



Laboratory for Applied Ontology

Institute of Cognitive Science and Technology
 Italian National Research Council

Introduzione all'Intelligenza Artificiale

Lezione 5 - Il problema della rappresentazione


Nicola Guarino
 Laboratorio di Ontologia Applicata (LOA)
 Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione (ISTC-CNR)
 Trento, Italy

www.loa.cnr.it

Il problema della rappresentazione

- il principio di razionalità costituisce una sorta di *equazione funzionale* per la conoscenza:

$$\text{comportamento_razionale} = f(\text{conoscenza}).$$
- Il problema della rappresentazione è quello di realizzare sistemi simbolici che siano soluzioni di tale equazione.




Introduzione AI, Borgo - Guarino

2

Un approccio interdisciplinare al problema della rappresentazione

	Uomo	Computer
Linguaggio		
Contenuto		

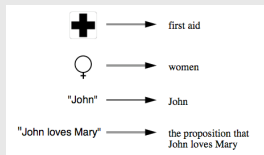


Introduzione AI, Borgo - Guarino

3

Segni e contenuti

- Tipi di segni in Peirce:
 - icone: associazione *analogica*
 - indici: associazione *causale*
 - simboli: associazione *convenzionale*

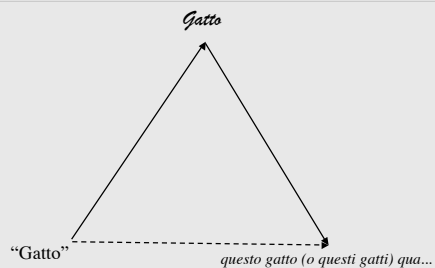


Segni e concetti

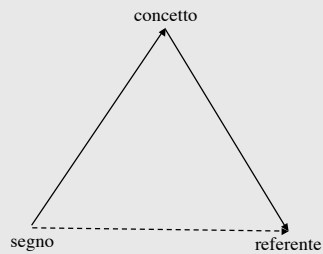
- Memoria episodica e memoria semantica
 - la conoscenza può riguardare sia fatti particolari che principi (*concetti*) generali
- Ma cos'è un *concetto*?
- Che significa rappresentare un concetto?



Il triangolo del significato - 1



Il triangolo del significato - 2



Introduzione AI, Borgo - Guarino

7

Intensione ed estensione


- Intensione: parte del significato che corrisponde a principi generali, alle regole da utilizzare per il riferimento (tipicamente *astrazioni* dall'esperienza)
- Estensione: parte del significato che corrisponde all'effettivo riferimento
- E' solo se si possiede il **concetto** associato al **segno** "cavallo" (l'intensione) che si e' in grado di **interpretare** correttamente questo segno nelle varie **situazioni**
- Il risultato di tale interpretazione e' il **referente** del segno
- L'interpretazione e' un atto (piu' o meno *intenzionale*) **situato in un contesto (es. percettivo)**



Introduzione AI, Borgo - Guarino

8

Un esempio: il concetto di *rosso*

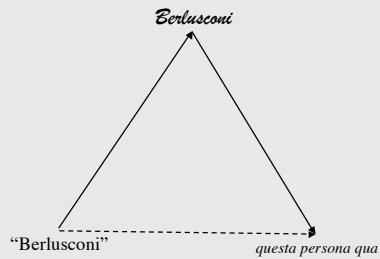
		→	1, 0
		→	0, 1
		→	1, 1
		→	0, 0



Introduzione AI, Borgo - Guarino

9

Il triangolo del significato - 3



Introduzione AI, Borgo - Guarino

10

Ancora su intensione ed estensione

- Possono esistere concetti di estensione nulla
 - quadrato rotondo, unicorno, pace...?
- Possono esistere concetti di diversa intensione e uguale estensione
 - triangolo equilatero e triangolo equiangolo
 - presidente del consiglio e presidente del Milan (*descrizioni definite*)
 - stella del mattino e stella della sera...
- Il ragionamento sulle intensioni non dipende dall'osservazione del mondo esterno



Introduzione AI, Borgo - Guarino

11

Concetti e relazioni concettuali

- I concetti descrivono anche **relazioni** (non solo **proprietà**)
 - *amico-di, padre-di, residente-a* oltre a *persona o città*
- Generalizzando, si può parlare di relazioni
 - *unarie*
 - *binarie*
 - *n-arie*
- Queste relazioni sono da intendersi in senso algebrico (insiemi di n-uple)!
- Si tratta di **relazioni concettuali** (o *intensionali*), la cui *estensione* è un'insieme di n-uple.



Introduzione AI, Borgo - Guarino

12

Dall'esperienza alla concettualizzazione

Conceptualization C
(relevant invariants across situations: D, R)

D : dominio cognitivo
 R : insieme delle *relazioni concettuali*

Introduzione AI, Borgo - Guarino 13

Cos'è una concettualizzazione? Un approccio cognitivo

- Humans isolate **relevant invariances** from physical reality (quality distributions) on the basis of:
 - Perception (as resulting from evolution)
 - Cognition and cultural experience
 - Language
- A set of **atomic stimuli** (input pattern) is associated to each situation
- Synchronic level: **spatial invariants**
 - Unity properties are **ascribed** to input patterns: topological and morphological wholes (*percepts*) emerge
- Diachronic level: **temporal invariants**
 - Objects**: equivalence relationships among input patterns belonging to different situations
 - Events**: unity properties are ascribed to **percepts** patterns belonging to different situations

Introduzione AI, Borgo - Guarino 14

I primi passi della rappresentazione

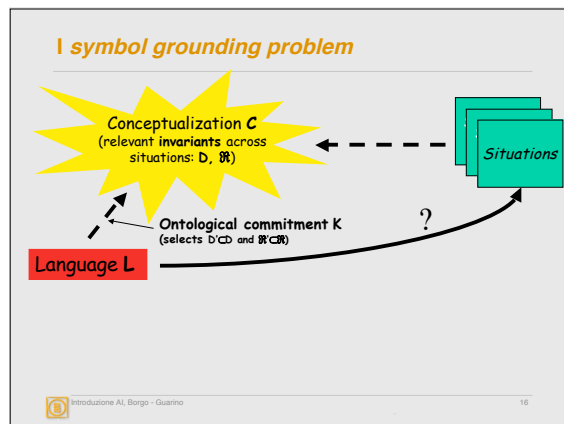
Conceptualization C
(relevant invariants across situations: D, R)

Language L

Ontological commitment K
(selects D and R)

- Scelta del **dominio del discorso**
- Scelta delle relazioni concettuali **rilevanti** per tale dominio
- Scelta delle relazioni **primitive** (*figlio* vs. *parente* o *antenato*)
- Scelta dei simboli da adottare (*costanti* e *predicati*)

Introduzione AI, Borgo - Guarino 15



Conoscenza esplicita e conoscenza compilata

- Per agire non sempre e' necessario *pensare*...
- Gli esperti (re)agiscono "automaticamente"
- Vantaggi della rappresentazione esplicita
 - task "open-ended"
 - Spiegazione e giustificazione del comportamento
 - Incluso il ragionamento!
 - Possibilita' di correggere facilmente errori
 - Il cielo non e' giallo, e' azzurro...
 - Estensibilita'
 - "penetrabilita' cognitiva" (Pylyshyn)
 - abilita' di assimilare asserzioni
 - e di modificare le proprie azioni in base a tali asserzioni
 - es: eccezioni...
- Confronto con le macchine connessioniste
 - I simboli, se ci sono, non vengono utilizzati *in quanto tali*...
 - Conoscenza compilata

Introduzione AI, Borgo - Guarino 17

Adeguatezza di un formalismo di KR

- adeguatezza espressiva: la capacita' di rappresentare tutti i tipi di conoscenza necessari.
 - (ad esempio: conoscenza incompleta, conoscenza intensionale..., conoscenza temporale)
- adeguatezza inferenziale: la capacita' di ricavare nuova conoscenza a partire da quella data
- adeguatezza cognitiva: trasparenza rispetto ai processi cognitivi propri dell'uomo
- adeguatezza ontologica:
 - capacita' di distinguere tra aspetti che hanno una natura diversa (*Giorgio e' alto, Giorgio e' una persona*)
 - capacita' di riflettere "il mondo vero"...

Introduzione AI, Borgo - Guarino 18

Efficienza di un formalismo di KR

- Del **meccanismo di inferenza**: la capacità di utilizzare conoscenze specifiche in modo da indirizzare il processo di inferenza verso la strategia più promettente.
- Del processo di **acquisizione della conoscenza**: la capacità di "assimilare" facilmente nuove informazioni, nonché di modificare quelle in proprio possesso.



Complessità computazionale di un formalismo di KR

- **Decidibilità**: la possibilità di fare inferenze (fornire risposte) entro un tempo finito.
- **Trattabilità**: la capacità di utilizzare risorse (di tempo o di memoria) che varino in modo controllabile rispetto al variare delle dimensioni della base di conoscenza.



L'approccio logicista alla rappresentazione della conoscenza

Logica e rappresentazione della conoscenza

- Logica come "scienza"
 - studio dell'argomentazione valida
 - teoria della prova (o dell'implicazione)
 - teoria dei modelli (strutture matematiche)
- Logica come *strumento* di analisi e unificazione di sistemi diversi
- Logica come *strumento di specifica*
- Logica come *linguaggio di programmazione*



I vantaggi della logica per la rappresentazione della conoscenza

- Interpretazione formale rigorosa
- Adeguatezza espressiva elevata, grazie soprattutto alla *negazione*, alla *disgiunzione* e alla *quantificazione esistenziale*:
 - "il potere espressivo della logica determina non tanto ciò che può essere detto, quanto ciò che può essere lasciato non detto"
- Possibilità di interpretazione procedurale
- Modularità "fine"
- Potente meccanismo di inferenza



Problematiche dell'approccio logicista

- Il sogno del "naive physics manifesto"
 - con una buona assiomatizzazione, si riesce a dedurre tutto quello che serve
- Limiti dell'assiomatizzazione logica
 - I problemi dell'implicazione materiale
- Assenza di *strutturazione*
- Limiti del ragionamento deduttivo
 - Le regole di inferenza dicono cosa si può fare, non cosa si deve fare ad ogni passo...
 - La logica è rigidamente monotona
 - Una contraddizione locale rende possibile qualunque deduzione
 - La deduzione non rende conto di meccanismi fondamentali del ragionamento umano
 - rilevanza/plausibilità dell'evidenza e delle conclusioni
 - Il processo di acquisizione di nuove evidenze
 - la soluzione di potenziali conflitti dovuti a microteorie localmente consistenti



Adeguatezza cognitiva della logica

- Minsky: la logica e' piu' adatta a verificare e a confermare i risultati di un ragionamento umano che a simulare il ragionamento stesso
 - come una grammatica: ci dice se una frase e' corretta, ma non ci aiuta a decidere quale frase pronunciare...
 - Per questa sua qualita', e' comunque molto utile per *progettare e analizzare* una macchina intelligente
- Il problema dell'*onniscienza logica*:
 - Catene infinite di deduzioni (in contrasto con la limitatezza delle risorse di un umano)
 - Presenza di deduzioni irrilevanti



I sistemi esperti

Una definizione preliminare

- "I sistemi esperti sono sofisticati programmi che manipolano la conoscenza per risolvere problemi in modo efficiente ed efficace in una ristretta area applicativa. Come gli esperti umani, tali programmi utilizzano regole pratiche (euristiche) per ricavare soluzioni" (Waterman 86)
- Un esperto è una persona che, per educazione ed esperienza, è capace di fare (bene) cose che la maggioranza delle persone non è capace di fare.
 - risolvere problemi rapidamente, senza disperdersi in particolari irrilevanti
 - sfruttare sia le proprie conoscenze generali che la propria esperienza
 - motivare e giustificare il proprio comportamento
 - apprendere nuova conoscenza
 - ristrutturare la propria conoscenza a seconda del particolare problema
 - distinguere tra regole ed eccezioni
 - essere cosciente dei propri limiti
 - dare utili suggerimenti anche in situazioni leggermente al di fuori del proprio ambito di competenza ("graceful degradation")



I principi ispiratori di un sistema esperto (Waterman)

- CREDO
 - In the knowledge lies the power.
 - The knowledge is often inexact, incomplete.
 - The knowledge is often ill-specified.
 - Amateurs become expert incrementally.
 - Expert systems need to be flexible.
 - Expert systems need to be transparent.
- ARCHITECTURAL PRINCIPLES
 - Separate the inference engine and the knowledge base.
 - Use as uniform a representation as possible.
 - Keep the inference engine simple.
 - Exploit redundancy.