

Ricerca sui possibili contributi della Logica Lineare e dei suoi sviluppi al Semantic Web

Marco Romano
mromano@uniroma3.it

Dottorando in Filosofia e Teoria delle Scienze Umane – XXIII ciclo

9 gennaio 2009

Outline

Ontologie

Da dove vengono, a cosa servono

Come funzionano

Web

Il WorldWideWeb

e i suoi sviluppi

Un paio di considerazioni

Web + Ontologie (= Semantic Web?)

Work in progress

Lavorando con le ontologie

Proposte e obiettivi

Idee

Ontologie come Spazi coerenti

Linee di ricerca

Disclaimer terminologico

Definizione (Ontologia)

*L'**Ontologia** è la disciplina filosofica che si occupa dello studio dell'essere in quanto essere, ovvero al di là delle sue determinazioni particolari*

Definizione (ontologie)

*Una **ontologia** è la specificazione di una concettualizzazione condivisa di un dominio d'interesse [Gruber, 1995]*

Origini

- ▶ Dagli anni '50: Intelligenza Artificiale
 - ▶ Top-down (sistemi esperti) [vs Bottom-up (cibernetica)]
- ▶ Dagli anni '70: Rappresentazione della Conoscenza (KR)
 - ▶ Reti semantiche; Frames; Logica → Ontologie

Rappresentazione della Conoscenza

La KR si articola su due momenti distinti:

- ▶ Descrizione delle conoscenze (selezione, definizione e formalizzazione)
- ▶ Uso delle informazioni rappresentate

Modelli di rappresentazione

I modelli di rappresentazione possono essere confrontati rispetto a diversi criteri tra cui: la modalità di definizione (secondo l'approccio top-down o bottom-up) e la capacità di auto-adattamento (staticità vs dinamicità).

In particolare:

- ▶ Modelli dichiarativi, es. reti semantiche, tassonomie, ontologie
- ▶ Metodo a regole
- ▶ Modelli statistico-probabilistici, es. reti neurali (artificiali)

Ragionamento automatico

Per ogni modello di rappresentazione è stato sviluppato qualche tipo di ragionatore, un programma in grado di usare le conoscenze raccolte in una Base di Conoscenza (KB) per estrarne di “nuove”. I più fortunati abbinamenti di KB + ragionatore sono venduti come sistemi esperti.

I ragionatori attualmente utilizzati con le ontologie possono essere ricondotti direttamente ai primi Theorem prover dell'IA che, programmati per applicare regole d'inferenza, ricevevano una serie di assiomi in input e restituivano teoremi.

Rispetto a questi, però, alle regole logiche canoniche sono aggiunte spesso delle ottimizzazioni per migliorare le prestazioni di calcolo e per “aggiustare” le possibili risposte.

Utilità, un esempio

Studio della genetica

- ▶ Genoma: classificazione dei geni
- ▶ correlazione con le espressioni fenotipiche
- ▶ correlazione con la diagnostica clinica (espressioni patologiche)

Generalizzando, le ontologie sono utili quando:

- ▶ si intende guardare ad una stessa classe di risorse da punti di vista differenti [molteplicità di viste]
- ▶ si prevede la probabile necessità di cambiare alcune relazioni tra le risorse trattate e in generale di dover modificare la classificazione adottata (es. a seguito di nuove scoperte o migliore comprensione di certi fenomeni) [facilità di aggiornamento dello schema logico]

Le ontologie in breve

Una ontologia consta di:

- ▶ una lista di termini (anche detti concetti) gerarchicamente ordinati, cioè una tassonomia
- ▶ definizioni formali dei termini (espresse in un formalismo logico)
- ▶ proprietà e relazioni tra termini – fin qui si ha una c.d. T-Box
- ▶ (eventualmente) una lista di assegnazioni di tipi a risorse e istanziazioni di proprietà e relazioni – una c.d. A-Box

Interpretare le ontologie

La logica che sta dietro alle ontologie emerge dalla loro interpretazione come teorie del primo ordine:

- ▶ proprietà \rightarrow costanti predicative unarie: $P(x)$
- ▶ relazioni \rightarrow costanti predicative binarie: $R(x, y)$
- ▶ definizioni formali \rightarrow assiomi: $C \sqsubseteq D$
- ▶ assegnazioni di tipi \rightarrow formule atomiche: $a \in Q \leftrightarrow Q(a)$

In particolare, le ontologie formalizzano i domini secondo la teoria degli insiemi.

Dal calcolo i ragionatori producono le inferenze valide in tutti i modelli che soddisfano la KB data con l'ontologia.

Il calcolo inferenziale pone la questione della conoscenza incompleta.

In principio era l'Ipertesto

Il Web scritto da Berners-Lee nel 1991 era molto diverso da quello di oggi:

- ▶ semplici pagine di testo
- ▶ collegamenti tra le pagine
- ▶ tutto da leggere!

poi vennero i dati (e le risorse)

- ▶ ieri: accesso via Internet a basi di dati (mera connessione al DBMS)
- ▶ oggi: accesso via Web a basi di dati, anche interconnesse, per utenti umani (servizi di interfaccia)
- ▶ domani: accesso a qualsiasi base di dati esposta nel Web, per agenti software autonomi

infine i metadati

- ▶ Identificano le parti di informazione
- ▶ rendono “leggibili” anche le risorse multimediali
- ▶ ma funzionano solo all’interno del sistema per cui sono stati definiti – o nei sistemi adattati per utilizzarli
 - ▶ tante applicazioni: dai sistemi bibliotecari informatizzati a Flickr, dagli *header* delle pagine web ai feed RSS...
 - ▶ tanti schemi diversi: Dublin Core, FOAF, SKOS...
 - ▶ tanti linguaggi diversi in cui renderli: XHTML (Microformat), XML, RDF, OWL

Il Web Semantico

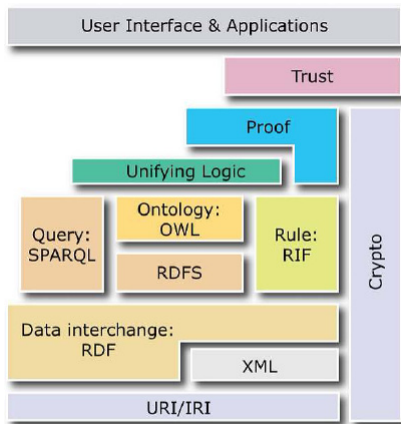


Figura: Gli strati del Web Semantico

non è il Web2.0

L'iniziativa per il Web Semantico (2001) s'interessa degli aspetti più strettamente tecnici e tecnologici per supportare l'interoperabilità; non si occupa direttamente di temi forse più popolari come

- ▶ Intelligenza Collettiva
- ▶ Web sociale
- ▶ e tutto quello che passa sotto l'espressione Web2.0

benché ci si aspetti che possa facilitarne lo sviluppo e la diffusione.

Semantica dei dati

Scopo dichiarato dei metadati è condividere tra applicazioni (software) diverse il significato dei dati. “Significato dei dati” però è un’espressione piuttosto infelice:

- ▶ Qual è il significato di un dato come Marco?

Non è davvero il suo significato ciò che interessa.

Quel che si vuole, e si può, condividere è l’informazione sul tipo di dati, sulla categoria concettuale di cui i dati in esame sono un’espressione. Questa è la pretesa *semantica* dei dati.

Si dovrebbe parlare più semplicemente di tipi, e di logica del Web – e forse di Web Logico invece di Web Semantico?

Strutture di dati

L'informatica ha prodotto diversi modelli, tecniche e strumenti per la raccolta, organizzazione, conservazione, ricerca e aggiornamento dei dati.

Qualunque tecnologia informatica che si occupi di questi scopi prevede da qualche parte uno schema logico che, offrendo una rappresentazione più o meno fedele dell'ambito di applicazione (dominio) in cui è utilizzata, definisca quali sono le categorie – cioè i tipi di dati – pertinenti.

Definire gli schemi

I modelli e i formalismi per rappresentare la conoscenza ci sono; le tecnologie per usare le conoscenze rappresentate possono essere migliorate, ma anche queste ci sono già. Qual è allora l'ostacolo al Semantic Web?

La definizione degli schemi concettuali secondo cui rappresentare la conoscenza è l'ostacolo principale. In linea di principio, chiunque immetta informazione nel Web è libero di identificarla come preferisce: riciclando schemi di metadati già disponibili o inventandone di nuovi.

D'altro canto l'imposizione di uno "schema principe" da parte di qualche autorità non è ammissibile. Benchè questo sia un problema tendenzialmente trascurato dalla filosofia, a ben guardare meriterebbe attenta considerazione.

Gli standard

Il W3C ha definito una serie di standard per la rappresentazione di conoscenza nel Web (Semantico)

- ▶ Linguaggi: XML, RDF, OWL
- ▶ modelli: (XML-/RDF-)schemi, ontologie

Ma ha proposto poco o nulla circa l'uso delle conoscenze, cioè per il “ragionamento in rete”.

Interazione attraverso le ontologie

Scopo ultimo della adozione e diffusione delle ontologie per il Semantic Web è facilitare l'interoperabilità di servizi evoluti, complessi, disponibili attraverso il Web, sfruttando la forza lavoro degli agenti autonomi.

Come si usano le ontologie nel Web

Ad oggi l'uso delle ontologie direttamente nel Web è molto limitato. All'interno di sistemi appositamente progettati esse vengono utilizzate principalmente come interfacce per servizi (eventualmente affacciati al Web) secondo tre possibili composizioni:

- ▶ sola T-Box (ont. fondazionali)
- ▶ T-Box + DB
- ▶ ontologia completa (T-Box + A-Box)

Mappare un DB in una ontologia (sola T-Box)

[Punto di vista informatico] La mappatura di un DB (dei dati in esso contenuti) in una ontologia che fornisce accesso al DB stesso avviene attraverso delle *query* che realizzano le viste definite da ciascun elemento della T-Box.

Le query verso il DB vengono composte, in fase di costruzione, dai professionisti che sviluppano il sistema; la loro esecuzione avviene sulla richiesta dell'utente.

Reperire informazione in questo modo costringe a ridursi all'espressività del linguaggio d'interrogazione sul DB.

$\mathcal{O} \mapsto$ Database

[Punto di vista logico] Interpretazione di una ontologia (considerata come teoria del primo ordine) in un database, che ne offre l'insieme supporto M per i possibili modelli \mathcal{M}_i :
 $\mathcal{O} \mapsto M$ attraverso un insieme di funzioni (le query) per cui: ogni concetto C di \mathcal{O} viene interpretato nell'insieme di dati riportato dalla query $\phi(C)$; ogni relazione R è interpretata nell'insieme di coppie di dati riportato dalla query $\phi(R)$, proveniente da $M \times M$

Operazioni sulle ontologie, tra le ontologie

Esistono tantissime ontologie, già usate e diffuse nel Web, con qualche (rara) applicazione software in grado di servirsene. Nel momento in cui ci sono più ontologie diventa interessante poter confrontarle e fare operazioni su di esse. Le tipiche operazioni sono:

- ▶ Unione di ontologie
- ▶ Estrazione di moduli da ontologie
- ▶ Matching/mapping (tra ontologie)
- ▶ Merging (fusione)

Queste vengono principalmente eseguite in modalità manuale o semi-automatica; l'automazione delle attività sulle ontologie è il principale problema del Semantic Web.

Il mapping

L'operazione di *Matching/mapping* dovrebbe essere alla base del Semantic Web. Grazie ad essa un agente può:

1. partire da una ontologia a disposizione (quella in dotazione alla partenza o altre già “acquisite”)
2. individuare, all'interno di altre fonti informative descritte da ontologie, risorse compatibili con qualche tipo già noto
3. proseguire in questo processo di scoperta finché non rintraccia le risorse appropriate per soddisfare una richiesta dell'utente che lo ha avviato

Attualmente il mapping è studiato esclusivamente sulla T-Box, il livello intensionale, che per la sua natura concettuale sfugge ad una trattazione puramente matematica – il mapping viene fatto sulle etichette, non sulle risorse.

Limiti

Il limite fondamentale è dato dalle stesse etichette (i tag) con cui sono presentati i metadati.

Si usano i metadati per far comunicare strutture di dati differenti, per far viaggiare un agente dall'una all'altra. Ma affinché **A** e **B** – due schemi di metadati, due ontologie – possano comunicare servono altri metadati: praticamente i metadati dei metadati.

Anche se in questo caso non servono linguaggi di livello ancora superiore (valgono gli stessi RDF e OWL), qualcuno deve pur sempre scrivere la dichiarazione formale che permette di confrontare e tenere insieme i due schemi **A** e **B**.

La radice del problema: il linguaggio

Al fondo della necessità di scrivere in uno schema ontologico specificazioni del tipo $C \sqsubseteq D$ o $C \equiv D$ sta il fatto che gli oggetti a_i (dati o risorse) raccolti sotto un tipo C o D (cioè un concetto dell'ontologia) formano una classe in virtù del fatto che per ognuno vale $C(a_i)$ o $D(a_i)$. All'atto pratico ciò si realizza attraverso il *tagging* di ciascuna risorsa, con l'applicazione di un termine:

```
<cliente rdf:ID='Marco Romano' />
```

Che il termine identificatore appaia come `cliente` oppure `xy34z`, il suo valore rispetto ad altri termini-concetti come `utente` o `xy00z` è comunque tutto da dichiarare – eventualmente in un'altra ontologia.

Alternativa: la geometria

Un modo per aggirare questo problema irriducibile, connesso all'adozione del linguaggio – quale che esso sia – è abbandonare il linguaggio stesso per ricorrere a qualcosa di fondamentale, nel senso di non-costruito, non-convenzionale.

L'approccio geometrico sviluppato a partire dalla rilettura della Logica Classica offerta da J.Y. Girard – che ha portato alla Logica Lineare e poi alla Ludica – sembra l'ideale per proporre un nuovo modello di rappresentazione della conoscenza nel Web.

Geometria del Web

Un modello geometrico sarebbe più fedele alla struttura reticolare del Web e, in particolare, l'originale metodo di calcolo delle dimostrazioni in LL (attraverso reti di prova) merita di essere "testato" nel Web – soprattutto a fronte dell'assenza di standard per quanto riguarda l'uso (attraverso ragionatori) delle conoscenze rappresentate.

Le reti di prova potrebbero costituire lo strato di Logica previsto nella "Layer cake", fornendo lo strumento di presentazione delle dimostrazioni, in una forma che renderebbe anche agevole la composizione di più prove costruite in luoghi diversi nel Web.

Nuova interpretazione delle ontologie

Intanto, ciò su cui stiamo lavorando è l'interpretazione delle ontologie negli Spazi Coerenti – strutture matematiche utilizzate inizialmente da Girard per definire la semantica di LL.

- ▶ Le ontologie vengono ad essere così degli Spazi di elementi compatibili
- ▶ particolari aggregazioni di elementi compatibili corrispondono ai concetti
- ▶ i concetti e le intere ontologie vengono rappresentati come grafi dove conta solamente la compatibilità dei punti (cioè le loro connessioni) – nessuna “etichetta” da interpretare

Più formalmente

Interpretazione di una ontologia \mathcal{O} come Spazio coerente \mathcal{S} : la trama di \mathcal{S} è data dall'insieme $|\mathcal{S}| = M \cup M^2$, dove M è il supporto offerto dai dati raccolti in un DB.

Concetti e relazioni di \mathcal{O} sono interpretati in \mathcal{S} attraverso la funzione ψ , così che si abbia $\psi(C) \subseteq M$ e $\psi(R) \subseteq M^2$ rispettivamente.

Eventuali individui della A-Box saranno resi con $\psi(a) \in M$

Da Spazi coerenti a grafi

L'intera ontologia si riduce al *web* dello spazio coerente, cioè la rete i cui nodi corrispondono agli elementi della trama $|\mathcal{S}|$ e gli archi alle relazioni di compatibilità tra i punti di questa, connessioni che registriamo come $x \circlearrowleft y$.

Il grafo dell'ontologia è dato dalla trama $|\mathcal{S}|$ munita della relazione di compatibilità tra i suoi punti.

Due punti del grafo sono connessi sse corrispondono ad elementi (o coppie di elementi) che soddisfano uno stesso concetto (o relazione) di \mathcal{O} :

$$x \circlearrowleft y \text{ sse } \exists i \ x, y \in \psi(P_i)$$

Mapping tra Spazi coerenti - 1/3

Definiamo la funzione di *mapping* \mathbf{M} come

$$\mathbf{M} : \mathcal{S} \mapsto \mathcal{S}'$$

\mathbf{M} associa ad un concetto C di \mathcal{O} (cioè ad un sottoinsieme finito qualunque dello spazio coerente \mathcal{S} in cui \mathcal{O} è interpretata) un concetto C' di \mathcal{O}' nello spazio coerente \mathcal{S}' .

Mapping tra Spazi coerenti - 2/3

M è crescente:

$$C \subseteq D \sqsubseteq S \Rightarrow \mathbf{M}(C) \subseteq \mathbf{M}(D) \sqsubseteq S'$$

e continua:

$$\mathbf{M}\left(\bigcup_{i \in I}^{\uparrow} C_i\right) = \bigcup_{i \in I}^{\uparrow} \mathbf{M}(C_i)$$

con C_i approssimanti del concetto C , così che $C' = \mathbf{M}(\lim C)$.
 Quando C' è un concetto già specificato in \mathcal{O}' si può registrare l'equivalenza tra i termini che designano C e C' . Il mapping abitualmente considerato tra ontologie diventa così un caso particolare della funzione **M**.

Mapping tra Spazi coerenti - 3/3

M è anche stabile:

$$C \cup D \sqsubseteq S \Rightarrow \mathbf{M}(C \cap D) = \mathbf{M}(C) \cap \mathbf{M}(D)$$

M permette di proiettare da un'ontologia all'altra anche i rapporti sussistenti – specificati negli assiomi – tra ciascun concetto mappato e gli altri concetti appartenenti alla “sua stessa” ontologia.

Pro e contro

Pro:

- ▶ si passa da insiemi di oggetti etichettati a grafi
- ▶ si definisce l'operazione di Mapping come funzione stabile su Spazi coerenti
- ▶ l'estrazione di moduli appare intuitivamente molto più semplice
- ▶ in generale, le operazioni tra ontologie possono essere descritte restando nel modello geometrico
- ▶ soprattutto: si lavora sul solo livello estensionale

Contro:

- ▶ si appiattisce la profondità delle scelte descrittive evidenti nelle ontologie

Prossimi passi

- ▶ Analizzare esaustivamente vantaggi e svantaggi dell'interpretazione delle ontologie in Spazi coerenti
- ▶ Lavorare sulla costruzione dei grafi, in particolare per ontologie non collegate ad alcun DB (grafi minimi)
- ▶ Ragionare su come “salvare” nei grafi i concetti delle ontologie e le loro specifiche
- ▶ Considerare l'interrogazione di una ontologia in forma di Spazio coerente

Più avanti

L'ingresso della Ludica appare promettente per dare corpo alla nozione di compatibilità:

- ▶ operare concretamente il Matching/mapping delle ontologie (la funzione **M** è interessante per descrivere)
- ▶ impostare scenari di interazione tra agenti artificiali
- ▶ generare ontologie bottom-up