

ELEMENTE FUNDAMENTALE ALE SISTEMELOR EXPERT

1.1 CONCEPTUL DE SISTEM EXPERT

1.2 FUNCȚIILE SISTEMELOR EXPERT

1.3 ARHITECTURA SISTEMELOR EXPERT

1.4 METODE DE REPREZENTARE A CUNOȘȚINȚELOR

Elemente fundamentale ale sistemelor expert

1.1 Conceptul de sistem expert

Sistemele expert sunt sisteme de programe bazate pe tehnicile inteligenței artificiale care înglobează cunoștințele experților umani dintr-un domeniu bine definit și apoi le folosesc pentru rezolvarea problemelor dificile din acest domeniu.

În esență această tehnologie permite reproducerea pe cale artificială a raționamentului uman, conturându-se trei curente principale de abordare metodologică a raționamentului artificial :

1. Abordarea cognitivă
2. Abordarea pragmatică
3. Abordarea conexionistă

1.1 Conceptul de sistem expert

1. Abordarea cognitivă

raționamentul natural este privit ca o suită de stări și procese mentale care transformă datele de intrare în date de ieșire iar raționamentul artificial încearcă **să reproducă** aceste stări mentale și procese

– **sisteme de gestiune a bazelor de cunostinte**

2. Abordarea pragmatică

raționamentul uman este privit tot ca o suită de stări și procese mentale care transformă datele de intrare în date de ieșire dar raționamentul artificial încearcă doar **să simuleze** simptomele de inteligență adică să producă aceleași date de ieșire pentru aceleași date de intrare

3. Abordarea conexionistă

raționamentul natural este privit ca o suită de stări și procese neuronale iar raționamentul artificial încearcă **să reproducă mecanic** această activitate neurologică a creierului uman - **rețelele neuronale**

1.1 Conceptul de sistem expert

Sistemele expert sunt total dependente de calitatea și volumul cunoștințelor înmagazinate pe care apoi le folosesc pentru a simula raționamentul uman.

Cunoașterea este sinteza următoarelor concepte fundamentale proprii:

- fapte;
- reguli;
- strategii de raționament.

Faptele sunt structuri de date complexe cu o semantică și o semnificație proprie derivată din sfera domeniului abordat.

Regulile sunt modalități de reprezentare și utilizare a faptelor în procesul de prelucrare a cunoștințelor.

Distincția dintre fapte și reguli este evidențiată de reprezentarea cunoștințelor.

Strategiile de raționament denumite și metode euristice, exprimă sintetic modalitatea de utilizare a regulilor, prin intermediul unui anumit tip de raționament: deductiv, inductiv sau mixt.

1.1 Conceptul de sistem expert

Prelucrarea cunoștințelor necesită un sistem de stocare și manipulare a cunoștințelor de natură să permită declanșarea și emiterea de raționamente.

La nivelul sistemelor expert se folosesc structuri de cunoștințe cu funcții similare structurilor de date utilizate în stocarea și prelucrarea de date.

1.2 Functiile sistemelor expert

- **interpretare**: traducerea de semnale provenite din captarea de exemple sau de date brute în expresii simbolice care pot fi folosite în raționamente;
- **diagnostic**: stabilirea unei corelații între caracteristici sau simptome și situații tip;
- **formare**: transmiterea de cunoștințe unei persoane al cărei nivel și caracteristici fac obiectul unui diagnostic de învățare foarte bine adaptată;
- **supraveghere**: declanșarea unei alarme în condiții determinate care pot evolua cu contextul sau trimiterea unei dări de seamă plecând de la semnale interpretate și folosite într-un diagnostic;
- **previziune**: descrierea unei situații prin anticipare, plecând de la o situație curentă prin intermediul unui model construit pe o bază istorică sau prin învățare;
- **simulare**: deducția, plecând de la un model al consecințelor acțiunilor sau evenimente declanșate de către sistemul aflat în curs de derulare a simulării;
- **planificare**: definirea în timp și în spațiu a acțiunilor care permit atingerea unei stări finale prin compararea stării curente cu starea dorită

1.2 Functiile sistemelor expert

- **întreținere**: planul de acțiune particular care decurge dintr-un diagnostic ce evidențiază punctele slabe ale unui sistem indicând și cauzele
- **concepție**: mulțimea de alegeri și de decizii care permit, plecând de la performanțele fixate prin diagnosticare, să se determine caietul de sarcini pentru un scop ce trebuie îndeplinit în funcție de nevoile exprimate la un moment dat
- **controlul și pilotajul**: mulțimea de acțiuni aplicate unui sistem care asigură, printr-o întreținere permanentă și un răspuns adaptat la diverse situații, o funcționare a sistemului cât mai apropiată de cea normală
- **bibliotecă**: ajută la accesarea, organizarea și interpretarea informațiilor necesare îndeplinirii unei anumite sarcini;
- **consiliere**: sintetizează și distribuie informația aferentă unei expertize de specialitate care este solicitată de către utilizator;
- **asistență generală**: preia anumite sarcini de rutină pentru a permite persoanei să se ocupe doar de aspectele importante ale muncii.

1.2 Funcțiile sistemelor expert

Intr-un sistem real aceste funcțiuni de bază sunt adesea combinate între ele.

Astfel funcțiile cele mai utilizate sunt:

- **diagnostic/întreținere** (circa 45% din aplicații),
- **concepție și planificare** (20%),
- **interpretare** (20%)
- **control/pilotaj/supraveghere** (15%).

Ultima funcțiune se află în creștere constantă, ea fiind frecvent asociată cu aceea de diagnostic și de planificare.

1.3 Arhitectura sistemelor expert

1) Domeniul de activitate

2) **Expertul uman:** persoana capabilă să transforme problema de rezolvat din zona expertizei în zona cunoștințelor generale și de specialitate.

3) **Cogniticianul (inginerul de cunoștințe)** - îndeplinește sarcina de preluare și modelare conceptuală a cunoștințelor furnizate de către expertul uman, de o manieră compatibilă cu metodele de reprezentare a cunoștințelor de către baza de cunoștințe a sistemului expert

4) **Modulul de transformare a cunoștințelor:** are rolul de conversie a cunoștințelor din formatul de exprimare al cogniticianului în formatul intern de memorare specific suportului tehnic pe care va fi memorată baza de cunoștințe. Totodată acest modul asigură și interfața de comunicare cu baza de date sau cu alte sisteme.

5) **Baza de cunoștințe:** conține “obiectele” lumii reale și relațiile dintre acestea selectate din domeniul abordat și transmise pe itinerariul expert-cognitician-modul de transformare a cunoștințelor.

Sunt mai multe **metode de reprezentare a cunoștințelor** dintre care cele mai importante sunt: **regulile de producție, rețelele semantice și cadrele.**

1.3 Arhitectura sistemelor expert

6) Baza de fapte: conține datele unei probleme concrete care urmează să fie rezolvată (formularea problemei) precum și faptele rezultate în urma raționamentelor efectuate de motorul de inferență asupra bazei de cunoștințe.

7) Baza de reguli: conține regulile prin aplicarea cărora, pornind de la faptele cunoscute, pot fi incluse în baza de fapte informații noi denumite fapte deduse.

8) Motorul de inferențe: pornind de la fapte activează cunoștințele coresp. din baza de cunoștințe construind astfel raționamente care conduc la fapte noi. În urma acțiunii motorului de inferențe, baza de cunoștințe se îmbogățește fie prin adăugarea unor elemente noi, fie prin modificarea celor existente. Motorul de inferențe este un program care implementează algoritmi de raționament (deductiv, inductiv sau mixt) dar care este independent de baza de cunoștințe.

9) Modulul de verificare-explicare: are rolul de a prezenta într-o formă larg accesibilă (limbaj natural) justificarea raționamentelor efectuate de motorul de inferențe și totodată întrebările la care trebuie să răspundă utilizatorul.

10) Interfața cu utilizatorul: realizează dialogul utilizatorului cu sistemul expert în sensul specificării datelor de intrare și al furnizării rezultatelor problemei de rezolvat printr-un sistem de ferestre, imagini, meniuri.

1.3 Arhitectura sistemelor expert

Componentele sistemului expert	Conținut
A) Furnizarea cunoștințelor	1) domeniul de activitate 2) expertul uman 3) cogniticianul 4) modul de transformare a cunoștințelor
B) Reprezentarea cunoștințelor	5) baza de cunoștințe 6) baza de fapte 7) baza de reguli
C) Prelucrarea cunoștințelor	8) motorul de inferențe 9) modul de verificare-explicare
D) Utilizarea cunoștințelor	10) interfața cu utilizatorul 11) utilizatorul

1.3 Arhitectura sistemelor expert

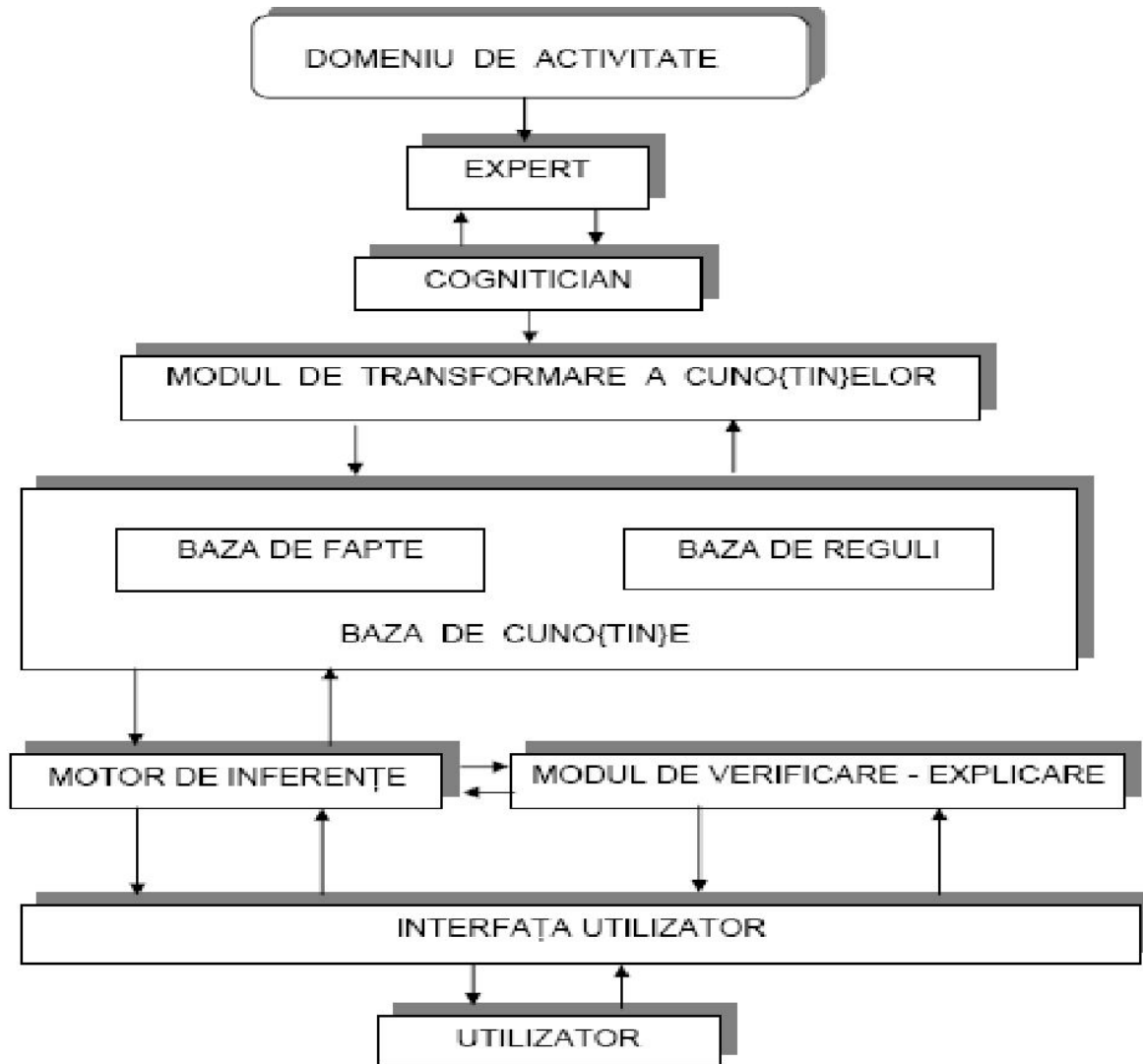


Fig. 1.1: Arhitectura unui sistem expert

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

Cunoașterea se întemeiază pe 3 concepte fundamentale:

- **Faptele**: informații elementare prin care se surprind și se descriu elementele domeniului de referință;
- **Regulile**: legi prin care se activează și se utilizează faptele;
- **Strategiile de raționament** (metode euristice): metode de utilizare a regulilor pentru obținerea scopului urmărit.

Cunoștințele pot fi **certe sau incerte, fixe sau modificabile, complete sau incomplete**.

Cunoștințele **sunt referitoare la clase sau grupuri de “obiecte” de natură materială sau conceptuală**. Nu este exclus ca în cadrul acestora să existe elemente care fac excepție sau sunt chiar în contradicție cu proprietățile clasei din care fac parte.

- Cunoștințele **sunt variabile** datorită modificărilor intervenite în domeniul referențiat. Cum multe dintre ele sunt în strânsă interdependență, schimbarea anumitor informații poate antrena indirect actualizarea altor informații devenite perimate prin modificarea celor dintâi.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

Cunoștințele utilizate de către sistemele expert pot fi:

1) **Cunoștințe afirmative**: date primare structurate într-o bază de fapte.

Ex: vânzări medii zilnice = X lei;

2) **Cunoștințe operatorii**: sunt utilizate în interiorul regulilor pentru a se simula un raționament sau un mod de acțiune.

Ex: **dacă** “aprovizionarea este ritmică” **și** “consumul este constant”
atunci “mărimea stocurilor de siguranță rămâne nemodificată”

3) **Cunoștințe strategii de control**: indică ordinea de aplicare a regulilor și modul de rezolvare al problemei.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.1 Reprezentări bazate pe logica formală

Deși logica a fost concepută pentru a putea modela raționamentul, ea este deosebit de utilizată și pentru reprezentarea cunoștințelor.

Referitor la deducerea de noi informații, ea se bazează pe reguli de inferență care pot fi tratate sintactic în calculator prin procese de unificare și filtraj.

Formalismul logic permite reprezentarea cunoștințelor sub formă de:

- propoziții;
- predicate;
- expresii de calcul logic.

În felul acesta se dispune de un formalism care poate fi utilizat atât pentru reprezentarea cunoștințelor cât și pentru efectuarea raționamentelor.

Metodele de reprezentare specifice acestui tip sunt **regulile de producție, cu sau fără variabile.**

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.2 Elemente de logica propozițiilor

Logica propozițiilor este definită ca un limbaj formal compus din: **alfabet, sintaxă, axiome și reguli de deducție.**

Alfabetul este constituit din următoarele simboluri:

- **propoziții:** notate A, B, C;
- **simboluri (conectori):** \wedge (și), \vee (sau), \neg (nu), \Leftrightarrow (echivalența), \Rightarrow (implicația);
- **paranteze**

Propozițiile reprezintă în logică aserțiuni care pot fi adevărate sau false. **Propozițiile elementare** sunt aserțiuni simple ce descriu o parte a domeniului de referință.

Propozițiile compuse se realizează prin îmbinarea propozițiilor simple prin intermediul conectorilor logici: Și, SAU, NU.

Conjunția este propoziția compusă prin intermediul conectorului Și, în timp ce **disjuncția** este o propoziție compusă prin intermediul conectorului SAU.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

În cazul folosirii mai multor conectori, evaluarea se face în ordinea:

- prioritate absolută are conectorul NU;
- ȘI are prioritate față de SAU.

Ordinea de evaluare într-o propoziție poate fi modificată cu ajutorul parantezelor.

Alături de conectorii logici, propozițiile mai pot fi legate prin relații de implicație și echivalență.

- implicația are sensul “dacă A atunci B” ($A \Rightarrow B$)
- echivalența are sensul “A dacă și numai dacă B” ($A \Leftrightarrow B$)

Sintaxa definește formule bine formate

Axiomele care fixează regulile de demonstrare a teoremelor din acest limbaj sunt

$$(1) A \Rightarrow (B \Rightarrow A)$$

$$(2) (A \Rightarrow B) \Rightarrow ((A \Rightarrow (B \Rightarrow C)) \Rightarrow (A \Rightarrow C))$$

$$(3) A \Rightarrow (B \Rightarrow (A \wedge B))$$

$$(4) A \wedge B \Rightarrow A \quad ; \quad A \wedge B \Rightarrow B$$

$$(5) A \Rightarrow A \vee B \quad ; \quad B \Rightarrow A \vee B$$

$$(6) (A \Rightarrow C) \Rightarrow ((B \Rightarrow C) \Rightarrow ((A \vee B) \Rightarrow C))$$

$$(7) (A \Rightarrow B) \Rightarrow ((A \Rightarrow \neg B) \Rightarrow \neg A)$$

$$(8) (\neg \neg A) \Rightarrow A$$

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.2 Elemente de logica propozițiilor

O formulă este adevărată dacă ea coincide cu o axiomă sau dacă ea poate fi demonstrată plecând de la axiome cu ajutorul unei reguli de deducție care este unică, numită **modus ponens** sau regulă de separare.

În logica formală calea cea mai importantă de a deduce noi propoziții o constituie silogismele. **Un silogism utilizează implicația (\Rightarrow) pentru a deduce o concluzie.** Acest tip de silogism se aplică în sistemele expert, într-o variantă mai restrictivă, sub forma regulilor de producție.

Raționamentul prin absurd se numește modus tollens.

Alături de silogism ca instrument fundamental de inferență, logica propozițiilor oferă și o serie de relații de echivalență, utile pentru a transforma propozițiile în scopul simplificării evaluării lor.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.2 Elemente de logica propozițiilor

Relația de echivalență	Conținutul relației
simetria	$A \text{ SAU } B = B \text{ SAU } A$ $A \text{ ȘI } B = B \text{ ȘI } A$
reversibilitatea	$\text{NU}(\text{NU } A) = A$
asociativitatea	$(A \text{ SAU } B) \text{ SAU } C = A \text{ SAU } (B \text{ SAU } C)$ $(A \text{ ȘI } B) \text{ ȘI } C = A \text{ ȘI } (B \text{ ȘI } C)$
distributivitatea	$A \text{ SAU } (B \text{ ȘI } C) = (A \text{ SAU } B) \text{ ȘI } (A \text{ SAU } C)$ $A \text{ ȘI } (B \text{ SAU } C) = (A \text{ ȘI } B) \text{ SAU } (A \text{ ȘI } C)$
legile lui Morgan	$\text{NU}(A \text{ SAU } B) = (\text{NU } A) \text{ ȘI } (\text{NU } B)$ $\text{NU}(A \text{ ȘI } B) = (\text{NU } A) \text{ SAU } (\text{NU } B)$

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.3 Elemente de logica predicatelor

Logica predicatelor asigură descompunerea propozițiilor elementare în componentele sale. De exemplu din propoziția “Cota de piață este în scădere”, prin ignorarea subiectului se deduce formula “... este în scădere”. Prin utilizarea spațiului liber cu alte valori se pot obține propoziții adevărate sau false.

Aceste expresii cu un singur element sunt predicate.

Expresiile în care 2 sau mai multe elemente sunt libere se numesc relații.

Reprezentarea cunoștințelor se poate face în două feluri:

- **prin logica propozițiilor de ordinul întâi:** utilizarea variabilelor în declararea

faptelor și regulilor este admisă numai pentru subiecte;

- **prin logica propozițiilor de ordinul doi:** utilizarea variabilelor pt. declararea

faptelor și regulilor este admisă pentru subiecte și predicate.

Se mai pot adăuga la alfabet următoarele elemente:

- constante: a, b, c, . . .
- variabile: x, y, z, . . .
- predicatele: P, Q, R, . . .
- simbolurile: universalitate și existență
- virgula (care se adaugă la paranteze).

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.3 Elemente de logica predicatelor

Fiecărui simbol al predicatului i se asociază o pondere n (ce poate fi un număr întreg pozitiv sau nul). Pentru a interpreta calculul predicatelor trebuie să considerăm constantele ca fiind elementele unui domeniu de interpretare D . Un predicat de pondere n ($n > 0$) este o funcție definită în domeniul D^n cu valori în mulțimea {adevărat, fals}.

Sintaxa acestui limbaj este definită prin aplicarea următoarelor reguli:

- Constantele și variabilele sunt argumente.
- Formulele bine formate ale acestui limbaj (închise) sunt definite inductiv
- La axiomele logicii propozițiilor se mai adaugă axiomele:
 - Axioma de specializare universală: $(\forall x, P(x)) \Rightarrow P(a)$ ă dacă pentru toți x proprietatea $P(x)$ este adevărată, atunci $P(a)$ este adevărată pentru toți cei care aparțin lui D .
 - Axioma de generalizare existențială: $P(a) \Rightarrow (\exists x, P(x))$ exprimă faptul că dacă există un element a din domeniul de interpretare astfel ca $P(a)$ să fie adevărat, atunci există x astfel ca $P(x)$ să fie adevărat.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.4 Regulile de producție

Regulile de producție constituie una dintre primele modalități de reprezentare a cunoștințelor utilizate în realizarea de sisteme expert fiind bazate pe logica propozițiilor în care faptele și regulile sunt entități constante (invariabile). Datorită limitărilor inerente unei asemenea soluții s-a trecut la o altă modalitate de **reprezentare bazată pe logica predicatelor** în care faptele și regulile pot include entități generice, ceea ce le conferă un grad mult mai ridicat de generalitate. Deoarece entitățile generice sunt specificate prin intermediul variabilelor, această metodă de reprezentare este denumită **reguli de producție cu variabile**.

Reprezentarea cunoștințelor prin reguli de producție se face prin două tipuri de structuri: **faptele și regulile**.

Faptele constituie informații elementare prin care se asigură descrierea unor detalii privitoare la un domeniu de referință. Totalitatea faptelor reprezentate într-un sistem expert constituie baza de fapte. Faptele sunt reprezentate practic prin propoziții.

Regulile specifică acele legături dintre fapte, pornind de la care se pot face deducții.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.4 Regulile de producție

Regula este interpretată la nivelul unui sistem expert astfel: dacă faptele specificate drept premise sunt verificate prin intermediul bazei de fapte, atunci și faptele conținute în concluzia regulii sunt adevărate și vor fi adăugate în baza de fapte.

Formatul general al regulii este:

Dacă (condiție) premise, **atunci** concluzie (acțiuni).

Cum regulile sunt activate pe baza faptelor cunoscute, calitatea procesului de raționament este nemijlocit influențată de măsura în care sunt disponibile toate faptele relevante (**permanente sau temporare**).

În funcție de domeniul concret în care se utilizează și de condițiile de exploatare, faptele pot fi introduse într-un sistem expert prin una din căile următoare:

- prin tastare de la terminal, înaintea declanșării procesului deductiv;
- în cursul procesului deductiv, prin chestionarea utilizatorului;
- prin consultarea unei baze de date proprii;
- prin preluare directă de la diverși senzori.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.5 Reguli de producție cu variabile

Regulile de producție cu variabile asigură o formă generală de exprimare, o manieră de a putea aplica aceste reguli asupra unui grup de fapte. Acest caracter de generalitate este asigurat prin **utilizarea variabilelor la descrierea regulilor de producție**.

Considerând un grup de asemenea expresii și un ansamblu de elemente care formează un domeniu de interpretare, fiecare expresie în care variabilele au fost substituite cu valori aparținând domeniului de interpretare devine o propoziție care poate fi evaluată ca adevărată sau falsă. Fiecare variabilă are caracter local, fiind operantă numai în cadrul regulei în care este prezentată.

Variabilele care apar într-o regulă sau într-un fapt inițial sunt considerate implicit universal cuantificate, iar variabilele care apar în faptele de stabilit (obiectiv sau scop) sunt considerate implicit existențial cuantificate. Pentru fiecare variabilă, faptele de stabilit nu trebuie deduse pentru toate elementele din domeniul de interpretare, ci pentru cel puțin unul dintre ele. Rezolvarea problemelor de deducție implicând variabile trece întotdeauna prin **căutarea de substituții adecvate**. Una din modalitățile de identificare a substituțiilor o reprezintă unificarea ce aparține clasei metodelor de filtraj .

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.6 Tipologia regulilor de producție

Regulile de producție se formează conectând împreună două sau mai multe fapte prin implicație logică. Prin urmare regulile de producție sunt de două feluri:

- **Reguli deductive:** DACA <premise> ATUNCI <concluzie>
- **Reguli inductive:** <concluzie> DACA <premise>

Cele două moduri de raționament (deducția și inducția) pot fi utilizate:

- **în mod analitic** (se descompun raționamentele în submodule mai ușor de înțeles);
- **în mod sintetic** (se reunesc elementele disparate).

În plus față de cele două moduri de bază, cercetătorii în inteligența artificială au pus la punct un al treilea mod numit **abducție**, care constă în construirea de scheme de observare ipotetice necesare punerii în funcțiune a inducției.

Principalele metode de punere în funcțiune sunt:

- **iterația** care constă în repetarea unei secvențe de raționamente până când condiția de oprire este îndeplinită;
- **recursivitatea** constă în apelarea unui raționament dat de el însuși până când acest raționament se bazează pe o problemă simplă pe care a soluționat-o.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.6 Tipologia regulilor de producție

Strategiile pentru raționament pot face apel la **specializare, la raționamente prin absurd, la eliminarea căilor inutile și la reducerea diferențelor**. În toate cazurile, pentru rezolvarea problemelor complexe, **ierarhizarea cunoștințelor și segmentarea problemelor** sunt instrumentele folosite.

Funcțiunea de bază a sistemelor expert este raționamentul. Astfel se poate defini un sistem expert ca fiind "un program informatic capabil să reproducă raționamentele umane".

Una dintre problemele cele mai acute ale inteligenței artificiale rezidă în simularea raționamentelor intuitive și neexprimate pe care le considerăm adesea simple, la nivelul bunului simț.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.7 Metareguli

Execuția diverselor reguli de producție poate fi implementată la nivelul sistemelor expert prin intermediul unor strategii prioritare de raționament. Acestea sunt reguli de producție deductive sau inductive care la rândul lor vor conține cunoștințe (reguli și fapte) necesare pentru a declanșa acțiunea altor reguli. Prin urmare aceste **reguli de producție ce conțin elementele necesare privind utilizarea altor reguli se numesc metareguli.**

Ex: Pentru determinarea mărimii stocurilor unei întreprinderi, în structura bazei de reguli se poate defini o metaregulă de tipul:

Dacă aprovizionarea este ritmică

Și consumul este constant

Și există reguli ce conțin în premise fapte privitoare la stocul de siguranță

Atunci se execută cu prioritate regulile specifice în care premisele conțin fapte

relative la stocurile de siguranță

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.7 Metareguli

Principale caracteristici ale metaregulilor sunt:

- reprezintă defapt cunoștințe despre reguli (reguli asupra regulilor);
- sunt definite identic cum sunt redactate în mod vizual regulile;
- conțin reguli relative la utilizarea prioritara a altor reguli;
- indică starea următoare a bazei de fapte;
- indică regulile luate în considerare în faza de filtrare;
- sunt gestionate prin intermediul unui motor de inferențe special care la rândul său utilizează metacunoștințe.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.8 Cunoștințe incerte

Decizia în marketing operează în anumite cazuri cu informații incomplete, ceea ce va conduce la utilizarea unor soluții particulare, caracterizate de un anumit grad de incertitudine.

S-au conturat două modalități specifice de reprezentare a incertitudinii:

- Prima constă în introducerea incertitudinii sau aproximației chiar în exprimarea cunoștințelor. Spre exemplu, se poate apela la formulări de tipul: “creșterea prețurilor este moderată” sau “creșterea prețurilor este probabilă”. Soluțiile de acest tip sunt însă inacceptabile sau insuficiente în multe cazuri.

- A doua modalitate de reprezentare și tratare a incertitudinii constă în a atribui elementelor din baza de cunoștințe un coeficient destinat să exprime gradul de siguranță al acestora, denumit **coeficient de certitudine QC**. Acest coeficient poate lua valori cuprinse între 0 și 100. Zero (0) corespunde valorii “fals”, iar 100 corespunde valorii “adevărat ” din logica binară. Coeficienții de certitudine nu sunt probabilități nici din punct de vedere conceptual și nici matematic. Prin urmare gradul de certitudine al tuturor elementelor într-un context dat nu trebuie să dea o sumă egală cu 100.

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.8 Cunoștințe incerte

Coeficienții de certitudine ai faptelor compuse se determină în funcție de tipul conectorilor logici pe baza relațiilor următoare:

$$\mathbf{QC(A \text{ \textbf{ȘI}} B) = \text{MINIM} (QC(A), QC(B));}$$

$$\mathbf{QC(A \text{ SAU } B) = \text{MAXIM} (QC(A), QC(B));}$$

$$\mathbf{QC(\text{NU } (A)) = 100 - QC(A).}$$

Regulile pot avea la rândul lor coeficienți de certitudine care exprimă cât de certă este concluzia dedusă pe baza premiselor lor:

$$\mathbf{QC(\text{concluzie}) = QC(\text{premise}) \times QC(\text{regulă})/100}$$

Există situații în care aceeași concluzie poate fi dedusă din mai multe reguli diferite. Pentru a obține QC al unei asemenea concluzii este necesar să se combine coeficienții returnați de fiecare regulă care o cuprinde.

Presupunând că QC(R1) și QC(R2) reprezintă coeficienții aceleiași concluzii deduse prin regulile R1 și R2, coeficientul său combinat de certitudine se obține cu relația: $\mathbf{QC(R1, R2) = QC(R1) + QC(R2) - (QC(R1) \times QC(R2)/100)}$

1.4 Metode de reprezentare a cunoștințelor

1.4.9 Reprezentarea cunoștințelor și limbajele de programare

Reprezentarea cunoștințelor trebuie să satisfacă două exigențe contradictorii:

- **Sistemul de calcul:** calculatoarele înțeleg un limbaj sărac și sunt cu atât mai eficace cu cât acest limbaj este mai apropiat de limbajul mașină. Idealul în acest caz sunt limbajele de asamblare (Assembleur) sau limbajele mașină.
- **Lizibilitatea bazei de cunoștințe:** o bază de cunoștințe trebuie să poată fi citită, modificată, îmbogățită și întreținută de către un expert în domeniu care în general nu este informatician. Limbajul cel mai bun pentru a răspunde acestui obiectiv este limba maternă a expertului la care se adaugă "jargonul" expertizei.

Reprezentarea cunoștințelor constă în găsirea unei terminologii intermediare.

- tendința limbajelor: limbaj informatic cu caracter destul de general care este independent de interpretor sau de compilator. Sunt preferate în ordine: LISP, PROLOG și limbajele orientate pe obiect.
- tendința instrumentelor de dezvoltare și a generatoarelor de sisteme expert: instrumente special concepute pentru a scrie baze de cunoștințe. Acest software este puternic dependent de interpretor (aici - motorul de inferență)

