Capítulos 6: Agentes Lógicos

Agente Baseado em Conhecimento

- BC: conjunto de *sentenças* de uma *linguagem formal* (**linguagem para representação de conhecimento**).
- **Máquina de inferência**: algoritmo geral para inferência.

Abordagem para interação com a BC:

- TELL: introduzir novo conhecimento na BC.
- ASK: consultar a BC.

Um agente baseado em conhecimento, genérico:

Figura 6.1

Um agente deve ser capaz de:

- Representar estados, ações, etc.
- Incorporar novos estímulos.
- Atualizar as representações internas do mundo.
- Deduzir propriedades "escondidas" do mundo.
- Deduzir as ações a serem executadas.

Um agente baseado em conhecimento pode ser descrito em 3 níveis:

- **Nível de conhecimento:** o que o agente sabe. Exemplo: pode-se dizer que um agente motorista de táxi *sabe que a ponte Rio-Niterói liga a cidade do Rio de Janeiro à cidade Niterói.*
- **Nível lógico:** o que o agente sabe codificado em sentenças. Exemplo: $Ponte(PRN, Rio, Niteroi)$.
- **Nível de implementação:** representação física das senteças do nível lógico. Exemplo:

  $$Ponte(PRN, Rio, Niteroi)$$

  implementada colocando-se um "1" em uma tabela tridimensional...

O Mundo do Wumpu

Figura 6.2

Situação inicial do Ambiente:

- O agente começa na *sala inicial* de frente p/ direita.
- As salas do ouro e do wumpu são escolhidas aleatoriamente.
- Cada sala pode ter um buraco mortal (prob. 0,2).
- Salas ao lado do wumpu têm cheiro.
- Salas ao lado de um buraco têm brisa.
- Uma sala tem brilho se, e somente se, tem ouro.
- O agente tem uma única flexa.

Meta: pegar o ouro, voltar ao início e sair.

Ações:

- *esquerda*: o agente gira 90 graus para a esquerda.
- *direita*: o agente gira 90 graus para a direita.
- *anda*: o agente vai em frente para próxima sala ou bate na parede; se sala contém buraco ou wumpu, o agente morre.
- *pega*: o agente pega o que estiver na sala onde ele está.
- *larga*: o agente larga o que estiver segurando no lugar em que ele está.
- *atira*: atira a flexa para frente em linha reta, se estiver com ela; a flexa vai até acertar e matar o wumpu, ou até bater na parede; se o wumpu morrer, ele solta um grito que pode ser ouvido em todas as salas.
- *sai*: deixa a caverna; só funciona na sala inicial.

Estímulos: cheiro, brisa, brilho, trombada, grito.

Características do mundo do wumpu:

- Determinístico: único estado sucessor ao atual.
- Não totalmente acessível: apenas percepção *local*.
- Estático: o wumpu e os buracos não se movimentam.
- Discreto: conjuntos de estímulos e de ações finitos.

Um exemplo:

Figuras 6.3 e 6.4

Representação, raciocínio e lógica

Lógica: linguagem formal para representação de conhecimento.

- **Sintaxe:** sentenças da linguagem.
- **Semântica:** significado das sentenças.
- **Inferência:** dedução de (novas) sentenças.

Exemplo: linguagem da aritmética

- $x + 2 \geq y$ é sentença; $x2 + y \geq$ não é.
- $x + 2 \geq y$ é verdadeiro sse $x + 2$ não é menor que y.
- Dado que $x + 2 \geq y$, infere-se que $x \geq y - 2$.

A representação e a realidade:

Figura 6.5

Consequência lógica

$$\text{BC} \models \alpha$$

α é **consequência lógica** de BC
se, e somente se,
α é verdadeira sempre que BC é verdadeira.

Exemplos:

$$\{x + 2 \geq y, \ldots\} \models x \geq y - 2$$

$$\{p \rightarrow q, p\} \models q$$

Inferência

$$\text{BC} \vdash_i \alpha$$

$\Rightarrow$ α é **derivável** de BC pelo procedimento i.

- **Correção** (*soundness*): i é correto quando

  se BC $\vdash_i \alpha$ então BC $\models \alpha$.

- **Completude**: i é completo quando

  se BC $\models \alpha$ então BC $\vdash_i \alpha$.

Adiantando: Será vista uma lógica, chamada

lógica de primeira ordem,

- que é expressiva o bastante para se dizer "quase tudo" que se necessite;
- para a qual existe um procedimento de inferência correto e completo.

Uma lógica consta de:

1. Uma linguagem formal com
   - Sintaxe
   - Semântica (teoria de modelos)
2. Uma **teoria da prova**: conjunto de **regras de inferência**.

Exemplos de linguagens formais:

Figura 6.7

Lógica Proposicional

Sintaxe:

- **V** e **F** são sentenças.
- $P, Q, R, P_1, Q_1, R_1, P_2, \ldots$ são sentenças.
- Se S é uma sentença, $\neg S$ é sentença.
- Se S é uma sentença, (S) é sentença.
- Se S_1 e S_2 são sentenças, então são sentenças:

$$S_1 \wedge S_2$$
$$S_1 \vee S_2$$
$$S_1 \Rightarrow S_2$$
$$S_1 \Leftrightarrow S_2$$

Usando gramática:

Figura 6.8

Semântica:

Modelo: especifica V/F para cada símbolo proposicional.

Exemplo:

P	Q	R
V	V	F

Tabela da verdade para os conectivos:

Figura 6.9

Sentença **válida**: V para todo modelo.

Exemplo:

Figura 6.10

Inferência por enumeração

Teorema da dedução:

BC $\models \alpha$ se, e somente se, BC $\Rightarrow \alpha$ é válida.

Exemplo:

Sejam:

- P: há um wumpu em [1,3];
- H: há um wumpu em [2,2];

Então: $(P \vee H) \wedge \neg H \models P$, pois $((P \vee H) \wedge \neg H) \Rightarrow P$ é válida.

Abordagem dedutiva: usa regras de inferência.

Formas normais importantes:

- **Forma normal conjuntiva**: conjunção de disjunções de literais (cláusulas).

  Exemplo: $(A \vee \neg B) \wedge (B \vee \neg C \neg D)$

- **Forma normal disjuntiva**: disjunção de conjunções de literais (termos).

  Exemplo: $(A \wedge B) \vee (A \wedge \neg C) \vee \neg D$

- **Cláusulas de Horn**: cláusulas com no máximo 1 literal positivo.

  Exemplo: $(A \vee \neg B) \wedge (B \vee \neg C \vee \neg D)$

Dois métodos de prova:

- **Model checking:**
  - enumeração (tabela da verdade);
  - correto e completo.
- **Regras de inferência:**
  - geração de sentenças por regras de inferência;
  - existem proc's corretos e completos;
  - proc's usam regras de inferência como operadores em um algoritmo de pesquisa padrão.

Exemplos de regras de inferência:

- **Resolução** (p/ FNC): completo para lógica proposicional.

  de $\alpha \vee \beta$ e $\neg\beta \vee \gamma$, concluir $\alpha \vee \gamma$.

- **Modus Ponens** (p/ Horn): completo para BCs Horn.

  de $\alpha_1, \ldots, \alpha_n$ e $\alpha_1 \wedge \cdots \wedge \alpha_n \Rightarrow \beta$, concluir β.

Um Agente para o Mundo do Wumpu

Figura 6.15

A Base de Conhecimento:

$$\begin{array}{rrr} \neg\text{Ch11} & \neg\text{Ch21} & \text{Ch12} \\ \neg\text{Br11} & \text{Br21} & \neg\text{Br12} \\ \text{etc...} & & \end{array}$$

R_1: $\neg\text{Ch11} \Rightarrow \neg\text{Wu11} \wedge \neg\text{Wu21} \wedge \neg\text{Wu12}$

R_2: $\neg\text{Ch21} \Rightarrow \neg\text{Wu11} \wedge \neg\text{Wu21} \wedge \neg\text{Wu22} \wedge \neg\text{Wu31}$

R_3: $\neg\text{Ch12} \Rightarrow \neg\text{Wu11} \wedge \neg\text{Wu12} \wedge \neg\text{Wu22} \wedge \neg\text{Wu13}$

etc...

R_4: $\text{Ch12} \Rightarrow \text{Wu13} \vee \text{Wu12} \vee \text{Wu22} \vee \text{Wu11}$

etc...

Encontrando o Wumpu:

1. $\neg$Wu11 $\wedge$ $\neg$Wu21 $\wedge$ $\neg$Wu12
   (MP R_1, $\neg$Ch11)
2. $\neg$Wu11 $\quad$ $\neg$Wu21 $\quad$ $\neg$Wu12
   (El$\wedge$ 1)
3. $\neg$Wu22 $\quad$ $\neg$Wu21 $\quad$ $\neg$Wu31
   (MP R_2, $\neg$Ch21 e El$\wedge$)
4. Wu13 $\vee$ Wu12 $\vee$ Wu22 $\vee$ W11
   (MP R_4, Ch12)
5. Wu13 $\vee$ Wu12 $\vee$ Wu22
   (Res 4, $\neg$Wu11 de 2)
6. Wu13 $\vee$ Wu12
   (Res 5, $\neg$Wu22 de 3)
7. $\boxed{\text{Wu13}}$
   (Res 6, $\neg$Wu12 de 2)

Traduzindo conhecimento em ação:

Ag11 $\wedge$ Leste $\wedge$ Wu21 $\Rightarrow \neg Anda$

etc...

Problema para Lógica Proposicional:

- Não há como dizer: *Que ação deve ser executada?*

Agente baseado em conhecimento com Lógica Proposicional:

Figura 6.16