# Explicação dos Algoritmos de Busca Competitiva no Connect 4

1. Algoritmo Minimax

O algoritmo Minimax é uma técnica de busca usada em jogos de dois jogadores, como o Connect 4, para encontrar a melhor jogada possível considerando que o oponente também tomará as melhores decisões possíveis. O objetivo do Minimax é maximizar o benefício para um jogador (Max) enquanto minimiza as chances de sucesso do outro jogador (Min).

Como o Minimax funciona:

1. Construção da Árvore de Decisões:

- O Minimax representa o estado do jogo como uma árvore de decisões, onde cada nó representa um estado do tabuleiro.

- No Connect 4, o algoritmo gera a árvore recursivamente para todos os movimentos possíveis, explorando até uma profundidade definida (chamada de ply), onde cada jogada do jogador e da IA conta como um nível na árvore.

2. Recursão e Alternância de Turnos:

- O algoritmo alterna entre os papéis de maximizar (tentando ganhar o jogo) e minimizar (tentando evitar que o oponente ganhe).

- Para o Connect 4, o jogador “Max” pode ser representado pelo jogador humano, e o “Min” é o algoritmo da IA.

3. Atribuição de Valores aos Nós (Função de Avaliação):

- Ao chegar na profundidade de busca definida (ply) ou em um estado de vitória, o algoritmo calcula um valor para o nó usando uma função de avaliação.

- A função de avaliação mede a “qualidade” de um estado do jogo, atribuindo valores positivos para cenários favoráveis ao Max e negativos para o Min.

- Exemplos de critérios para esta função incluem o número de peças alinhadas do jogador, a possibilidade de formar uma sequência de quatro, e posições vantajosas no tabuleiro.

4. Retorno da Melhor Jogada:

- Após avaliar todos os possíveis movimentos até a profundidade especificada, o Minimax retorna o movimento com o valor mais alto para o jogador Max.

- Com isso, ele seleciona a melhor jogada considerando que o oponente também irá jogar da melhor forma.

Limitações do Minimax no Connect 4:

- À medida que a profundidade (ply) aumenta, o tempo de execução do Minimax cresce exponencialmente, o que pode torná-lo impraticável em profundidades muito grandes.

- Esse problema é abordado pelo algoritmo de Poda Alfa-Beta, que elimina partes da árvore que não são promissoras para a decisão final.

2. Algoritmo de Poda Alfa-Beta

A Poda Alfa-Beta é uma otimização do Minimax que visa acelerar o processo de busca, eliminando ramos da árvore de decisões que não afetarão a decisão final. Isso reduz o número de nós que o algoritmo precisa avaliar, economizando tempo e recursos computacionais.

Funcionamento da Poda Alfa-Beta:

1. Limites Alfa e Beta:

- A poda alfa-beta mantém dois valores chamados alfa e beta.

- Alfa representa a melhor escolha para o jogador Max no caminho percorrido até o momento.

- Beta representa a melhor escolha para o jogador Min.

2. Poda de Ramos:

- À medida que a árvore é explorada, o algoritmo atualiza os valores de alfa e beta com base nas jogadas possíveis.

- Se em algum momento o valor de um nó for menor que alfa (para o jogador Min) ou maior que beta (para o jogador Max), o algoritmo interrompe a exploração desse ramo, pois ele não afetará a decisão final.

3. Eficiência do Algoritmo:

- Ao eliminar partes desnecessárias da árvore, a poda alfa-beta permite que o algoritmo chegue à melhor jogada com muito menos cálculos, especialmente em profundidades maiores (ply).

Exemplo de Poda Alfa-Beta:

- Suponha que, em um determinado ponto, o jogador Max tem uma jogada que garante uma vitória. Se um ramo da árvore leva a uma pontuação inferior para Max, o algoritmo interrompe a exploração desse caminho, pois Max já tem uma jogada garantida.

- A poda alfa-beta é particularmente eficaz quando as jogadas de cada jogador são avaliadas primeiro nas colunas centrais do tabuleiro, onde as chances de formar uma sequência de quatro são maiores.

Comparação entre Minimax e Poda Alfa-Beta no Connect 4

1. Tempo de Execução:

- O Minimax é mais lento em profundidades elevadas porque avalia todos os ramos da árvore.

- A Poda Alfa-Beta é significativamente mais rápida, pois evita a exploração de caminhos desnecessários.

2. Eficiência e Escalabilidade:

- O Minimax pode se tornar inviável em profundidades altas devido ao número exponencial de possibilidades.

- A Poda Alfa-Beta melhora a escalabilidade, permitindo o uso de profundidades maiores sem um aumento dramático no tempo de execução.

3. Tomada de Decisão:

- Ambos os algoritmos retornam a mesma decisão final, mas a Poda Alfa-Beta é capaz de obter a resposta ideal com muito menos trabalho computacional.

- Na prática, isso significa que a IA com Poda Alfa-Beta responderá mais rapidamente, principalmente em níveis difíceis onde a profundidade de análise é alta.

Aplicação Prática dos Algoritmos no Jogo

No Connect 4, o uso desses algoritmos permite que a IA analise jogadas para prever possíveis vitórias ou bloqueios, melhorando a estratégia de jogo. Com a Poda Alfa-Beta, é possível implementar uma IA que responda de forma mais eficiente e jogue em níveis de dificuldade variados, tornando o jogo desafiador para o jogador humano em diferentes profundidades.

Esses algoritmos, aplicados ao Connect 4, mostram a importância de otimizações em jogos de estratégia e são um exemplo prático de como a IA pode ser projetada para competir em jogos com múltiplas possibilidades e decisões estratégicas.