Rappresentazione della Conoscenza

Lezione 7

Sommario

Da BCMNP, cap 1 e 2

1. Reti semantiche e frames (RN 10.6)
2. Logiche Descrittive: Linguaggi per la descrizione di concetti
3. Corrispondenza con sistemi a frame
4. Basi di conoscenza ABOX/TBOX
5. Regole procedurali
6. Deduzione

Reti semantiche

RETI

- associative (modello psicologico: più ad alto livello, ma idea analoga a reti neurali)
- causali (reti bayesiane)
- semantiche (Quinlan '68)

- linguaggio: grafi con diversi tipi di legami e annotazioni
- semantica: sottoinsieme della logica del primo ordine (per una parte) altrimenti informale/procedurale
- inferenza: metodi specializzati per la visita del grafo

Reti di ereditarietà

nodi = oggetti o classi

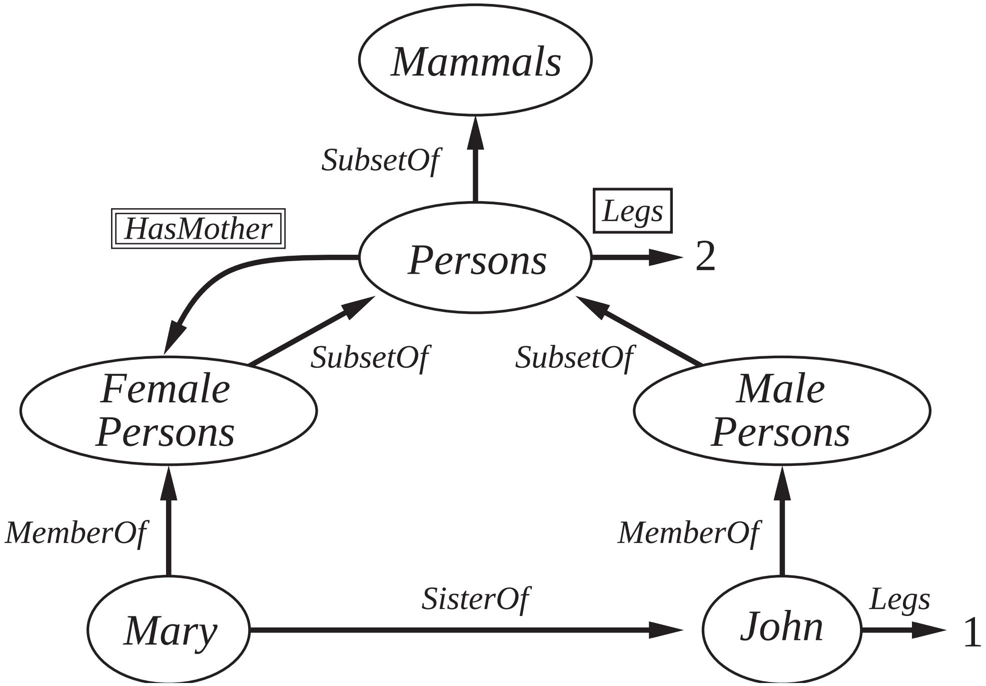
archi relazioni (in particolare $is - a$, $istance - of$)

$Gatti \overset{Sottinsieme}{\longrightarrow} Mammiferi$
$Pallino \overset{Membro}{\longrightarrow} Gatti$
$Gatti \subseteq Mammiferi$
$Gatti\ is - a\ Mammiferi$

$\forall x\ \ Gatto(x) \rightarrow Mammifero(x)$
$Gatto(Pallino)$

dalla rete inferisco che:
$pallino$ è un mammifero

Reti semantiche



Relazioni tra oggetti di classi diverse.

Ereditarietà “defeasible”

Conflitti sulla ereditarietà: $is - not - a$

$Clyde\ is - a\ Elephant$
$Elephant\ is - a\ Gray$
$Clyde\ is - not - a\ Gray$

Frame

Minsky 75: Tutto quello che è rilevante relativamente ad un concetto sta in un "frame".

Un frame è un prototipo degli elementi della classe, ma poiché i frame sono sono collegati in rete, un insieme di frame risulta molto simile ad una rete semantica con nodi strutturati.

- linguaggio: grafo/specifica OO
- semantica: parte in logica del primo ordine (più diversi aspetti procedurali)
- inferenza: ricerca in rappresentazioni ad-hoc in grafi

Sistemi: KEE, KRSS, ...

Definizione di frame

$$
\begin{array}{lll}
F & \longrightarrow & \textbf{SuperClasses}: \; H_1, \ldots, H_h \\
 & & \textbf{MemberSlot}: \; S_1 \\
 & & \quad \textbf{ValueClass}: \; E_1 \\
 & & \quad \textbf{Cardinality.Min}: \; nat \\
 & & \quad \textbf{Cardinality.Max}: \; nat \\
 & & \ldots
\end{array}
$$

Sui valori degli slot si possono specificare dei vincoli

$$
\begin{array}{lll}
E, E_1, E_2 & \longrightarrow & H \mid \\
 & & (INTERSECTION \; E_1 \; E_2) \mid \\
 & & (UNION \; E_1 \; E_2) \mid \\
 & & (NOT \; E)
\end{array}
$$

Esempio di definizione di frame

Frame: Corso in KB Univ

Subclasses: AdvC, BasC

Memberslot: iscritto

ValueClass: Stud

Cardinality.Min: 2

Cardinality.Max: 30

Memberslot: insegna

ValueClass: (UNION Studliv2 Prof)

Cardinality.Min: 1

Cardinality.Max: 1

Esempio di dedinizione di istanza

rc Instance-of: AdvC in KB Univ

Memberslot: insegna

ValueClass: **nardi**

Memberslot: iscritto

ValueClass: **s1,s2**

In comune con le reti semantiche

- ♢ Proprietà del nodo (own)
- ♢ Proprietà che vengono ereditate ($is - a$).
- ♢ Frame generici e frame istanze ($instance - of$)
- ♢ Valori di Default ed ereditarietà defeasible

In più delle reti semantiche

♢ Relazioni complesse tra frames (le proprietà-slot di un frame definite in termini di un altro frame)

♢ Operatori logici nella definizione degli slot

♢ Restrizioni numeriche

♢ Ereditarietà multipla

♢ Attachment procedurali ($if - needed$, $if - added$)

Tecniche di ragionamento formali: **Logiche descrittive**

Categorie

Categorie/Classi/Concetti

Il ragionamento **tassonomico** si basa sulla organizzazione della conoscenza in categorie di oggetti:

- un oggetto è caratterizzato da proprietà
- ereditarietà
- categorie disgiunte e partizioni
- oggetti composti

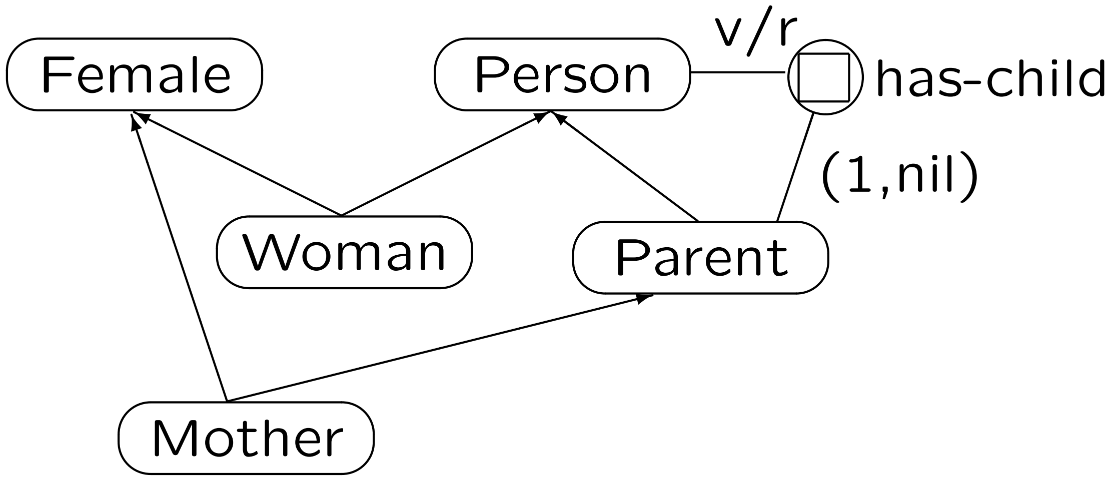
Strutturazione della conoscenza

Semantic Networks e *Frames* offrono **strutture** (gerarchiche) per rappresentare la conoscenza.

- epistemological adequacy
- computational adequacy

Idea: le rappresentazioni della conoscenza strutturate sono **efficienti** sia epistemologicamente che computazionalmente

Un esempio di rete



Relazioni in una rete

- ISA: Madre ISA Femmina(ereditarietà)
- Restrizioni di ruolo: Genitore“Un genitore è una persona che ha almeno un figlio, che è una persona e tutti i suoi figli sono persone”

Deduzione: scoperta di relazioni implicite
Se definiamo Donna come le persone di sesso femminile abbiamo che Madre ISA Donna

Le inferenze “semplici” sono facili da vedere nella rete ma in generale occorre definire con precisione le relazioni che possono essere calcolate.

Inizio

Brachmann e Levesque [AAAI-84]

Metodologia

Dare una *caratterizzazione formale* dei processi deduttivi e studiarne la complessità computazionale.

La semantica in logica di reti semantiche e frames è relativamente semplice:

- le **classi** o **concetti** corrispondono a predidati unari
- le **relazioni** tra classi o **ruoli** sono predicati binari

ma come caratterizzare la complessità della deduzione?

Un sottoinsieme della logica dei predicati

Description Logics
(Terminological/Taxonomic/Concept)

<u>Tesi</u>

"There exists a fundamental tradeoff between the expressive power of a knowledge representation language and the complexity of reasoning in that language"

Ricostruzione logica delle reti

- Definizione di un linguaggio per denotare gli elementi della rete (sintassi astratta, sintassi LISP-like, sintassi tipo linguaggio naturale, sintassi grafica)
- Caratterizzazione del significato delle espressioni del linguaggio (classiche strutture di interpretazione)
- Caratterizzazione semantica della deduzione (conseguenza logica)
- Definizione dei metodi di deduzione

Sintassi

Il passo base della costruzione è costituito da due insiemi disgiunti di simboli (alfabeti) per *primitive (atomic) concepts*, e *primitive (atomic) roles*.

I termini si costruiscono a partire dall'alfabeto attraverso dei costruttori.

Es. l'operatore congiunzione, $C \sqcap D$, serve per restringere gli individui a coloro che appartengono sia a C che a D.

Nota: nella sintassi **non compaiono variabili**, ma le espressioni caratterizzano implicitamente un insieme di individui (in questo caso l'intersezione di due insiemi)

Notazione LISP-like (Classic) `(AND Persona Femmina)`

Costruttori insiemistici

- *intersection* $C \sqcap D$
- *union* $C \sqcup D$
- *complement* $\neg C$

"Le persone che non sono di sesso femminile" e
"gli individui che sono maschi o femmine"

$$\mathsf{Persona} \sqcap \neg\mathsf{Femmina} \qquad \text{and} \qquad \mathsf{Femmina} \sqcup \mathsf{Maschio}.$$

Femmina, Persona, sono atomic concepts.

Costruttori che usano i ruoli

- **universal role restriction**, $\forall R.C$, comporta che tutti gli individui che sono nella relazione R appartengono a C.
  "individui che hanno tutte figlie femmine": $\forall$haFiglio.Femmina
- **existential role restriction**, $\exists R.C$, che impone l'esistenza di un individuo nella relazione R che appartiene a C.
  "individui che hanno una figlia femmina": $\exists$haFiglio.Femmina.

haFiglio è un atomic role. L'individuo che corrisponde al secondo argomento di un ruolo viene detto **role filler**. Negli esempi precedenti le figlie femmine sono role fillers.

$$\exists\text{haFiglio.Persona} \sqcap \forall\text{haFiglio.Persona}.$$

nelle role restriction c'è un'altra variabile quantificata implicitamente: $\forall y.R(x, y) \rightarrow C(y)$

Restrizioni numeriche

number restrictions: denotano insiemi di individui che hanno almeno o al più un certo numero di role fillers.

$$(\leqslant 3 \ \ \text{haFiglio})$$

"gli individui con al più tre figli"

$$(\leqslant 3 \ \ \text{haFiglio}) \sqcap (\geqslant 2 \ \ \text{haFiglio})$$

"gli individui che hanno 2 o 3 figli".

Costruttori per le espressioni di ruoli

Role intersection: esprime l'intersezione di ruoli.

"ha-Figlia": haFiglio $\sqcap$ haParentiF

$$\text{Donna} \sqcap (\leqslant 2\ \ (\text{haFiglio} \sqcap \text{haParentiF}))$$

"donne con al più 2 figlie".

I costruttori delle espressioni di ruolo sono meno usati anche se può essere utile definire delle gerarchie di ruoli.

Sintassi delle espressioni di concetti

C, D	$\longrightarrow$	$A \mid$	(primitive concept)
		$\top \mid$	(top)
		$\bot \mid$	(bottom)
		$C \sqcap D \mid$	(intersection)
		$C \sqcup D \mid$	(union)
		$\neg C \mid$	(complement)
		$\forall R.C \mid$	(universal quantif.)
		$\exists R.C \mid$	(existential quantif.)
		$(\geq n\, R) \mid$	(atleast num. restriction)
		$(\leq n\, R)$	(atmost num. restriction)

Sintassi delle espressioni di ruoli

$$
\begin{array}{lcll}
R & \longrightarrow & P \mid & \text{(primitive role)} \\
 & & Q \sqcap R \mid & \text{(role conjunction)}
\end{array}
$$

Semantica

Una *interpretazione* $\mathcal{I} = (\Delta^{\mathcal{I}}, \cdot^{\mathcal{I}})$ è definita da:

- un insieme $\Delta^{\mathcal{I}}$ (il *dominio* di $\mathcal{I}$)
- una funzione $\cdot^{\mathcal{I}}$ (la *funzione di interpretazione* di $\mathcal{I}$) che mappa ogni concetto in un sottoinsieme di $\Delta^{\mathcal{I}}$ ed ogni ruolo in un sottoinsieme di $\Delta^{\mathcal{I}} \times \Delta^{\mathcal{I}}$.

Il dominio può essere infinito e la **open world assumption** differenzia le logiche descrittive dalle Basi di Dati.

Semantica delle espressioni di concetti

I primitive concepts sono sottoinsiemi del dominio di interpretazione: $A \subseteq \Delta^{\mathcal{I}}$

$$
\begin{array}{rcl}
\bot^{\mathcal{I}} & = & \{\,\} \\
\top^{\mathcal{I}} & = & \Delta^{\mathcal{I}} \\
(\neg C)^{\mathcal{I}} & = & \Delta^{\mathcal{I}} \setminus C^{\mathcal{I}} \\
(C \sqcup D)^{\mathcal{I}} & = & C^{\mathcal{I}} \cup D^{\mathcal{I}} \\
(C \sqcap D)^{\mathcal{I}} & = & C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}} \\
(\forall R.C)^{\mathcal{I}} & = & \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \forall b.\, (a,b) \in R^{\mathcal{I}} \rightarrow b \in C^{\mathcal{I}}\} \\
(\exists R.C)^{\mathcal{I}} & = & \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \exists b.\, (a,b) \in R^{\mathcal{I}} \wedge b \in C^{\mathcal{I}}\} \\
(\geq n\, R)^{\mathcal{I}} & = & \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid |\{b \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid (a,b) \in R^{\mathcal{I}}\}| \geq n\} \\
(\leq n\, R)^{\mathcal{I}} & = & \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid |\{b \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid (a,b) \in R^{\mathcal{I}}\}| \leq n\}.
\end{array}
$$

Semantica delle espressioni di ruoli

I primitive roles sono coppie di elementi del dominio di interpretazione $R \subseteq \Delta^{\mathcal{I}} \times \Delta^{\mathcal{I}}$

$$(Q \sqcap R)^{\mathcal{I}} \;=\; Q^{\mathcal{I}} \cap R^{\mathcal{I}}$$

Esempi di espressioni di concetti

1. $\mathsf{Stud} \sqcap \neg \mathsf{Studliv2}$

2. $\mathsf{Studliv2} \sqcup \mathsf{Prof}$

3. $\mathsf{Corso} \sqcap \forall \mathsf{iscritto}.\mathsf{Studliv2} \sqcap$
   $(\geq 2\, \mathsf{iscritto}) \sqcap (\leq 20\, \mathsf{iscritto})$

4. $\mathsf{Corso} \sqcap \exists \mathsf{iscritto}.\mathsf{Studliv2} \sqcap$
   $\exists \mathsf{iscritto}.\mathsf{Studliv1}$

5. $\mathsf{PowerPlant} \sqcap (\geq 1\, \mathsf{LOC}) \sqcap (\leq 1\, \mathsf{LOC}) \sqcap$
   $\forall \mathsf{LOC}.\mathsf{NewYork} \sqcap \exists \mathsf{FAIL}.\mathsf{Mechanical}$

Semantica dei concetti

Una interpretazione $\mathcal{I}$ è un *modello* di un concetto C se $C^{\mathcal{I}}$ non è vuota.

Un concetto è *soddisfacibile* se ha un modello ed *insoddisfacibile* altrimenti.

Semantica in logica del primo ordine

C si può tradurre in $\phi_C(x)$ (x variabile libera) tale che per ogni interpretazione $\mathcal{I}$ l'insieme degli elementi $\Delta^{\mathcal{I}}$ che soddisfano $\phi_C(x)$ coincide con $C^{\mathcal{I}}$:

$$\begin{aligned}
\phi_{C \sqcap D}(y) &= \phi_C(y) \wedge \phi_D(y) \\
&\cdots \\
\phi_{\exists R.C}(y) &= \exists x.\, R(y,x) \wedge \phi_C(x) \\
\phi_{\forall R.C}(y) &= \forall x.\, R(y,x) \rightarrow \phi_C(x)
\end{aligned}$$

Semantica in logica del primo ordine

Restrizioni numeriche sui ruoli

$$\phi_{(\geq n\, R)}(x) \;=\; \exists y_1, \ldots, y_n.\ R(x, y_1) \wedge \cdots \wedge R(x, y_n) \wedge \bigwedge_{i<j} y_i \neq y_j$$

$$\phi_{(\leq n\, R)}(x) \;=\; \forall y_1, \ldots, y_{n+1}.\ R(x, y_1) \wedge \cdots \wedge R(x, y_{n+1}) \rightarrow \bigvee_{i<j} y_i = y_j.$$

Corrispondenza con i sistemi a frame

Frame: AdvC in KB Univ

Superclasses: Corso

Memberslot: iscritto

ValueClass: Studliv2

Cardinality.Min: 2

Cardinality.Max: 20

Frame: Studliv2 in KB Univ

Superclasses: Stud

Memberslot: titStu

ValueClass: Laurea

Cardinality.Min: 1