

Ontologia formale e ingegneria della conoscenza

Claudio Masolo

Laboratorio di Ontologia Applicata (LOA), ISTC-CNR, Trento

Padova, 10 Novembre 2005

Sommario

- ▷ Che cos'è **un**'ontologia
- ▷ Che cos'è l'ontologia *formale*
- ▷ Che cos'è l'ontologia *applicata*
 - modellazione concettuale
 - integrazione semantica
 - linguaggio naturale
 - modellazione di domini specifici

Che cos'è un'ontologia

Definizioni di ontologia

- ▷ **Gruber:** “an explicit and formal specification of a conceptualization”
- ▷ **Guarino:** “a specific artifact expressing the *intended meaning* of a vocabulary in terms of the *nature* and *structure* of the entities it refers to”

Due aspetti importanti comuni alle due definizioni:

- ▷ *concettuale*: “conceptualization”, “nature and structure of the entities”
- ▷ *semantico/formale*: “explicit and formal specification”, “artifact expressing the intended meaning of a vocabulary”

Descrizione di una situazione (modello)

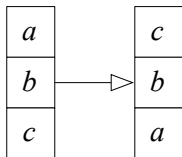
a
b
c

- ▷ primitive concettuali (concetti e relazioni coinvolte)
 - blocco
 - sopra
- ▷ linguaggio (per esprimere il modello)

In linguaggio (pseudo)naturale:

- ▷ ci sono tre blocchi: a , b , c
- ▷ b sta sopra c e a sta sopra b

Diversa situazione stessa ontologia



- ▷ stesse primitive concettuali
 - blocco
 - sopra
- ▷ stesso linguaggio MA diversa situazione
 - ci sono tre blocchi: *a*, *b*, *c*
 - *b* sta sopra *a* e *c* sta sopra *b*

Un'ontologia si occupa della descrizione dell'apparato concettuale (*primitive concettuali*) necessario per esprimere situazioni (diverse):

- ▷ *natura* delle entità coinvolte
- ▷ *struttura* del dominio

Ontologie e Basi di conoscenza

Basi di conoscenza:

- ▷ componente asserzionale
 - riflette specifiche situazioni (stati di cose)
 - disegnata per il *problem-solving*
- ▷ componente teminologica (**ontologie**)
 - indipendente da particolari situazioni (livello concettuale)
 - disegnata per i *terminological-services*

Linguaggio formale (1)

Scopo principale: rendere **esplicita** la semantica delle primitive concettuali (nell'es., il significato dei termini *blocco* e *sopra*)

- ▷ un alfabeto/vocabolario comune non è sufficiente
- ▷ il linguaggio naturale lascia implicita la semantica
- ▷ linguaggio formale:
 - vocabolario
 - regole grammaticali
 - deduzione

⇒ Primo senso di formale: *rigoroso*

Linguaggio formale (2)

L'uso di un linguaggio formale permette:

- ▷ **Precisione.** La deduzione costringe ad esplicitare in maniera precisa (e minimale) le assunzioni necessarie per ottenere certe conclusioni. Inoltre controllo consistenza.
- ▷ **Standardizzazione.** L'uso di un linguaggio formale comune facilita la comunicazione (uomo-uomo) tra comunità diverse, ed è necessario per la comunicazione uomo-macchina e macchina-macchina.
- ▷ **Generalità.** Astrazione dai dettagli per individuare un livello utile al confronto tra approcci diversi (ad es. individuando dei punti comuni).

Ontologie e Logiche (1)

- ▷ Le logiche si occupano della nozione di ‘verità’, della nozione di deduzione e dei connettivi tra *proposizioni*.
- ▷ Le ontologie si occupano dei tipi e delle relazioni tra le *entità del dominio*.

Ontologie e Logiche (2)

Logica ed ontologia sono due mondi separati?

- ▷ la logica potrebbe essere vista come parte dell'ontologia da un punto di vista prettamente teorico
- ▷ esistono delle logiche modali che, secondo me, coinvolgono entrambi gli aspetti:
 - logiche epistemiche (credenze, desideri, intenzioni, ...)
 - logiche temporali e spaziali
 - logiche deontiche (diritti, obbligazioni, permessi, ...)
 - logiche dimaniche e delle azioni

Formalizzazione esempio in FOL (1)

a
b
c

- ▷ predicati primitivi (vocabolario extra-logico):
 - $B(x)$: “ x è un blocco”
 - $x \triangleright y$: “ x è sopra y ”
- ▷ assioma base:
 - $x \triangleright y \rightarrow (B(x) \wedge B(y))$

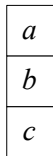
Formalizzazione esempio in FOL (2)

Tramite assiomi si possono caratterizzare *semanticamente* i predicati primitivi e/o definirne di nuovi:



▷ è possibile che a sia sopra se stesso?

- $x \triangleright y \rightarrow \neg(y \triangleright x)$



▷ a sopra c ?

- $x \triangleright y \rightarrow \neg \exists z (x \triangleright z \wedge z \triangleright y)$

▷ def. (sintattica) di una relazione più generale:

- $x \blacktriangleright y \equiv_{df} \exists z (x \triangleright z \wedge z \triangleright y)$

Sono sufficienti questi assiomi per caratterizzare le primitive?
Metodi di verifica: legami con teorie esistenti, es. e contro-es...

Espressività logica

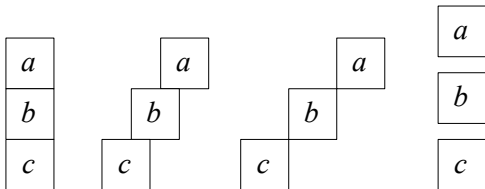
Si possono scegliere diversi linguaggi logici per la caratterizzazione delle primitive:

- ▷ logiche del secondo ordine
- ▷ logiche del primo ordine
- ▷ logiche del primo ordine modali
- ▷ logiche descrittive (es. OWL)
- ▷ tassonomie (usate per le “lightweight ontologies”)
- ▷ ...

Nota. Alcuni linguaggi di modellazione concettuale non hanno ancora una chiara semantica, come ad es. UML.

Espressività ontologica

Fissato il linguaggio logico (FOL), e usando soltanto le primitive B e \triangleright , si possono distinguere le seguenti situazioni?



Quali primitive (concettuali) sono necessarie per il modello di cui si necessita?

Espressività (logica-ontologica) e applicazioni

- ▷ maggiore espressività \rightarrow maggiore precisione e accuratezza (nella caratterizzazione delle primitive)
- ▷ maggiore espressività \rightarrow peggiore comportamento computazionale

Problema aperto. È possibile avere un *ambiente di sviluppo* di ontologie molto espressivo e:

- ▷ *ritagliare* la parte dell'ontologia che mi interessa per una specifica applicazione, e
- ▷ *tradurla* (almeno in modo parziale) verso linguaggi meno espressivi a seconda dei vincoli espressivi e computazionali dettati dall'applicazione stessa?

Che cos'è l'ontologia formale

Il problema delle primitive

Entra in scena l'ontologia *formale* e l'*analisi ontologica*:

- ▷ L'idea fondamentale consiste nello sfruttare il lavoro fatto in *logica, filosofia, linguistica, scienze cognitive*, ecc. per individuare un insieme di primitive concettuali **general**i che possano essere applicate in svariati domini e che servano da base per lo sviluppo di modelli più specifici e consentano di avere diversi livelli di dettaglio della descrizione.
- ⇒ approccio intrinsecamente *multidisciplinare*
- ⇒ secondo senso di formale: *generale*, indipendente da specifici domini di applicazione (Husserl)

Nuova attitudine richiesta

- ▷ *Logica*. Da **L**ogica a logiche.

Non è interessante considerare soltanto LA teoria della “verità”, ma diverse teorie della verità e diversi tipi di ragionamento hanno senso in **contesti** diversi.

- ▷ *Filosofia*. Da **O**ntologia a ontologie.

Non è interessante considerare soltanto LA teoria delle entità e la struttura della “realtà” ma diverse teorie ontologiche rendono conto di aspetti diversi: linguistici, di senso comune, ecc.

- ▷ *KR*. Da modelli arbitrari a ontologie.

Nello sviluppo di una base di dati, di una base di conoscenza, in generale di un modello, deve essere riconosciuta l'importanza dell'*analisi ontologica* e quindi degli strumenti concettuali per la rappresentazione.

Verso una libreria di ontologie

- ▷ NO approccio monolitico, NO unica ontologia standard (questa è una delle critiche più ricorrenti all'ontologia formale)
- ▷ Piuttosto, un (piccolo) insieme **integrato** di ontologie generali (*ontologie fondazionali*) che riflettano *posizioni* ed *impegni* ontologici diversi.
- ▷ Buona documentazione delle opzioni base e delle loro inter-dipendenze

Es. di teorie base

- ▷ Teorie dell'*essenzialità* e dell'*identità*
- ▷ Teorie della *parte* (mereologie)
- ▷ Teorie della *connessione* e dell'*unità/integrità*
- ▷ Teorie della *dipendenza*
- ▷ Teorie della *costituzione* e della *composizione*
- ▷ Teorie delle *qualità*
- ▷ Teorie della *partecipazione*
- ▷ Teorie della *causalità*

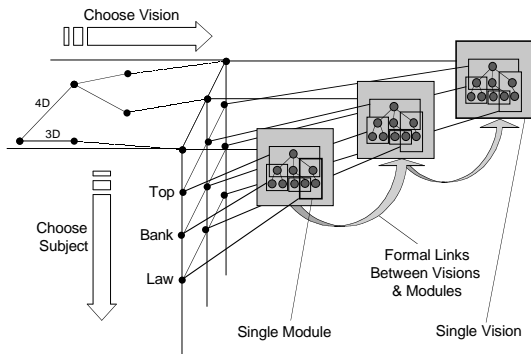
Es. di categorie e distinzioni base

- ▷ *Tempo e Spazio*
(spazio e tempo possono essere intesi in modo molto diverso)
- ▷ *Oggetti ed Eventi*
(basata sulla modalità di persistenza nel tempo)
- ▷ *Universali, Particolari e Proprietà individuali*
(basata sulla relazione di istanziamento e di ripetibilità)
- ▷ ...

La struttura della WFOL

I moduli dell'ontologia sono organizzati secondo 2 dimensioni:

- ▷ *visioni*, corrispondenti a scelte ontologiche base
- ▷ *specificità*, corrispondenti al livello di specificità dei domini



Utilità della libreria

- ▷ Strumento iniziale per lo sviluppo di nuove ontologie sia fondazionali che di dominio
⇒ verso una metodologia per l'analisi ontologica
- ▷ Strumento di riferimento per un confronto rigoroso di approcci ontologici diversi
⇒ verso l'integrazione ontologica
- ▷ Ambiente comune per l'analisi e l'armonizzazione di ontologie e “metadata standards” già esistenti
⇒ verso la *fiducia* nelle applicazioni

Situazione attuale e problemi aperti (1)

Individuazione ed analisi delle categorie e primitive base

- ▷ Alcuni domini e relazioni sono ben studiati: Tempo, Spazio, Mereologia, Dipendenza, Costituzione, ...
- ▷ Altri domini e relazioni ancora embrionali: Organizzazioni e realtà sociale, Disposizioni, Qualità, Ruoli, Emergenza, Supervenienza, ...

Situazione attuale e problemi aperti (2)

Strumenti formali necessari per la libreria

- ▷ Confronto tra diverse logiche modali (molti lavori)
- ▷ Strumenti formali per l'integrazione, il confronto e la modularizzazione delle ontologie (molto difficile):
 - caso facile (legami sintattici):
 - $x \blacktriangleright y \equiv_{df} \exists z(x \triangleright z \wedge z \triangleright y)$ “sopra indiretto”
 - $x \triangleright y \equiv_{df} \neg \exists z(x \blacktriangleright z \wedge z \blacktriangleright y)$ “sopra diretto”
 - caso difficile (legami semantici):
 - tempo o spazio rispettivamente basati su istanti e punti o su intervalli e regioni

Che cos'è l'ontologia applicata

Un problema di trasferimento

- ▷ Supponiamo pure di avere una stupenda libreria di ontologie fondazionali, che formalizzi in modo preciso ed accurato tutte le più importanti primitive base
- ▷ Supponiamo anche di avere tutti i moduli perfettamente integrati
 - Come uso, in pratica, questa libreria?
 - Come posso diffondere l'uso di (convincere gli utenti ad usare) questa libreria in vari domini applicativi, uso che richiede un notevole sforzo iniziale di comprensione delle primitive?
- ▷ *Ontologia applicata.* A partire da problemi applicativi, si fa vedere se e come l'ontologia formale può essere utile a risolverli

Ontology-driven conceptual modeling

- ▷ Chiarire la semantica dei linguaggi di modellazione concettuale (es. UML) e introdurre una metodologia di sviluppo
- ▷ Aggiungere delle primitive concettuali ontologicamente fondate che aumentino l'espressività ontologica
- ▷ Introdurre dei “design-patterns” che assicurino soluzioni compatte e ben fondate a problemi ricorrenti nella modellazione
- ▷ Esempi:
 - Metodologia Ontoclean (<http://www.ontoclean.org/>)
 - Agent-oriented security mod. (<http://www.loa-cnr.it/mostro>)
 - Design patterns (codificati come UML profiles) per rappresentare: *ruoli*, *qualità*, *descrizioni*, ecc. (Guizzardi e Gangemi)

Integrazione ad accesso semantici

Problema: dati due agenti (basi di dati, applicazioni web) con differenti ontologie, come faccio a farli a comunicare tra di loro in modo corretto?

- ▷ La formalizzazione dell'impegno ontologico sembra necessaria per la possibilità di un'integrazione (semi)automatica
- ▷ Una soluzione seguita in pratica è l'uso di un'*interlingua*, cioè mapping ad un'ontologia comune
- ▷ La libreria di ontologie moltiplica questa possibilità svincolandosi da una particolare ontologia comune
- Si veda il D18 del progetto europeo IST-WonderWeb per più dettagli su questo punto (<http://wonderweb.semanticweb.org/>)

Ontologie e Linguaggi Naturali (1)

Problema 1: *allineamento* tra ontologie formali e lessici (computazionali), quali ad es. WordNet, che consente:

- ▷ di rendere più rigoroso e cognitivamente trasparente WordNet
- ▷ di fondare linguisticamente l'ontologia
- ▷ l'uso dell'informazione contenuta nell'ontologia per il NLP
- ▷ l'uso dell'informazione linguistica per arricchimento ontologie

Esempio:

- ▷ OntoWordNet: allineamento di DOLCE con WordNet + apprendimento e revisione da corpora e glosses (Oltramari e Gangemi) (<http://www.loa-cnr.it/DOLCE.html#OntoWordNet>)

Ontologie e Linguaggi Naturali (2)

Problema 2:

- Qual'è il legame tra ontologia e semantica formale dei NL?
- Qual'è l'impegno ontologico dei NL?

Non una vera applicazione ma molto importante per una visione *composizionalista* del linguaggio, che potrà risultare fondamentale in future applicazioni

Persona di riferimento: Laure Vieu

Domini specifici

Problema. Provare come le primitive ontologiche possano essere riusate per la modellazione di domini molto diversi, e come queste siano fondamentali per avere dei modelli piú trasparenti, riusabili, integrabili, ecc.

Esempi:

- ▷ Organizzazioni e realtà sociale (Bottazzi e Ferrario)
- ▷ Legge (Gangemi e Lehmann)
- ▷ Biomedicina (Gangemi, Pisanelli, Steve)
- ▷ Artefatti industriali and manufacturing (Borgo)
- ▷ Food and Agriculture (Gangemi)

Web Semantico

- ▷ Utopia o realtà?
- ▷ Problema molto complesso che coinvolge tutti gli aspetti visti
- ▷ Molti sforzi (e investimenti) rivolti ai linguaggi e ai tools
- ▷ Pochi sforzi (e investimenti) rivolti alle metodologie e ai *contenuti*
- ▷ WonderWeb progetto EU (<http://wonderweb.semanticweb.org/>)
 - infrastruttura per il Web Semantico che considera tutti e 4 gli aspetti
 - Concluso alla fine del 2004