

Programowanie logiczne w Prologu

matma6 (tech. Michał Gabor)

26 marca 2013 r.

Nasze motto

*„Chodzi mi o to, aby język giętki
Powiedział wszystko, co pomyśli głowa:
A czasem był jak piorun jasny, prędkie,
A czasem smutny jako pieśń stepowa,
A czasem jako skarga nimfy miętki,
A czasem piękny jak aniołów mowa...
Aby przeleciał wszystka ducha skrzydłem.
Strofa być winna taktem, nie wędzidłem.”*

J. Słowacki

1 Co to jest Prolog

- Fakty
- Implementacje i instalacja
- Paradygmat logiczny

2 Podstawy

- Składnia
- Zmienne
- Liczby i wyrażenia
- Listy i reguły

3 Ciekawe przykłady

- Listy różnicowe
- Programy „samouczące się”
- Zagadki
- Więzy
- Funkcje anonimowe

4 Surgunt

Co to jest Prolog

Fakty

- Francja, rok 1972
- Alain Colmerauer i Philippe Roussel
- Programowanie w logice (PROgrammation en LOGique)

Implementacje

Istnieje wiele implementacji Prologu.

- SWI-Prolog
- YAP
- GNU Prolog
- SICStus Prolog
- Visual Prolog
- ...

SWI-Prolog

Używam SWI-Prolog.

Cechy:

- LGPL/GPL
- CLP
- XPCE
- Serwer WWW
- Doskonała dokumentacja
- ...

Instalacja

- Arch Linux** posiada SWI-Prolog w AURze
(np. `yaourt -S swi-prolog`)
- Debian** ma SWI-Prolog w repozytorium
(np. `sudo apt-get install swi-prolog`)
- MacOS X** paczka jest do pobrania ze strony
<http://swi-prolog.org/>
- Windows** paczka jest do pobrania ze strony
<http://swi-prolog.org/>

W GNU/Linuksie pojawia się wtedy polecenie `swipl`.

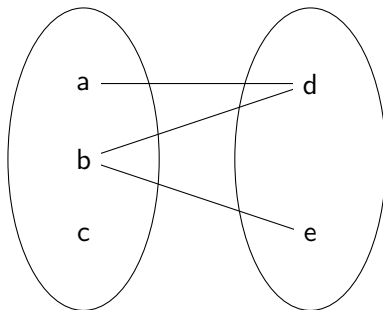
Paradygmat logiczny

Imperatywnie wykonujemy instrukcje

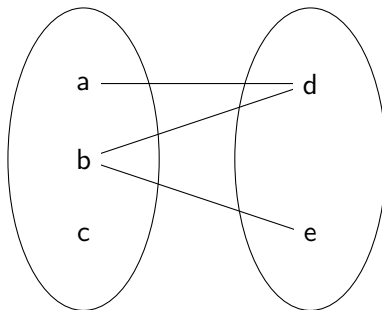
Funkcyjnie obliczamy wartość funkcji

Logicznie pytamy o relacje

Funkcja a relacja

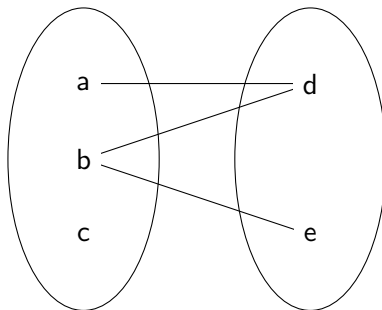


Funkcja a relacja



Relacja ρ to nie funkcja:

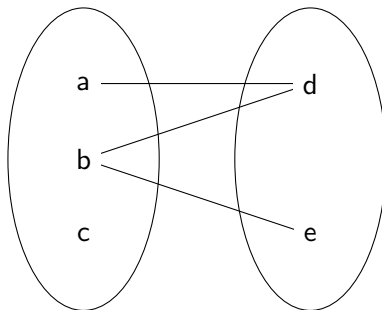
Funkcja a relacja



Relacja ρ to nie funkcja:

$\rho(a) = d$ ok...

Funkcja a relacja

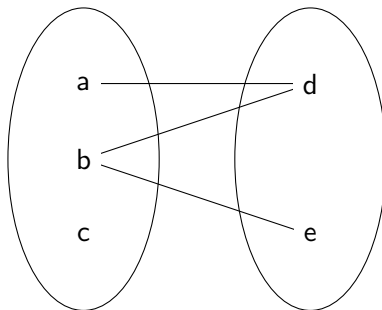


Relacja ρ to nie funkcja:

$\rho(a) = d$ ok...

$\rho(b) = ?$ dwie wartości

Funkcja a relacja



Relacja ρ to nie funkcja:

$\rho(a) = d$ ok...

$\rho(b) = ?$ dwie wartości

$\rho(c) = ?$ brak wartości

W Prologu

```
ro(a, d).  
ro(b, d).  
ro(b, e).
```

Czas na przykład z życia - sinus :)

```
lubi(kasia , koty ).  
lubi(kasia , psy ).  
lubi(jan , slodyczne ).  
lubi(jan , koty ).
```


Podstawy

Komentarze, atomy i zmienne

Komentarz zaczyna się od %.

Atom zaczyna się z małej litery.

Zmienna zaczyna się z dużej litery.

%atomy

jan

kot

pies

%Zmienne

Lista

X

N1

ODP

Źródło to nie REPL

Źródło to baza faktów!

```
lubi(kasia, koty).  
lubi(kasia, psy).  
lubi(jan, slodyczne).  
lubi(jan, koty).
```

REPL służy do zadawania pytań!

```
lubi(jan, koty).  
lubi(jan, Co).  
lubi(X, Y).
```

Zarówno fakty, jak i pytania kończymy kropką.

Zmienne

Prolog ma zmienne jednokrotnego przypisania:

$?- X = a.$

$X = a.$

$?- X = a, X = b.$

$false.$

$?- X = Y, X = 2.$

$X = Y, Y = 2.$

Zmienne związane i wolne

Jeśli zmienna ma wartość to jest związana (ang. grounded).
Zmienne mogące przyjąć różne wartości to zmienne wolne.

?- $X = 2$, $\text{ground}(X)$.
 $X = 2$.

?- $X = 2$, $\text{ground}(Y)$.
 false .

Dopasowanie do wzorca

Prolog wszędzie automatycznie dopasowuje się do wzorca.

?- $X = (a, b).$

$X = (a, b).$

?- $(X, Y) = (a, b).$

$X = a,$

$Y = b.$

?- $[_|T] = [a, b, c].$

$T = [b, c].$

_ to wieloznacznik

$[X|Y]$ to podział listy na głowę i ogon (OCamlowe $H::T$)

Zmienne a dane

W Prologu zmienna może być częścią danej.

?- (a, X) = (Y, b).

X = b,

Y = a.

?- **length**(X, 3).

X = [_G1106, _G1109, _G1112].

?- **append**([a, b, c], X, Y).

Y = [a, b, c | X].

2+2 to nie 4

Prolog nie dokonuje ewaluacji automatycznie.

2+2 to wyrażenie

4 to liczba

Wyrażenie nie jest liczbą.

Żeby coś policzyć, używamy `is`.

?- `X = 2+2`.

`X = 2+2`.

?- `X is 2+2`.

`X = 4`.

Długość listy

Myśl logicznie!

Długość listy pustej to 0.
Długość listy niepustej to
długość ogona + 1.

inaczej

Długość niepustej listy to $N + 1$
wtedy, gdy długość ogona to N .

```
dl([], 0).
```

```
dl([_ | T], N1) :-  
    dl(T, N),  
    N1 is N+1.
```

Długość listy

Składnia reguły

wniosek :- warunki.

Warunki oddzielamy przecinkiem
(oraz)

```
dl([], 0).
```

```
dl([_ | T], N1) :-  
    dl(T, N),  
    N1 is N+1.
```

Długość listy

Zagadka

Co jest nie tak z tym kodem?

```
dl([], 0).
```

```
dl([_ | T], N1) :-  
    dl(T, N),  
    N1 is N+1.
```

Długość listy

Zagadka

Co jest nie tak z tym kodem?

Nie ma rekursji ogonowej.

```
dl([], 0).
```

```
dl([_ | T], N1) :-  
    dl(T, N),  
    N1 is N+1.
```

Wersja optymalna z rekursją ogonową

%dlugosc listy z rekursja ogonowa

$dl(L, W) :-$
 $dl(L, 0, W).$

% V — tu jest akumulator

$dl([], X, X).$
 $dl([_ | T], X, W) :-$
 $X1 \text{ is } X + 1,$
 $dl(T, X1, W).$

Czas na coś ciekawego

```
polacz ([], X, X).  
polacz ([H|T], X, [H|W]) :-  
    polacz (T, X, W).
```

Pytamy o relacje
A co Prolog na to?

```
?- polacz (X, Y, [a,b,c]).
```

Rozwidlanie

W programach imperatywnych i funkcyjnych program „idzie” jedną ścieżką.

W Prologu tworzone są równoległe ścieżki.

Ciekawe przykłady

Listy różnicowe

Definicja

Lista różnicowa to lista z odjętym ogonem.

$$[a, b, c, d] - [d]$$
$$[a, b, c \mid X] - X$$

- 1 Prolog nie ewaluuje, więc nie muszę definiować tego odejmowania
- 2 Mam daną listę $[a, b, c]$, ale nie wiem, jaki ogon odejmę - zmienna częścią danej(!)
- 3 Te listy daje się (zwykle) łączyć w czasie stałym(!)

Łączenie w czasie stałym

Lista różnicowa to lista z odjętym ogonem.

`polacz(X-Y, Y-Z, X-Z).`

Oto CAŁA implementacja.

Prolog cechuje bardzo zwięzły zapis.

Programy „samouczące się”

Ciąg Fibonacciego - z definicji

```
fib1(0, 0).  
fib1(1, 1).  
fib1(N, X) :-  
    N > 1,  
    N1 is N-1,  
    N2 is N-2,  
    fib1(N1, X1),  
    fib1(N2, X2),  
    X is X1+X2.
```

Ciąg Fibonacciego - z definicji

```
fib1(0, 0).  
fib1(1, 1).  
fib1(N, X) :-  
    N > 1,  
    N1 is N-1,  
    N2 is N-2,  
    fib1(N1, X1),  
    fib1(N2, X2),  
    X is X1+X2.
```

Nieefektywne :(

Ciąg Fibonacciego - zapamiętajmy wynik

```
:- dynamic fib/2. %bo chce dodawac nowe fakty
```

```
fib(0, 0).
```

```
fib(1, 1).
```

```
fib(N, X) :-
```

```
    N > 1,
```

```
    N1 is N-1,
```

```
    N2 is N-2,
```

```
    fib(N1, X1),
```

```
    fib(N2, X2),
```

```
    X is X1+X2,
```

```
    !,
```

```
%jedyny sluszny wynik
```

```
    asserta(fib(N, X)). %zapamietaj go
```

Zagadki

Opis

Zagadka pochodzi z „Jaki jest tytuł tej książki?” autorstwa Raymonda Smullyana

Wszyscy mieszkańcy pewnej wyspy są albo rycerzami (ludźmi, którzy nigdy nie kłamią) albo łotrami (ludźmi, którzy kłamią zawsze).

Wędrując po tej wyspie spotykamy trzech tubylców:

Zadaliśmy osobie A pytanie czy jest łotrem czy rycerzem ale ten odpowiedział niewyraźnie i nie zrozumieliśmy jego odpowiedzi.

Pytamy się osobę B co odpowiedział A. B odpowiada nam, że A powiedział o sobie, że jest łotrem.

Słyszac to C mówi: "Nie wierz B! To B jest łotrem!"

Kim są B i C?

Kod

Kod autorstwa dra Przemysława Kobyłańskiego

```
rycerz(rycerz).  
lotr(lotr).
```

```
powiedzial(rycerz , Zdanie) :-  
    call(Zdanie).  
powiedzial(lotr , Zdanie) :-  
    \+ Zdanie. %\+ to negacja
```

Pytanie

Pytamy się osobę B co odpowiedział A. B odpowiada nam, że A powiedział o sobie, że jest łotrem.

Słyszac to C mówi: "Nie wierz B! To B jest łotrem!".

?– powiedział(B, powiedział(A, lotr(A))),
powiedział(C, lotr(B)).

B = lotr ,

C = rycerz .

Więzy

Czym są więzy

Za pomocą więzów można zapisywać ograniczenia, np.

- A jest pomiędzy 0 i 9
- A i B są różne

Przykłady podane za dokumentacją SWI-Prologu

SEND + MORE = MONEY

$$\begin{array}{rcccc} & S & E & N & D \\ + & & M & O & R & E \\ \hline M & O & N & E & Y \end{array}$$

SEND + MORE = MONEY

Pytanie:

?- puzzle($X + Y = Z$), label(X).

:- use_module(library(clpfd)).

```
puzzle([S,E,N,D] + [M,O,R,E] = [M,O,N,E,Y]) :-
    Vars = [S,E,N,D,M,O,R,Y],
    Vars ins 0..9,
    all_different(Vars),
    S*1000 + E*100 + N*10 + D +
    M*1000 + O*100 + R*10 + E ==
M*10000 + O*1000 + N*100 + E*10 + Y,
M #\= 0, S #\= 0.
```

Sudoku

```
:- use_module(library(clpfd)).  
sudoku(Rows) :-  
    length(Rows, 9), maplist(length_(9), Rows),  
    append(Rows, Vs), Vs ins 1..9,  
    maplist(all_distinct, Rows),  
    transpose(Rows, Columns),  
    maplist(all_distinct, Columns),  
    Rows = [A,B,C,D,E,F,G,H,I],  
    blocks(A,B,C), blocks(D,E,F), blocks(G,H,I).  
length_(L, Ls) :- length(Ls, L).  
blocks([], [], []).  
blocks([A,B,C|Bs1], [D,E,F|Bs2], [G,H,I|Bs3]) :-  
    all_distinct([A,B,C,D,E,F,G,H,I]),  
    blocks(Bs1, Bs2, Bs3).
```


Sudoku - konkretna zagadka

`:- [sudoku].`

```
problem(1, [[-, -, -, -, -, -, -, -, -, -],  
            [-, -, -, -, -, -, 3, -, 8, 5],  
            [-, -, 1, -, 2, -, -, -, -, -],  
            [-, -, -, 5, -, 7, -, -, -, -],  
            [-, -, 4, -, -, -, -, 1, -, -],  
            [-, 9, -, -, -, -, -, -, -, -],  
            [5, -, -, -, -, -, -, -, 7, 3],  
            [-, -, 2, -, 1, -, -, -, -, -],  
            [-, -, -, -, 4, -, -, -, -, 9]]).
```

Sudoku - rozwiązanie

?– problem(1, Rows), sudoku(Rows),
maplist(writeln, Rows).

[9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1]

[2, 4, 6, 1, 7, 3, 9, 8, 5]

[3, 5, 1, 9, 2, 8, 7, 4, 6]

[1, 2, 8, 5, 3, 7, 6, 9, 4]

[6, 3, 4, 8, 9, 2, 1, 5, 7]

[7, 9, 5, 4, 6, 1, 8, 3, 2]

[5, 1, 9, 2, 8, 6, 4, 7, 3]

[4, 7, 2, 3, 1, 9, 5, 6, 8]

[8, 6, 3, 7, 4, 5, 2, 1, 9]

Rows = [[9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2|...], ..., [...|..

Funkcje anonimowe

Funkcje anonimowe

```
substAB(\(X -> Y, P), X -> Y) :-  
    call(P).  
subst(F, D) :-  
    copy_term(F, Klon),  
    substAB(Klon, D).
```

Surgunt

Funkcje anonimowe

$F = (X \rightarrow Y \rightarrow \text{do}(Z \text{ is } X+Y) \rightarrow Z)$

`subst([2,3], F, R)`

`subst([1], F, Incr)`

`%Incr = (Y → do(Z is 1+Y) → Z)`

Funkcje anonimowe - kod 1/2

```
substAB(L, do(P) -> Cont, R) :-  
    nonvar(P),  
    call(P),  
    substAB(L, Cont, R).  
substAB([], X -> Y, X -> Y) :-  
    var(X).  
substAB([], X, X) :-  
    X \= do(_),  
    X \= (do(_) -> _).  
substAB([X|Xs], X -> Cont, R) :-  
    substAB(Xs, Cont, R).
```

Funkcje anonimowe - kod 2/2

```
subst(V, E, R) :-  
    copy_term(E, Ce),  
    substAB(V, Ce, R).
```


Predykaty anonimowe

```
%zamiast pisac  
length_(X, L) :- length(L, X).  
?- length(Rows, 3), maplist(length_(3), Rows).
```

```
%mozemy napisac:  
%anonPred(kod, interfejs, argument)  
anonPred(length(L, 3), [L], List)  
  
maplist(anonPred(length(L, 3), [L]), Rows)
```

```
%zatem dla kazdego wiersza:  
anonPred(length(L, 3), [L], Row)
```

Predykaty anonimowe - kod

```
anonPred(Gp, Gd, Cx) :-  
    copy_term([Gp|Gd], [Cp, Cx]),  
    call(Cp).  
anonPred(Gp, Gd, Cx, Cy) :-  
    copy_term([Gp|Gd], [Cp, Cx, Cy]),  
    call(Cp).  
anonPred(Gp, Gd, Cx, Cy, Cz) :-  
    copy_term([Gp|Gd], [Cp, Cx, Cy, Cz]),  
    call(Cp).
```

Składanie

```
%zamiast pisac  
p1(Input , X1),  
p2(Arg , X1, X2),  
p3(X2, Output)
```

```
%piszemy  
compose(Input , [p1 , p2(Arg) , p3] , Output)
```

Składanie - kod

```
compose(X, [], X).  
compose(X, [P|Ps], Z) :-  
    call(P, X, Y),  
    compose(Y, Ps, Z).
```

Więcej informacji

- E. Gatnar, K. Stąpor, *Prolog, język sztucznej inteligencji*, PLJ, Warszawa 1991, ISBN: 83-85190-63-5
- W. F. Clocksin, C. S. Mellish, *Prolog, programowanie*, Helion, Gliwice 2003, ISBN: 83-7197-918-5
- Jan Wielemaker, *SWI-Prolog Reference Manual 6.2.6*,
<http://www.swi-prolog.org/download/stable/doc/SWI-Prolog-6.2.6.pdf>

Dziękuję za uwagę.

Czas na pytania.

matma6 (tech. Michał Gabor)

matma6.net

matma6@matma6.net