

Logické programování s omezujícími podmínkami

Algebrogram

- Přiřad'te cifry 0, ... 9 písmenům S, E, N, D, M, O, R, Y tak, aby platilo:

$$\begin{array}{r} \bullet \quad \text{SEND} \\ + \text{MORE} \\ \hline \text{MONEY} \end{array}$$

- různá písmena mají přiřazena různé cifry
- S a M nejsou 0
- **Proměnné:** S,E,N,D,M,O,R,Y
- **Domény:** [1..9] pro S,M [0..9] pro E,N,D,O,R,Y
- **1 omezení pro nerovnost:** `all_distinct([S,E,N,D,M,O,R,Y])`
- **1 omezení pro rovnosti:**

$$\begin{array}{r} 1000*S + 100*E + 10*N + D \quad \text{SEND} \\ + \quad 1000*M + 100*O + 10*R + E \quad + \text{MORE} \\ \hline \# = 10000*M + 1000*O + 100*N + 10*E + Y \quad \text{MONEY} \end{array}$$

Jazykové prvky

Nalezněte řešení pro algebrogram

D O N A L D + G E R A L D = R O B E R T

● Struktura programu

```
algebrogram( Cifry ) :-  
    domain(...),  
    constraints(...),  
    labeling(...).
```

● Knihovna pro CLP(FD)

```
:- use_module(library(clpfd)).
```

● Domény proměnných

```
domain( Seznam, MinValue, MaxValue )
```

● Omezení

```
all_distinct( Seznam )
```

● Aritmetické omezení

```
A*B + C #= D
```

● Procedura pro prohledávání stavového prostoru

```
labeling([], [X1, X2, X3])
```

Algebrogram: řešení

```
:- use_module(library(clpfd)).
```

```
donald(LD):-
```

```
    % domény
```

```
    LD=[D,O,N,A,L,G,E,R,B,T],
```

```
    domain(LD,0,9),
```

```
    domain([D,G,R],1,9),
```

```
    % omezení
```

```
    all_distinct(LD),
```

```
        100000*D + 10000*O + 1000*N + 100*A + 10*L + D +
```

```
        100000*G + 10000*E + 1000*R + 100*A + 10*L + D
```

```
#= 100000*R + 10000*O + 1000*B + 100*E + 10*R + T,
```

```
    % prohledávání stavového prostoru
```

```
    labeling([],LD).
```

Plánování

Každý úkol má stanoven dobu trvání a nejdřívější čas, kdy může být zahájen. Nalezněte startovní čas každého úkolu tak, aby se jednotlivé úkoly nepřekrývaly.

Úkoly jsou zadány následujícím způsobem:

```
% uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec)
```

```
uko1(1,4,8,70).      uko1(2,2,7,60).      uko1(3,1,2,25).      uko1(4,6,5,55).  
uko1(5,4,1,45).      uko1(6,2,4,35).      uko1(7,8,2,25).      uko1(8,5,0,20).  
uko1(9,1,8,40).      uko1(10,7,4,50).     uko1(11,5,2,50).     uko1(12,2,0,35).  
uko1(13,3,30,60).    uko1(14,5,15,70).    uko1(15,4,10,40).
```

Kostra řešení:

```
uko1y(Zacatky) :- domeny(Uko1y,Zacatky,Doby),  
                  serialized(Zacatky,Doby),  
                  labeling([],Zacatky).
```

```
domeny(Uko1y,Zacatky,Doby) :- findall(uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec),  
                                         uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec), Uko1y),  
                                nastav_domeny(Uko1y,Zacatky,Doby).
```

Plánování: výstup

```
tiskni(Uko1y,Zacatky) :-
```

```
    priprav(Uko1y,Zacatky,Vstup),
```

```
    quicksort(Vstup,Vystup),
```

```
    nl, tiskni(Vystup).
```

```
priprav([],[],[]).
```

```
priprav([uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec)|Uko1y], [Z|Zacatky],
```

```
    [uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec,Z)|Vstup]) :-
```

```
    priprav(Uko1y,Zacatky,Vstup).
```

```
tiskni([]) :- nl.
```

```
tiskni([V|Vystup]) :-
```

```
    V=uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec,Z),
```

```
    K is Z+Doba,
```

```
    format('    ~d: \t~d..~d \t(~d: ~d..~d)\n',
```

```
        [Id,Z,K,Doba,MinStart,MaxKonec] ),
```

```
    tiskni(Vystup).
```

Plánování: výstup II

```
quicksort(S, Sorted) :- quicksort1(S,Sorted-[]).
```

```
quicksort1([],Z-Z).
```

```
quicksort1([X|Tail], A1-Z2) :-  
    split(X, Tail, Small, Big),  
    quicksort1(Small, A1-[X|A2]),  
    quicksort1(Big, A2-Z2).
```

```
split(_X, [], [], []).
```

```
split(X, [Y|T], [Y|Small], Big) :- greater(X,Y), !, split(X, T, Small, Big).
```

```
split(X, [Y|T], Small, [Y|Big]) :- split(X, T, Small, Big).
```

```
greater(ukoř(?,?,?,Z1),ukoř(?,?,?,Z2)) :- Z1>Z2.
```

Plánování a domény

```
nastav_domeny([], [], []).
```

```
nastav_domeny([U|Uko1y], [Z|Zacatky], [Doba|Doby]) :-
```

```
    U=uko1(_Id,Doba,MinStart,MaxKonec),
```

```
    MaxStart is MaxKonec-Doba,
```

```
    Z in MinStart..MaxStart,
```

```
    nastav_domeny(Uko1y,Zacatky,Doby).
```


Plánování a precedence

Rozšiřte řešení předchozího problému tak, aby umožňovalo zahrnutí precedencí, tj. jsou zadány dvojice úloh A a B a musí platit, že A má být rozvrhováno před B.

```
% prec(IdA,IdB)
```

```
prec(8,7). prec(6,12). prec(2,1).
```

Pro zjištění parametrů úlohy lze použít např. `nth(N,Seznam,NtyPrvek)` z knihovny

```
:- use_module(library(lists)).
```

Plánování a precedence

Rozšiřte řešení předchozího problému tak, aby umožňovalo zahrnutí precedencí, tj. jsou zadány dvojice úloh A a B a musí platit, že A má být rozvrhováno před B.

```
% prec(IdA,IdB)
```

```
prec(8,7). prec(6,12). prec(2,1).
```

Pro zjištění parametrů úlohy lze použít např. `nth(N,Seznam,NtyPrvek)` z knihovny

```
:- use_module(library(lists)).
```

```
precedence(Zacatky,Doby) :-
```

```
    findall(prec(A,B),prec(A,B),P),
```

```
    omezeni_precedence(P,Zacatky,Doby).
```

```
omezeni_precedence([],_Zacatky,_Doby).
```

```
omezeni_precedence([prec(A,B)|Prec],Zacatky,Doby) :-
```

```
    nth(A,Zacatky,ZA), nth(B,Zacatky,ZB), nth(A,Doby,DA),
```

```
    ZA + DA #< ZB,
```

```
    omezeni_precedence(Prec,Zacatky).
```

Plánování a lidé

Modifikujte řešení předchozího problému tak, že

- odstraňte omezení na nepřekrývání úkolů
- přidejte omezení umožňující řešení každého úkolu zadaným člověkem (každý člověk může zpracovávat nejvýše jeden úkol)

```
% clovek(Id,IdUkoly) ... clovek Id zpracovává úkoly v seznamu IdUkoly  
clovek(1,[1,2,3,4,5]).  clovek(2,[6,7,8,9,10]).  clovek(3,[11,12,13,14,15]).
```

Plánování a lidé

Modifikujte řešení předchozího problému tak, že

- odstraňte omezení na nepřekrývání úkolů
- přidejte omezení umožňující řešení každého úkolu zadaným člověkem (každý člověk může zpracovávat nejvýše jeden úkol)

```
% clovek(Id,IdUkoly) ... clovek Id zpracovává ukoly v seznamu IdUkoly  
clovek(1,[1,2,3,4,5]).   clovek(2,[6,7,8,9,10]).   clovek(3,[11,12,13,14,15]).
```

```
lide(Zacatky,Doby,Lide) :-
```

```
    findall(clovek(Kdo,IdUkoly),clovek(Kdo,IdUkoly), Lide),  
           omezeni_lide(Lide,Zacatky,Doby).
```

```
omezeni_lide([],_Zacatky,_Doby).
```

```
omezeni_lide([Clovek|Lide],Zacatky,Doby) :-
```

```
    Clovek=clovek(_Id,IdUkoly),  
    omezeni_clovek(IdUkoly,Zacatky,Doby),  
    omezeni_lide(Lide,Zacatky,Doby).
```

Plánování a lidé (pokračování)

```
omezeni_clovek(IdUko1y,Zacatky,Doby) :-  
    omezeni_clovek(IdUko1y,Zacatky,Doby,[],[]).  
  
% omezeni_clovek(IdUko1y,Zacatky,Doby,ClovekZ,ClovekD)  
omezeni_clovek([],_Zacatky,_Doby,ClovekZ,ClovekD) :-  
    serialized(ClovekZ,ClovekD).  
  
omezeni_clovek([U|IdUko1y],Zacatky,Doby,ClovekZ,ClovekD) :-  
    nth(U,Zacatky,Z),  
    nth(U,Doby,D),  
    omezeni_clovek(IdUko1y,Zacatky,Doby,[Z|ClovekZ],[D|ClovekD]).
```

Plánování a lidé (pokračování)

```
omezeni_clovek(IdUkoly,Zacatky,Doby) :-  
    omezeni_clovek(IdUkoly,Zacatky,Doby,[],[]).  
  
% omezeni_clovek(IdUkoly,Zacatky,Doby,ClovekZ,ClovekD)  
omezeni_clovek([],_Zacatky,_Doby,ClovekZ,ClovekD) :-  
    serialized(ClovekZ,ClovekD).  
  
omezeni_clovek([U|IdUkoly],Zacatky,Doby,ClovekZ,ClovekD) :-  
    nth(U,Zacatky,Z),  
    nth(U,Doby,D),  
    omezeni_clovek(IdUkoly,Zacatky,Doby,[Z|ClovekZ],[D|ClovekD]).
```

Rozšiřte řešení problému tak, aby mohl každý člověk zpracovávat několik úkolů dle jeho zadané kapacity.

```
% clovek(Id,Kapacita,IdUkoly)  
clovek(1,2,[1,2,3,4,5]).  
clovek(2,1,[6,7,8,9,10]).  
clovek(3,2,[11,12,13,14,15]).
```

```

Tide(Zacatky,Doby,Lide) :-
    findall(clovek(Kdo,Kapacita,IdUkoly),clovek(Kdo,Kapacita,IdUkoly), Lide),
    omezeni_lide(Lide,Zacatky,Doby).

omezeni_lide([],_Zacatky,_Doby).
omezeni_lide([clovek(_Id,Kapacita,IdUkoly)|Lide],Zacatky,Doby) :-
    omezeni_clovek(IdUkoly,Kapacita,Zacatky,Doby),
    omezeni_lide(Lide,Zacatky,Doby).

omezeni_clovek(IdUkoly,Kapacita,Zacatky,Doby) :-
    omezeni_clovek(IdUkoly,Kapacita,Zacatky,Doby,[],[]).

omezeni_clovek([],Kapacita,_Zacatky,_Doby,ClovekZ,ClovekD) :-
    length(ClovekZ,Delka), listOf1(Delka,ListOf1),
    cumulative(ClovekZ,ClovekD,ListOf1,Kapacita).

omezeni_clovek([U|IdUkoly],Kapacita,Zacatky,Doby,ClovekZ,ClovekD) :-
    nth(U,Zacatky,Z), nth(U,Doby,D),
    omezeni_clovek(IdUkoly,Kapacita,Zacatky,Doby,[Z|ClovekZ],[D|ClovekD]).

listOf1(0,[]) :- !.
listOf1(D,[1|L]) :- D1 is D-1, listOf1(D1,L).

```