



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Inteligência Artificial e Sistemas de Decisão (IASD)

Exame final, 2008/2009

Segunda data

NOME: _____

NÚMERO:

- As respostas são dadas **exclusivamente** neste enunciado
- Leia atentamente cada pergunta antes de responder
- Justifique todas as respostas (excepto as de resposta múltipla)
- Este exame é para ser efectuado **sem** qualquer consulta adicional (na última página poderá encontrar um pequeno formulário)
- **Duração do exame: 3 horas**

1. [1 val] Sobre um plano de ordem parcial (POP) podemos afirmar que (mais do que uma resposta pode estar correcta)

- a um POP corresponde um e um só plano linear
- a um plano linear corresponde um e um só POP
- as acções de um POP podem ser executadas em qualquer ordem
- pode-se usar a linguagem STRIPS para formular um domínio POP
- a linguagem STRIPS não é suficientemente expressiva para ser usada em planeamento de ordem parcial

2. [1 val] Das expressões seguintes indique quais as que representam fórmulas bem formadas em lógica de primeira ordem (*notação*: predicados em maiúsculas e funções em minúsculas)

- $\forall_x a(x) \Rightarrow B(x)$
- $\forall_x P(x) \Rightarrow \exists_y Q(x, y)$
- $[\forall_x C(d(y))] \vee [\forall_y F(x)]$
- $\exists_x B(f(x)) \Leftrightarrow C(g(x, f(x)))$
- $\exists_y A(f(y)) \Rightarrow [B(f(f(y))) \vee C(f(y))]$

3. Considere um problema de procura em espaço de estados usando o algoritmo A*. Sabendo que o factor de ramificação é 4 e que o custo de um passo é unitário:

(a) [**2 val**] Determine os valores máximo e mínimo que o factor da ramificação *efectivo* pode tomar.

(b) [**2 val**] Considerando que uma determinada heurística apresenta um factor de ramificação efectivo na ordem dos 1.1, estime o número de nós gerados para uma profundidade 5.

(c) [**1 val**] Que critério deve a heurística obdecer de forma a garantir que a solução obtida é óptima (em termos de custo do caminho)?

(d) [**1 val**] Considere uma heurística h para este problema. Sabendo que h satisfaz

$$h(n) \leq h(n') + 1$$

para qualquer nó n' sucessor de um nó n , podemos afirmar que esta heurística é admissível?

4. Determine o unificador mais geral para os seguintes pares de literais:

(a) [0.5 val] $P(x, y), \quad P(A, A)$

(b) [0.5 val] $Q(x, y, y), \quad Q(B, B, z)$

(c) [0.5 val] $R(F(x), F(F(x)), x), \quad R(z, F(y), C)$

(d) [0.5 val] $S(x, y), \quad S(G(D), G(z))$

(e) [0.5 val] $+(S(S(S(0))), S(S(S(S(0))))), \quad +(x, S(x))$

5. O avião Airbus A320 dispõe de dois motores *turbofan*. A probabilidade de conseguir aterrar este avião só com um motor é de 80%, sendo nula com ambos os motores inoperacionais e 99.99% com ambos operacionais. Em condições normais, cada motor tem uma probabilidade de 1 em 100 de avariar irreversivelmente durante o voo. Esta probabilidade sobe 10 vezes no caso da ocorrência de um ataque de pássaros (*bird strike*). Outro factor que afecta a probabilidade de cada motor falhar é a idade: considere que um motor antigo tem duas vezes mais probabilidades de falhar do que o normal. Considere o efeito destes dois factores cumulativo, *i.e.*, um motor antigo, perante um ataque de pássaros, tem uma probabilidade de 20% de falhar.

- (a) [2 val] Considerando os eventos abaixo listados

LAND — aterragem bem sucedida

E1 (ou **E2**) — motores 1 (ou 2) operacionais

BIRDS — ataque de pássaros (*bird strike*)

AGE — avião antigo

desenhe uma árvore de Bayes que represente este problema.

- (b) [2 val] Explícite todas as tabelas de probabilidade condicional associadas a esta rede.

6. Considere um espaço de trabalho dividido numa grelha 5 por 5, representando posições possíveis para um robot. Cada posição corresponde a um estado (x, y) de um processo de decisão de Markov (MDP), com 4 acções, cada uma para se movimentar para uma das células vizinhas: $\{N, S, W, E\}$, N=cima, S=baixo, W=esquerda e E=direita. Quando uma acção é executada, há uma probabilidade de 70% desta ser bem sucedida; caso contrário, o robot mantém a sua posição. Na figura abaixo representam-se os valores da utilidade para cada um dos estados.

5	1.1	1.1	1.2	1.3	1.2
4	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2
3	1.1	1.3	1.3	1.5	1.4
2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
1	1.0	1.1	1.1	1.3	1.0
	1	2	3	4	5

- (a) [1 val] Explícite a função de transição para o estado assinalado.

- (b) [2 val] Obtenha a política óptima para o estado assinalado.

(c) [1 val] Sabendo que a recompensa no estado assinalado é nula, determine o factor de desconto.

(d) [1.5 val] Repita a alínea (b) para um outro estado à sua escolha, e calcule a recompensa para esse estado.

Formulário

$$N = 1 + b + \dots + b^d$$

$$U(s) = R(s) + \gamma \max_a \sum_{s'} T(s, a, s') U(s')$$

$$U_{i+1}(s) \leftarrow R(s) + \gamma \max_a \sum_{s'} T(s, a, s') U_i(s')$$

$$U^\pi(s) = R(s) + \gamma \sum_{s'} T(s, \pi(s), s') U^\pi(s')$$

$$\pi^*(s) = \arg \max_a \sum_{s'} T(s, a, s') U(s')$$