Logické programování – použití: um. Int., databáze, sém.web

PROLOG (programming in Logic)

Program popisuje "*svět*" Prologu (nevyjadřuje tok řízení = vývojový diagram výpočtu)

tvoří jej

databáze faktů a pravidel (tzv. klauzulí), které mají tvar:

fakta: predikát(arg1, arg2, ...argN).

argumenty mohou být konstanty nebo proměnné

pravidla: hlava :- tělo. „:-“ čteme „jestliže“

hlavou je predikát s případnými argumenty, tělem je posloupnost faktů příp. vázaných konjunkcí „,“ nebo disjunkcí „;”

predikát(argumenty) :- fakta.

cíle: ?- predikát(arg1, arg2, ...argN).

Zápisem cíle spustíme výpočet, výsledkem jsou hodnoty proměnných cíle

elementy programu jsou konstanty, proměnné, struktury

společně se nazývají termy

Př.

Konstanty — čísla

atomy a, ja_a_ty, “NOVY”, b1

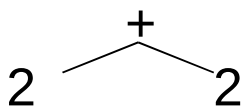
Proměnné A, _X, _

začínají velkým písmenem nebo podtržítkem. _ je tzv.anonymní proměnná, její hodnota nás nezajímá a nevypisuje se

Struktury muz(jan),

cte(student(jan,novy),kniha(A,Nazev))

2+2 je totéž jako +(2, 2)



Mohou být: 1)tvořené operátory a operandy

2)tvořené seznamy – výklad později

Př. dum.pro

Jméno fce tzv funktor. ma, dům, dvere

jsou atomy

argumenty

ma(dum, dvere).

ma(dum, okno). fakta

ma(dvere, klika).

rozbite(dvere).

?-ma(dum, dvere). Odpovi yes

?-ma(Neco, klika). Odpovi Něco = dvere

?-ma(dum, Neco). Cíle =dotazy Odpovi Něco = dvere

?-ma(X, Y), rozbite(Y). Odpovi X=dům, Y=dvere

Pravidla

cil(argumenty):-logicka formule z podcílů.
Matematický zápis pravidla by byl p ← q1 & q2 & … & qn.

Př. rodina.pro

```
rodic(eva, petr). rodic(eva, jan).          %eva je rodicem petra a jana
rodic(jindrich, jan). zena(eva). muz(petr).% vlastni jmena zacinaji malym
muz(jan). muz(jindrich).                    %pismenem, jsou to konstanty
matka(M,D):-rodic(M,D), zena(M).
otec(O,D):- rodic(O,D), muz(O).
```

Význam pravidel:
M je matkou D, jestliže M je rodičem D a zároveň M je žena.
O je otcem D, jestliže O je rodičem D a zároveň O je mužem.
Jak definovat rodinné vztahy? Zkuste si to
deda(D, V) :- rodic(D, X), rodic(X, V).

Predikáty se odlišují dle jména i arity

otec(O,D) je jiný predikát než otec(O)

Prvý je vlastně binární relací mezi dvěma osobami, druhý je unární relací říkající pouze zda nějaká osoba je otcem

Anonymní proměnná = nechceme znát její hodnotu

Může jich být více v klauzuli a navzájem nesouvisí

Označuje se podtržítkem _

Př.

Definice otce = někdo, kdo je rodičem a mužem a nezajímá nás kdo jsou děti

otec(O):- rodic(O,_), muz(O).

Def.syna zkuste sami

Databázi lze i průběžně doplňovat

Rekurze

Definice českých panovníků – přemyslovců

Premyslovec je premysl_orac

Premyslovec je syn premyslovce

Zapsáno prologovsky:

premyslovec(premysl_orac).

premyslovec(P):-syn(P,R), premyslovec(R).

Alternativně to lze vyjádřit jedinou klauzulí: Přemyslovec P je buď přemysl-oráč, nebo je to syn nejakeho R, který je přemyslovcem.

premyslovec(P):-
(P=premysl_orac) ; (syn(P,R),premyslovec(R)).

Pokud nám odpověď nestačí, můžeme ji odmítnout zápisem středníku

Prolog pak zkusí nalézt jiné řešení

1. Jak vytvořit dotaz na jména všech přemyslovců?
2. Jak definovat potomka po meči?
3. Jak definovat příbuznost osob X a Y po meči?
4. Jak definovat příbuznost osob X a Y

Ad1 Předpokládejme, že v databázi prologu máme fakta o potomcích tvaru syn(nezamysl, kresomysl) atd. Pak se lze dotazovat

?-premyslovec(P).

P= … ; pokud na odpověď reagujeme ; bude se hledat jiné řešení.

P= … ;

…

no až se vyčerpají všechny možnosti, bude odpověď no (false).

Všechna řešení lze nalézt pohodlněji jediným složeným dotazem

?-premyslovec(P), write(P), fail.

který váže konjukcí tři podcíle: nalezeni přemyslovce P, výpis P, a vždy nesplněného predikátu fail, který způsobí hledání jiného řešení, které samozřejmě zase skončí fail, ale vypíše nám další jméno.

?- ma(X,Y),write(X),write(Y),fail. %Vypise z “dum” co kdo ma

Princip rezoluce aneb jak Prolog hledá řešení

Předpokládejme pravidla a , b tvaru

a :- a_1, a_2, … , a_n.

b :- b_1, b_2, … , b_m.

Nechť b_i je a

Pak rezolucí je

b :- b_1, b_2, … b_{i-1}, a_1, a_2, … , a_n , b_{i+1} , ... , b_m.

Tzn. když se při plnění cílů z těla pravidla b narazí na zpracování cíle b_i alias a, začnou se zpracovávat cíle těla pravidla a.

Jednotlivé cíle jsou predikáty, které Prolog porovnává s klauzulemi v jeho databázi. Proces porovnávání, když dopadne úspěšně, se nazývá **unifikací**

Unifikace

- porovná-li se volná proměnná s konstantou, naváže se na tuto konstantu,
- porovnají-li se dvě volné (neinstalované) proměnné, stanou se synonymy,
- porovná-li se volná proměnná s termem, naváže se na tento term,
- porovnají-li se termy, které nejsou volnými proměnnými, musí být pro úspěšné porovnání stejné.

Př unifikace v dotazu ?- X = Y, Y = a. Pak X i Y má hodnotu a

Pozor, operátorem „=„ unifikujeme, nepřiřazujeme, pro přiřazení slouží operátor „is“

Př.3nsd.pro největšího společného dělitele

1.Největší společný dělitel A a A je A

2.Největší společný dělitel A a B je NSD jestliže

při A větším než B platí: A1 je A-B a největší společný dělitel A1 a B je NSD

3. při A menším než B platí B1 je B-A a největší společný dělitel B1 a A je NSD

```
nsd(A,A,A).                          % 1
nsd(A,B,NSD) : - A>B,                % 2
                 A1 is A-B,
                 nsd(A1,B,NSD).
nsd(A,B,NSD) : - A<B,                % 3
                 B1 is B-A,
                 nsd(B1,A,NSD).
```

Po zkonzultování souboru s programem spustíme výpočet např.

?-nsd(16,12,X).

Př.4fakt.pro Výpočet faktoriálu

Faktoriál 1 je 1.

Faktoriál N je F, jestliže platí, že nějaké M má hodnotu N-1 a současně faktoriál M je G a současně F má hodnotu G*N

```
fakt(1,1).
fakt(N,F) :- M is N-1,
             fakt(M,G),
              F is G * N.
```

Výpočet spustíme dotazem např.

```
?-fakt(3,X).
```

Pokud bychom výsledek odmítli vznikne chyba přeplnění stacku. Objasněte proč?

Zásady při plnění cílů

- Dotaz může být složen z několika cílů.
- Při konjunkci cílů jsou cíle plněny postupně zleva.
- Pro každý cíl je při jeho plnění prohledávána databáze od začátku.
- Při úspěšném porovnání klauzule s cílem je její místo v databázi označeno ukazatelem. Každý z cílů má vlastní ukazatel.
- Při úspěšném porovnání cíle s hlavou pravidla, pokračuje výpočet plněním cílů zadaných tělem pravidla.
- Cíl je splněn, je-li úspěšně porovnán s faktem databáze, nebo s hlavou pravidla databáze a jsou splněny podcíle těla pravidla.
- Není-li během exekuce některý cíl splněn ani po prohlédnutí celé databáze, je aktivován mechanismus návratu.
- Splněním jednotlivých cílů dotazu je splněn globální cíl a systém vypíše hodnoty proměnných zadaných v dotazu.
- Zjistí-li se při výpočtu, že globální cíl nelze splnit, je výsledkem no či v některých implementacích false.

Mechanismus návratu

- exekuce se vrací k předchozímu splněnému cíli, zruší se instalace (navázání) proměnných a pokouší se opětovně splnit tento předchozí cíl prohledáváním databáze dále od ukazatele pro tento cíl,
- splní-li se opětovně tento cíl, pokračuje se plněním dalšího, (předtím nesplněného) vpravo stojícího cíle,
- nesplní-li se předchozí cíl, vrací se výpočet ještě více zpět (na vlevo stojící cíl).

Shrnutí základních principů

- **Program specifikujeme množinou klauzulí. Klauzule mají podobu faktů, pravidel a dotazu. Prolog zná pouze to, co je definované programem.**
- **Fakt je jméno relace a argumenty (objekty) v daném uspořádání. Uspořádání je důležité.**
- **Pravidlo vyjadřuje vztahy, které platí jsou-li splněny podmínky z těla (cíle). Hlavu tvoří vždy jen jeden predikát.**
- **Dotaz může tvořit jeden nebo více cílů. Cíle mohou obsahovat proměnné i konstanty, Prolog najde tolik odpovědí kolik je požadováno (pokud existují).**
- **Proměnná je v klauzuli obecně kvantifikována. Její platnost je omezena na klauzuli.**

- **Definice predikátu je posloupnost klauzulí pro jednu relaci. Predikát může určovat vztah, databázovou relaci, typ, vlastnost, funkci. Jméno predikátu musí být atomem.**
- **Plnění cíle provádí Prolog pro nový cíl prohledáváním databáze od začátku, při opakovaném pokusu prohledáváním od naposled použité klauzule.**
- **Rekurzivní definice predikátu musí obsahovat ukončovací podmínku.**
- **Typ termu je rozpoznatelný syntaxí. Atomy a čísla jsou konstanty. Atomy a proměnné jsou jednoduchými termy. Anonymní proměnná představuje neznámý objekt, který nás nezajímá. Struktury jsou složené typy dat. Pravidlo je strukturou s funktorem :-**
- **Funktor je určen jménem a aritou**

Unifikace termů podrobněji

Dva termy jsou úspěšně porovnány (lze také říci, že si jsou podobné), pokud

- **jsou totožné nebo**
- **proměnné v termech lze navázat na objekty tak, že po navázání proměnných jsou tyto termy totožné.**

Př. **datum(D, M, 2009)** **datum(X, 12, R)**

jsou unifikovatelné: D je X, M je 12, 2009 je R

datum(D, M, 2009) **datum(X, 12, 2004)**

nejsou

bod(X, Y, Z) **datum(D, M, 2003)**

nejsou

datum(D, M, 2009) **datum(X, 12)**

nejsou

- **Prolog vybere vždy nejobecnější možnost porovnání**
- **Porovnání vyjadřuje operátor =**

! ! Aritmetické výrazy jsou termy ! !

?- X = +(2, 2). Bude odpověď

X = 2 + 2

?- X = 2 + 2 . Bude také odpověď

X = 2 + 2

Protože + je jménem struktury a 2 , 2 jsou argumenty

Pro vyhodnocení nutno použít predikát is

?- X is +(2, 2).

X = 4

?- X is 2 + 2 .

X = 4

Seznamy

Seznam je rekurzivní datová struktura tvaru:

[e1, e2, …, en], kde ei jsou elementy seznamu.

Elementy seznamů jsou často opět seznamy

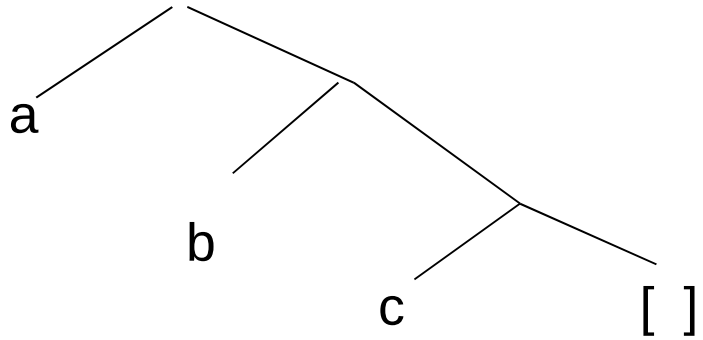
Svislítkem lze seznam rozdělit na prvý element (také se nazývá hlava) a zbytek seznamu

[Hlava | Zbytek]

[ ] to je prázdný seznam

Př. [a, b, c] dtto [a | [b, c]] dtto [a, b | [c]] dtto [a, b, c | [ ]]

Graficky to zachycuje obr. Všimněte si, že zbytek seznamu je opět seznam (případně prázdný seznam)



Příklady, jaké budou výsledky porovnání

[X] = [a, b, c, d]	?
no	
[X | Y] = [a, b, c, d]	?
yes	X=a, Y=[b,c,d]
[X, Y | Z] = [a, b, c, d]	?
yes	X=a, Y=b, Z =[c,d]
[X] = [[a, b, c, d]]	?
yes	X= [a, b, c, d]
[X | Y] = [[a, [b, c]], d]	?
yes	X=[a, [b, c]], Y=[d]
[X | Y] = [ ]	?
no	
[X | Y] = [d]	?
yes	X=d, Y= [ ]

Predikáty pro práci se seznamy

Zjištění, zda v nejvyšší úrovni seznamu existuje prvek dělá predikát

member(Prvek,Seznam)

Slovně lze jeho činnost vyjádřit

member platí, 1. je-li prvek na začátku seznamu, 2. jinak member platí pokud prvek je ve zbytku seznamu

```
member(X,[X|_]).                    %1.
member(X,[_|Y]) :- member(X,Y).     %2.
?-member(a, [b,a,c,[d,a]]).
yes
?-member(a, [b,c,[d,a]]).
no
```

Tento predikát je mezi standardními, nemusíme ho programovat

Nalezení posledního prvku seznamu

last(Seznam, Prvek)

1.Je-li v seznamu jen jeden prvek, tak je tím posledním,

2.jinak je to poslední prvek ze zbytku seznamu

```
last([X],X).                  %1.
last([_|T],X) :- last(T,X).   %2.

?- last([a,[b,c]],X).
X = [b,c]
```

Odstranění prvku ze seznamu

delete(Původníseznam, Výslednýseznam, Prvek)

```
delete([X|T],T,X).
delete([Y|T],[Y|T1],X) :- delete(T,T1,X).
```

Zkusme formulovat slovně

Je-li prvek prvním v seznamu,je výsledkem zbytek, jinak je výsledkem seznam se stejným prvním prvkem, ale se zbytkem, v němž je vynechán uvažovaný prvek

Dotazovat se můžeme např.

```
?- delete([a,b,a],L,a).
L = [b,a] ;          středníkem jsme odmítli řešení, hledá jiné
L = [a,b] ;          znovu jsme odmítli, hledá jiné
no                   další řešení již neexistuje
```

Přidání seznamu k seznamu

append(Seznam1,Seznam2,Výsledek)

```
append([ ],X,X).
append([A|B],X,[A|C]):-append(B,X,C).
```

Formulujme predikát slovně: Když přidáme k prázdnému seznamu seznam X, výsledkem bude seznam X. Když přidáme k seznamu (jehož prvý prvek je A a jeho zbytek je B) seznam X, bude výsledný seznam mít prvý prvek A a jeho zbytkem bude seznam C, který vznikne přidáním k seznamu B seznam X.

```
?- append([a,b],[c],X).
X = [a,b,c]          a pokud ted odradkujeme (tj. odpoved nam staci), odpovi
yes
?-
```

Další pozoruhodnosti append

append([ ],X,X).
append([A|B],X,[A|C]):-append(B,X,C).

Zeptáme se, jaké dva seznamy musíme appendnout, aby vzniklo [a,b,c]
Prolog nám je najde a pokud budeme chtít, najde nám všechny možnosti

?- append(X,Y,[a,b,c]).
X = []
Y = [a,b,c] ;
X = [a]
Y = [b,c] ;
X = [a,b]
Y = [c] ;
X = [a,b,c]
Y = [] ;
no
?-

Námi definovaný append je obousměrný (lze zaměnit co je vstup a co výstup)

Argumenty funkcí (tj. prologovské proměnné) mohou být bound (vázané) nebo free (volné). Zkráceně je označme b, f

Příklady :

bbb **?-append([a, b], [c], [a, b, c]).**
yes

bbf **?-append([a, b], [c], S3).**
S3 = [a,b,c] ;
no

bfb **?-append([a, b], S2, [a,b,c,d]).**
S2 = [c,d] ;
no
?-

bff **?-append([a, b], S2, S3).**
S2 = H159
S3 = [a,b | H159] ;
no

SWI: ?-append([a, b], S2, S3).
S3 = [a, b|S2].
?-

fbb **?-append(S1, [c, d], [a,b,c,d]).**
S1 = [a,b] ;
no

Formulujte příklady dotazů slovně!

fbf **?-append(S1, [c, d], S3).**

S1 = [ ]

S3 = [c,d] ;

S1 = [H277] H s číslem je interní proměnná Prologu

S3 = [H277,c,d] ;

S1 = [H277,H303]

S3 = [H277,H303,c,d] ;

atd

ffb **?-append(S1, S2, [c, d]).**

S1 = []

S2 = [c,d] ;

S1 = [c]

S2 = [d] ;

S1 = [c,d]

S2 = [] ;

no

fff ?-append(S1, S2, S3).

S1 = []
S2 = H253
S3 = H253 ;
S1 = [H323]
S2 = H253
S3 = [H323 | H253] ;
S1 = [H323,H349]
S2 = H253
S3 = [H323,H349 | H253] ;
atd

Vícesměrnost dalších predikátů

Predikát member je také vícesměrný

member(X,[X|_]).

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

?- member(X,[a,[b,c],d]). %Formulujte slovně!

X = a ;

X = [b,c] ;

X = d ;

no

?-

Vícesměrnost dalších predikátů

Také delete je vícesměrný predikát

```
delete([X|T],T,X).
delete([Y|T],[Y|T1],X) :- delete(T,T1,X).

?- delete(X,[a,b],c).                %Formulujte slovně!
X = [c,a,b] ;
X = [a,c,b] ;
X = [a,b,c] ;
no
?-
```

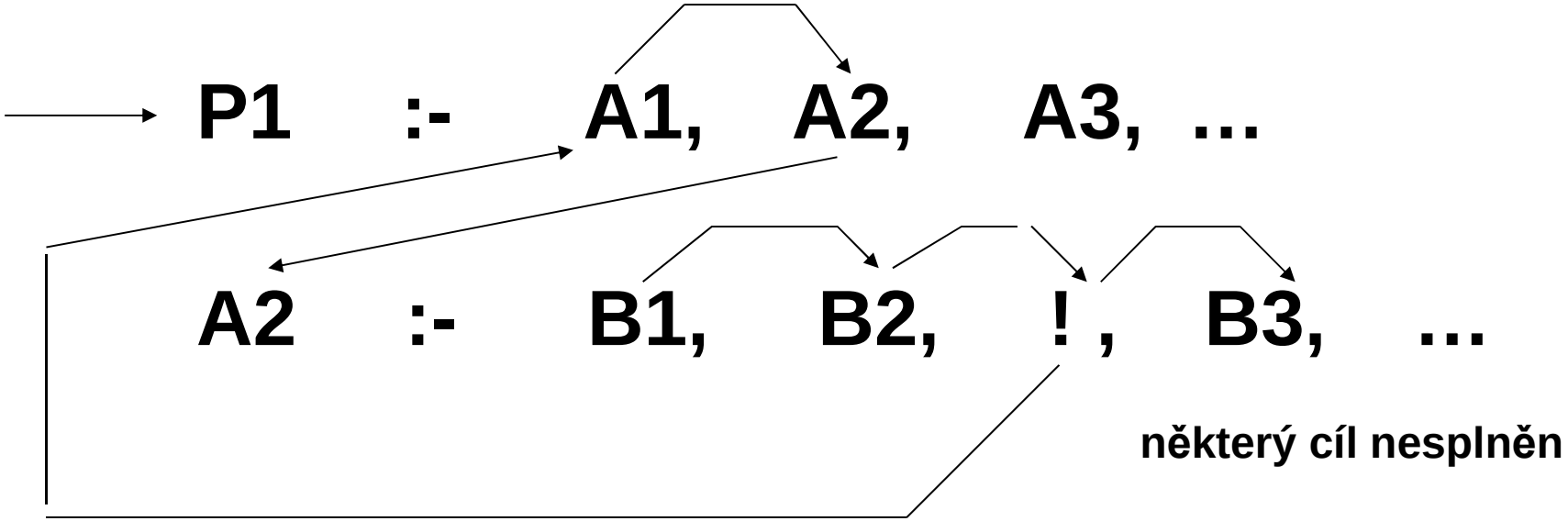
Seznamy znaků jsou řetězce. Řetězce se uzavírají do řetězcových závorek

```
?- [X,Y|Z]="abcd".

X = 97
Y = 98
Z = [99,100]
yes
?-
```

Ovlivnění mechanismu návratu

Mechanismus navracení lze ovlivnit tzv Predikátem řezu označený jako !
Ten způsobí při nesplnění některé cíle za ním přeskok až na nové plnění cíle A1, tj způsobí nesplnění cíle A2.



Samotný ! je vždy splněn

Predikát řezu

- Použijeme jej, když chceme zabránit hledání jiné alternativy
- Odřízne další provádění cílů z pravidla ve kterém je uveden
- Je bezprostředně splnitelným cílem. Projeví se pouze, když má přes něj dojít k návratu
- Změní mechanismus návratu tím, že znepřístupní ukazatele vlevo od něj ležících cílů (přesune je na konec Db)

Př. použití řezu

```
fakt(N,1) :-N=0,!.      % ! Zabrání výpočtu fakt pro záporný argument při odmítnutí výsledku
fakt(N,F) :- M is N-1,
                        fakt(M,G),
                        F is G * N.
?-fakt(1,X).
X=1;
no
```

Př.Hanoiské věže

Jsou dány 3 trny A, B, C.

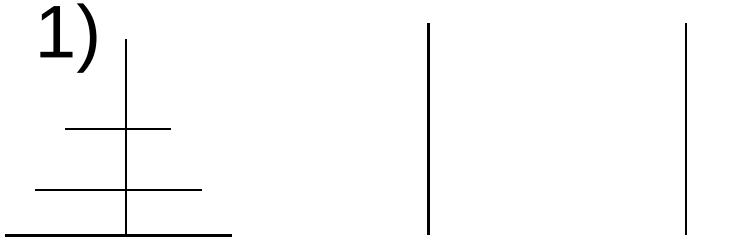
Na A je navléknuto N kotoučů s různými průměry tak, že vytváří tvar pagody (menší je nad větším).

Přemístěte kotouče z A na C s využitím B jako pomocného trnu tak, aby stále platilo, že nikdy není položen větší kotouč na menší

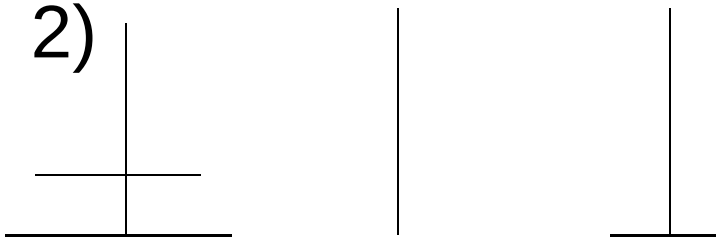
Následující obrázek ukazuje postup přemístění pro 3 kotouče

Př.Hanoiské věže

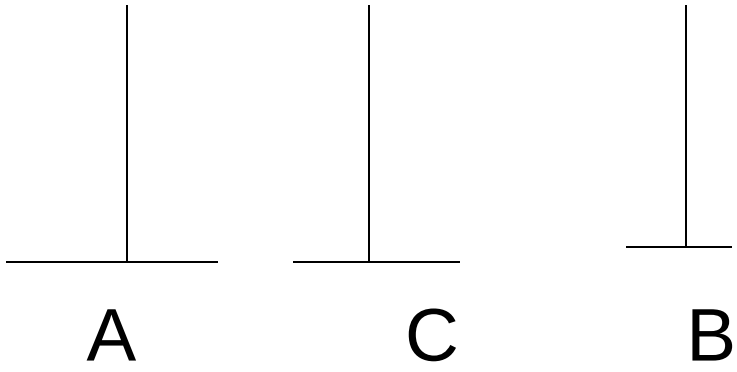
1)



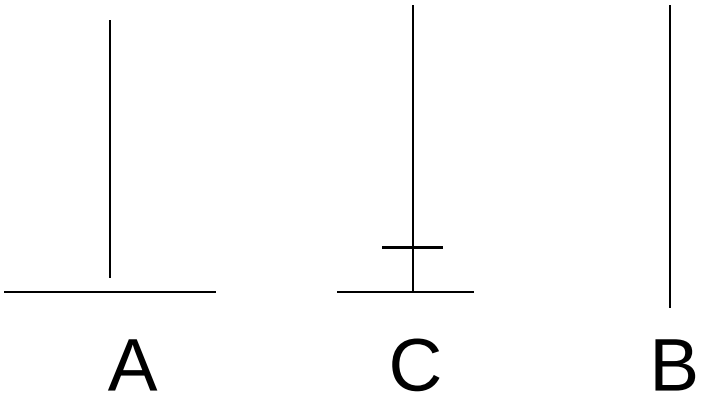
2)



3)



4)



Př.Hanoiské věže (6Hanoi.pro)

```
hanoi(N) :- presun(N,levy,stred,pravy), !.
presun(0,_,_,_) :- !.
presun(N,A,B,C) :-    %presun z A na B za pouziti pomocného C
                      M is N-1,
                presun(M,A,C,B),
                inform(A,B),
                presun(M,C,B,A).
inform(A,B) :- write([presun,disk,z,A,na,B]),
                nl.
```

Spustíme např.

?-hanoi(5). nebo ?-veze. Což způsobí výpis výzvy, přečtení počtu kotoučů, výpočet přesunů a to se opakuje až do zadání záporného počtu kotoučů. Je to i příklad, jak udělat cyklus, repeat nedělá nic, je ale libovolněkrát splnitelný, read a write nejsou při návratu znovusplnitelné (vazbu na X nelze rozvázat), fail způsobí nesplnění a tedy návrat (až k repeat)

Standardní predikáty jazyka Prolog

Zahrnují skupiny predikátů

- I/O operace
- Řídící predikáty a testy
- Predikáty pro práci s aritmetickými výrazy
- Predikáty pro manipulaci s databází
- Predikáty pro práci se strukturami

Jazyk Prolog je vlastně tvořen resolučním mechanismem a skupinou standardních predikátů, z nichž si většinu ukážeme, ale nemusíte si všechny pamatovat.

I/O operace

write(X) zápis termu do výstupního proudu

nl odřádkování

tab(X) výstup X mezer

display(X) výstup jako write, ale ve funkční notaci

read(X) čtení termu ze vstupního proudu

put(X) výstup znaku na jehož ASCII kod je X instalováno

get(X) vstup ASCII kódu zobrazitelného znaku (32 a výše)

get0(X) jako get, ale i pro nezobrazitelné znaky

Př.

```
?-write(a+b*c), nl, display(a+b*c).
a+b*c
+(a,*(b,c))
yes
?- consult(user). zahájí vstup z klavesnice
| write-retezec([]).
| write-retezec([H|T]):-put(H), write-retezec(T).
| ctrl-Z   vstup z klavesnice ukončí
?- write-retezec([65,66,67]).
ABC
yes
?- consult('4fakt.pl').
% 4fakt.pl compiled 0.00 sec, 3 clauses
true.
4 ?- fakt(6,F).
F = 720
```

I/O operace další

skip(X) přeskakuje vstupující znaky, dokud úspěšně neporovná znak s X
tell(X) přepnutí výstupu do souboru X
told uzavření souboru a přepnutí výstupu na user
see(X) přepnutí vstupu na soubor X
seen současný vstupní soubor je uzavřen a vstup přepnut na user
setdrive(X) nastavení driveru X
getdrive(X) zjištění jména aktuálního driveru
chdir(X) nastavení pracovního adresáře

Př. Zápis do souboru a čtení ze souboru
?-setdrive(d), tell(vystupni), write(hokuspokus), write('.'), told.
yes
?- see(vystupni), read(X), seen.
X = hokuspokus
yes
?-chdir(“D:\\tmp").
true

Řídící predikáty a testy

true vždy splněný cíl
fail vždy nesplněný cíl
var(X) splněno, je-li X volnou proměnnou
nonvar(X) splněno, neplatí-li var(X)
atom(X) splněno, je-li X instalováno na atom
integer(X) splněno, je-li X instalováno na integer
atomic(X) splněno, je-li X instalováno na atom nebo integer
not(X) X musí být interpretovatelné jako cíl. Uspěje, pokud X není splněn
call(X) X musí být interpretovatelné jako cíl. Uspěje, pokud X je splněn
halt ukončí výpočet
X = Y pokus o porovnání X s Y
X \= Y opak =
X == Y striktní rovnost
X \== Y úspěšně splněn, neplatí-li ==
! změna mechanismu návratu
repeat nekonečněkrát splnitelný cíl
X , Y konjunkce cílů
X ; Y disjunkce cílů

Predikáty pro práci s aritmetickými výrazy

X is E E musí být aritm. výraz, který se vyhodnotí a porovná s X

E1 + E2 při instalovaných argumentech (pod. –, *, /, mod)

E1 > E2 při instalovaných argumentech (pod. >=,<,=<,\=,=)

E1 =:= E2 uspěje, jsou-li si hodnoty E1, E2 rovny

E1 =\= E2 uspěje, nejsou-li si hodnoty E1, E2 rovny

Predikáty k manipulaci s databází a klauzulemi

To je již jen pro informaci

listing(X) výpis všech klauzulí na jejichž jméno je X instalováno

listing výpis celého programu

clause(X, Y) porovnání X a Y s hlavou a s tělem klauzule

asserta(X) přidání klauzule instalované na X na začátek databáze

assertz(X) totéž, ale přidává se na konec databáze

retract(X) odstranění prvého výskytu klauzule X z databáze

findall(X,Y,Z) všechny výskyty termu X v databázi, které splňují cíl Y jsou vloženy do seznamu Z

Predikáty pro práci se strukturami

Jen pro informaci

functor(T, F, A)-vytvoří strukturu T s funktorem F a aritou A, nebo rozdělí strukturu T na její funktor a aritu

arg(N, T, A) porovná A s N-tým argumentem struktury T

name(A, L) je-li A instalováno, převede jméno atomu A na seznam znaků a ten porovná s L. Není-li A instalováno, instaluje je znaky podle seznamu L

lenght(L, A) zjistí délku seznamu a porovná ji s A

X =.. L tzv."univ". Provádí porovnání termu X se seznamem L, který je složen z funktoru termu X, následovaném argumenty X

op(Prec, Asociat{xfx,xfy,yfx,yfy,fx,fy,xf,yf}, Op)

Jen pro informaci, ale pamatujte, že každý operátor (v každém jazyce) má precedenci=priorita, asociativitu=postup vyhodnocení, aritu=počet argumentů a umístění=prefixový/infixový/postfixový

definuje operator Op s precedencí Prec a asociativitou A. Op může být seznam operatorů stejné precedence a asociativity

y agrument může obsahovat operátor stejné nebo nižší priority

x " musí " " nižší priority

f určuje pozici operátoru

Prologovské operátory jsou definovány takto:

op(1200, xfx, [:-, -->])
op(1200, fx, [?-, :-])
op(1100, xfy, ';') pravoasociativní
op(1000, xfy, ', ')
op(900, fy, not)
op(700, xfx, [=, \=, is, =.., ==, \==, =:=, =\=, <, >, =<, >=]) neasociativn
op(500, yfx, [+, -]) levoasociativní
op(500, fx, [+, -])
op(400, yfx, [/, *])
op(300, xfx, mod)
op(200, xfy, ^) v AMZI není

Paralelismus ve výpočtu logického programu

Prologovský program za určitých podmínek může být zpracován paralelně s využitím:

- AND paralelismus

  cíl1, cíl2, …, cíln v deklarativní sémantice lze cíle plnit současně
- OR paralelismus

  cíl1; cíl2; …; cílm „ „
- Unifikační paralelismus

  je to souběžné porovnání odpovídajících si komponent složených termů

Následují příklady, které si mohou zájemci zkusit

Př. 7Quicksort.pro

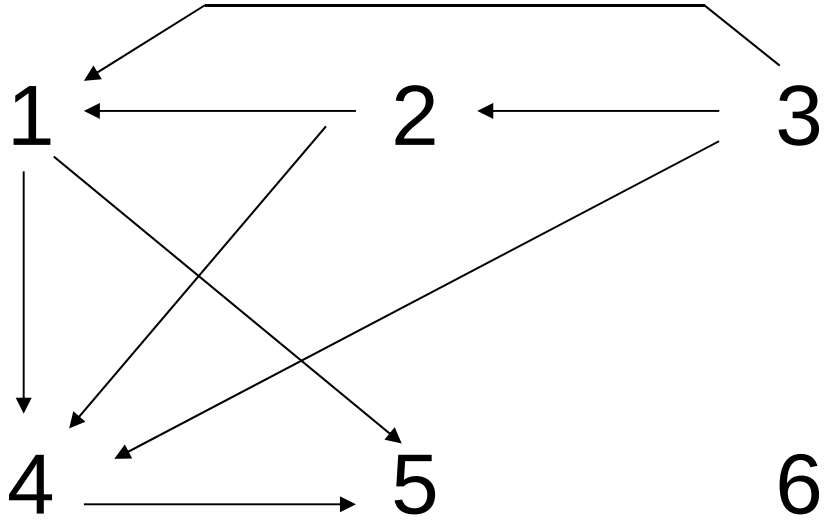
Je to známý algoritmus quicksortu. Rozdělí seznam čísel na menší nebo rovné a větší než prvý prvek. Rekurzivně pak rozděluje vzniklé seznamy až k triviálním případům (každé rozdělení by teoreticky nohlo zaměstnat jeden procesor, takže výpočet by byl paralelní). Po rozdělení pak appendem dává dohromady výsledný seznam.

Kostra programu je:

```
qsort([],[]).
qsort([A],[A]).
qsort([A|X],Y):-pod(A,X,POD),
        qsort(POD,S1),
        nad(A,X,NAD),
        qsort(NAD,S2),
        append(S1,[A|S2],Y).
```

Př. hledání cesty grafem – 8Path.pro

```
vertex(1, 4).
vertex(1, 5).
vertex(2, 1).
vertex(2, 4).
vertex(3, 1).
vertex(3, 2).
vertex(3, 4).
vertex(4, 5).
```



To jsou fakta popisující všechny hrany grafu

Př. hledání cesty grafem – 8Path.pro

```
path:-read(X),read(Y),  %precte odkud kam ma jit
        go(X,Y,[X]).    %jdi z X do Y, V7sledn8 cesta bude seznam, ve
                         %kterem je na zacatku vychozi misto X
go(X,X,T):-write(T).     %pokud ma jit jiz jen z X do X vypise T, pokud ne
go(X,Y,T):-vertex(X,Z),  %jde po hrane z X do Z a hleda cestu ze Z do Y
        go(Z,Y,[Z|T]).   %kdyz to z Z do Y nejde, navratem hleda jinou

?- path.
3. 4.
[4,1,3]
yes
?-
```

Př. hledání cesty grafem – Path.pro

Lze zdokonalit, aby na3el všechny cesty z X do Y. Když go najde jednu, fail způsobí návrat a hledání další. Až další go nenajde, pravidlo pro lookforall(X,Y) nebude splněné a nastane splnění faktu lookforall(_,_). Celý predikát tedy skončí splněním yes.

```
lookforall(X,Y):-go(X,Y,[X]),
                 fail.
lookforall(_,_).

?-lookforall(3,1).
[1,3][1,2,3]
yes
?-
```

Př. hledání cesty grafem – Path.pro

Při vyhodnocení lookforall = najdivšechny způsobí cyklus v grafu nekonečný výpočet.. Jak napravit? Pomocí not(member(Z,T) zamezíme opakovanému průchodu stejným uzlem.

```
go(X,X,T):-write(T).
go(X,Y,T):-vertex(X,Z),
                    not(member(Z,T),
                    go(Z,Y,[Z|T]).
```

Závody gymnastek –91závod.pro

Typická úloha ze sobotní přílohy novin

Urcete jmena vitezek disciplin z techto informaci:
1) Dvorakova ani Sobotkova nevyhraly preskok ani bradla.
2) V preskoku nezvitezila Vera ani Ludmila.
3) Sobotkova se nejmenuje ani Vera ani Jirina a kamaradi
4) s Beckovou
5) Junkova neni ani Monika ani Jirina
6) Vera nevyhrala na bradlech, Monika nevyhrala v prostnych.
7) Jednou z disciplin byla kladina.
8)V kazde ze ctyr disciplin zvitezila jina zavodnice.

Závody gymnastek –91závod.pro

Čísla jednotlivých podmínek v zadání jsou v komentářích

```
vitpres(X,Y):-pojmen(X,Y),          %pozitivní cíl = důležité
    not((Y=sobotkova; Y=dvorakova)),                %1
    not((X=vera; X=ludmila)).                       %2
vitbrad(X,Y):-pojmen(X,Y),
    not((Y=sobotkova; Y=dvorakova)),                %1
    not(X=vera).                                    %6
vitpros(X,Y):-pojmen(X,Y),
     not(X=monika).                                 %6
vitklad(X,Y):-pojmen(X,Y).                          %7
```

Závody gymnastek –91závod.pro

```
pojmen(X,junkova):-jmeno(X),
        X\=monika, X\=jirina.                          %5
pojmen(X,sobotkova):-jmeno(X),
        X\==vera, X\==jirina.                          %3
pojmen(X,beckova):- jmeno(X).                          %4
pojmen(X,dvorakova):- jmeno(X).
jmeno(monika).                                         jsou
jmeno(jirina).                                         taková
jmeno(vera).                                           jména
jmeno(ludmila).
ruzne(A1,A2,A3,A4):-
   A1\=A2,A1\=A3,A1\=A4,A2\=A3,A2\=A4,A3\=A4.          %8
```

Závody gymnastek –91závod.pro

```
vitez(X1,Y1,X2,Y2,X3,Y3,X4,Y4):-
                vitpres(X1,Y1), vitbrad(X2,Y2),
                vitpros(X3,Y3), vitklad(X4,Y4),
                ruzne(X1,X2,X3,X4), ruzne(Y1,Y2,Y3,Y4). %8

go:-    vitez(JPR,PPR,JBR,PBR,JPROS,  %tim se spusti
        PPROS,JKLAD,PKLAD),
        write(JPR),write(PPR),write(JBR),write(PBR),nl,
        write(JPROS),write(PPROS),
        write(JKLAD),write(PKLAD).
```

Závody gymnastek (permutacemi) –92závod1.pro

vypiseme seznam jmen a seznam prijmeni vitezu soutezi v poradi: vitezka Bradel, vitezka Kladiny, vitezka Preskoku, vitezka Prostnych

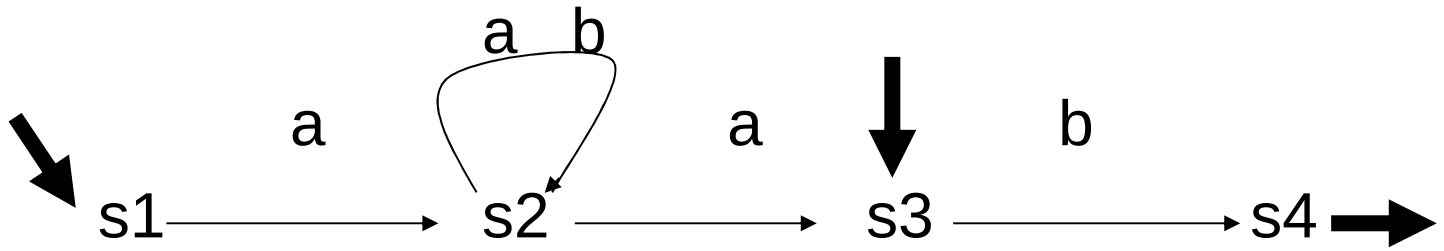
```
perm([],[]).
perm(L,[X|P]) :- del(X,L,L1), perm(L1,P).
del(X,[X|T],T).
del(X,[Y|T],[Y|T1]) :- del(X,T,T1).

%hleda poradove cislo N, prvku E, v zadanem seznamu
poradi(E,[E|T],1) :-!.
poradi(E,[X|T],N) :- poradi(E,T,M), N is M+1.
```

Závody gymnastek (permutacemi) –závod1.pro

```
%permutuj Jmena a Prijmeni (ta jsem popsal jen pocatecnimi pismeny)
vitez :- perm([j,l,m,v],J), perm([b,d,j,s],P),
    J=[J1,J2,J3,J4], P=[P1,P2,P3,P4],
% sob se nejmenuje ver    sob se nejmenuje jir
    poradi(s,P,N1),poradi(v,J,N2), N1\=N2, poradi(j,J,N3), N1\=N3,
%jun neni mon    jun neni jir
    poradi(j,P,N4),poradi(m,J,N5), N4\=N5, N4\=N3,
%bradla nevyhrala vera ani dvorak. ani sobotk
    J1\=v, P1\=d, P1\=s,
%preskok nevyhrala vera ani lud. ani dvorak, ani sobotk
    J3\=v, J3\=l, P3\=d, P3\=s,
%prostna nevyhrala monika
    J4\=m,
    write(J),write(P).
```

Nedeterministický automat



koncovy(s4).

prechod(s1, a, s2).

prechod(s2, a, s2).

prechod(s2, b, s2).

prechod(s2, a, s3).

prechod(s3, b, s4).

Nedeterministický automat

```
akceptuje(S, [ ]) :- koncovy(S).
akceptuje(S, [H|Z]) :- prechod(S, H, S1),
                       akceptuje(S1, Z).
go(PocStavy, Vstup) :- member(S, PocStavy),
                       akceptuje(S, Vstup).
```

Akceptuje slovo abab ?

?-go([s1, s3], [a,b,a,b]).

Akceptuje ze stavu s1 třípísmenové slovo ?

?- akceptuje(s1,[X,Y,Z]).

Z jakého stavu lze akceptovat slovo ab ?

?-akceptuje(S, [a,b]).

Skákání koně

Heuristika – jdi nejdříve do špatně přístupných míst

1. Zjisti místa, kam lze táhnout
2. Bylo-li provedeno 63 tahů, vypiš cestu a skonči
3. Nelze-li nikam táhnout vrať se a zkus další alternativu
4. Zjisti, kolik alternativ tahů je z každého z těchto míst
5. Jdi do místa s nejmenším počtem dalších alternativ
6. Opakuj od 1. bodu

Cestou bude seznam tahů tvaru:

[x1/y1, x2/y2, ... , x63/y63]

Skákání koně - – 94skokkone.pro

```
go(X,Y)              :-skoky([X/Y],63).

skoky([_/_|Z],0)   :-write(Z).
skoky([X/Y|Z],J)   :-
                findall(X1/Y1,gen(X1,Y1,X,Y,Z),L),
                min(L,XM,YM,Z),
                [X/Y|Z]=Z1,
                I is J-1,
                skoky([XM/YM|Z1],I).
```

Skákání koně - – 94skokkone.pro

```
gen(X1,Y1,X,Y,Z) :-
        ((X1 is X+2,Y1 is Y+1,X1=<8,Y1=<8);
        (X1 is X+2,Y1 is Y-1,X1=<8,Y1>0);
        (X1 is X-2,Y1 is Y+1,X1>0,Y1=<8);
        (X1 is X-2,Y1 is Y-1,X1>0,Y1>0);
        (X1 is X+1,Y1 is Y+2,X1=<8,Y1=<8);
        (X1 is X-1,Y1 is Y+2,X1>0,Y1=<8);
        (X1 is X+1,Y1 is Y-2,X1=<8,Y1>0);
        (X1 is X-1,Y1 is Y-2,X1>0,Y1>0)),
       not(member(X1/Y1,Z)).
```

Skákání koně - – 94skokkone.pro

```
min(L,XM,YM,Z)      :- member(X/Y,L),
        findall(X1/Y1,gen(X1,Y1,X,Y,Z),L1),
        length(L1,N),
        asserta(uloz(X/Y/N)),
        fail.
min(L,XM,YM,Z)  :- sdruz([],M),!,
        qsort(M,M1),
        member(XM/YM/_,M1).

sdruz(U,V)    :- dalsi(X),!,sdruz([X|U],V).
sdruz(U,U).

dalsi(X/Y/N)  :- retract(uloz(X/Y/N)),!.
```

Skákání koně - – Qsortspe.pro

Pomocný predikát pro uspořádání počtu možných skoků

```
qsort([],[]).
qsort([A],[A]).
qsort([A|X],Y):-pod(A,X,POD),qsort(POD,S1),
        nad(A,X,NAD),qsort(NAD,S2),
        append(S1,[A|S2],Y).

pod(A,[],[]).
pod(A,[B|X],[B|Y]):- B=_/_/B1, A=_/_/A1,B1=<A1, pod(A,X,Y).
pod(A,[B|X],Y):- B=_/_/B1, A=_/_/A1, B1>A1, pod(A,X,Y).

nad(A,[],[]).
nad(A,[B|X],[B|Y]):- B=_/_/B1, A=_/_/A1, A1<B1, nad(A,X,Y).
nad(A,[B|X],Y):- B=_/_/B1, A=_/_/A1, A1>=B1, nad(A,X,Y).

append([],X,X).
append([A|B],X,[A|C]):-append(B,X,C).
```

Symbolické derivování – 95deriv.pro

Derivace x podle x je 1

```
d(X,X,1).
```

Derivace konstanty podle x je 0

```
d(T,X,0) :- atom(T) ; number(T).
```

Derivace souctu podle x je soucet derivací sčítanců dle x

```
d(U+V,X,DU+DV) :- d(U,X,DU), d(V,X,DV).

d(U-V,X,DU+ (-DV)) :- d(U,X,DU), d(V,X,DV).

d(-T,X,-R) :- d(T,X,R).

d(K*U,X,K*W) :- number(K), d(U,X,W).
```

Symbolické derivování – 95deriv.pro

```
d(U*V,X,B*U+A*V) :- d(U,X,A), d(V,X,B).

d(U/V,X,W) :- d(U*V^ (-1),X,W).

d(U^V,X,V*W*U^ (V+ (-1))) :- number(V), d(U,X,W).

d(U^V,X,Z*log(U)*U^V+V*W*U^ (V+ (-1))) :- d(U,X,W),
   d(V,X,Z).

d(log(T),X,R*T^ (-1)) :- d(T,X,R).
```

Symbolické derivování – 95deriv.pro

```
d(exp(T),X,R*exp(T)) :- d(T,X,R).

d(sin(T),X,R*cos(T)) :- d(T,X,R).

d(cos(T),X,-R*sin(T)) :- d(T,X,R).

d(tan(T),X,W) :- d(sin(T)/cos(T),X,W).
```

Program je vybaven ještě predikátem pro zjednodušení výsledných výrazů.

Celé se to vyvolá např.

```
?-go(x*(5+log(x^2)), x, Vysledek).
Vysledek = 2 * x * (x ^ 2) ^ -1 * x + (5 + log(x ^ 2))
```