

Raciocínio

Capacidade humana em trabalhar com conhecimento, factos e estratégias de resolução de problemas por forma a obter conclusões

Entender

- como os humanos raciocinam
- como trabalham com a informação relativa a um dado problema

Permite

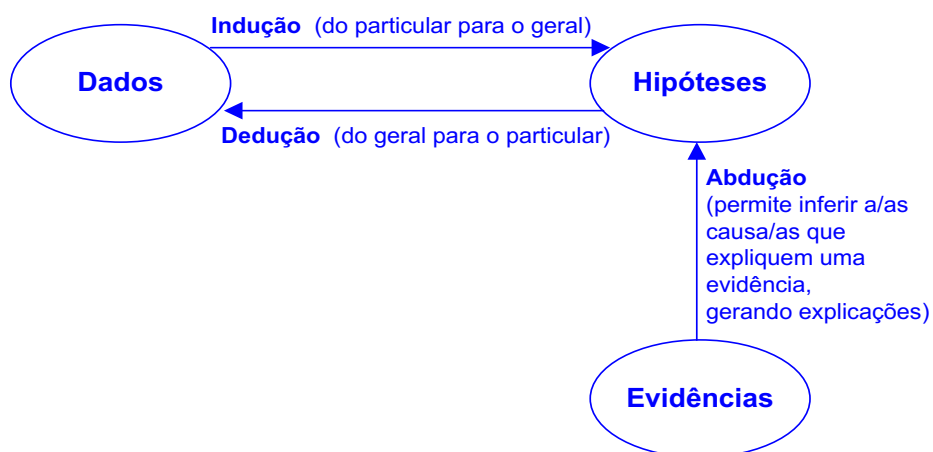
delinear o processo de inferência num Sistema Pericial

Técnicas de Inferência

1

1

Mecanismos de Raciocínio



Técnicas de Inferência

2

2

Raciocínio Indutivo

A Indução é definida como o modo de raciocinar a partir de factos particulares na direcção de uma conclusão geral.

Exemplo

$P(a)$ é verdadeiro

$P(b)$ é verdadeiro

Então, por indução, concluímos que

$\forall x P(x)$ é verdadeiro

O Raciocínio Indutivo está na base das Técnicas de Aprendizagem usadas em Descoberta de Conhecimento a partir de grandes Bases de dados, Ex: Traçar o perfil de clientes

Técnicas de Inferência

3

3

Raciocínio Dedutivo

- Modo de raciocinar através do qual se parte de um princípio conhecido em direcção a um princípio desconhecido
- Do geral para o específico
- De uma premissa para uma conclusão lógica

Exemplo

SE

objecto A é maior que objecto B

E

objecto B é maior que objecto C

ENTÃO

objecto A também é maior que objecto C

Lógica de Predicados

$\forall A \forall B \forall C [maior(A,B) \wedge maior(B,C) \rightarrow maior(A,C)]$

Técnicas de Inferência

4

4

Raciocínio Abduativo

- Observamos algo como sendo verdadeiro e conjecturamos sobre o que pode ter levado a essa observação
- Tipo de raciocínio usado geralmente na produção de explicações
- Não garante que se chegue a conclusões verdadeiras

se $A \rightarrow B$ é verdadeiro
e B é verdadeiro
então A também será possivelmente verdadeiro

Tal conclusão será sustentada no histórico anterior ou apenas no senso comum.

Exemplo

$$\forall x [nada(x) \rightarrow molhado(x)]$$

Com base neste conhecimento e usando raciocínio abduativo se nos aparecer alguém molhado vamos admitir que esse alguém esteve a nadar

Técnicas de Inferência

5

5

Modus Ponens

É a base do raciocínio dedutivo

Se p é verdadeiro
e $(p \rightarrow q)$ também é verdadeiro
então q é verdadeiro

Exemplo

“se alguém está a nadar então está molhado”.

$$\forall x [nada(x) \rightarrow molhado(x)]$$

$$p = nada(x) \text{ e } q = molhado(x)$$

Se soubermos que X está a nadar e sabendo que quem nada se molha então podemos, pelo “*modus ponens*”, concluir que X está molhado.

Técnicas de Inferência

6

6

Modus Ponens

Exemplo

1. Se temperatura $> 38.2^\circ$ então paciente tem febre

$$E^1 \rightarrow E^2$$

2. Se paciente tem febre então prescrever 1 aspirina

$$E^2 \rightarrow E^3$$

Provar E^3 assumindo que o paciente tem temperatura $> 38.2^\circ$

Estado-0

$$1. E^1 \rightarrow E^2$$

$$2. E^2 \rightarrow E^3$$

$$3. E^1$$

Estado-1

$$1. E^1 \rightarrow E^2$$

$$2. E^2 \rightarrow E^3$$

$$3. E^1$$

$$4. E^2$$

Estado-2

$$1. E^1 \rightarrow E^2$$

$$2. E^2 \rightarrow E^3$$

$$3. E^1$$

$$4. E^2$$

$$5. E^3$$

Técnicas de Inferência

7

7

Modus Tollens

Se a declaração

se $(p \rightarrow q)$ é verdadeiro

e q é falso

então podemos inferir que

p é falsa.

O “modus tollens” é a base do raciocínio baseado em regras.

Exemplo

“se alguém está a nadar então está molhado”.

$$\forall_X [nada(X) \rightarrow molhado(X)]$$

$$p = nada(X) \text{ e } q = molhado(X)$$

Se soubermos que X não está molhado então podemos inferir que X não está a nadar.

Técnicas de Inferência

8

8

Princípio da Resolução

Estratégia de inferência com a qual se tenta provar que a negação do objectivo $\neg O$ não é Verdadeiro – **Prova por Refutação**.

Prova Automática de Teoremas baseada no *Princípio da Resolução*:

Para provar A

1. transformam-se os axiomas garantidamente verdadeiros na forma clausal, usando **os princípios da idempotência**:
 $A \rightarrow B \equiv \neg A \vee B$, $A \wedge \neg A \equiv F$, $A \vee \neg A \equiv V$
2. de seguida junta-se $\neg A$
3. Repetir até se encontrar uma contradição ou não for possível progredir
 - a) seleccionar duas cláusulas quaisquer (cláusulas pai)
 - b) aplicar a regra da resolução: a cláusula resultante (resolvente) será a disjunção de todos os literais de ambas as cláusulas pai com a seguinte excepção: se existirem pares de literais L e $\neg L$ tal que uma das cláusulas pai contenha L e a outra contenha $\neg L$, então o par L e $\neg L$ será eliminado da resolvente
 - c) se a resolvente é a cláusula vazia então foi encontrada uma contradição; caso contrário a resolvente é adicionada ao conjunto de cláusulas

Técnicas de Inferência

9

9

Princípio da Resolução – Exercício

Exemplo

1. Se temperatura $> 38.2^\circ$ então paciente tem febre

$$E^1 \rightarrow E^2 \equiv \neg E^1 \vee E^2$$

2. Se paciente tem febre então prescrever 1 aspirina

$$E^2 \rightarrow E^3 \equiv \neg E^2 \vee E^3$$

Pretende-se provar E^3 (ou seja, prescrever 1 aspirina), de acordo com o Princípio da Resolução assumimos $\neg E^3$ e acrescentamos este facto à lista de axiomas.

Técnicas de Inferência

10

10

Resolução – Exercício

Estado-0

1. $\neg E^1 \vee E^2$	$\neg E^1 \vee E^2$
2. $\neg E^2 \vee E^3$	$\neg E^2 \vee E^3$
3. E^1	$\neg E^1 \vee E^3$
4. $\neg E^3$	

Estado-1

.....

3. E^1	E^1
4. $\neg E^3$	$\neg E^1 \vee E^3$
5. $\neg E^1 \vee E^3$	E^3

Estado-2

.....

3. E^1
4. $\neg E^3$
5. $\neg E^1 \vee E^3$
6. E^3

Axiomas 4 e 6 revelam uma contradição, pelo que, $\neg E^3$ é falso e portanto E^3 é verdadeiro

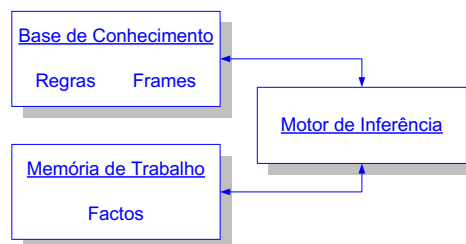
Técnicas de Inferência

11

11

Inferência

Processo usado num Sistema Pericial para derivar nova informação a partir de informação conhecida → **Motor de Inferência**



Motor de Inferência

Responsável pela modelação do Processo de Raciocínio

- Combina os factos da Memória de Trabalho com o conhecimento do domínio contido na Base de Conhecimento
- Gera conclusões

Técnicas de Inferência

12

12

Métodos de Inferência

Os métodos de Inferência explicitam de que forma o Motor de Inferência usa a base de conhecimento para raciocinar

Encadeamento Directo (Forward Chaining)

Ou Inferência Ascendente: Orientado pelos Factos

- parte de um conjunto de factos
- usa as regras da Base de Conhecimento para deduzir novos factos

Encadeamento Indirecto (Backward Chaining)

Ou Inferência Descendente: Orientado pelos Objectivos

- parte de um objectivo
- usa as regras para procurar suporte para o objectivo

Técnicas de Inferência

13

13

Encadeamento Directo

Estratégia de Raciocínio:

- mais usada pelo ser humano e por isso a mais vulgar nos Peritos
- tem por base a regra *modus ponens* - gera nova informação a partir do conjunto inicial de factos

Exemplo

Assumindo o presente conjunto de axiomas do STATE-0 quais os outros estados que se desenvolveriam usando *modus ponens*

STATE-0

1. $E^1 \rightarrow E^2$
2. $E^2 \rightarrow E^4$
3. $E^5 \rightarrow E^3$
4. $E^4 \rightarrow E^5$
5. $E^6 \rightarrow E^1$
6. $E^7 \rightarrow E^2$
7. E^6

Modus Ponens

8. $E^6 : E^6 \rightarrow E^1$
9. $E^1 : E^1 \rightarrow E^2$
10. $E^2 : E^2 \rightarrow E^4$
11. $E^4 : E^4 \rightarrow E^5$
12. $E^5 : E^5 \rightarrow E^3$
13. E^3

Técnicas de Inferência

14

14

Encadeamento Directo

Estratégia

- os factos básicos originam o “disparo” de regras
- as regras conduzem à obtenção de conclusões intermédias
- as conclusões intermédias em conjunto com os factos básicos originam o “disparo” de mais regras

O processo continua até que

- se obtenham conclusões finais (se tal for possível) e
- não haja mais lugar à possibilidade de disparo de novas regras

Técnicas de Inferência

15

15

Base de Conhecimento

Base de Regras

Regra r1: SE Bot_1=actuado E Bot_2=actuado ENTÃO Sistema_A=activado

Regra r2: SE Bot_3=actuado OU NÃO(Bot_4=actuado) ENTÃO Sistema_B=activado

Regra r3: SE Bot_5=actuado E NÃO(Bot_6=actuado) ENTÃO Sistema_C=activado

Regra r4: SE Bot_7=actuado OU Bot_8=actuado ENTÃO Sistema_D=activado

Regra r5: SE Sistema_A=activado E Sistema_B=activado ENTÃO Conj_AB=operacional

Regra r6: SE Sistema_C=activado E Sistema_D=activado ENTÃO Conj_CD=operacional

Técnicas de Inferência

16

16

Encadeamento Directo

Base de Conhecimento

- Regra r1: SE Bot_1=actuado E Bot_2=actuado
ENTÃO Sistema_A=activado
- Regra r2: SE Bot_3=actuado OU NÃO(Bot_4=actuado)
ENTÃO Sistema_B=activado
- Regra r3: SE Bot_5=actuado E NÃO(Bot_6=actuado)
ENTÃO Sistema_C=activado
- Regra r4: SE Bot_7=actuado OU Bot_8=actuado
ENTÃO Sistema_D=activado
- Regra r5: SE Sistema_A=activado E
Sistema_B=activado
ENTÃO Conj_AB=operacional
- Regra r6: SE Sistema_C=activado E
Sistema_D=activado
ENTÃO Conj_CD=operacional.

Técnicas de Inferência

Base de Factos

- Facto f1: Bot_1=actuado.
Facto f2: Bot_2=actuado.
Facto f3: Bot_4=actuado.
Facto f4: Bot_5=actuado.
Facto f5: Bot_8=actuado.

17

17

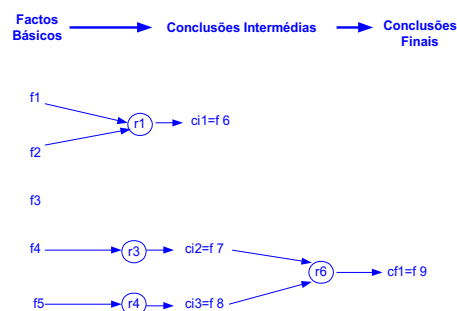
Encadeamento Directo

Base de Conhecimento

- Regra r1: SE Bot_1=actuado E Bot_2=actuado
ENTÃO Sistema_A=activado.
- Regra r2: SE Bot_3=actuado OU NÃO(Bot_4=actuado)
ENTÃO Sistema_B=activado.
- Regra r3: SE Bot_5=actuado E NÃO(Bot_6=actuado)
ENTÃO Sistema_C=activado.
- Regra r4: SE Bot_7=actuado OU Bot_8=actuado
ENTÃO Sistema_D=activado.
- Regra r5: SE Sistema_A=activado E Sistema_B=activado
ENTÃO Conj_AB=operacional.
- Regra r6: SE Sistema_C=activado E Sistema_D=activado
ENTÃO Conj_CD=operacional.

Base de Factos

- Facto f1: Bot_1=actuado.
Facto f2: Bot_2=actuado.
Facto f3: Bot_4=actuado.
Facto f4: Bot_5=actuado.
Facto f5: Bot_8=actuado.
Facto f6: Sistema_A=activado.
Facto f7: Sistema_C=activado.
Facto f8: Sistema_D=activado.
Facto f9: Conj_CD=operacional.



Técnicas de Inferência

18

18

Algoritmo de Encadeamento Directo

```
Fi ← F1
Enquanto houver factos a considerar
  Rj ← R1
  Enquanto houver regras a considerar
    Se Fi entrar nas condições de Rj
      E
      Fi ainda não disparou Rj
    Então
      Se o LHS de Rj for verdadeiro
        Então
          Disparar Rj
          Gerar/Adicionar Factos
          Guardar Justificações
```

Técnicas de Inferência

19

19

Algoritmo de Encadeamento Directo com Metaconhecimento

```
Fi ← F1
Enquanto houver factos a considerar
  SR ← conjunto de regras apropriadas para Fi
    {Metaconhecimento}
  Rj ← regra de SR
  Enquanto houver regras a considerar
    Se Fi ainda não disparou Rj
    Então
      Se o LHS de Rj for verdadeiro
        Então
          Disparar Rj
          Gerar/Adicionar Factos
          Guardar Justificações
```

Técnicas de Inferência

20

20

Encadeamento Directo Orientado pelos Dados (Data Driven)

- É adequado em aplicações onde é importante aprender o máximo possível a partir da informação disponível
- É preferível se é preciso verificar muitas hipóteses alternativas
- São mais estruturados e estáticos
- Os factos da Base de Factos
 - estão armazenados em memória ou ficheiro,
 - são obtidos através das respostas de questões postas pelo Sistema Pericial ao utilizador

Exemplo

Diagnóstico e aconselhamento da terapia de um paciente, feito por um médico que consulta a ficha do paciente e observa resultados de análises ou exames efectuadas pelo paciente (factos armazenados) e vai pondo questões ao paciente sobre os sintomas e historial clínico deste.

Técnicas de Inferência

21

21

Encadeamento Directo Orientado pelos Acontecimentos (Event Driven)

- Mais adequado para problemas menos estruturados e dinâmicos
- Os factos da Base de Factos
 - estão armazenados em memória ou ficheiro
 - podem ser obtidos através das respostas de questões postas pelo Sistema Pericial ao utilizador
 - uma parte significativa dos factos aparece como consequência de eventos que são comunicados ao Sistema Pericial

Exemplo

A análise de avarias ou incidentes que estejam a ocorrer em redes eléctricas e o aconselhamento da reposição em serviço de modo a auxiliar o operador nas medidas que deverá tomar perante uma situação crítica.

Técnicas de Inferência

22

22

Encadeamento Directo

Vantagens

- Funciona bem em problemas que comecem pela aquisição de informação e em seguida procedam à inferência de novo conhecimento
- Deriva grandes quantidades de informação a partir de poucos dados (factos)
- É adequado para certo tipo de problemas, tais como: planeamento, monitorização, controlo e interpretação

Desvantagens

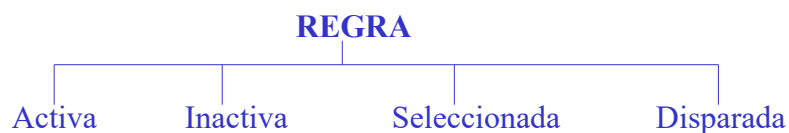
- Não tem meios para reconhecer quais as questões que são mais relevantes
- Coloca todas as questões, mesmo se precisar apenas de algumas para chegar a uma conclusão

Técnicas de Inferência

23

23

Estados de uma Regra



Regra

Seleccionada	o antecedente tem valor verdadeiro
Inactiva	o antecedente tem valor falso
Disparada	regra cujas acções do consequente foram executadas
Activa	regra que não está Inactiva nem foi Disparada

Técnicas de Inferência

24

24

Estados de uma Regra

Regra C130: Se o tipo de motor é propulsão
então o avião é um C130

Regra C140: Se o tipo de motor é jacto
então o avião é um C140

Regra	Condição	Estado da Condição	Conclusão	Estado da Regra
C130	tipo de motor é propulsão	livre	o avião é um C130	activa
C140	tipo de motor é jacto	livre	o avião é um C140	activa

Sem Factos conhecidos:

Todas as regras estão Activas

Técnicas de Inferência

25

25

Estados de uma Regra

Facto conhecido: tipo de motor jacto.

Regra	Condição	Estado da Condição	Conclusão	Estado da Regra
C130	tipo de motor é propulsão	Falsa	o avião é um C130	inactiva
C140	tipo de motor é jacto	Verdadeira	o avião é um C140	activa seleccionada

Técnicas de Inferência

26

26

Resolução de Conflitos

Estratégia usada para escolher a sequência de disparo de regras quando mais do que uma regra pode ser concluída

Algoritmo de Resolução de Conflitos

1. **Reconhecer:** identificar as regras que podem ser disparadas de acordo com os factos da memória de trabalho
2. **Resolver:** se mais do que uma regra pode ser disparada, escolher uma regra de acordo com a estratégia de resolução de conflitos
3. **Actuar:** disparar a regra e adicionar a conclusão à memória de trabalho

Técnicas de Inferência

27

27

Estratégias de Resolução de Conflitos

- Ordem da regra
- Regra com maior prioridade
- Regra mais específica (regra com maior número de premissas) dá prioridade a regras que processem mais informação
- Regra que refere o elemento mais recentemente adicionado à memória de trabalho
- Não dispare uma regra que já tenha sido disparada (previne ciclos)
- Dispare todas as regras em conflito mas coloca as suas conclusões em memórias de trabalho separadas

Técnicas de Inferência

28

28

Estratégias de Resolução de Conflitos

Não sensíveis ao contexto

- Utilizar a ordem pela qual as regras se encontram na Base de Conhecimento para escolher uma regra

Exemplo

Regra r1:

SE ClubeX joga_hoje
E disponho= 50 €
ENTÃO Vou_ao_futebol

Regra r2:

SE BandaY actua_hoje
E disponho = 50 €
ENTÃO Vou_ao_concerto

- Utilizar valores de prioridade previamente estabelecidos – é associada uma prioridade a cada regra – dá-se preferência às regras mais prioritárias

→ É simples de programar, mas dificulta o processo de engenharia do conhecimento

Técnicas de Inferência

29

29

Resolução por Especificidade

Sensíveis ao contexto

- Dar preferência às regras mais específicas (com mais condições)

Exemplo

R1: IF auscultação HAS_VALUE murmúrio_diastólico
THEN doença HAS_VALUE doença_cardíaca

R2: IF pressão_sistólica_sangue HAS_VALUE > 140
AND pressão_pulso HAS_VALUE > 50
AND auscultação HAS_VALUE murmúrio_diastólico
OR percurssão HAS_VALUE dilatação_cardíaca
THEN doença HAS_VALUE regurgitação_aórtica

R2 é mais específica conduz a resultados mais fortes

Principais vantagens

- Comportamento mais próximo do humano
- Extensibilidade da base de regras facilitada

Técnicas de Inferência

30

30

Resolução por Actualidade

Sensíveis ao contexto

- Dar preferência às regras que envolvem dados obtidos mais recentemente
 - a cada facto é associada uma **marca temporal** que indica o “tempo” em que foi estabelecido
 - Vantagem: seguir uma linha única de raciocínio
- Formato para os factos (atributos de valor único):

tempo: atributo = valor

Podem ocorrer diversos pares A-V na memória de trabalho representando, por exemplo, a evolução temporal do valor de uma variável, mas cada triplo T : A-V é único

Técnicas de Inferência

31

31

Resolução por Actualidade

Exemplo

Conjunto de Factos

- 1: x = a.
- 2: y = b.
- 3: z = c.
- 4: u = d.
- 5: v = e.
- 6: w = f.

Conjunto de Regras em conflito

- | | |
|---|---------|
| R1: IF w = f THEN p = e | 6 |
| R2: IF y = b AND u = d THEN q = f | 2, 4 |
| R3: IF x = a AND z = c AND v = e THEN r = d | 1, 3, 5 |

1. Associa-se a cada regra uma sequência formada pelas marcas temporais dos factos correspondentes às suas condições

Técnicas de Inferência

32

32

Resolução por Actualidade

Exemplo

Conjunto de Factos

- 1: $x = a$.
- 2: $y = b$.
- 3: $z = c$.
- 4: $u = d$.
- 5: $v = e$.
- 6: $w = f$.

Conjunto de Regras em conflito

R1: IF $w = f$ THEN $p = e$	6, 0, 0
R2: IF $y = b$ AND $u = d$ THEN $q = f$	4, 2, 0
R3: IF $x = a$ AND $z = c$ AND $v = e$ THEN $r = d$	5, 3, 1

- 2. Ordenam-se as marcas em cada sequência por valores decrescentes
- 3. Normaliza-se o comprimento das sequências, acrescentando zeros

Técnicas de Inferência

33

33

Resolução por Actualidade

Exemplo

Conjunto de Factos

- 1: $x = a$.
- 2: $y = b$.
- 3: $z = c$.
- 4: $u = d$.
- 5: $v = e$.
- 6: $w = f$.

Conjunto de Regras em conflito

R1: IF $w = f$ THEN $p = e$	6, 0, 0
R3: IF $x = a$ AND $z = c$ AND $v = e$ THEN $r = d$	5, 3, 1
R2: IF $y = b$ AND $u = d$ THEN $q = f$	4, 2, 0

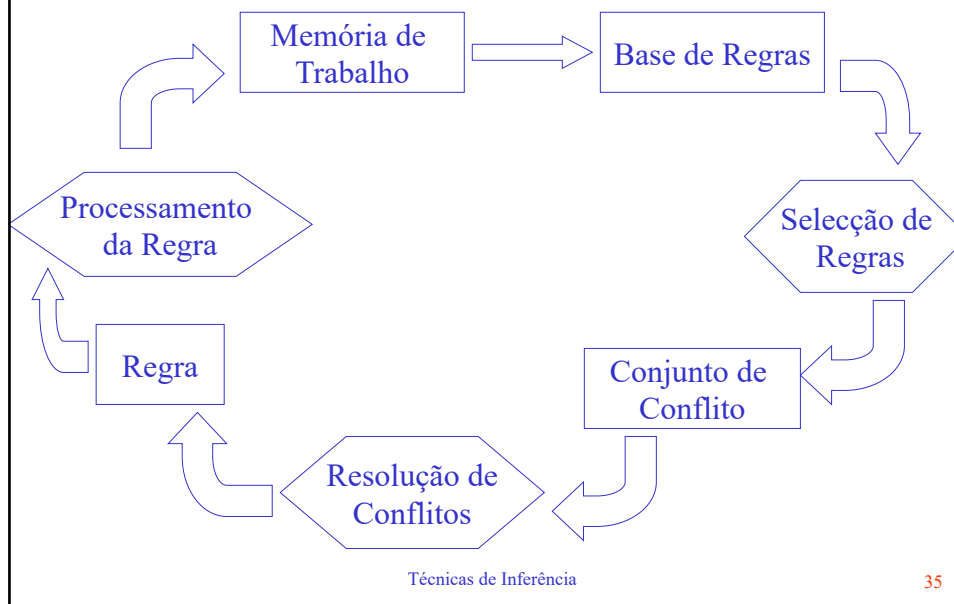
Ordenamento: $R1 > R3 > R2$

Técnicas de Inferência

34

34

Esquema Genérico de Inferência



35

Algoritmo de Encadeamento Directo com Metaconhecimento e Resolução de Conflitos

```

 $F_i \leftarrow F1$ 
Enquanto houver factos a considerar
   $SR \leftarrow$  conjunto de regras apropriadas para  $F_i$ 
  {Metaconhecimento}
   $SR_{Conflit} \leftarrow$  Reconhecer_Conjunto de Regras Conflito ( $SR$ )
   $SR_{-Conf} \leftarrow$  Resolver_Conjunto de Regras Conflito ( $SR_{Conflit}$ )
   $R_j \leftarrow$  regra de  $SR_{-Conf}$ 
  Enquanto houver regras a considerar
    Se  $F_i$  ainda não disparou  $R_j$ 
      Então
        Se o LHS de  $R_j$  for verdadeiro
          Então
            Disparar  $R_j$ 
            Gerar/Adicionar Factos
            Guardar Justificações
  
```

Técnicas de Inferência

36

36

Encadeamento Inverso

O motor de inferência com encadeamento inverso é orientado aos objectivos (goal driven)

Objectivo: Provar as conclusões finais (“goals”) que aparecem no lado direito das regras (RHS)

As conclusões são provadas

- provando as condições que aparecem no lado esquerdo da regra (LHS)

As condições do lado esquerdo da regra podem ser suportadas

- por conclusões intermédias de outras regras
- ou por factos básicos

Base de Regras

É expressa do mesmo modo que no caso do encadeamento directo, apenas a interpretação da regra é feita em sentido inverso.

Técnicas de Inferência

37

37

Encadeamento Inverso

Base de Conhecimento

Regra R1: SE Bot_1=actuado E Bot_2=actuado
ENTÃO Sistema_A=activado

Regra R2: SE Bot_3=actuado OU NÃO(Bot_4=actuado)
ENTÃO Sistema_B=activado

Regra R3: SE Bot_5=actuado E NÃO(Bot_6=actuado)
ENTÃO Sistema_C=activado

Regra R4: SE Bot_7=actuado OU Bot_8=actuado
ENTÃO Sistema_D=activado

Regra R5: SE Sistema_A=activado E
Sistema_B=activado
ENTÃO Conj_AB=operacional

Regra R6: SE Sistema_C=activado E
Sistema_D=activado
ENTÃO Conj_CD=operacional.

Base de Factos

Facto f1: Bot_1=actuado.
Facto f2: Bot_2=actuado.
Facto f3: Bot_4=actuado.
Facto f4: Bot_5=actuado.
Facto f5: Bot_8=actuado.

Técnicas de Inferência

38

38

Encadeamento Inverso

Objectivo: provar (Conj_AB=operacional) → conclusão regra R5 Verd ?

É necessário provar que

- Sistema_A=activado
- Sistema_B=activado

Temos que efectuar duas chamadas recursivas ao mecanismo de prova inversa:

- **Objectivo:** provar (Sistema_A = activado) → conclusão regra r1 Verd ?
 - provar que o botão Bot_1=actuado → **suportado pelo facto f1**
 - provar que o botão Bot_2 =actuado → **suportado pelo facto f2**
 ↳ **Sistema_A=activado → Verd**
- **Objectivo:** provar (Sistema_B = activado) → conclusão regra r2 Verd ?
 - provar que o botão Bot_3=actuado → **Falso Ou**
 - provar que o botão NÃO(Bot_4 =actuado) → **Falso, contradiz facto f3**
 ↳ **Sistema_B=activado → Falso**

Conj_AB=operacional → FALSO

Exercício: Conj_CD=operacional ?

Técnicas de Inferência

39

39

Encadeamento Inverso

Objectivo: provar (Conj_CD=operacional) → conclusão regra R6 Verd ?

É necessário provar que

- Sistema_C=activado
- Sistema_D=activado

Temos que efectuar duas chamadas recursivas ao mecanismo de prova inversa:

- **Objectivo:** provar (Sistema_C = activado) → **conclusão regra r3 Verd ?**
 - provar que o botão Bot_5=actuado → **suportado pelo facto f4**
 - provar que o botão NÃO(Bot_6 =actuado) → **Verd**
 ↳ **Sistema_C=activado → Verd**
- **Objectivo:** provar (Sistema_D = activado) → **conclusão regra r4 Verd ?**
 - provar que o botão Bot_7=actuado → **Falso**
 - **Ou** provar que o botão Bot_8 =actuado → **suportado pelo facto f5**
 ↳ **Sistema_D=activado → Verd**

Conj_CD=operacional → Verd

Técnicas de Inferência

40

40

Algoritmo de Encadeamento Inverso

```
Provar (G)
Se G corresponde a um facto básico
Então G é verdadeiro e Provar (G) tem sucesso
Gerar/Adicionar Factos
Guardar Justificações
Senão Se há um facto F que contraria G
Então G é falso e Provar (G) falhou
Senão SR ← conjunto de regras que concluem G {Metaconhecimento}
Repetir
R ← regra de SR
SC ← Conjunto de condições de R {LHS}
Falha ← falso
Repetir
C ← condição de SC
Provar (C)
Se não foi possível provar C
Então Falha ← verdadeiro
Até não existirem mais condições em SC ou Falha = verdadeiro
Até não existir mais nenhuma regra em SR ou Falha = falso
Se Falha = falso
Então G é verdadeiro e Provar (G) teve sucesso
Senão G é falso e Provar (G) falhou
```

Técnicas de Inferência

41

41

Encadeamento Directo vs. Inverso

Inferência para a frente

- Orientada por dados/eventos
- Procura soluções que sejam consequência dos factos
- Tende a ser mais eficiente em problemas com poucas condições possíveis

Inferência para trás

- Orientada por objectivos
- Procura factos que suportem as hipóteses
- Tende a ser mais eficiente em problemas com muitos dados para suporte

Técnicas de Inferência

42

42

Módulo de Explicações

As explicações podem ser dirigidas aos seguintes tipos de pessoas:

Engenheiro do Conhecimento ou Implementador do Sistema

- identificar possíveis problemas na Base de Conhecimento:
 - falta de condições nas regras
 - condições em excesso, valores incorrectos
 - ambiguidades

Perito

- comparar o seu raciocínio com o do Sistema Pericial,
- Proceder à Validação do Sistema Pericial

Utilizador

- por que razão faz uma dada pergunta
- porque não foi obtida uma dada conclusão
- aprender algo sobre o domínio em causa - Tutor Inteligente.

Técnicas de Inferência

43

43

Principais Tipos de Explicações

Explicações “Como? (How)”

servem para que o Sistema Pericial justifique o caminho que seguiu para obter uma dada conclusão

Explicações “Porque não? (Why not)”

servem para que o Sistema Pericial justifique a razão pela qual uma determinada conclusão não foi obtida

Explicações “Porquê? (Why)”

servem para que o Sistema Pericial justifique por que razão põe uma determinada questão ao utilizador.

Técnicas de Inferência

44

44

Exemplos de Explicações (Como ?)

Explicações Como ? → Traço do processo de encadeamento

Como Conj_CD Operacional ?

Pelo facto f4 (Bot_5=actuado) e
verificando Bot_6=actuado é falso
Pode-se concluir pela regra r3 que Sistema_C=activado (facto f7)
Pelo facto f5 (Bot_8=actuado)
Pode-se concluir pela regra r4 que Sistema_D=activado (facto f8)
Pelo facto f7 (Sistema_C=activado) e
facto f8 (Sistema_D=activado)
Pode-se concluir pela regra r6 que Conj_CD=operacional (facto f9)

Técnicas de Inferência

45

45

Exemplos de Explicações (Como ?)

Conj_CD=operacional → Verd Como ?

Outra interação:

Conj_CD=operacional é verdadeiro
pelo uso da regra r6 que implicou
provar que Sistema_C=activado é verdadeiro
e Sistema_D=activado é verdadeiro
Sistema_C=activado é verdadeiro
por uso da regra r3 que implicou
provar que Bot_5=actuado é verdadeiro
e Bot_6=actuado é falso
Bot_5=actuado é verdadeiro pelo facto f4
Bot_6=actuado é falso
Sistema_D=activado é verdadeiro
por uso da regra r4 que implicou
provar que Bot_7=actuado é verd.
ou Bot_8=activado é verdadeiro
Bot_8=actuado é verdadeiro pelo facto f5.

Técnicas de Inferência

46

46

Exemplos de Explicações (Porque não ?)

Conj_AB=operacional → Falso

Porque não ?

Conj_AB=operacional é falso

porque

não foi possível provar a regra r5

que implicava provar que Sistema_A=activado fosse verdadeiro
e Sistema_B=activado fosse verdadeiro

Sistema_B=activado é falso

porque não foi possível provar a regra r2

que implicava provar que Bot_3=actuado fosse verdadeiro ou
Bot_4=actuado não fosse verdadeiro

Bot_3=actuado é falso

Bot_4=actuado é verdadeiro pelo facto f3.

Técnicas de Inferência

47

47

Exemplos de Explicações (Porquê ?)

Explicações Porquê ? → O contexto de uma pergunta

O Sistema Pericial pode colocar a seguinte questão:

O botão Bot_4 está actuado?

O utilizador pode responder colocando uma questão “Porquê?”

Se Bot_4 = actuado então podemos concluir

pela regra R2 que Sistema_B=activado

Como Sistema_A=activado é verdadeiro e

sabendo que Sistema_B=activado podemos concluir

pela regra R5 que Conj_AB=operacional.

Técnicas de Inferência

48

48

Encadeamento Misto

Usam-se alternadamente os dois mecanismos de inferência durante uma mesma sessão de resolução de problema.

Existem problemas em que a procura em ambas as direcções é benéfica ou mesmo necessária

Exemplo

- Um médico observa um conjunto de sintomas
- Esses sintomas (observações) conduzem-no a uma hipótese (diagnóstico inicial)
 - Raciocínio a partir dos dados (Encadeamento Directo)
- Numa segunda fase a hipótese pode ser confirmada/rejeitada utilizando testes e/ou observações adicionais
 - Raciocínio a partir das hipóteses (Encadeamento Inverso)

Técnicas de Inferência

49

49

Encadeamento Misto através de Interactividade

Estratégia de Raciocínio

- O sistema pede uma observação/facto/sintoma ao utilizador
- O sistema procura uma regra na BC que contém a observação no seu antecedente (encadeamento directo)
- O sistema tenta demonstrar a consequência/hipótese da regra encontrada anteriormente (encadeamento inverso)
- Para isso pode fazer perguntas adicionais ao utilizador
- Se conseguir demonstrar a hipótese e ela for conclusiva então está terminada a sessão, isto é conseguimos um diagnóstico
- Se a hipótese ainda não for conclusiva o sistema volta a raciocinar para a frente a partir da hipótese que acabou de provar

Técnicas de Inferência

50

50

Representação de Conhecimento com Regras

Exemplo

Base de Conhecimento para análise de um problema de inundação num andar

Conceptualização

- **Sintomas possíveis**

cozinha Ok / Com água, hall Ok / Com água, WC Ok / Com água

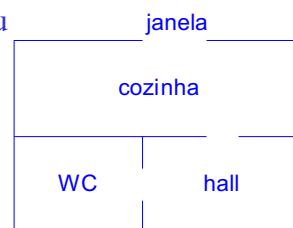
- **Outros parâmetros**

janela aberta/fechada, choveu/não choveu

- **Causas (diagnósticos) possíveis**

choveu

fuga de água na cozinha / no WC



Técnicas de Inferência

51

51

Relacionamento dos Sintomas com as Causas

R1: Se hall com água

E cozinha Ok

Então fuga de água no WC

→ Conclusão final

R2: Se hall com água

E WC Ok

E cozinha com água

Então problema na cozinha

→ Conclusão intermédia

R3: Se janela da cozinha aberta

E choveu

E hall OK

Então entrou água de fora

→ Conclusão final

R4: Se problema na cozinha

E janela da cozinha fechada

ou não choveu

Então fuga de água na cozinha

→ Conclusão final

Técnicas de Inferência

52

52

Exemplo – Encadeamento Misto

1ª Iteração

- Sistema pede observação:
 - Respondo: hall com água
- Sistema encontra a Regra **R1**
 - Se hall com água
E cozinha Ok
Então fuga de água no WC
 - Tenta provar a hipótese
 - Raciocina para trás e pergunta:
 - cozinha Ok ?
 - Respondo: Não
 - A hipótese é rejeitada.
 - Vai raciocinar de novo para a frente.
- Sistema encontra a Regra **R2**
 - Se hall com água
E WC Ok
E cozinha com água
Então problema na cozinha
- Tenta provar a hipótese
- Raciocina para trás e pergunta:
 - WC Ok ?
- Respondo: Sim
- **Conclui: problema na cozinha**
- Vai raciocinar de novo para a frente.
- Sistema encontra a Regra **R4**
 - Se problema na cozinha
E janela da cozinha fechada
ou não choveu
Então fuga de água na cozinha
 - Tenta provar a hipótese
 - Raciocina para trás e pergunta:
 - janela da cozinha fechada ?
 - Respondo: Sim
 - **Conclui: fuga de água na cozinha**

Técnicas de Inferência

53