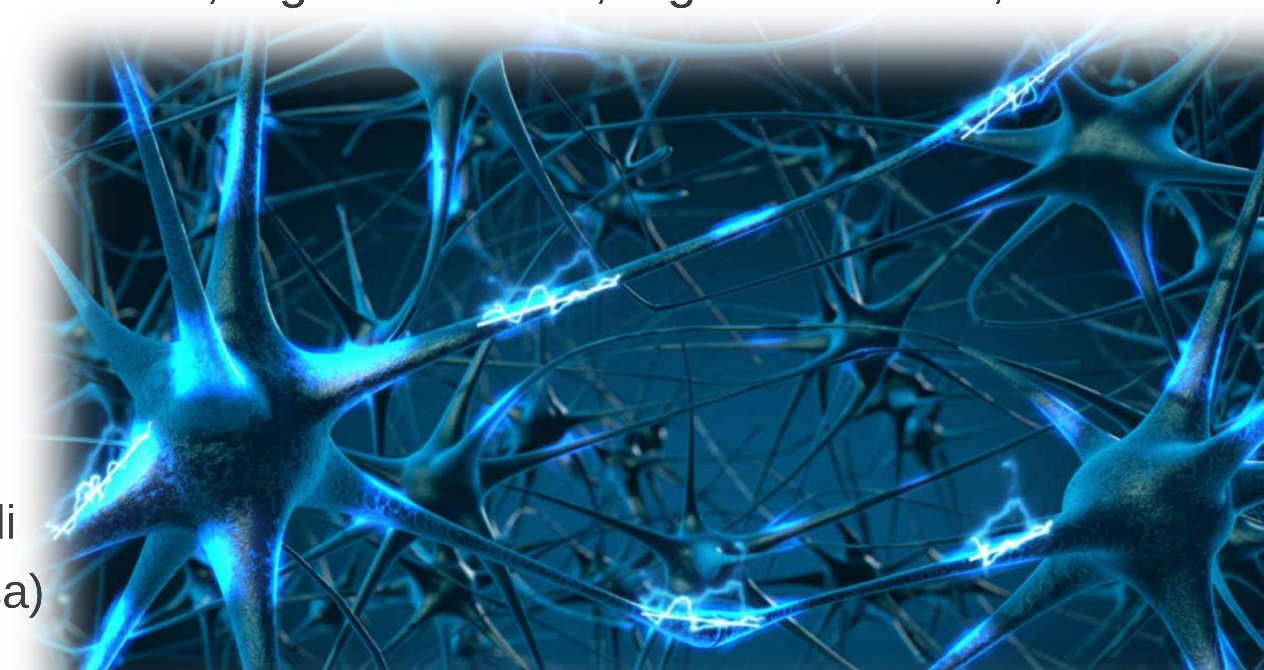
INTELLIGENZA ARTIFICIALE

ESERCITAZIONE (*)

Corsi di Laurea in Informatica, Ing. Gestionale, Ing. Informatica, Ing. di Internet
(a.a. 2024-2025)

Roberto Basili



(*) alcune *slides* sono di
Maria Simi (Univ. Pisa)

Overview

- Esercizi sulla sintassi del formule CPred
  - Albero di derivazione
- Formalizzazione della conoscenza in logica
  - Frasi in LN
  - Il mondo di Wumpus
- Conseguenza Logica
  - Dimostrazione tramite Tabelle di Verità per il CProp
  - Dimostrazione tramite Tableaux nel CPRed
  - Una ontologia

CALCOLO DELLE PROPOSIZIONI: RECAP

Sintassi

- La sintassi definisce quali sono le frasi legittime del linguaggio:

$$
\begin{aligned}
\textit{formula} &\rightarrow \textit{formulaAtomica} \mid \textit{formulaComplessa} \\
\textit{formulaAtomica} &\rightarrow \boldsymbol{True} \mid \boldsymbol{False} \mid \textit{simbolo} \\
\textit{simbolo} &\rightarrow \boldsymbol{P} \mid \boldsymbol{Q} \mid \boldsymbol{R} \mid \ldots \\
\textit{formulaComplessa} &\rightarrow \neg\ \textit{formula} \\
&\mid\ (\ \textit{formula}\ \wedge\ \textit{formula}\ ) \\
&\mid\ (\ \textit{formula}\ \vee\ \textit{formula}\ ) \\
&\mid\ (\ \textit{formula}\ \Rightarrow\ \textit{formula}\ ) \\
&\mid\ (\ \textit{formula}\ \Leftrightarrow\ \textit{formula}\ )
\end{aligned}
$$

Sintassi: esempi

$$
\begin{array}{rcl}
\textit{formula} & \rightarrow & \textit{formulaAtomica} \mid \textit{formulaComplessa} \\
\textit{formulaAtomica} & \rightarrow & \textbf{True} \mid \textbf{False} \mid \textit{simbolo} \\
\textit{simbolo} & \rightarrow & \boldsymbol{P} \mid \boldsymbol{Q} \mid \boldsymbol{R} \mid \ldots \\
\textit{formulaComplessa} & \rightarrow & \neg\ \textit{formula} \\
& \mid & (\ \textit{formula} \ \wedge \ \textit{formula}\ ) \\
& \mid & (\ \textit{formula} \ \vee \ \textit{formula}\ ) \\
& \mid & (\ \textit{formula} \ \Rightarrow \ \textit{formula}\ ) \\
& \mid & (\ \textit{formula} \ \Leftrightarrow \ \textit{formula}\ )
\end{array}
$$

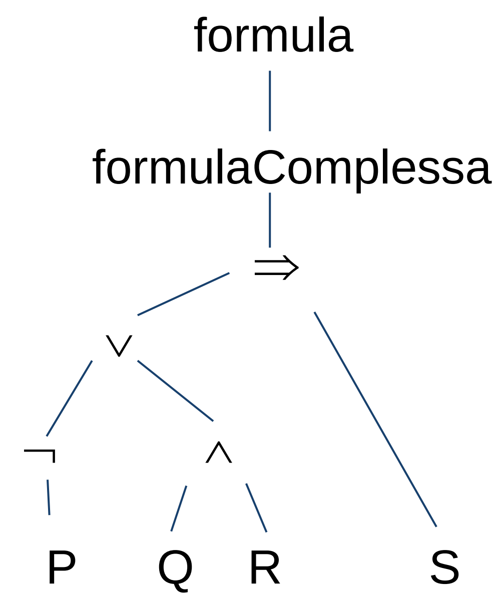
- A, $A \Rightarrow B$, $((A \wedge B) \Rightarrow C)$
- Possiamo omettere le parentesi assumendo questa precedenza tra gli operatori:

$$\neg \ > \ \wedge \ > \ \vee \ > \ \Rightarrow, \Leftrightarrow$$

- $\neg P \vee Q \wedge R \Rightarrow S$

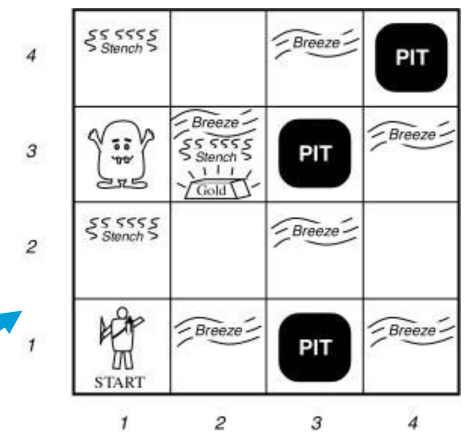
  è la stessa formula di

  $(((\neg P) \vee (Q \wedge R)) \Rightarrow S)$

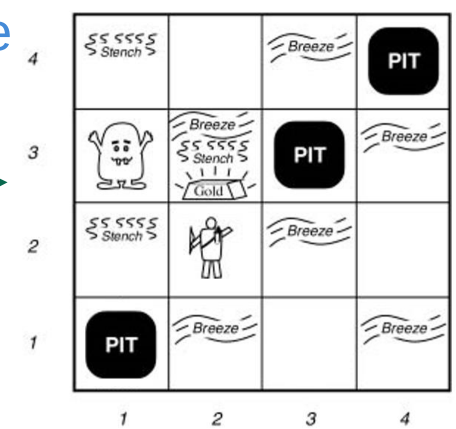


Semantica e mondi possibili (modelli)

- La semantica ha a che fare col significato delle frasi: definisce se un enunciato è vero o falso rispetto ad una *interpretazione* (in un mondo possibile)
- Una interpretazione definisce un valore di verità per tutti i simboli proposizionali.
- Esempio:
  - $\{P_{3,1}$ *vero*, $P_{1,2}$ *falso*, $W_{1,3}$ *vero*$\}$
  - $P_{3,1} \Rightarrow W_{1,3} \vee P_{1,2}$ è vera in questa interpretazione



  - $\{P_{3,1}$ *falso*, $P_{1,1}$ *vero*, $W_{1,3}$ *vero*$\}$



- Un *modello* è una interpretazione *che rende vera* una formula o un insieme di formule

Semantica composizionale

- Il significato di una frase è determinato dal significato dei suoi componenti, a partire dalle frasi atomiche (i simboli proposizionali)

  - *True* sempre vero; *False* sempre falso
  - $P \wedge Q$, vero se P e Q sono veri
  - $P \vee Q$, vero se P oppure Q, o entrambi, sono veri
  - $\neg P$, vero se P è falso
  - $P \Rightarrow Q$, vero se P è falso oppure Q è vero
  - $P \Leftrightarrow Q$, vero se entrambi veri o entrambi falsi

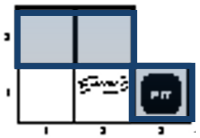
Conseguenza logica

- Una formula A è *conseguenza logica* di un insieme di formule KB se e solo se in ogni modello di KB, anche A è vera (KB $\models$ A)

- Indicando con $M(\alpha)$ l'insieme delle interpretazioni che rendono α vera, cioè i modelli di α, e con M(KB) i modelli di un insieme di formule KB …

$$\text{KB} \models \alpha \quad \text{sse} \quad M(\text{KB}) \subseteq M(\alpha)$$

Esempio dal mondo del Wumpus

- KB = $\{B_{2,1}, \neg B_{1,1}$, + *regole del WW*$\}$  

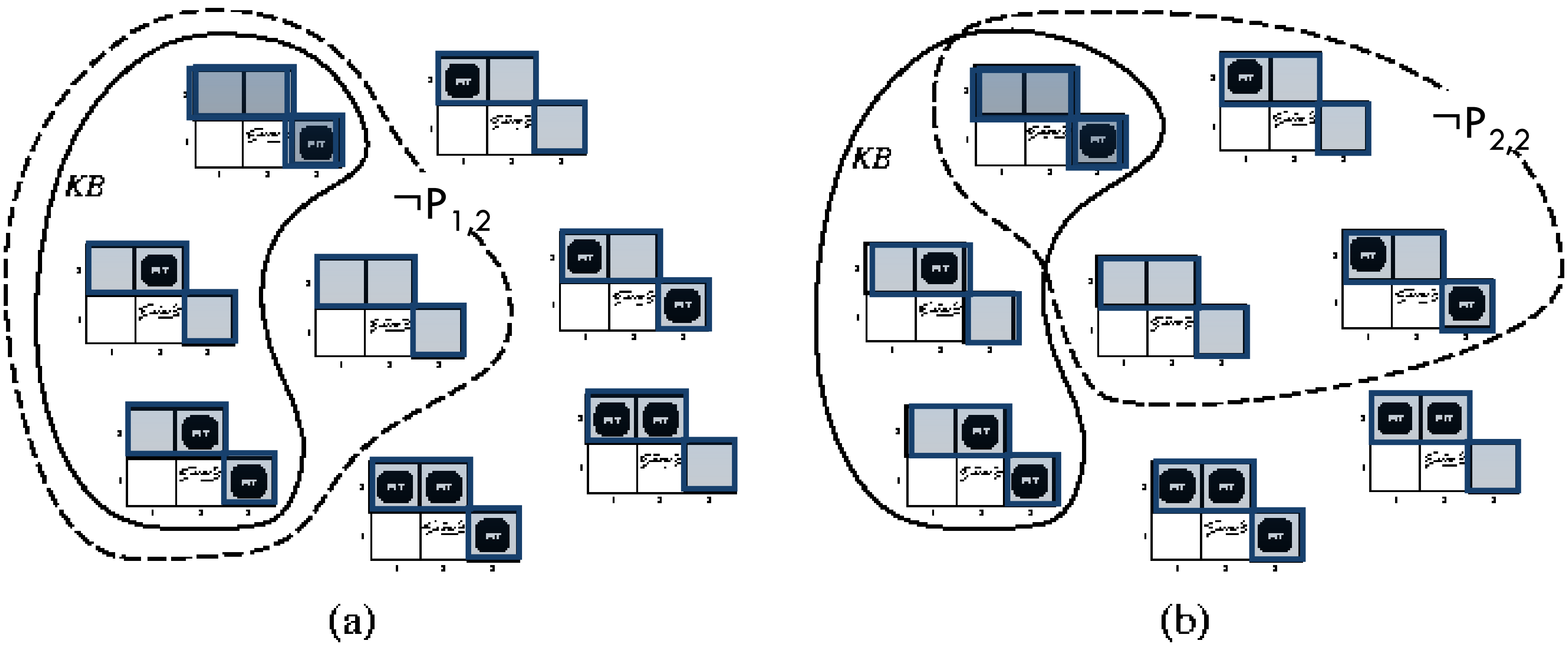
Vogliamo stabilire l'assenza di pozzi in [1,2] e in [2,2] KB $\models \neg P_{1,2}$?

KB $\models \neg P_{2,2}$?

- Ci sono otto possibili interpretazioni o mondi considerando solo l'esistenza di pozzi nelle 3 caselle

$P_{1,2}$, $P_{2,2}$ e $P_{3,1}$

Conseguenza logica e mondi possibili



KB = {$B_{2,1}$, $\neg B_{1,1}$+ *regole del WW*}

KB $\models \neg P_{1,2}$ poichè $M(KB) \subseteq M(\neg P_{1,2})$

KB $\not\models \neg P_{2,2}$ poichè $M(KB) \not\subset M(P_{2,2})$

CALCOLO DEI PREDICATI

Obbiettivo: modellare il mondo (es. blocchi)

Ci interessanno i blocchi e alcune loro relazioni spaziali

Dominio: {a, b, c, d, e} ← *blocchi veri!* $\boxed{X}$

Le funzioni: si individuano le funzioni rilevanti che servono anch'esse per identificare oggetti.

Es. *Hat* la funzione unaria che dato un blocco identifica il blocco che ci sta sopra; *Hat*(b)=a

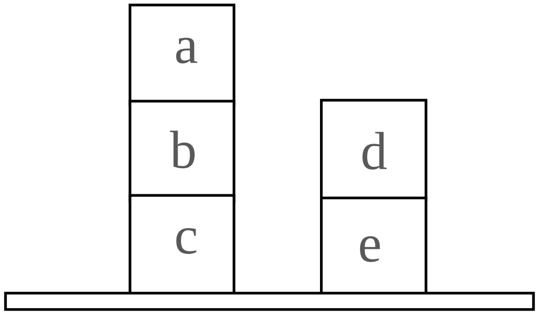
Le relazioni: si individuano le relazioni interessanti. Es.

On= {<a, b>, <b, c>, <d, e>}

Clear= {a, d}

Table= {c, e}

Block= {a, b, c, d, e}



Concettualizzazione

<D,F,P>

<{a, b, c, d, e}, {*Hat*}, {*On*, *Clear*, *Table*, *Block*}>

- Le concettualizzazioni possibili sono infinite: un aspetto importante è il livello di astrazione *giusto* per gli scopi della rappresentazione.

  Es. se fosse rilevante il colore o la grandezza dei blocchi dovremmo introdurre predicati anche per questi aspetti

La logica dei predicati del prim'ordine (FOL)

- Il linguaggio: vocabolario
  - *Connettivo* $\rightarrow \wedge \mid \vee \mid \neg \mid \Rightarrow \mid \Leftrightarrow \mid \Leftarrow$
  - *Quantificatore* $\rightarrow \forall \mid \exists$
  - *Variabile* $\rightarrow$ x | y | … a | s … (lettere minuscole)
  - *Costante* $\rightarrow$ Es. A | B | … Mario | Pippo | 2 …
  - *Funzione* $\rightarrow$ Es. *Hat* | *Padre-di* | + | - | …

    (con *arità* $\geq$ 1) 1 1 2 2
  - *Predicato* $\rightarrow$ Es. *On* | *Clear* | $\geq$ | $<$ …

    (con *arità* $\geq$ 0) 2 1 2 2

Il linguaggio: i termini

- La sintassi dei termini:

  Termine $\rightarrow$ *Costante* | *Variabile* | *Funzione* (*Termine,* …)

  (un numero di termini pari alla arità della funzione)

- Esempi di termini ben formati:

f(x, y)	+(2, 3)
Padre-di(Giovanni)	x, A, B, 2
Prezzo(Banane)	*Hat*(A)

Il linguaggio: le formule

La sintassi delle formule:

$$\begin{aligned}
\textit{Formula-atomica} \rightarrow\ & \textit{True} \mid \textit{False} \mid \\
& \textit{Termine} = \textit{Termine} \mid \\
& \textit{Predicato}\ (\textit{Termine}, \ldots)
\end{aligned}$$

(un numero di termini pari alla arità del predicato)

$$\begin{aligned}
\textit{Formula} \rightarrow\ & \textit{Formula-atomica} \mid \\
& \textit{Formula Connettivo Formula} \mid \\
& \textit{Quantificatore Variabile Formula} \mid \\
& \neg\ \textit{Formula} \mid (\textit{Formula})
\end{aligned}$$

Il linguaggio: formule ben formate

Esempi di formule atomiche:

Ama(Giorgio, Lucia)

On(A, B)

Madre-di(Luigi) = Silvana

Amico(*Padre-di*(Giorgio), *Padre-di*(Elena))

+(2, 3) = 5

x = 5

Esempi di formule complesse:

On(A, B) $\wedge$ *On*(B, C) (*congiunzione*)

Studia(Paolo) $\Rightarrow$ *Promosso*(Paolo) (*implicazione materiale*)

Il linguaggio: quantificatori

- Quantificatore universale
  - $\forall x\ \mathit{Ama}(x, \text{Gelato})$
- Quantificatore esistenziale
  - $\exists x\ \mathit{Mela}(x) \wedge \mathit{Rossa}(x)$

- Nota: l'ordine dei quantificatori è importante:
  - $\forall x\ (\exists y\ \mathit{Ama}(x, y))$ *Tutti amano qualcuno*
  - $\exists y\ (\forall x\ \mathit{Ama}(x, y))$ *Esiste qualcuno amato da tutti*
- Ambito dei quantificatori:

ambito di y *ambito di x*

$\forall x\ (\exists y\ \mathit{Ama}(x, y))$ $\forall x\ (\exists y\ \mathit{Ama}(x, y))$

Il linguaggio: precedenza tra gli operatori

Precedenza tra gli operatori logici:

$= \; > \; \neg \; > \; \wedge \; > \; \vee \; > \; \Rightarrow, \Leftrightarrow \; > \; \forall, \exists$

Es. $\forall x \; Persona(x) \Rightarrow Sesso(x)=M \vee \mathrm{Sesso}(x)=F$

è da interpretare come …

$\forall x \; Persona(x) \Rightarrow (Sesso(x)=M) \vee (Sesso(x)=F)$

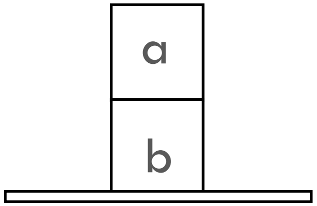
$\forall x \; Persona(x) \Rightarrow ((Sesso(x)=M) \vee (Sesso(x)=F))$

$\forall x (Persona(x) \Rightarrow ((Sesso(x)=M) \vee (Sesso(x)=F)))$

Interpretazione

- Una interpretazione **I** stabilisce una corrispondenza precisa tra elementi atomici del linguaggio ed elementi della concettualizzazione.
- **I** interpreta:
  - i simboli di costante come elementi del dominio *D*
  - i simboli di funzione come funzioni da *n*-uple di *D* in *D*, ad es. $f{:}D^n \rightarrow D$
  - i simboli di predicato come insiemi di *n*-uple, ad es. $P \subseteq D^n$

Semantica: un esempio



On(A, B)

Clear(A)

Table(B)

Due interpretazioni possibili:

… quella intesa **I**

$\mathbf{I}_c(A)=a$

$\mathbf{I}_c(B)=b$

$\mathbf{I}_P(\mathit{On/2})=\{<a, b>\}$ s.i. D^2

$\mathbf{I}\ (\mathit{Clear})=\{a\}$

$\mathbf{I}(\mathit{Table})=\{b\}$

… un'altra possibile **I'**

$\mathbf{I'}_c(A)=a$

$\mathbf{I'}_c(B)=b$

$\mathbf{I'}_P(\mathit{On})=\{<b, a>\}$

$\mathbf{I'}_P(\mathit{Clear})=\{b\}$

$\mathbf{I'}_P(\mathit{Table})=\{a\}$

ON(B, A) è vera? In I o in I'?

ESERCIZI PROPOSTI

Sintassi nel Cprop

$$
\begin{array}{rcl}
\mathit{formula} & \rightarrow & \mathit{formulaAtomica} \mid \mathit{formulaComplessa} \\
\mathit{formulaAtomica} & \rightarrow & \mathbf{True} \mid \mathbf{False} \mid \mathit{simbolo} \\
\mathit{simbolo} & \rightarrow & \boldsymbol{P} \mid \boldsymbol{Q} \mid \boldsymbol{R} \mid \ldots \\
\mathit{formulaComplessa} & \rightarrow & \neg\ \mathit{formula} \\
 & \mid & (\ \mathit{formula}\ \wedge\ \mathit{formula}\ ) \\
 & \mid & (\ \mathit{formula}\ \vee\ \mathit{formula}\ ) \\
 & \mid & (\ \mathit{formula}\ \Rightarrow\ \mathit{formula}\ ) \\
 & \mid & (\ \mathit{formula}\ \Leftrightarrow\ \mathit{formula}\ )
\end{array}
$$

- Determinare l’albero di derivazione delle seguenti formule per il CProp
  - $(P \Rightarrow Q) \vee \neg P$
  - $(P \Rightarrow (Q \Rightarrow R)) \Rightarrow ((P \Rightarrow Q) \Rightarrow (P \Rightarrow R))$
  - $(P \Rightarrow Q) \Leftrightarrow (\neg P \vee Q)$
  - $(P \wedge Q) \Leftrightarrow \neg((Q \wedge A) \Rightarrow B) \wedge ((P \wedge A) \Rightarrow B)$

Sintassi nel Cpred

Formula-atomica $\rightarrow$ *True* | *False* |
Termine = *Termine* |
Predicato (*Termine*, …)
(un numero di termini pari alla arità del predicato)

Formula $\rightarrow$ *Formula-atomica* |
Formula Connettivo Formula |
Quantificatore Variabile Formula |
$\neg$ *Formula* | (*Formula*)

- Determinare l'albero di derivazione delle seguenti formule per il CPred
  - $\exists y\ (\forall x\ Q(x,y)) \Rightarrow \forall x\ \exists y\ (Q(x,y))$
  - $\neg\exists x\ (P(X) \wedge \forall y\ Q(x,y)) \wedge\ \neg\exists x\ (P(x) \wedge\ R(x))$

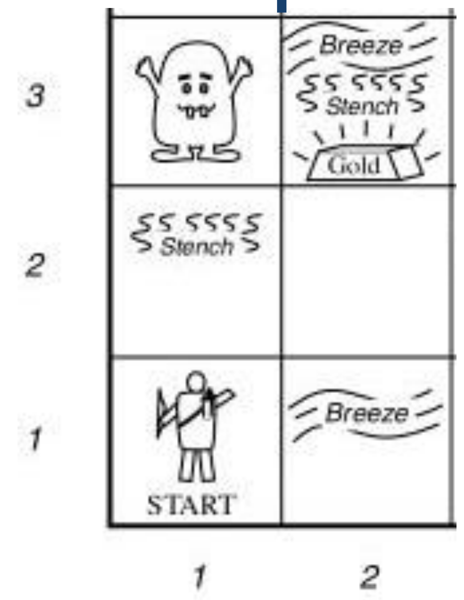
Formalizzazione in Logica: LN

- Scrivere le versioni in CProp ed in CPred delle seguenti frasi:
  - Mario mangia la pizza
  - I libri di scuola sono tutti con copertina rigida
  - Il libro di Mario è un libro di scuola
  - I libri di storia sono molto costosi
  - Mario mangia la pizza se Maria la serve in tavola

Formalizzazione in Logica: LN

- *Mario mangia la pizza*
  - Cprop: p, CPred: $\forall x$ Pizza(x) $\wedge$ Mangia(m,x)
- *I libri di scuola sono tutti con copertina rigida*
  - CProp: none,
  - Cpred: $\forall x$ Libro(x) $\wedge$ Materia(x, scuola) $\Rightarrow$ Copertina(x,rigida)
- *Il libro di Mario è un libro di scuola*
  - Cprop: none
  - Cpred: $\exists x$ Libro(x) $\wedge$ Possiede(m,x) $\wedge$ Materia(x,scuola)
- *I libri di storia sono molto costosi*
- *Mario mangia la pizza se Maria la serve in tavola*
  - CProp: none,
  - Cpred: $\forall x$ Pizza(x) $\wedge$ Serve(Ma, x) $\Rightarrow$ Mangia(M, x)

Formalizzazione in Logica: Wumpus



- Dato il mondo descritto qui a destra, usare la sintassi Cprop per
  - Determinare le formule che dichiarano l'esistenza di tutte le entità del mondo
  - Determinare le formule che stabiliscono le proprietà utili delle entità del mondo
  - Determinare lo stato del mondo in formule
- Determinare la corrispondente versione in CPred

CONSEGUENZA LOGICA

Interpretazione ed implicazione

Roberto dice ***«Vengo a prenderti al supermercato, se piove".***

In quali di questi casi, che corrispondono a interpretazioni delle proposizioni elementari, Roberto ha detto una bugia?

- (a) *Piove, e Roberto va al supermercato*
- (b) *Piove, e Roberto non va al supermercato*
- (c) *Non piove, e Roberto va lo stesso al supermercato*
- (d) *Non piove, e Roberto non va al supermercato*

P	Q	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$P \rightarrow Q$
F	F	F	F	V
F	V	F	V	V
V	F	F	V	F
V	V	V	V	V

Inferenza per la Conseguenza Logica

- Dimostrare (o confutare) tramite Tabelle di Verità per il CProp le seguenti formule
  a) $\{P, P \Rightarrow (P \Rightarrow Q)\} \models Q$
  b) $\{P \wedge Q, (Q \wedge A) \Rightarrow B, (P \wedge A) \Rightarrow B\} \models B$
  c) $\{\neg P \vee Q, Q, \neg Q \vee \neg P\} \models \neg P$
  d) $\{\ \} \models ((P \Rightarrow Q) \Rightarrow P) \Rightarrow P$

- Come si definisce una formula come quella in d)?

Forma normale congiuntiva (CNF)

- Trasformare in CNF la formula seguente

$$\neg(\neg(P \lor \neg Q) \Rightarrow \neg(Q \lor (R \land (S \Rightarrow P))))$$

Equivalenze logiche

Two sentences are logically equivalent iff true in same models:

$\alpha \equiv \beta$ if and only if $\alpha \models \beta$ and $\beta \models \alpha$

$$
\begin{array}{rcll}
(\alpha \wedge \beta) & \equiv & (\beta \wedge \alpha) & \text{commutativity of } \wedge \\
(\alpha \vee \beta) & \equiv & (\beta \vee \alpha) & \text{commutativity of } \vee \\
((\alpha \wedge \beta) \wedge \gamma) & \equiv & (\alpha \wedge (\beta \wedge \gamma)) & \text{associativity of } \wedge \\
((\alpha \vee \beta) \vee \gamma) & \equiv & (\alpha \vee (\beta \vee \gamma)) & \text{associativity of } \vee \\
\neg(\neg\alpha) & \equiv & \alpha & \text{double-negation elimination} \\
(\alpha \Rightarrow \beta) & \equiv & (\neg\beta \Rightarrow \neg\alpha) & \text{contraposition} \\
(\alpha \Rightarrow \beta) & \equiv & (\neg\alpha \vee \beta) & \text{implication elimination} \\
(\alpha \Leftrightarrow \beta) & \equiv & ((\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)) & \text{biconditional elimination} \\
\neg(\alpha \wedge \beta) & \equiv & (\neg\alpha \vee \neg\beta) & \text{De Morgan} \\
\neg(\alpha \vee \beta) & \equiv & (\neg\alpha \wedge \neg\beta) & \text{De Morgan} \\
(\alpha \wedge (\beta \vee \gamma)) & \equiv & ((\alpha \wedge \beta) \vee (\alpha \wedge \gamma)) & \text{distributivity of } \wedge \text{ over } \vee \\
(\alpha \vee (\beta \wedge \gamma)) & \equiv & ((\alpha \vee \beta) \wedge (\alpha \vee \gamma)) & \text{distributivity of } \vee \text{ over } \wedge
\end{array}
$$

CNF: risposta

$\neg(\neg(P \vee \neg Q) \Rightarrow \neg(Q \vee (R \wedge (S \Rightarrow P))))$

$\Rightarrow \neg(\neg\neg(P \vee \neg Q) \vee \neg(Q \vee (R \wedge (\neg S \vee P))))$

$\Rightarrow \neg(P \vee \neg Q) \wedge \neg\neg(Q \vee (R \wedge (\neg S \vee P)))$

$\Rightarrow \neg(P \vee \neg Q) \wedge (Q \vee (R \wedge (\neg S \vee P)))$

$\Rightarrow (\neg P \wedge \neg\neg Q) \wedge (Q \vee (R \wedge (\neg S \vee P)))$

$\Rightarrow (\neg P \wedge Q) \wedge (Q \vee (R \wedge (\neg S \vee P)))$

$\Rightarrow (\neg P \wedge Q) \wedge ((Q \vee R) \wedge (Q \vee (\neg S \vee P)))$

$\Rightarrow \neg P \wedge Q \wedge (Q \vee R) \wedge (Q \vee \neg S \vee P)$

Inferenza per la Conseguenza Logica

- Dato un dominio D={a,b}, e la semantica dei due predicati
  - I(P/1) = {a,b}
  - I(Q/2)={<a,b>, <b,a>}
- Dimostrare che è **falsa** la formula:

$$\exists x \; (P(x) \land \forall y \; Q(x,y))$$

Inferenza per la Conseguenza Logica

- Dimostrare tramite la risoluzione che
- che la formula: $\neg\exists x\ (\ P(x) \wedge R(x)\ )$
- È conseguenza logica di una base di conoscenza che contiene le formule
  - $\neg\ \exists x(\ P(x) \wedge \forall y\ Q(x,y)\ )$
  - $\neg\ \exists x(\ R(x) \wedge \exists y\ \neg Q(x,y)\ )$

Inferenza per la Conseguenza Logica

- Dimostrazione (o confutare) (tramite Tableaux o mediante la risoluzione) nel CPred le seguenti formule sono valide:
  - $\exists y\ (\forall x\ Q(x,y)) \Rightarrow \forall x\ \exists y\ (Q(x,y))$
  - $\forall x\ \exists y\ (Q(x,y)) \Rightarrow \exists y\ (\forall x\ Q(x,y))$

Mediante i Tableaux …

- $\exists y\ (\forall x\ Q(x,y)) \Rightarrow \forall x\ \exists y\ (Q(x,y))$

- Formule e connettivi

$$\frac{\alpha}{\begin{array}{c}\alpha_1\\ \alpha_2\end{array}}$$

$$\begin{array}{ccc} & \beta & \\ \swarrow & & \searrow \\ \beta_1 & & \beta_2 \end{array}$$

α	α_1	α_2
$X \wedge Y$	X	Y
$\neg(X \vee Y)$	$\neg X$	$\neg Y$
$\neg(X \to Y)$	X	$\neg Y$

β	β_1	β_2
$X \vee Y$	X	Y
$\neg(X \wedge Y)$	$\neg X$	$\neg Y$
$X \to Y$	$\neg X$	Y

- Quantificatori

Universali	Esistenziali
$\dfrac{\gamma}{\gamma(a)}$	$\dfrac{\delta}{\delta(a)}$
dove a è un parametro qualunque	dove a è un parametro mai usato prima

Come nel caso della logica proposizionale, diciamo che un ramo di un *tableau* è chiuso se sul ramo c'è sia una formula che la sua negata. Diciamo che un *tableau* è chiuso se tutti i suoi rami sono chiusi e diciamo che una formula $\mathcal{F}$ è dimostrabile col metodo dei *tableaux* se partendo da $\neg\mathcal{F}$ e applicando le regole per le α, β, γ e δ formule riusciamo a ottenere un *tableau* chiuso.

…mediante i Tableaux …

$$\frac{\alpha}{\begin{array}{c}\alpha_1\\ \alpha_2\end{array}} \qquad\qquad \begin{array}{c}\beta\\ \swarrow \quad \searrow\\ \beta_1 \qquad \beta_2\end{array}$$

UNIVERSALI	ESISTENZIALI
$\frac{\gamma}{\gamma(a)}$	$\frac{\delta}{\delta(a)}$
dove a è un parametro qualunque	dove a è un parametro mai usato prima

- $\exists y\,(\forall x\, Q(x,y)) \Rightarrow \forall x\, \exists y\,(Q(x,y))$
- Neghiamo la formula:
  - $\neg(\exists y\,(\forall x\, Q(x,y)) \Rightarrow \forall x\, \exists y\,(\neg Q(x,y)))$ ottenendo
  - $\exists y\,(\forall x\, Q(x,y)) \wedge \exists x\,(\forall y\, \neg Q(x,y))$ che è della forma

$X1 \wedge X2$ — da cui con una α-formula

$X1$: $\exists y\,(\forall x\, Q(x,y))$ — e

$X2$: $\exists x\,(\forall y\, \neg Q(x,y))$ — da cui con due δ-formule

$\forall x\, Q(x,a)$

$\forall y\, \neg Q(b,y)$ — da cui con due γ-formule

$Q(b,a)$

$\neg Q(b,a)$ — per la arbitrarietà nella scelta di x

- cioè la inconsistenza del ramo del tableaux, e quindi della formula negata che dimostra quindi:

$$\{\} \models \exists y\,(\forall x\, Q(x,y)) \Rightarrow \forall x\, \exists y\,(Q(x,y))$$