Rappresentazione della Conoscenza

Lezione 8

Nomenclatura

$\mathcal{FL}^-$ (Frame Language) include:

- concept conjunction
- universal quantification
- unqualified existential quantification $\exists R$

$\mathcal{AL}$ (Attributive Language) $= \mathcal{FL}^- +$ negation on primitive concepts

La famiglia dei linguaggi $\mathcal{AL}$

$\mathcal{C}$ negation
$\mathcal{U}$ disjunction
$\mathcal{E}$ existential quantification
$\mathcal{N}$ numerical restriction
$\mathcal{R}$ role conjunction

I nomi dei linguaggi sono definiti usando combinazioni delle lettere che indicano quali costrutti sono ammessi nel linguaggio.

$\mathcal{ALC} = \mathcal{AL} +$ negation

Sussunzione

La forma principale di ragionamento nelle DL è la **subsumption** (sussunzione):

$$C \sqsubseteq D$$

cioè la verifica D (the *subsumer*) è più generale di C (the *subsumee*).

C è *subsumed* (sussunto) da D se $C^{\mathcal{I}} \subseteq D^{\mathcal{I}}$ per ogni interpretazione $\mathcal{I}$

$\mathsf{Donna} \sqcap \exists \mathsf{haFiglio.Femmina} \sqsubseteq \mathsf{Genitore}$

Altre forme di ragionamento su concetti

La *soddisfacibilità di un concetto*, è il problema di verificare se un concetto ammette almeno un individuo; si riconduce alla non-subsumption (in cui il subsumer è il concetto vuoto).

L'*equivalenza di due concetti* è il problema di verificare se hanno gli stessi individui in tutti i modelli.

La *disgiunzione di due concetti* è il problema di verificare se non hanno individui in comune in tutti i modelli.

Ruolo centrale della sussunzione

C è insoddisfacibile sse C è sussunto da $\perp$
C e D sono equivalenti sse C è sussunto da D e
D è sussunto da C
C e D sono disgiunti sse $C \sqcap D$ è sussunto da $\perp$

Queste trasformazioni valgono praticamente in tutti i linguaggi.

Si può fare un'analoga riduzione alla insoddisfacibilità, ma occorre avere la negazione nel linguaggio.

Basi di conoscenza

Due componenti:

- *intensionale* (TBOX)
- *estensionale* (ABOX)

$$\Sigma = \langle \mathcal{T}, \mathcal{A} \rangle$$

$\mathcal{T}$ è un insieme di definizioni: $C \equiv D$
$\mathcal{A}$ è un insieme di asserzioni: $C(a) \;\; P(a, b)$

La Terminologia

La TBOX viene anche detta **terminologia** ed è costrituita da **definizioni di concetti**.

$$\text{Donna} \equiv \text{Persona} \sqcap \text{Femmina}$$

Le definizioni sono interpretate come equivalenze logiche e quindi rappresentano condizioni necessarie e sufficienti per classificare una donna.

La TBOX

Inclusioni

$$D \sqsubseteq C$$

Definizioni

$$A \doteq C$$

si possono riscrivere $A \sqsubseteq C$ e $C \sqsubseteq A$

Semantica dei cicli

- minimo punto fisso (least fix-point)
- massimo punto fisso (greatest fix-point)
- descrittiva (descriptive)

Definizioni in pratica

- una sola definizione per ogni nome di concetto
- definizioni *acicliche*

In questo modo si possono espandere le definizioni ed ottenere un'espressione costituita da concetti primitivi (nel caso peggiore di dimensioni esponenziali).

In questa ipotesi la deduzione si riconduce alla sussunzione tra concetti; se la TBOX non si può espandere la deduzione si complica.

Ragionamento sulla TBOX

La forma di ragionamento principale sulla TBOX è la:

classificazione, che comporta il posizionamento di una nuova definizione nella tassonomia.

La definizione di C lo classifica tra:

- i concetti più specifici sussumono C
- i concetti più generali che C sussume

Una TBOX per la famiglia

$$
\begin{array}{rcl}
\mathsf{Donna} & \equiv & \mathsf{Persona} \sqcap \mathsf{Femmina} \\
\mathsf{Uomo} & \equiv & \mathsf{Persona} \sqcap \neg \mathsf{Donna} \\
\mathsf{Madre} & \equiv & \mathsf{Donna} \sqcap \exists \mathsf{haFiglio}.\mathsf{Persona} \\
\mathsf{Padre} & \equiv & \mathsf{Uomo} \sqcap \exists \mathsf{haFiglio}.\mathsf{Persona} \\
\mathsf{Genitore} & \equiv & \mathsf{Padre} \sqcup \mathsf{Madre} \\
\mathsf{Nonna} & \equiv & \mathsf{Madre} \sqcap \exists \mathsf{haFiglio}.\mathsf{Genitore} \\
\mathsf{MadreConMoltiFigli} & \equiv & \mathsf{Madre} \sqcap (\geq 3\, \mathsf{haFiglio}) \\
\mathsf{MadreSenzaFiglie} & \equiv & \mathsf{Madre} \sqcap \forall \mathsf{haFiglio}.\neg \mathsf{Donna} \\
\mathsf{Moglie} & \equiv & \mathsf{Donna} \sqcap \exists \mathsf{haMarito}.\mathsf{Uomo}
\end{array}
$$

La ABOX

La ABox contiene la conoscenza estensionale:

$\text{Femmina} \sqcap \text{Persona}(\text{ANNA})$

$\text{haFiglio}(\text{ANNA}, \text{JACOPO})$

$\neg\text{Femmina} \sqcap \text{Persona}(\text{JACOPO})$

$\text{haFiglio}(\text{ANNA}, \text{MICHELA})$

$\text{haFiglio}(\text{DANIELE}, \text{JACOPO})$

$\text{haFiglio}(\text{DANIELE}, \text{MICHELA})$

Semantica della ABOX

La semantica alla ABOX si ottiene aggiungendo:

- l'interpretazione degli individui $a^{\mathcal{I}} \in \Delta^{\mathcal{I}}$
- **UNA**: ipotesi di nome unico $a^{\mathcal{I}} \neq b^{\mathcal{I}}$

Una asserzione $C(a)$ è **soddisfacibile** in $\mathcal{I}$ se $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$

Una interpretazione $\mathcal{I}$ soddisfa una ABOX se soddisfa tutte le asserzioni della ABOX e si dice **modello** della ABOX.

Per tenere conto della TBOX consideriamo l'espansione dei concetti nella ABOX.

Ragionamento nella ABOX

- **instance checking**, verifica che un individuo sia istanza del concetto (fondamentale)
  $\mathcal{A} \models C(a)$ se ogni modello di $\mathcal{A}$ è anche un modello di $C(a)$
- **knowledge base consistency**, verifica che la KB ammette un modello
- **realization**, determina il concetto più specifico di cui un dato individuo è istanza
- **retrieval**, trova tutti gli individui che sono istanza di un dato concetto

La deduzione con la ABOX richiede di estendere i metodi di ragionamento sulle espressioni di concetti.

Un esempio di base di conoscenza (Σ_1)

TBOX

$$\begin{aligned}
&\mathsf{AdvC} \equiv \mathsf{Corso} \sqcap \forall \mathsf{iscritto}.\mathsf{Studliv2} \sqcap \\
&\qquad\qquad (\geq 2\, \mathsf{iscritto}) \sqcap (\leq 20\, \mathsf{iscritto}) \\
&\mathsf{BasC} \equiv \mathsf{Corso} \sqcap \forall \mathsf{iscritto}.\mathsf{Studliv1}, \\
&\mathsf{IntC} \equiv \mathsf{Corso} \sqcap \exists \mathsf{iscritto}.\mathsf{Studliv2} \sqcap \\
&\qquad\quad \exists \mathsf{iscritto}.\mathsf{Studliv1}, \\
&\exists \mathsf{insegna}.\mathsf{Corso} \sqsubseteq \mathsf{Studliv2} \sqcup \mathsf{Prof}, \\
&\mathsf{Studliv2} \equiv \mathsf{Stud} \sqcap \exists \mathsf{titStu}.\mathsf{Laurea}, \\
&\mathsf{Studliv1} \equiv \mathsf{Stud} \sqcap \neg \mathsf{Studliv2}
\end{aligned}$$

Un esempio di base di conoscenza (Σ_1)

ABOX

$\mathsf{Prof(bob), Studliv1(peter),}$
$\mathsf{Stud(susy), Stud(mary), Laurea(bs),}$
$\mathsf{Corso(cs1), Corso(cs2), IntC(ee1),}$
$\mathsf{insegna(bob, ee1), insegna(john, cs2),}$
$\mathsf{insegna(john, cs1), titStu(mary, bs),}$
$\mathsf{iscritto(cs1, susy), iscritto(cs1, mary),}$
$\mathsf{iscritto(cs2, susy), iscritto(cs2, peter),}$
$\mathsf{iscritto(ee1, peter)}$

Interrogazione della base di conoscenza

Le interrogazioni ad una base di conoscenza Σ hanno la forma:

$$C(a)$$

- *YES* l'interrogazione è vera in ogni modello di Σ
- *NO* l'interrogazione è falsa in ogni modello di Σ
- *UNKNOWN* altrimenti.

Esempi

1 $\Sigma_1 \models \exists \text{iscritto}.\text{Studliv2}(\text{ee1})$?
Answer: *YES*.
2 $\Sigma_1 \models \text{Studliv2} \sqcup \text{Prof}(\text{john})$?
Answer: *YES*.
3 $\Sigma_1 \models \forall \text{insegna}.\text{IntC}(\text{bob})$?
Answer: *UNKNOWN*.
4 $\Sigma_1 \models \exists \text{insegna}.\text{IntC}(\text{john})$?
Answer: *YES*.

Open World semantics

Descrizioni con nomi di individui: **one-of**

"set" o **one-of** si scrive

$$\{a_1, \ldots, a_n\},$$

dove $a_1, \ldots, a_n$ sono individui

$$\{a_1, \ldots, a_n\}^{\mathcal{I}} = \{a_1^{\mathcal{I}}, \ldots, a_n^{\mathcal{I}}\}$$

Esempio: {CHINA, FRANCE, RUSSIA, UK, USA}.

$\{a_1, \ldots, a_n\}$ e $\{a_1\} \sqcup \cdots \sqcup \{a_n\}$ sono equivalenti

Descrizioni con nomi di individui: fills

$$R : a,$$

R è un ruolo e a un individuo.

$$(R : a)^{\mathcal{I}} \;=\; \{d \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid (d, a^{\mathcal{I}}) \in R^{\mathcal{I}}\}$$

$R : a$ è la classe di individui che hanno a come "R-filler"

$R : a$ e $\exists R.\{a\}$ sono equivalenti

Fills consente di esprimere asserzioni sui ruoli:
$R(a, b)$ sse a: $(\exists R.\{b\})$.

Ragionamento in avanti

Regole procedurali tipiche di molti sistemi (`CLASSIC`) che nella KB ammettono un insieme di regole del tipo:

$$C \Rightarrow D$$

Il significato intuitivo delle regole è: "Se un individuo è istanza di un oggetto C , allora è istanza anche di D".

Si tratta di una forma di **implicazione debole** che caratterizza il ragionamento in avanti

Non è possibile dare una semantica classica, ma si può dare con un operatore epistemico:

$$\mathbf{K}C \sqsubseteq D$$