



Università di Bergamo  
Facoltà di Ingegneria

# Intelligenza Artificiale

Paolo Salvaneschi

A8\_2 V1.3

## Rappresentazione della conoscenza Parte B

Il contenuto del documento è liberamente utilizzabile dagli studenti, per studio personale e per supporto a lezioni universitarie.

Ogni altro uso è riservato, e deve essere preventivamente autorizzato dall' autore.

Sono graditi commenti o suggerimenti per il miglioramento del materiale

Nota: è utilizzato in parte il materiale didattico associato al testo di Stuart J. Russell, Peter Norvig

# INDICE

- Logica e rappresentazione della conoscenza
- Categorie e oggetti
- Modellazione e ragionamento per le categorie
  - Reti semantiche
  - Frames
  - Logiche descrittive

- Critica della logica come strumento per la rappresentazione della conoscenza
  - Tipi di inferenza che non sono riconducibili a inferenze deduttivamente valide
    - Induzione
    - Abduzione
    - Ragionamento per default e gestione delle eccezioni
  - Le rappresentazioni logiche sono poco strutturate. La conoscenza è rappresentata sotto forma di molti enunciati tra loro indipendenti
  - Aspetti dichiarativi e procedurali della conoscenza
  - Incertezza

## Logica e rappresentazione della conoscenza

$\forall x (\text{ha\_epatite}(x) \Rightarrow \text{sta\_male}(x) \wedge \text{\`e\_tuttogiallo}(x))$

$\text{sta\_male}(\text{Giuseppe})$

$\text{\`e\_tuttogiallo}(\text{Giuseppe})$

Abduzione

$$\frac{a \Rightarrow b \quad b}{a}$$

Conclusione:  $\text{ha\_epatite}(\text{Giuseppe})$

Tavoli, tavoli moderni e antichi, tavoli da cucina, da osteria, da salotto

Tavolini

Gambe del tavolo

I tavoli hanno quattro gambe

(eccezione: tavoli bolognesi dell'800 con una gamba centrale)

Mi comperi del vino? Mi comperi due litri di vino?

## Categorie e oggetti

- Oggetti e Categorie (Classi, Concetti, Tipi, ...)
  - Classificazione di oggetti
  - Ragionamento a livello delle categorie (si individua l'appartenenza di un oggetto ad una categoria e si inferiscono, per l'oggetto, le proprietà associate alla categoria)

## Categorie e oggetti

- Ereditarietà
  - Relazione di “sottoclasse di”
- Tassonomie (o gerarchie tassonomiche)
  - Organizzazione delle categorie attraverso la relazione di “sottoclasse di”
  - Parte importante della conoscenza di senso comune

*Food --- edible*

*Fruit*

*Apples*

## Categorie e oggetti

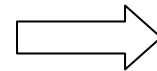
- Rappresentazione in FOL
- Categoria come predicato

*Basketball(b)*

- Categoria come oggetto

*Member (b, Basketballs)*

*b ∈ Basketballs*



*Subset (Basketballs, Balls)*

*Basketballs ⊂ Balls*

## Categorie e oggetti

- Relazioni tra categorie di “sottoclasse di” e appartenenza (rappresentazione in FOL)

- Un oggetto è membro di una categoria

$BB9 \in Basketballs$

- Una categoria è sottoclasse di un'altra

$Basketballs \subset Balls$

- Tutti i membri di una categoria hanno una proprietà

$x \in Basketballs \Rightarrow Round(x)$

- I membri di una categoria sono riconosciuti da proprietà

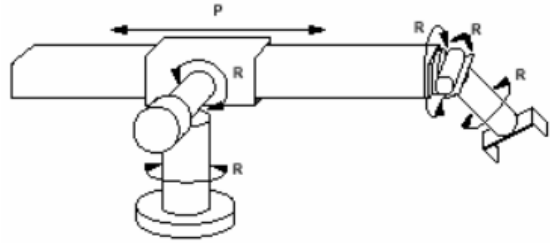
$Orange(x) \wedge Round(x) \wedge Diameter(x)=9.5 \wedge x \in Balls \Rightarrow x \in Basketballs$

- Una categoria è membro di una categoria di categorie

$Dogs \in DomesticatedSpecies$

Categoria  
come oggetto  
e non come  
predicato

# Categorie e oggetti



Uovo

Oggetti fragili

Ovoidale

Diametro maggiore: 4 cm

Diametro minore: 3 cm

Opaco

Giallino

Peso: 65 gr

Afferrare con delicatezza

## Categorie e oggetti

- Relazioni tra categorie che non sono “sottoclasse di”  
(rappresentazione in FOL)

- “disgiunte”

Le due categorie non hanno membri  
in comune

*Disjoint ( {Animals, Vegetables} )*

- “scomposizione esaustiva”

Tutti i membri di *americans*  
appartengono ad una (o più -  
doppia cittadinanza) categorie

*ExhaustiveDecomposition*

*( { Americans, Canadians, Mexicans }, NorthAmericans )*

- “partizione” (scomposizione esaustiva disgiunta)

*Partition ( { Males, Females }, Animals )*

Tutti i membri di *animals* appartengono ad una sola delle categorie

## Categorie e oggetti

– Categorie “disgiunte”

$$\text{Disjoint}(s) \Leftrightarrow (\forall c_1, c_2 \quad c_1 \in s \wedge c_2 \in s \wedge c_1 \neq c_2 \Rightarrow \\ \text{Intersection}(c_1, c_2) = \{ \})$$

– “scomposizione esaustiva”

$$\text{ExhaustiveDecomposition}(s, c) \Leftrightarrow (\forall i \quad i \in c \Leftrightarrow \exists c_2 \quad c_2 \in s \wedge i \in c_2)$$

– “partizione” (scomposizione esaustiva disgiunta)

$$\text{Partition}(s, c) \Leftrightarrow \text{Disjoint}(s) \wedge \text{ExhaustiveDecomposition}(s, c)$$

## Categorie e oggetti

- A proposito della definizione strettamente logica delle categorie (le categorie di ciò che esiste nel mondo: Tipi naturali)

triangolo

Poligono con tre lati

pomodoro

Rosso

Abbastanza rotondo

Con fogliette in cima

Ha del succo dentro

.....

Pomodoro Sanmarzano (lungo)

Pomodorini verdi

.....



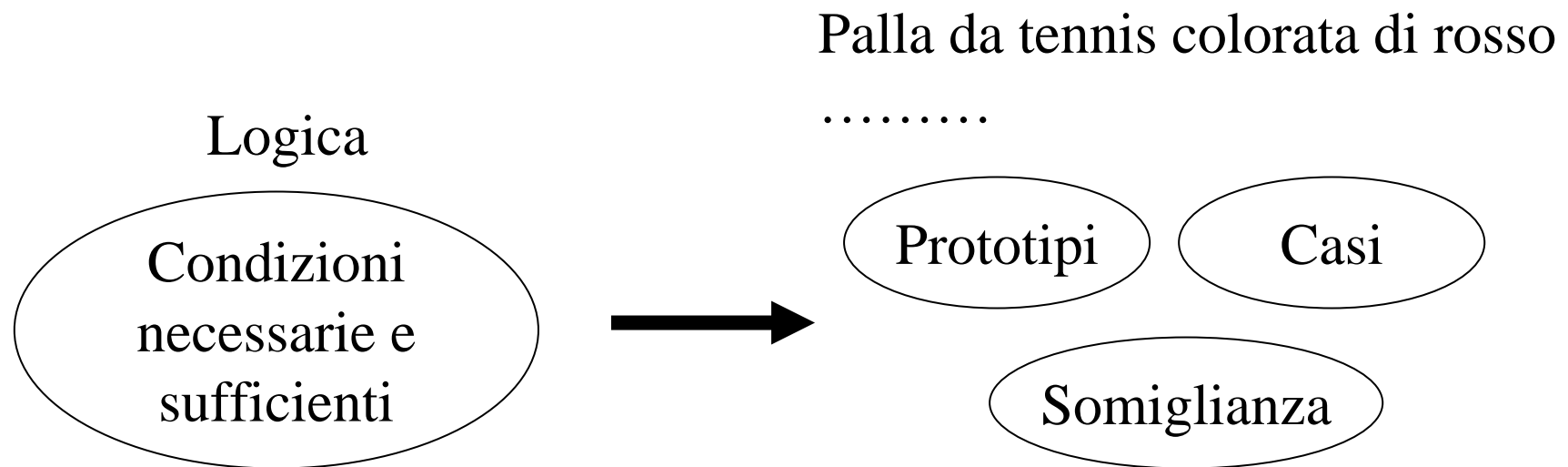
## Categorie e oggetti

- Soluzione: separare ciò che è vero per tutte le istanze da ciò che è vero per le istanze tipiche

*Tomatoes*

$Typical(Tomatoes) \quad Typical(c) \subseteq c$

$x \in Typical(Tomatoes) \Rightarrow Red(x) \wedge Round(x)$



## Categorie e oggetti

- Oggetti composti

- Relazione di “parte di”  $PartOf(Bucharest, Romania)$

$PartOf(Bucharest, Romania)$

$PartOf(Romania, Europe)$

- La relazione  $PartOf$  è transitiva e riflessiva

$PartOf(x, y) \wedge PartOf(y, z) \Rightarrow PartOf(x, z)$

$PartOf(x, x)$

Si può concludere che  $PartOf(Bucharest, Europe)$

## Categorie e oggetti

- Cose che esistono e si possono scomporre in oggetti oppure che è difficile scomporre in oggetti

Tavolo

composto da: piano di lavoro,  
gambe, cassetto

dividere in due un tavolo non  
genera due tavoli

Burro

composto da: burro

dividere in due del burro.....

Burro, acqua, energia,.... Due ontologie diverse

## Categorie e oggetti

*Butter*

## Una possibile ontologia

$x \in Butter \wedge PartOf(y,x) \Rightarrow y \in Butter$

$x \in Butter \Rightarrow MeltingPoint(x, Centigrade(30))$

$x \in Butter \Rightarrow Yellow(x)$

.....

Predicato che definisce  
un'unità di misura

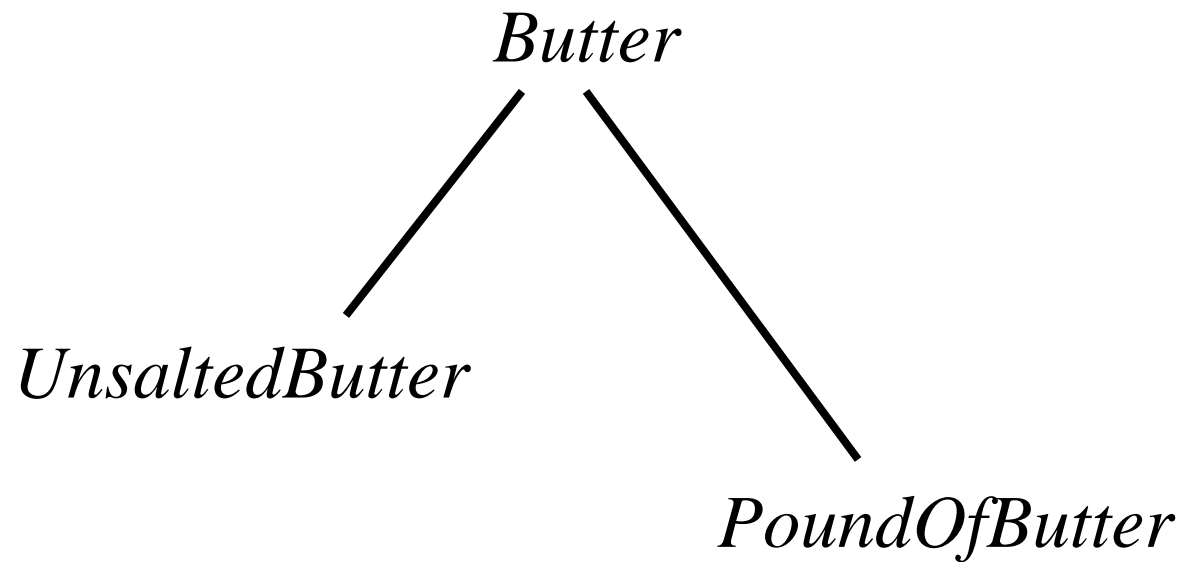
- Proprietà intrinseche: Appartengono alla sostanza dell'oggetto e non alla sua interezza -- *PuntoDiEbollizione*
- Proprietà estrinseche: non sono mantenute dopo la suddivisione -- *Peso*

- **Sostanza**: classe di oggetti che include solo proprietà intrinseche
- **Cosa**: classe di oggetti che include solo proprietà estrinseche

Tutti gli oggetti fisici appartengono ad entrambe le categorie

# Categorie e oggetti

Due categorie specializzate di *Butter*



Sostanze o cose ?

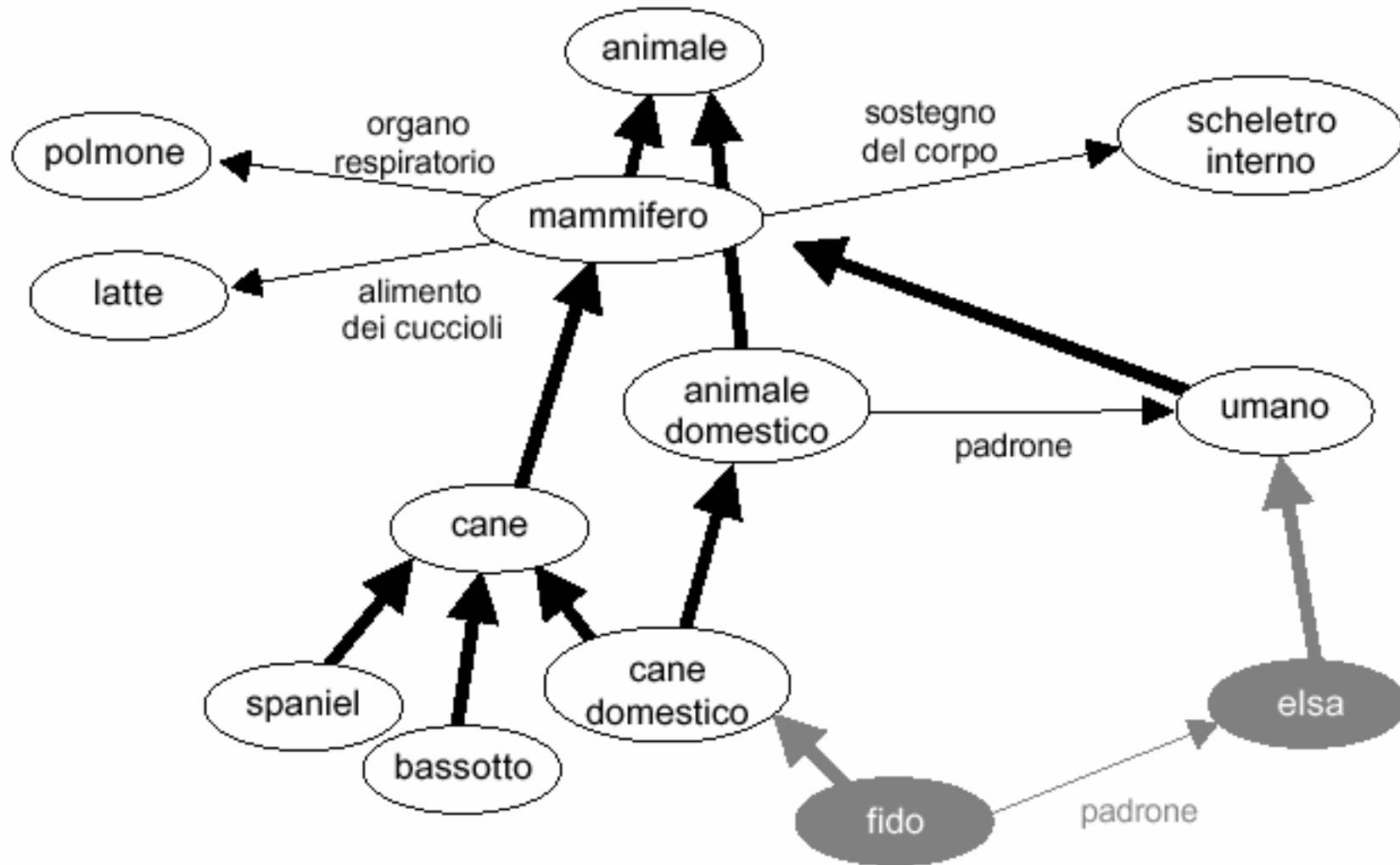
## Reti semantiche

- Sistemi di ragionamento per le categorie
  - Reti semantiche
  - Logica descrittiva
- Reti semantiche
  - Linguaggio: grafi con diversi tipi di legami e annotazioni; più formalismi diversi
  - Ad ogni nodo è associata un'entità concettuale (categorie e oggetti)
  - Le relazioni fra entità concettuali diverse sono rappresentate mediante gli archi che connettono i nodi

## Reti semantiche

- Semantica: sottoinsieme della logica del primo ordine. Altrimenti informale/procedurale
- Inferenza: metodi specializzati per la visita del grafo

# Reti semantiche



## Reti semantiche

- Nodi che corrispondono a categorie (ellissi bianche)
- Nodi che corrispondono a oggetti specifici (ellissi grigie)
- Archi di sussunzione (is a) (freccie nere spesse)  
Collegano tra loro le categorie; un arco di sussunzione A is a B indica che A è una sottoclasse di B
- Archi che rappresentano gli attributi di una categoria (freccie nere sottili) etichettati con il nome dell'attributo. Un attributo di una categoria è caratterizzato per mezzo di un'altra categoria.

## Reti semantiche

- Archi di istanziazione, (freccie grigie spesse)  
Collegano un oggetto individuale a una categoria. A è un'istanza di B
- Archi che rappresentano gli attributi di un oggetto individuale (freccie grigie sottili). Corrispettivo a livello di oggetti individuali degli archi che rappresentano gli attributi delle categorie.

## Reti semantiche

*AnimaleDomestico(x)*

*Umano(x)*

*CaneDomestico(x)*

*Padrone (x,y)*

$\forall x(\text{AnimaleDomestico}(x) \Rightarrow \exists y \text{Padrone}(x,y) \wedge$

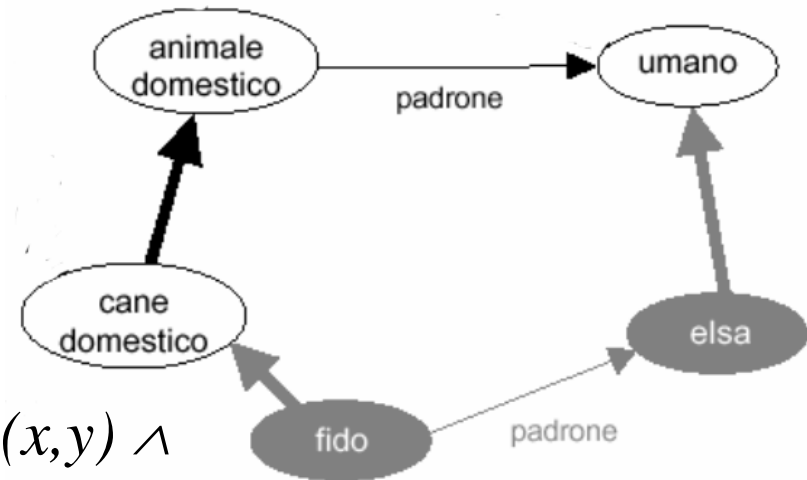
$\forall z(\text{Padrone}(x,z) \Rightarrow \text{Umano}(z)))$

$\forall x(\text{CaneDomestico}(x) \Rightarrow \text{AnimaleDomestico}(x))$

*CaneDomestico(Fido)*

*Umano(Elsa)*

*Padrone (Fido, Elsa)*



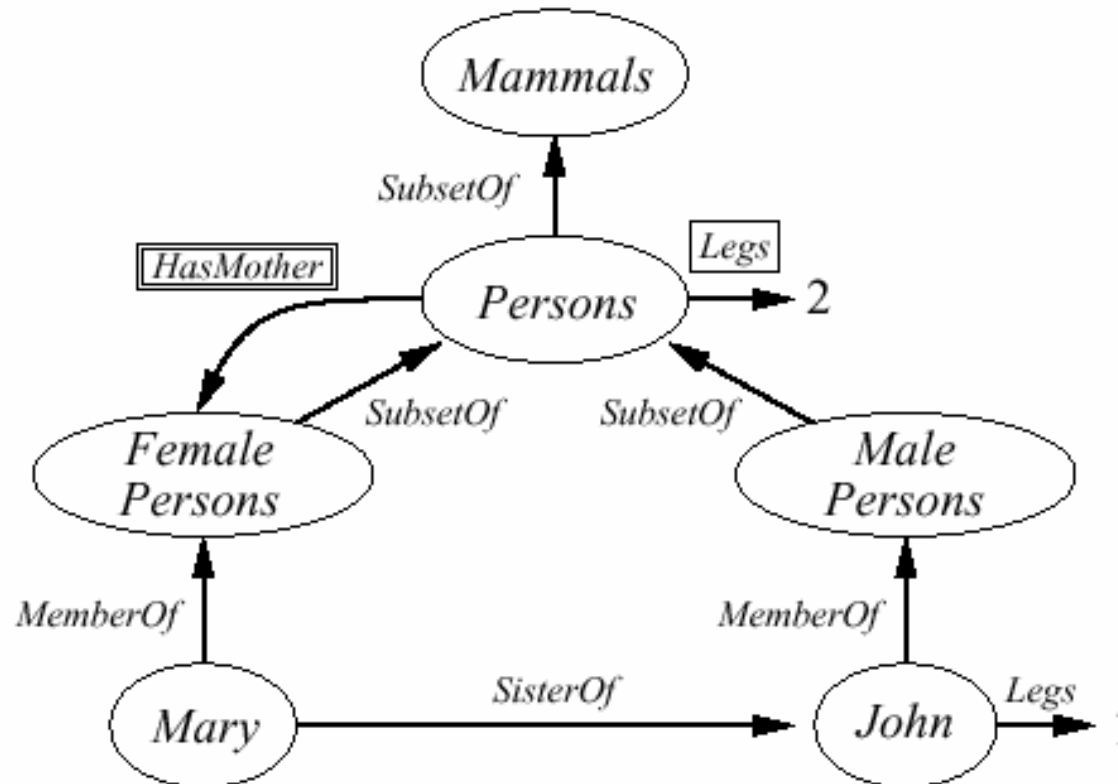
## Traduzione in FOL

(categoria come predicato e non come oggetto)

## Reti semantiche

- Reti semantiche e logica: traduzione in FOL
- I nodi categorie: predicati a un argomento: *Mammifero(x)*.
- I nodi oggetti individuali: costanti individuali: *Elsa, Fido*
- Attributi delle categorie: predicati a due argomenti: *Padrone (x,y)*
- L'attributo Padrone che collega animale domestico e umano, viene tradotto:  
$$\forall x(\text{AnimaleDomestico}(x) \Rightarrow \exists y \text{Padrone}(x,y)) \wedge \forall z(\text{Padrone}(x,z) \Rightarrow \text{Umano}(z))$$
- Archi di sussunzione: implicazioni quantificate universalmente. L'arco isa tra cane e mammifero:  $\forall x(\text{Cane}(x) \Rightarrow \text{Mammifero}(x))$
- Archi di istanziazione: predicato di una costante: *CaneDomestico(Fido)*
- Attributi di oggetti individuali: predicato di due costanti: *Padrone (Fido, Elsa)*

# Reti semantiche



**HasMother**

Relazione tra una persona e sua madre (istanze delle categorie);  
Non relazione tra categorie

**Legs**

Proprietà di ogni istanza della categoria;  
Non proprietà della categoria

# Reti semantiche

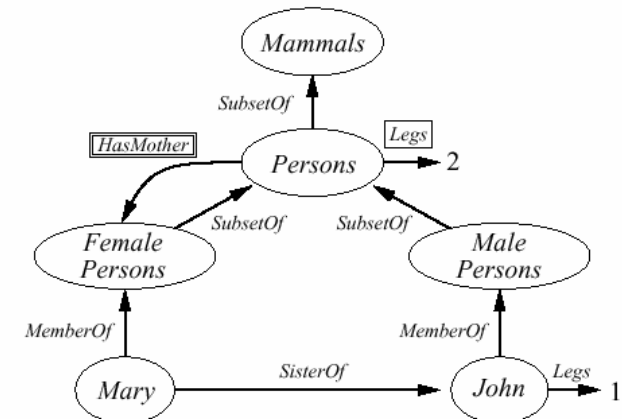
*HasMother*

(categoria come oggetto)

$\forall x \ x \in \text{Person} \Rightarrow (\forall y \ \text{HasMother}(x,y) \Rightarrow y \in \text{FemalePersons})$

SubsetOf

$\text{FemalePersons} \subset \text{Person}$



*HasMother*

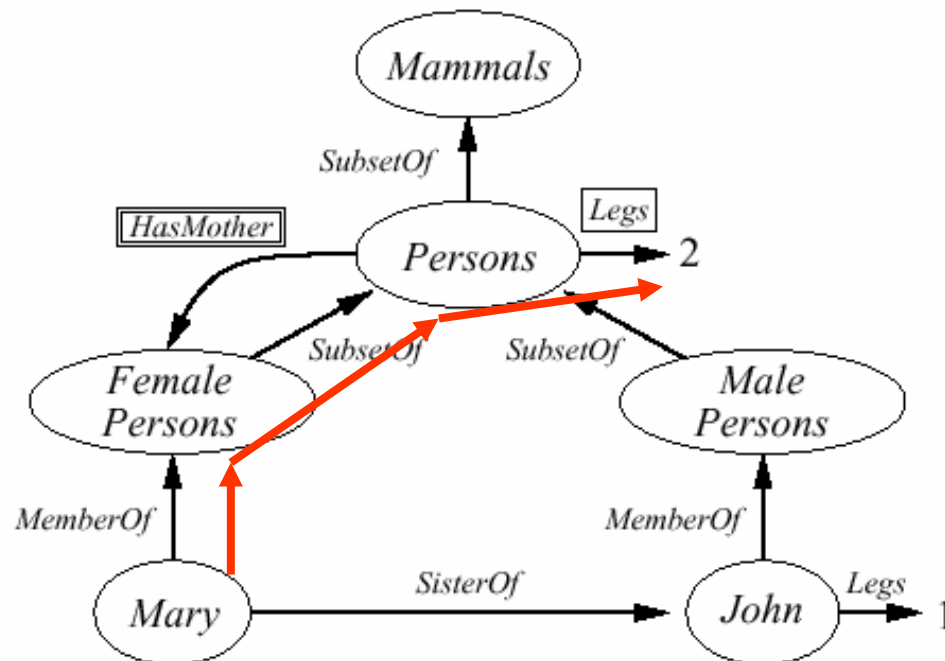
Relazione tra una persona e sua madre (istanze delle categorie);  
Non relazione tra categorie

*Legs*

Proprietà di ogni istanza della categoria;  
Non proprietà della categoria

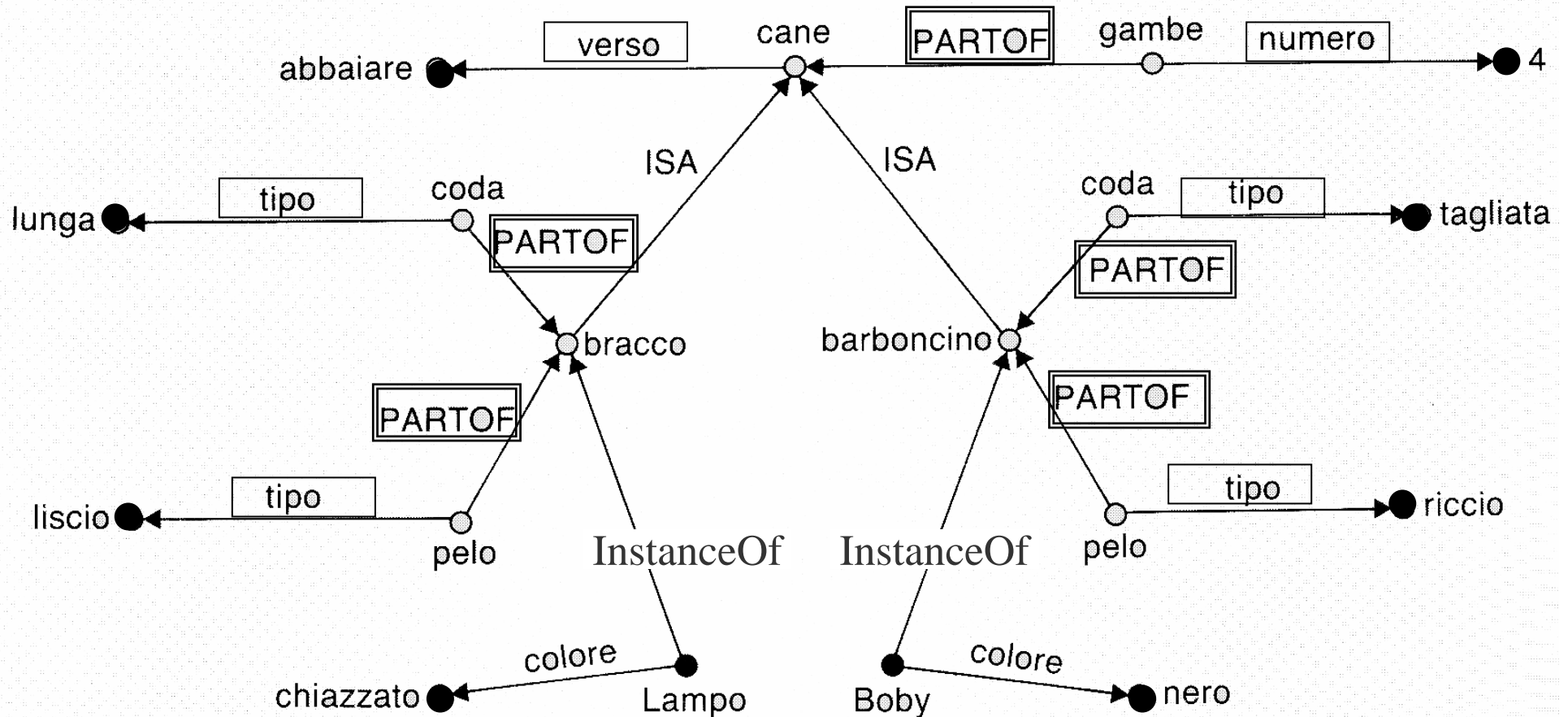
# Reti semantiche

- Inferenza con le reti semantiche
  - 1) Tradurre in FOL
  - 2) Inferenza attraverso l'ereditarietà esplorando proceduralmente il grafo



Quante gambe ha Mary?

# Reti semantiche

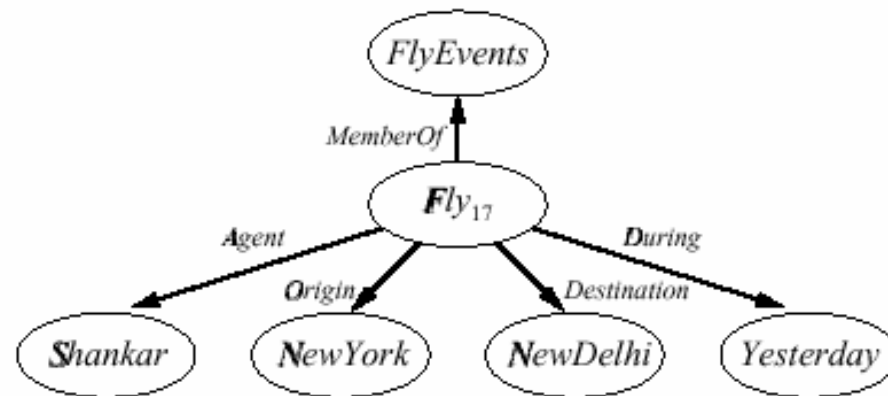


○ categorie ●oggetti

Cosa è Bobby ? Che differenza c'è tra un braccio e un barboncino?  
Dati da sensori (immagine): tipo pelo e colore pelo. Che cane è?

## Reti semantiche

- Limiti delle reti semantiche (rispetto a FOL)
  - Potenza espressiva ridotta:
    - Non esiste negazione, disgiunzione, quantificazione esistenziale
    - Solo relazioni binarie
    - (E' possibile trasformare in oggetti le relazioni n-arie)

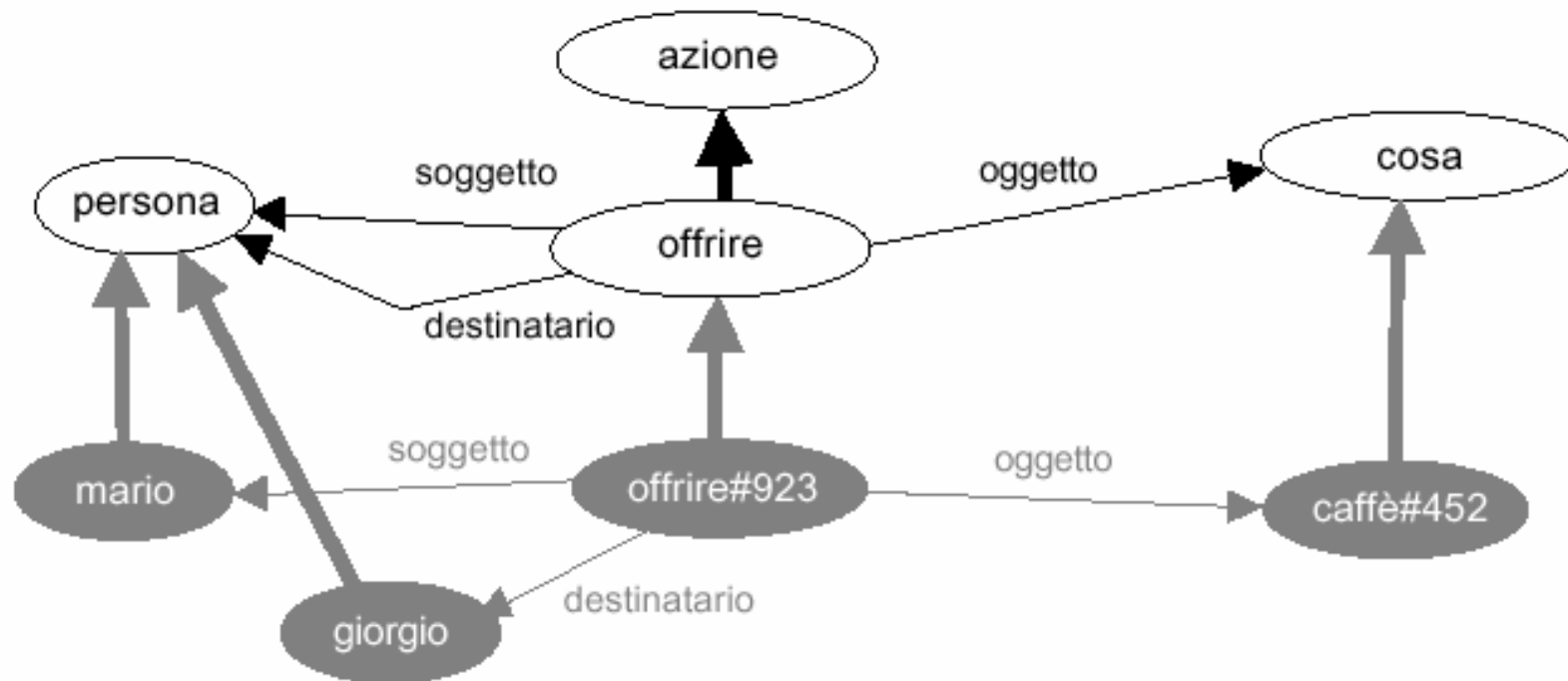


*Fly(Shankar, NewYork, NewDelhi, Yesterday)*

# Reti semantiche

Trasformare in oggetti le relazioni n-arie

Mario offre un caffè a Giorgio  
*Offre (Mario, Giorgio, Caffè)*



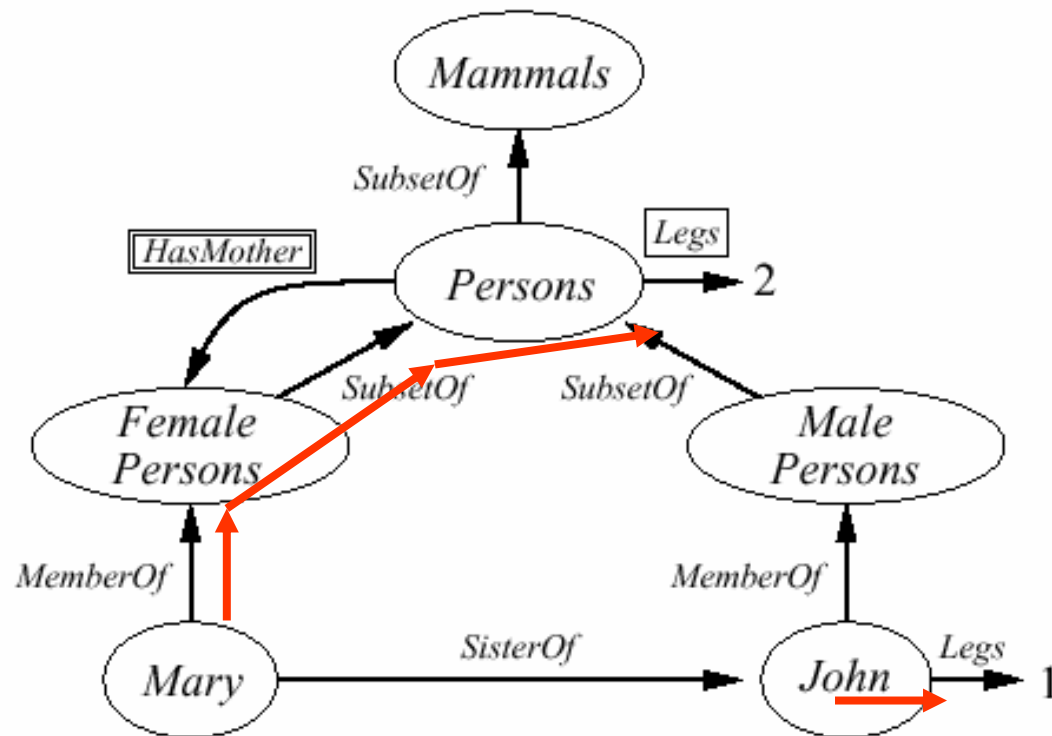
Si rappresenta *offrire* come una categoria, sottocategoria di *azione*

## Reti semantiche

- Vantaggi delle reti semantiche (rispetto a FOL)
  - Semplicità e trasparenza del processo di inferenza
  - Visualizzazione del processo
  
  - Capacità di rappresentare i valori di default per le categorie

# Reti semantiche

## Rappresentazione dei valori di default per le categorie



John ha una sola gamba, nonostante tutte le persone abbiano due gambe e John sia una persona

Si suppone che ogni persona abbia due gambe, fino a che ciò non sia sovrascritto da informazione più precisa

Quante gambe ha Mary?

Quante gambe ha John?

# Frames

- Frames (Marvin Minsky, 1975)
- Una versione di reti semantiche
  - Tutto ciò che è rilevante relativamente ad un concetto sta in un “frame”. Un frame ha slot (attributi) a cui sono associati valori.
  - Un frame è un prototipo degli elementi della classe
  - I frame sono collegati in rete con ereditarietà (una rete semantica con nodi strutturati)
  - Linguaggio: grafo/specifica OO
  - Semantica: parte in FOL e parte procedurale (attributi costituiti da procedure)
  - Inferenza: ricerca su grafi

## Logiche descrittive

- Logiche descrittive
- Evoluzione per formalizzare le reti semantiche e rendere più agevole la descrizione di categorie con la logica
- Inferenze:
  - Sussunzione: una categoria è sottoinsieme di un'altra? (a partire dalle definizioni delle categorie)
  - Classificazione: un oggetto appartiene ad una categoria?

## Logiche descrittive

- Nel linguaggio CLASSIC

*Bachelor = And (Unmarried, Adult, Male)*

- In FOL (ogni descrizione in CLASSIC può essere scritta in FOL)

*Bachelor(x)  $\Leftrightarrow$  Unmarried(x)  $\wedge$  Adult(x)  $\wedge$  Male(x)*

to describe the set of men with at least three sons who are all unemployed and married to doctors and at most two daughters who are all professors in physics or math departments, we would use

*And(Man, AtLeast(3, Son), AtMost(2, Daughter),  
All(Son, And(Unemployed, Married, All(Spouse, Doctor))),  
All(Daughter, And(Professor, Fills(Department, Physics, Math)))) .*

We leave it as an exercise to translate this into first-order logic.