Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Informática
INF05023 - Planejamento em Inteligência Artificial

Lista de Exercícios Três

Felipe Zorzo Pereira
João Vitor de Camargo

Porto Alegre, Junho de 2019

Exercício 1

a)

i) Suponha que temos 3 buracos (A, B e C) um do lado do outro e apenas uma bola. As únicas ações possíveis são mover a bola para o buraco da direita (A é o buraco mais à esquerda, B é o do meio e C o mais à direita). A bola inicia no buraco A. O objetivo de nossa tarefa de planejamento Π_1 é ter uma bola em cada um dos buracos, o que é obviamente impossível, já que possuímos apenas uma bola. Abaixo a descrição em STRIPS da tarefa de planejamento Π_1, que é insolúvel.

$V = \{AT_A, AT_B, AT_C\}$
$I = \{AT_A\}$
$G = \{AT_A, AT_B, AT_C\}$
$A = \{MOVE_{AB}, MOVE_{BC}\}$

- $pre(MOVE_{AB}) = \{AT_A\}$; $add(MOVE_{AB}) = \{AT_B\}$; $del(MOVE_{AB}) = \{AT_A\}$; $cost(MOVE_{AB}) = 1$.
- $pre(MOVE_{BC}) = \{AT_B\}$; $add(MOVE_{BC}) = \{AT_C\}$; $del(MOVE_{BC}) = \{AT_B\}$; $cost(MOVE_{BC}) = 1$.

A tarefa de planejamento relaxada, entretanto, não possui os efeitos de deleção que indicam que a bola foi retirada do buraco da esquerda. Com isso, ao movermos a bola para a direita, é como se, magicamente, aparecesse uma nova bola no buraco de onde acabamos de tirar a bola. Portanto, com a sequência de ações $\{MOVE_{AB}, MOVE_{BC}\}$, atingimos o estado objetivo $\{AT_A, AT_B, AT_C\}$ com custo 2, já que cada movimento tem custo unitário. A tarefa relaxada Π_1^+ está abaixo:

$V = \{AT_A, AT_B, AT_C\}$
$I = \{AT_A\}$
$G = \{AT_A, AT_B, AT_C\}$
$A = \{MOVE_{AB}, MOVE_{BC}\}$

- $pre(MOVE_{AB}) = \{AT_A\}$; $add(MOVE_{AB}) = \{AT_B\}$; $del(MOVE_{AB}) = \varnothing$; $cost(MOVE_{AB}) = 1$.
- $pre(MOVE_{BC}) = \{AT_B\}$; $add(MOVE_{BC}) = \{AT_C\}$; $del(MOVE_{BC}) = \varnothing$; $cost(MOVE_{BC}) = 1$.

ii) Dizemos que um estado s' domina um estado s caso o conjunto das variáveis *true* em s esteja contido no conjunto das variáveis *true* em s'. Uma consequência de relaxarmos a tarefa de planejamento Π_2 é que seus estados dominarão os seus respectivos estados na tarefa original. Isso ocorre pois a diferença entre as duas tarefas é que, em Π_2^+, não temos mais os efeitos de deleção. De acordo com o *relaxation lemma*: dada uma sequência π de operadores aplicáveis em s, a mesma sequência π^+, mas com os operadores relaxados, é aplicável a s' (estado que domina s). Além disso, se π leva a um estado-objetivo a partir do estado s, então π^+ leva a um estado objetivo a partir de s'. Portanto, é impossível que Π_2 tenha uma solução de tamanho 2, mas Π_2^+ não tenha qualquer solução.

iii) Podemos usar o mesmo problema descrito no exercício i, mas adicionando um novo buraco D, à direita de C, que também deve estar ocupado ao fim de nossa tarefa. Além dessa nova variável D que aparece no conjunto de variáveis V e no *goal* G, temos um novo operador $MOVE_{CD}$, de custo 2, já que o buraco C é mais profundo e requer mais esforço para que consigamos retirar a bola dele. Com isso, a tarefa Π_3 é:

$V = \{AT_A, AT_B, AT_C, AT_D\}$
$I = \{AT_A\}$
$G = \{AT_A, AT_B, AT_C, AT_D\}$
$A = \{MOVE_{AB}, MOVE_{BC}, MOVE_{CD}\}$

- $pre(MOVE_{AB}) = \{AT_A\}$; $add(MOVE_{AB}) = \{AT_B\}$; $del(MOVE_{AB}) = \{AT_A\}$; $cost(MOVE_{AB}) = 1$.
- $pre(MOVE_{BC}) = \{AT_B\}$; $add(MOVE_{BC}) = \{AT_C\}$; $del(MOVE_{BC}) = \{AT_B\}$; $cost(MOVE_{BC}) = 1$.
- $pre(MOVE_{CD}) = \{AT_C\}$; $add(MOVE_{CD}) = \{AT_D\}$; $del(MOVE_{CD}) = \{AT_C\}$; $cost(MOVE_{CD}) = 2$.

A relaxação Π_3^+ dessa tarefa, cuja sequência de ações $\{MOVE_{AB}, MOVE_{BC}, MOVE_{CD}\}$ atinge o estado-objetivo e tem custo ótimo igual a 4, é dada por:

$V = \{AT_A, AT_B, AT_C, AT_D\}$
$I = \{AT_A\}$
$G = \{AT_A, AT_B, AT_C, AT_D\}$
$A = \{MOVE_{AB}, MOVE_{BC}, MOVE_{CD}\}$

- $pre(MOVE_{AB}) = \{AT_A\}$; $add(MOVE_{AB}) = \{AT_B\}$; $del(MOVE_{AB}) = \varnothing$; $cost(MOVE_{AB}) = 1$.
- $pre(MOVE_{BC}) = \{AT_B\}$; $add(MOVE_{BC}) = \{AT_C\}$; $del(MOVE_{BC}) = \varnothing$; $cost(MOVE_{BC}) = 1$.
- $pre(MOVE_{CD}) = \{AT_C\}$; $add(MOVE_{CD}) = \{AT_D\}$; $del(MOVE_{CD}) = \varnothing$; $cost(MOVE_{CD}) = 2$.

iv) Tomemos com base a tarefa de planejamento proposta em i. Os buracos, agora, são nomeados com $H_0...H_i$, com H_0 sendo o buraco mais à esquerda e H_i, com $i > 1$, o buraco mais à direita. Nosso objetivo, agora, é ter uma bola em H_0 e outra em H_1. Quando conseguimos levar a nossa bola até H_i, ganhamos outra bola no buraco H_0 e podemos movimentar a nossa bola antiga para H_1. Cada movimento de bola custa 1. Com isso, obtemos a família de tarefas de planejamento que segue o modelo abaixo:

$V = \{H_0, H_1, H_2, H_3, ..., H_i\}$
$I = \{H_0\}$
$G = \{H_0, H_1\}$
$A = \{MOVE_{0,1}, MOVE_{1,2}, MOVE_{2,3}, \ldots, MOVE_{(i-1),i}, GetNewBall\}$

- Para cada k indo de 1 a i:
  $pre(MOVE_{(k-1),k}) = \{H_{k-1}\}$; $add(MOVE_{(k-1),k}) = \{H_k\}$; $del(MOVE_{(k-1),k}) = \{H_{k-1}\}$; $cost(MOVE_{(k-1),k}) = 1$.
- $pre(GetNewBall) = \{H_i\}$; $add(GetNewBall) = \{H_0, H_1\}$; $del(GetNewBall) = \{H_i\}$; $cost(GetNewBall) = 1$.

Com esse modelo para a família de tarefas de planejamento, o custo ótimo para a tarefa P_i será de i+1. Se relaxarmos o mesmo modelo, entretanto, o custo ótimo de P_i^+ será sempre 1, já que bastará que utilizemos o operador $MOVE_{0,1}$, de custo 1, para chegarmos no estado objetivo $\{H_0, H_1\}$. O modelo para a família de tarefas de planejamento relaxada é dado por:

$V = \{H_0, H_1, H_2, H_3, ..., H_i\}$

$I = \{H_0\}$

$G = \{H_0, H_1\}$

$A = \{MOVE_{0,1}, MOVE_{1,2}, MOVE_{2,3}, \dots, MOVE_{(i-1),i}, GetNewBall\}$

- Para cada k indo de 1 a i:
  $pre(MOVE_{(k-1),k}) = \{H_{k-1}\}$; $add(MOVE_{(k-1),k}) = \{H_k\}$; $del(MOVE_{(k-1),k}) = \varnothing$; $cost(MOVE_{(k-1),k}) = 1$.
- $pre(GetNewBall) = \{H_i\}$; $add(GetNewBall) = \{H_0, H_1\}$; $del(GetNewBall) = \varnothing$; $cost(GetNewBall) = 1$.

b) $h^*(I) = 6$

$h^+(I) = 4$

O *Relaxed Task Graph* criado para o exercício se encontra no arquivo Relaxed_Task_Graph.png. Nele, a cor **vinho** representa h^{max}, enquanto a cor **azul** representa h^{add}. Com base nesse grafo, temos:

$h^{max}(I) = 2$

$h^{add}(I) = 6$

A relaxação da tarefa de planejamento dada é descrita por:

$V = \{AT_0, AT_1, AT_2, AT_3, AT_4, VISITED_0, VISITED_1, VISITED_2, VISITED_3, VISITED_4\}$

$I = \{AT_2, VISITED_2\}$

$G = VISITED_0 \land VISITED_1 \land VISITED_2 \land VISITED_3 \land VISITED_4$

$O = \{MOVE_{i,i+1}, MOVE_{i+1,i}\}$ para todo i de 0 a 3.

Para todo $MOVE_{j,k}$:

- $pre(MOVE_{j,k}) = AT_j$
- $eff(MOVE_{j,k}) = AT_k \land VISITED_k$
- $cost(MOVE_{j,k}) = 1$

c) czorzo