Curs ID PROLOG

2018-2019

Programare Logică

Programare logică - în mod idealist

- Un "program logic" este o colecție de proprietăți presupuse (sub formă de formule logice) despre lume (sau mai degrabă despre lumea programului).
- Programatorul furnizează și o proprietate (o formula logică) care poate să fie sau nu adevărată în lumea respectivă (întrebare, *query*).
- Sistemul determină dacă proprietatea aflată sub semnul întrebării este o consecință a proprietăților presupuse în program.
- Programatorul nu specifică metoda prin care sistemul verifică dacă întrebarea este sau nu consecință a programului.

Exemplu de program logic

$$
\begin{aligned}
\texttt{oslo} &\rightarrow \texttt{windy} \\
\texttt{oslo} &\rightarrow \texttt{norway} \\
\texttt{norway} &\rightarrow \texttt{cold} \\
\texttt{cold} \wedge \texttt{windy} &\rightarrow \texttt{winterIsComing} \\
&\qquad\quad \texttt{oslo}
\end{aligned}
$$

Exemplu de program logic

$$\begin{aligned} \texttt{oslo} &\rightarrow \texttt{windy} \\ \texttt{oslo} &\rightarrow \texttt{norway} \\ \texttt{norway} &\rightarrow \texttt{cold} \\ \texttt{cold} \wedge \texttt{windy} &\rightarrow \texttt{winterIsComing} \\ & \quad\ \texttt{oslo} \end{aligned}$$

Exemplu de întrebare

Este adevărat `winterIsComing`?

Cuprins

PROLOG

Elemente de sintaxă

Putem să testăm în SWI-Prolog

Program:

```
windy :- oslo.
norway :- oslo.
cold :- norway.
winterIsComing :- windy, cold.
oslo.
```

Intrebare:

```
?- winterIsComing.
true
```

http://swish.swi-prolog.org/

Sintaxă: constante, variabile, termeni compuși

- Atomi: `sansa, 'Jon Snow', jon_snow`
- Numere: `23, 23.03,-1`

  Atomii și numerele sunt constante.
- Variabile: `X, Stark, _house`
- Termeni compuși: `father(eddard, jon_snow)`,
  `and(son(bran,eddard), daughter(arya,eddard))`
  - forma generală: atom(termen,. . ., termen)
  - atom-ul care denumește termenul se numește functor
  - numărul de argumente se numește aritate

Un mic exercițiu sintactic

Care din următoarele șiruri de caractere sunt constante și care sunt variabile în Prolog?

- ☐ vINCENT
- ☐ Footmassage
- ☐ variable23
- ☐ Variable2000
- ☐ big_kahuna_burger
- ☐ 'big kahuna burger'
- ☐ big kahuna burger
- ☐ 'Jules'
- ☐ _Jules
- ☐ '_Jules'

Un mic exercițiu sintactic

Care din următoarele șiruri de caractere sunt constante și care sunt variabile în Prolog?

- ☐ vINCENT – constantă
- ☐ Footmassage – variabilă
- ☐ variable23 – constantă
- ☐ Variable2000 – variabilă
- ☐ big_kahuna_burger – constantă
- ☐ 'big kahuna burger' – constantă
- ☐ big kahuna burger – nici una, nici alta
- ☐ 'Jules' – constantă
- ☐ _Jules – variabilă
- ☐ '_Jules' – constantă

Compararea termenilor: =,\=, ==,\==

`T = U`	reușește dacă există o potrivire (termenii se unifică)
`T \= U`	reușește dacă nu există o potrivire
`T == U`	reușește dacă termenii sunt identici
`T \== U`	reușește dacă termenii sunt diferiți

Compararea termenilor: =,\=, ==,\==

`T = U`	reușește dacă există o potrivire (termenii se unifică)
`T \= U`	reușește dacă nu există o potrivire
`T == U`	reușește dacă termenii sunt identici
`T \== U`	reușește dacă termenii sunt diferiți

Exemplu

```
?- X = Y.
X = Y.

?- p(X,q(Z)) = p(Y,X).
X = Y, Y = q(Z).

?- 2 = 1 + 1
false
```

```
?- X == Y .
false

?- p(X,Y) == p(X,Y).
true

?- 2 == 1 + 1
false
```

- În exemplul de mai sus, `1+1` este privită ca o expresie, nu este evaluată. Există și predicate care forțează evaluarea.

Programe și întrebări

Program în Prolog = bază de cunoștințe

Exemplu

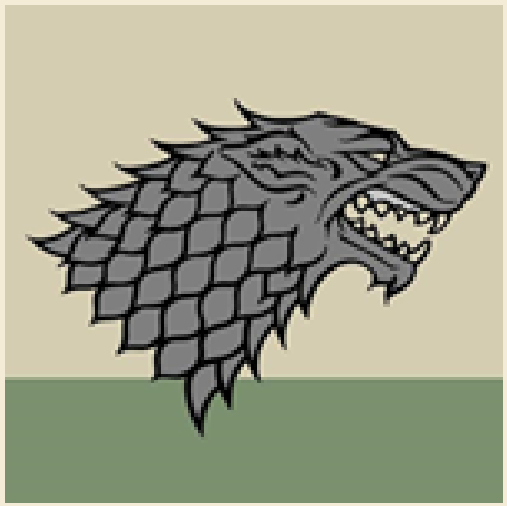
Un program în Prolog:

```
father(eddard,sansa).
father(eddard,jon_snow).

mother(catelyn,sansa).
mother(wylla,jon_snow).

stark(eddard).
stark(catelyn).

stark(X) :- father(Y,X),  stark(Y).
```



Un program în Prolog este o bază de cunoștințe (Knowledge Base).

Program în Prolog = mulțime de predicate

Practic, gândim un program în Prolog ca o mulțime de predicate cu ajutorul cărora descriem *lumea* (*universul*) programului respectiv.

Exemplu

```
father(eddard,sansa).
father(eddard,jon_snow).

mother(catelyn,sansa).
mother(wylla,jon_snow).

stark(eddard).
stark(catelyn).

stark(X) :- father(Y,X),  stark(Y).
```

Predicate:
father/2
mother/2
stark/1

Un program în Prolog

Program

- Un program în Prolog este format din reguli de forma

```
Head :- Body.
```

- Head este un predicat, iar Body este o secvență de predicate separate prin virgulă.
- Regulile fără `Body` se numesc fapte.

Program

- Un program în Prolog este format din reguli de forma

```
Head :- Body.
```

- Head este un predicat, iar Body este o secvență de predicate separate prin virgulă.
- Regulile fără `Body` se numesc fapte.

Exemplu

- Exemplu de regulă: `stark(X) :- father(Y,X), stark(Y).`
- Exemplu de fapt: `father(eddard, jon_snow).`

Interpretarea din punctul de vedere al logicii

- operatorul **:-** este implicația logică $\leftarrow$

Exemplu

```
winterfell(X) :- stark(X).
```

dacă `stark(X)` este adevărat, atunci `winterfell(X)` este adevărat.

Interpretarea din punctul de vedere al logicii

- operatorul `:-` este implicația logică $\leftarrow$

Exemplu

```
winterfell(X) :- stark(X).
```

dacă `stark(X)` este adevărat, atunci `winterfell(X)` este adevărat.

- virgula `,` este conjuncția $\wedge$

Exemplu

```
stark(X) :- father(Y,X), stark(Y).
```

dacă `father(Y,X)` și `stark(Y)` sunt adevărate,
atunci `stark(X)` este adevřat.

Interpretarea din punctul de vedere al logicii

- mai multe reguli cu același `Head` definesc același predicat, între defiții fiind un sau logic.

Exemplu

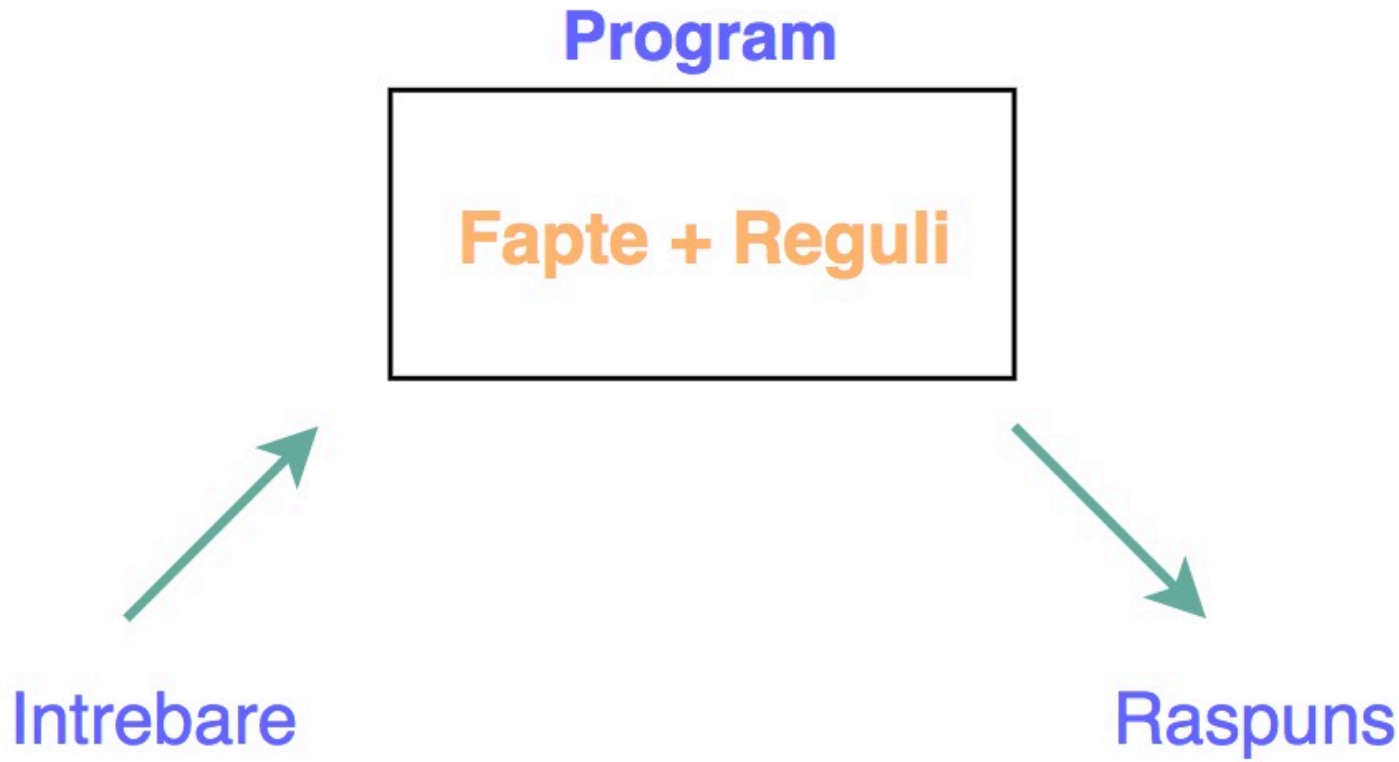
```
got_house(X) :- stark(X).
got_house(X) :- lannister(X).
got_house(X) :- targaryen(X).
got_house(X) :- baratheon(X).
```

dacă
`stark(X)` este adevărat sau
`lannister(X)` este adevărat sau
`targaryen(X)` este adevărat sau
`baratheon(X)` este adevărat,
atunci
`got_house(X)` este adevărat.

Un program în Prolog

Cum folosim un program în Prolog?

Întrebări în Prolog



Întrebări și ținte în Prolog

- Prolog poate răspunde la întrebări legate de consecințele relațiilor descrise într-un program în Prolog.
- Întrebările sunt de forma:

$$\texttt{?- predicat}_1\texttt{(...),...,predicat}_n\texttt{(...).}$$

- Prolog verifică dacă întrebarea este o consecință a relațiilor definite în program.
- Dacă este cazul, Prolog caută valori pentru variabilele care apar în întrebare astfel încât întrebarea să fie o consecință a relațiilor din program.
- un predicat care este analizat pentru a se răspunde la o întrebare se numește țintă (goal).

Întrebări în Prolog

Prolog poate da 2 tipuri de răspunsuri:

- `false` – în cazul în care întrebarea nu este o consecință a programului.
- `true` sau valori pentru variabilele din întrebare în cazul în care întrebarea este o consecință a programului.

Întrebări în Prolog

Prolog poate da 2 tipuri de răspunsuri:

- `false` – în cazul în care întrebarea nu este o consecință a programului.
- `true` sau valori pentru variabilele din întrebare în cazul în care întrebarea este o consecință a programului.

Exemplu

```
?- stark(jon_snow).
true
?- stark(wylla)
false
```

```
?- stark(X)
X = eddard ;
X = catelyn ;
X = sansa ;
X = jon_snow ;
false
```

Execuția unui program

Cum găsește Prolog răspunsul

Pentru a găsi un raspuns, Prolog încearcă regulile în ordinea apariției lor.

Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
foo(a).  foo(b).  foo(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- foo(X).
X = a.
```

Pentru a răspunde la întrebare se caută o potrivire (unificator) între scopul `foo(X)` și baza de cunoștințe. Raspunsul este substituția care realizează potrivirea, în cazul nostru `X = a`.

Vom discuta detaliat algoritmul de unificare!

Cum găsește Prolog răspunsul

Pentru a găsi un raspuns, Prolog încearcă regulile în ordinea apariției lor.

Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
foo(a).  foo(b).  foo(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- foo(X).
X = a.

?- foo(d).
false
```

Dacaă nu se poate face potrivirea, răspunsul este false.

Cum găsește Prolog răspunsul

Pentru a găsi un raspuns, Prolog încearcă regulile în ordinea apariției lor.

Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
foo(a).  foo(b).  foo(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- foo(X).
X = a.
```

Cum găsește Prolog răspunsul

Pentru a găsi un raspuns, Prolog încearcă regulile în ordinea apariției lor.

Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
foo(a).  foo(b).  foo(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- foo(X).
X = a.
```

Dacă dorim mai multe răspunsuri, tastăm `;`

```
?- foo(X).
X = a ;
X = b ;
X = c.
```

Cum găsește Prolog răspunsul

Pentru a găsi un raspuns, Prolog încearcă regulile în ordinea apariției lor.

Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
foo(a).
foo(b).
foo(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- foo(X).
```

```
?- trace.
true.

[trace]  ?- foo(X).
   Call: (8) foo(_4556) ? creep
   Exit: (8) foo(a) ? creep
X = a ;
   Redo: (8) foo(_4556) ? creep
   Exit: (8) foo(b) ? creep
X = b ;
   Redo: (8) foo(_4556) ? creep
   Exit: (8) foo(c) ? creep
X = c.
```

Cum găsește Prolog răspunsul

Pentru a găsi un raspuns, Prolog redenumește variabilele.

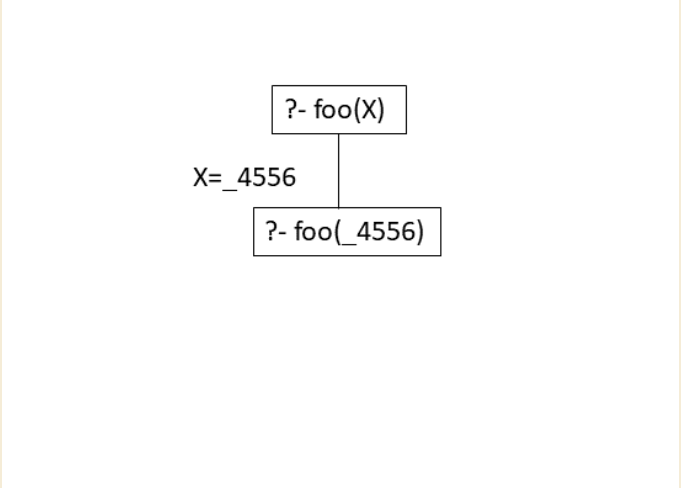
Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
foo(a).
foo(b).
foo(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- foo(X).
```



Cum găsește Prolog răspunsul

Pentru a găsi un raspuns, Prolog încearcă regulile în ordinea apariției lor.

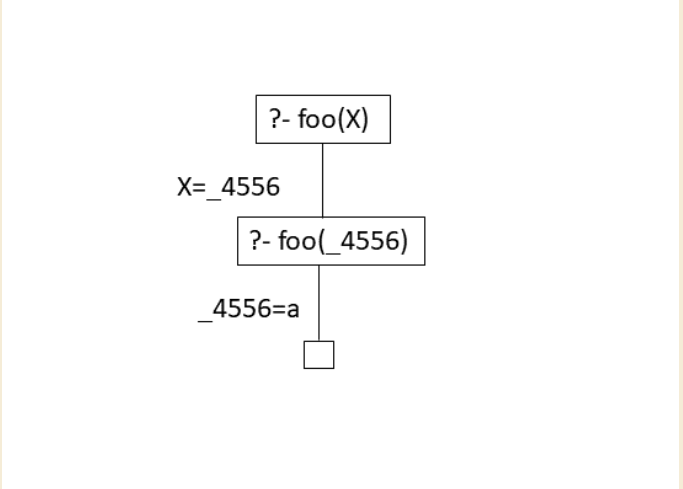
Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
foo(a).
foo(b).
foo(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- foo(X).
```



În acest moment, a fost găsită prima soluție: `X=_4556=a`.

Cum găsește Prolog răspunsul

Pentru a găsi un raspuns, Prolog încearcă clauzele în ordinea apariției lor.

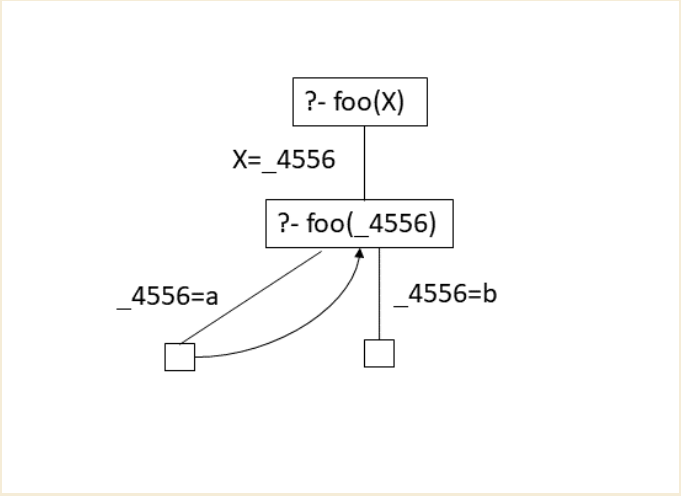
Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
foo(a).
foo(b).
foo(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- foo(X).
```



Dacă se dorește încă un răspuns, atunci se face un pas înapoi în arborele de căutare și se încearcă satisfacerea țintei cu o nouă valoare.

Cum găsește Prolog răspunsul

Pentru a găsi un raspuns, Prolog încearcă clauzele în ordinea apariției lor.

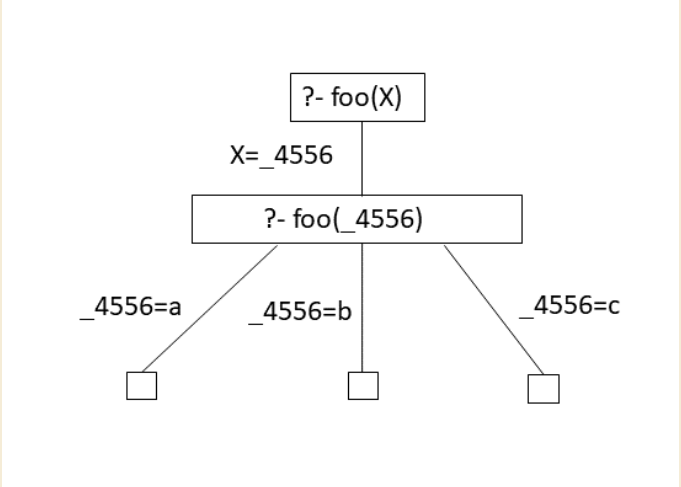
Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
foo(a).
foo(b).
foo(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- foo(X).
```



arborele de căutare

Cum găsește Prolog răspunsul

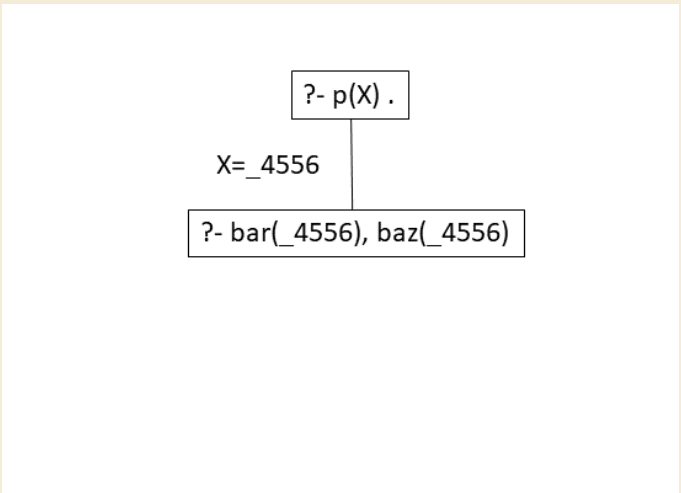
Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
bar(b).
bar(c).
baz(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- bar(X),baz(X).
```



Cum găsește Prolog răspunsul

Prolog se întoarce la ultima alegere dacă o sub-țintă eșuează.

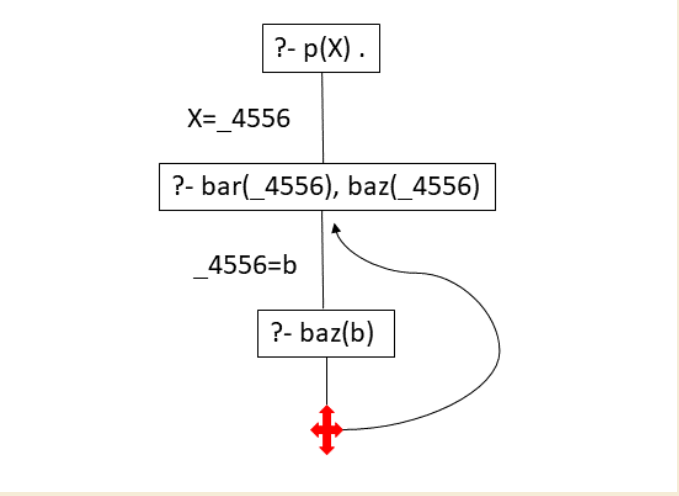
Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
bar(b).
bar(c).
baz(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- bar(X),baz(X).
```



Cum găsește Prolog răspunsul

Prolog se întoarce la ultima alegere dacă o sub-țintă eșuează.

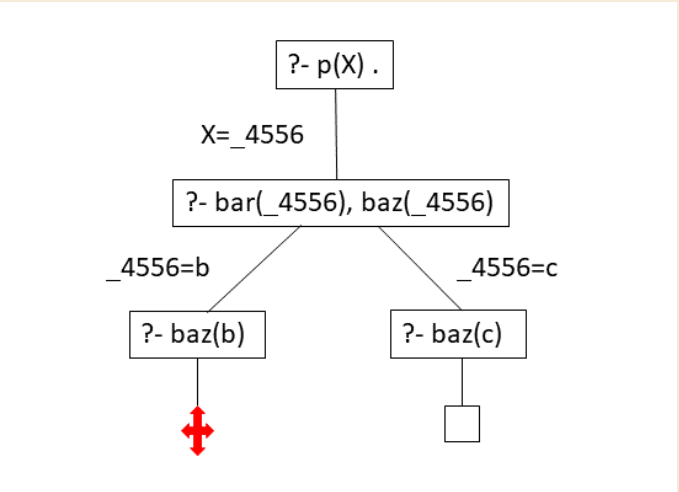
Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
bar(b).
bar(c).
baz(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- bar(X),baz(X).
```



Soluția găsită este: `X=_4556=c`.

Cum găsește Prolog răspunsul

Ce se întâmplă dacă schimbăm ordinea regulilor?

Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
bar(c).
bar(b).

baz(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- bar(X),baz(X).
```

Cum găsește Prolog răspunsul

Ce se întâmplă dacă schimbăm ordinea regulilor?

Exemplu

Să presupunem că avem programul:

```
bar(c).
bar(b).

baz(c).
```

și că punem următoarea întrebare:

```
?- bar(X),baz(X).
X = c ;
false
```

Vă explicați ce s-a întâmplat? Desenați arborele de căutare!

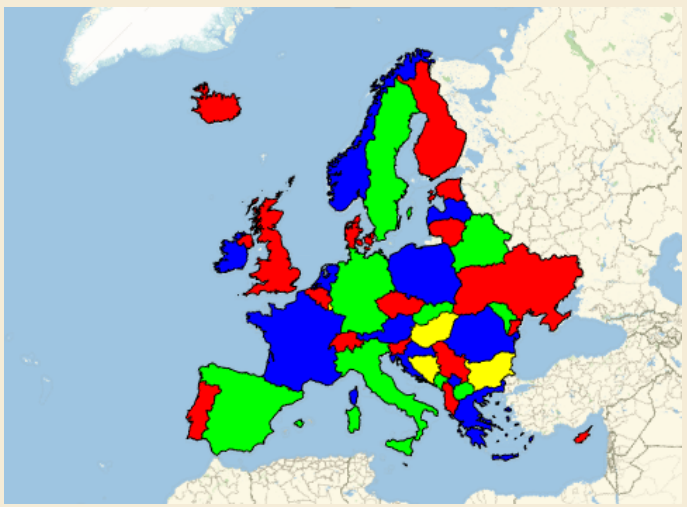
Exemplu: colorarea hărților

Un program mai complicat

Problema colorării hărților

Să se coloreze o hartă dată cu un număr minim de culori astfel încât oricare două țări vecine să fie colorate diferit.

Exemplu



Sursa imaginii

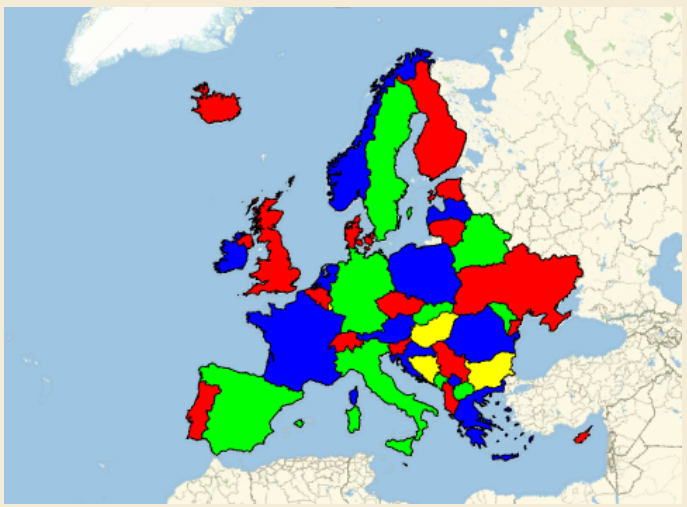
Un program mai complicat

Problema colorării hărților

Să se coloreze o hartă dată cu un număr minim de culori astfel încât oricare două țări vecine să fie colorate diferit.

Cum modelăm această problemă în Prolog?

Exemplu



Sursa imaginii

Un program mai complicat

Problema colorării hărților

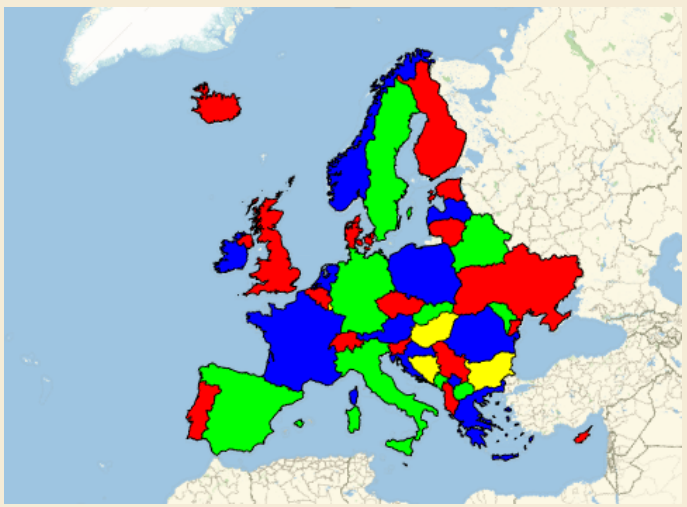
Să se coloreze o hartă dată cu un număr minim de culori astfel încât oricare două țări vecine să fie colorate diferit.

Cum modelăm această problemă în Prolog?

Exemplu

Trebuie să definim:

- culorile
- harta
- constrângerile



Sursa imaginii

Problema colorării hărților

Definim culorile

Exemplu

```
culoare(albastru).
culoare(rosu).
culoare(verde).
culoare(galben).
```

Problema colorării hărților

Definim culorile, harta

Exemplu

```
culoare(albastru).
culoare(rosu).
culoare(verde).
culoare(galben).

harta(RO,SE,MD,UA,BG,HU) :- vecin(RO,SE), vecin(RO,UA),
                            vecin(RO,MD), vecin(RO,BG),
                            vecin(RO,HU), vecin(UA,MD),
                            vecin(BG,SE), vecin(SE,HU).
```

Problema colorării hărților

Definim culorile, harta și constrângerile.

Exemplu

```
culoare(albastru).
culoare(rosu).
culoare(verde).
culoare(galben).

harta(RO,SE,MD,UA,BG,HU) :- vecin(RO,SE), vecin(RO,UA),
                            vecin(RO,MD), vecin(RO,BG),
                            vecin(RO,HU), vecin(UA,MD),
                            vecin(BG,SE), vecin(SE,HU).
vecin(X,Y) :- culoare(X),
              culoare(Y),
              X \== Y.
```

Problema colorării hărților

Definim culorile, harta și constrângerile. Cum punem întrebarea?

Exemplu

```
culoare(albastru).
culoare(rosu).
culoare(verde).
culoare(galben).

harta(RO,SE,MD,UA,BG,HU) :- vecin(RO,SE), vecin(RO,UA),
                            vecin(RO,MD), vecin(RO,BG),
                            vecin(RO,HU), vecin(UA,MD),
                            vecin(BG,SE), vecin(SE,HU).
vecin(X,Y) :- culoare(X),
              culoare(Y),
              X \== Y.
```

Problema colorării hărților

Definim culorile, harta și constrângerile. Cum punem întrebarea?

Exemplu

```
culoare(albastru).
culoare(rosu).
culoare(verde).
culoare(galben).

harta(RO,SE,MD,UA,BG,HU) :- vecin(RO,SE), vecin(RO,UA),
                            vecin(RO,MD), vecin(RO,BG),
                            vecin(RO,HU), vecin(UA,MD),
                            vecin(BG,SE), vecin(SE,HU).
vecin(X,Y) :- culoare(X),
              culoare(Y),
              X \== Y.

?- harta(RO,SE,MD,UA,BG,HU).
```

Problema colorării hărților

Ce răspuns primim?

Exemplu

```
culoare(albastru).
culoare(rosu).
culoare(verde).
culoare(galben).

harta(RO,SE,MD,UA,BG,HU) :- vecin(RO,SE), vecin(RO,UA),
                            vecin(RO,MD), vecin(RO,BG),
                            vecin(RO,HU), vecin(UA,MD),
                            vecin(BG,SE), vecin(SE,HU).
vecin(X,Y) :- culoare(X),
              culoare(Y),
              X \== Y.

?- harta(RO,SE,MD,UA,BG,HU).
```

Problema colorării hărților

Exemplu

```
culoare(albastru).
culoare(rosu).
culoare(verde).
culoare(galben).
harta(RO,SE,MD,UA,BG,HU) :-   vecin(RO,SE), vecin(RO,UA),
                              vecin(RO,MD), vecin(RO,BG),
                              vecin(RO,HU), vecin(UA,MD),
                              vecin(BG,SE), vecin(SE,HU).

vecin(X,Y) :- culoare(X),
              culoare(Y),
              X \== Y.
```

```
?- harta(RO,SE,MD,UA,BG,HU).
RO = albastru,
SE = UA, UA = rosu,
MD = BG, BG = HU, HU = verde
```

Aritmetica în Prolog

Aritmetica în Prolog

Exemplu

```
?- 3+5 = +(3,5).
true
?- 3+5 = +(5,3).
false
?- 3+5 = 8.
false
```

Explicații:

- 3+5 este un termen.
- Prolog trebuie anunțat explicit pentru a îl evalua ca o expresie aritmetică, folosind predicate predefinite în Prolog, cum sunt `is/2`, `=:=/2`, `>/2` etc.

Aritmetica în Prolog

Operatorul `is`:

- Primește două argumente
- Al doilea argument trebuie să fie o expresie aritmetică validă, cu toate variabilele inițializate
- Primul argument este fie un număr, fie o variabilă
- Dacă primul argument este un număr, atunci rezultatul este `true` dacă este egal cu evaluarea expresiei aritmetice din al doilea argument.
- Dacă primul argument este o variabilă, răspunsul este pozitiv dacă variabila poate fi unificată cu evaluarea expresiei aritmetice din al doilea argument.

Pentru a compara două expresii aritmetice, ci operatorul `=:=`.

Aritmetica în Prolog

Exercițiu. *Analizați următoarele exemple:*

```
?- 3+5 is 8.
false

?= X is 3+5.
X = 8

?- 8 is 3+X.
is/2: Arguments are not sufficiently instantiated

?- X=4, 8 is 3+X.
false

?- (3+4) =:= (2+5).
true.
```

Liste și recursie

Listă [t1,...,tn]

- O listă în Prolog este un șir de elemente, separate prin virgulă, între paranteze drepte:

```
[1,cold, parent(jon),[winter,is,coming],X]
```

- O listă poate conține termeni de orice fel.
- Ordinea termenilor din listă are importanță:

```
?- [1,2] == [2,1] .
false
```

- Lista vidă se notează [].
- Simbolul | desemnează coada listei:

```
?- [1,2,3,4,5,6] = [X|T].
X = 1, T = [2, 3, 4, 5, 6].

?- [1,2,3|[4,5,6]] == [1,2,3,4,5,6].
true.
```

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat care verifică că un termen este lista.

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat care verifică că un termen este lista.

```
is_list([]).
is_list([_|_]).
```

- Definiți predicate care verifică dacă un termen este primul element, ultimul element sau coada unei liste.

```
head([X|_],X).


last([X],X).
last([_|T],Y):- last(T,Y).


tail([],[]).
tail([_|T],T).
```

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat care verifică dacă un termen aparține unei liste.

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat care verifică dacă un termen aparține unei liste.

```
member(H, [H|_]).
member(H, [_|T]) :- member(H,T).
```

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat care verifică dacă un termen aparține unei liste.

```
member(H, [H|_]).
member(H, [_|T]) :- member(H,T).
```

- Definiți un predicat append/3 care verifică dacă o listă se obține prin concatenarea altor două liste.

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat care verifică dacă un termen aparține unei liste.

```
member(H, [H|_]).
member(H, [_|T]) :- member(H,T).
```

- Definiți un predicat append/3 care verifică dacă o listă se obține prin concatenarea altor două liste.

```
append([],L,L).
append([X|T],L, [X|R]) :- append(T,L,R).
```

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat care verifică dacă un termen aparține unei liste.

```
member(H, [H|_]).
member(H, [_|T]) :- member(H,T).
```

- Definiți un predicat append/3 care verifică dacă o listă se obține prin concatenarea altor două liste.

```
append([],L,L).
append([X|T],L, [X|R]) :- append(T,L,R).
```

Există predicatele predefinite `member/2` și `append/3`.

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat `elim/3` care verifică dacă o listă se obine din alta prin eliminarea unui element.

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat `elim/3` care verifică dacă o listă se obine din alta prin eliminarea unui element.

```
elim(X, [X|T], T).
elim(X, [H|T], [H|L]) :- elim(X,T,L).
```

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat `elim/3` care verifică dacă o listă se obine din alta prin eliminarea unui element.

```
elim(X, [X|T], T).
elim(X, [H|T], [H|L]) :- elim(X,T,L).
```

- Definiți un predicat care `perm/2` care verifică dacă două liste sunt permutări.

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat `elim/3` care verifică dacă o listă se obine din alta prin eliminarea unui element.

```
elim(X, [X|T], T).
elim(X, [H|T], [H|L]) :- elim(X,T,L).
```

- Definiți un predicat care `perm/2` care verifică dacă două liste sunt permutări.

```
perm([],[]). perm([X|T],L) :- elim(X,L,R), perm(R,T).
```

Liste

Exercițiu

- Definiți un predicat `elim/3` care verifică dacă o listă se obine din alta prin eliminarea unui element.

```
elim(X, [X|T], T).
elim(X, [H|T], [H|L]) :- elim(X,T,L).
```

- Definiți un predicat care `perm/2` care verifică dacă două liste sunt permutări.

```
perm([],[]). perm([X|T],L) :- elim(X,L,R), perm(R,T).
```

Predicatele predefinite `select/3` și `permutation/2` au aceeași funcționalitate.

Generează și testează

```
solution(X) :- generate(X), check(X).
```

Exercițiu

Determinați toate cuvintele dintr-o bază de cunoștințe dată, care sunt anagrame ale unui cuvânt dat.

KB: `word(relay). word(early). word(layer).`

Predicat util:

```
?- name(relay,L). % conversie între atomi şi liste
L = [114, 101, 108, 97, 121]
```

Generează și testează

```
solution(X) :- generate(X), check(X).
```

Exercițiu

Determinați toate cuvintele dintr-o bază de cunoștințe dată, care sunt anagrame ale unui cuvânt dat.

KB: `word(relay). word(early). word(layer).`

Predicat util:

```
?- name(relay,L). % conversie între atomi şi liste
L = [114, 101, 108, 97, 121]
```

Două abordări posibile:

- se generează o posibilă, soluție apoi se testează dacă este în KB.
- se parcurge KB și pentru fiecare termen se testează dacă e soluție.

Generează și testează

```
solution(X) :- generate(X), check(X).
```

Exercițiu

Determinați toate cuvintele dintr-o bază de cunoștințe dată, care sunt anagrame ale unui cuvânt dat.

KB: `word(relay).` `word(early).` `word(layer).`

Generează și testează

```
solution(X) :- generate(X), check(X).
```

Exercițiu

Determinați toate cuvintele dintr-o bază de cunoștințe dată, care sunt anagrame ale unui cuvânt dat.

KB: `word(relay).` `word(early).` `word(layer).`

```
anagram1(A,B) :- name(A,L), permutation(L,W),
                 name(B,W), word(B).
```

Generează și testează

```
solution(X) :- generate(X), check(X).
```

Exercițiu

Determinați toate cuvintele dintr-o bază de cunoștințe dată, care sunt anagrame ale unui cuvânt dat.

KB: `word(relay). word(early). word(layer).`

```
anagram1(A,B) :- name(A,L), permutation(L,W),
                 name(B,W), word(B).
anagram2(A,B) :- name(A,L), word(B),
                 name(B,W), permutation(L,W).
```

Generează și testează

```
solution(X) :- generate(X), check(X).
```

Exercițiu

Determinați toate cuvintele dintr-o bază de cunoștințe dată, care sunt anagrame ale unui cuvânt dat.

KB: `word(relay). word(early). word(layer).`

```
anagram1(A,B) :- name(A,L), permutation(L,W),
                 name(B,W), word(B).
anagram2(A,B) :- name(A,L), word(B),
                 name(B,W), permutation(L,W).
```

```
?- anagram1(layre,X).
X = layer ;
X = relay ;
X = early ;
false.
```

```
?- anagram2(layre,X).
X = relay ;
X = early ;
X = layer ;
false.
```

Recursie

Exercițiu

- Definiți un predicat `rev/2` care verifică dacă o listă este inversa altei liste.

Recursie

Exercițiu

- Definiți un predicat `rev/2` care verifică dacă o listă este inversa altei liste.

```
rev([],[]).
rev([X|T],L) :- rev(T,R),append(R,[X],L).
```

Soluția de mai sus este corectă, dar foarte costisitoare computațional, datorită stilului de programare declarativ.

Cum putem defini o variantă mai rapidă?

O metodă care prin care recursia devine mai rapidă este folosirea acumulatorilor, în care se păstrează rezultatele parțiale.

Recursie cu acumulatori

- Varianta inițială:

```
rev([],[]).
rev([X|T],L) :- rev(T,R),append(R,[X],L).
```

- Varianta cu acumulator

```
rev(L,R) :- revac(L,[],R).
% la momentul iniţial nu am acumulat nimic.
```

Recursie cu acumulatori

- Varianta inițială:

```
rev([],[]).
rev([X|T],L) :- rev(T,R),append(R,[X],L).
```

- Varianta cu acumulator

```
rev(L,R) :- revac(L,[],R).
% la momentul iniţial nu am acumulat nimic.

revac([], R, R).
% cand lista iniţială a fost consumată,
% am acumulat rezultatul final.
```

Recursie cu acumulatori

- Varianta inițială:

```
rev([],[]).
rev([X|T],L) :- rev(T,R),append(R,[X],L).
```

- Varianta cu acumulator

```
rev(L,R) :- revac(L,[],R).
% la momentul iniţial nu am acumulat nimic.

revac([], R, R).
% cand lista iniţială a fost consumată,
% am acumulat rezultatul final.

revac([X|T], Acc, R) :- revac(T,[X|Acc],R).
% Acc conţine inversa listei care a fost deja parcursă.
```

- Complexitatea a fost redusă de la $O(n^2)$ la $O(n)$, unde n este lungimea listei.

Recursie

- Multe implementări ale limbajului Prolog aplică "*last call optimization*" atunci când un apel recursiv este ultimul predicat din corpul unei clauze (*tail recursion*).
- Atunci când este posibil, se recomandă utilizare recursiei la coadă (*tail recursion*).
- Vom defini un predicat care generează liste lungi în două moduri și vom analiza performanța folosind predicatul time/1.

Recursie

- Multe implementări ale limbajului Prolog aplică "*last call optimization*" atunci când un apel recursiv este ultimul predicat din corpul unei clauze (*tail recursion*).
- Atunci când este posibil, se recomandă utilizare recursiei la coadă (*tail recursion*).
- Vom defini un predicat care generează liste lungi în două moduri și vom analiza performanța folosind predicatul time/1.

```
biglist(0,[]).
biglist(N,[N|T]) :- N >= 1, M is N-1,biglist(M,T),M=M.

biglist_tr(0,[]).
biglist_tr(N,[N|T]) :- N >= 1, M is N-1,biglist_tr(M,T).
```

Recursie la coadă

- Predicat fără recursie la coadă:

```
biglist(0,[]).
biglist(N,[N|T]) :- N >= 1, M is N-1,biglist(M,T),M=M.
```

Apelul recursiv întoarce valoarea găsită în predicatul apelant, acestă valoare urmând a fi prelucrată.

Recursie la coadă

- Predicat fără recursie la coadă:

```
biglist(0,[]).
biglist(N,[N|T]) :- N >= 1, M is N-1,biglist(M,T),M=M.
```

Apelul recursiv întoarce valoarea găsită în predicatul apelant, acestă valoare urmând a fi prelucrată.

```
?- time(biglist(50000,X)).
100,000 inferences, 0.016 CPU in 0.038 seconds
(41% CPU, 6400000 Lips)
X = [50000, 49999, 49998|...] .
```

Recursie la coadă

- Predicat fără recursie la coadă:

```
biglist(0,[]).
biglist(N,[N|T]) :- N >= 1, M is N-1,biglist(M,T),M=M.
```

Apelul recursiv întoarce valoarea găsită în predicatul apelant, acestă valoare urmând a fi prelucrată.

```
?- time(biglist(50000,X)).
100,000 inferences, 0.016 CPU in 0.038 seconds
(41% CPU, 6400000 Lips)
X = [50000, 49999, 49998|...] .
```

- Predicatul cu recursie la coadă:

```
biglist_tr(0,[]).
biglist_tr(N,[N|T]) :- N >= 1, M is N-1,biglist_tr(M,T).
```

Recursie la coadă

- Predicat fără recursie la coadă:

```
biglist(0,[]).
biglist(N,[N|T]) :- N >= 1, M is N-1,biglist(M,T),M=M.
```

Apelul recursiv întoarce valoarea găsită în predicatul apelant, acestă valoare urmând a fi prelucrată.

```
?- time(biglist(50000,X)).
100,000 inferences, 0.016 CPU in 0.038 seconds
(41% CPU, 6400000 Lips)
X = [50000, 49999, 49998|...] .
```

- Predicatul cu recursie la coadă:

```
biglist_tr(0,[]).
biglist_tr(N,[N|T]) :- N >= 1, M is N-1,biglist_tr(M,T).

?- time(biglist_tr(50000,X)).
100,000 inferences, 0.000 CPU in 0.007 seconds
(0% CPU, Infinite Lips)
X = [50000, 49999, 49998|...]
```

Rezolvați exercițiile din laborator!