

Minimax em Grafos Dirigidos com Sinais Tomada de Decisão Diplomática sob Sabotagem

Projeto de Inteligência Artificial

Sumário

1	Introdução	2
2	Grafos Dirigidos com Sinais	2
2.1	Interpretação	2
3	Teoria do Balanceamento Estrutural	2
3.1	Ideia	2
3.2	Tríades	2
3.3	Teorema do Balanceamento	2
3.4	Interpretação Geopolítica	3
4	Blocos Geopolíticos	3
5	Função de Utilidade	3
6	Modelagem do Estado do Jogo	3
7	Geração de Ações Diplomáticas	3
8	Geração de Sucessores	3
9	Função Utilidade	3
10	Algoritmo Minimax	3
11	Escolha da Melhor Decisão	5
12	Conclusão	5

1 Introdução

Este trabalho aplica o algoritmo Minimax a relações geopolíticas. O mundo é modelado como um grafo com sinais representando alianças e conflitos.

Objetivo:

Determinar a melhor decisão diplomática sabendo que o rival reagirá da pior forma possível.

2 Grafos Dirigidos com Sinais

Um grafo assinado dirigido é definido por:

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

Onde:

- V conjunto de vértices (países)
- $E \subseteq V \times V$ arestas dirigidas
- $\sigma : E \rightarrow \{-1, +1\}$ sinal da relação

2.1 Interpretação

Sinal	Significado
+	Cooperação / Aliança
-	Conflito / Rivalidade

3 Teoria do Balanceamento Estrutural

Baseada na teoria de Heider (1946) e Cartwright–Harary (1956).

3.1 Ideia

Um sistema internacional tende ao equilíbrio psicológico/social.

3.2 Tríades

Para qualquer trio de países, o sistema é balanceado se:

$$\text{produto dos sinais da tríade} > 0$$

3.3 Teorema do Balanceamento

Teorema (Cartwright–Harary)

Um grafo assinado é balanceado se e somente se seus vértices podem ser particionados em dois grupos com relações positivas internas e negativas entre grupos.

3.4 Interpretação Geopolítica

- Formação de blocos militares
- Polarização internacional
- Alianças internas estáveis

4 Blocos Geopolíticos

$$ALIADOS = \{EUA, ReinoUnido, URSS, França\}$$

$$EIXO = \{Alemanha, Itália, Japão\}$$

5 Função de Utilidade

$$U(G) = \sum_{e \in E} f(e)$$

Tipo de relação	Contribuição
Aliado-Aliado	$+ peso $
Eixo-Eixo	$- peso $
Aliado-Eixo conflito	$+ peso $
Aliado-Eixo aliança	$- peso $

6 Modelagem do Estado do Jogo

Algorithm 1 Estrutura Estado

Estado:
 grafo
 jogador_atual
 profundidade

7 Geração de Ações Diplomáticas

8 Geração de Sucessores

9 Função Utilidade

10 Algoritmo Minimax

Algorithm 2 Aplicar Ação Diplomática

```
if jogador = ALIADOS then
  if peso  $\leq$  0 then
    peso  $\leftarrow$  peso + 1
  else
    peso  $\leftarrow$  peso - 1
  end if
else
  if peso  $\leq$  0 then
    peso  $\leftarrow$  peso - 1
  else
    peso  $\leftarrow$  peso + 1
  end if
end if
```

Algorithm 3 Gerar Sucessores

```
for cada relação do grafo do
  copiar grafo
  aplicar ação
  alternar jogador
  adicionar novo estado à lista
end for
```

Algorithm 4 Avaliação do Estado

```
pontuação  $\leftarrow$  0
for cada relação do
  if Aliado-Aliado then
    pontuação += —peso—
  else if Eixo-Eixo then
    pontuação -= —peso—
  else if Conflito entre blocos then
    pontuação += —peso—
  else
    pontuação -= —peso—
  end if
end for
return pontuação
```

Algorithm 5 Minimax

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

11 Escolha da Melhor Decisão

Algorithm 6 Melhor Ação Diplomática

```
melhor ←
for cada sucessor inicial do
    valor ← minimax(s)
    if valor > melhor then
        melhor ← valor
    end if
end for
return melhor
```

12 Conclusão

O trabalho integrou:

- Teoria dos grafos com sinais
- Balanceamento estrutural
- Teoria dos jogos
- Algoritmo Minimax

Demonstrando como IA pode apoiar decisões estratégicas internacionais.