

Minimax em Grafos com Sinais

Duelo Geopolítico EUA vs URSS em Território Estratégico

Projeto de Inteligência Artificial

Sumário

1	Introdução	2
2	Modelagem Matemática	2
3	Grafos com Sinais	2
4	Regras do Jogo	3
4.1	Jogada Básica	3
4.2	Regra de Sabotagem	3
5	Estado do Jogo	3
6	Função Heurística	3
7	Geração de Sucessores	3
8	Algoritmo Minimax	3
9	Exemplo de Simulação	5
10	Interpretação como Grafo Balanceado	5
11	Conclusão	5

1 Introdução

Este trabalho modela a Guerra Fria como um jogo estratégico entre duas superpotências:

- EUA (MAX)
- URSS (MIN)

Ambos disputam influência sobre um território dividido em uma grade 3×3 . Cada jogada representa:

Uma decisão diplomática sabendo que o rival responderá da pior forma possível.

O problema é resolvido com:

- Teoria dos Grafos com Sinais
- Teoria dos Jogos
- Algoritmo Minimax

2 Modelagem Matemática

O território é representado por uma matriz:

$$T \in \{E, U, .\}^{3 \times 3}$$

Onde:

Símbolo	Significado
E	Influência dos EUA
U	Influência da URSS
.	Região neutra

Cada célula é um vértice de um grafo:

$$G = (V, E, \sigma)$$

- Vértices = regiões do território
- Arestas = adjacência entre regiões
- σ = sinal da relação entre regiões

3 Grafos com Sinais

Entre regiões adjacentes:

$$\sigma(i, j) = \begin{cases} +1 & \text{mesmapotênciia} \\ -1 & \text{potências rivais} \end{cases}$$

Exemplo:

$$E - U \Rightarrow conflito(-1)$$

$$E - E \Rightarrow cooperacão(+1)$$

4 Regras do Jogo

4.1 Jogada Básica

Cada turno o jogador marca uma região vazia.

4.2 Regra de Sabotagem

Uma região pode ser tomada se possuir:

$$\geq 2 \text{ vizinhos inimigos}$$

Isso modela:

- Pressão diplomática
- Cercamento militar
- Influência ideológica

5 Estado do Jogo

Algorithm 1 Estrutura Estado

Estado:

tabuleiro[3][3]
jogador_atual
profundidade

6 Função Heurística

A utilidade mede vantagem geopolítica:

$$U(s) = \text{Regiões(EUA)} - \text{Regiões(URSS)}$$

Quanto maior:

- Mais influência dos EUA
- Estado mais favorável ao jogador MAX

7 Geração de Sucessores

8 Algoritmo Minimax

Algorithm 2 Gerar Jogadas

```
for cada célula do tabuleiro do
    if célula vazia then
        gerar estado marcando célula
    end if
    if célula inimiga cercada por 2 aliados then
        gerar estado capturando célula
    end if
end for
```

Algorithm 3 Minimax

```
if estado terminal then
    return heuristica(estado)
end if
if jogador = MAX then
    melhor ←
    for cada sucessor do
        melhor ← max(melhor, minimax(s))
    end for
    return melhor
else
    pior ← +
    for cada sucessor do
        pior ← min(pior, minimax(s))
    end for
    return pior
end if
```

9 Exemplo de Simulação

Resultado final obtido pelo algoritmo:

$$\begin{bmatrix} E & U & E \\ U & E & U \\ E & U & E \end{bmatrix}$$

Pontuação final:

$$U = 5 - 4 = 1$$

Interpretação:

Equilíbrio geopolítico com leve vantagem dos EUA.

10 Interpretação como Grafo Balanceado

O território converge para uma configuração alternada.

Isso indica:

- Sistema polarizado
- Equilíbrio estrutural
- Conflito estável

Situação típica da Guerra Fria.

11 Conclusão

Este trabalho demonstrou a integração de:

- Grafos com sinais
- Heurísticas geopolíticas
- Minimax
- Tomada de decisão adversarial

Mostrando como IA pode modelar conflitos estratégicos.