

## Logické programování s omezujícími podmínkami

## Algebrogram

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

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

- 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:**

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

Hana Rudová, Logické programování I, 4. května 2012

2

Omezující podmínky

## 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( [D,O,N,A,L,G,E,R,B,T] ) :-
    domain(...),                % domény proměnných
    all_distinct(...), ... #= ..., % omezení
    labeling(...).               % prohledávání stavového prostoru
```

- 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([],Seznam)`

Hana Rudová, Logické programování I, 4. května 2012

3

Omezující podmínky

## Algebrogram: řešení

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

```
dona1d(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),
    10000*D + 10000*O + 1000*N + 100*A + 10*L + D +
    10000*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).
```

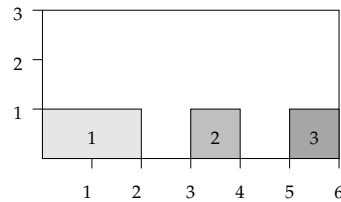
Hana Rudová, Logické programování I, 4. května 2012

4

Omezující podmínky

## Disjunktivní rozvrhování (unární zdroj)

- `cumulative([task(Start, Duration, End, 1, Id) | Tasks])`
- Rozvržení úloh zadaných startovním a koncovým časem (Start,End), dobou trvání (**nezáporné** Duration) a identifikátorem (Id) tak, aby se nepřekrývaly
  - příklad s konstantami:  
`cumulative([task(0,2,2,1,1), task(3,1,4,1,2), task(5,1,6,1,3)])`



- Start, Duration, End, Id musí být doménové proměnné s konečnými mezemi nebo celá čísla

## Plánování: výstup

```
tiskni(Ukoly,Zacatky) :-
    priprav(Ukoly,Zacatky,Vstup),
    quicksort(Vstup,Vystup),
    nl, tiskni(Vystup).

priprav([],[],[]).
priprav([uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec)|Ukoly], [Z|Zacatky],
        [uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec,Z)|Vstup]) :-
    priprav(Ukoly,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

Každý úkol má stanoven dobu trvání a nejdřívejší 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(Ukoly,Zacatky,Tasks),
                  cumulative(Tasks),
                  labeling([],Zacatky),
                  tiskni(Ukoly,Zacatky).

domeny(Ukoly,Zacatky,Tasks) :- findall(uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec),
                                         uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec), Ukoly),
                                nastav_domeny(Ukoly,Zacatky,Tasks).
                                6
```

## 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(uko1(_,_,_,_,Z1),uko1(_,_,_,_,Z2)) :- Z1>Z2.
```

## Plánování a domény

Napište predikát `nastav_domeny/3`, který na základě datové struktury `[uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec)|Uko1y]` vytvoří doménové proměnné `Zacatky` pro začátky startovních dob úkolů a strukturu `Tasks` vhodnou pro omezení `cumulative/1`, jejíž prvky jsou úlohy ve tvaru `task(Zacatek,Doba,Konec,1,Id)`.

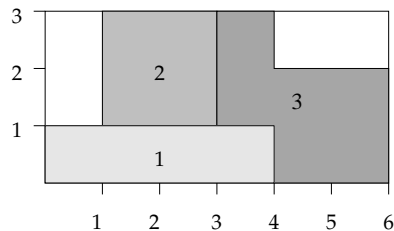
```
% nastav_domeny(+Uko1y,-Zacatky,-Tasks)

nastav_domeny([],[],[]).
nastav_domeny([uko1(Id,Doba,MinStart,MaxKonec)|Uko1y],[Z|Zacatky],
               [task(Z,Doba,K,1,Id)|Tasks]) :-
    MaxStart is MaxKonec-Doba,
    Z in MinStart..MaxStart,
    K #= Z + Doba,
    nastav_domeny(Uko1y,Zacatky,Tasks).
```

## Kumulativní rozvrhování

- `cumulative([task(Start,Duration,End,Demand,TaskId) | Tasks], [limit(Limit)])`
- Rozvržení úloh zadaných startovním a koncovým časem (`Start,End`), dobou trvání (**nezáporné** `Duration`), požadovanou kapacitou zdroje (`Demand`) a identifikátorem (`Id`) tak, aby se nepřekrývaly a aby celková kapacita zdroje nikdy nepřekročila `Limit`
- Příklad s konstantami:

```
cumulative([task(0,4,4,1,1),task(1,2,3,2,2),task(3,3,6,2,3),task(4,2,6,1,4)], [limit(3)])
```



## D.Ú. Plánování a precedence: precedences(Tasks)

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 určení úlohy v `Tasks` lze použít `nth1(N,Seznam,NtyPrvek)` z knihovny

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

precedence(Tasks) :- findall(prec(A,B),prec(A,B),P),
                    omezeni_precedence(P,Tasks).

omezeni_precedence([],_Tasks).
omezeni_precedence([prec(A,B)|Prec],Tasks) :-
    nth1(A,Tasks,task(ZA,DA,_KA,1,A)),
    nth1(B,Tasks,task(ZB,_DB,_KB,1,B)),
    ZA + DA #=< ZB,
    omezeni_precedence(Prec,Tasks).
```

## 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 tolik úkolů jako je jeho kapacita)

```
uko1y(Zacatky) :- % původně
                 domeny(Uko1y,Zacatky,Tasks),
                 cumulative(Tasks),
                 labeling([],Zacatky),
                 tiskni(Uko1y,Zacatky).
```

```
uko1y_lide(Zacatky) :- % upravená verze
                      domeny(Uko1y,Zacatky,Tasks),
                      lide(Tasks,Lide),
                      labeling([],Zacatky),
                      tiskni_lide(Lide,Uko1y,Zacatky).
```

## Plánování a lidé

```
% clovek(Id,Kapacita,IdUkoly)
% clovek Id zpracovává úkoly v seznamu 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]).

lide(Tasks,Lide) :-
    findall(clovek(Kdo,Kapacita,Ukoly),clovek(Kdo,Kapacita,Ukoly), Lide),
    omezeni_lide(Lide,Tasks).

omezeni_lide([],_Tasks).
omezeni_lide([clovek(_Id,Kapacita,UkolyCloveka)|Lide],Tasks) :-
    omezeni_clovek(UkolyCloveka,Kapacita,Tasks),
    omezeni_lide(Lide,Tasks).
```

## Plánování a lidé (pokračování)

Napište predikát `omezeni_clovek(UkolyCloveka,Kapacita,Tasks)`, který ze seznamu `Tasks` vybere úlohy určené seznamem `UkolyCloveka` a pro takto vybrané úlohy sešle omezení `cumulative/2` s danou kapacitou člověka `Kapacita`.

Pro nalezení úlohy v `Tasks` lze použít `nth1(N,Tasks,NtyPrvek)` z knihovny

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

```
omezeni_clovek(UkolyCloveka,Kapacita,Tasks) :-
    omezeni_clovek(UkolyCloveka,Kapacita,Tasks, []).

omezeni_clovek([],Kapacita,_Tasks,TasksC) :-
    cumulative(TasksC,[limit(Kapacita)]).
omezeni_clovek([U|UkolyCloveka],Kapacita,Tasks,TasksC) :-
    nth1(U,Tasks,TU),
    omezeni_clovek(UkolyCloveka,Kapacita,Tasks,[TU|TasksC]).
```