



Agentes Baseados em Utilidade

Agentes e Teoria da Decisão

- **Agente capaz de ...**
 - Tomar decisões racionais baseado no **que acredita e deseja**
- **Diferentemente de um agente lógico**
 - Pode tomar decisões em ambientes com **incertezas e objetivos conflitantes**
 - Possui uma escala contínua de medida de qualidade sobre os estados
 - Valores associados a cada estado (**utilidade**) indicando a “felicidade” do agente!

Funções de Utilidade

- **Funções de Utilidade** associam um valor a um estado
 - Indica o “desejo” por estar nesse estado
 - $U(S)$ = utilidade estado S de acordo com o agente
 - Ex.: $s_1 = \{\text{rico, famoso}\}$, $s_2 = \{\text{pobre, famoso}\}$

$$U(s_1) = 10$$

$$U(s_2) = 5$$

Funções de Utilidade

- **Result_i(A):** Todos os possíveis estados de saída de uma ação não-determinista A
- **Para cada saída possível é associada uma probabilidade:**
 - $P(\text{Result}_i(A) \mid \text{Do}(A), E)$
 - Onde, **E** resume a evidência que o agente possui do mundo
Do(A) indica que a ação **A** foi executada no estado atual
- **Utilidade esperada de uma ação A dado a evidência do mundo E:**
$$EU(A|E) = \sum_i P(\text{Result}_i(A)|\text{Do}(A),E) U(\text{Result}_i(A))$$
- **Princípio da Maximização da Utilidade:** agente racional deve escolher ação que maximiza sua utilidade esperada !!!

Exemplo: Cálculo da Utilidade Esperada

- Robô deve transportar uma caixa

E = caixa é de metal

a_1 = Chutar: s_1 , caixa no destino 20% $U(s_1) = 10$

s_2 , caixa no meio do caminho 30% $U(s_2) = 5$

s_3 , caixa longe destino 50% $U(s_3) = 0$

a_2 = Carregar: s_1 , caixa no destino 80% $U(s_1) = 10$

s_2 , caixa na origem 20% $U(s_2) = 0$

$$EU(a_1) = 0,20 \times 10 + 0,30 \times 5 + 0,50 \times 0 = \mathbf{3,5}$$

$$EU(a_2) = 0,80 \times 10 + 0,20 \times 0 = \mathbf{8}$$

Preferências Racionais

- **Funções de Utilidade são, essencialmente, heurísticas!**
- Preferências racionais permitem descrever o melhor comportamento como aquele que maximiza EU
- Notação:
 - $A > B$: A é preferível a B
 - $A \sim B$: agente indiferente entre A e B
 - $A \geq B$: agente prefere A à B ou é indiferente
- Para ações não-deterministas:
 - A e B são **loterias**, i.e., distribuições probabilísticas sobre um conjunto de estados de saída

$$L = \{p_1 \cdot S_1; p_2 \cdot S_2; \dots; p_n \cdot S_n\}$$

Restrições Sobre Preferências Racionais

■ Axiomas da Teoria da Utilidade:

- Ordenabilidade:
 $(A > B) \vee (B > A) \vee (A \sim B)$
- Transitividade:
 $(A > B) \wedge (B > C) \Rightarrow (A > C)$
- Continuidade:
 $A > B > C \Rightarrow \exists p [p.A; 1 - p.C] \sim B$
- Substitutabilidade:
 $A \sim B \Rightarrow [p.A; 1 - p.C] \sim [p.B; 1 - p.C]$
- Monotonicidade:
 $A > B \Rightarrow (p \geq q \Leftrightarrow [p.A; 1 - p.B] \geq [q.A; 1 - q.B])$
- Decomposabilidade:
 $[p.A; 1 - p. [q.B; 1 - q.C]] \sim [p.A; (1 - p)q.B; (1 - p)(1 - q). C]$

■ Princípio da Utilidade:

Preferências que satisfaçam os axiomas garantem a existência de uma função real U , tal que:

- $U(A) > U(B) \Leftrightarrow A > B$
- $U(A) = U(B) \Leftrightarrow A \sim B$
- $U(p_1.S_1; \dots; p_n.S_n) = \sum_i p_i U(S_i)$

Violações de Axiomas e Comportamentos Irracionais

- **Ordenabilidade:** agente pode ficar paralizado em uma decisão se não conseguir optar por uma estado ou ao menos indicar indiferença
 - Uma empresa A oferece maior salário mas menos flexibilidade
 - Uma empresa B oferece menos salário mas maior flexibilidade
 - Qual empresa: A, B ou qualquer uma?

Violações de Aximas e Comportamentos Irracionais

- **Transitividade:** agente com preferências não transitivas pode ser induzido a dar todo o seu dinheiro ou rodar em círculos em suas decisões

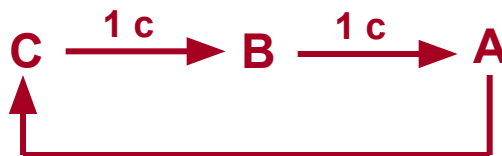
- Se $B > C$, então um agente que possuí C pagaria 1 centavo para obter B



- Se $A > B$, então um agente que possui B pagaria 1 centavo para obter A



- Se $C > A$, então um agente que possuí A pagaria 1 centavo para obter C



Violações de Axiomas e Comportamentos Irracionais

- **Continuidade:** extrema aversão a risco não parece ser muito racional :)
- Uma pessoa prefere ganhar 1000 a ganhar 500. E prefere ganhar 500 a não ganhar nada.
- Seria racional desprezar uma loteria em que tem chance de 99.9999% de ganhar 1000 e 0.0001% de não ganhar nada?

Violações de Axiomas e Comportamentos Irracionais

- **Substitutabilidade:** uma decisão deve ser robusta em relação a alternativas irrelevantes
 - Coca-cola e Pepsi são indiferentes para uma pessoa.
 - Seria irracional (a princípio), que a pessoa escolhesse beber Pepsi misturada com 10% de água a beber Coca misturada com 10% de água

Violações de Axiomas e Comportamentos Irracionais

- **Tarefa:**
 - Dê exemplos de violações de restrições para **Monotonicidade e Decomposibilidade**

Exemplo: A Utilidade do Dinheiro

- Um jogador ganhou um prêmio de R\$ 1.000.000 em um programa de TV
- Apresentador oferece uma aposta:
 - Se ele jogar a moeda e aparecer cara \Rightarrow jogador perde tudo
 - Se aparecer coroa \Rightarrow jogador ganha R\$ 3.000.000
- O **Valor Monetário Esperado** da aposta é:
 - $0.5 (\text{R\$ } 0) + 0.5 (\text{R\$ } 3.000.000) = \$ 1.500.000$
- O **Valor Monetário Esperado** de recusar a aposta é de R\$ 1.000.000 (menor)
- Isso indica que seria melhor aceitar a aposta ?

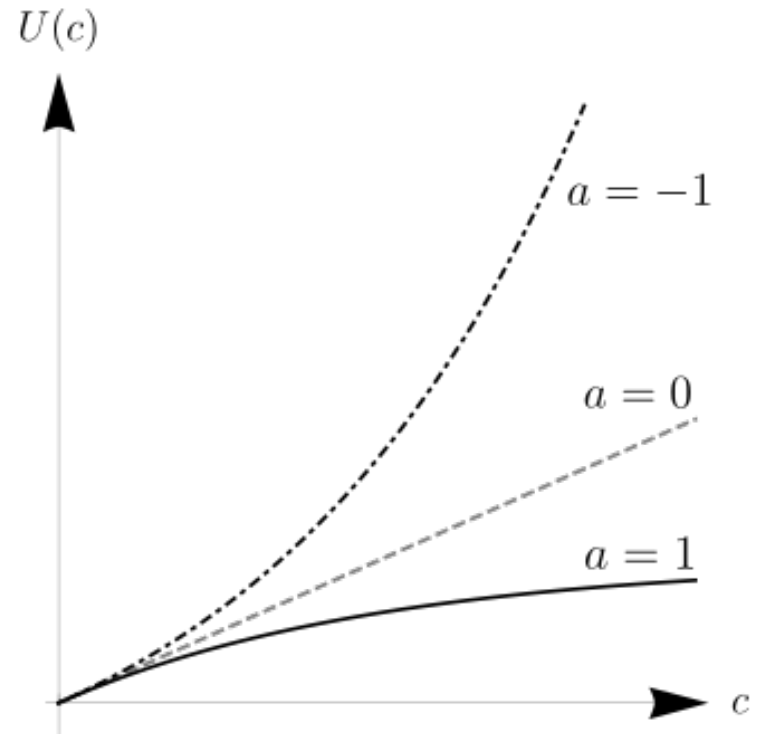
Exemplo: A Utilidade do Dinheiro

- Utilidade Esperada para cada uma das duas ações:
 - $EU(\text{Aceitar}) = 0.5 U(S_k) + 0.5 U(S_{k+3.000.000})$
 - $EU(\text{Rejeitar}) = U(S_{k+1.000.000})$
 - Onde, S_k = riqueza atual do jogador
- Deve-se atribuir valores de utilidade para cada estado de saída:
 - $U(S_k) = 5$;
 - $U(S_{k+3.000.000}) = 10$;
 - $U(S_{k+1.000.000}) = 8$
- **Ação racional: rejeitar !**
- Conclusão: Utilidade não é diretamente proporcional ao valor monetário
 - Utilidade (mudança no estilo de vida) para o primeiro R\$ 1.000.000 é muito alta

Funções de Utilidade

- Função Exponencial
 - $a > 0$ indica aversão a risco

$$u(c) = \begin{cases} (1 - e^{-ac})/a & a \neq 0 \\ c & a = 0 \end{cases}$$



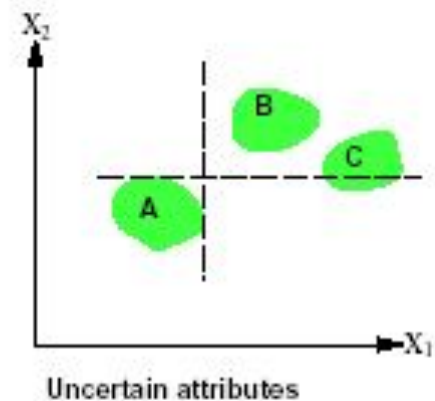
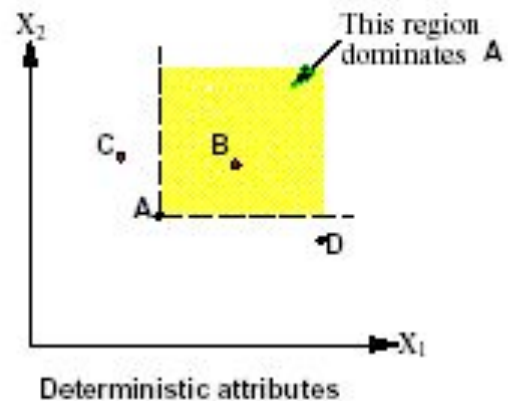
Funções de Utilidade

- **Tarefa:**
 - Estude alternativas para definir funções de utilidade

Funções de Utilidade Multi-Atributo

- Como tratar funções de utilidades com várias variáveis X_1, \dots, X_n ?
 - Ex.: Construir aeroporto,
 - Variáveis: Segurança, Custo, Poluição sonora
 - $U(\text{Segurança, Custo, Poluição sonora}) = ?$
- Existem basicamente dois casos:
 - **Dominância:**
decisões podem ser tomadas sem combinar os valores dos atributos em um único valor da utilidade
 - **Estrutura de Preferência e Utilidade Multi-atributo:**
utilidade resultante da combinação dos valores dos atributos pode ser especificada concisamente

Dominância Total



Estrutura de Preferência e Utilidade Multi-Atributo

- A **Teoria da Utilidade Multi-atributo** assume que preferências de agentes possuem certa regularidade (estrutura)
 - Abordagem básica é tentar identificar essas regularidades!
- Agentes com uma certa estrutura em suas preferências terá uma função:

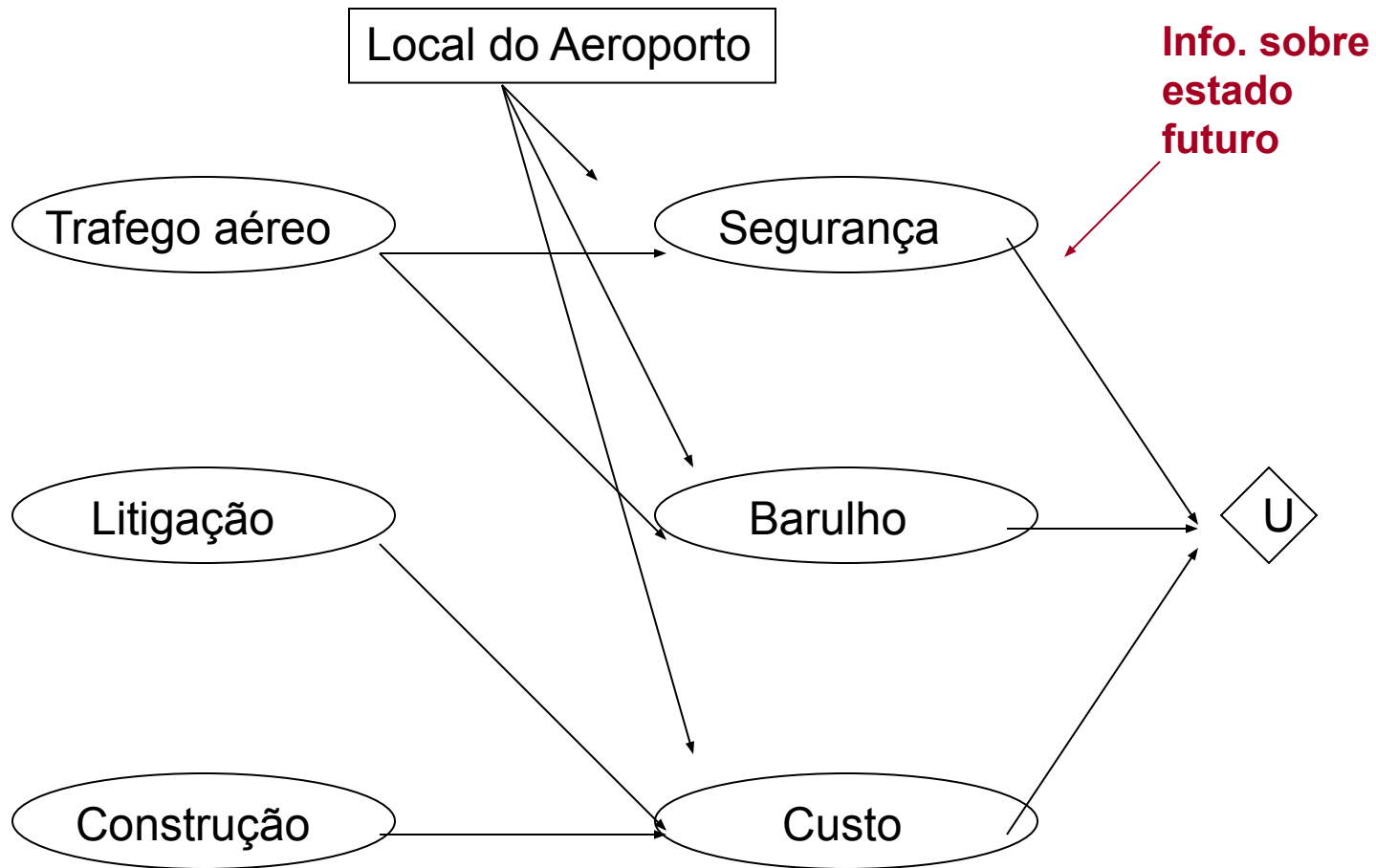
$$U(x_1 \dots x_n) = f[f_1(x_1) \dots f_2(x_2)]$$

Onde espera-se que f seja uma função simples!

Redes de Decisões

- **Formalismo para expressar e resolver problemas de decisão:** estende Redes Bayesianas adicionando ações e utilidades
- Representa informações sobre
 - Estado atual do agente
 - Possíveis ações
 - Estado resultante e sua utilidade
- Composto de:
 - **Nós de Chance (ovais):** representam variáveis do problema
 - **Nós de Decisão (retângulo):** pontos onde agente deve escolher uma ação
 - **Nós de Utilidade (diamantes):** representam as funções de utilidade do agente

Exemplo: Redes de Decisões





Material de Estudo

- AIMA (Russel, Norvig). Cap 16. Making Simple Decisions