
Introducción al Procesamiento de Lenguaje Natural

Grupo de PLN - InCo

Semántica

Semántica

- Tareas de todos los días en las que realizamos algún tipo de procesamiento semántico:
 - Contestar preguntas en un examen.
 - Decidir qué pedir en un restaurante usando un menú.
 - Aprender a usar un software leyendo el manual.
 - Cocinar siguiendo una receta.
 - Para todas estas tareas necesitamos “entender” el lenguaje natural, es decir, relacionar elementos lingüísticos con elementos y conocimiento del mundo.
 - Desde un punto de vista computacional, necesitamos obtener representaciones del significado (representaciones semánticas).
 - Llamamos análisis (o parsing) semántico al proceso mediante el cual generamos representaciones semánticas para expresiones lingüísticas.
-

Semántica

Llamamos análisis (o parsing) semántico al proceso mediante el cual generamos representaciones semánticas para expresiones lingüísticas.

Algunos ejemplos:

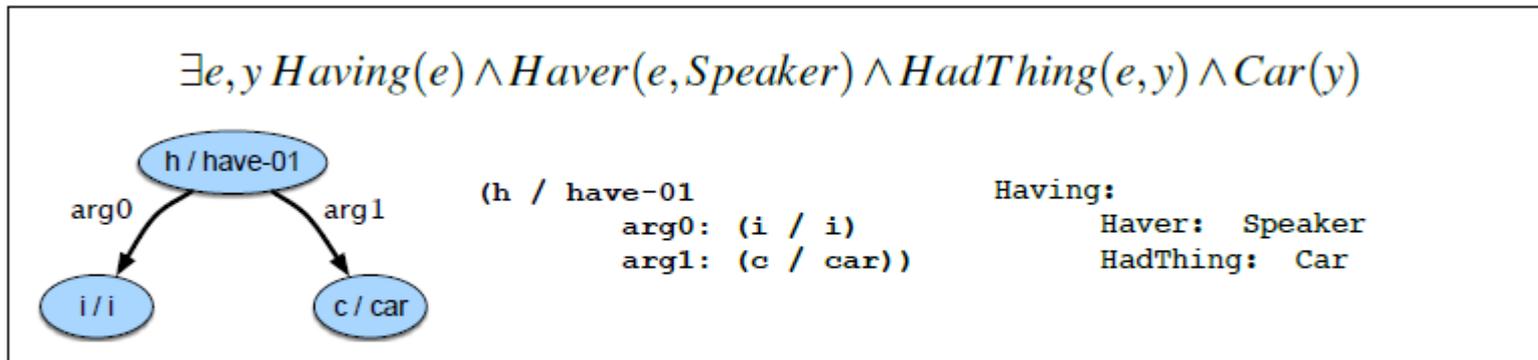


Figure 19.1 A list of symbols, two directed graphs, and a record structure: a sampler of meaning representations for *I have a car*.

(Jurafsky & Martin, 2023)

Semántica

Llamamos análisis (o parsing) semántico al proceso mediante el cual generamos representaciones del significado para expresiones lingüísticas.

AMR: Abstract
Meaning
Representation

Lógica de
primer orden

$arg(e) \wedge Haver(e, Speaker) \wedge HadThing(e, y) \wedge Car(y)$

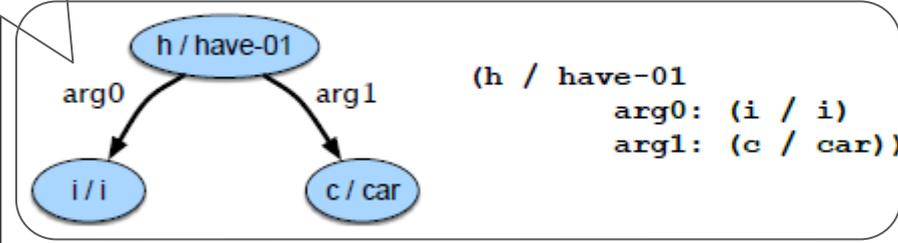


Figure 19.1 A list of symbols, two directed graphs, and a record structure: meaning representations for *I have a car*.

(Jurafsky & Martin, 2023)

Basado en
Frames

Etapas clásicas para PLN

Fonética y Fonología: estudio de los sonidos lingüísticos (Tokenización en texto escrito).

Morfología: estudio de la estructura interna de las palabras.

Sintaxis: estudio de la estructuración (orden y agrupamiento) de las palabras en unidades mayores.

Semántica: estudio del significado.

Discurso: estudio de las unidades mayores a la oración.

Pragmática: estudio de cómo el lenguaje se utiliza para cumplir objetivos.

Análisis Semántico

- El ***análisis semántico*** de las oraciones es una etapa más del pipeline de PLN.
 - La salida de este análisis será una ***representación semántica***, en algún formalismo.
 - Ese formalismo debería:
 - Generar representaciones verificables
 - Generar representaciones no ambiguas
 - Generar una forma canónica
 - Permitir variables y razonamiento (inferencias)
 - Ser expresivo
-

Ejemplo: Restaurantes

- Un sistema para recomendaciones de restaurantes.
- El usuario ingresa un texto en lenguaje natural donde indica una consulta para nuestro sistema.
- Queremos contestar consultas como:

¿Maharani sirve comida vegetariana?

- Idealmente deberíamos poder contestar cualquier consulta relacionada con el tema.
-

Ejemplo: Restaurantes

¿Maharani sirve comida vegetariana?

Tenemos una tabla de <Restaurante, TipoDeComida>.

Nuestro sistema debe saber que contestar esa pregunta equivale a encontrar un registro en la tabla.

Ejemplo: Restaurantes

Pero se puede formular de otra manera:

¿Maharani sirve comida vegetariana?

¿Maharani sirve platos vegetarianos?

¿Maharani sirve menú vegetariano?

¿Platos vegetarianos son servidos en Maharani?

Todas las preguntas se responden de la misma manera. Idealmente tendríamos una representación común para estas consultas (forma canónica).

Ejemplo: Restaurantes

Quiero un restaurante donde sirvan platos vegetarianos.

No busca una respuesta de sí o no. Nuestra representación necesita poder manejar la noción de variables: los x que tienen un registro $\langle x, \text{Vegetariano} \rangle$ en mi tabla.

Ejemplo: Restaurantes

Quiero comer chino.

Ambigüedad en la consulta:

- Quiero comer comida china.
- Quiero comer un señor que viene de China.

Mi análisis debería resolver esta ambigüedad y devolverme solo la representación del sentido correcto.

Ejemplo: Restaurantes

Ahora además tenemos información sobre los clientes. Deberíamos poder representar:

A Juana le gusta Maharani y a Mateo le gusta Los Palitos.

A Juana y a Carolina les gustan los mismos restaurantes.

A Francisco le gustan los restaurantes caros y ruidosos.

No a todos les gusta Maharani.

Ejemplo: Restaurantes

Tenemos en nuestra BD toda la información (nuestro conocimiento del “mundo”)

Tabla	Datos
TipoDeComida	{ vegetariana, china, mexicana, parrilla, ... }
Restaurantes	{ maharani, los_palitos, pimiento, ... }
Clientes	{ carolina, pablo, ... }
Ruidoso	{ pimiento, ... }
Caro	{ los_palitos, ... }
LeGusta	{ (juana, maharani), (mateo, los_palitos), ... }
Sirve	{ (maharani, vegetariana), (los_palitos, parrilla), ... }

Enfoque clásico: Lógica de Primer Orden

Tradicionalmente se utilizó lógica de primer orden como lenguaje de representación semántica:

A Juana le gusta Maharani y a Mateo le gusta Los Palitos.

le_gusta(juana, maharani) \wedge le_gusta(mateo, los_palitos)

No a todos les gusta Maharani.

$\exists x$ (cliente(x) \wedge \neg le_gusta(x, maharani))

Semántica Formal

- Semántica referencial para el lenguaje:
 - Relacionamos expresiones con “el mundo real”
 - Lógica de Primer Orden (LPO) como representación intermedia.
 - LPO se relaciona con el “mundo real” a través de interpretaciones (*Teoría de Modelos*)
 - LPO permite hacer inferencias válidas en la interpretación
-

Semántica Formal

Interpretamos nuestras expresiones lingüísticas por medio de fórmulas de la lógica:

Los Palitos sirve parrilla. → **sirve(los_palitos, parrilla)**

los_palitos – constante

parrilla – constante

sirve – símbolo de predicado de aridad 2

Semántica Formal

- Hemos traducido de un lenguaje a otro (el lenguaje de la lógica). ¿Dónde está la semántica?
 - Interpretamos la expresión lógica mediante la teoría de modelos.
 - Suponemos un dominio de interpretación, una base de conocimientos donde se interpretan nuestras constantes.
 - “*Los Palitos sirve parrilla*” será verdadera o falsa según la interpretación.
-

Semántica Composicional

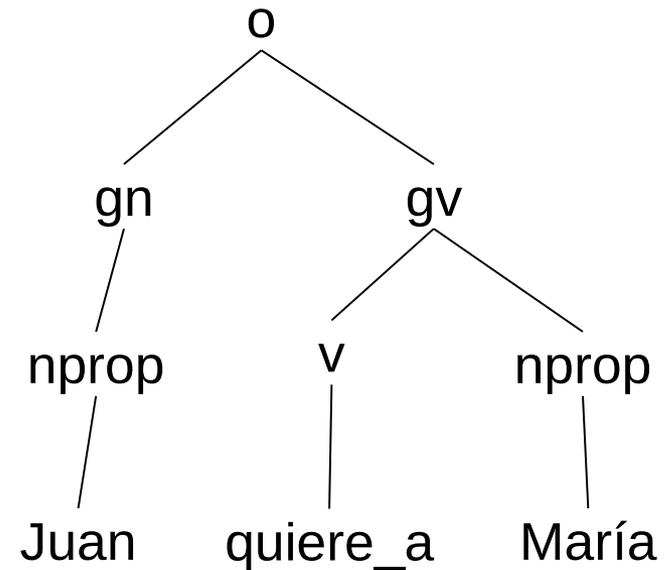
- Deseamos construir expresiones en lógica a partir de las expresiones lingüísticas.
 - Infinitas expresiones lingüísticas posibles e infinitas fórmulas lógicas posibles.
 - El problema de cómo especificamos las infinitas expresiones lingüísticas ya está resuelto: gramáticas.
 - En este enfoque, la semántica de la oración se construye en base a la semántica de las palabras (composicionalidad) y a las relaciones sintácticas entre ellas.
-

Semántica Composicional

Utilizamos una gramática (por ejemplo, libre de contexto) como base para la interpretación.

Enfoque composicional:

- A cada regla de la gramática le asociamos una componente semántica.
- La semántica de un nodo se compone en función de la semántica de sus hijos.



Semántica Composicional

Juan quiere a María

Regla en GLC	Anotación Semántica
$o \rightarrow gn\ gv$	$o.sem = gv.sem (gn.sem)$
$gn \rightarrow npropio$	$gn.sem = npropio.sem$
$gv \rightarrow v\ gn$	$gv.sem = v.sem (gn.sem)$
$npropio \rightarrow Juan$	$npropio.sem = \mathbf{juan}$
$npropio \rightarrow María$	$npropio.sem = \mathbf{maria}$
$v \rightarrow quiere_a$	$v.sem = \mathbf{quiere ?}$

$v.sem = \mathbf{quiere}$ es un predicado que toma 2 argumentos y devuelve un valor de verdad.

Utilizaremos un tipo de términos especiales, los términos lambda, para escribir las funciones.

Términos Lambda

Un modo de escribir funciones sin darles nombre.

quiere $\{ \lambda x . \lambda y . \mathbf{quiere}(y, x) \}$

- λ es un operador que liga variables.
 - Las ocurrencias de una variable ligada por un operador λ son “huecos” para información no especificada. Marcan dónde se realizarán sustituciones a medida que avance el análisis.
-

Cálculo Lambda

La operatoria con los términos lambda se rige por el lambda-cálculo (Church, 1930, 1940).

Reducción- β (aplicación funcional)

$\lambda x . P(\dots, x, \dots) (z) \rightarrow P(\dots, z, \dots)$

$gv \rightarrow v \text{ gn} - v.\text{sem}(\text{gn}.\text{sem})$

$\lambda x . \lambda y . \mathbf{quiere}(y, x) (\mathbf{maria}) \rightarrow \lambda y . \mathbf{quiere}(y, \mathbf{maria})$

$o \rightarrow \text{gn } gv - gv.\text{sem}(\text{gn}.\text{sem})$

$\lambda y . \mathbf{quiere}(y, \mathbf{maria}) (\mathbf{juan}) \rightarrow \mathbf{quiere}(\mathbf{juan}, \mathbf{maria})$

Semántica para algunos elementos

Nombres propios

Juan, Río Negro, Uruguay

Los representamos como una constante en el dominio.

Habitualmente los notamos con el mismo nombre en minúscula:

Juan → **juan**

Río Negro → **rio_negro**

Uruguay → **uruguay**

Semántica para algunos elementos

Nombres comunes

Los nombres comunes denotan conjuntos de objetos.

Nos referimos a un conjunto por su función característica.

perro $\rightarrow \lambda x . \mathbf{perro}(x)$

Semántica para algunos elementos

Verbos intransitivos

Los verbos intransitivos denotan conjuntos de objetos.

Nos referimos a un conjunto por su función característica.

corre $\rightarrow \lambda x . \mathbf{corre}(x)$

Ejercicio

Ejercicio: *Juan corre*

$o \rightarrow gn \ gv \quad \{ o.sem = gv.sem(gn.sem) \}$

$gn \rightarrow npropio \quad \{ gn.sem = npropio.sem \}$

$npropio \rightarrow juan \quad \{ npropio.sem = \mathbf{juan} \}$

$gv \rightarrow v \quad \{ gv.sem = v.sem \}$

$v \rightarrow corre \quad \{ v.sem = \lambda x . \mathbf{corre}(x) \}$

Solución:

$o.sem = gv.sem(gn.sem) = v.sem(npropio.sem) =$
 $= \lambda x . \mathbf{corre}(x) (\mathbf{juan}) = \mathbf{corre(juan)}$

Semántica para algunos elementos

Verbos transitivos

Los verbos transitivos denotan relaciones binarias, o conjuntos de pares de objetos.

Representamos un conjunto de pares por medio de una función cuyo recorrido es una función de individuos en valores de verdad.

Esto permite una semántica adecuada del grupo verbal.

quiere $\rightarrow \lambda x . \lambda y . \mathbf{quiere}(y, x)$

Ejercicio

Ejercicio: *Juan quiere a María*

$o \rightarrow gn \ gv \quad \{ o.sem = gv.sem(gn.sem) \}$

$gn \rightarrow npropio \quad \{ gn.sem = npropio.sem \}$

$npropio \rightarrow juan \quad \{ npropio.sem = \mathbf{juan} \}$

$npropio \rightarrow maria \{ npropio.sem = \mathbf{maria} \}$

$gv \rightarrow v \quad gn \quad \{ gv.sem = v.sem(gn.sem) \}$

$v \rightarrow quiere_a \quad \{ v.sem = \lambda x . \lambda y . \mathbf{quiere}(y, x) \}$

Ejercicio

Ejercicio: *Juan quiere a María*

Solución:

$$\begin{aligned}o.sem &= gv.sem(gn_{Juan}.sem) = \\&= (v.sem(gn_{Maria}.sem))(gn_{Juan}.sem) = \\&= ((\lambda x.\lambda y.\mathbf{quiere}(y, x))(npropio_{Maria}.sem))(npropio_{Juan}.sem) = \\&= ((\lambda x.\lambda y.\mathbf{quiere}(y, x))(\mathbf{maria}))(\mathbf{juan}) = \\&= (\lambda y.\mathbf{quiere}(y, \mathbf{maria}))(\mathbf{juan}) = \\&= \mathbf{quiere}(\mathbf{juan}, \mathbf{maria})\end{aligned}$$

Componentes que faltan

Determinantes: *un libro, todos los libros*

Verbos ditransitivos (*dar*), Adjetivos, Adverbios

Pronombres interrogativos: *¿Quién salta?*

Pronombres relativos: *El niño que salta.*

Grupos preposicionales: *Una casa en Montevideo.*

Coordinaciones: *María canta y baila.*

...

Ambigüedad

Diferentes fuentes de ambigüedad

- Ambigüedad sintáctica que genera ambigüedad semántica real:

Juan vio a Pedro corriendo.

- Ambigüedad sintáctica que genera representaciones semánticas equivalentes:

Un destartalado auto rojo.

- Ambigüedad semántica que no existe a nivel sintáctico:

Todos los hombres aman a una mujer.

$\exists x (\mathbf{mujer}(x) \wedge \forall y (\mathbf{hombre}(y) \rightarrow \mathbf{ama}(y, x)))$

$\forall y (\mathbf{hombre}(y) \rightarrow \exists x (\mathbf{mujer}(x) \wedge \mathbf{ama}(y, x)))$

Semántica composicional: problemas

Derivamos el significado de una oración a partir del significado de sus partes

- Análisis sintáctico previo
- Significado de tokens
- Reglas de composición de significado

Problemas de un enfoque composicional:

oso de juguete

viejo amigo

la punta del iceberg

Referencias

Speech and Language Processing (3rd Ed, Draft) Capítulo 19, Daniel Jurafsky y James Martin, 2023.

https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ed3book_jan72023.pdf

Speech and Language Processing (2nd Ed, Draft) Capítulo 20, Daniel Jurafsky y James Martin, 2009.
