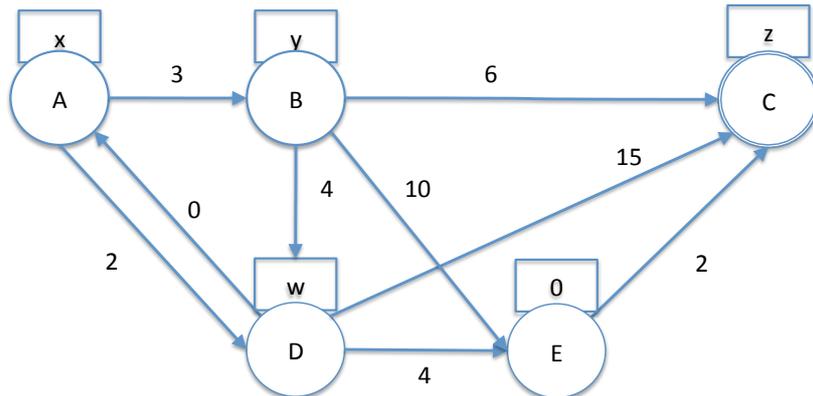


REPESCAGEM 1º TESTE: responder a I.1, I.2, I.3, I.4 e I.5 e todo o grupo II.
REPESCAGEM 2º TESTE: responder a I.6, I.7, I.8, I.9 e I.10 e todo o grupo III.

GRUPO I

I.1) Considere o seguinte grafo de estados de um problema de procura. Os valores apresentados nos arcos correspondem ao custo do operador (ação) respectivo, enquanto os valores nos rectângulos correspondem ao valor da heurística. O estado objectivo é o C. Não se representam os nomes dos operadores, correspondendo cada arco a um operador distinto. Indique **UMA** combinação de valores para w , x , y e z de forma a que a heurística seja consistente (e logo admissível), justificando. Quando possível, os valores para w , x , y e z deverão ser não nulos.



I.2) Considere novamente o grafo da questão 1. Simule a execução do algoritmo de procura A* em **grafos**, partindo do estado inicial A e assumindo que $w=2$, $x=7$, $y=10$ e $z=0$. Deve explicitar os conteúdos das estruturas de dados auxiliares ao longo das iterações do algoritmo, colocando entre parêntesis o valor da função de avaliação para cada nó na lista. Indique a solução obtida, assim como o seu custo, e diga se a solução encontrada é ótima.

I.3) Sejam X , Y , W e Z variáveis discretas com domínios $\{0,1,2,3\}$, $\{0,1\}$, $\{1,2\}$ e $\{1,2\}$ respectivamente. Sabe-se ainda que $X = f(Y)$, $Z = g(Y)$, $\text{abs}(W-Z) = 1$, $X > W$ e $X > Z$. Qual a variável que seria afectada em primeiro lugar pelo algoritmo de procura com retrocesso cronológico com heurística da variável mais constrangida e desempate baseado no número de restrições.

I.4) Pretende-se maximizar a função $f(x,y)=(x-3)^2+(y-2)^2$ recorrendo ao algoritmo trepa-colinas em que x e y tomam valores inteiros entre 0 e 10. Seja (3,4) a configuração inicial e as vizinhanças de uma configuração (x,y) obtidas por variação (incremento ou decremento) de x e/ou y de uma unidade. Indique quais as configurações para onde se pode transitar a partir da configuração inicial dada (ou seja, com uma iteração do algoritmo).

I.5) Considerem-se as seguintes cláusulas em lógica proposicional: $\sim r \vee s \vee p$; $p \vee s$; $\sim r \vee \sim p$; $p \vee q$; $\sim p \vee \sim q$. Recorrendo ao algoritmo de Davis-Putnam demonstre que a teoria formada por essas cláusulas é satisfazível, indicando a interpretação e explicando como é obtida pelo referido algoritmo.

15/JAN/2013 – Inteligência Artificial (Exame de Recurso) – Versão C

I.6) Considere um programa em smodels que recorre aos predicados *peessoa/1*, *país/1*, *idioma/1*, *habitante/2* e *fala/2*. Num modelo, uma instância do predicado *peessoa/1*, *país/1* e *idioma/1* indica que o seu argumento é, respectivamente, uma pessoa, um país, e um idioma. Uma instância *habitante(X,Y)* indica que a pessoa X é habitante do país Y (para instâncias concretas de X e Y) e uma instância *fala(P,I)* que a pessoa P fala o idioma I (para instâncias concretas de P e I). Uma pessoa pode fala pelo menos uma língua, podendo falar várias. Represente na linguagem smodels as seguintes restrições que pretendemos impor a todos os modelos do programa: (1) existe um país em que todos os habitantes falam inglês; (2) todos os países têm pelo menos dois habitantes que falam português. Pode utilizar predicados auxiliares caso entenda necessário e recorra às constantes **pt** e **en** para denotar os idiomas “português” e “inglês.”

I.7) Seja P o programa em lógica na linguagem smodels apresentado abaixo. Indique um modelo estável do programa justificando através da sua definição.

```

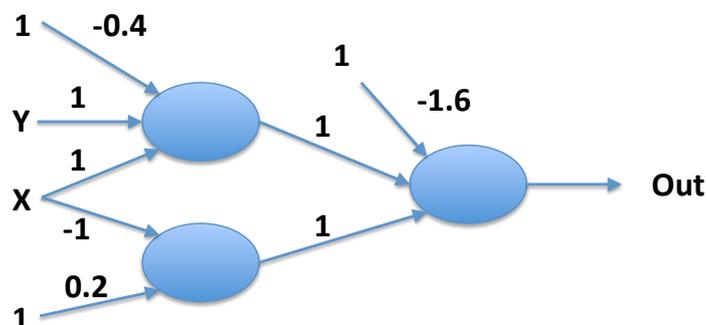
a :- not b.           c :- not d, not e.       x :- not a.
b :- not a.           d :- not c, not e.       x :- e.
                     e :- not c, not d.       x :- a, d.
                                         y :- x, not y.
    
```

I.8) Seja T a teoria em lógica de primeira ordem formada pelas seguintes três fórmulas: $\exists y \forall x [p(x) \vee q(y)]$, $\forall x [\neg p(x) \vee \neg q(x)]$ e $\forall x [(q(x) \wedge r(x)) \Leftrightarrow p(x)]$. Recorra ao método de resolução para demonstrar se a fórmula $[\exists z (\neg r(z))]$ é ou não uma consequência lógica de T, explicitando as unificações efectuadas.

I.9) Considere os operadores STRIPS descritos na tabela abaixo. Assuma que x é verdadeiro inicialmente. Indique se o plano sequencial A, A, D, B, C permite atingir um estado objectivo em que b, c e d são verdadeiros. Justifique a sua resposta simulando a execução do plano a partir do estado inicial explicitado.

Ação	A	B	C	D
Precondições	x	y	b	y
Efeitos	y	c, d, ~ b	c	a, b, ~c

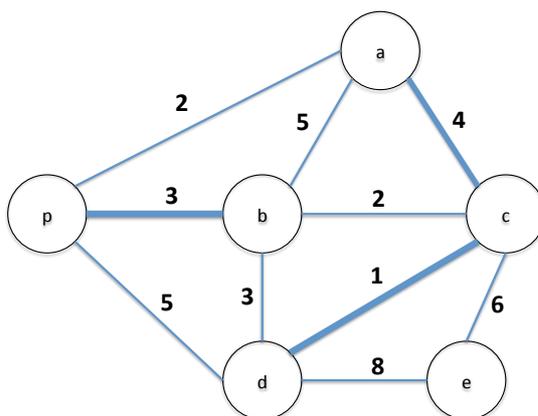
I.10) Considere a rede neuronal apresentada na figura seguinte com variáveis de entrada booleanas X e Y e de saída **Out** tomando os valores 0 (falso) e 1 (verdadeiro). A função de ativação é a função limiar definida por $limiar(x) = 1$ sse $x \geq 0$, e $limiar(x) = 0$ caso contrário. Apresenta uma rede neuronal equivalente com menos neurónios, justificando.



GRUPO II

Um carteiro tem um conjunto de ruas a visitar a pé para entregar o correio, saindo do posto de correios e voltando lá no final da sua ronda. Obviamente, o carteiro pretende minimizar a distância percorrida e não percorrer as ruas mais do que uma vez. Formalmente, seja G um grafo não dirigido com vértices V e arestas E . Cada vértice representa um local e cada aresta uma rua. A função c com domínio E permite saber para cada rua $r \in E$ o seu comprimento $c(r)$ (um número inteiro superior a 0). Considere ainda o subconjunto de arestas $R \subseteq E$ de ruas que o carteiro tem de obrigatoriamente visitar e seja $p \in V$ o vértice correspondente à estação de correios.

Abaixo pode encontrar uma instância do problema com $V = \{a,b,c,d,e,p\}$ e $E = \{ \{p,a\}, \{p,b\}, \{p,d\}, \{a,b\}, \{a,c\}, \{b,c\}, \{b,d\}, \{c,d\}, \{d,e\}, \{c,e\} \}$, com comprimentos indicados na figura, por exemplo $c(\{p,a\}) = 2$. As ruas obrigatoriamente a visitar $R = \{ \{p,b\}, \{a,c\}, \{c,d\} \}$ encontram-se representadas a traço mais grosso.



A sequência $\{p,b\}, \{b,a\}, \{a,c\}, \{c,d\}, \{d,p\}$ de custo $3+5+4+1+5=18$ é claramente uma solução, pois:

- Parte do vértice p e termina em p ;
- Todas as arestas de R foram visitadas;
- Não existem arestas repetidas no caminho percorrido.

Também não é a solução ótima pois a sequência $\{p,a\}, \{a,c\}, \{d,b\}, \{b,p\}$ tem custo inferior.

II.1) Indique qual a dimensão máxima do espaço de estados em função de parâmetros do grafo.

II.2) Formule claramente o problema para ser resolvido recorrendo a algoritmos de procura em espaço de estados, indicando o estado inicial, teste de estado objectivo e função que devolve os sucessores de um estado, não esquecendo de indicar o custo dos operadores. A formulação deve funcionar para qualquer problema deste tipo e não apenas para a instância em concreto.

NOTA: Não é necessário apresentar qualquer código Java, desde que fique perfeitamente claro e sem ambiguidades como definiria e implementaria cada um dos itens da alínea.

II.3) Considere cada uma das seguintes funções heurísticas descritas abaixo. Indique quais delas garantem a obtenção de uma solução ótima pelo algoritmo A^* de procura em árvores para a classe de problemas descrita. Justifique sucintamente a sua resposta, quer para os casos de garantia quer para as situações de não garantia.

- a) O número de arestas de E ainda não visitadas.
- b) A soma dos comprimentos de arestas em R ainda não visitadas.
- c) O valor de $\max \{ d_r \mid r \in R \}$ em que para uma aresta $r=\{x,y\}$ o valor d_r é o mínimo da distância de x ou de y ao posto de correios p .
- d) A soma dos valores de b) e c).

II.4) Implementou num dos trabalhos práticos um algoritmo genético para resolver um problema com semelhanças a este. Indique qual é no seu entender a maior dificuldade na adaptação do seu trabalho para resolver o problema descrito neste grupo, justificando.

GRUPO III

Uma instituição de crédito pretende desenvolver uma Rede de Bayes para determinar a probabilidade dos seus clientes pagarem o cartão de crédito. Cerca de 10% dos seus clientes têm prestações em atraso e 60% dos clientes são homens. Dos seus clientes masculinos, cerca de 10% estão desempregados enquanto que 15% das mulheres estão desempregadas. O risco do cliente pode ser elevado, médio ou baixo, sabendo-se que:

- Se o cliente está desempregado e tem prestações em atraso então o risco do cliente é sempre elevado;
- Quando o cliente não tem prestações em atraso nem está desempregado, sabe-se que 50% dos clientes têm risco baixo. Caso contrário, o risco nunca é baixo;
- Se o cliente não está desempregado verifica-se que o risco do cliente é médio em 40% dos casos.
- Nas restantes situações onde falte informação, o risco é elevado para 80% dos clientes.

O cartão de crédito é sempre pago quando o risco é baixo e o cliente não tem prestações em atraso; na restante situação em que o risco é baixo, o cartão de crédito é pago em 80% dos casos. Nas situações de risco elevado o cartão de crédito é pago por 10% e 30% dos clientes, quando o cliente tem ou não tem prestações em atraso, respectivamente. As restantes situações são equiprováveis.

III.1) Modele a situação anterior com uma rede de Bayes, indicando as variáveis aleatórias, seus domínios, topologia da rede e tabelas de probabilidade condicionada.

III.2) Calcule a probabilidade do cliente estar desempregado, sabendo que o cartão de crédito não foi pago, o risco do cliente é elevado e é do sexo masculino.

III.3) Determine a probabilidade de simultaneamente o cliente não ter prestações em atraso, ser mulher, estar desempregada e ter pagado o cartão de crédito.

FIM