

Representação de Conhecimento

Jomi Fred Hübner

Departamento de Automação e Sistemas
<https://jomifred.github.io/ia/>



Conhecimento

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

o que é conhecimento

Visão geral

Visão geral

Visão geral

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

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

Nível do conhecimento

- ◆ 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, ...

Por inferência (aprendizado)

- ◆ Dedução
- ◆ Indução

Por inferência (aprendizado)

- ◆ Dedução
- ◆ Indução

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

Linguagem

Linguagem

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

Linguagem

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

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

Inferências

- 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
 $\text{bebado}(\text{zeca}) \vee \text{chato}(\text{zeca})$
 $\exists x \text{ chato}(x)$

Exercício

Todos os animais têm pele. Peixe é um tipo de animal, pássaros são outro tipo e mamíferos são um terceiro tipo. Normalmente, os peixes têm nadadeiras e podem nadar, enquanto os pássaros têm asas e podem voar. Se por um lado os pássaros e os peixes põem ovos, os mamíferos não põem. Embora tubarões sejam peixes, eles não põem ovos, seus filhotes nascem já formados. Salmão é um outro tipo de peixe, e é considerado uma delícia. O canário é um pássaro amarelo. Uma avestruz é um tipo de pássaro grande que não voa, apenas anda. Os mamíferos normalmente andam para se mover, como por exemplo uma vaca. As vacas dão leite, mas também servem elas mesmas de comida (carne). Contudo, nem todos os mamíferos andam para se mover. Por exemplo, o morcego voa.

Exercício

Todos os animais têm pele. Peixe é um tipo de animal, pássaros são outro tipo e mamíferos são um terceiro tipo. Normalmente, os peixes têm nadadeiras e podem nadar, enquanto os pássaros têm asas e podem voar. Se por um lado os pássaros e os peixes põem ovos, os mamíferos não põem. Embora tubarões sejam peixes, eles não põem ovos, seus filhotes nascem já formados. Salmão é um outro tipo de peixe, e é considerado uma delícia. O canário é um pássaro amarelo. Uma avestruz é um tipo de pássaro grande que não voa, apenas anda. Os mamíferos normalmente andam para se mover, como por exemplo uma vaca. As vacas dão leite, mas também servem elas mesmas de comida (carne). Contudo, nem todos os mamíferos andam para se mover. Por exemplo, o morcego voa.

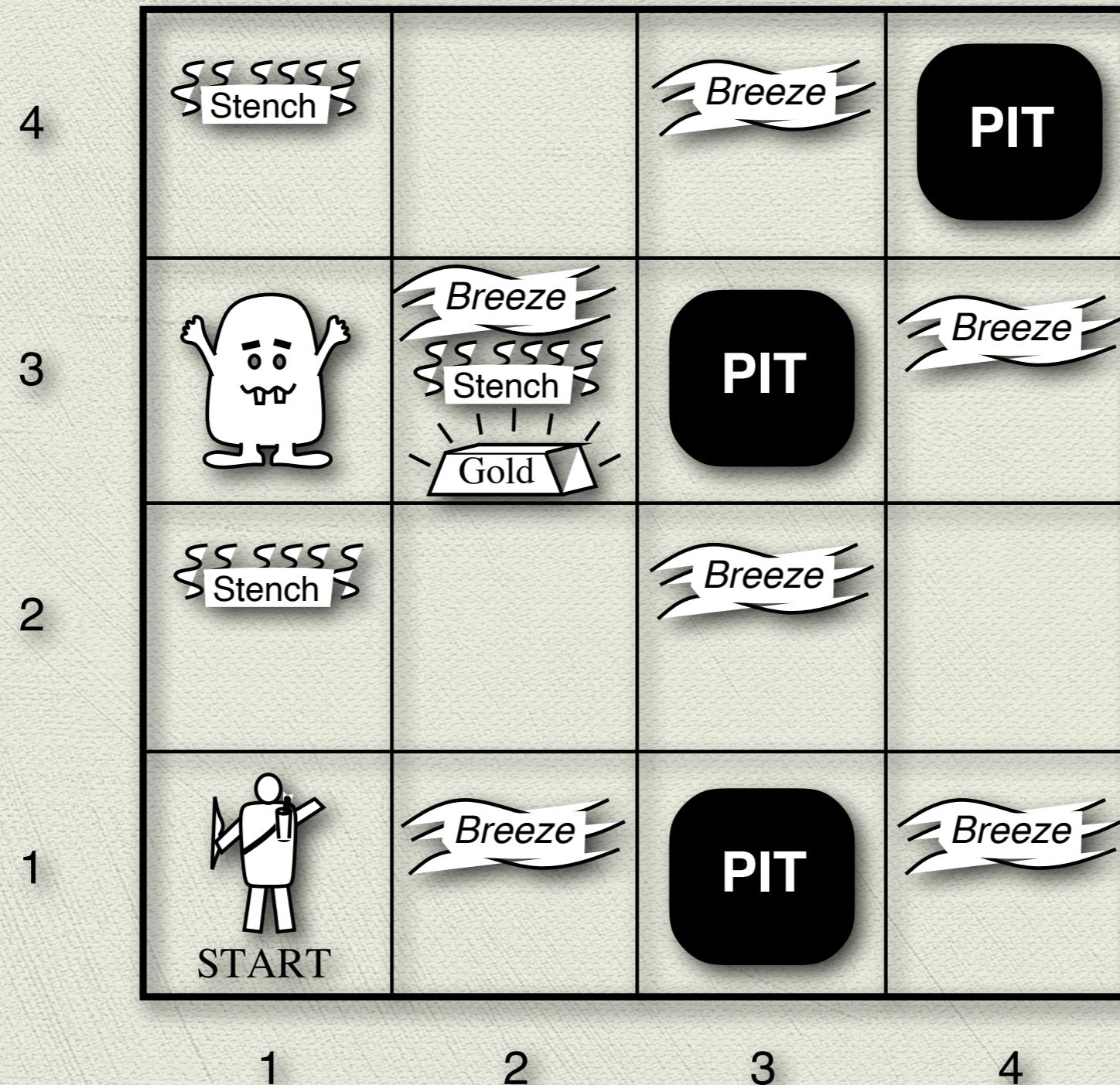
Terminologia

- 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	A	B	P?
OK		OK	

(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 OK	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)

Fatos

- ◆ $\neg \text{breeze}(1,1)$
 $\neg \text{stench}(1,1)$
- ◆ $\text{breeze}(2,1)$
 $\neg \text{stench}(2,1)$
- ◆ ...

Regras

- ◆ $\forall x,y \ \neg\text{pit}(X,Y) \wedge \neg\text{wumpus}(X,Y) \rightarrow \text{safe}(X,Y)$
- ◆ $\forall x,y \ \neg\text{breeze}(X,Y) \rightarrow \neg\text{pit}(X,Y)$
 $\forall x,y \ \neg\text{breeze}(X,Y) \wedge \text{adjacent}(X,Y,X2,Y2) \rightarrow \neg\text{pit}(X2,Y2)$
- ◆ $\forall x,y \ \neg\text{stench}(X,Y) \rightarrow \neg\text{wumpus}(X,Y)$
 $\forall x,y \ \neg\text{stench}(X,Y) \wedge \text{adjacent}(X,Y,X2,Y2) \rightarrow \neg\text{wumpus}(X2,Y2)$

Regras

- ◆ $\forall x,y \text{ breeze}(X,Y) \rightarrow$
 $\text{pit}(X+1,Y) \vee \text{pit}(X-1,Y) \vee$
 $\text{pit}(X,Y+1) \vee \text{pit}(X,Y-1)$
- ◆ $\forall x,y \text{ stench}(X,Y) \rightarrow$
 $\text{wumpus}(X+1,Y) \vee \text{wumpus}(X-1,Y) \vee$
 $\text{wumpus}(X,Y+1) \vee \text{wumpus}(X,Y-1)$

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 conhecimento
- ◆ 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