

Representação de Conhecimento

Jomi Fred Hübner

Departamento de Automação e Sistemas
<http://jomi.das.ufsc.br/ia>
2018/1



Conhecimento

- ▶ o que é?
- ▶ como representá-lo?
- ▶ como obtê-lo?
- ▶ para que serve?

o que é conhecimento

Visão geral

Visão geral

Exemplo

Eu sei que a
cadeira é azul

Visão geral

- ◆ eu sei que X
- ◆ conhecimento é o X
- ◆ é aquilo que nos permite pensar

Exemplo

Eu sei que a cadeira é azul

Nível do conhecimento

- ◆ Allen Newell, The Knowledge Level, 1980.
- ◆ Agente
 - ◆ corpo físico
 - ◆ corpo de conhecimento
 - ◆ metas
 - ◆ funcionamento pelo princípio da racionalidade

Nível do conhecimento

- ◆ Allen Newell, The Knowledge Level, 1980.
- ◆ Agente
 - ◆ corpo físico
 - ◆ corpo de conhecimento
 - ◆ metas
 - ◆ funcionamento pelo princípio da racionalidade

Princípio da Racionalidade

se o agente sabe que uma de suas ações o levará a satisfazer uma de suas metas, então o agente selecionará tal ação

Nível do conhecimento

definição

conhecimento é o que determina o comportamento particular de um agente

- ◆ o importante não é só a estrutura, mas sua função
- ◆ representação + raciocínio

Como obter conhecimento

Por observação

- mapeamento realidade - conceito
- processamento de imagens, sons, ...

Por observação

- mapeamento realidade - conceito
- processamento de imagens, sons, ...

fatos

atitude mental
direção: mundo ⇒ mente

Por inferência (aprendizado)

- ◆ Dedução
- ◆ Indução

Por inferência (aprendizado)

◆ Dedução

◆ Indução

dedução

corretude
completude

como representar
conhecimento

Representação

- ◆ Sistemas computacionais e formalismos matemáticos para expressar e manipular conhecimento declarativo de forma tratável e computacionalmente eficiente

Representação

- ◆ Sistemas computacionais e formalismos matemáticos para expressar e manipular conhecimento declarativo de forma tratável e computacionalmente eficiente
- ◆ Deve prover
 - ◆ Linguagem de representação de conhecimento
 - ◆ Mecanismo de inferência
 - ◆ Estratégias de controle da inferência

Exemplo



Exemplo

| | | |
|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Região(planicie) | Altitude(Cobija,240) | Local(Cobija,planicie) |
| Região(vales) | Altitude(Trinidad,250) | Local(Trinidad,planicie) |
| Região(altiplano) | Altitude(La_Paz,3200) | Local(La_Paz,altiplano) |
| Cidade(Cobija) | Altitude(Oruro,4000) | Local(Oruro,altiplano) |
| Cidade(Trinidad) | Altitude(Santa_Cruz,200) | Local(Santa_Cruz,planicie) |
| Cidade(La_Paz) | Altitude(Sucre,2800) | Local(Sucre,vales) |
| Cidade(Oruro) | Altitude(Potosi,3000) | Local(Potosi,altiplano) |
| Cidade(Santa_Cruz) | Altitude(Tarija,2500) | Local(Tarija,vales) |
| Cidade(Sucre) | Altitude(Cochabamba,2700) | Local(Cochabamba,vales) |
| Cidade(Potosi) | | Tensão(Cobija,220) |
| Cidade(Tarija) | | Tensão(Trinidad,220) |
| Cidade(Cochabamba) | | Tensão(La_Paz,110) |
| Clima(planicie,tropical) | | Tensão(Oruro,220) |
| Clima(vales,temperado) | | Tensão(Santa_Cruz,220) |
| Clima(altiplano,frio) | | Tensão(Sucre,220) |
| | | Tensão(Potosi,220) |

Linguagem

exemplo

conhecimento de o
que é um *email* que
vale a pena ler agora

Linguagem

- ◆ árvore de decisão
- ◆ lógica de predicados
- ◆ redes neurais
- ◆ redes semânticas
- ◆ frames
- ◆ ...

exemplo

conhecimento de o
que é um *email* que
vale a pena ler agora

Linguagem

- ◆ árvore de decisão
- ◆ lógica de predicados
- ◆ redes neurais
- ◆ redes semânticas
- ◆ frames
- ◆ ...

exemplo

conhecimento de o
que é um *email* que

avaliação

formal?

expressivo?

inferências?

eficiente?

Lógica



Fatos

- ① Identificar indivíduos e objetos
bob
- ② Identificar seus tipos
pessoa(bob)
- ③ Identificar seus atributos
chato(bob)
- ④ Identificar suas relações
gosta(bob, vinho)
- ⑤ Identificar funções
idade(bob) = 32

Relações

- Todo ... é
 $\forall x \text{ bebado}(x) \rightarrow \text{chato}(x)$
 $\forall x \text{ bebida}(x) \rightarrow \text{temagua}(x)$
- Todo ... é, menos ...
 $\forall x \text{ bebado}(x) \wedge x \neq \text{zeca} \rightarrow \text{chato}(x)$
- Incerteza
 $\text{bebado}(\text{zeca}) \vee \text{chato}(\text{zeca})$
 $\exists x \text{ chato}(x)$

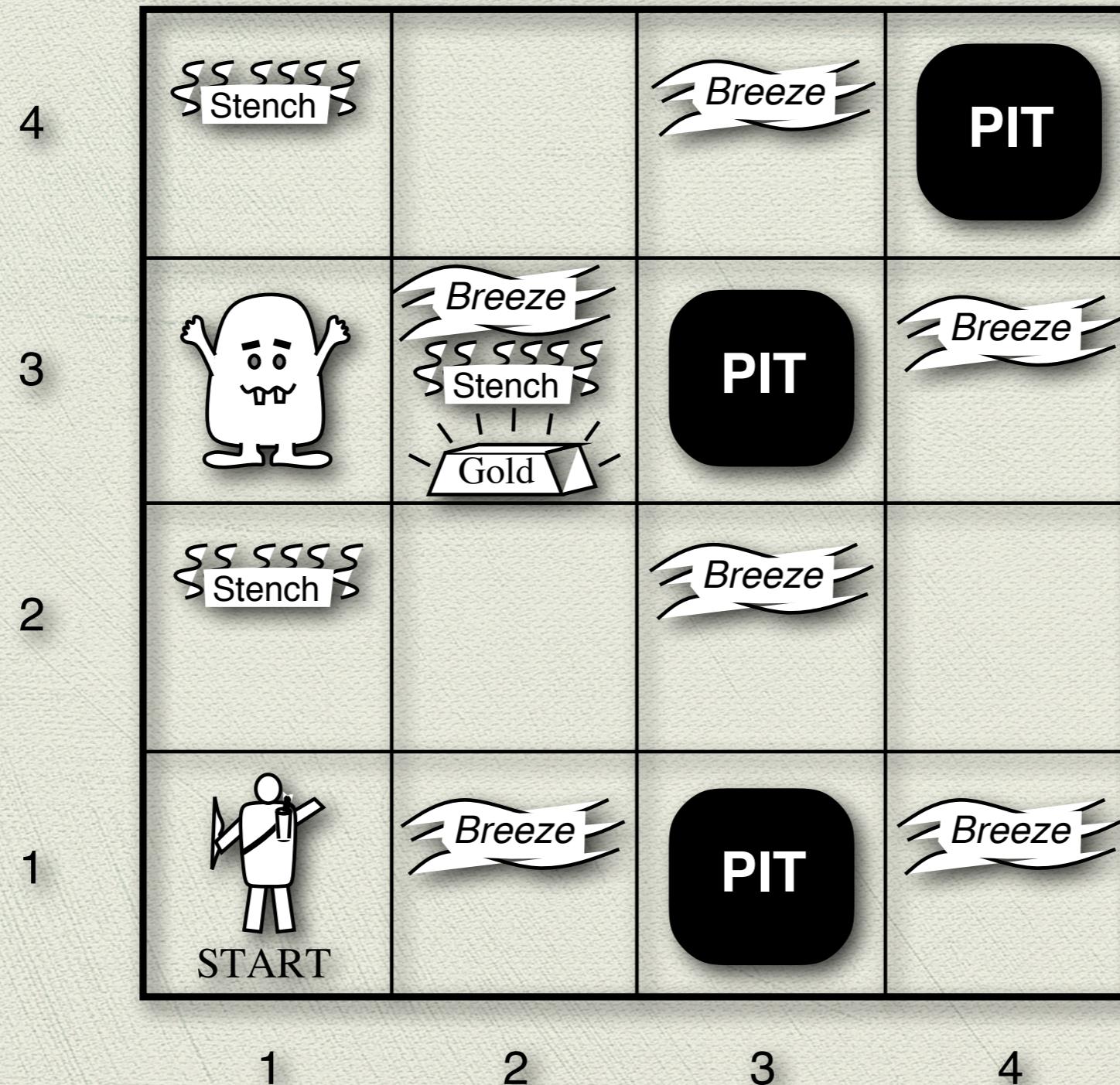
Terminologia

- Disjunção $\forall x \text{sobrio}(x) \leftrightarrow \neg \text{bebado}(x)$
- Subtipos $\forall x \text{ vinho}(x) \rightarrow \text{bebida}(x)$
(o que se pode inferir para bebida se infere também para vinho)
- Tipos $\forall x \text{ bebida}(x) \rightarrow \text{vinho}(x) \vee \text{agua}(x)$
- Simetria $\forall x, y \text{ casado}(x, y) \rightarrow \text{casado}(y, x)$
- Inversão $\forall x, y \text{ filhode}(x, y) \rightarrow \neg \text{paide}(x, y)$
- Restrição de tipo $\forall x \text{ pai}(x) \rightarrow \text{homem}(x)$
 $\forall x, y \text{ filhode}(x, y) \rightarrow \text{homem}(x) \wedge \text{pessoa}(y)$

Propriedades de relações

- Reflexividade $\forall x \ r(x, x)$
- Irreflexividade $\forall x \ \neg r(x, x)$
- Simetria $\forall x, y \ r(x, y) \rightarrow r(y, x)$
- Assimetria $\forall x, y \ r(x, y) \rightarrow \neg r(y, x)$
- Não-simetria: nem simétrica, nem assimétrica
- Anti-simetria $\forall x, y \ r(x, y) \wedge x \neq y \rightarrow \neg r(y, x)$
 $\forall x, y \ r(x, y) \wedge r(y, x) \rightarrow x = y$
- Transitividade $\forall x, y, z \ r(x, y) \wedge r(y, z) \rightarrow r(x, z)$
- Intransitividade $\forall x, y, z \ r(x, y) \wedge r(y, z) \rightarrow \neg r(x, z)$
- Não-transitividade: nem transitiva, nem intransitiva.

Exercício: Wumpus [R&N]



Regras

- ◆ Se o agente estiver em uma sala diretamente (não diagonalmente) ao lado da sala do Wumpus, perceberá um fedor (Stench)
- ◆ Em salas ao lado de uma sala com precipício (Pit), passa uma brisa (Breeze)
- ◆ Na sala com ouro, o agente percebe um brilho
- ◆ O jogador tem apenas um tiro para tentar matar o Wumpus
- ◆ Se o Wumpus for morto, dará um berro que será escutado em toda a caverna
- ◆ O Jogador morre miseravelmente se ficar em uma sala com o Wumpus vivo ou entrar em uma sala com precipício

Agente

- Objetivo: entrar na caverna, pegar o ouro e sair o mais rápido possível
- Percepções: fedor, brisa, brilho do ouro, se está batendo em uma parede e o berro da morte do Wumpus
- Ações: virar 90 graus para direita ou esquerda, ir em frente, atirar no Wumpus, sair da caverna (só funciona na posição 1,1)

Raciocínio (teórico)

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 1,4 | 2,4 | 3,4 | 4,4 |
| 1,3 | 2,3 | 3,3 | 4,3 |
| 1,2 | 2,2 | 3,2 | 4,2 |
| OK | | | |
| 1,1 | 2,1 | 3,1 | 4,1 |
| A | | | |
| OK | OK | | |

A = *Agent*
B = *Breeze*
G = *Glitter, Gold*
OK = *Safe square*
P = *Pit*
S = *Stench*
V = *Visited*
W = *Wumpus*

(a)

Raciocínio (teórico)

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 1,4 | 2,4 | 3,4 | 4,4 |
| 1,3 | 2,3 | 3,3 | 4,3 |
| 1,2 | 2,2 | 3,2 | 4,2 |
| OK | | | |

1,1 **A**
OK OK

(a)

A = *Agent*
B = *Breeze*
G = *Glitter, Gold*
OK = *Safe square*
P = *Pit*
S = *Stench*
V = *Visited*
W = *Wumpus*

| | | | |
|---------|--------------|-----|-----|
| 1,4 | 2,4 | 3,4 | 4,4 |
| 1,3 | 2,3 | 3,3 | 4,3 |
| 1,2 | 2,2 | 3,2 | 4,2 |
| OK | | | |
| 1,1 | 2,1 | 3,1 | 4,1 |
| V OK | A B OK | P? | P? |

(b)

Raciocínio (teórico)

| | | | |
|----------------------------|----------------------------|------------------|-----|
| 1,4 | 2,4 | 3,4 | 4,4 |
| 1,3 W! | 2,3 | 3,3 | 4,3 |
| 1,2 A S OK | 2,2 | 3,2 | 4,2 |
| 1,1 V OK | 2,1 B V OK | 3,1 P! | 4,1 |

(a)

Raciocínio (teórico)

| | | | |
|--|--|------------------|-----|
| 1,4 | 2,4 | 3,4 | 4,4 |
| 1,3 W! | 2,3 | 3,3 | 4,3 |
| 1,2 A S OK | 2,2 | 3,2 | 4,2 |
| 1,1 V OK | 2,1 B V OK | 3,1 P! | 4,1 |

(a)

| | | | |
|--|---|------------------|-----|
| 1,4 | 2,4 P? | 3,4 | 4,4 |
| 1,3 W! | 2,3 A S G B | 3,3 P? | 4,3 |
| 1,2 S V OK | 2,2 V OK | 3,2 | 4,2 |
| 1,1 V OK | 2,1 B V OK | 3,1 P! | 4,1 |

(b)

Papéis da Representação

[Davis]

- ◆ Substituto das coisas externas
- ◆ Comprometimento ontológico (um óculos)
- ◆ Parte do raciocínio inteligente
- ◆ Meio para uma computação eficiente
- ◆ Meio para se expressar

utilidade do conhecimento

Aplicações

- ◆ projetista tornar explícito, para si mesmo, o que pensa
- ◆ um agente poder concluir novos fatos
- ◆ um agente pode calcular seu comportamento
- ◆ compartilhamento e troca de informação
- ◆ semantic web
- ◆ ...

Algumas referências

- ◆ Allen Newell, The Knowledge Level. *AI Magazine*, 1980
- ◆ Randall Davis et al. What is a Knowledge Representation? *AI Magazine*, 1993
- ◆ John F. Sowa. *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*. 2000
- ◆ Brachman & Levesque. *Knowledge Representation and Reasoning*. Elsevier, 2004