


Semântica – parte 1

SCC5869 Tópicos em Processamento de Língua Natural

Thiago A. S. Pardo



Significado e representação

Semântica

- **Significado** de palavras, orações, sentenças, textos
 - Atenção: há vários níveis de tratamento do significado
- Essencial para que sistemas de PLN sejam mais inteligentes
 - Exemplos?

3

Semântica

- **Significado** de palavras, orações, sentenças, textos
 - Atenção: há vários níveis de tratamento do significado
- Essencial para que sistemas de PLN sejam mais inteligentes
 - De tarefas simples a complexas
 - Tradução e sumarização de textos
 - Geração e verificação de respostas de exames
 - Reação apropriada a ações, p.ex., acompanhar de desempenhar apropriadamente em um diálogo
 - Aprendizado automático
 - Perceber insultos, ironias, metáforas, etc.
 - Interpretar instruções

4

Semântica

- **Análise semântica:** mapear superfície textual em significado
 - Dados lingüísticos para não lingüísticos
 - Expressões lingüísticas para conceitos, proposições
- **Representação do significado**
 - Linguagens de representação do significado

5

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Lógica de 1^a ordem

• $\exists e, c \text{ Possuir}(e) \wedge \text{Possuidor}(e, \text{Falante}) \wedge \text{Possuído}(e, c) \wedge \text{Carro}(c)$

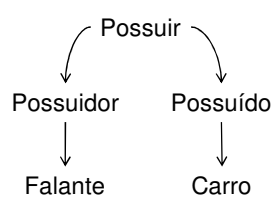
6

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Rede semântica



7

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Representação baseada em *frames*

- Possuir
 - Possuidor: Falante
 - Possuído: Carro

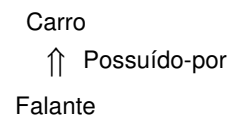
8

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Diagrama de dependência conceitual



9

Semântica

- Linguagens de representação
 - Suposições **diferentes**
 - Perspectivas **variadas** da questão
 - Poder de representação **variado**
 - Fundamentos **em comum**
 - Símbolos que correspondem a objetos
 - Propriedades de objetos
 - Relações entre objetos

10

Semântica

- Linguagens de representação
 - 2 aspectos
 - Representação do conteúdo lingüístico
 - Representação do estado de coisas no mundo
 - Há requisitos desejáveis para as representações

11

Requisitos da representação

- Verificabilidade
 - Deve ser possível verificar a veracidade de representações
 - Por exemplo, via constatação em uma base de conhecimento
 - Exemplo
 - Pergunta: *O restaurante serve comida vegetariana?*
 - Representação: Serve(Restaurante,Comida_vegetariana)
 - Se estiver na base, OK/VERDADE
 - Caso contrário, FALSO
 - Negativo ou não se sabe

12

Requisitos da representação

- Evitar ambigüidade
 - Apesar de haver ambigüidades, a representação deve evitá-las
 - Nem sempre é possível
 - Exemplo
 - Sentença: *O homem viu a torre Eiffel enquanto voava.*
 - Representação:
 - $\text{Viu}(\text{Homem}, \text{Torre_Eiffel}) \wedge \text{Momento}(\text{Viu}, \text{Enquanto_voava})$
 - $\text{Viu}(\text{Homem}, \text{Torre_Eiffel}) \wedge \text{Voava}(\text{Torre_Eiffel})$

13

Requisitos da representação

- Representação de vagueza
 - Interpretações abertas, mas não ambíguas
 - Exemplo
 - Sentença: *Eu quero comer comida italiana.*
 - O termo “comida italiana” é suficientemente específico para se decidir por um restaurante, por exemplo
 - ... mas é muito vago para saber o que se quer de fato comer

14

Requisitos da representação

- Forma canônica
 - Mesmo significado por meio de diferentes expressões lingüísticas, mas se deseja uma única representação
 - Exemplo
 - Várias sentenças, mesmo significado
 - O restaurante serve comida vegetariana?
 - Comida vegetariana é servida no restaurante?
 - O restaurante tem pratos vegetarianos?
 - Tem comida vegetariana no restaurante?
 - Idealmente, representação única
 - $\text{Serve}(\text{Restaurante}, \text{Comida_vegetariana})$
 - Alternativamente, meio de se verificar compatibilidade entre representações
 - $\text{Serve}(\text{Restaurante}, \text{Comida_vegetariana}) = \text{Tem}(\text{Restaurante}, \text{Pratos_vegetarianos})$

15

Requisitos da representação

- Forma canônica
 - Mesmo significado por meio de diferentes expressões lingüísticas, mas se deseja uma única representação
 - Exemplo
 - Várias sentenças, mesmo significado
 - O restaurante serve comida vegetariana?
 - Comida vegetariana é servida no restaurante?
 - O restaurante tem pratos vegetarianos?
 - Tem comida vegetariana no restaurante?
 - Idealmente, representação única
 - $\text{Serve}(\text{Restaurante}, \text{Comida_vegetariana})$
 - Alternativamente, meio de se verificar compatibilidade entre representações
 - $\text{Serve}(\text{Restaurante}, \text{Comida_vegetariana}) = \text{Tem}(\text{Restaurante}, \text{Pratos_vegetarianos})$

Por quê?

16

Requisitos da representação

- Inferência e variáveis
 - Tirar conclusões sobre a veracidade de proposições que não são explicitamente representadas na base de conhecimento
 - Exemplos
 - Sentença: *Vegetarianos podem comer naquele restaurante?*
 - É preciso saber
 - “vegetarianos comem comida vegetariana”
 - “se aquele restaurante serve comida vegetariana”
 - Sentença: *Gostaria de encontrar um restaurante em que eu posso comer comida vegetariana.*
 - Não se cita nome de nenhum restaurante
 - Precisa-se de um elemento variável
 - $\text{Serve}(x, \text{Comida_vegetariana})$

17

Requisitos da representação

- Expressividade
 - Capacidade de se representar qualquer (ou uma grande variedade de) tipo de assunto/conhecimento
 - Qualquer “segmento textual” que faça sentido deve ser passível de representação
 - Restrição forte!

18

Lógica de 1ª ordem

19

Características

- Lógica de 1ª ordem
 - Flexível
 - Bem entendida
 - Computacionalmente tratável
 - Verificabilidade
 - Inferência
 - Expressividade
- *Cálculo de predicados*

20

Elementos básicos

- **Termos:** representam objetos
 - Constantes (sempre capitalizadas)
 - Restaurante, Comida_vegetariana
 - Funções (podem indicar propriedades)
 - LocalDe(Restaurante)
 - Variáveis (não capitalizadas)
 - x, y, e, c
 - Necessitam de quantificadores

21

Elementos básicos

- **Predicados:** representam relações entre objetos
 - Serve(Restaurante,Comida_vegetariana)
 - Restaurante(Lanchonete_da_Maria)

22

Elementos básicos

- **Representações compostas**, via conectivos lógicos
 - Eu tenho cinco reais e não tenho tempo.
 - $\text{Ter}(\text{Falante}, \text{Cinco_reais}) \wedge \neg \text{Ter}(\text{Falante}, \text{Tempo})$

23

Elementos básicos

- **Conectivos lógicos**
 - V = Verdade
 - F = Falso

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

24

Variáveis e quantificadores

- Variáveis
 - 2 possíveis usos
 - Objeto anônimo
 - Objetos de uma coleção
 - Uso de quantificadores
 - Existencial: \exists (lê-se “existe”)
 - Universal: \forall (lê-se “para todo”)

25

Variáveis e quantificadores

- Quantificador existencial
 - Exemplo: objeto anônimo
 - *Um restaurante que serve comida mexicana perto do instituto.*
 - $\exists x \text{ Restaurante}(x) \wedge \text{Serve}(x, \text{Comida_mexicana}) \wedge \text{PertoDe}(\text{LocalDe}(x), \text{LocalDe}(\text{Instituto}))$
 - Essa sentença será verdadeira se e somente se houver pelo menos um x que satisfaça todas as fórmulas (em uma base de conhecimento ou inferidas a partir da base)

26

Variáveis e quantificadores

- **Quantificador universal**
 - Exemplo: coleção de objetos
 - *Todos os restaurantes vegetarianos servem comida vegetariana.*
 - $\forall x \text{ RestauranteVegetariano}(x) \Rightarrow \text{Serve}(x, \text{Comida_Vegetariana})$
 - Essa sentença só será verdadeira se toda substituição de x tornar a sentença verdadeira

27

Variáveis e quantificadores

- **Quantificador universal**
 - Exemplo: coleção de objetos
 - $\text{RestauranteVegetariano}(\text{Natureba})_{\text{VERDADE}} \Rightarrow \text{Serve}(\text{Natureba}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{VERDADE}}$
???
 - $\text{RestauranteVegetariano}(\text{MorraNatureza})_{\text{VERDADE}} \Rightarrow \text{Serve}(\text{MorraNatureza}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{FALSO}}$
???
 - $\text{RestauranteVegetariano}(\text{Churrascada})_{\text{FALSO}} \Rightarrow \text{Serve}(\text{Churrascada}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{FALSO}}$
???

28

Variáveis e quantificadores

- **Quantificador universal**
 - Exemplo: coleção de objetos
 - $\text{RestauranteVegetariano}(\text{Natureba})_{\text{VERDADE}} \Rightarrow \text{Serve}(\text{Natureba}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{VERDADE}} \rightarrow \text{VERDADE}$
 - $\text{RestauranteVegetariano}(\text{MorraNatureza})_{\text{VERDADE}} \Rightarrow \text{Serve}(\text{MorraNatureza}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{FALSO}} \rightarrow \text{FALSO}$
 - $\text{RestauranteVegetariano}(\text{Churrascada})_{\text{FALSO}} \Rightarrow \text{Serve}(\text{Churrascada}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{FALSO}} \rightarrow \text{VERDADE}$

29

Notação Lambda

- Útil para abstrair de uma fórmula em específico
- Uso do lambda (λ) + variável + predicado
- Exemplo
 - $\lambda x.P(x)$

30

Notação Lambda

- Operação de “redução Lambda”
 - Instancia/especifica a fórmula com constantes

- Exemplo
 - $\lambda x.P(x)$ (constante A) $\rightarrow P(A)$

31

Notação Lambda

- Operação de “redução Lambda”
 - Instancia/especifica a fórmula com constantes

- Exemplo (2 etapas)
 - $\lambda x.\lambda y.PertoDe(x,y)$ (CasaDaMaria) \rightarrow
 $\lambda y.PertoDe(CasaDaMaria,y)$

 - $\lambda y.PertoDe(CasaDaMaria,y)$ (Centro) \rightarrow
 $PertoDe(CasaDaMaria, Centro)$

32

Inferência

- Habilidade de
 - Adicionar novas proposições à base de conhecimento
 - Determinar a veracidade de proposições não explícitas na base de conhecimento
- Modus ponens
 - Um dos métodos mais usuais de inferência

33

Inferência

- Modus ponens
 - $\alpha, \alpha \Rightarrow \beta \rightarrow \beta$
 - Ou seja, se α é observado e se sabe que α implica em β , então se pode deduzir β

34

Inferência

- Modus ponens

- Exemplo

- Base de conhecimento
 - RestauranteVegetariano(Natureba)
 - $\forall x \text{ RestauranteVegetariano}(x) \Rightarrow \text{Serve}(x, \text{Comida_Vegetariana})$
- Pode-se deduzir e adicionar na base
 - $\text{Serve}(\text{Natureba}, \text{Comida_Vegetariana})$

35

Inferência

- Modus ponens

- Forma de raciocínio

- Encadeamento progressivo (*forward chaining*)
 - Dos antecedentes para os conseqüentes das implicações
 - RestauranteVegetariano(Natureba)

36

Inferência

- **Modus ponens**
 - Forma de raciocínio
 - Encadeamento progressivo (*forward chaining*)
 - Dos antecedentes para os conseqüentes das implicações
 - RestauranteVegetariano(Natureba) \Rightarrow Serve(Natureba,Comida_Vegetariana)

37

Inferência

- **Modus ponens**
 - Forma de raciocínio
 - Encadeamento progressivo (*forward chaining*)
 - **Vantagem**: muitas inferências podem ser feitas de antemão e aumentar a base de conhecimento, economizando tempo durante a consulta
 - **Desvantagem**: pode gerar muitas proposições que nunca são necessárias

38

Inferência

- Modus ponens

- Forma de raciocínio

- Encadeamento regressivo (*backward chaining*)

- Dos consequentes para os antecedentes das implicações
 - Primeiro se verifica se a consulta existe na base
 - Se não, buscam-se por implicações cujo lado direito case com a consulta
 - Tenta-se provar o lado esquerdo das implicações encontradas

39

Inferência

- Modus ponens

- Forma de raciocínio

- Encadeamento regressivo (*backward chaining*)

- Base de conhecimento
 - RestauranteVegetariano(Natureba)
 - $\forall x$ RestauranteVegetariano(x) \Rightarrow Serve(x,Comida_Vegetariana)
- Consulta
 - Serve(Natureba,Comida_Vegetariana)
 - não está na base

40

Inferência

- Modus ponens

- Forma de raciocínio

- Encadeamento regressivo (*backward chaining*)

- Base de conhecimento

- RestauranteVegetariano(Natureba)

- $\forall x$ RestauranteVegetariano(x) \Rightarrow
Serve(x,Comida_Vegetariana)

- Consulta

- $\forall x$ RestauranteVegetariano(x) \Rightarrow
Serve(x,Comida_Vegetariana)

- RestauranteVegetariano(Natureba) \Rightarrow
Serve(Natureba,Comida_Vegetariana)

41

Inferência

- Modus ponens

- Forma de raciocínio

- Encadeamento regressivo (*backward chaining*)

- Base de conhecimento

- RestauranteVegetariano(Natureba)

- $\forall x$ RestauranteVegetariano(x) \Rightarrow
Serve(x,Comida_Vegetariana)

- Consulta

- RestauranteVegetariano(Natureba) \Rightarrow
Serve(Natureba,Comida_Vegetariana)

- antecedente está na base, então VERDADE

42

Inferência

- **Cuidado**
 - Raciocínio com encadeamento regressivo vs. raciocínio regressivo
 - Raciocínio com encadeamento regressivo
 - Método confiável
 - Raciocínio regressivo (abdução)
 - Raciocínio plausível e útil muitas vezes, mas pode estar errado
 - Assume que, se conseqüente é verdade, antecedente é automaticamente verdade também

43

Inferência

- **Cuidado**
 - Raciocínio regressivo (abdução)
 - Exemplo
 - Base de conhecimento
 - RestauranteVegetariano(Natureba)
 - $\forall x$ RestauranteVegetariano(x) \Rightarrow Serve(x,Comida_Vegetariana)
 - Consulta
 - Serve(Churrascada,Comida_Vegetariana)

44

Inferência

- **Cuidado**
 - Raciocínio regressivo (abdução)
 - Exemplo
 - Base de conhecimento
 - RestauranteVegetariano(Natureba)
 - $\forall x \text{ RestauranteVegetariano}(x) \Rightarrow \text{Serve}(x, \text{Comida_Vegetariana})$
 - Consulta
 - $\text{Serve}(\text{Churrascada}, \text{Comida_Vegetariana})$
 \rightarrow Pela implicação na base de conhecimento, o antecedente $\text{RestauranteVegetariano}(\text{Churrascada})$ erroneamente assumido como verdadeiro

45

Inferência

- **Cuidado**
 - Raciocínios com encadeamento progressivo e com encadeamento regressivo **não são completos**
 - Há inferências válidas que podem não ser encontradas por esses métodos de raciocínio
 - Há alternativas, mas mais caras computacionalmente
 - Evitadas, muitas vezes
 - Assumem-se os riscos das raciocínios anteriores

46