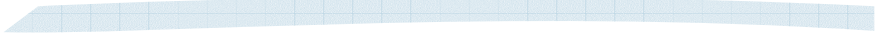


Sistemas de Preenchimento de Slots



230

Estruturas de Preenchimento de Slots

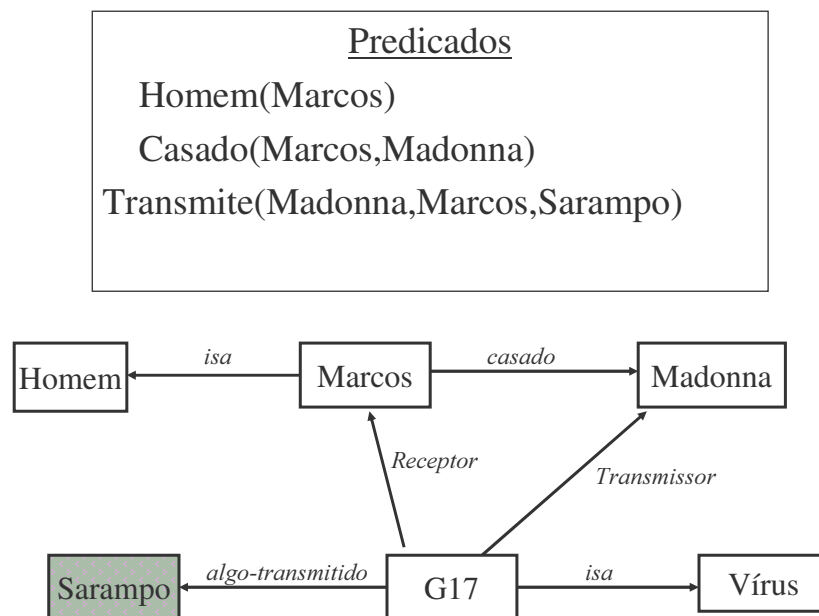
- Conhecimento é representado por um conjunto de entidades, seus atributos e relações entre entidades.
- *Estruturas de Slots Fracos* são modelos gerais que podem ser usados em uma grande variedade de domínios.
- *Estruturas de Slot Fracas* contém estratégias gerais de inferência que devem ser revisadas quando aplicadas em domínios específicos (Redes Semânticas, Frames)
- *Estruturas de Slot Fortes* contém extensões e/ou restrições que são específicas ao domínio (Dependência Conceitual)

231

Redes Semânticas

- Nós representam entidades e arcos representam relações entre nós.
- Rede de Herança é um bom exemplo.
- É possível transformar cada arco em um predicado binário que relaciona 2 nós.
- É possível, também, criar uma rede semântica para representar uma coleção de predicados.

232

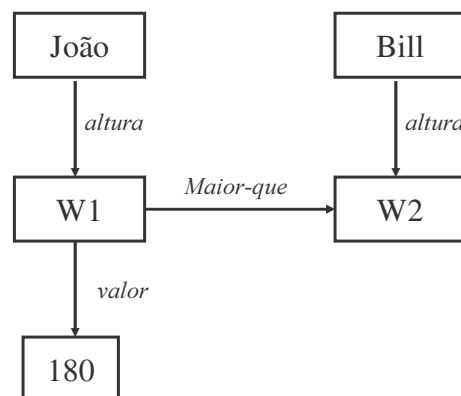


233

Arcos Entidade vs. Relações

- Alguns arcos definem novas entidades, outros relacionam entidades existentes.
- É possível criar novos nós para suportar relações entre os atributos de 2 entidades.
- Se é desejado ser flexível, é também possível associar atributos àqueles nós!

234



Redes Semânticas

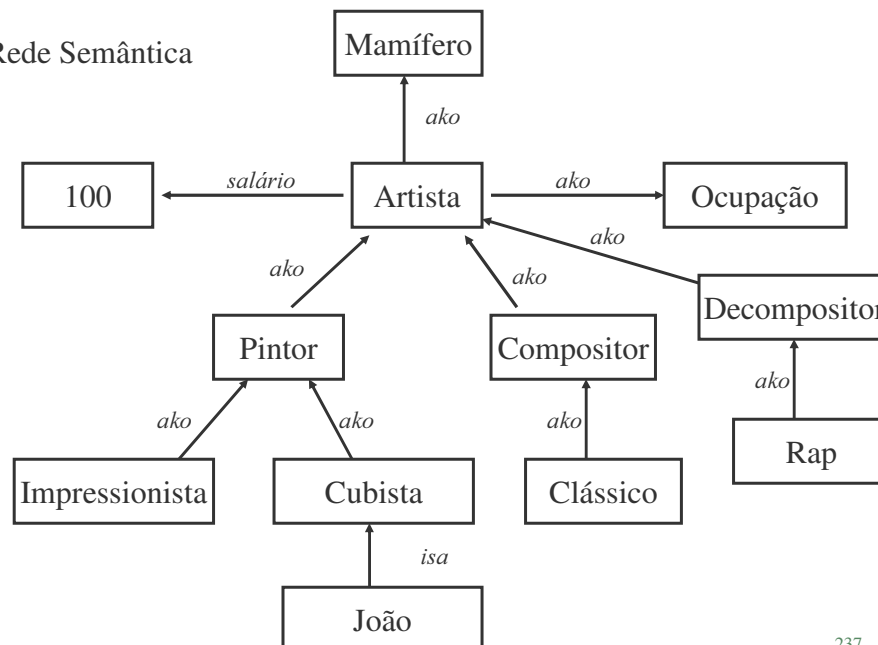
235

Tipos de Nós

- Alguns nós (nós classe) representam uma classe de objetos das quais todos compartilham (herdam) algum atributo default.
- Os atributos herdados podem não ser propriedades da classe pai!
- O próprio nó classe pode ter atributos ou relações.

236

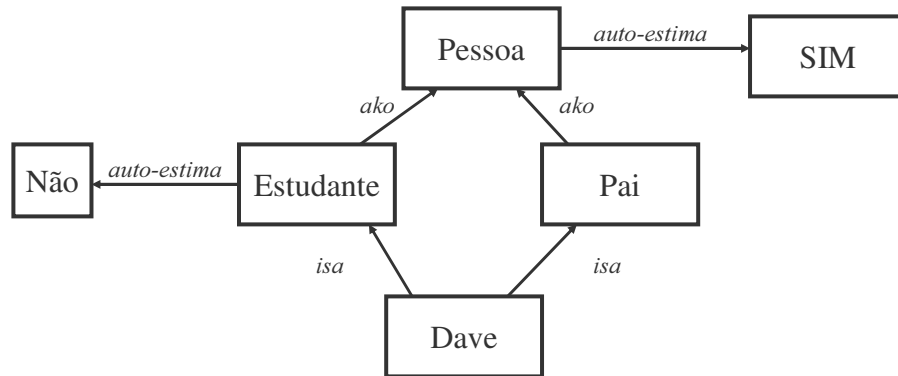
Rede Semântica



237

Múltipla Herança

- Redes Semânticas podem suportar múltipla herança, portanto, é possível revisar o algoritmo básico de herança.



Dave tem auto-estima?

238

Frames

- Um Frame é uma coleção de atributos e valores associados a um objeto (ou um conjunto de objetos).
- O valor de um atributo pode ser um outro frame (isto representa a ligação entre frames).
- Um Frame possui os atributos de um objeto e o próprio frame é um objeto.

239

Frames (Cont.)

- Objetos pertencem a Classes
- Um objeto pode pertencer a mais de uma classe
- Objetos podem estar dispostos em uma taxonomia que permite herança de propriedades
- Objetos podem possuir uma representação complexa

240

Proposta de Frames

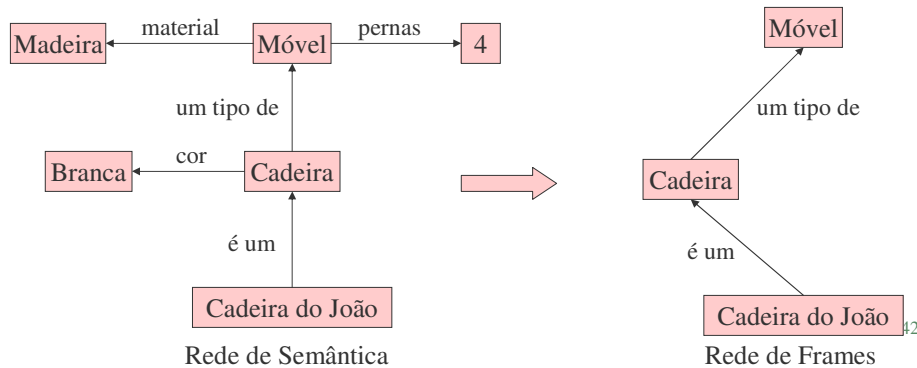
- Criada em 1974 por Marvin Minsky
- Objetivo de representar grandes quantidades de dados de forma estruturada
- Frames podem estar relacionados e compartilhar similaridades
- A disposição dos frames forma uma rede semântica

241

Proposta de Frames (cont.)

☞ A rede semântica deve:

- permitir a identificação de cada objeto
- permitir a identificação das propriedades de cada objeto
- permitir a navegação em busca de determinada informação



Estrutura dos Frames

☞ Identificado por um nome

☞ Formado por um conjunto de slots

- representam as propriedades do frame

☞ Slots obrigatórios

- *nome*: nome do frame
- *ako/isa*: identifica o frame hierarquicamente superior

☞ Slots possuem facetas que indicam o tipo do valor do slot

Estrutura dos Frames (Cont.)

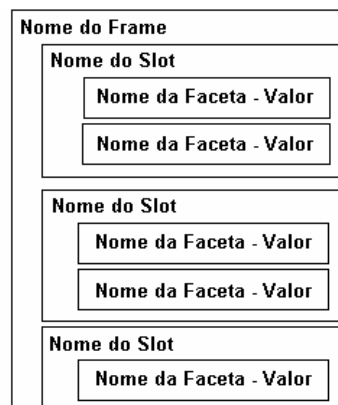
Tipos de Facetas

- **tipo**: tipo de dado (inteiro, real, string,...)
- **domínio**: valores possíveis para o slot (faixa entre valores, etc.)
- **valor**: indica o único valor presente no slot
- **default**: valor default, caso nenhum outro seja especificado
- **aponta frame**: permite que o slot seja descrito por outro frame
- **if-added, if-needed, if-removed**: procedimentos para determinar o valor do slot

244

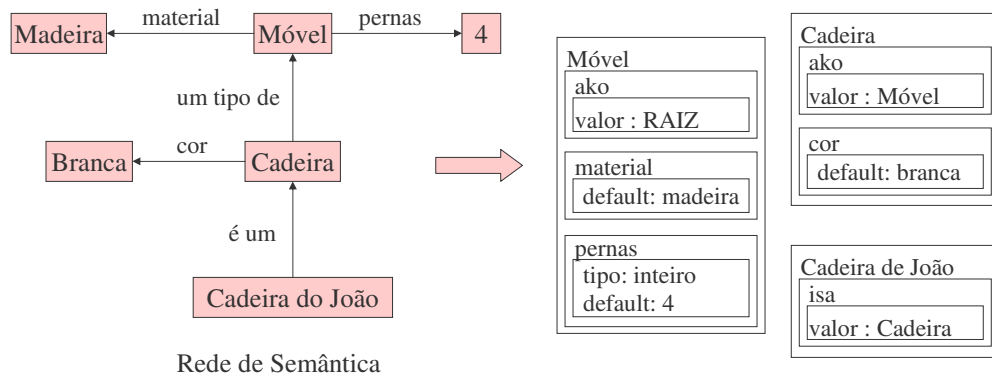
Estrutura dos Frames (Cont.)

- Estrutura genérica dos frames



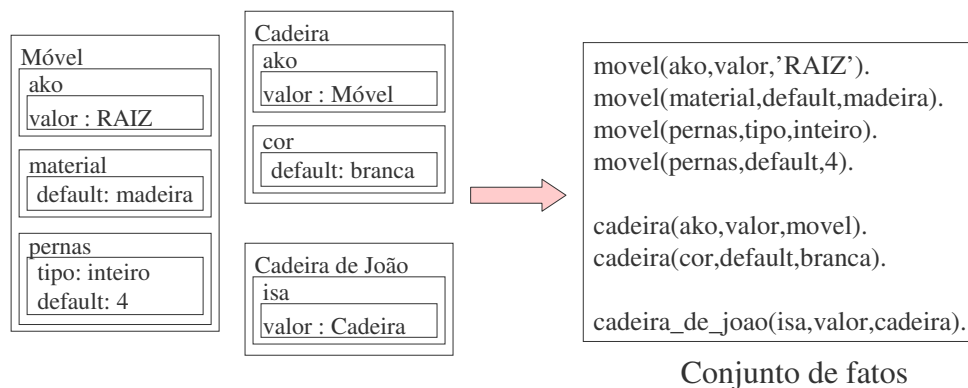
245

Estrutura dos Frames (Cont.)



246

Representação de Frames em Prolog



247

Herança em Frames

🐼 Objetivos

- herança de características entre objetos
- simplificação e organização do conhecimento
- utilizar a hierarquia taxonômica do *conhecimento de senso comum*

🐼 Objetos (subclasses) podem herdar características de classes hierarquicamente superior (superclasses)

248

Características da Herança em Frames

- 🐼 Geralmente aplicada como um algoritmo de travessia em grafos
- 🐼 Objetos semelhantes são agrupados em classes de objetos
- 🐼 Ligações isa/ako entre objetos permitem realizar generalizações e deduzir novas informações a partir de uma *rede de herança*

249

Herança em Frames (Cont.)

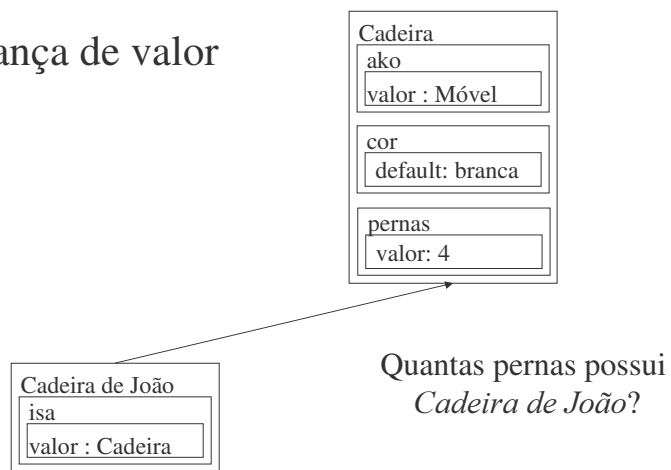
☛ Reconhecimento é feito tentando preencher os slots

- Herança de valor
- Herança de procedimentos
- Herança por valor default

250

Herança em Frames (Cont.)

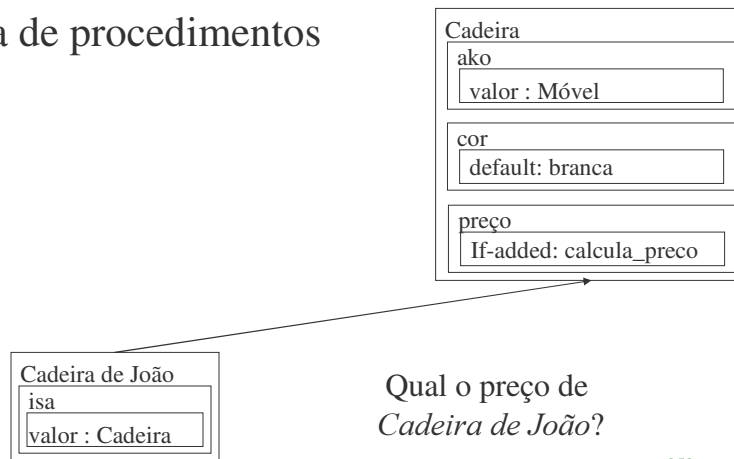
☛ Herança de valor



251

Herança em Frames (Cont.)

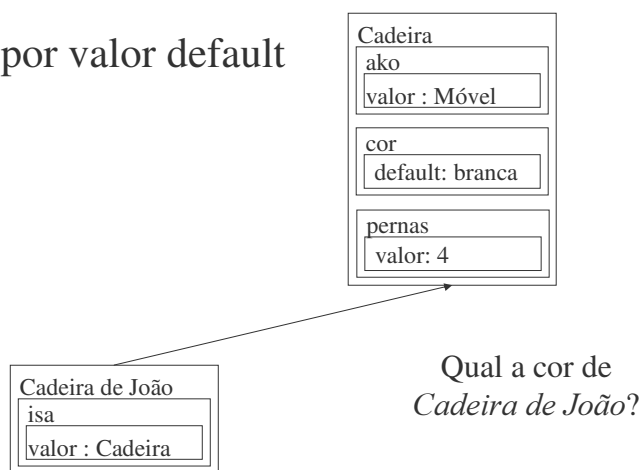
Herança de procedimentos



252

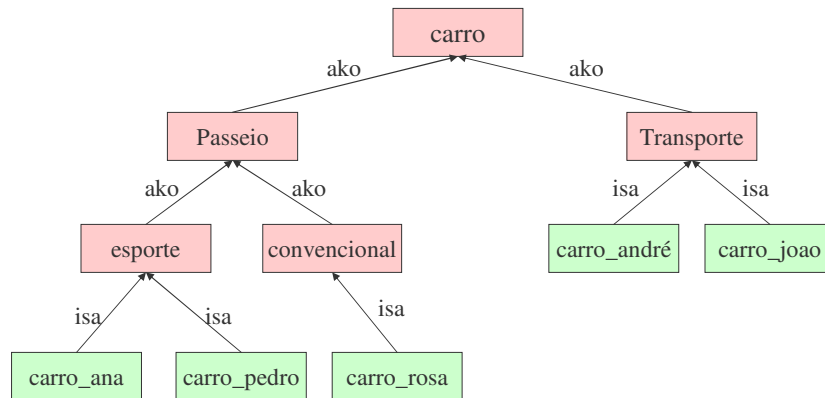
Herança em Frames (Cont.)

Herança por valor default



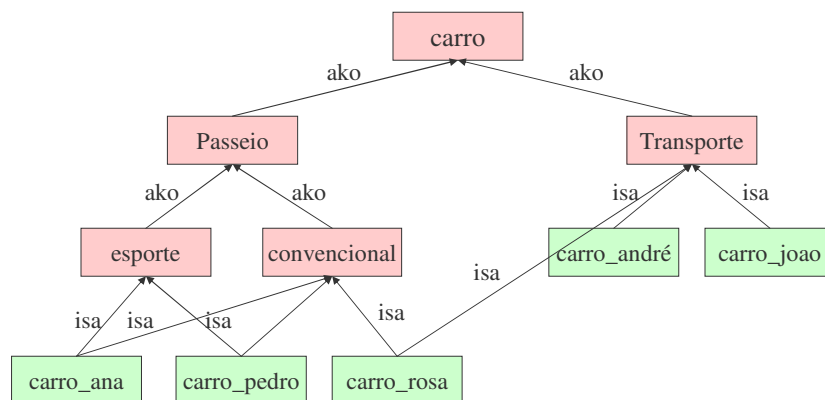
253

Redes de Herança Simples em Frames



254

Redes de Herança Múltipla em Frames



255

Raciocinadores de Herança

❧ Raciocinadores do Menor Caminho

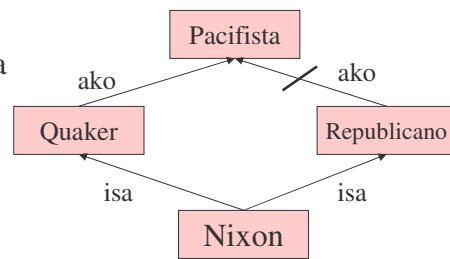
- solução mais próxima na hierarquia

❧ Raciocinadores Crédulos

- escolhe arbitrariamente uma solução

❧ Raciocinadores Céticos

- nenhuma solução é escolhida



256

Meta-Classes

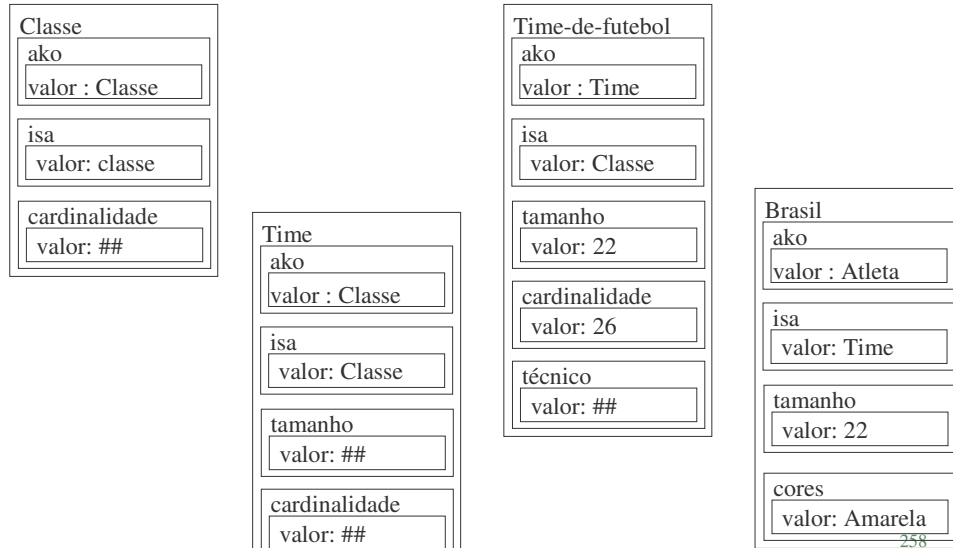
❧ Algumas vezes é desejável *herdar* propriedades de classes genéricas.

❧ É necessário um tipo especial de nó que possua propriedades de classes compartilhadas, este nó representa uma *meta-classe*.

257

Exemplo de Meta-Classe

As classes de todos os times de futebol



Outras Relações Entre Classes

- Classes podem estar relacionadas por ligações *ako*
- Objetos e Classes são relacionados por ligações *isa*
- É possível trabalhar com outras relações:
 - mutuamente-disjuntas: não compartilham elementos
 - coberta-por: todos os elementos estão contidos em um conjunto de subclasses.

259

Dependência Conceitual

260

Conceito

- Representação para expressar **eventos** em expressões lingüísticas
- A estrutura básica deste nível é a conceitualização: construção **ator-ação-objeto** ou **objeto-estado**
- Se uma ação está presente então suas circunstâncias também estão. Uma delas é o instrumental (também uma conceitualização)

261

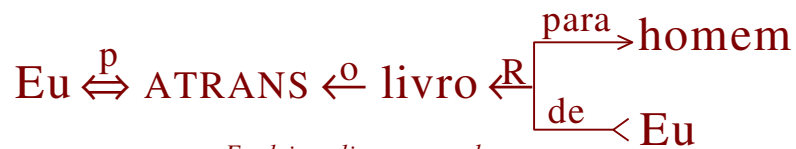
Objetivo

🎯 Representar o conhecimento de tal forma que:

- Seja **independente da linguagem** em que as frases foram originalmente expressas
- Sirva como base para programas de computador que entendem linguagem natural o suficiente para **fazer paráfrases e inferências** a partir de sentenças de entrada

262

Exemplo



Eu dei um livro para o homem

🎯 Onde

- ← indica a direção da dependência
- ⇔ indica dependência entre ator e ação (ACT)
- **p** indica tempo conceitual (passado)
- **ATRANS** indica transferência de posse (ação)
- **o** indica circunstância conceitual (Objeto)
- **R** indica circunstância conceitual (Recipiente)
- *Eu* e *Homem* são **PP's** (produtores de ação)
- *livro* é **PA** (modificador de ação)

263

Conceitualização

- Qualquer ação deve ser real e deve poder ser executada em algum **objeto** por um **ator**.
- Atores, ações e objetos no esquema conceitual devem corresponder a respectivas entidades do mundo real
- Conceitualizações possuem um esquema de representação

264

Esquema de Representação

- Dependência mútua entre ator-ação: $\Leftrightarrow$
- Relação objeto-estado:
 - $\Leftrightarrow$ afirmação de um atributo
 - $\Leftarrow \boxed{\rightarrow}$ mudança de estado
 - $\Uparrow$ relação causal indicada entre o causador e a causa, denota dependência temporal. Pode existir somente entre dependências duplas. Somente eventos ou estados podem causar eventos ou estados

265

Primitivas Conceituais

- 👉 ACTs : Ações
- 👉 PPs : Objetos (produtores de ações)
- 👉 AAs : Modificadores de ações
- 👉 PAs : Modificadores de PPs

266

Representação de uma sentença

- 👉 “É possível representar uma grande parte dos significados das linguagens naturais pelo uso de um esquema de representação conceitual que inclui somente **quatorze ações** básicas, um conjunto infinito de objetos e um pequeno número de **estados**, em adição a aproximadamente **dezesseis regras** governando a combinação desses itens”

Schank (May, 1973)
267

Ações Primitivas

- O número total de ações (ACT) necessárias para dar o significado de qualquer sistema em linguagem natural é **quatorze**
- Entretanto, Schank em artigo de março de 1973, admite que podem ser necessárias outras ações (especificamente de sentimentos), cujo critério de decisão para criação baseia-se nas inferências

268

Ações Primitivas

- Cada ACT requer ainda três ou quatro circunstâncias conceituais (OBJETO, INSTRUMENTO, RECIPIENTE ou DIREÇÃO - O, I, R, D)
- Só é considerado ACT aquilo que pode ser executado por alguém. Por exemplo, *dormir* é considerado um estado.

269

Ações Primitivas

☛ Há quatro categorias de ACT nas quais as quatorze ações são divididas:

- Globais
- Físicas
- Mentais
- Instrumentais

270

Ações Primitivas

☛ Globais

- ATRANS - transferência de uma relação abstrata (*dar*)
- PTRANS - transferência de local físico de um objeto (*ir*)

271

Ações Primitivas

🐾 Físicas:

- PROPEL - aplicação de força física a um objeto (*empurrar*)
- MOVE - movimento de uma parte do corpo por seu dono (*chutar*)
- GRASP - domínio de um objeto por um ator (*agarrar*)
- INGEST - ingestão de um objeto por um animal (*comer*)
- EXPEL - expulsão de algo do corpo de um animal (*chorar*)

272

Ações Primitivas

🐾 Mentais:

- MTRANS - transferência de informação mental entre animais ou dentro de um animal (*contar*). Divide-se a memória em CP (processador consciente), LTM (memória de longo prazo) e órgãos dos sentidos.
- MBUILD - elaboração de novas informações a partir de informações antigas (*decidir*)
- CONC - ato de conceitualizar. Pode ser: focar atenção em algo ou executar processamento mental (*pensar, sonhar*)

273

Ações Primitivas

👂 Instrumentais:

- SPEAK - produção de sons (*dizer*)
- SMELL - ato de direcionar o nariz a um odor (*cheirar*)
- LOOK-AT - direcionar os olhos a um objeto físico (*olhar*)
- LISTEN-TO - direcionar os ouvidos a um objeto sonoro (*ouvir*)

274

Ações Primitivas

👂 ***ATTEND*** - *focagem de um órgão dos sentidos em um estímulo (escutar)*

👂 ***DO*** - *representa uma ação desconhecida*

275

Estados

- Podem ser descritos por escalas de valores numéricos
- Utilizados para detectar diferenças entre adjetivos, por exemplo *bravo* é um pouco menos que *furioso*

276

Estados

- Saúde: vai de -10 a +10
 - morto -10
 - gravemente doente -9
 - doente -9 a -1
 - bem 0
 - muito bem +7
 - perfeita saúde +10

277

Estados

☞ Estado Mental: vai de -10 a 10

- catatônico -9
- deprimido -5
- abalado -3
- triste -2
- Ok 0
- feliz +5
- extasiado +10

278

Estados

☞ Grau de Consciência: vai de 0 a +10

- inconsciente 0
- dormindo 5
- acordado 10
- “ percepção sob efeito de drogas” > 10

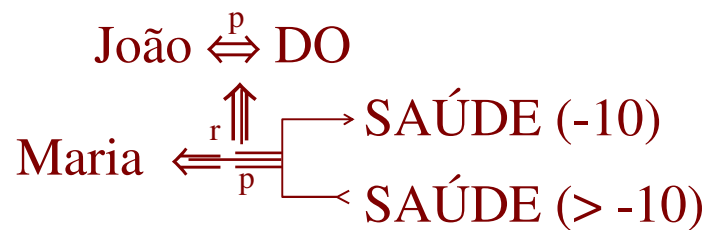
279

Estados

- Alguns estados têm valores absolutos e não em escalas: Length (Size), Color, Light Intensity, Mass, Speed, etc.
- Outros são relacionamentos entre objetos: Control, Part (possessão inalienável), Poss (possessão), Ownership, Contain, Proximity, Location, Physical Containment
- MFEEL expressa a relação entre duas pessoas e uma emoção

280

Exemplo



João matou Maria

281

Regras

1. **Atores** executam **ações**
2. **Ações** têm **objetos**
3. **Ações** têm **instrumentos**
4. **Ações** podem ter **recipientes**
5. **Ações** podem ter **direções**
6. **Objetos** podem estar relacionados a outros **objetos**. Essas relações são: *Possession*, *Location* e *Containment*

282

Regras

7. **Objetos** podem ter **atributos**
8. **Ações** podem ter **atributos**
9. **Atributos** têm **valores**
10. **Conceitualizações** podem ter **tempo**
11. **Conceitualizações** podem ter **localização**

283

Regras

12. Conceitualizações podem **causar mudança** no valor de atributos de objetos
13. Conceitualizações podem **habilitar** a ocorrência de outras **conceitualizações**
14. Conceitualizações podem servir de **razão** para **conceitualizações**

284

Notação adicional

☞ **Existência de conceitualização:** $\Leftrightarrow$

☞ **Localizações:** $\Leftrightarrow$ LOC

- ex.: $X \Leftrightarrow \text{LOC}(Y)$

X está localizado em Y

☞ **Tempo (marcado sobre $\Leftrightarrow$)**

- **p** - Passado
- **f** - Futuro
- **t** - Transição
- **t_s** - Iniciar transição
- **t_f** - Transição encerrada
- **k** - Continuidade
- Δ - Eterno
- ϕ - Presente

285

Notação adicional

🐼 Causas

- $\Uparrow r$ - Resultado
- $\Uparrow R$ - Razão
- $\Uparrow$ - Causa física
- $\Uparrow E$ - Condição de permissão

🐼 ? - Interrogação

🐼 / - Negação

🐼 c - Condicional

🐼 $\nsubseteq$ - incapaz de

286

Exemplos de regras

🐼 Relação entre um ator e o evento que ele causa

João $\xRightarrow{p}$ PTRANS
João correu

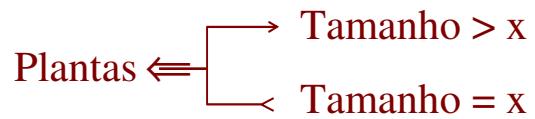
🐼 Relacionamento entre uma ação e o objeto (produtor de situação) que é objeto daquela ação.

João $\xRightarrow{p}$ PROPEL $\xleftarrow{o}$ carrinho
João empurrou o carrinho

287

Regras

- 🐣 Relação entre um ator e um estado no qual ele começou e terminou



As plantas cresceram

288

Inferências

- 🐣 “... uma inferência é uma conceitualização que é verdade com algum grau de probabilidade sempre que outra conceitualização ou conjunto de conceitualizações forem verdade.”

Schank (Mach, 1973)

289

Exemplo

- ☛ *João foi para São Paulo*
- ☛ Não está explícito que João, na realidade, chegou lá. A representação conceitual dos dois fatos é diferente.
- ☛ Mas podemos inferir isso se soubermos que essa possibilidade é válida
- ☛ Para cada ação há regras de inferência

290

Argumentos para o uso da DC

- ☛ Menos regras de inferência são necessárias
- ☛ Muitas inferências já estão presentes na própria representação
- ☛ As estruturas terão espaços que deverão ser preenchidos. Sobre estes pode recair o foco do programa que pretende compreender as frases

291

Argumentos contra seu uso

• Formalismo de representação

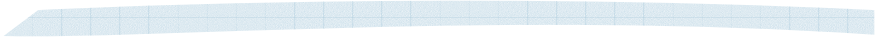
- O conhecimento precisa ser decomposto em primitivas de nível bastante baixo

• É apenas uma teoria da representação de eventos

- Não representa outros tipos de conhecimento

292

Incerteza em conhecimento



293

Causas de incerteza em representação de conhecimento

➤ Entrada de dados

- Dados Incompletos
- Dados com ruído

➤ Conhecimento é incerto

- Múltiplas causas podem levar a diferentes problemas
- Enumeração incompleta de condições e efeitos
- Relações de causabilidade incompletas no domínio
- Efeitos probabilísticos/estocásticos

➤ Saídas Incertas

- Abdução e indução são processos inerentemente incertos
 - Raciocínio default, mesmo em dedução, é incerto
 - Inferência dedutiva incompleta pode ser incerta
- Raciocínio probabilístico fornece apenas resultados probabilísticos (sumariza incerteza de várias fontes)

294

Tomada de decisão com incerteza

➤ Comportamento racional:

- Para cada ação identifique as possíveis desvantagens
- Calcule a probabilidade de cada desvantagem
- Calcule a utilidade de cada desvantagem
- Calcule a utilidade esperada para possíveis desvantagens para cada ação
- Selecione a ação com maior utilidade esperada (princípio da **Utilidade Esperada Máxima**)

295

Raciocínio Bayesiano

• Teoria da Probabilidade

• Inferência Bayesiana

- Usa teoria da probabilidade e informação sobre independência
- Da evidência (efeitos) para conclusões (causas) ou causalidade (de causas para efeitos)

• Redes Bayesianas

- Representação compacta da distribuição de probabilidade sobre um conjunto de variáveis randômicas proposicionais
- Baseado em relações de independence

296

Outras representações de incerteza

• Raciocínio default

- Lógica não-monotônica : permite a retração de crenças default se elas comprovadamente são falsas

• Métodos baseados em regras

- Fatores de Certeza (Mycin): propaga simples modelos de crenças através de regras causais ou de diagnóstico

• Raciocínio Evidencial

- Teoria de Dempster-Shafer : $Cr(P)$ é uma medida de evidência para P ; $Dr(\neg P)$ é uma evidência contra P (descrença); Juntos eles definem um intervalo de crença

• Raciocínio Fuzzy

- Conjuntos Fuzzy : Grau de pertinência
- Lógica Fuzzy : “Quão verdadeira” é uma sentença lógica?

297

Exemplo de Raciocínio Probabilístico

- Identificar a doença $H \in \{H_1, H_2, H_3\}$ mais provável dados os sintomas do conjunto $E = \{E_1, E_2\}$
- Informações sobre o problema:

i	1	2	3
$p(H_i)$	0,5	0,3	0,2
$p(E_1 H_i)$	0,4	0,8	0,3
$p(E_2 H_i)$	0,7	0,9	0,0

298

Exemplo de Raciocínio Probabilístico

$$p(E_1 E_2 | H_1) = 0,4 \times 0,7 \times 0,5$$

$$p(E_1 E_2 | H_2) = 0,8 \times 0,9 \times 0,3$$

$$p(E_1 E_2 | H_3) = 0,3 \times 0,0 \times 0,2$$

i	1	2	3
$p(H_i)$	0,5	0,3	0,2
$p(E_1 H_i)$	0,4	0,8	0,3
$p(E_2 H_i)$	0,7	0,9	0,0

$$p(H_i | E_1 \dots E_n) = \frac{p(E_1 \dots E_n | H_i) \times p(H_i)}{\sum_{k=1}^m (p(E_1 \dots E_n | H_k) \times p(H_k))} \quad \Leftarrow \text{Fórmula de Bayes}$$

$$p(H_1 | E_1 E_2) = \frac{0,4 \times 0,7 \times 0,5}{(0,4 \times 0,7 \times 0,5) \times (0,8 \times 0,9 \times 0,3) \times (0,3 \times 0,0 \times 0,2)} = 0,393$$

$$p(H_2 | E_1 E_2) = \frac{0,8 \times 0,9 \times 0,3}{(0,4 \times 0,7 \times 0,5) \times (0,8 \times 0,9 \times 0,3) \times (0,3 \times 0,0 \times 0,2)} = 0,607$$

$$p(H_3 | E_1 E_2) = \frac{0,3 \times 0,0 \times 0,2}{(0,4 \times 0,7 \times 0,5) \times (0,8 \times 0,9 \times 0,3) \times (0,3 \times 0,0 \times 0,2)} = 0,0$$

299

Desafios sobre tratamento de incerteza

- **Redes bayesianas:** Boas propriedades teóricas combinadas com raciocínio eficiente fazem RB muito popular; expressividade limitada
- **Lógica não-monotônica :** representa raciocínio de senso comum, mas pode ser computacionalmente muito cara
- **Fatores de certeza:** Semanticamente não muito bem fundamentada
- **Teoria de Dempster-Shafer:** Tem boas propriedades formais, mas pode ser computacionalmente muito cara
- **Raciocínio Fuzzy:** Semântica não muito clara (fuzzy!), mas tem se mostrado muito útil para aplicações comerciais

300

Exemplo de tratamento de incerteza no Shell SINTA

Caso 1: exemplo

continuação

SE fumagina = sim 80%

ENTÃO suspeita de praga = mosca branca,
grau de confiança (CNF) 70%.

Cálculo:

- teremos que à variável **suspeita de praga** será atribuído o valor mosca branca, com o respectivo grau de confiança $0.80 * 0.70 = 0.56 = 56\%$.

301

Exemplo de tratamento de incerteza no Shell SINTA

Caso 2:

- Quando deseja-se calcular o grau de confiança envolvendo o operador **E**.

Cálculo :

- Se possuímos duas igualdades $var_1 = value_1$ e $var_2 = value_2$, com os respectivos graus de confiança c_1 e c_2 , temos que a sentença $var_1 = value_1$ E $var_2 = value_2$ retornará como valor de confiança $c_1 \times c_2$.

302

Exemplo de tratamento de incerteza no Shell SINTA

Caso 2: exemplo

continuação

- **SE** estados das folhas = esfrelam facilmente
E presença de manchas irregulares = sim...

Cálculo:

- Se o grau de confiança da igualdade estados das folhas = esfrelam facilmente é 80% e o grau de confiança da igualdade presença de manchas irregulares = sim é 70%, temos que a conjunção das duas sentenças retornará um valor CNF de 56%.

303

Exemplo de tratamento de incerteza no Shell SINTA

Caso 3:

- Quando deseja-se calcular o grau de confiança com o operador OU.

Cálculo :

- Se possuímos duas igualdades $var_1 = value_1$ e $var_2 = value_2$, com os respectivos graus de confiança c_1 e c_2 , temos que a sentença $var_1 = value_1$ OU $var_2 = value_2$ retornará como valor de confiança $c_1 + c_2 - c_1 \times c_2$.

304

Exemplo de tratamento de incerteza no Shell SINTA

Caso 3: exemplo

continuação

- SE besouros vermelhos = sim 80%
OU larvas marrons = sim 70%...

Cálculo :

- a disjunção das duas sentenças retornará um valor
 $CNF \text{ de } 0.70 + 0.80 - 0.70 \times 0.80 = 1.50 - 0.56$
 $= 0.94 = 94\%$.

305

Exemplo de tratamento de incerteza no Shell SINTA

Caso 4:

- Quando deseja-se atualizar o grau de confiança de uma variável que se encontra na memória de trabalho.

Situação

- A variável doença possuía valor **mofo preto** com grau de confiança 60%. Após a aplicação de outras regras chegou-se a uma outra atribuição **doença = mofo preto**, desta vez com CNF 50%.

Cálculo

- O cálculo se dá da mesma forma que a regra do OU:
 $0.60 + 0.50 - 0.60 * 0.50 = 1.10 - 0.30 = 0.80 = 80\%$.

306

Exemplo de tratamento de incerteza no Shell SINTA

Caso 5:

- Quando uma variável recebe duas vezes o mesmo valor em pontos diferentes da consulta.

Cálculo:

- Em momentos diferentes de uma consulta, uma mesma variável var pode receber o mesmo valor v, sendo que até a penúltima instanciación ela possuía grau de confiança c_1 , e a última atribuiu um CNF c_2 .
Sendo assim, temos que o valor final de confiança para $var = v$ será dado pela fórmula $c_a + c_n - c_a * c_n$, onde c_a representa o grau de confiança antes da última mudança e c_n o último grau de confiança atribuído.

307

Exemplo de tratamento de incerteza no Shell SINTA

Notas

- O sistema admite 50% como valor mínimo de confiança para que uma igualdade seja considerada verdadeira.
- Observe que as funções para conjunção e disjunção utilizadas seguem a Teoria das Possibilidades, não envolvendo nenhum tratamento estatístico mais aprofundado.
- É possível mudar as fórmulas utilizadas.