



Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (MEEC)  
Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (LEEC)  
Licenciatura em Engenharia Aeroespacial (LEA)  
Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Instituto Superior Técnico

## Inteligência Artificial e Sistemas de Decisão 2003/2004

2<sup>o</sup> Exame

09/Fevereiro/2004

### Notas:

- O exame tem a duração de 3h00m.
- Preencha cuidadosamente o cabeçalho da folha de exame e identifique todas as restantes folhas utilizadas.
- Leia calmamente todo o enunciado e comece a responder às perguntas que lhe pareçam mais acessíveis.
- Justifique claramente todas as respostas dadas.
- Os alunos que queiram desistir só o poderão fazer após ter decorrido uma hora de exame.

**Boa Sorte!**

- 
1. [2.5] O conceito “Tropismo” significa a tendência de um animal ou planta para agir em resposta a um estímulo externo.
- (a) Indique justificadamente a estrutura de agente inteligente que melhor se adequa a um agente “tropista”.
  - (b) Considere o problema do Mundo do Ouro, o qual consiste num conjunto de células interligadas por caminhos. No mundo existe uma carreta e uma barra de ouro, colocadas em determinadas células. O objectivo passa por movimentar a carreta de célula em célula através dos caminhos, encontrar a barra de ouro, carregá-la na carreta, transportá-la para uma determinada célula e descarregá-la. A figura 1 representa um estado possível do Mundo do Ouro. Pretende-se que desenvolva um agente tropista que resolva o problema, assumindo que a carreta está inicialmente colocada na célula superior esquerda, e que o destino para o ouro é a célula inferior direita. Assuma ainda que os sensores disponíveis permitem ao agente saber em que célula está e qual a posição da barra de ouro relativamente à carreta (dentro ou fora) quando ambas se encontram na mesma célula. Em termos de actuação, escolha as acções de movimentação e manipulação da barra de ouro que julgar mais convenientes.
  - (c) Supondo que os sensores do agente lhe não permitem saber em que célula se encontra, discuta se um agente tropista seria suficiente. Em caso afirmativo indique as alterações necessárias. Caso o não seja, proponha justificadamente uma outra estrutura de agente.

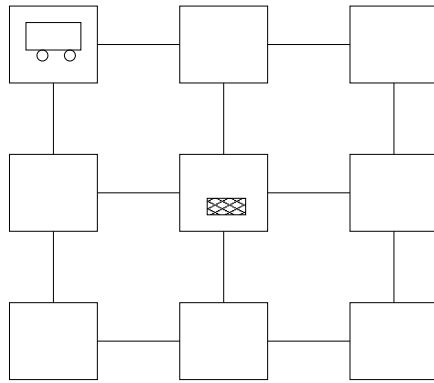


Figure 1: Exemplo de um estado do Mundo do Ouro

2. [1.5] Considere o dilema de decidir se se estuda até tarde para um exame, e a rede bayesiana apresentada na figura 2.

- (a) Construa um problema de representação de conhecimento sob incerteza que possa ser representado através da rede bayesiana fornecida, identificando claramente os eventos aleatórios representados pelas variáveis aleatórias indicadas e discutindo as probabilidades respectivas.
- (b) Determine as probabilidades:
  - i.  $P(Study, Sleep, \neg Know, Pass)$
  - ii.  $P(Study, Sleep, Pass)$

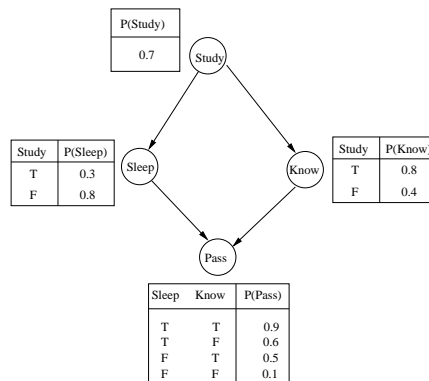


Figure 2: Rede bayesiana

3. [3]

(a) Considere as seguintes fórmulas:

$$C = True \Rightarrow Q(A, B)$$

$$C_1 = P(x, y) \Rightarrow Q(x, y)$$

$$C_2 = True \Rightarrow \phi$$

Indique justificadamente qual deve ser a fórmula  $\phi$  sabendo que  $C$  é obtida aplicando o princípio da resolução a  $C_1$  e  $C_2$ .

(b) Considere as seguintes expressões em Linguagem Natural:

“Todos os meus filhos são magros”

“Ninguém que não faça exercício é saudável”

“Os glutões são sempre gordos”  
“Nenhuma filha minha faz qualquer exercício”

Mostre por resolução que “todos os glutões que são minhas crianças não são saudáveis”.  
Nota: pode necessitar de outro conhecimento que não esteja explícito no enunciado.

4. [2.5] Considere o seguinte problema: diz-se que uma colecção de rainhas cobre totalmente um tabuleiro (tipo xadrez) se qualquer posição do tabuleiro tiver ou esteja a ser atacada por uma rainha (esta move-se na horizontal, vertical ou diagonal, um qualquer número de posições). O problema consiste em encontrar o número mínimo de rainhas que cobre totalmente um tabuleiro de  $k \times k$ .
- (a) Explique como resolveria este problema utilizando técnicas de procura em espaço de estados, destacando em particular a representação de estado, os operadores, os estados inicial e final, e a função de custo.
  - (b) Com base na resposta anterior, discuta justificadamente qual dos algoritmos de procura não informada estudados escolheria para resolver o problema.
  - (c) Caso se pretendesse aplicar um algoritmo de procura informada, proponha uma heurística para este problema (a admissibilidade da heurística não é uma exigência, mas este aspecto deve ser tido em conta na defesa da heurística proposta).

5. [2]

- (a) Suponha que as fórmulas  $\forall_x G(x) \Rightarrow R(x)$  e  $\exists_x G(a)$  pertencem a uma base de conhecimento  $KB_1$ . Indique justificadamente se a expressão seguinte é correcta:

$$KB_1 \vdash \exists_z R(z)$$

- (b) Explique o significado (e as diferenças entre) das expressões seguintes:  $P \Rightarrow Q$ ,  $P \models Q$  e  $P \vdash Q$
- (c) Mostre usando o sistema de inferência de Dedução Natural a seguinte tautologia:

$$(Q \Rightarrow R) \Rightarrow ((P \vee Q) \Rightarrow (P \vee R))$$

6. [2]

- (a) Defina uma árvore de decisão para a função **paridade** assumindo 3 bits de *input*.
- (b) Suponha um problema de aprendizagem indutiva por árvores de decisão em que o objectivo é aprender uma função com três valores possíveis. Explique como alteraria o método, baseado nos conceitos da Teoria de Informação, de determinação da importância de cada atributo.

7. [2] Escreva em Lógica de Predicados fórmulas que representem as seguintes frases em Linguagem Natural:

- (a) A avó da Maria gosta de qualquer avó;
- (b) Nem todos os estudantes frequentam simultaneamente História e Biologia;
- (c) Apenas um estudante reprovou a Biologia;
- (d) Ninguém gosta de um professor a menos que este seja inteligente.
- (e) Existe um barbeiro que barbeia todos os homens que não fazem a barba a si próprios.

8. [2.5]

- (a) No contexto do Cálculo Situacional a expressão seguinte denota (justifique a resposta):

$$Result(a_3, (Result(a_2, (Result(a_1, s_0))))))$$

- i. uma acção;
  - ii. um termo em Lógica de Primeira Ordem;
  - iii. uma situação;
  - iv. (a) e (b);
  - v. (b) e (c).
- (b) Considere o mundo dos blocos com o universo de discurso constituído pelos blocos  $A$ ,  $B$  e  $C$ , a mesa  $M$  e situações. Assuma os predicados  $on(x, y, s)$ , representando que o bloco  $x$  está em cima do bloco  $y$  na situação  $s$ , o predicado  $clean(x, s)$  representando que o bloco  $x$  não tem nenhum bloco em cima na situação  $s$ , e  $block(x)$  representando que  $x$  é um bloco. Pode ainda, se achar necessário, utilizar outros predicados, como por exemplo,  $x = y$ , que é verdadeiro se  $x$  e  $y$  forem o mesmo objecto, e  $x \neq y$ , se forem diferentes.
- A única acção disponível é  $PutOn(x, y, s)$ , em que  $x$  deve ser um bloco, sem nenhum outro por cima, e  $y$  pode ser ou a mesa ou outro bloco sem nenhum outro por cima.
- Considere a situação inicial  $s_0$  com uma única pilha de blocos ( $A, B, C$ ) com  $C$  em cima da mesa.
- i. Escreva o(s) axioma(s) que descreve(m) as mudanças provocadas pela execução da acção  $PutOn$  — *effect axioms*, e o(s) axioma(s) que descreve(m) aquilo que não muda após a execução da acção — *frame axioms*.
  - ii. escreva as fórmulas que descrevem o estado inicial.
  - iii. escreva a fórmula a derivar que represente um estado final em que o bloco  $C$  não tem nenhum outro por cima. Indique um plano de acções que permite atingir o estado final.

9. [2]

- (a) Identifique e dê exemplos do funcionamento da função LISP seguinte:

```
(defun whatIdo (x)
  (cond
    ((null x))
    ((atom x) (list x))
    (t (append (whatIdo (car x)) (whatIdo (cdr x))))))
```

- (b) Escreva o predicado *presentp* em LISP que verifique a existência de um dado átomo em qualquer ponto de uma expressão (lista). Por exemplo,

```
> (presentp 'x '(sqrt (/ (+ (expt x 2) (expt y 2)) 2)))
T
> (presentp '* '(sqrt (/ (+ (expt x 2) (expt y 2)) 2)))
NIL
```

10. Questões relacionadas com o trabalho prático

- (a) Descreva resumidamente a forma como o seu grupo para o trabalho prático implementou o modelo de representação de fórmulas bem formadas na Lógica Proposicional.
- (b) Explique resumidamente uma das soluções apresentadas no relatório para melhorar a eficiência computacional do motor de inferência.