

## Trabalho 1: Métodos de busca

### Descrição

Esta tarefa tem como objetivo simular a inteligência artificial para o jogo Gomoku, também conhecido com 5 em linha. Utilizando das ferramentas apresentadas nas aulas de inteligência artificial, tais como: cálculo da heurística, cálculo da função utilidade, o algoritmo de busca adversária MiniMax, a otimização com poda  $\alpha$  e  $\beta$ , dentre outros conceitos.

### Modelo dos estados

Como nos jogos vistos em aula, será necessário modelar em forma de grafo, sendo cada vértice um estado do tabuleiro no jogo, ou seja, uma representação das peças no tabuleiro de jogo. Já as arestas serão as transições de um estado do tabuleiro para outro em apenas uma jogada. Todas as arestas terão custo de uma unidade, pois é somente a ação de colocar a peça no tabuleiro. Com o grafo modelado, poderá ser aplicado o algoritmo MiniMax com podas  $\alpha$ - $\beta$  para fazer a busca da melhor jogada.

### Estruturas de dados

Como citado anteriormente, cada vértice deverá armazenar um tabuleiro de tamanho 15X15, para isso será necessário uma matriz, sendo que em cada posição deverá ter uma peça do computador ou do humano, ou ainda o indicativo que a posição não tem nenhuma peça.

### Heurística e Utilidade

Como o jogo é baseado em qual jogador faz uma sequência de 5 peças, logo, a quantidade de peças em sequência deve ser um fator importante para a obtenção da lógica dessa I.A. A forma encontrada de contabilizar a heurística é então multiplicar por *ganhos* a cada número de peças em sequência. Também é necessário dividir pelo número de jogadas para que quanto menor a jogada, maior o valor da heurística, assim garantindo que o computador buscará sempre a vitória no menor número de jogadas e não a maior heurística. Conforme é apresentado na equação abaixo:

$$h = \underbrace{\frac{PS_2\lambda_1Npc_1 + PS_3\lambda_2Npc_2 + PS_4\lambda_3Npc_3}{Nj}}_{Computador} - \underbrace{\left(\frac{PS_2\Omega_1Nh_1 + PS_3\Omega_2Nh_2 + PS_4\Omega_3Nh_3}{Nj}\right)}_{Humano} \quad (1)$$

Sendo as variáveis de entrada definidas como sendo as seguintes:

- $PS_2$  é 2 quando duas peças estão em sequência;
- $PS_3$  é 3 quando três peças estão em sequência;;
- $PS_4$  é 4 quando quatro peças estão em sequência;;

- $Npc_1$  é o número de duplas abertas que o computador possui;
- $Npc_2$  é o número de triplas abertas que o computador possui;
- $Npc_3$  é o número de quadras abertas que o computador possui;
- $Nh_1$  é o número de duplas abertas que o humano possui;
- $Nh_2$  é o número de triplas abertas que o humano possui;
- $Nh_3$  é o número de quadras abertas que o humano possui;
- $Nj$  é o número da jogada;

Os ganhos nas quais as entradas serão multiplicadas são:

- $\lambda_1 = 10^1$
- $\lambda_2 = 10^3$
- $\lambda_3 = 10^5$
- $\Omega_1 = 10^1$
- $\Omega_2 = 10^3$
- $\Omega_3 = 10^5$

Dessa forma, caso a heurística esteja mais favorável ao computador ela será positiva, do contrário, estará favorável ao humano e terá uma heurística negativa.

A utilidade será de forma bastante similar a função heurística, com exceção de que agregará a quintupla, pois é final de jogo. Conforme equação abaixo:

$$u = h + \underbrace{\frac{PS_5 \lambda_4 Npc_4}{Nj}}_{Computador} - \underbrace{\frac{PS_5 \Omega_4 Nh_4}{Nj}}_{Humano} \quad (2)$$

Sendo as variáveis de entrada definidas como sendo as seguintes:

- $h$  é a heurística;
- $PS_5$  é 5 quando cinco peças estão em sequência;;
- $Npc_4$  é a quintupla que computador possui em caso de vitória;
- $Nh_4$  é a quintupla que humano possui em caso de vitória;
- $Nj$  é o número da jogada;

Seguindo a mesma lógica da heurística:

- $\lambda_4 = 10^7$
- $\Omega_4 = 10^7$

Lembrando que se o nodo for folha(final de jogo), aplica-se a utilidade, se o nodo não for folha, aplica-se heurística. Sendo assim, quando há uma sequência de *cinco* peças o  $Npc_4$  será *um* em caso de vitória do computador ou  $Nh_4$  será *um* em caso de vitória do humano, ou ainda os dois serão zero, em caso de empate, mas nunca os dois serão *um*. As constantes  $\lambda$  e  $\Omega$  foram pré-definidas nos valores vistos acima, com a ideia de garantir que *uma* sequência contendo  $n$  peças tenha mais valor que a soma das sequências com tamanho  $n - 1$  e inferiores. Assim, supondo que um jogador no máximo terá 100 duplas abertas (valor alto considerando que o tabuleiro tem 225 casas), a pontuação das duplas será  $2 \cdot 10^1 \cdot 100$ , já a pontuação de *uma* tripla é  $3 \cdot 10^3 \cdot 1$ , portanto maior. Isso vale para todas as sequências de peças, garantido que um computador dê preferência em fazer *uma* tripla e não *duas* duplas, por exemplo.

## Otimizações planejadas

Para implementar o algoritmo  $\alpha$  e  $\beta$ , foi pensado em alguns métodos de otimização para conseguir podar o maior número de nodos possíveis, são estes:

- Priorizar a produção do filhos cujas peças a serem posicionadas no centro do tabuleiro;

Estas ideias de priorização são importantes, pois quanto colocar peças ao centro do tabuleiro será possível fazer mais jogadas visto que não há a preocupação com as bordas do tabuleiro, assim aumentando o valor da função de heurística. Sendo um tabuleiro de grande dimensão (15x15), estratégias de otimização são interessantes pois permitem o melhor aproveitamento de recursos computacionais. Com essas ações de ordenação de estados apresentado acima, pode-se ter melhorias significativas.

## Restrições

Algumas situações no jogo exigem implementações adicionais para que a Inteligência Artificial funcione adequadamente. Ou seja, somente com o cálculo da heurística e utilidade atual, a I.A. não é muito útil. Assim, serão necessários outras funções para auxiliar na determinação das sequências das peças.

1.

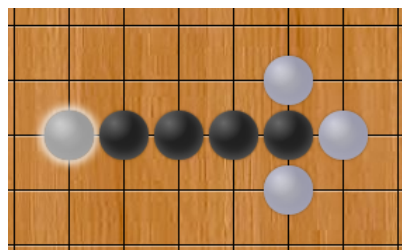


Figura 1: Situação específica de jogada bloqueada

Representado acima se têm uma situação em que as o jogador com as bolas escuras está bloqueado, ou seja, apesar de ele ter uma quadrupla, não pode ser contabilizado na heurística do jogo.

2.

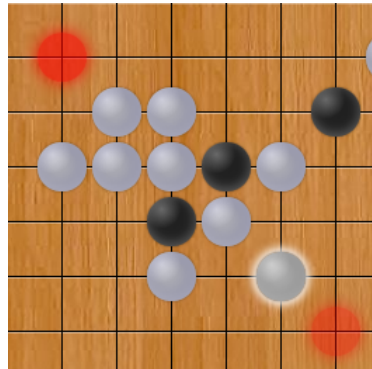


Figura 2: Situação específica de jogada sem saída

Na situação da imagem é apresentado uma jogada que é basicamente uma derrota para o jogador de bolas escuras. Uma vez que não existe jogada possível para evitar a quintupla. Portanto é contabilizado para a heurística do jogo.