

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

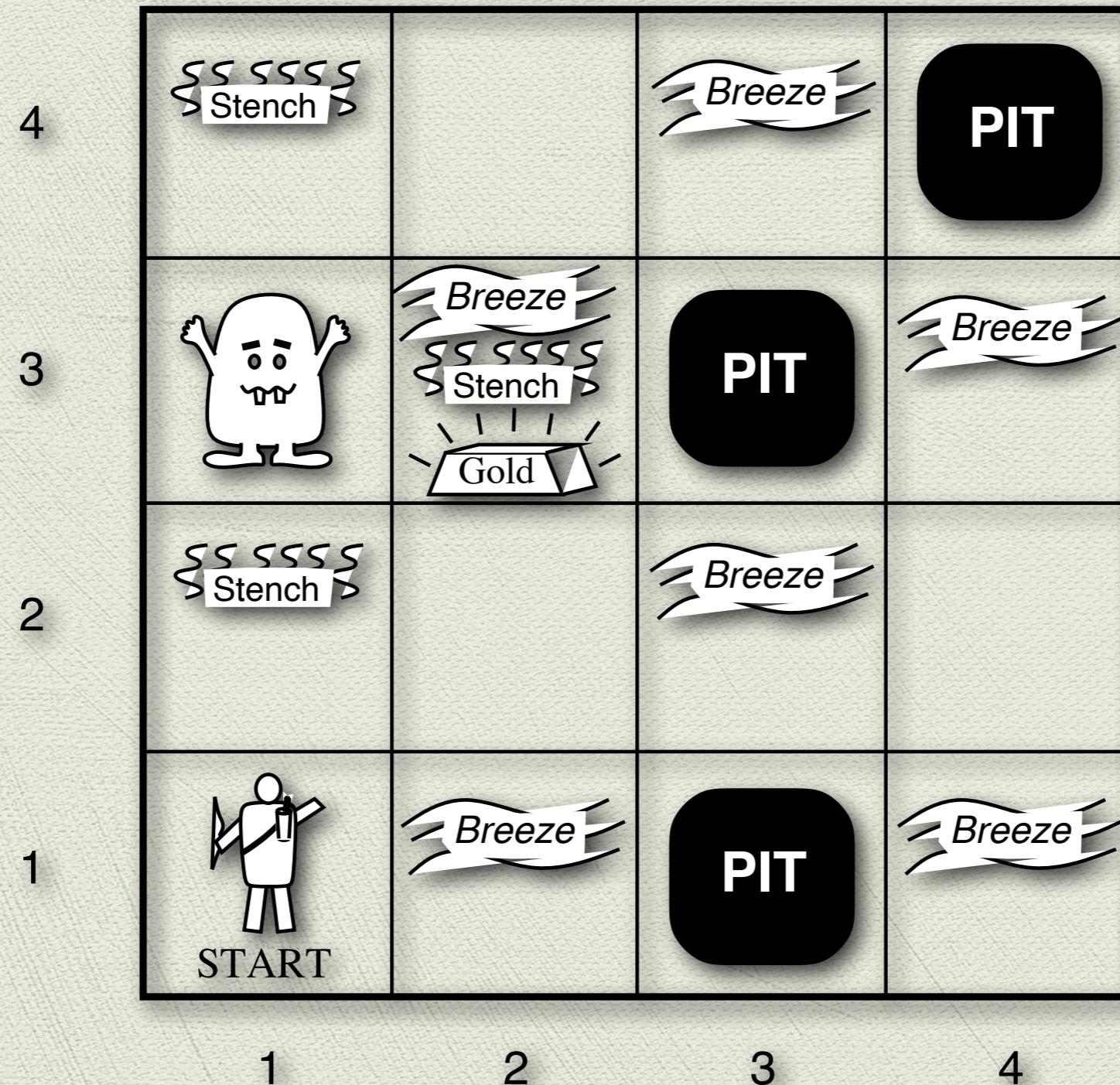
# Terminologia

- 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	2,1 OK	3,1	4,1

(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 OK	2,2 P?	3,2	4,2
1,1 V OK	2,1 A B OK	3,1 P?	4,1

(b)

# Raciocínio (teórico)

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3 <b>w!</b>	2,3	3,3	4,3
1,2 <b>A</b> <b>S</b> <b>OK</b>	2,2 <b>OK</b>	3,2	4,2
1,1 <b>V</b> <b>OK</b>	2,1 <b>B</b> <b>V</b> <b>OK</b>	3,1 <b>P!</b>	4,1

(a)

# Raciocínio (teórico)

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3 <b>W!</b>	2,3	3,3	4,3
1,2 <b>A</b> <b>S</b> <b>OK</b>	2,2	3,2	4,2
1,1 <b>V</b> <b>OK</b>	2,1 <b>B</b> <b>V</b> <b>OK</b>	3,1 <b>P!</b>	4,1

(a)

1,4	2,4 <b>P?</b>	3,4	4,4
1,3 <b>W!</b>	2,3 <b>A</b> <b>S</b> <b>G</b> <b>B</b>	3,3 <b>P?</b>	4,3
1,2 <b>S</b> <b>V</b> <b>OK</b>	2,2 <b>V</b> <b>OK</b>	3,2	4,2
1,1 <b>V</b> <b>OK</b>	2,1 <b>B</b> <b>V</b> <b>OK</b>	3,1 <b>P!</b>	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