



IA 718 Tópicos em Sistemas Inteligentes

1-Introdução

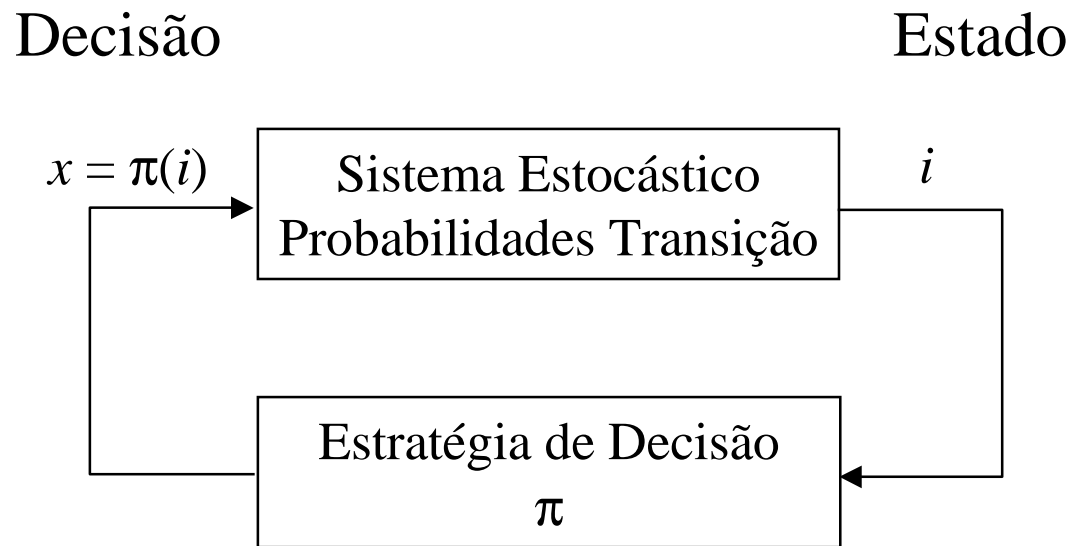
Conteúdo

1. O problema e o contexto
2. Aproximação do custo futuro
3. Arquiteturas de aproximação
4. Simulação e treinamento
5. Programação dinâmica aproximada

1-O problema e o contexto

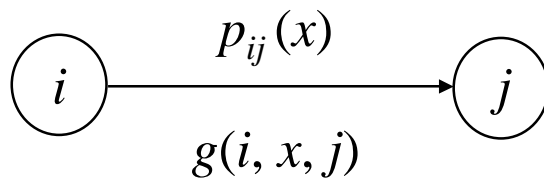
- Decisões em múltiplos estágios
 - resultado de cada decisão não é totalmente previsível
 - pode, até certo ponto, ser antecipado antes da próxima decisão
 - decisão tem um custo imediato e afeta contexto decisões futuras
- Objetivo
 - como obter estratégia de decisão
 - minimização custo total em um número de estágios
 - compromisso entre custo imediato e futuro

Modelo de decisão sistemas dinâmicos



- Sistema dinâmico discreto (múltiplos estágios)
- Estratégia de decisão: regra escolha da decisão

- Transição de estado



$$p_{ij}(x) = P(S_{t+1} = j / S_t = i, x_t = x)$$

- Decisão em cada estágio t depende

- custo imediato $g(i, x, j)$
- otimalidade próximo estado

- Otimalidade próximo estado

- custo ótimo para todos estágios restantes a partir estado j
- $J^*(j)$ custo futuro (*cost-to-go*) ótimo do estado j

- Equação de Bellman

$$J^*(i) = \min_x E[g(i,x,j) + J^*(j) | i, x] \quad \forall i \quad (1)$$

- E = esperança matemática de j dado i e x
- Decisão ótima x^* em cada i minimiza (1)
- Objetivo da PD: determinar numericamente J^*
 - *off-line*
 - x^* para cada i computada simultaneamente com J^*
 - tempo real minimizando (1)

■ *Bellman's curse of dimensionality*

- crescimento exponencial com a dimensão
 - espaço de estado
 - variáveis aleatórias
 - espaço de decisões

■ *Curse of modeling*

- modelo explícito do sistema não é necessário
- simulação
- aproximação paramétrica

- Idéia da programação dinâmica aproximada (PDA)
 - atenuar crescimento exponencial da dimensão
 - tratar da complexidade de modelagem
 - aproximar custo futuro J^*
 - obter solução sub-ótima

2-Aproximação do custo futuro



$$\tilde{J}(i, r) = \min_x E[g(i, x, j) + \tilde{J}(j, r) / i, x] \quad \forall i \quad \text{custo futuro aproximado de } j$$

$$\tilde{x}(i) = \arg \min_x E[g(i, x, j) + \tilde{J}(j, r) / i, x] \quad \forall i \quad \text{decisão (sub-ótima) em } i$$

- Aproximação do custo futuro requer

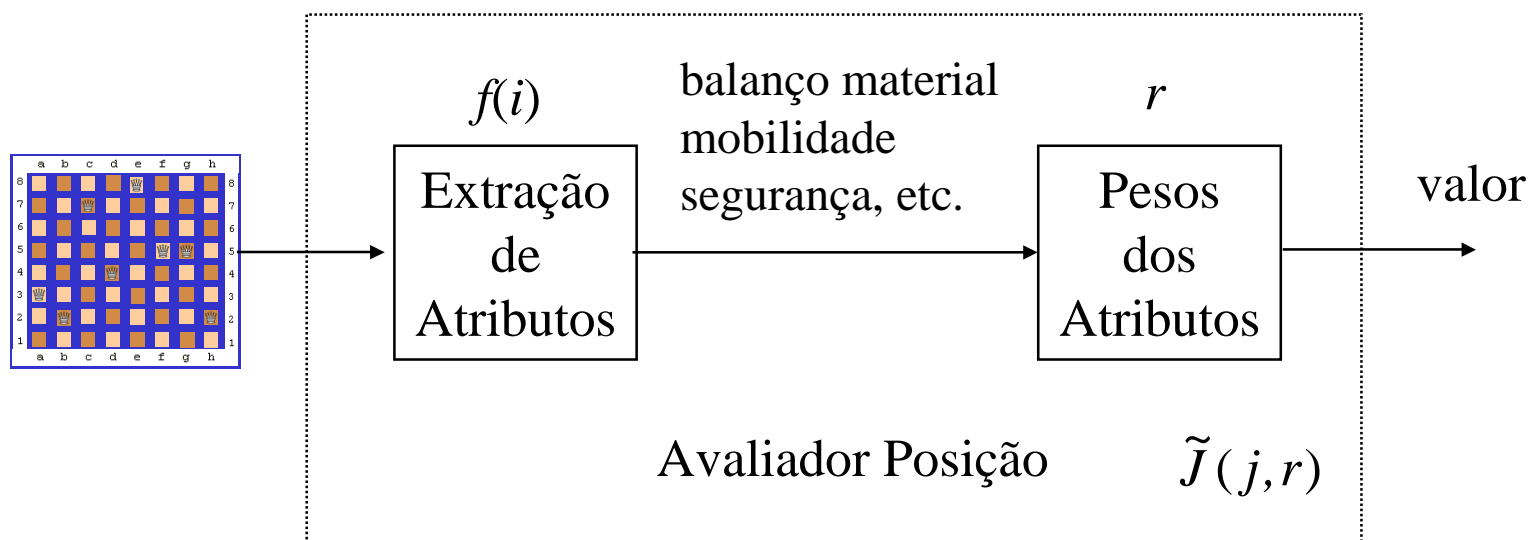
- estrutura da função
- vetor de parâmetros r

$$r = \arg \min f_{erro}(J^*(.) - J(., r))$$

- Característica da aproximação

- representação compacta (função, parâmetros)
- vetor de parâmetros r de pequena dimensão
- simples

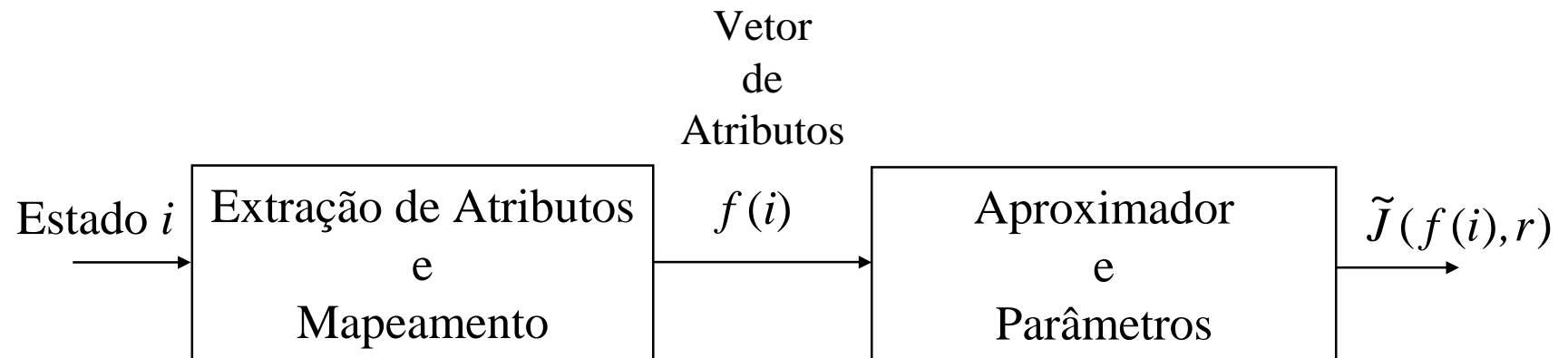
Exemplo aproximação do custo futuro



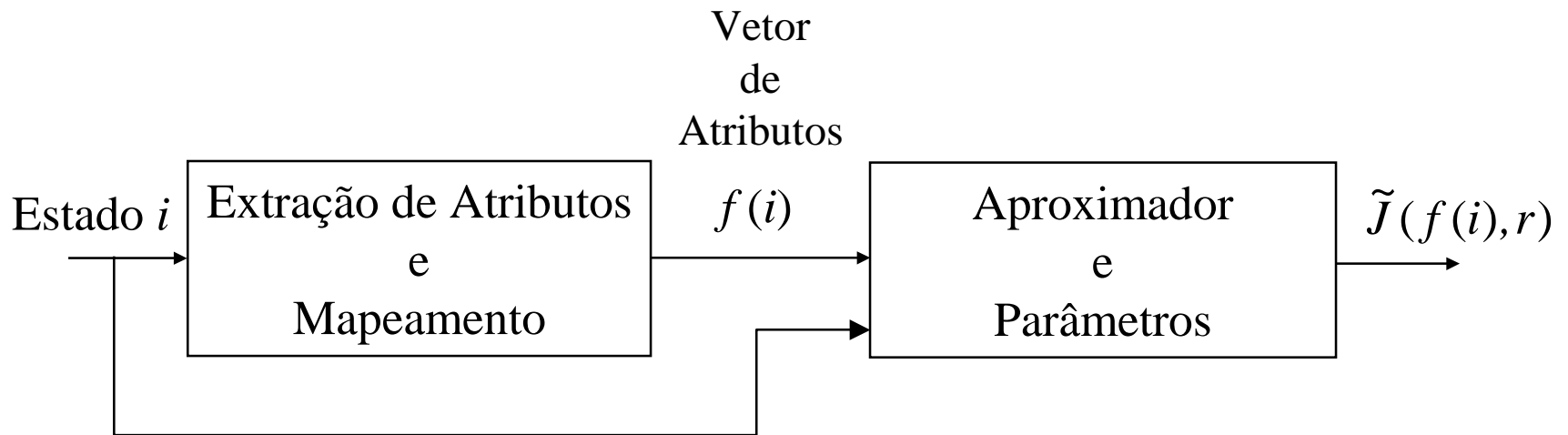
3-Arquiteturas de aproximação

- Escolha da classe parametrizada de funções
- Aproximadores de funções
 - redes neurais
 - wavelets
 - splines, etc.
- Importância da extração de atributos
 - aumenta eficiência aproximação
 - sumariza característica importantes
 - captura de não linearidades dominantes

Extração de atributos em aproximação



Extração de atributos em aproximação



4-Simulação e treinamento

- Dados treinamento $(i, J^*(i))$ não disponíveis
- Necessário avaliar exatamente ou aproximadamente custo futuro
- Melhorar estratégias utilizando resultados de simulação
- Importância da simulação
 - sistemas difíceis de modelar, fáceis de simular
 - identificação estados mais relevantes
 - estados visitados com maior frequência

5-Programação dinâmica aproximada (PDA)

- Observar o próprio comportamento
 - simulação
- Melhorar decisão através de mecanismos de reforço
 - melhorar qualidade aproximação iterativamente
- Gamão de Tesauro (1992)

- PDA em aplicações práticas
 - computacionalmente extensiva
 - tentativa e erro
 - heurística, conhecimento
 - aproximação computada *off-line*
 - aproximação para gerar decisões em tempo real

- $PDA = PD + \text{aproximação funcional} + \text{simulação}$

Observação

Este material refere-se às notas de aula do curso IA 718 Tópicos em Sistemas Inteligentes da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp. Não substitui o livro texto, as referências recomendadas e nem as aulas expositivas. Este material não pode ser reproduzido sem autorização prévia dos autores. Quando autorizado, seu uso é exclusivo para atividades de ensino e pesquisa em instituições sem fins lucrativos.