



Università di Bergamo  
Facoltà di Ingegneria

# Intelligenza Artificiale

Paolo Salvaneschi

A7\_1 V1.0

## Agenti basati sulla logica

Il contenuto del documento è liberamente utilizzabile dagli studenti, per studio personale e per supporto a lezioni universitarie.

Ogni altro uso è riservato, e deve essere preventivamente autorizzato dall' autore.

Sono graditi commenti o suggerimenti per il miglioramento del materiale

Nota: è utilizzato in parte il materiale didattico associato al testo di Stuart J. Russell, Peter Norvig

# INDICE

- Sintassi e semantica
- Modelli
- Implicazione logica
- Inferenza
- Corrispondenza con il mondo reale

## Sintassi e semantica

- Logica:
  - Linguaggio formale per rappresentare informazioni e trarre conseguenze dalle stesse
- Sintassi:
  - Definisce le frasi del linguaggio che sono ben formate
- Semantica:
  - In generale: il “significato” delle frasi nel mondo reale
  - Nella logica: la verità/falsità di ogni frase rispetto ad ogni possibile mondo

## Sintassi e semantica

$$x + y = 4$$

è una frase ben formata

$$x2y + =$$

non è una frase ben formata

$$x + y = 4$$

è vera in un mondo in cui

$$x = 2 \text{ e } y = 2$$

è falsa in un mondo in cui

$$x = 1 \text{ e } y = 1$$

# Modelli

- Modelli (esempi)
- “Mondi possibili”  $\rightarrow$  “modelli”
- “Mondi possibili” sono mondi reali
- “Modelli” sono astrazioni che fissano il valore di verità di frasi (mondi strutturati formalmente rispetto ai quali può essere valutata la verità)

## Sintassi e semantica

$$x + y = 4$$

è vera in un mondo in cui

$$x = 2 \text{ e } y = 2$$

è falsa in un mondo in cui

$$x = 1 \text{ e } y = 1$$

Modelli

- “m è un modello di  $\alpha$ ” significa “la frase  $\alpha$  è vera nel modello m

## Implicazione logica

- Implicazione logica (entailment)
- Una frase “segue logicamente” da un'altra

$$KB \models \alpha$$

Se e solo se in tutti i modelli in cui KB è vero  $\alpha$  è vero

“La base di conoscenza KB implica la frase  $\alpha$  “

(Se KB è vero allora  $\alpha$  deve essere vero)

(la verità di  $\alpha$  è “contenuta” nella verità di KB)

## Implicazione logica

$x + y = 4$  implica  $4 = x + y$

In tutti i modelli in cui  $x + y = 4$  è vero  
anche  $4 = x + y$  è vero

Ad esempio  $x = 2$  e  $y = 2$

$x = 1$  e  $y = 3$



Modelli

# Inferenza

- Inferenza
- La definizione di implicazione logica può essere utilizzata per derivare delle conclusioni (inferenza logica)
- Algoritmo di inferenza: Model checking (applica la definizione di implicazione logica)

$$KB \models \alpha$$

Enumerare tutti i possibili modelli di KB e verificare che per ognuno di essi  $\alpha$  sia vero

# Inferenza

- Inferenza
- Procedura che, applicata ad una base di conoscenza, deriva una frase implicata logicamente dalla base di conoscenza

$$KB \models \alpha$$

$$KB \vdash_i \alpha$$

Alfa è derivato da KB  
mediante la procedura di inferenza  $i$

# Inferenza

Tutte le conseguenze di KB

Pagliaio

$\alpha$

Ago

$KB \models \alpha$

L'ago nel pagliaio

Inferenza

Come trovarlo

Russell Norvig  
La metafora dell'ago nel pagliaio

## Inferenza

- Nota
- Possono essere utilizzate procedure di inferenza più efficienti dell'applicazione della definizione di implicazione logica (model checking)

Es. And-Elimination

$$\begin{array}{c} \textit{Premesse} \\ \hline \textit{Conclusione} \end{array} \qquad \begin{array}{c} \alpha \wedge \beta \\ \hline \alpha \\ \alpha \wedge \beta \\ \hline \beta \end{array}$$

# Inferenza

- Inferenza corretta (sound, truth-preserving)

Corretta se tutte le volte che  $KB \vdash_i \alpha$

è anche vero che  $KB \models \alpha$

Deriva solo frasi implicate logicamente

## Inferenza

- Inferenza completa

Completa se tutte le volte che  $KB \models \alpha$   
è anche vero che  $KB \vdash_i \alpha$

Può derivare ogni frase che è implicata (può decidere se una  $\alpha$  è implicata oppure no)

- Una procedura di inferenza corretta e completa risponde ad ogni domanda la cui risposta è implicata da ciò che conosce KB

## Corrispondenza con il mondo reale

- Corrispondenza con il mondo reale

se KB è vero nel mondo reale (corrisponde a fatti nel mondo reale), la frase  $\alpha$  implicata è vera nel mondo reale (corrisponde ad un nuovo fatto nel mondo reale)

