

Reti Semantiche

Chiara Mannari

Seminario di Elaborazione del linguaggio naturale AA2007/2008

Indice

1. Introduzione: che cosa sono le reti semantiche, l'albero di Porfirio, campi di applicazione.
2. Il *memory model* di Quillian, 1968.
3. *What's in a link* di Woods, 1975.
4. *KL-ONE* Brachman, 1979.
5. Limite delle reti semantiche.

Introduzione

Che cos'è una rete semantica

- Un mezzo per rappresentare la conoscenza.
- Uno schema per la rappresentazione della conoscenza di un sistema di Intelligenza Artificiale diffuso tra gli anni '60 e '70.
- Un formalismo di tipo **dichiarativo**.
 - Approccio dichiarativo (reti semantiche, frame)
 - Descrivere ciò che la base di conoscenza sa
 - Chiedere alla base di conoscenza di dedurre nuove conoscenze e azioni da ciò che sa
 - Approccio procedurale (sistemi a regole, logica primo ordine)
 - Descrivere i passi per risolvere un problema
 - Eseguire i passi

Nodi e archi

Dal punto di vista formale, una rete semantica è una struttura reticolare costituita da nodi e archi.

- I **nodi** rappresentano oggetti, concetti o eventi.
- Gli **archi** rappresentano relazioni di vario tipo tra i nodi.

L'albero di Porfirio

La più antica rete semantica conosciuta fu disegnata nel III secolo A.C. dal filosofo greco Porfirio. Si tratta della rappresentazione grafica delle categorie di Aristotele (IV sec.)

Costituisce il nucleo di tutte le gerarchie moderne usate per rappresentare tipi di concetti.

Proprietà fondamentale: **ereditarietà**

es. Il genere dei viventi eredita la proprietà di sostanza materiale dalla superclasse corpo e aggiunge rispetto ad esso la differenza animato

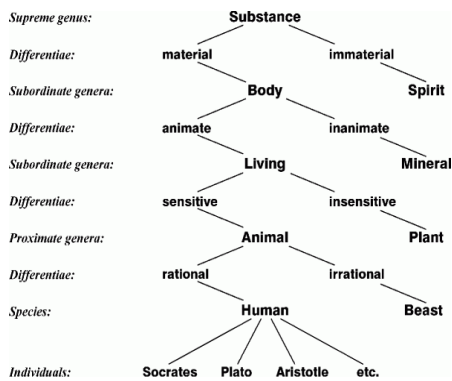


Fig.1 -Versione dell'arbor porphyrii attribuita a Petrus Hispanus, Tractatus XIII secolo

Campi di applicazione

- Nelle applicazioni di **Intelligenza artificiale** rappresentano la memoria di lavoro di sistemi a regole o la base di conoscenza di sistemi esperti.
- Sono da sempre utilizzate dalla **filosofia, psicologia e linguistica**.
- In particolare, la **linguistica computazionale** è interessata a trovare un'organizzazione globale del lessico in classi collegate l'una all'altra, in modo da rappresentare i significati delle parole per migliorare i sistemi di elaborazione del linguaggio naturale.

Il Memory Model

Quillian 1968

La componente sintattica

10

Le teorie linguistiche del tempo, fondate sugli studi di Chomsky sulla grammatica generativa, concentravano la loro attenzione sulla componente sintattica della lingua.

I linguisti analizzavano il linguaggio come l'applicazione di regole formali, queste regole si basavano minimamente sul lessico.

I risultati erano che i molti programmi scritti allo scopo di elaborare il linguaggio naturale, generavano frasi sintatticamente grammaticali ma i cui significati erano o casuali o dipendevano da restrizioni imposte dai programmatori.

La grammatica generativa è una componente basilare di un modello, ma non costituisce da sola il modello.

La componente semantica

11

Quillian comprende che gli studi di Chomsky sulla sintassi non sono sufficienti a capire il linguaggio naturale, servono anche studi sulla semantica.

Si pone delle domande

- Com'è organizzata l'informazione semantica nella memoria di una persona?
- Che tipo di formato di rappresentazione permette di immagazzinare i significati delle parole, in modo che sia possibile l'uso di questi significati da parte degli esseri umani?

Il suo intento è quello di catturare in una **rappresentazione formale** la parte 'oggettiva' dei significati delle parole, **allo stesso modo in cui è possibile l'uso di questi significati da parte degli esseri umani.**

Il memory model

12

Memory model = modello di struttura della memoria che una persona mette in campo nella comunicazione quotidiana.

Il modello intende simulare i comportamenti umani.

Due compiti:

1. Confrontare i significati di due parole inglesi di uso comune.
2. Descrivere l'organizzazione generale della memoria umana a partire dall'osservazione del comportamento di un lettore alle prese con la comprensione di un testo.

Primo task

13

Confrontare i significati di due parole inglesi.

- Il programma riceve in input due parole inglesi di uso comune, trova informazione semantica rilevante all'interno del modello di memoria, trae inferenze su queste basi e successivamente trova varie relazioni tra i significati delle due parole. Alla fine crea testo inglese per esprimere sue conclusioni.

Secondo task

14

Descrivere l'organizzazione della memoria umana a partire dall'osservazione del comportamento del lettore.

- Capire come il soggetto costruisce la rappresentazione del significato del testo.
- Comprendere un testo significa riconoscere le strutture delle relazioni tra le parole, riconoscere i referenti per i pronomi, e per altre parole usate anaforicamente e individuare il senso più appropriato per le parole con più significati.

La rete semantica

15

Il *memory model* è una massa di nodi interconnessi da diversi tipi di legami associativi.

- **Nodo** à rappresenta una parola inglese.
- **Link** à collegamento tra le parole.
- **Piano** à è formato da nodi e *link* e costituisce un significato, una **definizione**.

La rete riflette fedelmente l'organizzazione tradizionale di un **dizionario**, in cui le definizioni sono costituite da **sequenze di parole**, definite a loro volta da altre sequenze di parole.

Non c'è alcuna gerarchia predeterminata di classi o sottoclassi: ogni parola è il capostipite della propria gerarchia, ogni parola giace in varie posizioni sottostanti all'interno delle singole gerarchie di moltissimi altri concetti.

Nodi type e token

16

Ogni piano è costituito da due tipi di nodi:

- **Nodo type** à rappresenta la parola che sta a capo del piano, il cui significato è rappresentato nel piano. È raffigurato graficamente con un'ellissi.
- **Nodo token** à rappresenta una parola utilizzata per la definizione del nodo *type*.

Per ogni significato di una parola (o piano) c'è nella memoria uno e un solo *type* ma ci sono molti *token* sparsi qua e là, ciascuno con un indicatore che porta sempre allo stesso e unico *type* come concetto.

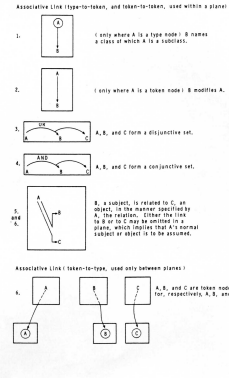
Es. Fig.3 *Plant* nel primo riquadro, *Plant 2* nel secondo e *Plant 3* nel terzo sono nodi *type*, *Food* è un nodo *token* nel primo riquadro, Fig.4 *food* è un nodo *type*.

Tipi di link

17

I puntatori all'interno di ogni piano formano la struttura della definizione. Sono di diversi tipi:

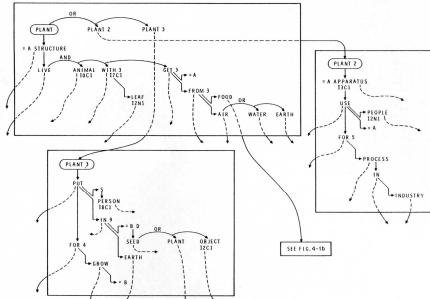
1. **Sottoclasse** $\hat{=}$ collegano un nodo al suo superconcetto (es. fig3 *Piantare* è sottoclasse di *mettere*)
2. **Modificatore** $\hat{=}$ ogni parola o frase usata avverbialmente o aggettivamente impone l'uso di un indicatore di modifica.
3. **Disgiunzione** $\hat{=}$ i significati multipli e ogni frase disgiuntiva (es. fig3 *'aria,acqua o terra'*) richiedono la formazione di un insieme disgiuntivo.
4. **Congiunzione** $\hat{=}$ ogni parola può avere dei modificatori che formano un insieme congiuntivo. (es *'la casa vecchia e rossa'*)
5. **Classe aperta** $\hat{=}$ le parole tra loro formano relazioni di diverso tipo, non c'è modo di specificare in anticipo tutte le relazioni possibili, una classe aperta risolve il problema delle relazioni. (es. Fig3 i link paralleli: da 'uso' a 'persona' indica il soggetto, da 'uso' a '=a' indica l'oggetto)
6. **Esterno** $\hat{=}$ ogni nodo token ha un collegamento esterno, che punta a un altro piano, in cui è definito il suo type.



18

Fig.2 - Tipi di link

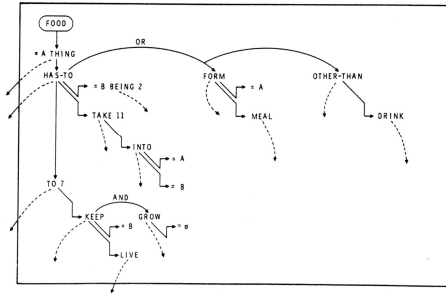
PLANT: 1. Living structure which is not an animal, frequently with leaves, getting its food from air, water, earth.
2. Resources used for any process in industry.
3. Fuel (wood, plant, etc.) in earth for growth.



19

Fig.3 - Tre piani che rappresentano i tre significati di plant

FOOD: 1. That which living being has to take in to keep it living and for growth. Things forming meals, especially other than drink.



20

Fig.4 - Il piano che rappresenta food

Simboli parametrici

21

Certi nodi che giacciono nel piano di definizione di un dato *type* sono parametri variabili. Il valore del parametro può essere stabilito solo quando la parola è usata nel testo.

I simboli parametrici sono di tre tipi:

S à soggetto

D à oggetto

M à modificatore diretto

Es. Fig.3 'person' è soggetto di 'plant', 'seed' è oggetto di 'plant'

Full word concept

22

Un *full word concept* include tutti i *nodi type* e i *token* che il programma può raggiungere partendo da un *type* iniziale, o capostipite, muovendosi dapprima dentro il suo immediato piano di definizione verso tutti i *token* che può trovarvi, e poi verso tutti i *token* in ciascuno dei piani di definizione immediata, e così via sino a che ogni *token*, e ogni *type* che essi possono raggiungere in questo processo, sono stati toccati almeno una volta.

Clue-words: associate ai simboli parametrici forniscono informazione intorno a ciò con cui il concetto è supponibile combinarsi quando le parole sono usate nel testo.

What's in a link

Woods 1975

Dopo Quillian

24

I vari sistemi a rete semantica che seguirono il modello di Quillian erano quanto di più eterogeneo si possa immaginare.

I nodi e gli archi delle reti venivano utilizzati per rappresentare di volta in volta fatti, predicati, classi, eventi, proposizioni, relazioni, singoli individui, senza che queste differenze d'uso si rispecchiassero in corrispondenti distinzioni sintattiche nel formalismo.

Gli autori delle reti concentrarono i propri studi su orientamenti diversi (approccio linguistico, cognitivo, psicologico) oppure sulla definizione di singoli aspetti (lavori sulle strutture dei casi linguistici, sui nodi verbali..)*

*Per saperne di più, si veda Brachman [1980]

Teoria sulle reti semantiche

25

Woods sostiene che 'ci dev'essere una notazione per rappresentare i significati delle frasi nella mente, che non è semplicemente una codifica diretta della sequenza delle parole.'

Le reti semantiche sono le candidate al ruolo di rappresentazione dei significati.

In un singolo meccanismo permettono di:

- Immagazzinare la conoscenza.
- Rappresentare le associazioni fatte dagli esseri umani.

Punto di partenza: 'non esiste attualmente alcuna teoria sulle reti semantiche'.

Sintassi e semantica delle reti semantiche

26

Il compito che si propone è quello di analizzare la **semantica delle reti semantiche** stesse.

Quando si progetta una rete semantica, è necessario non solo specificare i tipi di nodi e collegamenti che possono essere usati e le regole per le possibili combinazioni (sintassi delle reti semantiche).

Si deve anche specificare la rilevanza dei vari tipi di link e di strutture, cioè che cosa stanno a significare (semantica delle reti semantiche).

Il linguista e il filosofo

27

Che cos'è la semantica?

Il linguista:

- è interessato al fatto che una frase può avere più significati, come può non averne nessuno.
- Vuole trovare una notazione con cui esprimere i diversi significati di una frase e le procedure per determinare se la frase è anomala (cioè se non ha significato).

Il filosofo:

- è interessato a determinare quando un'espressione nella notazione è vera e quando è falsa.
- È interessato a specificare il significato di una notazione formale, più che un linguaggio naturale.
- Si ferma all'individuazione della semantica delle proposizioni atomiche di base, che consistono in predicato e argomento (es. "Socrate è mortale").

Semantica procedurale

28

Teorici dei linguaggi di programmazione e ricercatori in intelligenza artificiale:

- affrontano la necessità di specificare la semantica delle proposizioni complesse, come i filosofi, ma anche di quelle elementari attraverso procedure o funzioni che assegnano valori di verità alle proposizioni atomiche.
- Devono avere una visione più globale della semantica del linguaggio, rispetto a quella del linguista o del filosofo.
- Sono avvantaggiati rispetto ai filosofi e ai linguisti, infatti le loro specificazioni semantiche poggiano su un terreno più saldo, in quanto sono definite in rapporto alle procedure che la macchina deve eseguire.

Interpretazione intensionale dei costrutti delle reti semantiche

29

Necessità di una interpretazione intensionale dei costrutti delle reti semantiche.

- Estensione \hat{a} è l'insieme degli oggetti nel mondo a cui un concetto può essere applicato.
- Intensione \hat{a} è un'entità astratta che caratterizza le proprietà e gli attributi usati per specificare la semantica di un concetto.

Nelle applicazioni di intelligenza artificiale, non è sufficiente che le intensioni siano considerate semplici entità astratte, piuttosto dovrebbero esserci alcune rappresentazioni ben definite nella rappresentazione semantica interna.

La coppia attributo-valore

30

La coppia **attributo-valore** è uno standard per molte applicazioni basate sulle reti semantiche: informazioni su un oggetto possono essere sistemate in una lista di proprietà dell'oggetto, specificando coppie attributo-valore.

Rappresentazione della frase "John is height six feet, his hair is brown, he is a scientist"

John

Height	6 feet
Haircolor	brown
Occupation	scientist

Problemi della coppia attributo-valore

31

"John is greater than six feet"

John

Height	greater than 6 feet
--------	---------------------

In questo caso il secondo elemento della coppia attributo-valore non è un nome o un puntatore a un valore, ma è piuttosto un predicato che si assume sia vero.

Problemi della coppia attributo-valore (2)

32

"John's height is greater than Sue's"

John

Height	greater than Sue's height
--------	---------------------------

Ma cosa ha a che fare il riferimento all'altezza di Sue dentro a questo predicato con il modo in cui rappresentiamo l'altezza di John?

Altri metodi di rappresentazione

HEIGHT (JOHN) > HEIGHT (SUE)

Ma questa rappresentazione si distacca da quella attributo-valore adottata dai sistemi a rete semantica.

Nodi intensionali

33

Possibile soluzione



Anche se le altezze sono la stessa cosa, i due oggetti intensionali (l'altezza di John e quella di Sue) sono diversi.

I nodi intensionali sono stati creati per rappresentare i concetti dell'altezza di John e di quella di Sue. L'informazione supplementare, cioè il fatto che una è maggiore dell'altra, non è una proprietà, è piuttosto un'affermazione separata, che è vera per questi due nodi.

Relazioni arbitrarie tra nodi

34

"John hit Mary"



"John is height six feet. He hit Mary"



In questo modo la semantica della notazione è cambiata di nuovo. I nomi dei *link* non sono più attributi del nodo, ma piuttosto **relazioni arbitrarie** tra un nodo e un altro.

È necessaria un'indicazione sul fatto che questi due *link* sono di tipo diverso e devono essere trattati in modo diverso dai procedimenti che fanno inferenze nella rete.

Rappresentazione dei casi

35

"John sold Mary a book"

John è l'agente dell'azione (AGT)

Mary è il ricevente dell'azione (RECIPIENT)

Book è l'oggetto dell'azione (PAT)



Il primo elemento (sell) rappresenta l'apice del nodo e le restanti coppie attributo-valore sono predicati che sono veri per tale nodo.

Ma in questo modo non vengono definite chiaramente le caratteristiche del verbo vendere, ma piuttosto una descrizione di un caso particolare di vendita.

Asserzioni

36

S13472



In questo modo S13472 è un identificatore univoco che sta all'apice del nodo che rappresenta questo caso di vendita, *sell* adesso è all'interno del nodo, reso come concetto di *selling*.

Istanza di S13472: 'sono un'istanza di John che vende un libro a Mary' oppure 'sono un'istanza di vendere il cui agente è John, il ricevente Mary e il paziente è book'

Link asserzionali - Link strutturali

37

I nodi *John* e *S13472* sono di natura diversa.

- *John* ha un significato a priori indipendente dall'azione dell'*hitting* o del *selling*. Istanza: 'Sono il ragazzo che lavora al terzo piano ...'
- *S13472* non ha altro significato eccetto quello che è stabilito in virtù dei legami strutturali che ha con altri nodi.

Anche i *link* sono di tipo diverso.

- *Hit* è un **link asserzionale**: la sua presenza nella rete rappresenta un'affermazione circa i due nodi che connette.
- *Verb, agt, recip, pat* sono **link strutturali**: configurano parte della proposizione rappresentata dal nodo *S13472* e nessun singolo *link* ha un'importanza asserzionale di per sé, sono strutturali (o definizionali) nel senso che costituiscono la definizione del significato del nodo.

Movimento del rigore

38

- Woods ha trattato anche le questioni delle frasi relative, dei quantificatori, delle frasi complesse.
- I problemi sulla definizione di link asserzionali e strutturali non si possono risolvere a livello di semantica delle reti semantiche, ma sono questioni più inerenti alla materia della rappresentazione della conoscenza.
- L'articolo di Woods ha sollevato una serie di problemi piuttosto che offrire vere e proprie soluzioni.
- Il merito è quello di aver dato inizio ad una sorta di 'movimento del rigore' nelle reti semantiche.

KL-ONE

Brachman 1980

Isolamento degli elementi primitivi

40

Brachman, nell'articolo *On the epistemological status of semantic networks* passa in rassegna i vari modelli di rete semantica proposti nel corso degli anni.

- Quello che hanno in comune tutte le reti semantiche, cioè il fatto di essere costituite da nodi e *link*, si manifesta a livello descrittivo.
- C'è invece un **isolamento degli elementi primitivi**.

Gli elementi primitivi sono il tipo di nodi e di archi che costituiscono la rete, sono quelle cose che l'interprete della rete deve conoscere a priori.

Non c'è un insieme che valga per tutte le reti semantiche: per ogni linguaggio c'è un set di elementi primitivi che solitamente non sono spiegati esplicitamente nel linguaggio della rete stessa.

I 4 livelli

41

Dall'analisi dei vari tipi di nodi e link utilizzati dai formalismi proposti, Brachman estrae 4 livelli:

1. **Implementativo** è il livello più basso, nel quale i collegamenti sono semplici puntatori e i nodi sono le destinazioni. Gli elementi della rete non hanno importanza nella determinazione della struttura della conoscenza, sono considerati solo una struttura di dati su cui costruire forme logiche.
2. **Logico** la rete è vista come un set di elementi primitivi logici: i nodi sono predicati e proposizioni, i *link* sono relazioni logiche. (es *e*, *è sottoinsieme*, *esiste*).
3. **Concettuale** è un livello indipendente dalla lingua, i cui elementi primitivi sono i significati delle parole e le relazioni tra i casi. I link sono relazioni semantiche o concettuali. (es. *agente*, *ricevente*, *strumento*)
4. **Linguistico** dipende dalla lingua, i link rappresentano relazioni arbitrarie ed espressioni particolari di una lingua.

Livello epistemologico

42

Esiste un quinto livello, che sta tra quello logico e quello concettuale.

È il **livello epistemologico**, che permette la definizione formale degli elementi primitivi delle strutture di conoscenza.

Si occupa di stabilire la struttura formale e le relazioni tra le unità concettuali.

Spiega il significato dei casi, che verranno poi trattati nel livello superiore (concettuale).

È a questo livello che è trattata la proprietà fondamentale delle reti semantiche: l'ereditarietà.

Nozioni universali

43

Criteri per giudicare la validità e l'utilità di una rete semantica.

- **Autonomia dei livelli** il formalismo deve cercare il più possibile di non mischiare elementi appartenenti a livelli diversi.
- **Adeguatezza** nel trattare il compito che gli spetta.
- **Semantica esplicita** ogni elemento e la relativa funzione, deve essere spiegato.

KL-ONE

44

▫ **KL-ONE** (*Knowledge Language One*) è un modello di rete semantica che fa parte di *SI-Nets* (*Structured Inheritance Networks*), una classe di linguaggi di reti che si basa su un piccolo insieme di elementi primitivi predefiniti a livello epistemologico.

Gli elementi base del sistema **KL-ONE** sono i **concetti**.

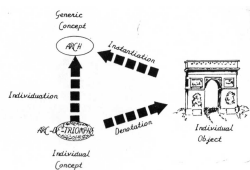
- Sono usati per rappresentare oggetti, attributi e relazioni del dominio che viene modellato.
- Ciascun concetto è rappresentato da un nodo della rete, ed è descritto per mezzo degli archi che lo connettono ad altri costrutti della rete semantica.

Concetti generici e individuali

45

- I **concetti generici** rappresentano classi di individui tramite descrizioni delle caratteristiche di un membro appartenente a una classe.
- I **concetti individuali** rappresentano oggetti individuali, relazioni e altro attraverso l'individuazione di concetti più generali.

Es. L'arco di Trionfo è un'istanza del concetto generico 'arco'.
Il concetto individuale che denota l'arco di Trionfo individua il concetto 'arco'.



Ruoli

46

Gli oggetti nel mondo hanno strutture relazionali complesse.

I **Ruoli** sono un tipo speciale di entità epistemologica che, rappresentando le relazioni tra i concetti generici, contribuisce alla rappresentazione di tali concetti.

Sono ad esempio le parti di un tutto (*le dita in una mano*), attributi insiti in un oggetto (*il colore*), i casi del verbo in una frase (es. *agente, paziente*)

Graficamente un ruolo è rappresentato da un arco orientato contrassegnato con un quadrato inscritto in un cerchio, ed etichettato col nome del ruolo stesso.

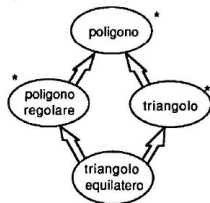
Superconcetti

47

Un concetto è sussunto da un altro se è meno generale, vale a dire, se tutte le istanze del primo sono sempre anche istanze del secondo.

Un sottoconcetto rappresenta un'estensione di un concetto più generale.

Ogni concetto generico può essere sussunto da più di un concetto.

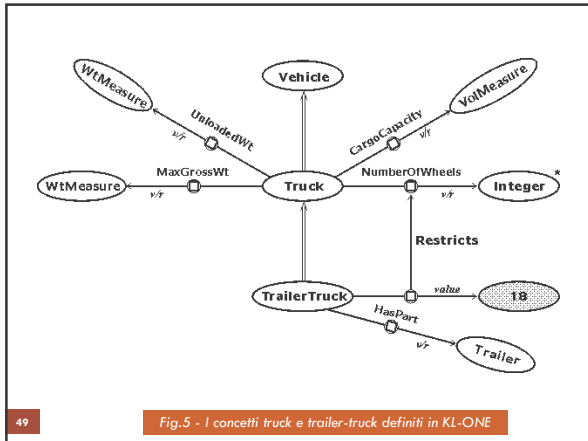


Ereditarietà e restrizioni

48

Ogni concetto eredita dai suoi immediati superconcetti tutti i ruoli con le relative strutture.

E' possibile effettuare modifiche locali alla struttura dei ruoli ereditati, purché non diano luogo a conflitti con le strutture ereditate.



Limiti delle reti semantiche

Limiti

51

- Sono **poco espressive**: per rappresentare concetti semplici sono talvolta necessarie reti gigantesche.
- Non hanno una **semantica formale standardizzata**.
- Presentano problemi di **eredità multipla**.

Eredità multipla

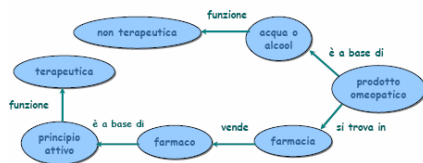
52

I maggiori conflitti nelle rappresentazioni a rete semantica nascono a causa della loro proprietà fondamentale: l'ereditarietà.

Anche se, diversamente dalla logica di primo ordine, sono in grado di gestire conoscenze di default ed eccezioni (come le restrizioni in KL-one), si possono verificare problemi di **eredità multipla** quando un concetto eredita da più di un superconcetto.

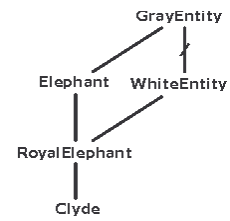
Esempi di conflitti (1)

53



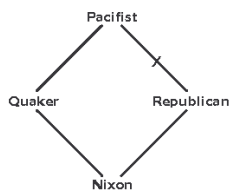
Esempi di conflitti (2)

54



Esempi di conflitti (3)

55



Bibliografia

- M. Ross Quillian, *Semantic Memory* in Minsky, Marvin L. *Semantic information processing* Cambridge, The MIT Press, 1968
- W. A. Woods, *What's in a link: foundations for semantic networks* in G. Bobrow, A. Collins *Representation and Understanding : Studies in Cognitive Science*, New York : Academic Press, 1975
- R. J. Brachman, *On the epistemological status of semantic networks* in N. V. Findler *Associative networks: representation and use of knowledge in computers*, London : Academic press, 1980
- J.F. Sowa, *Semantic Networks 1992*
www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm
- M. Frixione, *Logica, significato e intelligenza artificiale cap 4-5* Franco Angeli, Milano, 1994
www.dif.unige.it/epi/hp/frixione/LSIA.htm
- E. Giovannetti *Memorie di una mente artificiale pdf*
www.di.unipi.it/~cappelli/nuovo/lezioni/memorie.pdf