



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais

PCS 2059 - Inteligência Artificial

1a. Lista de Exercícios

Prof. Responsável: Jaime Simão Sichman

A. Introdução à IA

1. Descreva resumidamente o que é o Teste de Turing.

B. Representação por Espaço de Estados

2. Defina com suas próprias palavras os termos a seguir: estado, espaço de estados, árvore de busca, estado objetivo, função objetivo, ação, função sucessor e fator de ramificação. Exemplifique esses conceitos modelando aplicando-os ao problema das n rainhas.

C. Busca Cega

3. Faça uma análise comparativa entre *busca em profundidade* e *busca em largura* em termos de completeza e otimalidade da solução, complexidade temporal e espacial. Suponha que os custos de caminho entre estados vizinhos sejam iguais.

4. Seja o problema a ser resolvido: dado uma tabuleiro de 1 única linha e 5 posições, duas fichas brancas e duas pretas, deseja-se colocar as fichas pretas entre as fichas brancas. Um exemplo de solução está mostrado na figura .



Figura1: Exemplo de solução do problema a ser resolvido no ex. 4.

Inicialmente, as fichas brancas estão à esquerda, as pretas à direita e existe um intervalo vazio bem no meio do tabuleiro. Duas operações são permitidas: escorregar uma ficha para o intervalo vazio ou fazê-la saltar sobre outra, indo para o intervalo vazio. Ambas operações provocam mudanças na posição da ficha movimentada e na localização do intervalo vazio. Represente este problema por busca em espaço de estados, e, imaginando que o algoritmo não mantém estados repetidos na árvore de busca, solucione-o por:

- a) Busca em largura;
- b) Busca em profundidade;



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais

c) Caso não seja possível guardar os estados repetidos, qual dos dois tipos de busca seria o mais apropriado? Por quê?

5. Imagine um programa que receba como entrada 2 URLs de páginas da Web encontre um caminho de links de uma até a outra. Apresente uma estratégia de busca apropriada para a resolução deste problema. A busca bidirecional é uma boa idéia? Um mecanismo de busca na Internet poderia ser usado para implementar uma função predecessora?

D. Busca Informada e Busca Local

6. Pode-se modelar um labirinto por um grafo usando um vértice para representar o ponto de partida, um para o ponto de chegada, e um para cada fim de linha ou ponto de bifurcação, conectando-os de acordo com os caminhos dentro do labirinto. Os valores das arestas representam os custos de transição entre os vértices, dados pela distância entre esses pontos no labirinto. Pede-se:

a) Construa um grafo para o labirinto abaixo representado na figura 2, medindo as distâncias entre os pontos de interesse com uma régua;

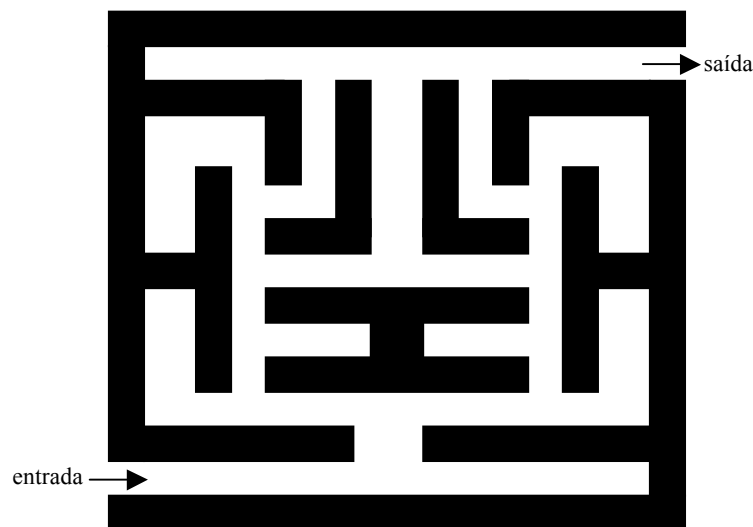


Figura2: Exemplo de labirinto a ser resolvido no ex. 6.

- b) Encontre a saída do labirinto com uma busca de custo uniforme, supondo que os estados percorridos podem ser guardados, informando o custo total;
- c) Encontre a saída do labirinto por busca pela melhor escolha, supondo que os estados percorridos podem ser guardados, informando o custo total;
- d) Encontre a saída do labirinto por busca A*, supondo que os estados percorridos podem ser guardados, informando o custo total.

7. Forneça o nome do algoritmo que resulta de cada um dos seguintes casos especiais:

- a) Busca em feixe local com $k = 1$;



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais

- b) Busca em feixe local com $k = \infty$;
- c) Têmpera simulada com $T = 0$ em todos os momentos;
- d) Algoritmo genético com tamanho de população $N = 1$.

8. Proponha uma modelagem para o problema do caixeiro viajante de forma que seja solucionado através de cada umas das seguintes técnicas:

- a) Busca cega (a de sua escolha);
- b) Busca informada (a de sua escolha, inclusive a função heurística);
- c) Busca local (a de sua escolha).

E. Problemas de satisfação de restrições

9. Forneça formulações precisas para cada um dos problemas a seguir como problema de satisfação de restrições:

- a) Criação de planta-baixa retilínea: encontrar posições não-superpostas em um retângulo grande para vários retângulos menores;
- b) Escalonamento de aulas: existe um número fixo de professores e salas de aula, uma lista de aulas a serem oferecidas, e uma lista de tempos vagos possíveis para as aulas. Cada professor tem um conjunto de aulas que ele pode ministrar.

10. Resolva o problema criptoaritmético abaixo, utilizando retrocesso (*backtracking*), verificação prévia (*forward checking*) e as heurísticas de variável mais restritiva e mais restringida.

Que valores devem ter as letras F, T, U, W, R e O de tal modo que a conta $TWO + TWO = FOUR$ seja verdadeira. (OBS.: duas letras distintas não podem ter valores iguais)

$$\begin{array}{r} T W O \\ + T W O \\ \hline F O U R \end{array}$$

Variables: $F T U W R O X_1 X_2 X_3$

Domains: $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$

Constraints

$$\begin{aligned} 2 O &= R + X_1 \\ 2 W + X_1 &= U + X_2 \\ 2 T + X_2 &= O + X_3 \\ X_3 &= F \end{aligned}$$

F. Jogos

11. Prove a seguinte afirmativa: para toda árvore de jogo, a utilidade obtida por MAX usando decisões de minimax contra um MIN não ótimo nunca será mais baixa que a utilidade obtida no jogo contra um MIN ótimo. Você poderia apresentar uma árvore de jogo em que MAX pudesse atuar ainda melhor usando uma estratégia *não-ótima* contra um MIN *não-ótimo*?



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais

12. Considere o jogo da velha. Definimos X_n como o número de linhas, colunas ou diagonais com exatamente n valores de **X** e nenhum de **O**. De modo semelhante, O_n é número de linhas, colunas ou diagonais com exatamente n valores de **O** e nenhum de **X**. A função utilidade atribui +1 a qualquer posição na árvore do jogo com $X_3=1$ e -1 a qualquer posição com $O_3=1$. Todas as outras posições terminais têm utilidade 0. No caso de posições não terminais, utilizamos uma função de avaliação linear definida como $Aval(s)=3X_2(s)+X_1(s) - (3O_2(s)+O_1(s))$.

- Monte a árvore de jogo inteira a partir de um tabuleiro vazio até a profundidade 2 (isto é, um **X** e um **O** no tabuleiro), levando em conta a simetria (por exemplo, na primeira jogada, um **X** em qualquer uma das quinças é equivalente);
- Aproximadamente, quantas possíveis árvores de busca existem para o jogo da velha (sem contar a simetria)?
- Marque em sua árvore as avaliações de todas as posições na profundidade 2;
- Usando o algoritmo minimax, marque em sua árvore os valores propagados de volta para as posições nas profundidades 1 e 0, e utilize esses valores para escolher o movimento inicial;
- Faça um círculo em torno dos nós na profundidade 2 que não seriam avaliados se a poda alfa-beta fosse aplicada, supondo que os nós fossem gerados na ordem ótima para poda alfa-beta.

G. Lógica Proposicional

13. O operador \oplus (ou exclusivo) pode ser definido pela tabela abaixo. Criar uma expressão do cálculo proposicional usando somente \neg, \wedge, \vee , que seja equivalente a $p \oplus q$. Provar a equivalência.

p	q	$p \oplus q$
T	T	F
T	F	T
F	T	T
F	F	F

14. Decida se cada uma das sentenças a seguir é *válida*, *não-satisfável* ou nenhuma dessas opções. Verifique suas decisões usando tabelas-verdade.

- Fumaça \rightarrow Fumaça
- Fumaça \Rightarrow Fogo
- (Fumaça \Rightarrow Fogo) \Rightarrow (Fumaça \Rightarrow \neg Fogo)
- Fumaça \vee Fogo \vee \neg Fogo
- (Fumaça \Rightarrow Fogo) \Rightarrow ((Fumaça \wedge Calor) \Rightarrow Fogo)
- Grande \vee Burro \vee (Grande \Rightarrow Burro)
- (Grande \wedge Burro) \vee \neg Burro

15. Dadas as sentenças a seguir:



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais

Se o unicórnio é mítico, então é imortal; porém, se ele não é mítico, então é um mamífero mortal. Se o unicórnio é imortal ou um mamífero, então ele tem chifre. O unicórnio é mágico se tem chifre.

- a) Formalize-as como um conjunto de fórmulas bem formadas do cálculo proposicional;
- b) É possível "demonstrar" que o unicórnio é mítico? E que é mágico? E que têm chifre? (Se sim demonstre!)

16. Dadas as sentenças:

João estuda ou não está cansado.
Se João estuda, então dorme tarde.
João não dorme tarde ou está cansado.

Provar que “João está cansado se e somente se estuda”, (isto é, deduzir que “Se João está cansado então estudou” e “Se João estudou então está cansado”), usando lógica proposicional, e nomeando “João estuda = P”, “João está cansado = Q” e “João dorme tarde = R”.

H. Lógica de Predicados

17. Descreva as seguintes sentenças em lógica de predicados:

Sejam Alberto, Roberto e Carlos suspeitos em um caso de assassinato. Alberto tem um álibi, no registro de um respeitável hotel em Manaus. Roberto também tem um álibi, já que seu cunhado José testemunhou que Roberto estava visitando-o em Rio do Sul na época do crime. Carlos pleiteia um álibi, pois alega que estava em um torneio de vela em Guaratuba, que foi televisionado.

18. Considere as seguintes sentenças:

Todos os cães gostam de comer carne.
Se um animal for pastor alemão, então este animal é um cão.
Toda linguiça é carne.
Calabresa é uma linguiça.
Totó é um pastor alemão.

- a) Traduza estas sentenças para lógica de predicados;
- b) Mostrar uma prova para “Totó gosta de comer” utilizando Modus Ponens Generalizado;
- c) Idem utilizando resolução;

19. Dadas as sentenças:

Se um curso é fácil, alguns estudantes ficam felizes. Se um curso dura pouco tempo, nenhum estudante fica feliz.



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais

Use resolução para mostrar que, se um curso dura pouco tempo, o curso não é fácil.