Advanced School in Artificial Intelligence

Programmazione Logica e Prolog

Marco Alberti

marco.alberti@unife.it

Progetto di alta formazione in ambito tecnologico economico e culturale per una regione della conoscenza europea e attrattiva approvato e cofinanziato dalla Regione Emilia-Romagna con deliberazione di Giunta regionale n. 1625/2021

Regione Emilia-Romagna

FERRARIAE UNIVERSITAS · 13 91 · EX LABORE FRUCTUS

Università degli Studi di Ferrara

Clausole definite

- Clausola definita: disgiunzione di letterali, di cui esattamente uno positivo, con variabili implicitamente quantificate universalmente

Esempio: not King(x) \/ not Greedy(x) \/ Evil(x)

- Per la definizione di implicazione e le leggi di De Morgan, si può riscrivere come

$\forall x$ (King(x) /\ Greedy(x) -> Evil(x))

- che ha una lettura più naturale come regola. Ricordate Mycin?
- I disgiunti negativi diventano antecedenti, quello positivo conseguente.
- Le clausole senza disgiunti negativi sono dette fatti.

Progetto di alta formazione in ambito tecnologico economico e culturale per una regione della conoscenza europea e attrattiva approvato e cofinanziato dalla Regione Emilia-Romagna con deliberazione di Giunta regionale n. 1625/2021

Forward chaining di clausole

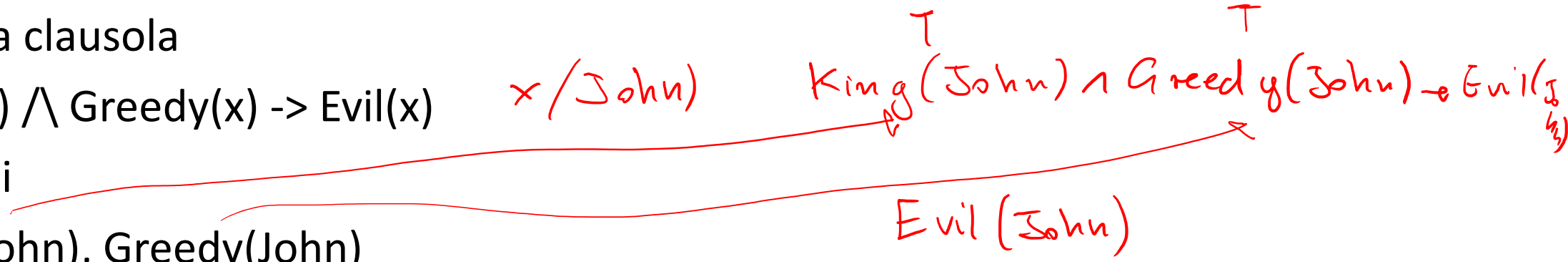
Dato un insieme di clausole, si possono inferire nuove clausole tramite forward chaining

Data la clausola

King(x) /\ Greedy(x) -> Evil(x)

e i fatti

King(John), Greedy(John)



con la sostituzione x/John (unificazione) nella clausola il suo antecedente è soddisfatto dai fatti, e si può ricavare il nuovo fatto

Evil(John)

Progetto di alta formazione in ambito tecnologico economico e culturale per una regione della conoscenza europea e attrattiva approvato e cofinanziato dalla Regione Emilia-Romagna con deliberazione di Giunta regionale n. 1625/2021

Unificazione

- Date due formule logiche l'unificazione determina, se esiste, una sostituzione delle variabili nelle formule che le rende uguali.
- La sostituzione di una variabile x con un termine t si indica con x/t

king(x) King(John)
x / John

Esempi:

- Unify(King(x),King(John)) = x/John
- Unify(King(Father(y)),King(Father(Mary))) = y/Mary
- Unify(Princess(Child(John,x)),Princess(Child(y,Jane))) = x/Jane,y/John

Progetto di alta formazione in ambito tecnologico economico e culturale per una regione della conoscenza europea e attrattiva approvato e cofinanziato dalla Regione Emilia-Romagna con deliberazione di Giunta regionale n. 1625/2021

Prolog

PROGRAMMAZIONE LOGICA

$p(x) \vee \neg q(3)$
$q(3) \rightarrow p(x)$

Linguaggio di programmazione basato su logica a clausole, ma

- sintassi con convenzioni opposte!
  - simboli di predicato e funzione minuscoli, variabili maiuscole
  - le clausole si scrivono al contrario e il simbolo di implicazione è :-

$p(X)$

$p(X) :- q(3).$

- l'inferenza avviene tramite backward chaining dalla query (goal) ai fatti, costruendo via via delle formule logiche (risolventi) e restituendo

RISOLUZIONE SLD

  - successo quando il risolvente diventa vuoto, restituendo le sostituzioni effettuate (valori delle variabili)
  - insuccesso quando non ci sono clausole applicabili al risolvente

Progetto di alta formazione in ambito tecnologico economico e culturale per una regione della conoscenza europea e attrattiva approvato e cofinanziato dalla Regione Emilia-Romagna con deliberazione di Giunta regionale n. 1625/2021

Esempio Prolog

Programma:

1. evil(X) :- king(X), greedy(X).
2. king(john).
3. greedy(john).

Query: evil(Y). Inferenza:

da query e 1., king(X), greedy(X) con Y/X (4.)

da 2. e 4. greedy(X) con X/john e Y/X (5.)

da 3. e 5. true con X/john e Y/X

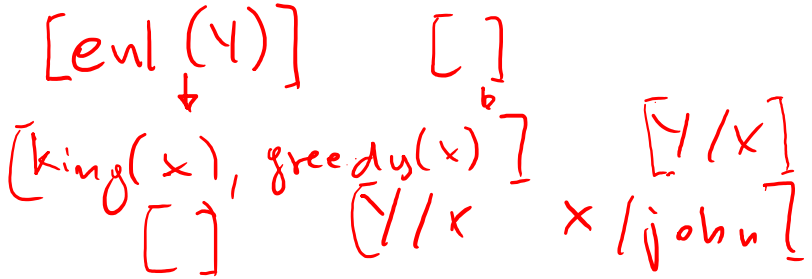
Quindi il sistema risponde True mostrando la sostituzione Y/john

[evil(Y)]
Y/X
[king(x), greedy(x)]
x/john
[greedy(john)]
[]
successo
True Y/John
Swi-Prolog

Progetto di alta formazione in ambito tecnologico economico e culturale per una regione della conoscenza europea e attrattiva approvato e cofinanziato dalla Regione Emilia-Romagna con deliberazione di Giunta regionale n. 1625/2021

Prolog e ricerca

- La risposta a una query da parte di Prolog si può vedere come un problema di ricerca nello spazio degli stati in cui
  - lo stato è dato da risolvente e unificatori
  - lo stato iniziale ha come risolvente la query
  - lo stato finale ha risolvente vuoto
  - un'azione applicabile è la sostituzione di un atomo del risolvente con il body di una clausola che ha quell'atomo come head, con aggiunta dell'unificatore



Progetto di alta formazione in ambito tecnologico economico e culturale per una regione della conoscenza europea e attrattiva approvato e cofinanziato dalla Regione Emilia-Romagna con deliberazione di Giunta regionale n. 1625/2021

Prolog: dimostratore di teoremi?

evil(x) :- ... ...
evil(x) :- ....

- Prolog applica una strategia depth first, cioè applica sempre la prima clausola applicabile (e perciò è incompleto come dimostratore di teoremi: può non essere in grado di rispondere positivamente a una query che è conseguenza logica del programma)
- E' anche non corretto (per come gestisce l'unificazione)

Progetto di alta formazione in ambito tecnologico economico e culturale per una regione della conoscenza europea e attrattiva approvato e cofinanziato dalla Regione Emilia-Romagna con deliberazione di Giunta regionale n. 1625/2021

Prolog: linguaggio di programmazione

- Tuttavia è un linguaggio di programmazione che può esprimere in modo dichiarativo e conciso problemi e algoritmi dell'intelligenza artificiale simbolica
  - ricerca incorporata (si può facilmente cambiare l'algoritmo di ricerca da depth first tramite metainterpreti)
  - l'unificazione è meccanismo potentissimo di pattern matching bidirezionale
- E' stato usato nell'implementazione di numerosi sistemi basati sulla conoscenza
- Estensioni:
  - Basati su altre regole di inferenza (abduzione, induzione)
  - Integrazione con vincoli (modulo B) (programmazione logica a vincoli)
  - Gestione di incertezza tramite probabilità (programmazione logica probabilistica)

Progetto di alta formazione in ambito tecnologico economico e culturale per una regione della conoscenza europea e attrattiva approvato e cofinanziato dalla Regione Emilia-Romagna con deliberazione di Giunta regionale n. 1625/2021