

Logické programování s omezujícími podmínkami

Algebrogram

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

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

- 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( [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)`

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).
```

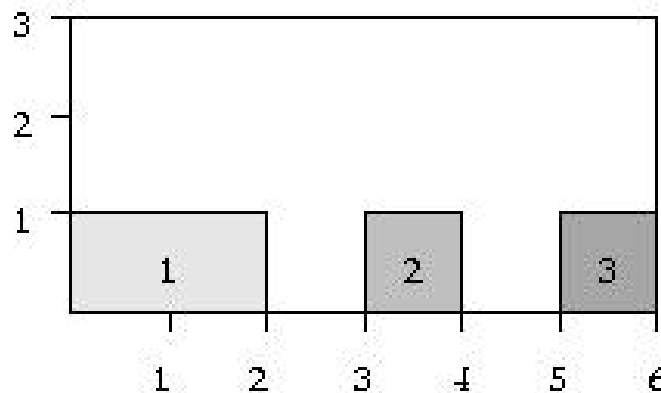
Disjunktivní rozvrhování (unární zdroj)

- `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

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

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,Tasks),  
                  cumulative(Tasks),  
                  labeling([],Zacatky),  
                  tiskni(Uko1y,Zacatky).
```

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

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

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)
```

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).
```

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

Rozšířte 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)).
```

D.Ú. Plánování a precedence: precedence(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).
```

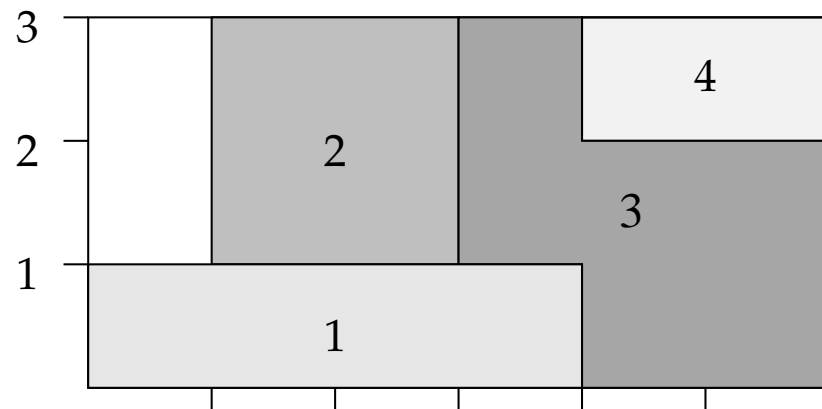
Kumulativní rozvrhování

- `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

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)])
```



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]).
```

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]).

Tide(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)).`

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]).
```