

Paradigme de Programare

Conf. dr. ing. Andrei Olaru

andrei.olaru@cs.pub.ro | cs@andreiolaru.ro
Departamentul de Calculatoare

2020

Cursul 12

Programare logică în Prolog



1 Procesul de demonstrare

2 Controlul execuției



- 1 Inițializarea **stivei de scopuri** cu scopul solicitat;
- 2 Inițializarea **substituției** (utilizate pe parcursul unificării) cu mulțimea vidă;
- 3 Extragerea scopului din **vârful** stivei și determinarea **primei** clauze din program cu a cărei concluzie **unifică**;
- 4 Îmbogățirea corespunzătoare a **substituției** și adăugarea **premiselor** clauzei în stivă, în ordinea din program;
- 5 Salt la pasul 3.



- 6 În cazul **imposibilității** satisfacerii scopului din vârful stivei, **revenirea** la scopul anterior (*backtracking*), și încercarea altei modalități de satisfacere;
- 7 **Succes** la **golirea** stivei de scopuri;
- 8 **Eșec** la imposibilitatea satisfacerii **ultimului** scop din stivă.



Ex | Exemplu

```
1 parent (andrei , bogdan) .
2 parent (andrei , bianca) .
3 parent (bogdan , cristi) .
4
5 grandparent (X, Y) :- parent (X, Z) , parent (Z, Y) .
```

- $true \Rightarrow parent(andrei, bogdan)$
- $true \Rightarrow parent(andrei, bianca)$
- $true \Rightarrow parent(bogdan, cristi)$
- $\forall x.\forall y.\forall z.(parent(x,z) \wedge parent(z,y) \Rightarrow grandparent(x,y))$

Exemplul genealogic (1)



$S = \emptyset$

$G = \{gp(X, Y)\}$



$gp(X1, Y1) :- p(X1, Z1), p(Z1, Y1)$



$S = \{X = X1, Y = Y1\}$

$G = \{p(X1, Z1), p(Z1, Y1)\};$



$p(\text{andrei}, \text{bogdan})$



... 1



$p(\text{andrei}, \text{bianca})$



... 2



$p(\text{bogdan}, \text{cristi})$

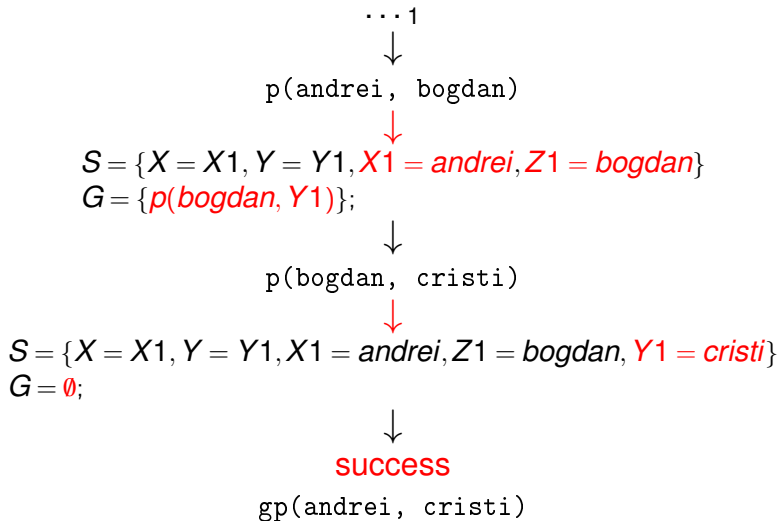


... 3

Exemplul genealogic (2)

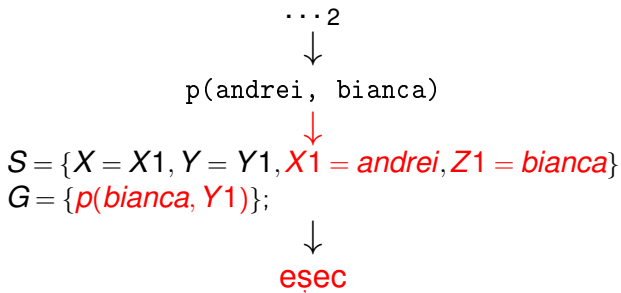


Ramura 1



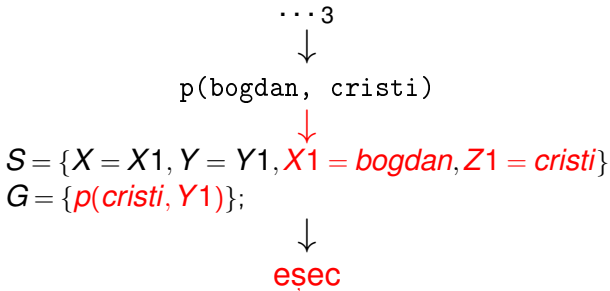
Exemplul genealogic (3)

Ramura 2



Exemplul genealogic (4)

Ramura 3





- Ordinea evaluării / încercării demonstrării scopurilor
 - Ordinea **clauzelor** în program;
 - Ordinea **premiselor** în cadrul regulilor.

- Recomandare: premisele **mai ușor** de satisfăcut și **mai specifice** primele – exemplu: axiome.



Forward chaining (data-driven)

- Derivarea **tuturor** concluziilor, pornind de la datele inițiale;
- **Opre** la obținerea scopului (scopurilor);

Backward chaining (goal-driven)

- Utilizarea **exclusivă** a regulilor care pot contribui efectiv la satisfacerea scopului;
- Determinarea regulilor a căror concluzie **unifică** cu scopul;
- Încercarea de satisfacere a **premiselor** acestor reguli ș.a.m.d.

Strategii de control

Algoritm Backward chaining



1. **BackwardChaining**(*rules, goals, subst*)
lista **regulilor** din program, stiva de **scopuri**, **substituția** curentă, inițial vidă.
returns satisfiabilitatea scopurilor
2. **if** *goals* = \emptyset **then**
3. **return** SUCCESS
4. *goal* \leftarrow *head*(*goals*)
5. *goals* \leftarrow *tail*(*goals*)
6. **for-each** *rule* \in *rules* **do** // în ordinea din program
7. **if** *unify*(*goal, conclusion*(*rule*), *subst*) \rightarrow *bindings*
8. *newGoals* \leftarrow *premises*(*rule*) \cup *goals* // **adâncime**
9. *newSubst* \leftarrow *subst* \cup *bindings*
10. **if** *BackwardChaining*(*rules, newGoals, newSubst*)
11. **then return** SUCCESS
12. **return** FAILURE

Controlul execuției



Ex | Minimul a două numere

```
1 min(X, Y, M) :- X =< Y, M is X.
2 min(X, Y, M) :- X > Y, M is Y.
3
4 min2(X, Y, M) :- X =< Y, M = X.
5 min2(X, Y, M) :- X > Y, M = Y.
6
7 % Echivalent cu min2.
8 min3(X, Y, X) :- X =< Y.
9 min3(X, Y, Y) :- X > Y.
```


Exemplu – Minimul a două numere



Utilizare

```
1  ?- min(1+2, 3+4, M).
2  M = 3 ;
3  false.
4
5  ?- min(3+4, 1+2, M).
6  M = 3.
7
8  ?- min2(1+2, 3+4, M).
9  M = 1+2 ;
10 false.
11
12 ?- min2(3+4, 1+2, M).
13 M = 1+2.
```

Exemplu – Minimul a două numere



Observații

- Condiții mutual exclusive: $X \leq Y$ și $X > Y \rightarrow$ cum putem **elimina** redundanța?

Ex Exemplu

```
1 min4(X, Y, X) :- X <= Y.  
2 min4(X, Y, Y).
```

```
1 ?- min4(1+2, 3+4, M).  
2 M = 1+2 ;  
3 M = 3+4.
```

- **Greșit!**



- Soluție: **oprirea** recursivității după prima satisfacere a scopului.

Ex Exemplu

```
1 min5(X, Y, X) :- X =< Y, !.
```

```
2 min5(X, Y, Y).
```

```
1 ?- min5(1+2, 3+4, M).
```

```
2 M = 1+2.
```



- La **prima** întâlnire → **satisfacere**;
- La **a doua** întâlnire în momentul revenirii (*backtracking*) → **eșec**, cu inhibarea **tuturor** căilor ulterioare de satisfacere a scopului care a unificat cu concluzia regulii curente;
- Utilitate în **eficientizarea** programelor.



Ex | Exemplu

```
1 girl(mary).
2 girl(ann).
3
4 boy(john).
5 boy(bill).
6
7 pair(X, Y) :- girl(X), boy(Y).
8 pair(bella, harry).
9
10 pair2(X, Y) :- girl(X), !, boy(Y).
11 pair2(bella, harry).
```

Operatorul *cut*

Utilizare



```
1  ?- pair(X, Y).
2  X = mary,
3  Y = john ;
4  X = mary,
5  Y = bill ;
6  X = ann,
7  Y = john ;
8  X = ann,
9  Y = bill ;
10 X = bella,
11 Y = harry.
```

```
1  ?- pair2(X, Y).
2  X = mary,
3  Y = john ;
4  X = mary,
5  Y = bill.
```



Ex Exemplu

```
1 nott(P) :- P, !, fail.  
2 nott(P).
```

- P: atom – exemplu: boy(john)
- dacă P este **satisfiabil**:
 - eșecul **primei** reguli, din cauza lui fail;
 - abandonarea celei **de-a doua** reguli, din cauza lui !;
 - rezultat: nott(P) **nesatisfiabil**.
- dacă P este **nesatisfiabil**:
 - eșecul **primei** reguli;
 - succesul celei **de-a doua** reguli;
 - rezultat: nott(P) **satisfiabil**.



- Prolog: structura unui program, funcționarea unei demonstrații
- ordinea evaluării, algoritmul de control al demonstrației
- tehnici de control al execuției.