

Sistemas Baseados em Conhecimento

Aula 15

Renata Wassermann

`renata@ime.usp.br`

2017

Ontologias

Definição (Gruber, 1992)

“Especificação explícita de uma conceitualização”

- Usadas para representação do conhecimento **reuso** e **compartilhamento**
- **Conceitos** e **relações** que descrevem o domínio
- Dependem da aplicação

Para que ontologias?

- Dados de múltiplas fontes (ex.: histórico de paciente, exames de laboratório, exame clínico).
- Como encontrar dados?
- Se encontrar, como interpretar dados armazenados? (ex.: medicações em uso)
- Como integrar e usar os dados?

Recuperação

Tumor de mama (20)

Neoplasia maligna de mama (25)

Carcinoma de mama (25)

- Anotações sobre os três conceitos acima.
- Sem ontologia, busca por “tumor de mama” devolve 20 anotações.
- Com ontologia, busca devolve 70 anotações.

Integração

Se cada grupo usa seu modelo, como integrar informação?

- Nomes iguais para conceitos diferentes
ex.: Paciente (interno ou qualquer)
- Nomes diferentes para conceitos iguais
ex.: Tumor e Neoplasia

Tipos de conhecimento

O paciente é adulto. **sintético**

O paciente tem tumor ou não tem tumor. **analítico - lógico**

Se o paciente é solteiro então não é casado.

analítico - terminológico

Ontologias - conhecimento terminológico

- Conceitos (ou classes)
- Propriedades (ou papéis ou slots)
- Restrições (de papéis ou facets)

Decisões: Red apple/Apple red

Importante: Análise ontológica deve vir antes de qualquer representação.

Definições de “Semantics”

Merriam-Webster:

1. the study of meanings:
 - a: the historical and psychological study and the classification of changes in the signification of words or forms viewed as factors in linguistic development
 - b: a branch of semiotic dealing with
the relations between signs and what they refer to and including theories of denotation, extension, naming, and truth
2.
the meaning or relationship of meanings of a sign or set of signs ; especially : connotative meaning
3. the language used (as in advertising or political propaganda) to achieve a desired effect on an audience especially through the use of words with novel or dual meanings.

Semântica em Lógica

- Interpretação = Domínio (D) + Mapeamento (I)
- Como inferir $\text{mammal}(\text{Lulu})$ de $\text{dog}(\text{Lulu})$?
- $D = \{d\}$
 $I(\text{Lulu}) = d$
 $I(\text{mammal}) = \{\}$
 $I(\text{dog}) = \{d\}$.
- De acordo com esta interpretação, Lulu é o nome do objeto d , que é um cachorro e não é mamífero.

Evitando Interpretações Indesejadas

- Queremos garantir a relação **semântica**
 $I(dog) \subseteq I(mammal)$
- Fazemos isso adicionando fórmulas (**objetos sintáticos**):
 $\forall x(dog(x) \rightarrow mammal(x))$

O que são lógicas de descrição? (Horrocks)

- Família de formalismos para representação de conhecimento baseados em lógica adequados para a representação e raciocínio sobre conhecimento terminológico
- Descendentes das redes semânticas, frames, KL-ONE...
- ... também conhecidos como sistemas terminológicos, linguagens de conceitos, etc.

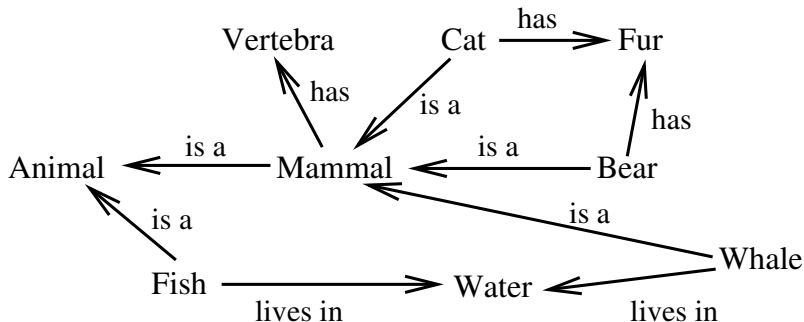
Redes Semânticas

- Peirce 1909: “Lógica do futuro”
- Tese de Quillian (anos 60): “Semantic memory”
- O significado de um conceito vem da relação com outros conceitos.
- A informação é guardada em nós interconectados por arcos rotulados.

Cat $\xrightarrow{\text{is a}}$ Mammal

Fish $\xrightarrow{\text{lives in}}$ Water

Redes Semânticas



Woods “What’s in a link?” (1975)

cat $\xrightarrow{\text{colour}}$ black

- Todos os gatos são inteiramente pretos.
- Todos os gatos têm algo de preto.
- Existe um gato inteiramente preto.
- Existe um gato que tem algo de preto.

KL-ONE

- Tese do Brachman, Harvard, 1977
- William A. Woods, James G. Schmolze, The KL-ONE family, 1992
- Usado por empresas e institutos de pesquisa.
- Foco em PLN.
- Semântica clara.
- Primitivas para estruturar conceitos.
- Base para o que vem a seguir...

KL-ONE

- Separação entre conhecimento terminológico e assertivo
- Significado externo de “is a” (conjuntos e instâncias)
- Herança múltipla
- Permite classificação automática

Exemplo: inferir que “*Woman with sons*” é mais específico que “*Woman with children*”

O começo da era moderna

“The Tractability of Subsumption in Frame-Based Description Languages”, Brachman and Levesque, 1984.

Here we present evidence as to how the cost of computing one kind of inference is directly related to the expressiveness of the representation language. As it turns out, this cost is perilously sensitive to small changes in the representation language. Even a seemingly simple frame-based description language can pose intractable computational obstacles.

Base de conhecimento em LD

- Descrição dos conceitos e suas propriedades.
- Descrição de situações concretas.

Conceitos

- Representam classes (conjuntos)
- Podem ser atômicos ou construídos:
 - Female
 - Female \sqsubset Human

Papéis (Roles)

- Representam relações (propriedades)
- Podem ser utilizados para restringir conceitos:
 - $\text{Female} \sqcap \text{Human} \sqcap \exists \text{haschild.Female}$
 - $\text{Female} \sqcap \forall \text{haschild.Human}$

TBox

A TBox contém o conhecimento terminológico:

- Definições de conceitos (introduzem nomes para conceitos):
 $\text{Father} \equiv \text{Man} \sqcap \exists \text{haschild}.\top$
- Axiomas (restringem os modelos):
 $\text{Mother} \sqsubseteq \text{Woman}$
 $\text{BlackCat} \sqsubseteq \text{Cat} \sqcap \forall \text{hascolour}.\text{Black}$

Exemplo

Woman	\equiv	$\text{Person} \sqcap \text{Female}$
Man	\equiv	$\text{Person} \sqcap \neg \text{Woman}$
Mother	\equiv	$\text{Woman} \sqcap \exists \text{hasChild}.\text{Person}$
Father	\equiv	$\text{Man} \sqcap \exists \text{hasChild}.\text{Person}$
Parent	\equiv	$\text{Father} \sqcup \text{Mother}$
Grandmother	\equiv	$\text{Mother} \sqcap \exists \text{hasChild}.\text{Parent}$
MotherWithoutDaughter	\equiv	$\text{Mother} \sqcap \forall \text{hasChild}.\neg \text{Woman}$
Wife	\equiv	$\text{Woman} \sqcap \exists \text{hasHusband}.\text{Man}$

ABox

A ABox contém asserções sobre indivíduos:

- Asserções de conceito:
BlackCat(mimi)
Mother $\sqcap \exists \text{haschild.Woman}(\text{mary})$
- Asserções de papéis:
haschild(mary,betty)

A linguagem típica (\mathcal{ALC})

- Attributive Concept Language with Complements (Schmidt-Schauß and Smolka, 1991).
- Construção de conceitos fechada sob operadores booleanos.
- Base para linguagens mais expressivas.

Conceitos

$$C, D \longrightarrow \begin{array}{l} A \mid \\ \top \mid \\ \perp \mid \\ \neg C \mid \\ C \sqcap D \mid \\ C \sqcup D \mid \\ \forall R.C \mid \\ \exists R.C \end{array}$$

Interpretações

\mathcal{I} :

- $\Delta^{\mathcal{I}}$ (domínio da interpretação)
- função que atribui para cada:
 - A , um conjunto $A^{\mathcal{I}} \subseteq \Delta^{\mathcal{I}}$
 - R , uma relação binária $R^{\mathcal{I}} \subseteq \Delta^{\mathcal{I}} \times \Delta^{\mathcal{I}}$.
 - a , um elemento $a^{\mathcal{I}} \in \Delta^{\mathcal{I}}$

Estendendo a função de interpretação

$$\begin{aligned}\top^{\mathcal{I}} &= \Delta^{\mathcal{I}} \\ \perp^{\mathcal{I}} &= \emptyset \\ (\neg C)^{\mathcal{I}} &= \Delta^{\mathcal{I}} \setminus C^{\mathcal{I}} \\ (C \sqcap D)^{\mathcal{I}} &= C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}} \\ (C \sqcup D)^{\mathcal{I}} &= C^{\mathcal{I}} \cup D^{\mathcal{I}} \\ (\exists R.C)^{\mathcal{I}} &= \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \exists (a, b) \in R^{\mathcal{I}} \text{ e } b \in C^{\mathcal{I}}\} \\ (\forall R.C)^{\mathcal{I}} &= \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \forall (a, b) \in R^{\mathcal{I}}, b \in C^{\mathcal{I}}\}\end{aligned}$$

Semântica da TBox

Uma interpretação \mathcal{I} satisfaz

- $C \equiv D$ sse $C^{\mathcal{I}} = D^{\mathcal{I}}$.
- $C \sqsubseteq D$ sse $C^{\mathcal{I}} \subseteq D^{\mathcal{I}}$.
- a TBox \mathcal{T} sse satisfaz todos os elementos de \mathcal{T}

Semântica da ABox

Uma interpretação \mathcal{I} satisfaz

- $C(a)$ sse $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$.
- $r(a, b)$ sse $(a^{\mathcal{I}}, b^{\mathcal{I}}) \in r^{\mathcal{I}}$.
- a ABox \mathcal{A} sse satisfaz todos os elementos de \mathcal{A}

Base de conhecimento \mathcal{ALC}

Uma Base de conhecimento \mathcal{ALC} é um par $\Sigma = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$, onde

- \mathcal{T} é uma TBox
- \mathcal{A} é uma ABox

Uma interpretação \mathcal{I} é um *modelo* de Σ se satisfaz \mathcal{T} e \mathcal{A} .

Uma base de conhecimento Σ é *satisfatível* se admite um modelo.

Consequência Lógica

$\Sigma \models \varphi$ sse todo modelo de Σ é um modelo de φ

$\exists \text{teaches.Course} \sqsubseteq \text{GraduateStudent} \sqcup \text{Professor}$

$\text{teaches}(\text{john}, \text{cs101})$

$\text{Course}(\text{cs101})$

$\neg \text{Professor}(\text{john})$

$\Sigma \models \text{GraduateStudent}(\text{john})$