

Inteligência Artificial

Agentes Lógicos



Prof. Chauã Queirolo



<https://github.com/chaua/inteligencia-artificial>

Sumário

- Agentes Lógicos

Introdução

Introdução

- Humanos possuem **conhecimento** e **raciocinam** sobre este conhecimento
- **Exemplo:** “João jogou uma pedra na janela e a quebrou”
- Agentes baseados em conhecimento ou agentes lógicos

Introdução

- Podem lidar mais **facilmente** com ambientes **parcialmente observáveis**
- O agente pode usar as suas **percepções** e **conhecimento** do mundo
 - **inferir** aspectos ainda **desconhecidos** do ambiente
- São **flexíveis** e podem assumir novas **tarefas** na forma de **objetivos** explicitamente **descritos**

Introdução

- O **componente central** é a **base de conhecimento**
- A base de conhecimento é formada por um **conjunto de sentenças**
- **Linguagem lógica** de representação de conhecimento

Introdução

- Deve ser possível:
 - **adicionar** novas sentenças à base
 - **consultar** o que se conhece
- Ambas as tarefas podem envolver **inferência**
 - derivação de novas sentenças a partir de sentenças antigas

Agente genérico

```
function KB-AGENT(percepção) retorna ação
```

```
    static: KB, base de conhecimento
```

```
           t, contador iniciado em 0
```

```
    TELL(KB, MAKE-PERCEPT-SENTENCE(percepção, t))
```

```
    ação ← ASK(KB, MAKE-ACTION-QUERY(t))
```

```
    TELL(KB, MAKE-ACTION-SENTENCE(ação, t))
```

```
    t++
```

```
    retorna ação
```

```
end
```


Agente genérico

- Processo de execução:
 1. Informa a base de conhecimento o que o agente esta percebendo do ambiente
 2. Pergunta a base de conhecimento qual a próxima ação que deve ser executada. Um extensivo processo de raciocínio lógico é realizada sobre a base de conhecimento para que sejam decididas as ações que devem ser executadas.
 3. Realiza a ação escolhida e informa a base de conhecimento sobre a ação que está sendo realizada.

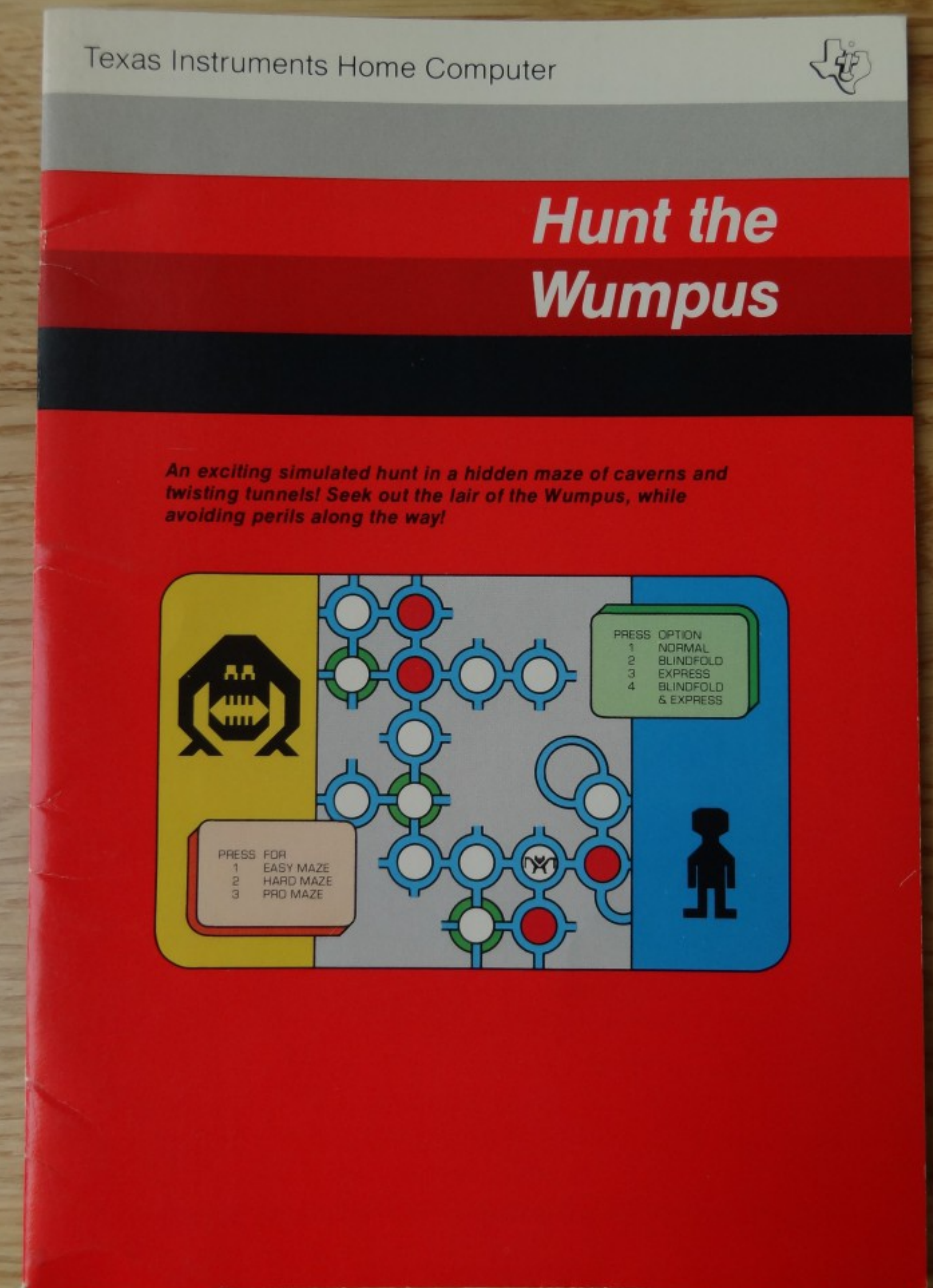
Introdução

- Porque utilizar uma linguagem lógica de representação de conhecimento?
 - **Facilita a criação dos agentes.** É possível dizer o que o agente sabe através de sentenças lógicas
 - **O agente pode adicionar novas sentenças** a sua base de conhecimento enquanto ele explora o ambiente
 - **Abordagem declarativa** de criação de sistemas

Mundo de Wumpus





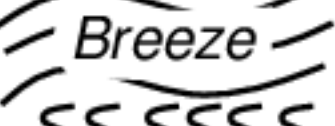
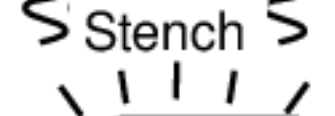









Mundo de Wumpus

- O **Mundo de Wumpus** é um jogo antigo de computador considerado um domínio (ambiente) artificial que fornece grande motivação para o raciocínio lógico
- Apesar de parecer um jogo muito simples quando comparado aos jogos modernos de computador, o Mundo de Wumpus é um excelente ambiente de teste para agentes inteligentes













Mundo de Wumpus

- O ambiente contém:
 - **Salas** conectadas por passagens
 - **Ouro** em alguma sala
 - **Poços** sem fundo
 - **Wumpus**: monstro que devora qualquer guerreiro que entrar em sua sala
 - O Wumpus pode ser morto pelo agente, mas o agente só tem uma **flecha**

 Stench		 Breeze	 PIT
	 Breeze  Stench  Gold	 PIT	 Breeze
 Stench		 Breeze	
 START	 Breeze	 PIT	 Breeze

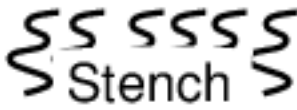



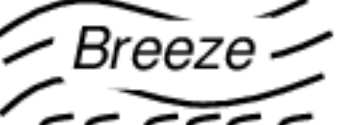
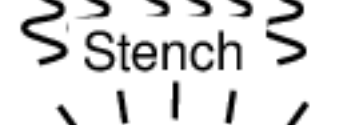
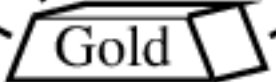








Mundo de Wumpus

- Medida de desempenho:
 - +1.000 por pegar ouro
 - -1.000 se cair em um poço
 - -1.000 se for devorado pelo Wumpus
 - -1 para cada ação executada
 - -10 pelo uso da flecha.

 Stench			PIT
	 Breeze Stench Gold	PIT	
 Stench			
 START		PIT	

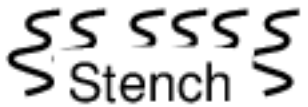



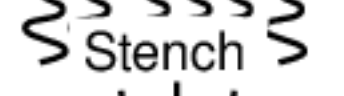






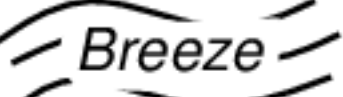
Mundo de Wumpus

- Ambiente:
 - Malha 4x4 de salas
 - O agente sempre começa no quadrado identificado como [1,1] voltado para a direita
 - As posições do Wumpus, ouro e poços são escolhidas aleatoriamente

 Stench			
	  		
 Stench			
 START			















Mundo de Wumpus

- Ações possíveis:
 - mover-se para frente
 - virar à esquerda
 - virar à direita
 - agarrar um objeto
 - atirar a flecha

 Stench		 Breeze	PIT
	 Breeze  Stench  Gold	PIT	 Breeze
 Stench		 Breeze	
 START	 Breeze	PIT	 Breeze

Mundo de Wumpus

- Sensores:
 - Em quadrados adjacentes ao Wumpus, exceto diagonal, o agente sente o **fedor** do Wumpus;
 - Em quadrados adjacentes a um poço, exceto diagonal, o agente sente uma **brisa**
 - Quadrados onde existe ouro o agente percebe o **brilho** do ouro
 - Ao caminhar contra uma parede o agente sente um **impacto**
 - Quando o Wumpus morre o agente ouve um **grito**

 Stench		 Breeze	 PIT
	 Breeze Stench  Gold	 PIT	 Breeze
 Stench		 Breeze	
 START	 Breeze	 PIT	 Breeze

Mundo de Wumpus

- Passo 1
 - **Sensores**
[nada, nada, nada, nada, nada]
 - **Conclusão**
[1,2] e [2,1] são seguros
 - **Movimento escolhido**
[2,1]

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3	2,3	3,3	4,3
1,2 OK	2,2	3,2	4,2
1,1 A OK	2,1 OK	3,1	4,1

Mundo de Wumpus

- Passo 2
 - **Sensores**
[nada, brisa, nada, nada, nada]
 - **Conclusão**
Há poço em [2,2], [3,1] ou ambos
 - **Movimento escolhido**
[1,1] e depois [1,2]

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 <div>A</div> B OK	3,1 P?	4,1

Mundo de Wumpus

- Passo 3
 - **Sensores**
[fedor, nada, nada, nada, nada]
 - **Conclusão**
Há Wumpus em [1,3] ou [2,2]
Wumpus não pode estar em [2,2]
Wumpus em [1,3]
Não existe poço em [2,2]
Poço em [3,1]
[2,2] é seguro
 - **Movimento escolhido:**
[2,2]

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

Lógica

Lógica

- Base de conhecimento
 - Conjunto de **sentenças**
 - **Linguagem lógica** de representação do conhecimento
- Conceito de lógica foi organizado principalmente por Aristoteles

“É o conhecimento das formas gerais e regras gerais do pensamento correto e verdadeiro, independentemente dos conteúdos pensados”

Lógica

“Todo homem é mortal”

“Sócrates é um homem”

“Logo, Sócrates é mortal”

Todo X é Y

Z é X

Portanto, Z é Y

Tipos de Lógica

Lógica proposicional (ou lógica Booleana)

- Representa a estrutura de sentenças usando conectivos como: E, OU e NÃO

Lógica de predicados

- Representa a estrutura de sentenças usando conectivos como: ALGUNS, TODOS e NENHUM

Lógica multi-valorada

- Estende valores verdadeiro/falso para incluir um número infinito de GRAUS DE VERDADE

Lógica modal

- Estudo do comportamento dedutivo de expressões como: É NECESSÁRIO QUE e É POSSÍVEL QUE

Lógica temporal

- Representa e raciocina sobre proposições qualificadas em termos do tempo.

Conceitos de Lógica

- Sintaxe

- Especifica todas as sentenças que são bem formadas

- Exemplo na aritmética

- $x + y = 4$

- ~~$x + y =$~~

Conceitos de Lógica

- Semântica
 - Especifica o significado das sentenças
 - A verdade de cada sentença com relação a cada “mundo possível”
 - Exemplo na aritmética: $x + y = 4$
 - Verdadeira em um mundo no qual $x = 2$ e $y = 2$
 - Falsa em um mundo no qual $x = 1$ e $y = 1$

Conceitos de Lógica

- Modelo
 - Especifica um “mundo possível”
 - M é modelo de A, se A é verdadeira em M

Conceitos de Lógica

- Consequência lógica
 - Quando uma sentença decorre logicamente de outra
 - Notação: $a \models b$ (b decorre logicamente de a)
 - Pode ser aplicada para derivar conclusões - inferência lógica

Consequência Lógica

- **Base de conhecimento**

Nada em [1,1]

Brisa em [2,1]

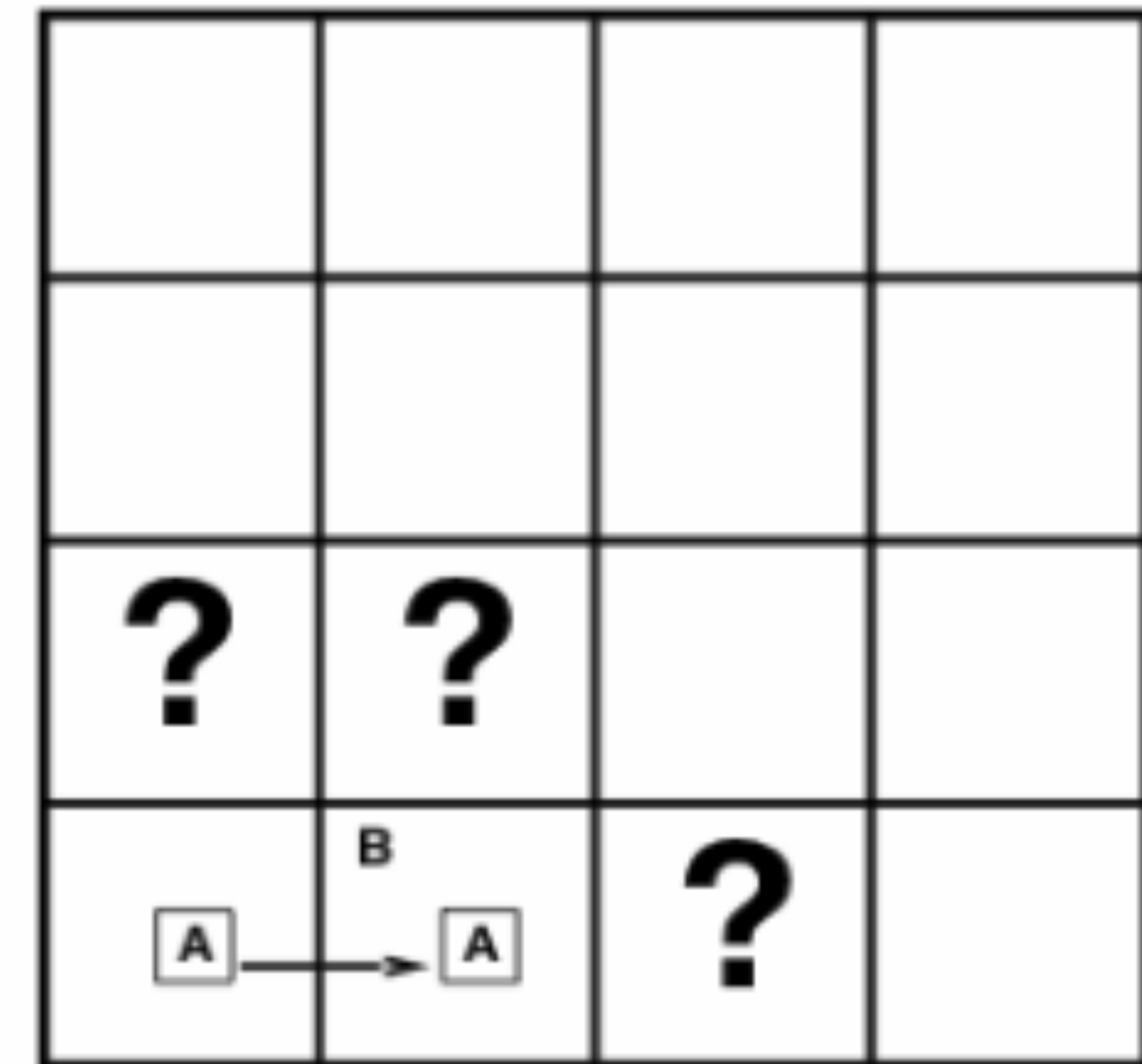
Regras do mundo de Wumpus

- **Interesse do agente**

Saber se [1,2], [2,2] e [3,1] são poço

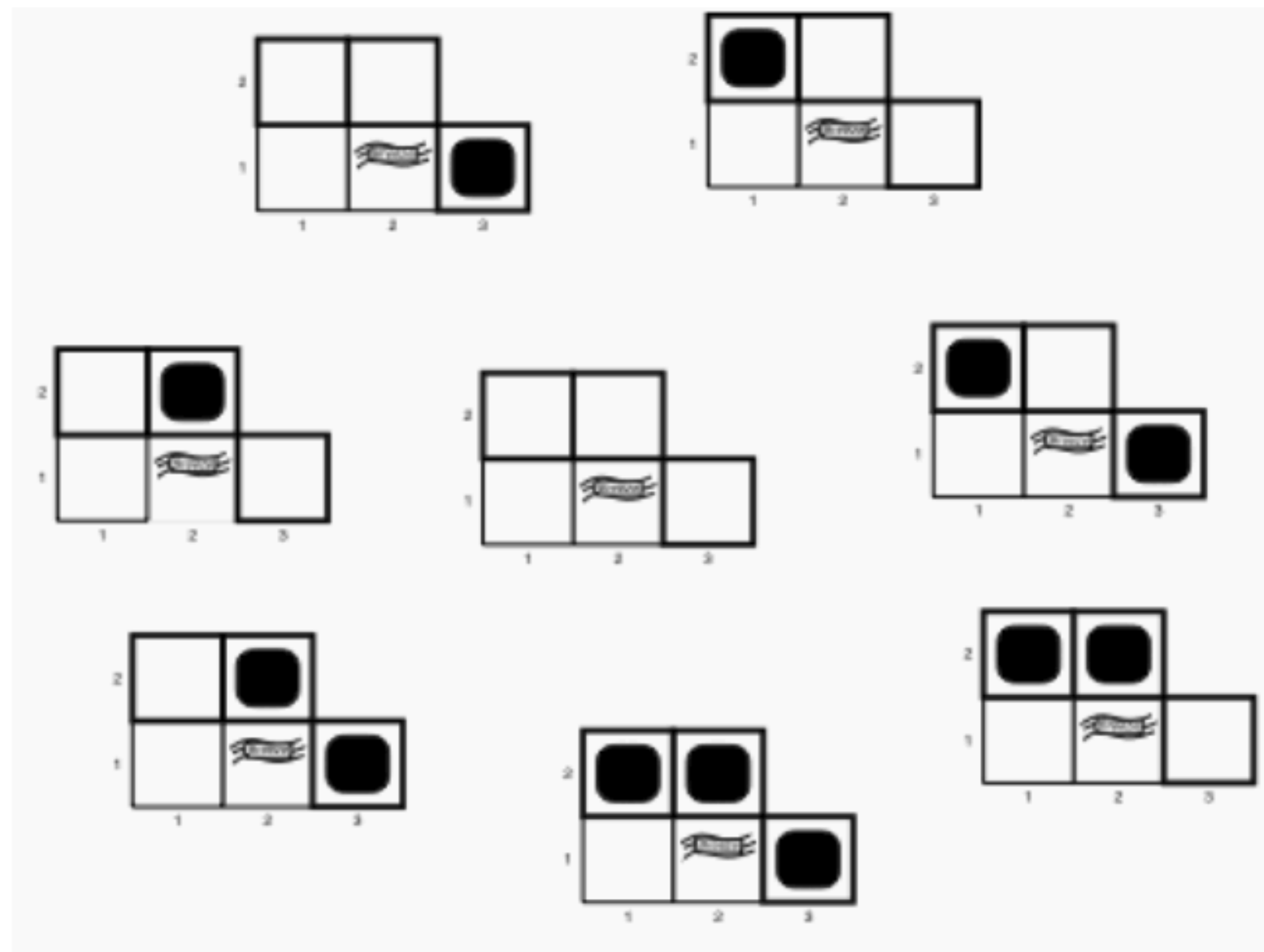
- **Modelos possíveis**

$$2^3 = 8$$



Consequência Lógica

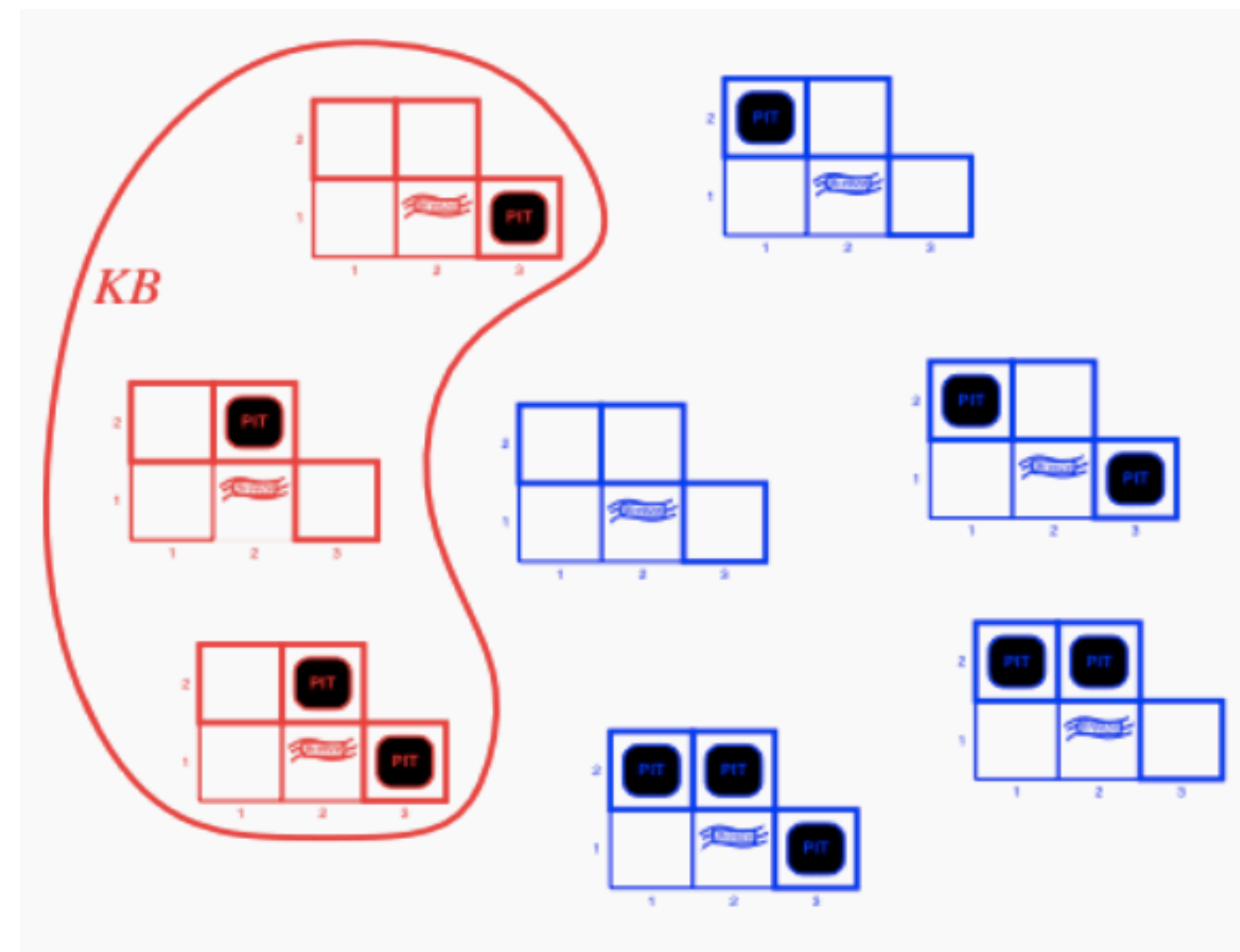
Modelos possíveis



Consequência Lógica

Modelos possíveis

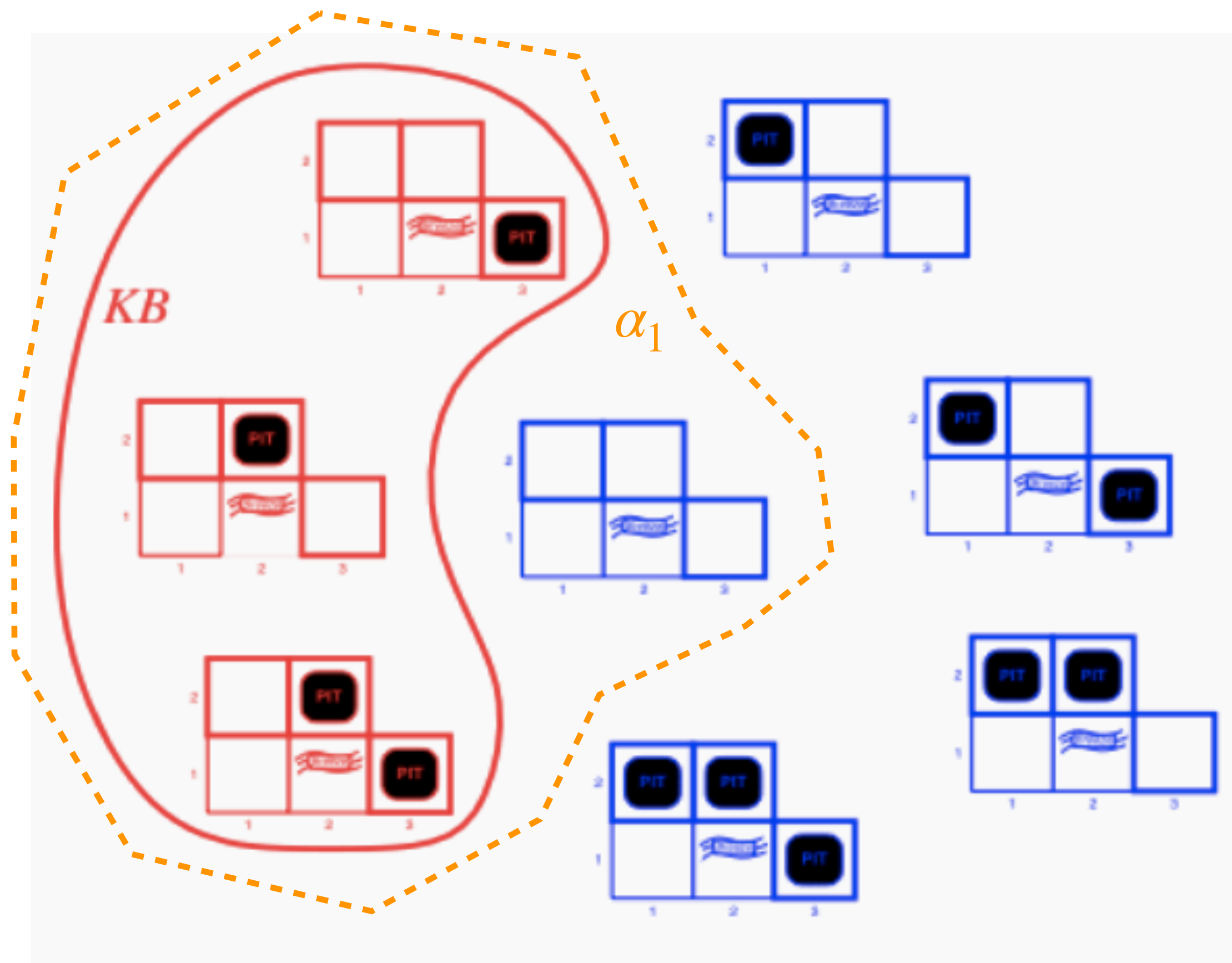
- **Base de conhecimento** é falsa em modelos que contradizem o que o agente sabe
- Existem somente 3 modelos onde a base de conhecimento é verdadeira



Consequência Lógica

Modelos possíveis

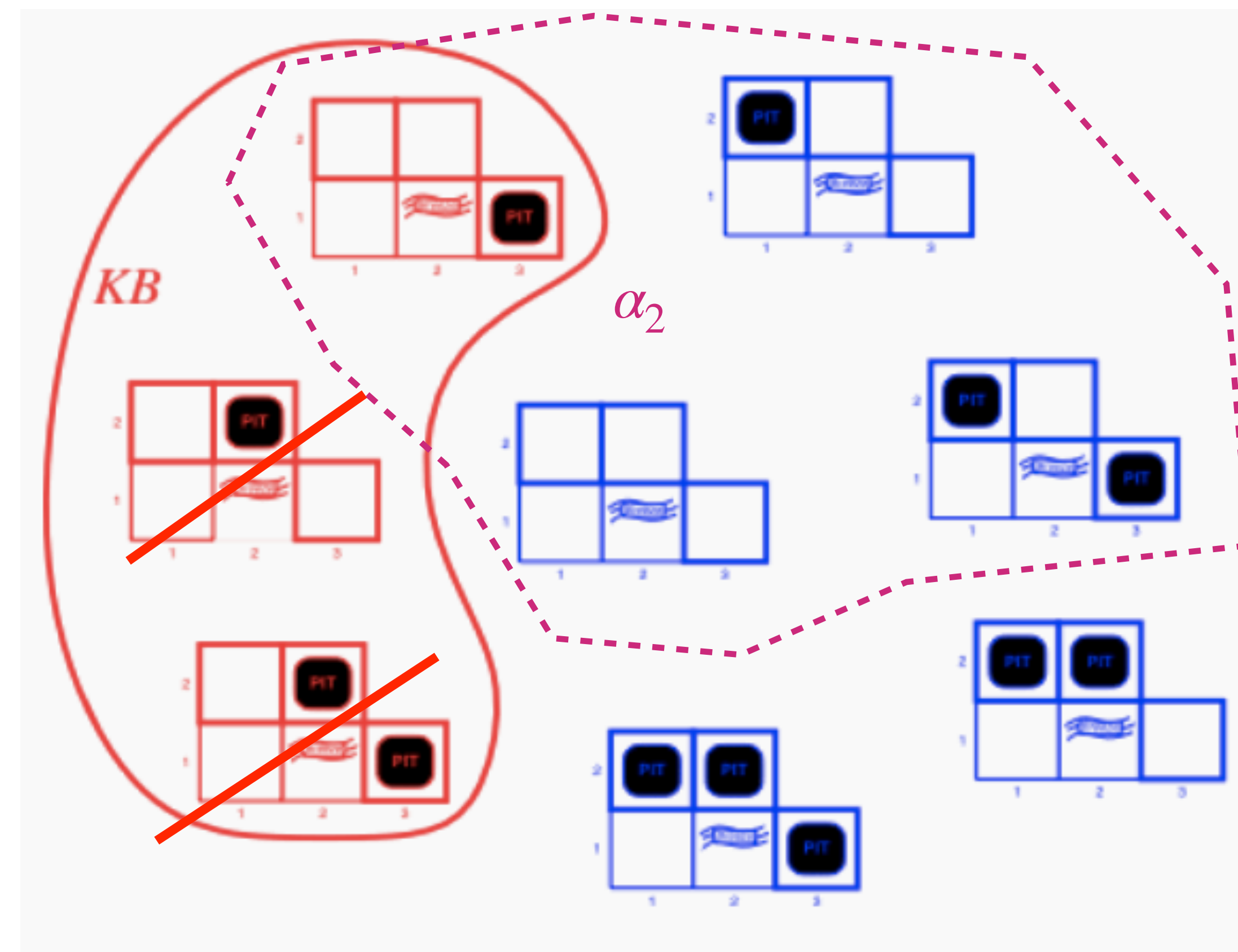
- Considerando uma conclusão:
 - $\alpha_1 = [1,2]$ não tem poço
- É possível afirmar
 - $KB \models \alpha_1$



Consequência Lógica

Modelos possíveis

- Considerando uma conclusão:
 - ~~$\alpha_2 = [2,2]$ não tem poço~~
- É possível afirmar
 - $KB \not\models \alpha_2$



Inferência Lógica

- **Consequência lógica** pode ser usada para produzir **inferência lógica**
- Algoritmo *model checking*
 - Numera todos os possíveis modelos para checar se a é verdade em todos os modelos onde a base de conhecimento é verdade

Base de **conhecimento**

Base de conhecimento

- Base de conhecimento pode ser representada por
 - Lógica proposicional
 - Lógica de primeira ordem

Lógica proposicional

Símbolos

- nomes em letras maiúsculas (P, Q, R, ...)
- podem assumir verdadeiro e falso

Sentenças atômicas

- constituídas por elementos sintáticos indivisíveis

Lógica proposicional

Sentenças complexas

- construídas a partir de sentenças simples com conectivos lógicos

\neg NÃO

\wedge E

\vee OU

\Rightarrow IMPLICA

\Leftrightarrow DUPLA IMPLICAÇÃO

Lógica proposicional

Gramática

Sentença \rightarrow **SentençaAtômica** | **SentençaComplexa**

SentençaAtômica \rightarrow Verdadeiro | Falso | **Símbolo**

Símbolo \rightarrow P | Q | R | ...

SentençaComplexa \rightarrow \neg Sentença

| (Sentença \wedge Sentença)

| (Sentença \vee Sentença)

| (Sentença \Rightarrow Sentença)

| (Sentença \Leftrightarrow Sentença)

Lógica proposicional

- Exemplos
 - P
 - Verdadeiro
 - $P \wedge Q$
 - $(P \vee Q) \Rightarrow S$
 - $(P \wedge Q) \vee R \Rightarrow S$
 - $\neg (P \vee Q)$
 - $\neg (P \vee Q) \Rightarrow R \wedge S$

Lógica proposicional

- Implicação lógica

- $P \Rightarrow Q$
- Se P é verdade então Q também é verdade.

P	Q	$P \rightarrow Q$
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	F

- Equivalência lógica

- $P \Leftrightarrow Q$
- Se P é verdade então Q também é verdade
- Se Q é verdade então P também é verdade.

Lógica proposicional

- **Semântica:** descreve como calcular o valor verdade de qualquer sentença com base em um mesmo modelo
 - **Sentenças atômicas:**
 - Verdadeiro é verdadeiro e falso é falso em todo modelo.
 - Valor verdade de todos os símbolos são especificados no modelo
 - **Sentenças complexas:**
 - As regras em cada conectivo são resumidas em uma tabela-verdade

Lógica proposicional

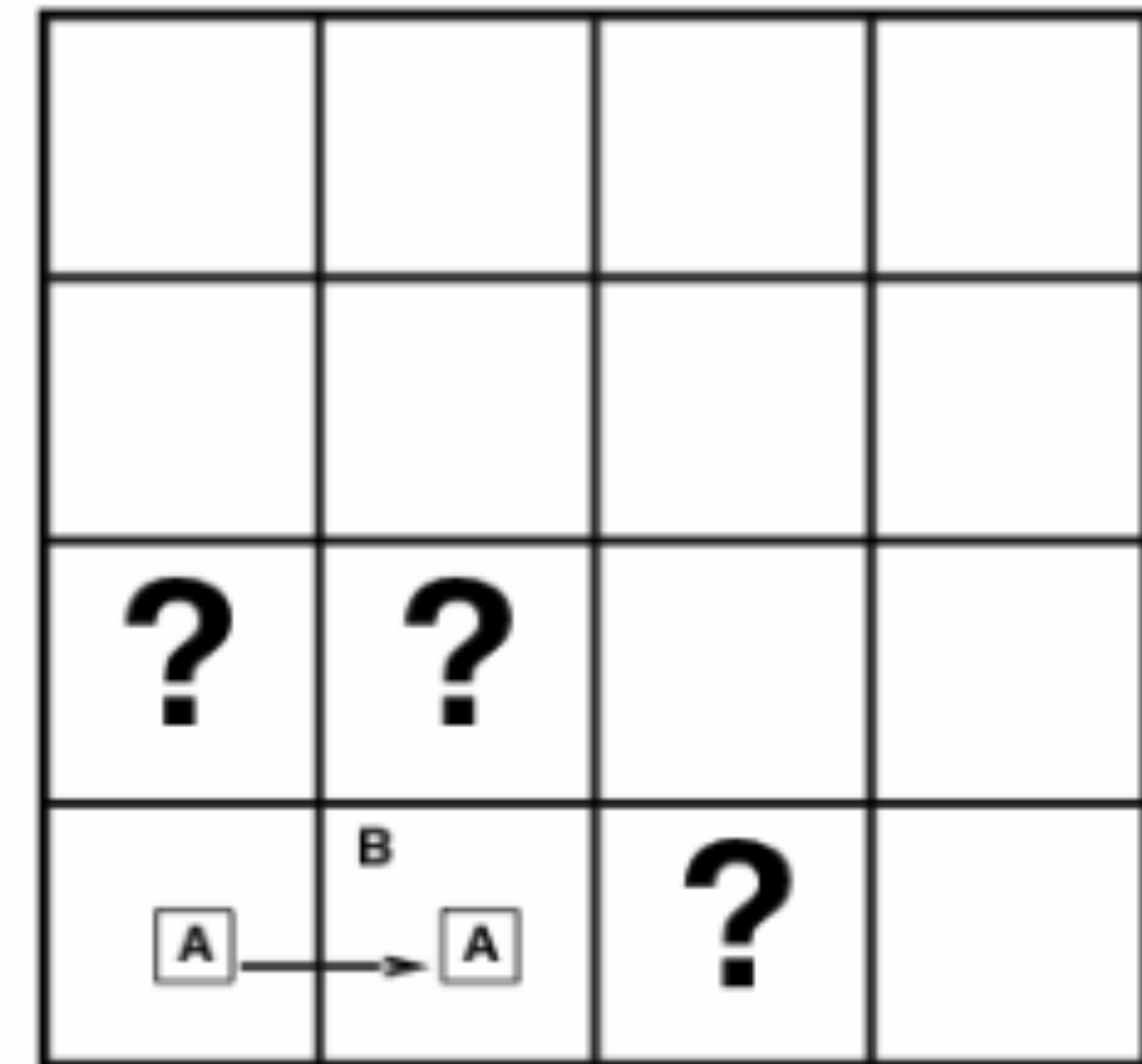
P	Q	$\neg P$	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$P \Rightarrow Q$	$P \Leftrightarrow Q$
F	F	V	F	F	V	V
F	V	V	F	V	V*	F
V	F	F	F	V	F	F
V	V	F	V	V	V	V

Mundo de Wumpus

- Vocabulário de símbolos
 - $P_{i,j}$ é verdadeiro se existir um poço em $[i,j]$
 - $B_{i,j}$ é verdadeiro se existir um ~~poço~~ em $[i,j]$


Mundo de Wumpus

- Base de conhecimento
 - $R_1 = \neg P_{1,1}$
 - $R_2 = B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$
 - $R_3 = B_{2,1} \Leftrightarrow (P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1})$
 - $R_4 = \neg B_{1,1}$
 - $R_5 = \neg B_{2,1}$



Mundo de Wumpus

- Base de conhecimento

- $R_1 = \neg P_{1,1}$  Não há poço em [1,1]
- $R_2 = B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$
- $R_3 = B_{2,1} \Leftrightarrow (P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1})$
- $R_4 = \neg B_{1,1}$
- $R_5 = \neg B_{2,1}$

Mundo de Wumpus

- Base de conhecimento

- $R_1 = \neg P_{1,1}$ 

Não há poço em [1,1]

- $R_2 = B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$ 

Uma sala tem brisa se e somente se existe um poço na sala vizinha

- $R_3 = B_{2,1} \Leftrightarrow (P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1})$

- $R_4 = \neg B_{1,1}$

- $R_5 = \neg B_{2,1}$

Mundo de Wumpus

- Base de conhecimento

- $R_1 = \neg P_{1,1}$ 

Não há poço em [1,1]

- $R_2 = B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$

- $R_3 = B_{2,1} \Leftrightarrow (P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1})$ 

Uma sala tem brisa se e somente se existe um poço na sala vizinha

- $R_4 = \neg B_{1,1}$

- $R_5 = \neg B_{2,1}$ 

Percepções do agente

Mundo de Wumpus

Inferência

- derivação de novas sentenças a partir de sentenças antigas

Objetivo

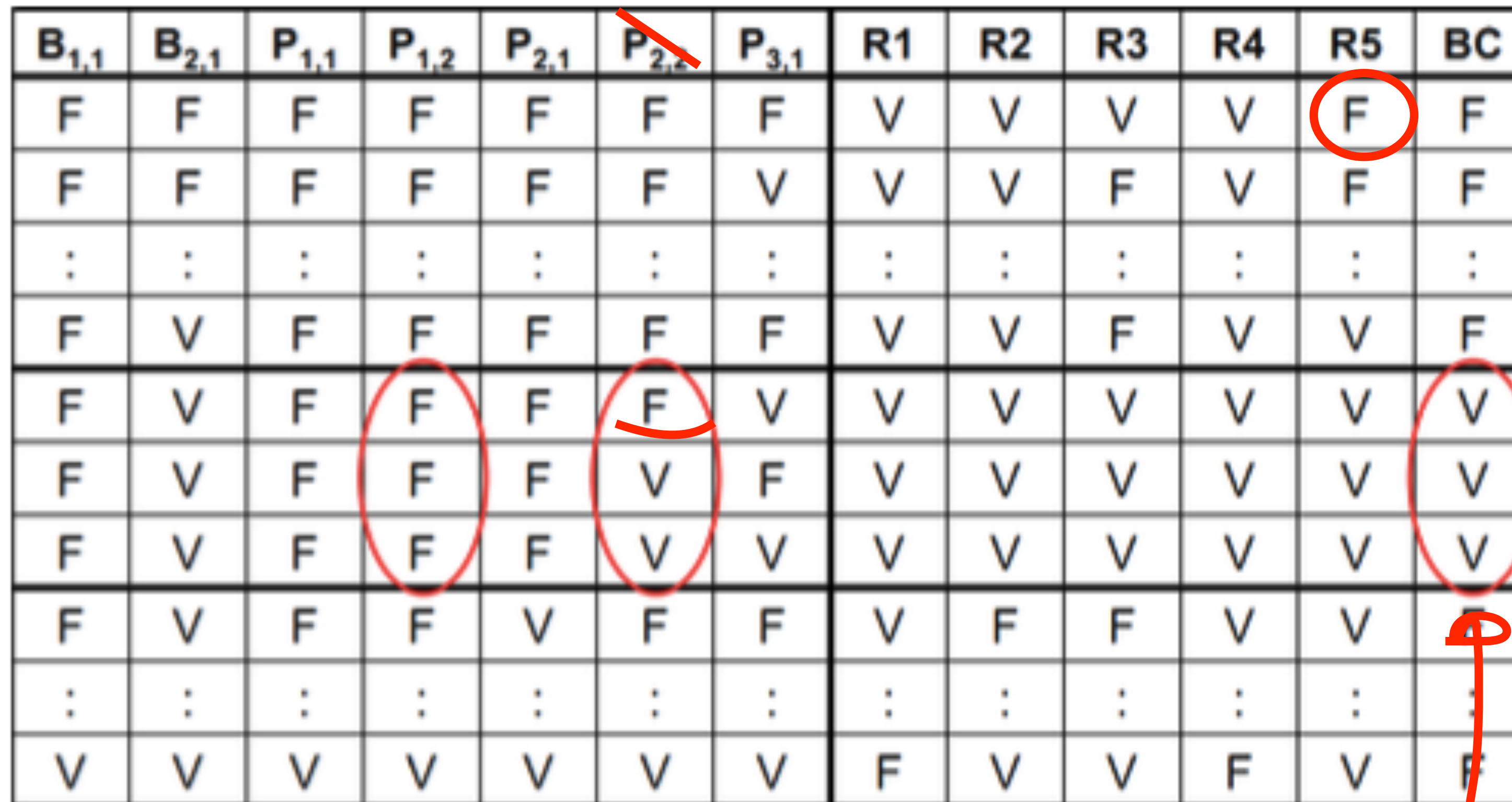
- decidir se $BC \models \alpha$ para alguma sentença α
- Exemplos: $P_{1,2}$? $P_{2,1}$?

Mundo de Wumpus

Algoritmo

- enumerar todos os modelos e verificar se α é verdadeira em todo modelo no qual BC é verdadeira
- Símbolos relevantes: $B_{1,1}$, $B_{2,1}$, $P_{1,1}$, $P_{1,2}$, $P_{2,1}$, $P_{2,2}$, $P_{3,1}$
- 7 símbolos: $2^7 =$ 128 modelos possíveis

Mundo de Wumpus



The diagram shows a 10x13 grid representing the Wumpus World. The columns are labeled B_{1,1}, B_{2,1}, P_{1,1}, P_{1,2}, P_{2,1}, P_{2,2}, P_{3,1}, R1, R2, R3, R4, R5, and BC. The rows contain truth values (F for False, V for True) and a separator row with colons. Annotations include: a red arrow pointing to the header of column P_{1,2}; a red arrow pointing to the header of column P_{2,2} with a diagonal slash through it; a red circle around the 'F' in row 1, column R5; a red circle around the 'F' in row 5, column P_{1,2}; a red circle around the 'V' in row 6, column P_{2,2} with a red arc above it; a red circle around the 'V' in row 7, column BC; and a red arrow pointing to the 'F' in row 8, column BC.

B _{1,1}	B _{2,1}	P _{1,1}	P _{1,2}	P _{2,1}	P _{2,2}	P _{3,1}	R1	R2	R3	R4	R5	BC
F	F	F	F	F	F	F	V	V	V	V	F	F
F	F	F	F	F	F	V	V	V	F	V	F	F
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
F	V	F	F	F	F	F	V	V	F	V	V	F
F	V	F	F	F	F	V	V	V	V	V	V	V
F	V	F	F	F	V	F	V	V	V	V	V	V
F	V	F	F	F	V	V	V	V	V	V	V	V
F	V	F	F	V	F	F	V	F	F	V	V	F
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
V	V	V	V	V	V	V	F	V	V	F	V	F

$\sim P_{1,2}$

Lógica proposicional

- Limitações da lógica proposicional
 - Muito simples para representar alguns problemas do mundo real
 - Necessita de um número muito grande de sentenças para problemas complexos

Referências

Bibliográficas



Referências Bibliográficas

- S. J. Russell & P. Norvig. **Artificial Intelligence: A Modern Approach.** Prentice Hall, 3rd edition, 2010.