 % unguent*

Grupul de reguli **Lichen plan : Elemente atipice**

*Pacientul are o vârstă la care lichenul plan e mai rar.*

Grupul de reguli **Examenle paraclinice**

*DACĂ rezultatele testelor serologice pentru sifilis sunt negative*

*ATUNCI probabilitatea existenței unui sifilis este extrem de redusă*

Grupul de reguli **Bilanțul**

*Lichenul plan este cea mai frecventă afecțiune cu erupție papuloasă*

Grupul de reguli **Lichen plan : Anamneza**

*DACĂ vârsta este de 71 ani*

*ATUNCI, este o vârstă la care lichenului plan e mai rar*

**DEOARECE**

*sub 0 ani este o valoare neutilizată pentru măsurătoarea vârstei*

*între 0 ani (inclusiv) și 30 ani este o vârstă la care lichenul plan este rar  
între 30 ani (inclusiv) și 60 ani (inclusiv) este o vârstă la care lichenului plan e mai frecvent  
între 60 ani și 185 ani este o vârstă la care lichenul plan este rar  
peste 185 ani este depășit recordul consemnat la longevitate*

*DACĂ este o vârstă la care lichenul plan e mai rar  
ATUNCI sunt elemente atipice în cazul analizat*

#### **Grupul de reguli Lichen plan : Papule violacee**

*DACĂ papulele violacee sunt mici  
ȘI papulele violacee au suprafața netedă  
ȘI papulele violacee au suprafața plană  
ATUNCI este lichen plan  
ȘI este erupție tipică de lichen plan*

*DACĂ este lichen plan  
ȘI papulele violacee sunt localizate pe ambele membre superioare  
ȘI papulele violacee sunt localizate pe ambele membre inferioare  
ȘI papulele violacee sunt localizate pe trunchi  
ATUNCI, este lichen plan generalizat*

#### **Grupul de reguli Lichen plan : Papule eritematoase**

*DACĂ papulele eritematoase sunt mici  
ȘI papulele eritematoase au suprafața netedă  
ȘI papulele eritematoase au suprafața plană  
ATUNCI este lichen plan  
ȘI este formă acută de lichen plan*

#### **Grupul de reguli Lichen plan : Prognosticul**

*DACĂ este, probabil, o formă tipică de lichen plan  
ATUNCI, prognosticul vital, funcțional și al capacității de muncă este foarte bun.*

*DACĂ este o formă subacută de lichen plan  
ATUNCI, prognosticul vital, funcțional și al capacității de muncă este foarte bun.*

#### **Grupul de reguli Lichen plan : Tratamentul (stabilire)**

*DACĂ este lichen plan generalizat  
ATUNCI este indicată corticoterapia sistemică  
ȘI sunt indicate tranchilizante  
ȘI sunt indicați dermatocorticoizii*

*DACĂ sunt indicate tranchilizante  
ATUNCI, se recomandă Hidroxizin în doză de 25 mg × 3 / zi*

*DACĂ este indicați dermatocorticoizii*

*ATUNCI, se recomandă Pivalat de flumetazonă 0,2 % unguent*

Grupul de reguli **Lichen plan : Corticoterapia sistemică**

*DACĂ nu este psihoză*

*ȘI nu este osteoporoză cu tasarea corpilor vertebrale  
ATUNCI nu sunt contraindicații pentru corticoterapia sistemică*

*DACĂ este indicație pentru corticoterapia sistemică*

*ȘI nu sunt contraindicații pentru corticoterapia sistemică  
ATUNCI, se recomandă corticoterapia sistemică*

*DACĂ se recomandă corticoterapia sistemică*

*ATUNCI, se recomandă Prednison 40 mg/zi minimum 2 săptămâni*

Deși este bazată doar pe prototipuri demonstrative de module-expert, analiza acestui caz relevă detalii importante de funcționare ale sistemului-multiexpert "MEDICOL" care vor fi menținute și în fazele ulterioare ale dezvoltării acestei aplicații. Se observă debutul analizei prin modulul-expert dedicat **triajului afecțiunilor cutanate**, care recurge la **apelul** modulului-expert dedicat **lichenului plan** pentru analiza erupției papuloase.

## Glosar

**Achiziția cunoștințelor** este procesul de colectare a cunoștințelor care urmează a fi utilizate în cadrul sistemelor-expert. (2.3)

**Aplicația bazate pe cunoștințe** este o aplicație informatică care folosește pentru îndeplinirea sarcinilor cunoștințe explicite și separate de restul programului. (1.1)

**Aplicația distribuită** sunt cea care are componente instalate în sisteme de calcul diferite care sunt interconectate în cadrul unei rețele. (3.5)

**Aplicația monolitică** este cea care are toate componentele (programe și colecții de date) instalate într-un singur sistem de calcul. (3.5)

**Baza de cunoștințe** este o structură de date destinată stocării unei colecții de cunoștințe din domeniul pentru care a fost dezvoltată aplicația care o conține. (1.2, 2.2)

**Baza de fapte** este o structură de date care conține enunțul problemei abordate și rezultatele intermediare obținute în cursul rezolvării. (2.2)

**Concluzia** constituie partea de acțiune a regulii. (2.5)

**Cunoștințe empirice** sunt cele deduse prin utilizarea organelor de simț sau a unor instrumente de măsură. (2.4)

**Cunoștințe explicite** sunt cele cu toate detaliile exprimate clar, când nu se ajunge la regăsirea vreunui detaliu pe baza unor raționamente. (1.2)

**Cunoștințe implicite** sunt cele care nu sunt exprimate direct. (1.2, 2.4)

**Cunoștințe operatorii** sunt cele care reflectă raționamentele expertului în prelucrarea faptelor. (2.5)

**Cunoștințe teoretice** sunt cele care se referă în special la esența și la relațiile interne ale sistemelor studiate, precum și la cauzele fenomenelor. (2.4)

**Diagnosticul** este, în sensul cel mai larg, o concluzie referitoare la starea funcțiilor unui sistem, așa cum este dedusă prin analiza datelor obținute din observații. (1.3)

**Editorul** este un program destinat creării și modificării unei colecții de date. (1.4)

**Estimarea Fermi** este o metodă de calcul a valorii unui anumit parametru cu o mare aproximație, bazată pe efectul estimat al celor mai importanți factori sesizați în cazul respectiv. (1.1)

**Expertiza** este un mod de cunoaștere intensivă care permite obținerea unor soluții bune și rapide chiar în probleme dintre cele mai dificile din domeniul vizat. (2.1)

**Faptele** sunt informații primare utilizate pentru descrierea elementelor domeniului considerat într-o modalitate agreată de experții din domeniu. (ingineria cunoștințelor, 2.5)

**Granularitatea** este proprietatea unei reguli de a asigura independența elementului de cunoaștere pe care îl reprezintă. (2.5)

**Grupul de reguli** este un modul cu un grad ridicat de autonomie care include toate cunoștințele disponibile, de orice fel, referitoare la o subproblemă din domeniul modulului-expert. (în cadrul sistemului-multiexpert MEDICOL. 53)

**Ingineria cunoștințelor** este ramura inteligenței artificiale care studiază stocarea cunoștințelor complexe din diverse domenii de activitate și utilizarea acestora pentru cazuri concrete. (2.3)

**Integrarea** este acțiunea de reunire a mai multor entități prin crearea unei mulțimi de legături, cu formarea unei noi entități, care este numită sistem integrat. (4.1)

**Interpretarea** este un proces de analiză a unei situații care vizează depistarea unei semnificații sau găsirea unei explicații care nu este evidentă. (1.3)

**Lanțul de inferență** este o succesiune de reguli de producție intercorelate în care concluziile unor reguli constituie rezultate intermediare și se pot regăsi printre premisele altor reguli (2.5)

**Metacunoștințele** sunt cunoștințe care au rolul de a descrie restul cunoștințelor dintr-un anumit domeniu și determina modul de utilizare al acestora. (2.4)

**Metaregula** este o regulă ce are rolul de a dirija modul în care acționează alte reguli (2.5)

**Modulul** este un component complex care menține un grad mare de autonomie (ingineria programării, 4.1)

**Modulul-expert** este un modul de cunoaștere din componența unui sistem-multiexpert. Este, de fapt, echivalentul unui sistem-expert integrat. (4.1)

**Modulul explicativ** este folosit pentru a prezenta raționamentele efectuate în cazul unei probleme analizate cu sistemul-expert respectiv. (2.2)

**Monitorizarea** este un proces de supraveghere sistematică și continuă. (1.3)

**Motorul de inferențe** este programul care asigură rezolvarea cazului analizat pe baza cunoștințelor disponibile. (2.2)

**Planificarea** este un proces de stabilire a detaliilor unei acțiuni sau unei serii de acțiuni care sunt necesare într-o situație dată. (1,1, 1.3)

**Premisa** constituie partea care precizează condițiile de aplicabilitate al regulii, (2.5)

**Previziunea** este o presupunere a unei evoluții ulterioare și a unor consecințe posibile ale unei situații date, așa cum este dedusă din analiza unor date. (2.4)

**Proiectarea** este procesul prin care se stabilește structura unui sistem artificial. (1.3)

**Propoziția compusă** este cea formată din câteva propoziții simple unite prin conectori logici. (logică, 2.5)

**Propoziția simplă** este cea destinată doar afirmării sau negării unei singure fapte. (2.5)

**Prototipul de cercetare** este prototipul de sistem-expert care oferă soluții bune în toate subdiviziunile domeniului vizat. (2.3)

**Prototipul demonstrativ** este prototipul de sistem-expert care oferă soluții doar pentru câteva cazuri dintre cele mai tipice, care constituie o zonă restrânsă a domeniului vizat. (2.3)

**Prototipul de teren** este prototipul de sistem-expert care include în mod progresiv majoritatea cunoștințelor din domeniul expertizei. (2.3)

**Regula** este un modul de cunoștințe care reprezintă legăturile între fapte pe baza cărora se pot desfășura deducțiile. (2.5)

**Rezoluția distribuită a problemelor** este procesul de repartitie a sarcinii de rezolvare a unei probleme între mai multe module de cunoaștere. (inteligența artificială distribuită, 4.2)

**Rezoluția multiagent** este procesul de coordonare a comportamentului mai multor agenți autonomi în soluționarea problemei inițiale. (inteligența artificială distribuită, 4.2)

**Reprezentarea cunoștințelor** este o metodă utilizată pentru codificarea cunoștințelor utilizate de către sistemele-expert. (2.2)

**Sistemele-expert** sunt sisteme informatice care rezolvă ca un expert o problema dintr-un domeniu bine definit al activității practice. (1.4, 2.1)

**Sistemele-multiexpert** sunt o categorie de aplicații provenite, în principiu, din integrarea mai multor sisteme-expert consacrate unor domenii diferite de activitate. (1.4, 4.1)

**Sistemul informatic** este o colecție de programe care colaborează pentru îndeplinirea unui grup de sarcini înrudite. (1.4)

**Sistemele non-expert** sunt sisteme informatice destinate să rezolve cazuri pentru care sunt suficiente cunoștințe de nivel mediu, (2.1)

**Specificitatea** regulilor de producție este un parametru care precizează sfera de aplicabilitate a regulilor și este dată de numărul propozițiilor din precondiție. (2.5)

**Tabla neagră** (blackboard) este o structură de date cu rol de cutie poștală.,(4.2)

## Bibliografie

1. [AND94] Andone I., **Sisteme-expert - Principii și dezvoltarea aplicațiilor de gestiune**, Editura A92, 1994, ISBN 973-96138-4-5
2. [BEM97] Van Bommel J.H., Musen M.A.; **Handbook of Medical Informatics**; Springer Verlag, Heidelberg, 1997, ISBN 3-450-63351-0 ([www.mieur.nl](http://www.mieur.nl))
3. [BEN93] Benchimol G.; Levine P.; Pomerol J.C., **Sisteme-expert în întreprindere**, Editura Tehnică. București, 1993, ISBN 973-31-0471-X
4. [CIR94] Cârstoiu D.I., **Sisteme-expert**, Editura ALL, București, 1994, ISBN 973-9156-92-1
5. [DUM02] Dumitrescu D., **Principiile Inteligenței Artificiale**, Editura Albastra, 2002, ISBN 973-9443-06-0
6. [FIE99] Degoulet P., Fieschi M.; **Introduction in Clinical Informatics**; Springer Verlag, Heidelberg, 1999, ISBN 0-187-941641-1
7. [GRA97] Gray A., Kilgour R., **Hybrid Systems FAQ**, [divcom.otago.ac.nz](http://divcom.otago.ac.nz), 1997
8. [SHO97] Shortliffe E. H., Perrault L. E., Wiederhold G., Fagan L. M.; **Medical Informatics, Computer Applications in Healthcare and Biomedicine**, Springer Verlag, Heidelberg, 2003, ISBN 0387-98472-0
9. [STE97] Ștefănescu Mircea-Novac, Utilizarea patofiziologiei în concepția sistemelor-multiexpert medicale. Teză de doctorat, Universitatea din Craiova, 1997
10. [WAT86] Waterman D.A., **A Guide to Expert Systems**, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1986, ISBN 0-201-08313-2
11. [ZAH93] Zaharie D., Năstase P., **Sisteme-expert de gestiune**, Editura Romcart, București, 1993, ISBN 973-9142-22-2