

Dalle reti semantiche alle ontologie

Modellazione concettuale per il Web Semantico

Oltre la logica classica

- A partire dagli anni 60 si è sviluppata una branca dell'intelligenza artificiale specificamente orientata alla rappresentazione della conoscenza
- Tentativo di superare le limitazioni della logica classica

Limiti della logica classica

- Nonostante la sua precisione con cui permette di esprimere i concetti, la logica classica possiede alcune limitazioni importanti:

- È caratterizzata da **inadeguatezza espressiva**
- È **monotona**
- Presenta svantaggi dal punto di vista **computazionale**

Inadeguatezza espressiva

- Alcuni aspetti dell'inadeguatezza della logica classica possono essere attribuite a differenze con i sistemi cognitivi
- La logica classica è un **formalismo piatto**:
 - tutte le affermazioni si collocano sullo stesso piano
 - esprime conoscenza di carattere generale e immutabile
- Le **procedure di dimostrazione** sono diverse dal ragionamento umano
- I **valori di verità** non sono adatti a rappresentare gli aspetti quantitativi che caratterizzano il mondo reale

Monotonicità

- La logica del primordine è **monotona**: le conoscenze inserite nel sistema logico non possono essere cancellate.
 - La conoscenza può solo aumentare
- Le nuove conoscenze non possono contraddirre quelle già presenti nel sistema:
 - Impossibilità di rappresentare il cambiamento, quindi gli aspetti temporali della conoscenza

Limitazioni computazionali

- Il calcolo dei predici è **semi-decidibile**: è possibile dimostrare con certezza cosa discende dalla base di conoscenza
 - Non si ha la certezza di poter dimostrare ciò che non discende dalla base di conoscenza
- **Inefficienza** nelle procedure di dimostrazione
 - Per le sue caratteristiche intrinseche (è un formalismo orientato alla rappresentazione) le procedure di dimostrazione non sono abbastanza efficienti per le applicazioni reali

Logiche non classiche

- Le logiche non classiche *rilasciano* alcune caratteristiche della logica classica
- Valori di verità → logiche **fuzzy**
- Conoscenza certa → ragionamento **probabilistico**, rappresentazione delle credenze (logiche bayesiane)
- Monotonicità → logiche non monotòne (per es. **default logics**), belief revision, TMS
- Indecidibilità → insiemi **decidibili** della logica del primordine
- Inefficienza della dimostrazione → uso di **euristiche** nella dimostrazione automatica

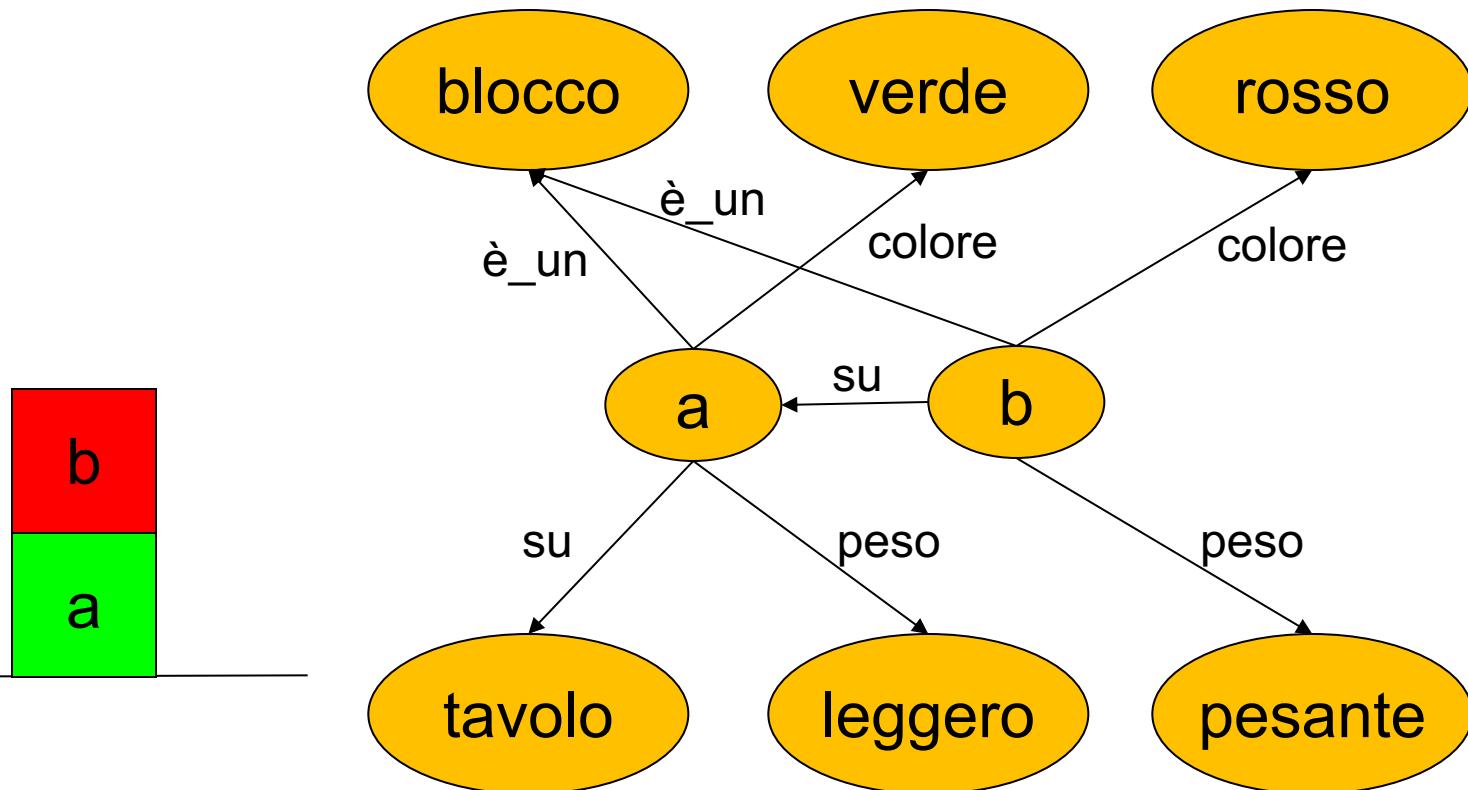
Quadro storico

- Reti semantiche e frames (anni 60-70)
- Logiche non classiche (anni 70-80)
- Logiche descrittive (anni 80-90)
- Ontologie computazionali (anni 2000)
- Dal 2010: [Linked Data](#)

Reti semantiche

- Basate su una struttura reticolare (**grafo**)
- I *nodi* del grafo rappresentano **concetti**
- Gli *archi* tra i concetti rappresentano le **relazioni tra concetti**

Esempio



Vantaggi

- Le informazioni relative a un nodo sono immediatamente disponibili
 - Ogni blocco è direttamente collegato alle sue proprietà {peso,colore,su}
- Permette di rappresentare una nozione di rilevanza
 - Dato un focus (blocco a), alcune informazioni si trovano in prossimità

Rappresentazione logica

blocco (a)

blocco (b)

su (b,a)

su (a,tavolo)

rosso (b)

verde (a)

pesante (b)

leggero (a)

Rappresentazione logica

blocco (a)

blocco (b)

su (b,a)

su (a,tavolo)

rosso (b)

verde (a)

pesante (b)

leggero (a)

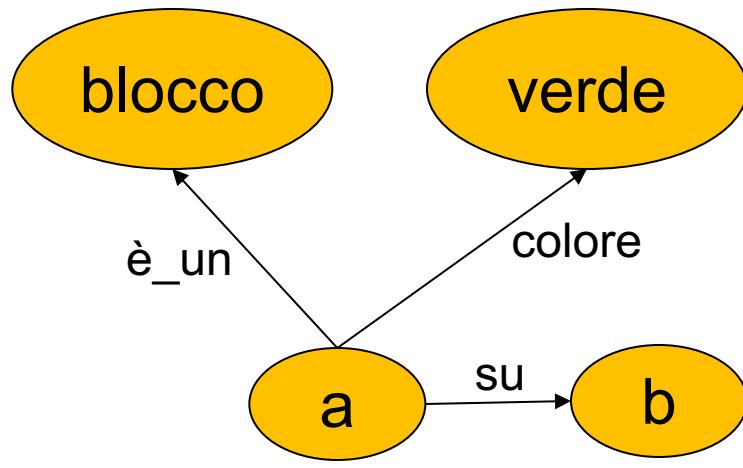
Ragionamento nelle reti semantiche

- Nelle reti semantiche il **ragionamento** consiste nel seguire un **percorso tra nodi**
 - Su quale blocco si trova il blocco *b*?
- È sufficiente seguire l' arco etichettato come «su» nella rete, da *b* verso il nodo a cui punta
 - Seguendo ulteriormente gli archi si possono inferire relazioni indirette: il blocco *b* è «al di sopra» del tavolo

Relazioni con la logica

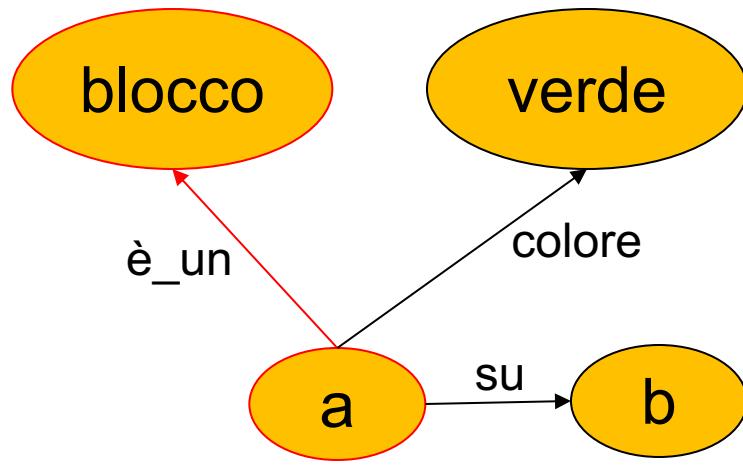
- L'espressività delle reti semantiche corrisponde a un sottoinsieme della logica del primordine
 - Nodi = termini
 - Archi = predicati
- Congiunzione *implicita*
- Versioni più evolute hanno espressività uguale alla logica del primordine

Reti semantiche e logica



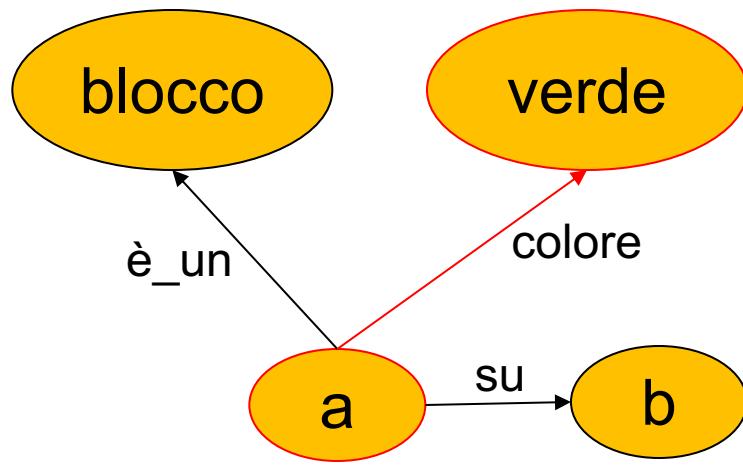
$\text{è_un } (a, \text{blocco})$
&
 $\text{colore } (a, \text{verde})$
&
 $\text{su}(a, b)$

Reti semantiche e logica



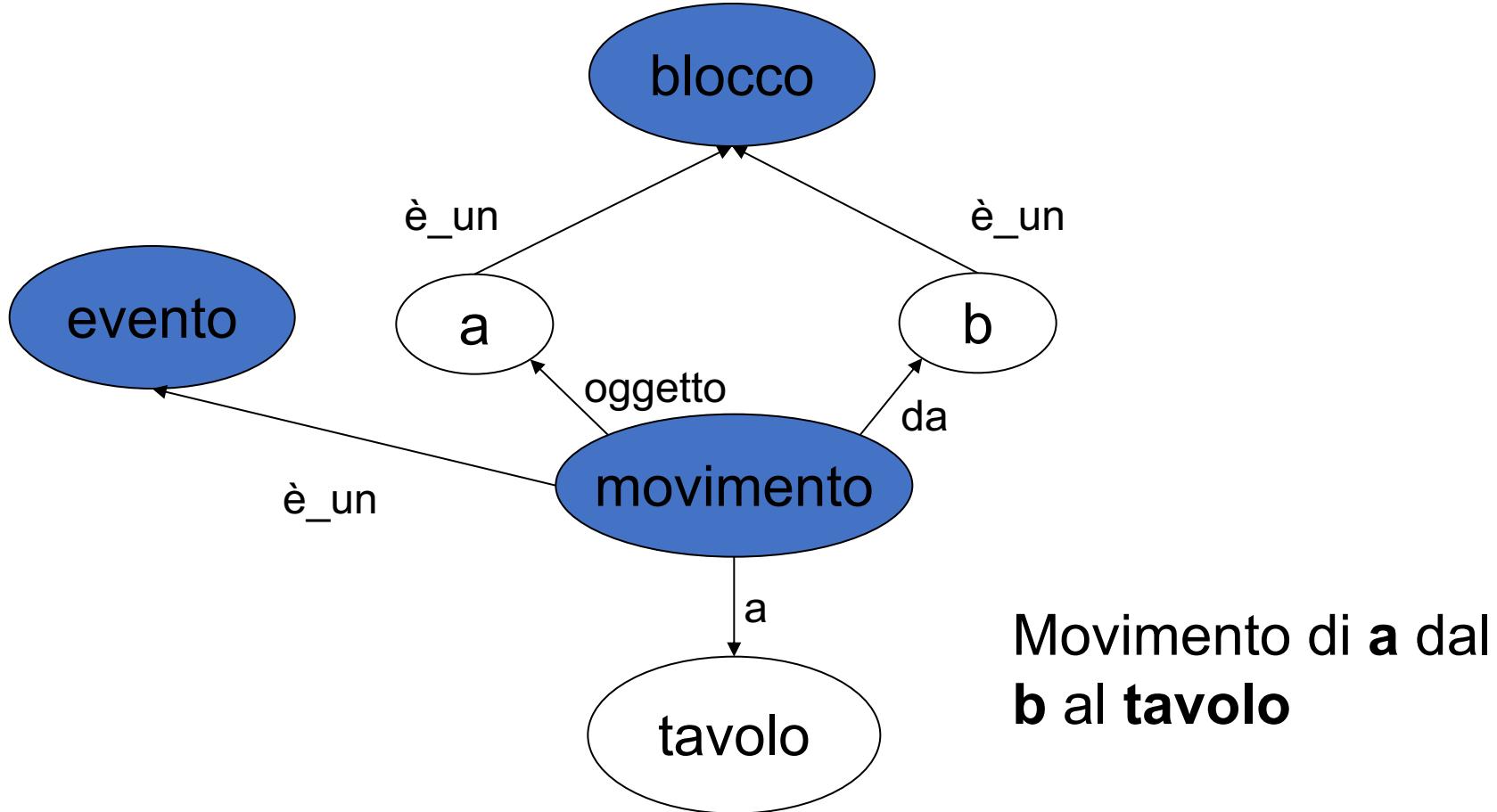
è_un (a,blocco)
&
colore (a, verde)
&
su(a,b)

Reti semantiche e logica



$\text{è_un } (a, \text{blocco})$
&
 $\text{colore } (a, \text{verde})$
&
 $\text{su}(a, b)$

Relazioni che coinvolgono più di 2 entità

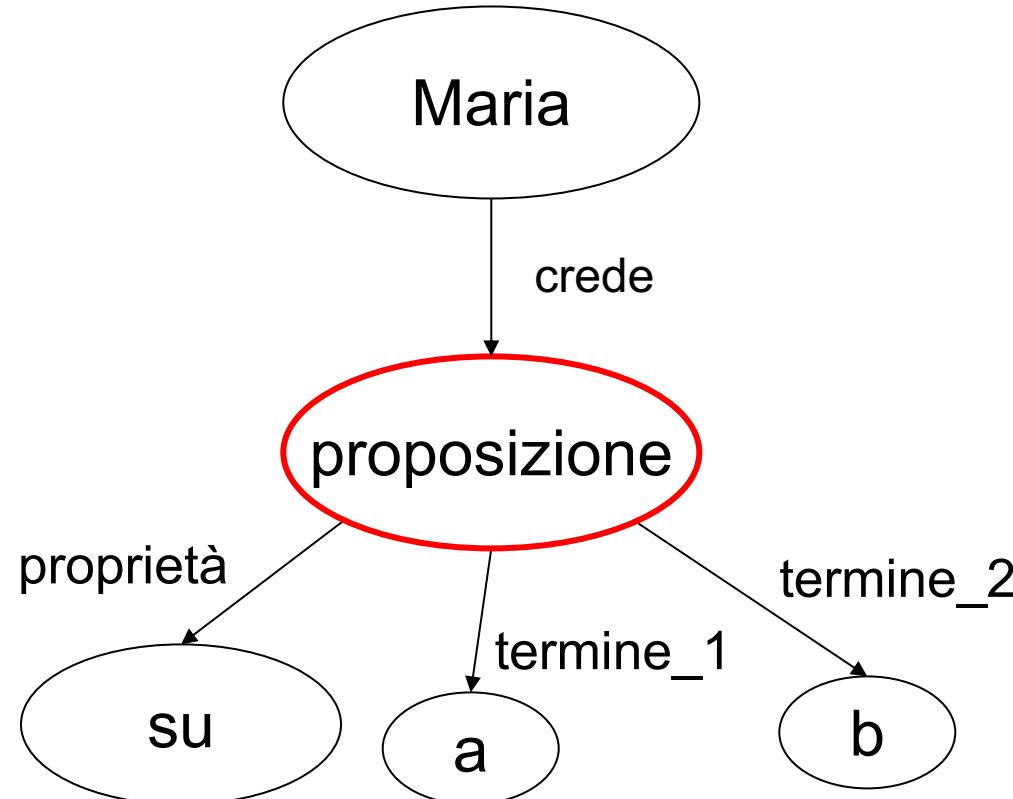


La relazione “movimento” che unisce a, b e tavolo diventa un termine cioè un nodo

Reti semantiche proposizionali

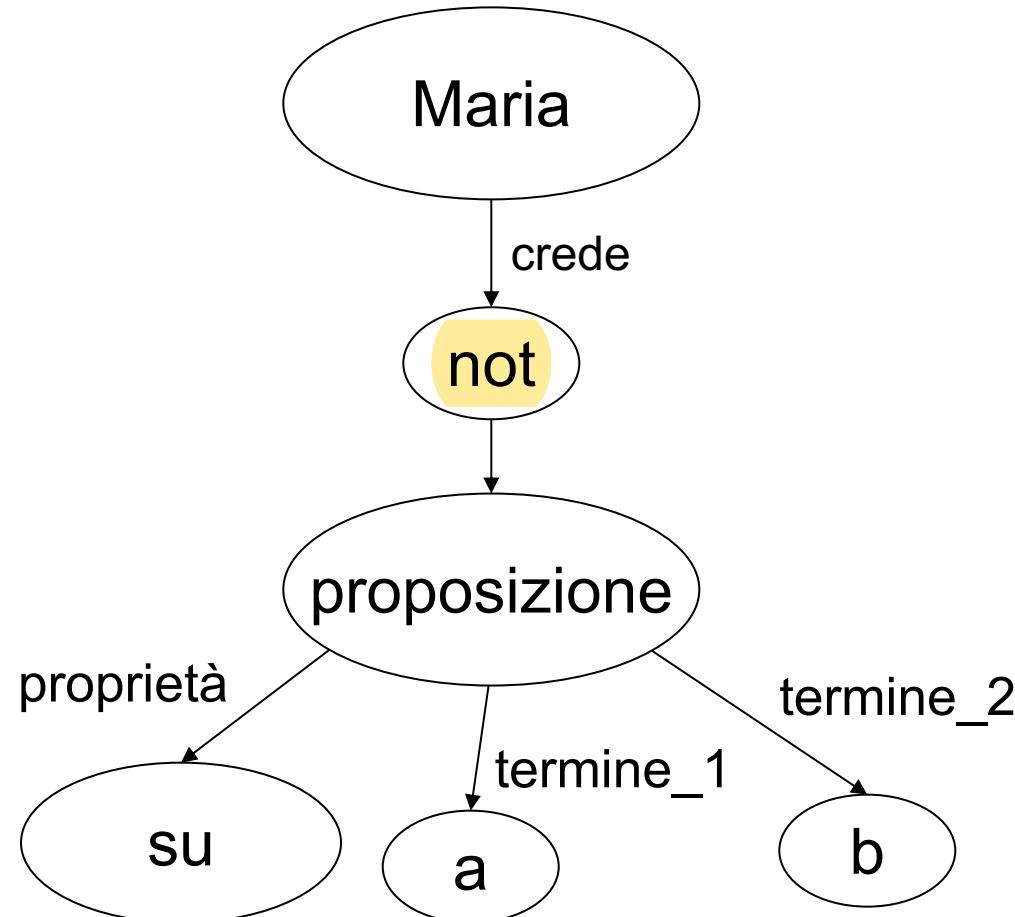
- Le reti semantiche proposizionali includono nodi che rappresentano **proposizioni**
- Usando nodi per rappresentare proposizioni è possibile introdurre una dimensione **epistemica**
 - Rappresentare credenze *soggettive*
 - Lo stesso sistema può rappresentare le credenze di più soggetti *senza* che insorgano *contraddizioni*

Rappresentare conoscenza soggettiva



“Maria crede **che** il blocco a sia sul blocco b”

Rappresentare connettivi logici?



“Maria crede **che** il blocco a sia sul blocco b”

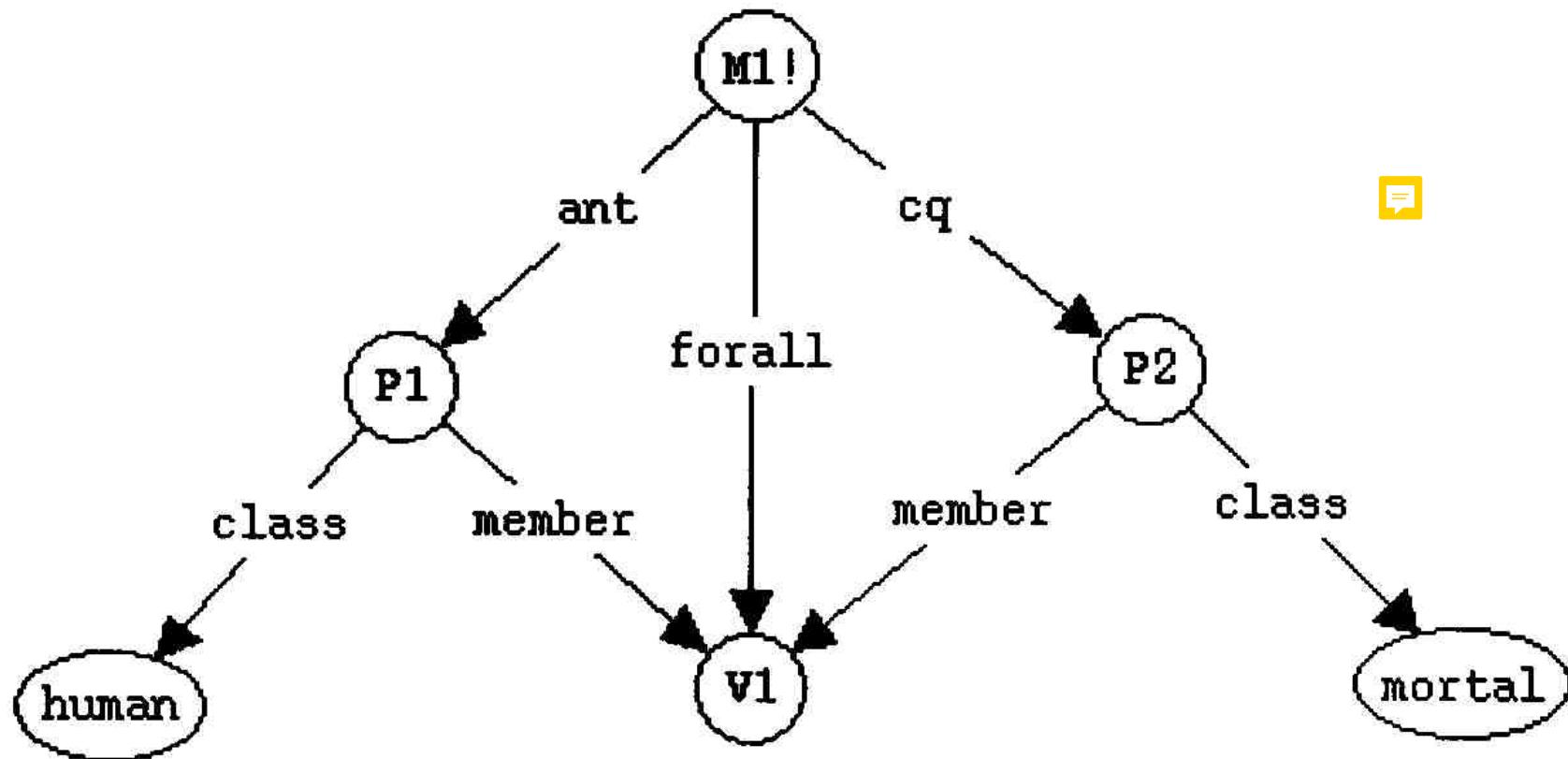
Espressività delle reti semantiche

- Reti semantiche proposizionali posso avere *l'espressività della logica del primordine* una volta introdotti connettivi, variabili, quantificatori, ecc.
- Anche l'inferenza nelle reti proposizionali ha le stesse caratteristiche che nella logica del primordine
- Soluzione: *limitare l'espressività* privilegiando tipi di ragionamento più comuni e computazionalmente trattabili

SNePs

- Rete semantica proposizionale che incorpora alcuni elementi della teoria dei frame (Shapiro 79)
- Rete semantica + motore di ragionamento
- Permette vari tipi di ragionamento:
 - Basato su formule
 - Basato su slot
 - Basato su percorsi

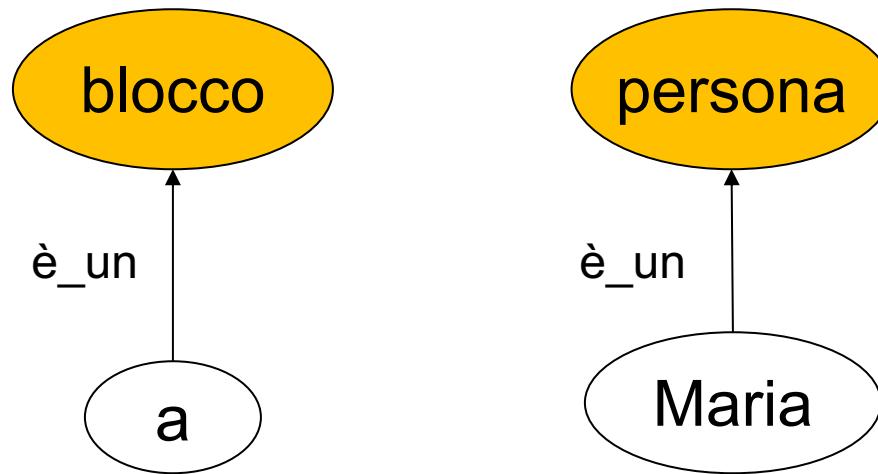
Tutti gli uomini sono mortali



Di cosa parla la rete?

- A livello di rappresentazione, le reti semantiche soffrono di alcune ambiguità:
- Eterogeneità:
 - Archi rappresentano **relazioni di tipo diverso** tra concetti (relazioni epistemiche vs fatti)
 - Nodi rappresentano **concetti di tipo diverso** (blocco A, colore blu, blocco)
- Alcuni tipi di nodi e di archi sono particolarmente importanti!

Classi e individui



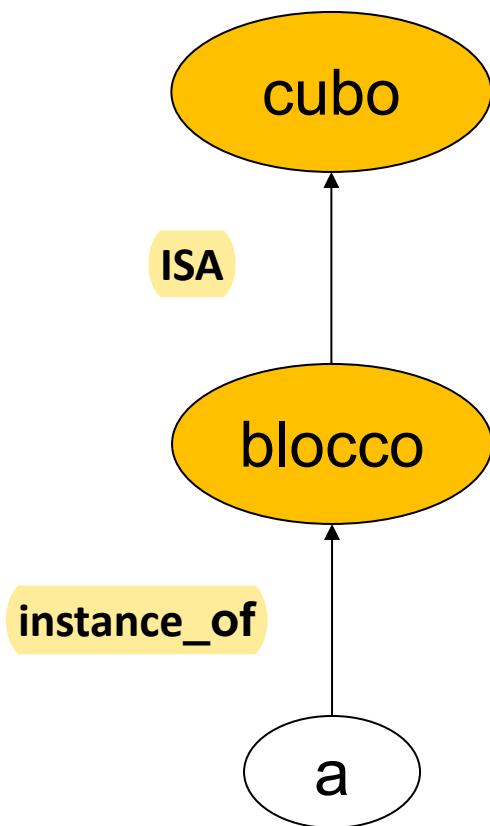
I nodi colorati rappresentano tipi di entità (classi), i nodi bianchi rappresentano entità singole (individui)

What isa is and isn't

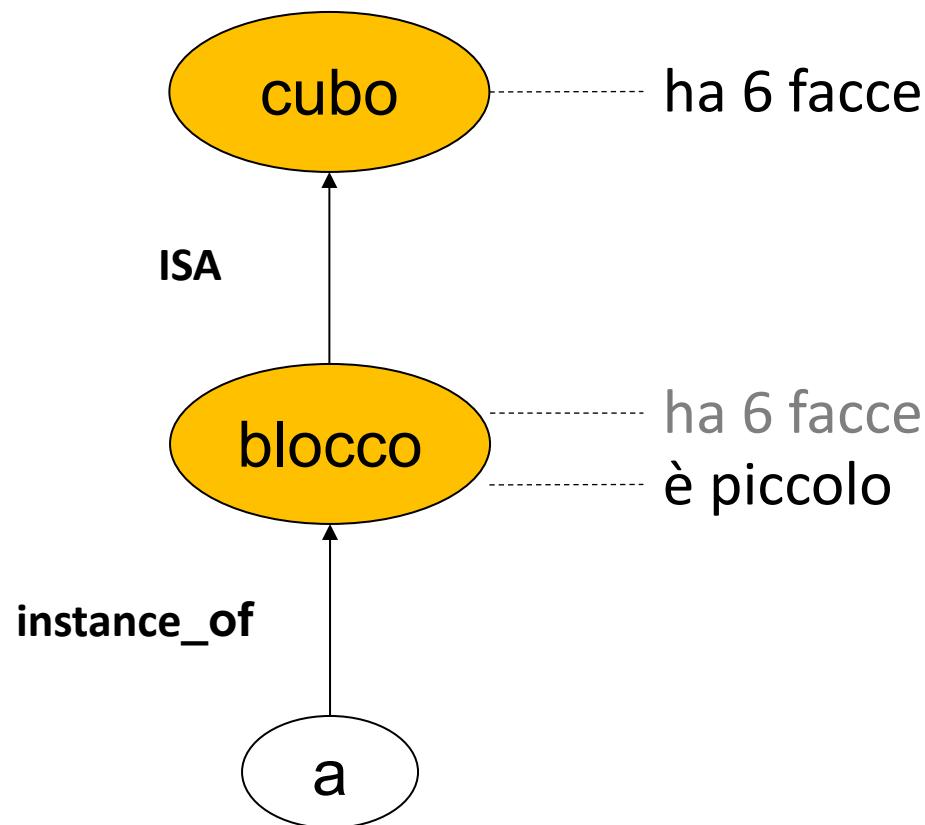
- Gli archi “è un” (IS-A o ISA) hanno un significato diverso se collegano due classi oppure un individuo a una classe
- Brachman (83) propone di distinguere i due tipi di relazioni: “What isa is and isn’t”.
 - Archi ISA: appartenenza di una classe a una sottoclasse (transitiva)
 - Archi instance_of: appartenenza di un individuo a una classe

What ISA is and isn't: an analysis of taxonomic links in semantic network
JR BRACHMAN - IEEE Computer. September Special Issue, 1983

Classi e individui



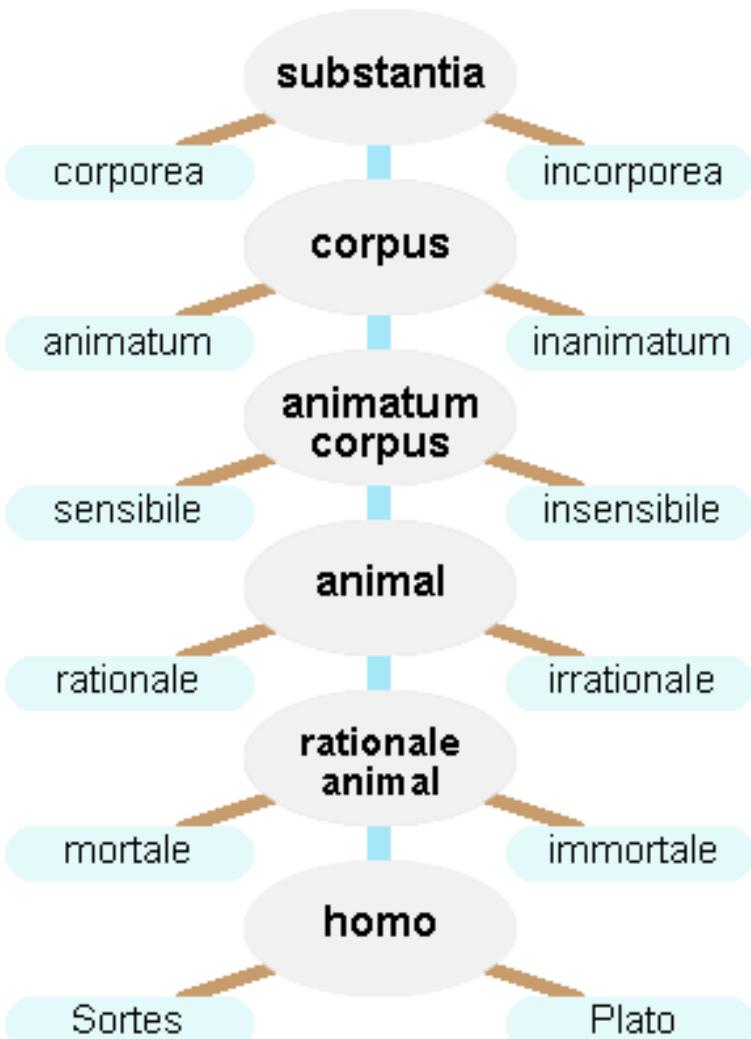
Ereditarietà delle proprietà



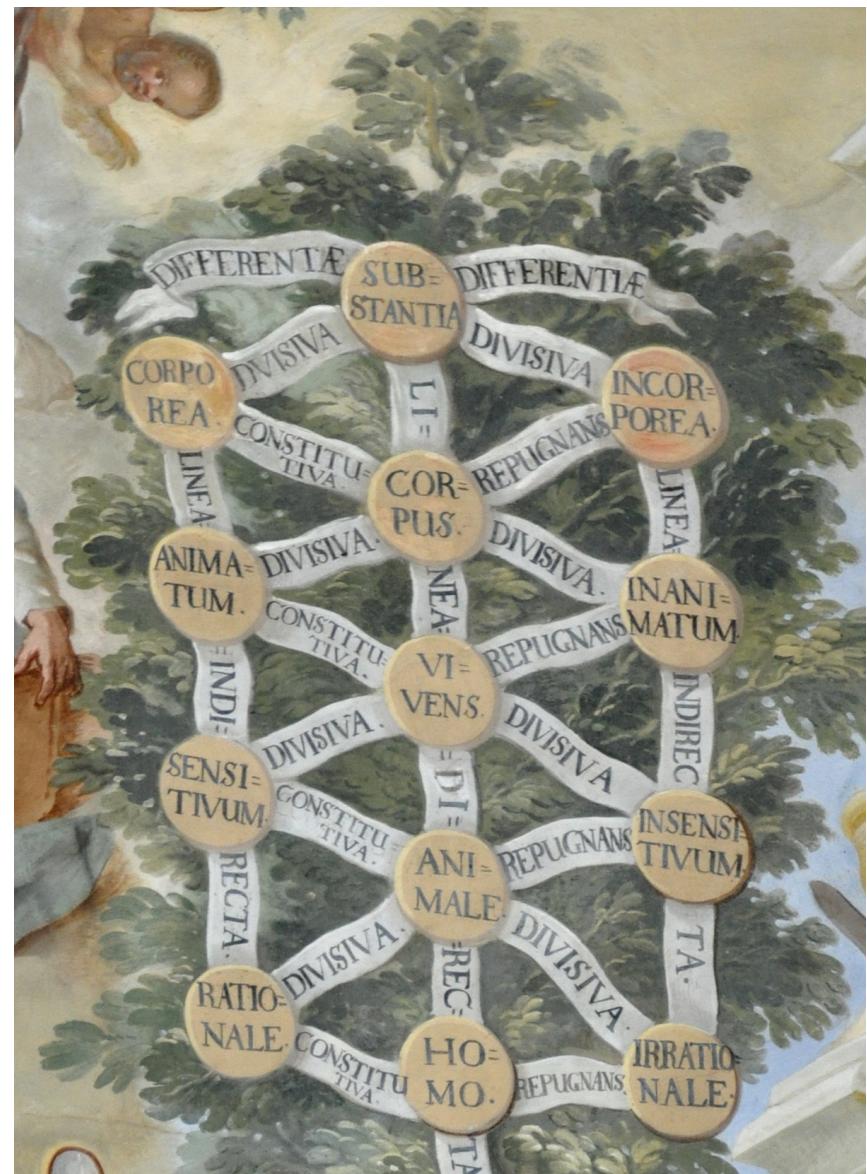
Tassonomie

- Transitività della relazione ISA
- Utilizzando la relazione ISA è possibile esprimere conoscenza di tipo tassonomico
- Ragionamento **classificatorio**
 - Y è una sottoclasse di Z? → archi ISA
 - x appartiene alla classe Y? → archi instance_of

Albero di Porfirio



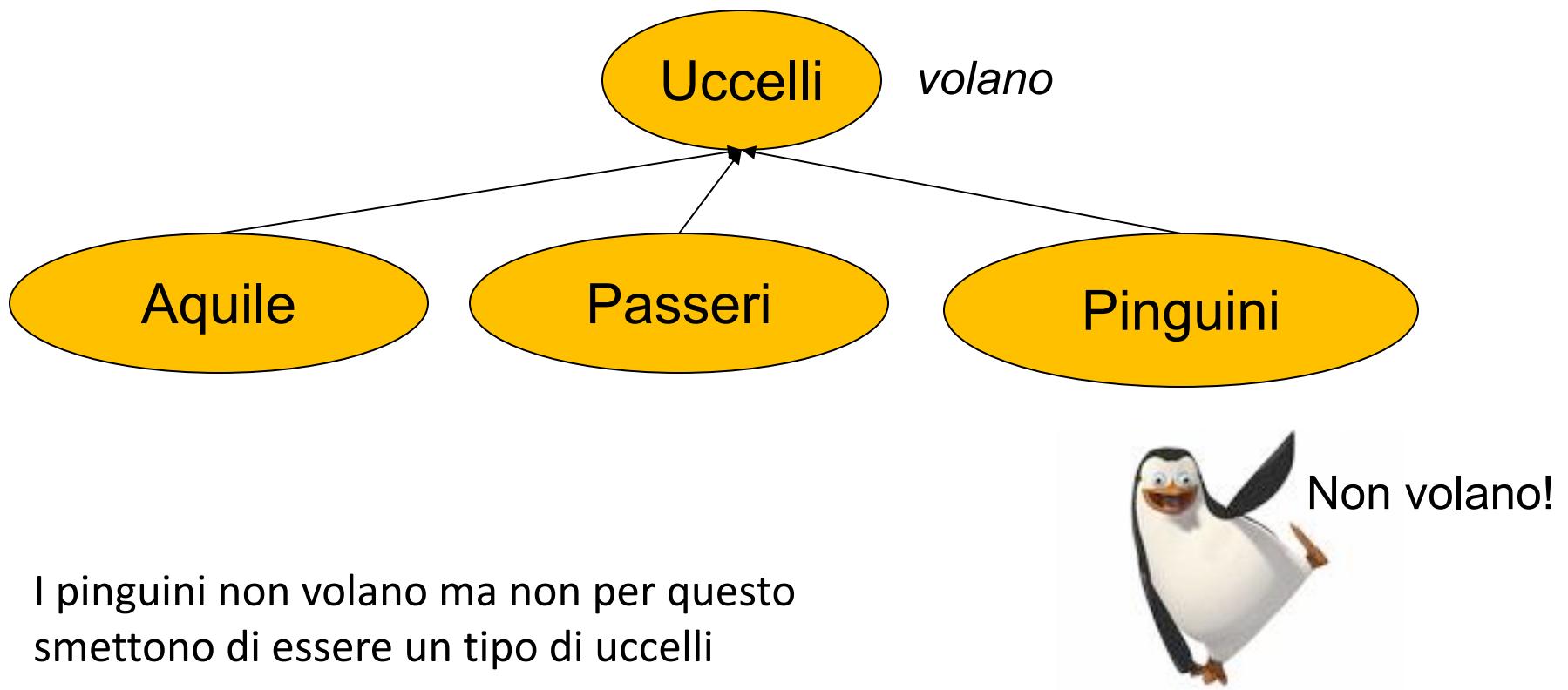
Arbor porphyrii
(Petrus Hispanus, Tractatus II, ed. L.M. de Rijk, 20)



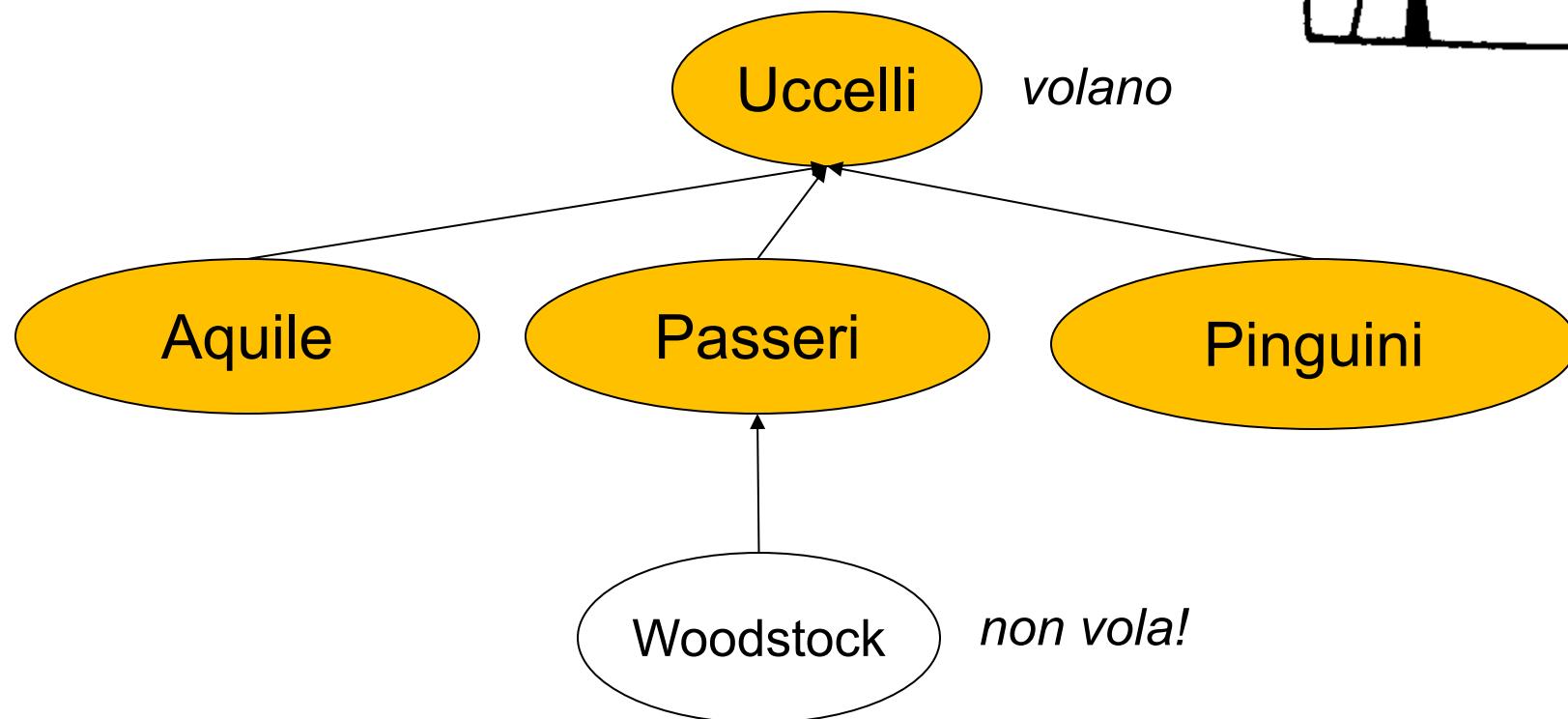
Vantaggi dell'ereditarietà

- E' possibile avere una rappresentazione meno ridondante facendo una semplice assunzione:
 - Una classe eredita le proprietà delle classi di cui è sottoclasse
 - Se i cubi hanno sei facce e i dadi sono una sottoclasse dei cubi, allora anche i dadi hanno sei facce
- Le sottoclassi hanno proprietà più specifiche delle classi
- Seguendo il percorso degli archi *isa* e *instance_of* e diventa possibile ragionare sulle proprietà di un individuo/classe

Ereditarietà: eccezioni



Eccezioni su individui



Default rules

- Per gestire le eccezioni è necessario rilasciare la proprietà della monotonicità (la conoscenza non diminuisce mai)
- Un esempio è la Default Logic: assunzioni che possono essere cancellate quando sopravviene nuova conoscenza
- Default rules del tipo: gli uccelli *tipicamente* volano
$$D = \{Uccello(X) : Vola(X)\} / \{Vola(X)\}$$
quindi se X è un uccello, e si può assumere che voli, possiamo concludere che vola

Inferenze bloccate dal background

$D = \{Uccello(X) : Vola(X)\} / \{Vola(X)\}$

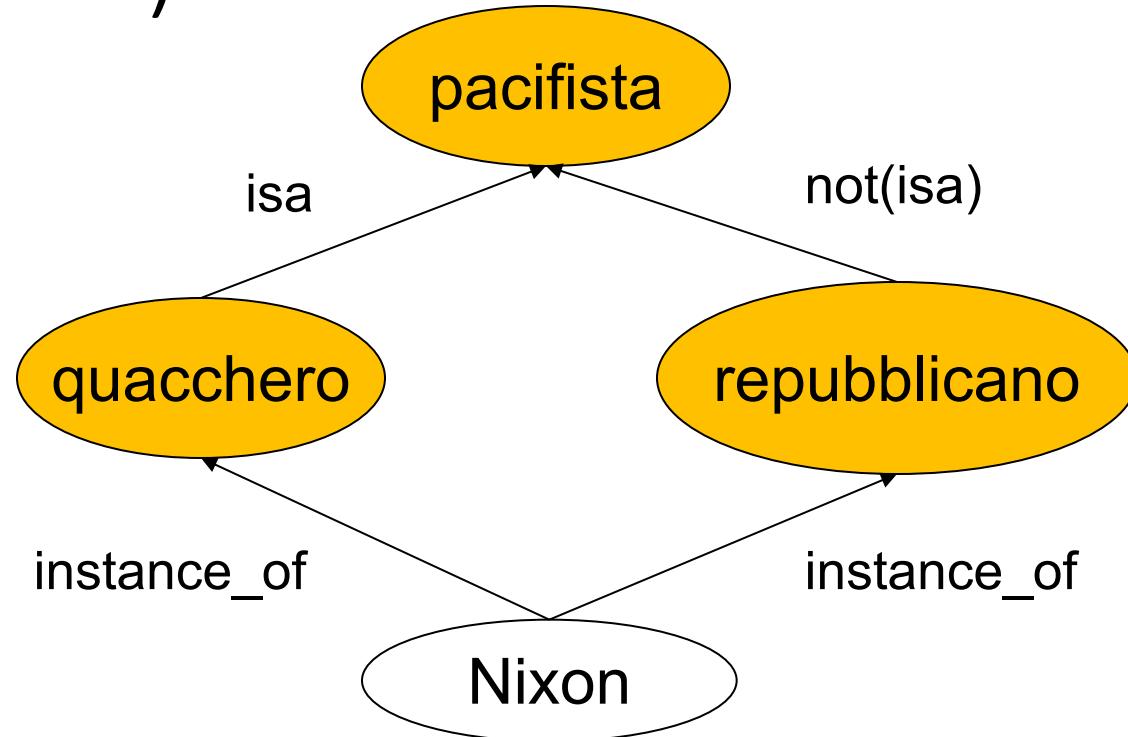
$W = \{Uccello(Condor), Uccello(Pinguino), \text{non}(Vola(Pinguino)),$
 $Vola(Aquila)\}.$

- Anche se la precondizione $Uccello(Pinguino)$ è vera, la giustificazione $Vola(Pinguino)$ è inconsistente con il background
- Non si può applicare la regola e concludere $Vola(Pinguino)$

Trattamento delle eccezioni

- Il trattamento delle eccezioni nelle reti semantiche si basa sul principio che le conoscenze specificate localmente a un certo nodo prevalgono su quelle ereditate
- Un corollario è che le conoscenze che comportano *meno passi di inferenza* prevalgono su quelle che ne comportano di più
- Questo principio però non permette di scongiurare tutti gli inconvenienti

Ereditarietà multipla (Nixon diamond)



Nixon è *pacifista* o *guerrafondaio*? In quanto quacchero, lo è; in quanto repubblicano, non lo è.

Nemmeno la logica dei default risolve il problema, ciascun default blocca l'altro

Frame theory

- Ispirazione: articolo-manifesto di **Marvin Minsky** (1975)
- Evoluzione delle reti semantiche finalizzata a rappresentare la conoscenza di tipo *stereotipato*
- Conoscenza di sfondo utile per alcune applicazioni come la **visione artificiale** o l'**elaborazione del linguaggio**

Definizione di frame (Minsky)

- A frame is a data structure for representing **stereotypical situations**, like being in a certain kind of living room or going to a child's birthday party. (...) The top levels of the frame are **fixed**, and represent things that are always true about the supposed situations. The lower levels have many terminals - **slots** that must be filled by specific instances or data

Slots

- Each terminal [slot] can specify **conditions** its assignments must meet. (The assignments themselves are usually smaller subframes).
- Conditions may require [...] a terminal assignment to be a person, an object [...] or a **pointer to a subframe** of a certain type
- A frame's terminals are usually filled by **default** assignments
- Collections of related frames are linked together in a **frame system**

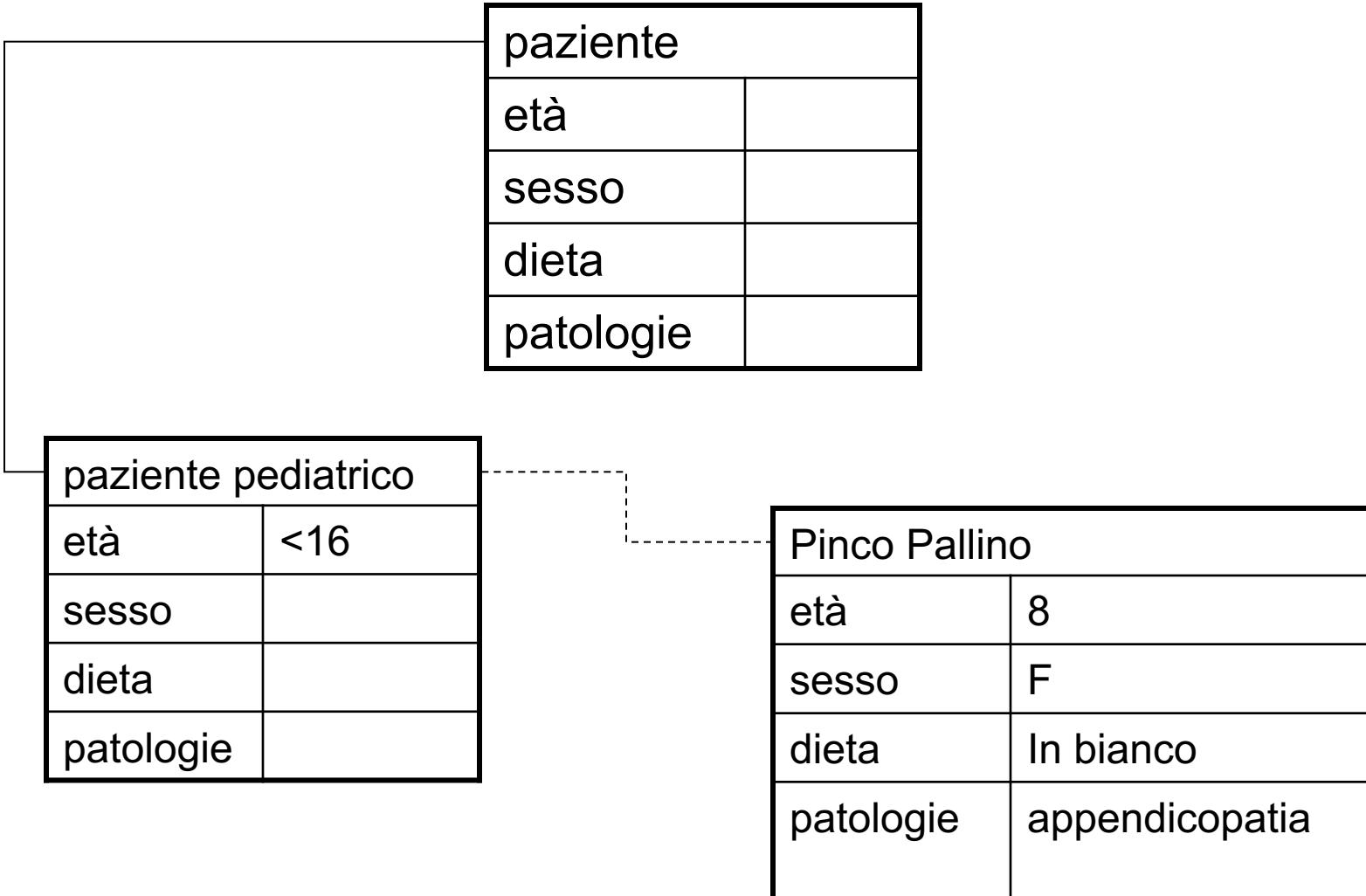
Frame: struttura

- Identificativo
- Slot più generali / più specifici
 - Questi slot permettono di creare una tassonomia di frame
- Slot generici
 - I valori degli slot sono vincolati a un certo tipo
 - Età, anno, nomi
 - Il contenuto di un frame può puntare a un altro frame
- Procedure per il calcolo automatico dei valori
- Valori predefiniti

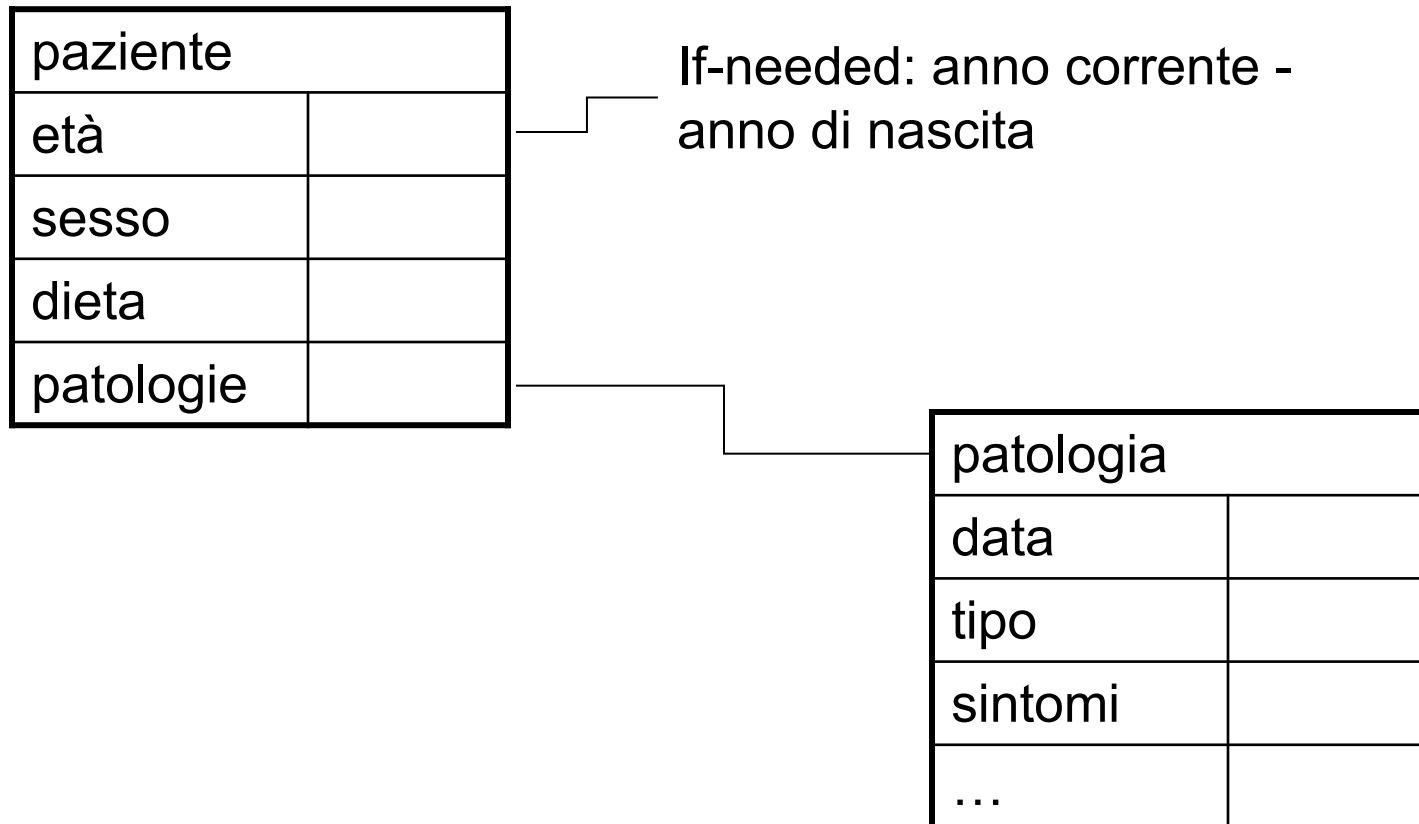
Esempio: il frame del ristorante

- Sottotipo di: frame attività commerciale tassonomia
- Tipi specifici:
 - Self-service, trattoria, caffetteria
 - Default: trattoriatassonomia
- Indirizzo:
 - Range: indirizzi italiani
 - If-needed: guarda sul menuslots
- Nome:
 - Range: nomi di ristorante
 - If-needed: guarda sul menuprocedure di calcolo valori
- Action:
 - script del ristorante (entra, siedi, ordina, mangia, ecc.)
- Tipi di cibo
 - Range: etnico, tradizionale, pesce, fast food
 - Default: tradizionalevalori predefiniti

Tassonomia di frame



Collegamenti non tassonomici tra frame



Regole di produzione

- Conoscenza di tipo condizione-azione
- Regole IF - THEN (anche dette *produzioni*)
 - Parte **sinistra**: condizioni per l' applicazione delle regole
 - Parte **destra**: azioni che sono effettuate se la condizione è soddisfatta

Applicazioni

- Conoscenza dichiarativa
 - IF allatta(animale,prole) THEN isa(animale,mammifero) [classificazione]
 - IF febbre>38,5 and tosse THEN malattia_da_raffreddamento [diagnosi]
- Conoscenza procedurale
 - IF intensità(sibilo)>t THEN chiudi(valvola,5mm)

Sistemi a regole

- **Componenti**
 - Base delle regole
 - Memoria di lavoro
 - Interprete delle regole
- **Interprete** delle regole esegue ciclo:
 1. Confronto (match) tra fatti (nella memoria di lavoro) e regole
 2. Risoluzione di conflitti (più regole applicabili)
 3. Esecuzione (e aggiunta di nuovi fatti alla base)

Conflitti di applicazione

- Refrattarietà: la stessa regola non viene applicata più volte
- Recenza: vengono privilegiate le regole che si applicano ai fatti più recenti
- Specificità: vengono applicate le regole più specifiche
- Pesatura: assegnamento di importanza (*peso*) a priori alle regole o ai fatti

Sistemi a regole: Mycin

- Sistema esperto sviluppato a Stanford nei primi anni 70 (Shortliffe, 75)
- Fatti associati a probabilità:
 - (IDENTITY ORGANISM-1 PSEUDOMONAS 0.8)
 - (IDENTITY ORGANISM-1 E. *COLI* 0.15)
 - (SITE CULTURE-2 THROAT 1.0)

Mycin: esempio di regola e spiegazione

PREMISE: (AND

(SAME CNTXT GRAM GRAMNEG)

(SAME CNTXT MORPH ROD)

(SAME CNTXT AIR ANAEROBIC))

ACTION: (CONCLUDE CNTXT IDENTITY BACTEROIDES TALLY .6)

- IF: 1) The site of the culture is blood, and 2) The gram stain of the organism is gramneg, and 3) The morphology of the organism is rod, and 4) The portal of entry of the organism is udne, and 5) The patient has not had a genito-urinary manipulative procedure, and 6) Cystitis is not a problem for which the patient has been treated THEN: There is *suggestive evidence* (.6) that the identity of the organism is e.coli

Dichiarativo vs procedurale

dichiarativo

Logica

Reti semantiche

Frame

Sistemi di produzioni

procedurale