

1. Introduzione alla Logica

Già visto (inferenza):

► Premesse:

1. Roberto verrà oppure Massimo verrà.
2. Se Roberto non ha trovato una baby sitter, Roberto non verrà.
3. Roberto non ha trovato una baby sitter

► Conclusione:

1. Massimo verrà.

Nuovo:

$$\underbrace{\{p \vee q, r \rightarrow \neg p, r\}}_{\text{premesse}} \Rightarrow \underbrace{q}_{\text{conclusione}}$$
$$\frac{p \vee q \quad \frac{r \rightarrow \neg p \quad r}{\neg p}}{q}$$

1.1. Logica e Linguaggio

Già visto:

- ▶ Il significato di una frase è il suo **valore di verità**. (Tarski)
- ▶ Il significato di una frase è ottenuto **composizionalmente** partendo dal significato delle parole. (Frege)
- ▶ Il significato delle parole è catturato dalla teoria degli **insiemi**

Nuovo: Possiamo definire formalmente il legame tra **Sintassi e Semantica** del Linguaggio Naturale?

1.2. Teoria degli Insiemi: Lessico

Già visto (semantica –interpretazione):

$\llbracket \text{tommaso} \rrbracket$	=	tommy;
$\llbracket \text{valerio} \rrbracket$	=	valerio;
$\llbracket \text{roberto} \rrbracket$	=	robby;
$\llbracket \text{raffaella} \rrbracket$	=	raffa;
$\llbracket \text{studente} \rrbracket$	=	{tommy, valerio};
$\llbracket \text{docente} \rrbracket$	=	{robby};
$\llbracket \text{italiano} \rrbracket$	=	{tommy, valerio, raffa, robby};
$\llbracket \text{parla} \rrbracket$	=	{raffa}.
$\llbracket \text{ascolta} \rrbracket$	=	{tommy, valerio, robby};
$\llbracket \text{conosce} \rrbracket$	=	{⟨robby, raffa⟩, ⟨raffa,robby⟩};

Qual è il significato di “Ogni studente”?

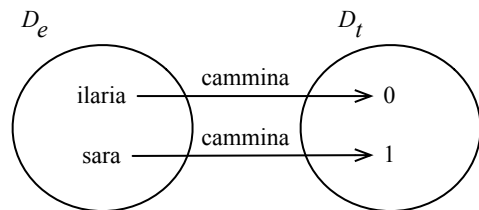
$$\begin{aligned}\llbracket \text{ogni studente} \rrbracket &= \{X \subseteq E \mid \llbracket \text{studente} \rrbracket \subseteq X\} \\ &= \{\{\text{tommy, valerio}\}, \{\text{tommy, valerio, raffa, robby}\}, \{\text{tommy, valerio, robby}\}\} \\ &= \{\llbracket \text{studente} \rrbracket, \llbracket \text{italiano} \rrbracket, \llbracket \text{ascolta} \rrbracket\}\end{aligned}$$

ie. un insieme di proprietà.

Nuovo: Tutto ciò si riflette sulla sintassi? Quali sono le categorie sintattiche del lessico?

1.3. Dagli Insiemi alle Funzioni

Già visto (semantica – dominio di interpretazione):



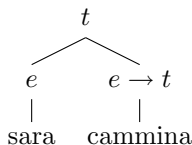
$\llbracket \text{Sara} \rrbracket = \text{sara}$

$\llbracket \text{Ilaria} \rrbracket = \text{ilaria}$

$\llbracket \text{Cammina} \rrbracket = \{x \mid \text{Cammina}(x) = 1\} = \{\text{sara}\}$

i.e. la funzione caratterizzante dell'insieme.

Le parole possono essere viste come funzioni. Come frasi incomplete, i.e. mancanti di qualcosa per dare una frase.[Frege]



Nuovo: Cosa vuol dire ciò a livello sintattico? Come sono costruite le strutture sintattiche?

2. Sintassi

- ▶ **Sintassi:** Come si compongono le parole per formare le frasi?
- ▶ **Categorie:** le parole appartengono a categorie sintattiche. Le principali categorie sono: nomi (*n*), verbi (*v*), aggettivi (*adj*), articoli (*det*) and avverbi (*adv*).
- ▶ **Costituenti:** Gruppi di categorie insieme formano un costituente. I principali costituenti sono i sintagmi nominali (*dp*), sintagma verbali (*vp*). Sintagmi nominali sono ad es. “lei”; “roberto”; “Roberto Zamparelli”; “lo studente”; “il giovane studente”.
- ▶ **Dipendenza:**

Ryanair **services** [Pescara]_{np} Ryanair **flies** [to Pescara]_{pp}
*Ryanair **services** [to Pescara]_{pp} *Ryanair **flies** [Pescara]_{np}

i verbi **services** e **flies** determinano di quale categoria devono essere i loro argomento.

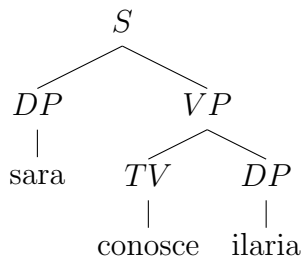
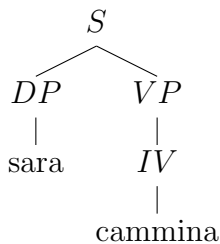
2.1. Dipendenze a Distanza

Costituenti tra loro dipendenti possono essere anche distanti l'uno dall'altro: (Dipendenza a distanza), ciò viene rappresentato dalla **traccia**

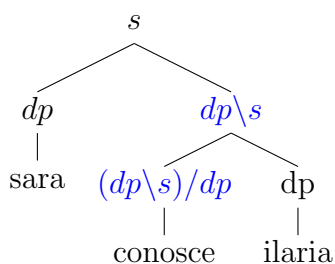
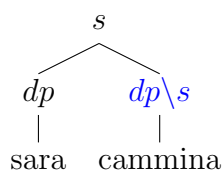
- ▶ **What cities** does Ryanair **service** [...]?
- ▶ [[the [student [**who** [...] **knows** Sara]_{rc}]_n]_{np} [left]_v]_s.
- ▶ [[the [book [**which** Sara **wrote** [...]]]_{rc}]_n]_{np} [is interesting]_v]_s.

3. Semantica-Sintassi: Categorie Sintattiche

Visto:



Nuovo:



Grammatiche Categoriali: categorie sintattiche piú complesse!

4. CG: Analisi Sintattica come Inferenza Logica

Regole di inferenza: Modus Ponens.

$$\begin{array}{c} B \\ \wedge \\ B/A \quad A \\ | \quad | \\ \beta \quad \alpha \end{array} \quad B/A, A \Rightarrow B \quad \frac{B/A \quad A}{B} (/E)$$

$$\begin{array}{c} B \\ \wedge \\ A \quad A \setminus B \\ | \quad | \\ \alpha \quad \beta \end{array} \quad A, A \setminus B \Rightarrow B \quad \frac{A \quad A \setminus B}{B} (\setminus E)$$

4.1. Esempi

Dato $\text{ATOM} = \{dp, s, n\}$, possiamo costruire il lessico:

Lessico

John, Mary	$\in dp$	the	$\in dp/n$
student	$\in n$		
walks	$\in dp \backslash s$		
sees	$\in (dp \backslash s) / dp$		

Analisi Sintattica

$$\text{John walks} \in s? \quad \rightsquigarrow \quad dp, dp \backslash s \Rightarrow s \quad \text{Si}$$
$$\frac{dp \quad dp \backslash s}{s} \quad (\backslash E)$$

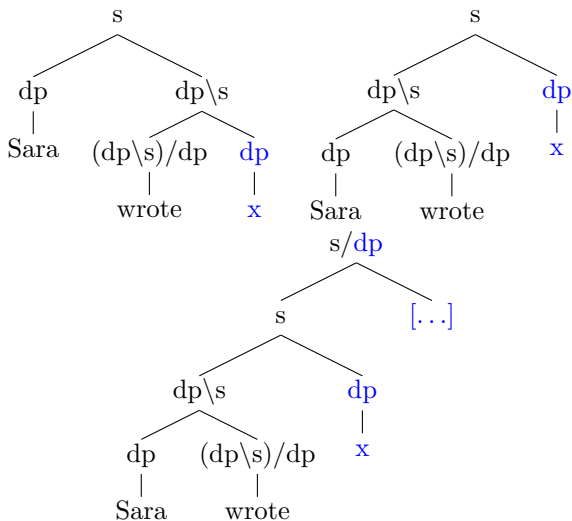
$$\text{John sees Mary} \in s? \quad \rightsquigarrow \quad dp, (dp \backslash s) / dp, dp \Rightarrow s \quad \text{Si}$$
$$\frac{dp \quad \frac{(dp \backslash s) / dp \quad dp}{dp \backslash s} \quad (/E)}{s} \quad (\backslash E)$$

4.2. Pronome Relativo: Alberi sintattici

The book which [Sara wrote [...]]_s is interesting.

dp

dp\s



4.3. Pronome Relativo: Inferenza

Ragionamento ipotetico (regole di introduzione dell'implicazione) cattura l'idea della “traccia” proposta in Linguistica.

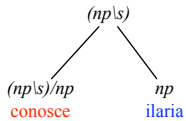
The book which [Sara wrote [...]]_s is interesting .

$\underbrace{\hspace{10em}}_{dp} \qquad \underbrace{\hspace{10em}}_{dp \setminus s}$

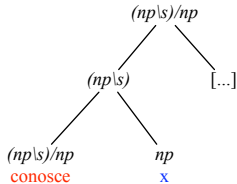
$$\begin{array}{c}
 \text{wrote } \vdash (dp \setminus s) / dp \quad [x \vdash dp]^1 \\
 \hline
 \text{Sara } \vdash dp \quad \text{wrote } x \vdash dp \setminus s \quad (\setminus E) \\
 \hline
 \text{Sara wrote } x \vdash s \quad (I)^1 \\
 \hline
 \text{which } \vdash (n \setminus n) / (s / dp) \quad \text{Sara wrote } \vdash s / dp \quad (/E) \\
 \hline
 \text{which Sara wrote } \vdash n \setminus n
 \end{array}$$

$$(n \setminus s) / (s / dp), dp, (dp \setminus s) / dp \Rightarrow n \setminus n$$

4.4. Riassunto: Regole di Inferenze



$$\frac{\Delta \vdash B/A \quad \Gamma \vdash A}{\Delta \circ \Gamma \vdash B} \quad (/E)$$



$$\frac{\Delta \circ A \vdash B}{\Delta \vdash B/A} \quad (/I)$$

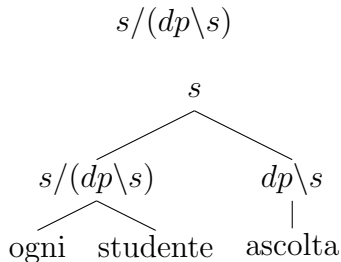
- ▶ $(/E)$ MP cattura le dipendenze locali
- ▶ $(/I)$ Ragionamento Ipotetico cattura le dipendenze a distanza.

4.5. Sintassi-Semantica: Quantificatori

$$\begin{aligned} \llbracket \text{ogni studente} \rrbracket &= \{X \subseteq E \mid \llbracket \text{student} \rrbracket \subseteq X\} \\ &= \{\llbracket \text{studente} \rrbracket, \llbracket \text{italiano} \rrbracket, \llbracket \text{ascolta} \rrbracket\} \end{aligned}$$

Il QP è interpretato come una funzione: $D_{(e \rightarrow t)} \rightarrow D_t$

Qual è la categoria sintattica corrispondente a questa interpretazione?



4.6. Sintassi-Semantica: Pronome Relativo

$$(n \setminus n) / (s / np)$$

Come si riflette ciò sulla semantica?

Il pronome relativo è una funzione che prende prima una proprietà e poi un nome?

$$\llbracket \text{book which sara wrote} \rrbracket = \llbracket \text{book} \rrbracket \cap \llbracket \text{sara wrote} \rrbracket$$

4.7. DP e i Quantificatori

Già visto: Problema: Es. “Roberto and every student left”.

- ▶ “And” coordina costituenti della stessa categoria sintattica.
- ▶ Roberto: dp
- ▶ every student: $s/(dp \setminus s)$

Soluzione proposta da Linguisti (Partee): “Type raising”

$$\begin{aligned} \llbracket \text{roberto} \rrbracket &= \text{roby}; \\ \llbracket \text{roberto} \rrbracket &= \{X \mid X(\text{roby}) = 1\} \\ &= \{\llbracket \text{italiano} \rrbracket, \llbracket \text{docente} \rrbracket, \llbracket \text{ascolta raffa} \rrbracket\} \end{aligned}$$

4.8. ‘Type Raising’ come inferenza

Portendo dall’assegnare a “Roberto” la categoria dp , le regole di inferenza **dimostrano**:

$$\frac{\text{john} \vdash dp \quad [P \vdash dp \backslash s]^1}{\text{roberto} \vdash s} (\backslash E)$$
$$\frac{\text{roberto} \vdash s}{\text{roberto} \vdash s / (dp \backslash s)} (/I)^1$$

$$dp \Rightarrow s / (dp \backslash s)$$

Per cui può essere coordinato con un QP, senza bisogno di postulare il “type raising”.

4.9. Riassunto

Premessa: Le parole possono essere interpretate come insiemi, e quindi come funzioni.

Domande:

- ▶ **Categorie Sintattiche:** Come si riflette ciò sulle categorie sintattiche?
- ▶ **Costituenti:** Come si riflette ciò sulle strutture sintattiche?

Risposte

- ▶ Usiamo categorie sintattiche più complesse, corrispondenti alla semantica.
- ▶ Usiamo Modus Ponens e Ragionamento Ipotetico.

Metodo Abbiamo usato una logica per analizzare le strutture sintattiche e catturare il legame tra sintassi e semantica del linguaggio naturale.

Qual è la logica dietro le strutture linguistiche?

4.10. Proprietà delle Strutture sintattiche

- ▶ non commutativa: $\text{mary walks} \vdash s$ ma $\text{walks mary} \not\vdash s$.
- ▶ non associativa $[\text{the}_{det} \text{ student}_n]_{dp} \text{ walks}_{vp} \vdash s$ ma $[\text{the}_{det} [\text{student}_n \text{ walks}_{vp}]? \not\vdash s$.
- ▶ importanza del numero delle occorrenze: $\text{mary walks} \vdash s$ but $\text{mary mary walks} \not\vdash s$, and $\text{mary walks} \vdash s$ but $\text{walks} \not\vdash s$.
- ▶ ...

4.11. Linguistica e Matematica

In Matematica:

$$\left(\begin{array}{c} 2 \leq \frac{9}{4} \\ \text{iff} \\ 2 \times 4 \leq 9 \\ \text{iff} \\ 4 \leq \frac{9}{2} \end{array} \right)$$

\times è commutativo.

In Linguistica:

$$\left(\begin{array}{c} dp : sara \vdash s/iv \\ \text{iff} \\ dp : sara \circ iv : cammina \vdash s \\ \text{iff} \\ cammina : iv \vdash dp \setminus s \end{array} \right)$$

\circ non è commutativo.