Základní algoritmy Prologu

1

Program, který zjistí, zda se v seznamu vyskytují pouze zvolené symboly **n(0), ..**

```
n(0). n(1). n(3). n(2). n(4). n(5).

n_seznam([]).

n_seznam([H|T]):-n(H),n_seznam(T).

?- n_seznam([5,1,3,2]).          Yes

?- n_seznam([5,1,3,2,9]).        No


?- n_seznam(L).

[], [0], [0,0], [0,0,0], [0,0,0,0], ...
```

Jiný program, který zjistí, zda se v seznamu vyskytují pouze zvolené symboly **n(0), ..**

```
n(0). n(1). n(3). n(2). n(4). n(5).
n_seznamJ([]).
n_seznamJ([H|T]):-n_seznamJ(T),n(H).
    ?- n_seznamJ([5,1,3,2]).        Yes
    ?- n_seznamJ([5,1,3,2,9]).      No
    ?- n_seznamJ(L).
[], [0], [1], [3], [2], [4], [5], [0,0], [1,0], [3,0], [2,0], [4,0], [5,0],
[0, 1], [1,1], [3,1], [2,1], [4,1], [5,1],
[0,3], ...
```

Principy jazyka Prolog (Programming in Logic):

Charakteristické vlastnosti a základní výpočetní postupy:

- **srovnávání vzorů** (*pattern matching*) prostřednictvím **UNIFIKACE**
- **resoluce**
- automatický zpětný chod
- využití stromových datových struktur (seznamy) pro **popis objektů**:

objekt má tvar složené funkce a lze jej sestrojit pouze jedním z následujících 2 způsobů:

- Nejednodušší objekt je libovolná konstanta nebo proměnná.
- Jsou-li $\mathbf{o_1, .., o_k}$ objekty a **f** k-ární funkce uvažovaného jazyka, pak $\mathbf{f(o_1,..,o_k)}$ je složený objekt s vedoucím (*principal*) funktorem **f**

Unifikace

Vstup: 2 objekty (termy) **S**, **T** ***Výstup*** : substituce σ (pokud existuje)

Hledá odpověď na otázku, zda existuje substituce za proměnné vyskytující se v **S** *a* **T** *tak, aby oba výrazy byly totožné (match) –* ***pokud ano****, výsledkem unifikace je právě nejobecnější substituce,* ***jinak*** *unifikace neexistuje*

- Jsou-li **S, T konstanty** a pokud jde o totožné objekty, pak σ existuje a je prázdná
- Je-li **S proměnná a T libovolný objekt**, pak σ je **S/T** (za **S** dosaď **T**) – podobně je-li **T** proměnná.
- Jsou-li **S i T strukturované objekty**, pak je lze unifikovat pouze tehdy, pokud
  - mají totožný hlavní (principal) funktor,
  - všechny vzájemně si odpovídající komponenty v **S** a **T** lze unifikovat (stejnou substitucí).

Se kterým z následujících objektů lze unifikovat term [1,2,3,4]?

Term	**Unifikace** (odpov. substituce)
1. S	1. S/[1,2,3,4]
2. a	2. neexistuje
3. []	3. neexistuje
4. [H|T]	4. H/1, T/[2,3,4]
5. f(1,2,3,4)	5. neexistuje
6. [2|L]	6. neexistuje
7. [X1,X2|Y]	7. X1/1, X2/2, Y/[3,4]
8. 1+2+3	neexistuje

Úloha unifikace v Prologu

- Předávání parametrů
- Přiřazení hodnoty proměnné
- Konstrukce dat

Program { **p(f(X),X).** }

?- **p(f(2),2).**
Yes
?- **p(2,2).**
No
?- **p(f(a),a).**
Yes
?- **p(W, f(a)).**
W=f(f(a))
?- **p(Z, Z).**
Z = f(f(f(f(f(f(f(f(f(f(…)))))))))) Yes

Substituce

jako odkaz v paměti

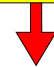
p(f(X),X).

?- p(Z,nas(3,4)).

- **Z/ f(X)**
- **X/nas(3,4)**
- **Z/f(nas(3,4))**

Z

f X



nas 3 4

- **?- p(Z,Z)).**

Substituce
jako odkaz v paměti

p(f(X),X).

?- p(Z,nas(3,4)).

- **Z/ f(X)**
- **X/nas(3,4)**
- **Z/f(nas(3,4))**

?- p(Z,Z)).

- **Z/f(X), X /f(Z)**
- **no evaluation**

space left

Occurs check zkontroluje, že při substituci
X/ term
se **X** nevyskytuje ve výrazu **term**

Způsoby ukončení logického programu

Zpracování log. programu = vytváření derivačního grafu podle ***SLD resoluce*** obsahuje **2 zdroje nedeterminismu:**

- které pravidlo použít? *prohledávání derivačního grafu do hloubky*
- který podcíl rozvíjet? výběrové pravidlo – „*zleva-do-prava*“

Ukončení:

- výchozí cíl byl splněn …**ÚSPĚCH (success)**
- všechny možnosti, jak řešit výchozí cíl byly použity a selhaly … **KONEČNÉ SELHÁNÍ (finite failure)**,
- **neukončený výpočet** …

Stačí čistý Prolog ?

Napište predikát, který z daného seznamu vynechá všechny výskyty prvku X.

1. vse_pryc (X, [ ], [ ]).
2. vse_pryc (X, [X| L1], L2) :- vse_pryc (X, L1, L2).
3. vse_pryc (X, [Y| L1], [Y|L2]) :- vse_pryc (X, L1, L2).

?- vse_pryc (1, [1,2,1,1,4], M). **M** = [2,4]; ?

?- vse_pryc (1, [1,2,1,1,4], M),prvek(1,M). M=[2,1,4];[2,1,4],[2,1,1,4]..

Důvod? Klauzule 3 je „obecnější než klauzule 2". Algoritmus „*vykonej program*" ji docela určitě použije při hledání alternativy !!! Abychom se tomu mohli vyhnout, zavádíme **mimologický predikát** ŘEZ, jehož úkolem je ***potvrdit jednou přijaté rozhodnutí jako jediné možné.***

Predikat ! (řez) se používá, pokud nám jde o DETERMINISTICKÉ řešení

Příklad vysvětlující funkci řezu !

- Mějme program **P** obsahující následující 3 klauzule

```
1. b(X,Y):- e(X,Y), f(Y), !, g(X), h(Y,Z).
2. b(X,Y):- k(X,Y).
3. p(X):- a(X), b(X,Y), c(Y), d.
```

- **Řez fixuje přijaté „částečné řešení“** – omezuje splnění podcílů **vlevo od řezu** (t.j. **e, f** a **b**) na **jedinou možnost**.
- **Překročení řezu zamezí využití ostatních pravidel pro b**. Uvažme např., že platí **e(o1,o2) & f(o2)** pro nějaké konstanty **o1** a **o2**. V takovém případě se při dotazu **?- b(X,Y).** nikdy nedostaneme ke zjišťování, zda platí **k(X,Y)**.
- **Řez neovlivňuje zpětný chod vpravo od svého výskytu**, t.j. mezi cíli **g** a **h**.
- **Při řešení složeného cíle ?-p(X). se postupuje takto:**

Pokud podcíl, ve kterém se vyskytuje řez ! neuspěje (v našem příkladě jde o b(X,Y)), zpětný chod se vrací k jeho předchůdci (tedy k a(X))

Ilustrace použití řezu

```
b(X,Y):- e(X,Y), f(Y), !, g(Y).
b(X,Y):- k(X,Y).

p(X):- a(X), b(X,Y).              r(X,Y):- a(X),!, b(X,Y).

    a(o1).    a(o2).    a(o3).
e(o1,v1).     e(o2,v2).    e(o2,v3).    e(o3,v2).    e(o3,o3).
    g(v3).
f(v1).        f(v3).
    k(o1,Z).  k(X,X).
```

?- p(o1). **No.**

?-b(o2,Y). Yes, **Y=o2**

?- p(X).

Ilustrace použití řezu

```
b(X,Y):- e(X,Y), f(Y), !, g(Y).
b(X,Y):- k(X,Y).
p(X):- a(X), b(X,Y).            r(X):- a(X),!, b(X,Y).

    a(o1).    a(o2).   a(o3).
e(o1,v1).    e(o2,v2).       e(o2,v3).    e(o3,v2).     e(o3,o3).
    g(v3).
f(v1).        f(v3).
    k(o1,Z).  k(X,X).
```

?- p(X). ?- a(X), b(X,Y). ?- b(o1,Y).

?- e(o1,Y), f(Y) , !, g(Y) . ... ?- g(v1).

% pozor neplatí g(v1).

/* V tomto okamžiku se již nehledá nová možnost splnit **e(o1,Y)** ani **b(o1,Y)** a **zpětný chod začíná od a(X)** – hledá se další vhodná substituce za X (jiná než konstanta o1) … */

X= o2, X=o3

?-r(X) **No**

Postup řešení dotazu v Prologu s řezem !

Mějme program **R**, t.j. očíslovaný seznam faktů a klauzulí.

Číslovány jsou nejen klauzule programu, ale *i dotazy v zásobníku*.

Zatímco klasické dotazy v zásobníku jsou v závorce **{ }** doplněny o číselný parametr, který odpovídá *číslu další klauzule programu* **R**,

> řez je doplněn o údaj **a** označující *číslo dotazu v zásobníku*, kam je nutné se vrátit při zpětném chodu přes řez (t.j. dotazy s čísly vyššími než **a** jsou pak ze zásobníku odebrány = vymazány).

dotaz **?- D1,D2, ... , Dn.**

<u>Jediný rozdíl ve zpracování zásobníku je při práci s dotazy a klauzulemi, které obsahují řez.</u>

Zásobník dotazů a řez

<u>Založení zásobníku.</u> *Dej první prvek do zásobníku, a to*

{0} ?- D1{0},D2{0}, ... , Dn{0}.

<u>Práce s vrchním prvkem zásobníku</u> *(jedná se o právě řešený dotaz s číslem* **d***)*

{d} **?- Q1{k1},Q2{k2}, ... , Qm{km}.**

pokud Q1 není řez, postupuje jako v případě čistého Prologu až na situaci, že existuje v programu **P** klauzule s číslem vyšším než **k1**, kterou lze použít pro řešení cíle **Q1 a** ***<u>tato klauzule má tvar</u>***

{j} **Q1 :- R1,!,...,Rp.**

V takovém případě proveď následující 2 kroky:

1. uprav odkaz v právě zpracovávaném dotazu takto

   ?- Q1{ **j** **}**,Q2{k2}, ... , Qm{km}.

2. a do zásobníku přidej nový dotaz s číslem **d+1**

{d+1} ?- R1{0}, ! **{d-1}** ,...,Rp{0}, **Q2{k2},...,Qm{km}.**

Zpracování zásobníku s vrchním prvkem

{c} ?- **!{k1},**Q2{k2}, ... , Qm{km}.

Je **k1** konstanta?

1. uprav právě zpracovávaný dotaz takto
   {c} ?- !{jump(k1 } ,Q2{k2}, ... , Qm{km}.
2. a do zásobníku přidej nový dotaz
   {c + 1} ?- Q2{k2},...,Qm{km}.

Má-li k1 tvar jump(i),
vymaž ze zásobníku
všechny dotazy s číslem vyšším než je **i**
Tato situace může nastat pouze při zpětném chodu

Pokračuj ve zpracování zásobníku

Příklad: databáze údajů o studentech

```
domaci ('Antoš').                         ….
   zahranicni('Akimoto').    zahranicni('Cozreck').
   zahranicni('Kim').        zahranicni('Nowak'). ….
jazykovy_test ('Akimoto', 60).
jazykovy_test ('Cozreck', 65).
jazykovy_test ('Kim', 75).                ….
   test_odborny ('Antoš', 85).            ….
prijmout(X):- zahranicni(X),
   jazykovy_test(X, ZnamkaX), ZnamkaX >= 65.
```

- **Výčet všech kandidátů na přijetí ?**

```
?- prijmout(X).
X = 'Cozreck';'Kim'; …
```

POZOR na rychlost! `jazykovy_test` *je prohledáván zbytečně, ačkoliv pro každého studenta je zaznamenána jediná známka*

Příklad: databáze údajů o studentech - pokračování

```
domaci ('Antoš').                  ….
zahranicni('Akimoto'). …
jazykovy_test ('Akimoto', 60).     ….
test_odborny ('Antoš', 85).              ….
prijmout1(X):-   zahranicni(X),
         jazykovy_test(X,ZnamkaX),!,ZnamkaX >= 65.
```

- **Výčet všech kandidátů na přijetí**

```
?- prijmout1(X).
X = No

    jazykovy_test1('Akimoto', 60) :- !.
    jazykovy_test1('Cozreck', 65) :- !.
    jazykovy_test1('Kim', 75)     :- !.

prijmout2(X):-   zahranicni(X),
   jazykovy_test1(X,ZnamkaX),ZnamkaX >= 65.
?- prijmout2(X).
X = 'Cozreck'; 'Kim' …
```

```
zahr('Akimoto').
zahr('Cozreck').
zahr('Kim').
zahr('Nowak').
 ….
j_t('Akimoto', 60).
j_t('Cozreck', 65).
j_t('Kim', 75).
….
```

```
jazykovy_test1('Akimoto', 60)     :- !.
jazykovy_test1('Cozreck', 65)     :- !.
jazykovy_test1('Kim', 75) :- !.
prijmout2(X):-   zahranicni(X),
   jazykovy_test1(X, ZnamkaX), ZnamkaX >= 65.
?- prijmout2(X).
X = 'Hans Cozreck'; 'Kim' …
```

- **Výsledky jazykových testů všech kandidátů?**

```
?- jazykovy_test1(X, ZnamkaX).
X='Sumi Akimoto', ZnamkaX = 60; no
```

Metapredikát once **(P):- P, !.**

```
prijmout3(X):-  zahranicni(X),
   once(jazykovy_test(X, ZnamkaX)),ZnamkaX >= 65.
```

Můžeme nalezt zahraničního studenta, který potřebuje vyzkoušet?

tj. studenta, který *ještě nedělal jazykový test?*

```
vyzkouset_jazyk(X)
   :- zahranicni(X), jazykovy_test(X,_), !, fail.
vyzkouset_jazyk(X).
```

Předpoklad uzavřenosti světa:

Pokud fakt není explicitně uveden, předpokládá se, že neplatí.

```
zahr('Akimoto').
zahr('Cozreck').
zahr('Kim').
zahr('Nowak').
 ….
j_t('Akimoto', 60).
j_t('Cozreck', 65).
j_t('Kim', 75).
….
```

Mimologický predikát not

Definice metapredikátu not(_) pomocí řezu

```
not (P) :- P, ! , fail.
not (P).
```

Příklad použití: vyzkouset_jazyk1(X) :- zahranicni(X), not (jazykovy_test(X,_)).

Program P0:

```
student(jan).        student(petr).        ženatý(petr).
svobodný_student1(X) :- not (ženatý (X)), student(X).
svobodný_student2(X) :- student(X), not (ženatý (X)).
?- svobodný_student1(X).
No
?- svobodný_student2(X).
X=jan
```

?- not (ženatý (X)).
Může být vyhodnoceno YES pouze v případě, že neuspěje dotaz **?-ženatý (X).** Tedy pokud **neplatí** **∃X ženatý (X)**, což je totožné s **¬(∃X ženatý (X))** a tedy i s **∀X ¬ ženatý (X).**
A to není náš případ!

Not se chová **„korektně"** **JEN** při použití na podcíl **BEZ VOLNÝCH PROMĚNNÝCH**

Role mimologických predikátů při srovnání Prologu a logiky 1. řádu

Program P1:

```
student(jan).        student(petr).        ženatý(petr).
svobodný_student(X) :- not (ženatý (X)),student(X).
```

P1: ?- svobodný_student(jan). **Yes.**

Program **P2:**
P1 + {ženatý(jan).}

P2: ?- svobodný_student(jan). **No.**

Prolog s not není monotónní, *t.j. ačkoliv je v programu* ***P*** *dokazatelné tvrzení* φ, *nemusí* φ *být dokazatelné v* $P' \supset P$, *kde* P' *je* ***P*** *rozšířené o nějaká další pravidla*