

Reti semantiche

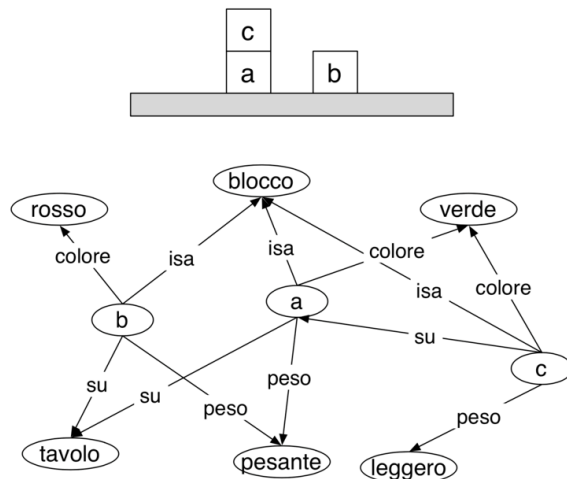
La prima classe di formalismi per la rappresentazione della conoscenza che studiamo sono le **reti semantiche**.

Questo tipo di struttura nasce dai primi progetti di traduzione automatica ed è ampiamente utilizzata in applicazioni per l'**elaborazione automatica del linguaggio naturale**.

Le reti semantiche sono sostanzialmente grafi, in cui i nodi rappresentano **concetti** e gli archi rappresentano **relazioni** fra concetti o proprietà dei concetti stessi.

Le più semplici reti semantiche sono dei **grafi relazionali**, che permettono di descrivere le relazioni fra le diverse entità del grafo stesso.

Grafi
relazionali



Es. un grafo relazionale può essere utilizzato per descrivere uno stato del mondo dei blocchi

Da un punto di vista formale, i grafi relazionali implementano un sottoinsieme del calcolo dei predicati del primo ordine:

Come possiamo osservare, il grafo è composto da diversi nodi, ciascuno rappresentante una data entità

Da ciascun nodo si dipartono archi che collegano tale nodo con altri. Gli archi sono etichettati in modo tale da esplicitare la relazione che intercorre fra i nodi collegati.

Una relazione particolarmente importante è la relazione **isa**, che serve a chiarire il tipo di concetto che un dato nodo rappresenta.

Gli archi corrispondono ai predicati

I nodi corrispondono ai termini

Espressività dei GR **Limiti**

Congiunzione

Purtroppo i grafi relazionali soffrono di alcune **limitazioni in fatto di efficacia espressiva** poiché rappresentano implicitamente solo l'idea della **congiunzione** (assumiamo infatti che tutte le relazioni presenti nel grafo siano messe fra loro in congiunzione).

Tutte le relazioni sono in congiunzione:

b è di colore rosso

AND

b isA blocco

AND

b su tavolo

AND

[...]

Rappresentare **disgiunzione** e **implicazione** è invece molto più complesso

Es. è più complesso asserire “il blocco b è verde OR rosso”, o che “SE è leggero, ALLORA è verde”).

Quantificazione

Un discorso simile si può effettuare per quanto concerne la **quantificazione**:

il **quantificatore esistenziale** è implicitamente rappresentato dall'esistenza di determinati nodi ed archi mentre la **quantificazione universale** è molto più difficile da rappresentare (es. *tutti i ragazzi amano qualche ragazza*).

Espressività
dei GR
Limiti - Arietà

Arietà

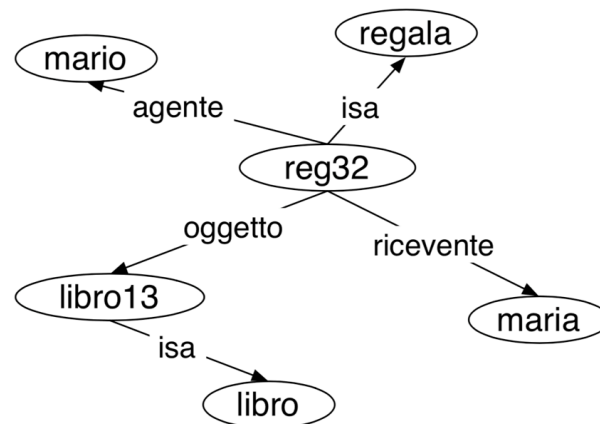
Un'ulteriore limitazione è imposta dall'arietà che a causa della struttura a grafo è limitata a 2, mentre nei predicati logici le arietà dei predicati non hanno limitazioni.

Es. Si vorrebbe potere esprimere un'idea come il fatto che "Mario regala un libro a Maria": nel calcolo dei predicati, potremmo usare la formula atomica `regala(mario, libro, maria)`, introdotta dal predicato ternario `regala`.

Una soluzione classica a questo problema consiste nel tradurre tutte le relazioni con arietà superiore a 2 in relazioni binarie

Per farlo si deve creare un nuovo nodo che rappresenti l'azione *mario regala un libro a maria*

Questa trasformazione accresce la granularità dell'informazione e richiede l'introduzione di nodi per rappresentare oggetti e insiemi di oggetti e situazioni e azioni.



Es. per rappresentare `regala(mario, libro, maria)`

Il predicato con arietà > 2 viene esploso in un insieme di relazioni binarie:

una che chiarisce il **tipo di predicato** (isa)

una per il **ruolo**

altre per le **funzioni degli argomenti**

Nota:

Il GR che esprime l'azione in cui Mario regala un libro a Maria viene denotata come `reg32` ed è distinta da un'altra istanza come ad es `reg56` per dire che Paolo regala una biro a Paola

Nota:

Nella formula logica la semantica che legava i termini era invece implicita in base all'ordine delle parole (es. *mario era per primo perché l'agente, libro secondo perché oggetto e maria terza perché ricevente*)

Espressività

Aumentando la granularità (*il livello di dettaglio*) si aumenta l'espressività della rappresentazione utilizzata.

È sempre possibile tradurre le relazioni "ad elevata granularità" in formule del **calcolo dei predicati**: le asserzioni così ottenute perdono però di significatività.

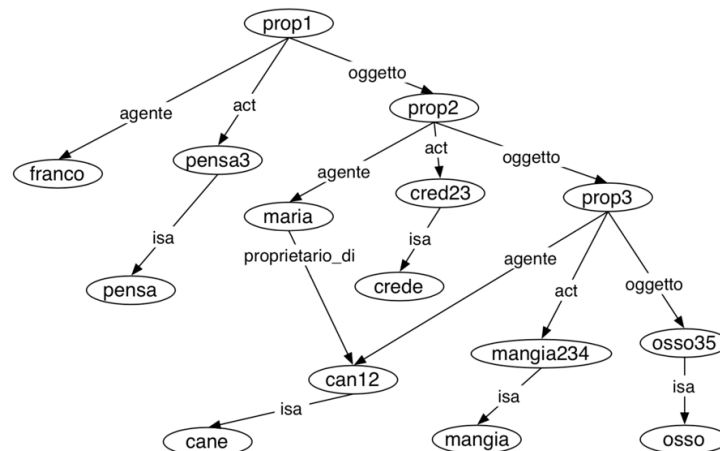
Questo è vero poichè le nuove formule che introduciamo per descrivere i predicati *n-ari* sono relazioni di carattere generale (es. *agente, oggetto, etc*), adatte per un numero indefinito di entità mentre i predicati di partenza erano legati ad un dominio e dunque erano più significativi

Pertanto, anche se da un punto di vista formale c'è isomorfismo (*dicono la stessa cosa*) fra le due rappresentazioni, da un punto di vista psicologico le due rappresentazioni mettono in evidenza aspetti differenti della stessa situazione

Se volessimo rappresentare la frase Franco pensa che Maria creda che il suo (di lei) cane stia mangiando un osso usando i grafi relazionali ci troveremmo in difficoltà.

Abbiamo perciò bisogno di una struttura più complessa, che possa rappresentare non solo entità semplice ma intere proposizioni.

Reti Proposizionali



Nascono proprio a questo scopo le reti proposizionali, di cui possiamo vedere un esempio in Figura

Si noti come l'introduzione di questi nodi abbia anche portato ad una sorta di generazione di tipi impliciti. Ad esempio, possiamo notare che il nodo *pensa3* è di tipo (*isa*) *pensa*.

prop1
Franco pensa qualcosa

prop2
L'oggetto del pensiero di Franco

prop3
In *prop2* si dice che Maria creda a qualcosa (*che un particolare cane stia mangiando un certo osso*), questa credenza è *prop3*

Un'ultima asserzione stabilisce che Maria è *proprietario_di can12*

Aumento di
espressività

Ammettendo la possibilità di avere nodi proposizionali si accresce la ricchezza espressiva del linguaggio.

Si rende infatti possibile introdurre i connettivi logici e dei contesti all'interno dei quali fare operare i quantificatori

Nota:

Sono stati proposti sistemi che hanno esteso le reti proposizionali ad abbracciare virtualmente tutto quanto è esprimibile tramite il calcolo dei predicati del primo ordine.

L'espressività delle reti proposizionali è anche aumentata dalla possibilità di rappresentare proposizioni negate.

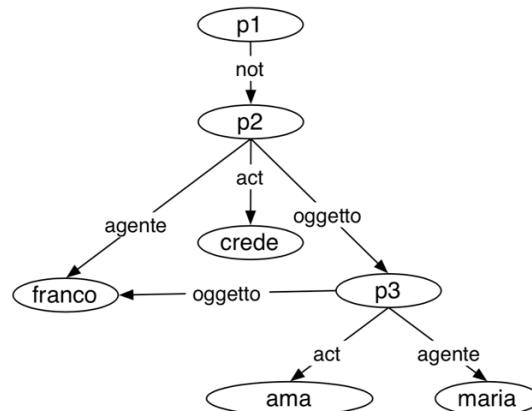
La negazione può infatti essere rappresentata mediante un arco che collega il risultato della negazione con la proposizione che viene negata.

$$p_x \xrightarrow{NOT} p_y$$

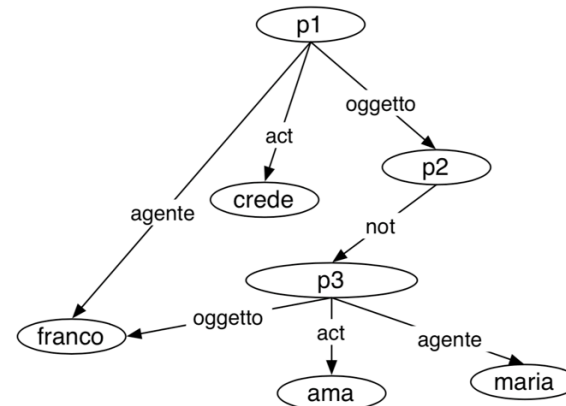
Un'espressione come Figura indica che il nodo p_x rappresenta la negazione della proposizione p_y

Diventa così possibile rappresentare idee piuttosto articolate e distinguere, per esempio, fra la negazione di un'intera proposizione top level (Franco non crede che Maria lo ami) e la negazione di una proposizione innestata all'interno di un'altra proposizione (Franco crede che Maria non lo ami).

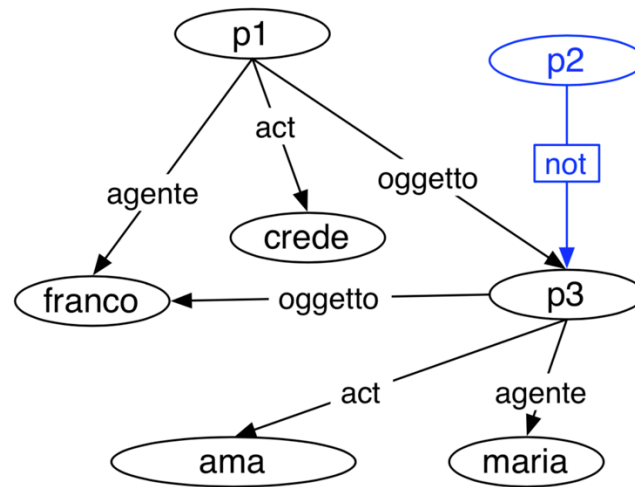
Introduzione della negazione



Es. Franco *non* crede che Maria lo ami



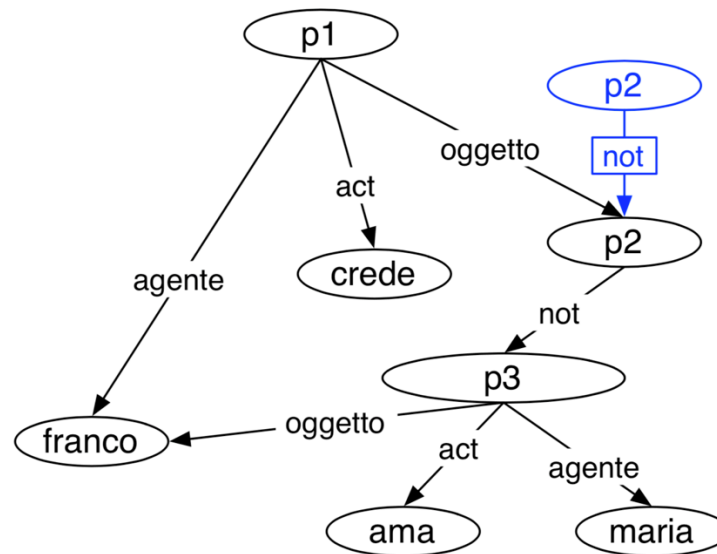
Es. Franco *crede* che Maria *non* lo ami



Viene negata la credenza di Franco

Franco crede che Maria lo ami, ma non è vero

Altri Es
Negazione



Franco crede che Maria non lo ami, ma non è vero.

Introdotta la negazione, e ricordando che la congiunzione è implicita nella rappresentazione a rete, diviene possibile rappresentare proposizioni che coinvolgano gli altri connettivi logici, fra cui la **disgiunzione**.

$$A \vee B$$

Infatti per rappresentare la formula (*figura*) è possibile, grazie alle regole di De Morgan, usare l'espressione equivalente:

$$\neg(\neg A \wedge \neg B)$$

Introduzione della disgiunzione

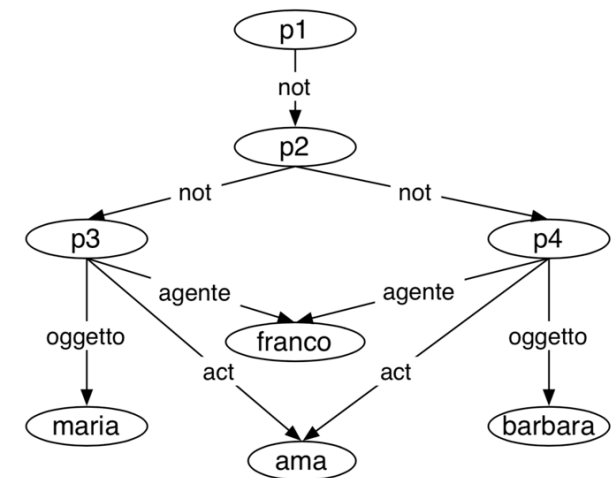
$$A \vee B$$

Franco ama Maria o Franco ama Barbara.

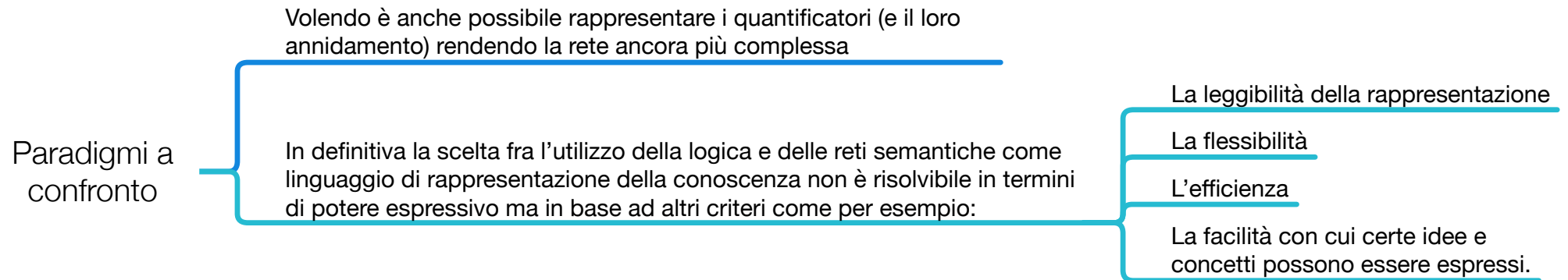
$$\neg(\neg A \wedge \neg B)$$

Non è vero che Franco non ama Maria e che Franco non ama Barbara.

Es.



È evidente che l'introduzione della disgiunzione renda la lettura della rete più complessa per l'utente umano, ma d'altronde sarà una macchina a dover interpretare e sfruttare la rete proposizionale, dunque il problema non è così grave.



Rappresentazione di conoscenze gerarchiche

Torniamo ora a parlare di reti semantiche in generale (possiamo immaginare di parlare di reti proposizionali) ed esaminiamo alcune caratteristiche interessanti.

Prima fra tutte, la rappresentazione di conoscenze **gerarchiche**.

Concentriamoci dunque sulla rappresentazione di questo tipo di relazioni, particolarmente interessanti ed utilizzate.

Molte delle nostre conoscenze sono organizzate gerarchicamente, infatti molte delle entità che conosciamo possono essere raggruppate in classi, che a loro volta possono essere raggruppate in superclassi di ordine sempre più elevato.

Queste gerarchie non si limitano agli oggetti, ma possono comprendere anche **azioni** (*marciare* è un modo di *camminare*, cioè un modo di muoversi a piedi, cioè un modo di spostarsi, cioè un modo di eseguire un'azione), **eventi**, **stati**, **proprietà**, ecc.

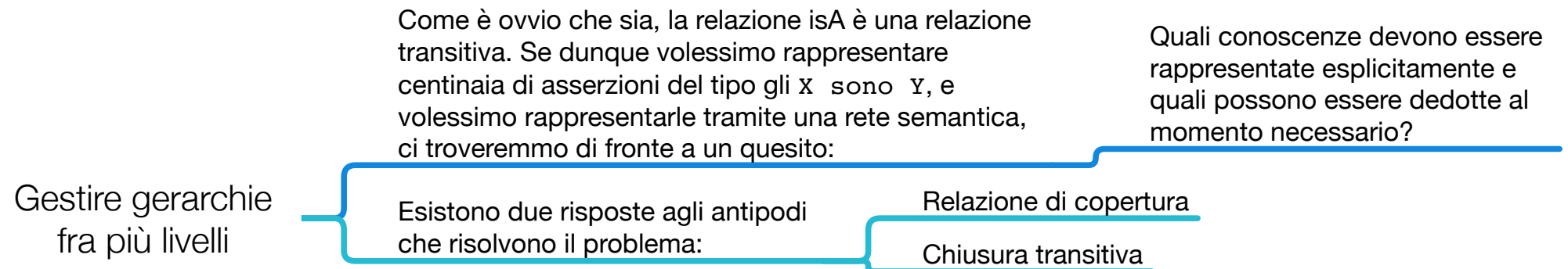
L'uso di classi risulta particolarmente interessante al nostro scopo: anziché effettuare una ricerca in uno spazio degli stati piatto (e quindi con molti stati), possiamo usare le gerarchie per raggruppare concetti.



Ipotizziamo di voler rappresentare l'asserzione che gli elefanti sono mammiferi: è sufficiente un nodo per gli elefanti e uno per i mammiferi, collegati da un arco etichettato con relazione *isA*. Se volessimo poi esprimere il fatto che Clyde è un elefante, è sufficiente aggiungere un nodo e collegarlo mediante un legame *isA* con il nodo che rappresenta gli elefanti.

Con una struttura come quella appena descritta è possibile inferire che Clyde è un mammifero seguendo semplicemente gli archi *isA*, senza aver bisogno di regole di inferenza

Nota:
isA è una relazione *transitiva*



Relazione di
copertura

Si rappresentano solo i legami essenziali:

La rete conterrà unicamente i legami isA che connettono ciascun nodo con la classe immediatamente superordinata, evitando di rappresentare i legami che possono essere inferiti navigando il grafo attraverso uno o più archi.

Adottando questo approccio si ha **uso efficiente della memoria** (si rappresenta solo un numero limitato di archi) ma anche un **uso inefficiente del tempo** (per stabilire se un dato nodo X isA Y è necessario cercare un cammino fra i due nodi X e Y)

Chiusura transitiva

Si rappresentano esplicitamente tutti i possibili legami isA fra i vari nodi della rete, rappresentando così la chiusura transitiva della relazione.

Sfruttando questo approccio si ha un **uso efficiente del tempo**, poiché per stabilire se una relazione isA valga fra due nodi qualsiasi è necessario percorrere un cammino che è sempre di lunghezza uno.

D'altro canto, si ha **uso inefficiente della memoria** unito alla difficoltà nel mantenimento della base di conoscenze.

Compromesso

Tendenzialmente non si adotta in maniera radicale uno dei due approcci di cui abbiamo parlato bensì un compromesso fra i due sistemi.

Il compromesso utilizzato consiste nello scegliere la rappresentazione sulla relazione di copertura alla quale vengono aggiunti archi “scorciatoia” per connettere i nodi più frequentemente chiamati in causa nei processi inferenziali.

Es. Tornando al nostro esempio di prima, invece di inferire che Clyde è un animale tramite la catena `isA` elefante `isA` mammifero `isA` vertebrato `isA` animale, possiamo costruire direttamente un arco che colleghi Clyde con animale.

Eredità delle proprietà

Il principale vantaggio fornito dalle reti semantiche è il meccanismo di eredità delle proprietà:

Infatti, per stabilire se $p(x)$ è vero, è sufficiente considerare gli antenati di x e vedere se per qualcuno vale p .

In definitiva, una base di conoscenze fondata su una rappresentazione gerarchica e sul meccanismo dell'eredità delle proprietà presenta il **vantaggio** dell'economia di rappresentazione.

Le proprietà asserite per i nodi che si trovano a livello superiore della gerarchia valgono anche a livello inferiore.

Si tenga conto del fatto che se la rete che rappresenta le diverse proprietà isa è un albero e non un generico grafo (cioè ha al più un unico concetto superordinato) è agevole stabilire se un certo concetto x gode di una data proprietà p .

Questa ricerca di cammino è tendenzialmente più efficiente di qualsiasi tentativo di dedurre la proprietà data mediante un processo di dimostrazione basato su regole di inferenza.

Invece di replicare una data proprietà per tutti i nodi che la condividono, **la proprietà viene asserita una sola volta al livello più elevato** della gerarchia a cui si applica, e viene ereditata dai nodi subordinati.

In questo modo è anche semplificata la **manutenzione** della base di conoscenze: una modifica a qualche proprietà della rete è possibile mediante l'impiego di una sola operazione.

Eccezioni

Come sappiamo il mondo è pieno di eccezioni, che risultano spesso complesse da trattare quando si adottano approcci logici molto rigidi quali la logica del prim'ordine.

Es. vorremmo poter rappresentare il fatto che gli uccelli generalmente volano, ma ci sono uccelli, come per esempio i struzzi e pinguini che non volano.

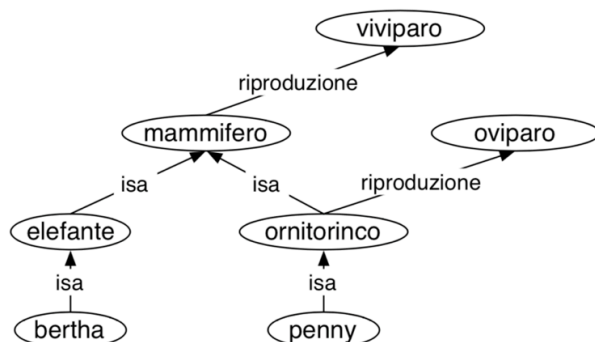
Nota:

È necessario sfruttare logiche non monotone per gestire le eccezioni. Le conoscenze nelle logiche monotone non possono essere cancellate, possono solo essere aggiunte (*non vi è la possibilità di rappresentare il cambiamento*)

Nelle reti semantiche il trattamento delle eccezioni è effettuato mediante l'uso di un approccio procedurale. Più precisamente, si assume la presenza di un **comportamento di default**.

Es. sapendo che un certo animale è un uccello è legittimo aspettarsi che voli, a meno che non venga esplicitamente detto che è un pinguino o uno struzzo. Questa tecnica è detta validità per default.

La rappresentazione di conoscenze valide per default, cioè fino a prova contraria, è un problema agevolmente gestibile con le reti semantiche:



↑
algoritmo bottom-up

I mammiferi generalmente partoriscono i loro figli ma esiste un mammifero (l'ornitorinco) che invece depone le uova

Le eccezioni vengono memorizzate in corrispondenza dei nodi a cui si riferiscono

Poiché l'algoritmo di eredità delle proprietà lavora risalendo lungo la gerarchia *isa* e si ferma appena trova un valore per la proprietà ricercata, permette di ottenere il valore associato al caso eccezionale prima di giungere a quello valido per default.

Osserviamo la Figura:

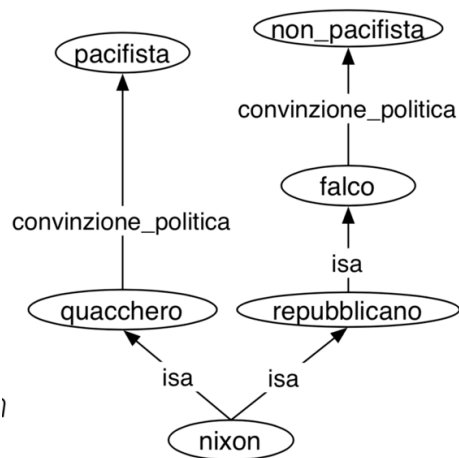
Qualora una classe abbia più di una classe superordinata (es. $X \text{ isa } Y, X \text{ isa } Z$, con $Z \neq Y$) il processo di eredità delle proprietà diviene più complesso:

La rete semantica si trasforma da albero in grafo (gerarchia tangled) generando non pochi problemi.

La presenza di eredità multipla ha importanti conseguenze sia sull'efficienza dell'algoritmo di ricerca sia sui risultati ottenuti nel corso della ricerca.

Il tempo per la ricerca passa dal lineare negli alberi, alla crescita esponenziale nei grafi (*peggio che nella ricerca nello spazio degli stati, perché qui non esistono euristiche*)

Eredità
multipla



Incontriamo un problema ancora più grave quando andiamo ad effettuare una ricerca sulla rete semantica.

Consideriamo la rete in Figura: Nixon eredita le proprietà sia da quacchero sia da repubblicano:

Allora Nixon è pacifista o no?

Un algoritmo che restituisce tutti i valori direbbe che Nixon è sia pacifista sia non_pacifista, un risultato evidentemente inconsistente.

D'altro canto, un algoritmo di ricerca in profondità restituirebbe un valore unico, diverso a seconda di come vengono scanditi i nodi figli di Nixon mentre la ricerca in ampiezza deciderebbe che Nixon è pacifista, perché il cammino è più corto.

Dissocianza cognitiva

Una possibile soluzione potrebbe risiedere nel considerare la rete stessa come ambigua (*ossia potenzialmente in grado di esprimere due interpretazioni*).

Ciascuna delle due interpretazioni in sé è consistente, e le due divengono inconsistenti solo se considerate nel loro insieme. Si parla in questi casi di dissonanza cognitiva: in quanto quacchero, Nixon è pacifista, mentre in quanto repubblicano non lo è. Insomma, la risposta su cosa sia Nixon dipende da quale aspetto giudichiamo prevalente.

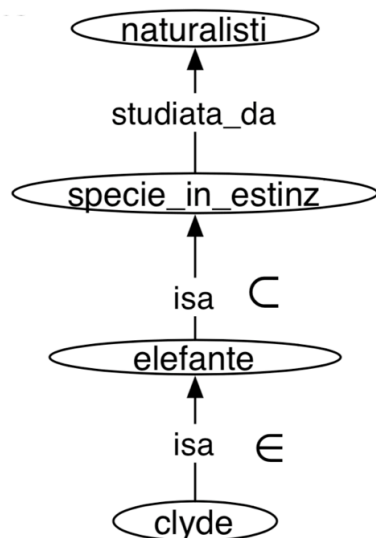
Appartenenza
ed
inclusione

Consideriamo
le tre frasi:

Gli elefanti sono una specie in via di estinzione.

Le specie in via di estinzione sono studiate con interesse dai naturalisti.

Clyde è un elefante



Possiamo costruire una rete semantica basandoci su queste proposizioni (*Figura*) e per come funzionava la rete, potremmo dedurre che:

L'elefante Clyde è una specie in via di estinzione e dunque che Clyde è studiato con interesse dai naturalisti.

Nota:

Clyde è il singolo individuo di elefante. Siamo sicuri che i nutrizionisti stiano studiando proprio lui?

Questa volta il problema è che non esiste distinzione fra nodi che rappresentano **individui** e nodi che rappresentano **classi o insiemi di individui**, di conseguenza, il legame *isa* viene utilizzato per denotare sia la relazione di appartenenza (di un elemento a un insieme) sia di inclusione (di un insieme in un altro insieme).

Inoltre non esiste modo per distinguere fra proprietà vere per tutti gli individui appartenenti a una data classe e proprietà che sono vere della classe in quanto tale (*l'interesse dei naturalisti vale per la classe ma non per i suoi membri*).

Mancanza di
semantica
formale

La gran parte delle problematiche che abbiamo elencato sono tutti causati da una grande mancanza strutturale: l'**assenza di una semantica formale**.

Con ciò intendiamo che manca un insieme universalmente accettato di convenzioni su ciò che la rete rappresenta

Dunque il significato di una rete deriva esclusivamente dalla natura delle procedure che la manipolano, il che rende impossibile separare la semantica di una rete dal suo uso (*il significato di una rete dipende da quali strumenti si usano per analizzarla*).