Planejamento - representação de problemas que envolvem tempo de duração e alocação de recursos para as ações

Andréia Cristina G. Machion
IME -USP
amachioni@ime.usp.br

<u>Objetivo</u>: apresentar uma modelagem preliminar para um problema real de *scheduling* de uma montadora, de acordo com as restrições impostas de tempo e recursos, utilizando abordagem de Planejamento em Inteligência Artificial.

A representação de problemas de planejamento - estados, ações e objetivos - deve ser de tal maneira que permita aos algoritmos de resolução tirar alguma vantagem da estrutura lógica desse tipo de problema (Russel, 2002).
A representação STRIPS, devido ao fato de se basear na lógica, possui algumas limitações no que se refere ao limite de recursos e descrição da duração das ações, nela temos:

- representação dos estados: conjunção de literais positivos;
- representação dos objetivos: é um estado parcialmente especificado, também representado como uma conjunção de literais positivos, só que esses devem estar instanciados;
- representação das ações: uma ação pode ser especificada em termos das pré-condições que devem ser válidas para que ela possa ser executada e dos efeitos que ela pode causar, ou seja, a descrição de como um estado muda quando ela é executada.

Essa representação descreve *o que* as ações fazem, mas não tem expressividade o bastante para determinar *quando* elas devem ser executadas. No entanto, é possível acrescentar elementos que permitam descrever não só informações sobre as restrições de tempo mas também informações sobre o limite de recursos disponíveis para a realização das ações. Isso é possível acrescentando-se a duração na lista de efeitos da ação e também uma lista de recursos necessários para que a ação possa ser realizada. Um exemplo dessa extensão na representação STRIPS pode ser vista no esquema de ação abaixo:

Action (Ação1 (parâmetros ação1),
    PRECOND: *Lit_m (Par_m) ÷ Lit_n (Par_n) ÷ ...*
    EFFECT: *Lit_x (Par_x) ÷ Lit_y (Par_y) ÷ ... ÷ Duration (d)*
    RESOURCE: *Rec_a (Par_a) ÷ Rec_b (Par_b) ÷ ...*

O item *Duration (d)* significa que a ação *Ação1* dura *d* unidades de tempo, enquanto que a lista de recursos (RESOURCE) determina quais os recursos que estarão sendo utilizados durante toda a execução da ação.

O problema proposto para o desafio ROADEF 2005 - *"Car Sequencing Problem"* - consiste em determinar a seqüência de veículos num dia de produção de uma montadora, sabendo-se quais os carros que devem ser produzidos naquele dia sujeito às seguintes restrições:

- considerar somente as etapas de pintura e montagem final;
- na etapa de pintura
    - minimizar o consumo de solvente, que é utilizado cada vez que o equipamento de pintura carrega uma cor diferente de tinta
    - o equipamento passa pela limpeza com solvente depois de um número de pinturas realizadas, mesmo que não seja trocada a cor da tinta
- na etapa de montagem final
    - considerar que existem equipamentos a serem instalados que sobrecarregam a linha de montagem, portanto devem ser espaçados em pelo menos P-1 veículos um do outro, sendo que cada equipamento tem uma taxa própria P/N, onde N é o tamanho de uma janela de produção considerada

Para a modelagem desse tipo de problema é necessário a utilização de alguns recursos que a linguagem ADL (*Action Description Language*) provê tais como permitir disjunções, negações e quantificadores. A sistematização do formalismo sobre planejamento tem sido feito dentro de um padrão chamado *Planning Domain Definition Language*, ou PDDL, (Russel, 2003) que inclui sub-linguagens para representação STRIPS e ADL. Utilizando esse padrão, é possível utilizar símbolos funcionais o que pode reduzir o número de ações proposicionais. Além disso, é possível fazer uma modelagem mais próxima de problemas reais.

Utilizando esse padrão, uma modelagem preliminar para o problema proposto pelo desafio ROADEF pode ser:

```
(define (domain montadora)
(:requirements :typing :durative-actions :fluents)
(:types   carro - object
          pintura - locatable
          acabamento - locatable
          pecas livres - objeto
          pecas 1N - objeto
          pecas 2N - objeto
          pecas 3N - objeto
)

(:predicates    (disponivel ?x - object)       // peca para se colocada disponível
                (sujo ?x locatable)            // quando o revolver de pintura deve ser limpo
                (limpo ?x - locatable)         // depois que o revolver foi limpo
                (para a próxima ?x object) // carro pronto para a próxima estação na montagem
)

(:functions     (diminui capacidade ?x locatable)      // quantidade de carros já pintados
                (restaura capacidade ?x locatable)     // volta o revolver à capacidade total
)
(:durative-action montar_pecas_1N
:parameters (?x - object ?z - object)
:duration (= ?duration 2)
:condition (and (at start (disponivel ?z )) (at start (para a proxima ?x )))
:effect (and (at end (para a proxima ?x)) (at end (not (disponivel ?z)))

(:durative-action montar_pecas_2N
:parameters (?x - object ?z - object)
:duration (= ?duration 3)
:condition (and (at start (disponivel ?z )) (at start (para a proxima ?x )))
:effect (and (at end (para a proxima ?x)) (at end (not (disponivel ?z)))

(:durative-action montar_pecas_3N
:parameters (?x - object ?z - object)
:duration (= ?duration 4)
:condition (and (at start (disponivel ?z )) (at start (para a proxima ?x )))
:effect (and (at end (para a proxima ?x)) (at end (not (disponivel ?z)))

(:durative-action montar_pecas_livres
:parameters (?x - object ?z - object)
:duration (= ?duration 4)
:condition (and (at start (disponivel ?z )) (at start (para a proxima ?x )))
:effect (and (at end (para a proxima ?x)) (at end (not (disponivel ?z)))
```

```
(:action pintar
:parameters (?c - object ?p - locatable)
:precondition (and (limpo ?p))
:effect (and (at end (para a proxima ?x))) (diminui capacidade (p) 1))
)

(:action limpar revolver
:parameters (?p - locatable)
:precondition (and (sujo ?p))
:effect (and (at end (limpo ?p))) (restaura capacidade (p) 10))
)
```

Observações:

- ainda não está muito clara a idéia de como implementar o intervalo entre as pecas do tipo P/N
- também o funcionamento das funções do tipo diminui capacidade não está muito firme.

Acredito que discutindo com a turma em sala seja possível dar uma boa melhorada nessa modelagem