

# LOGICA DEI PREDICATI

Permette di rappresentare proprietà e relazioni tra individui di un dominio.  
Un fatto è il sussistere di una proprietà di un individuo o una relazione tra individui.

Permette di rappresentare

- oggetti
- relazioni
- proprietà
- funzioni

attraverso predicati che possono avere un certo numero di termini.

Fratello (riccardo, giovanni)

predicato                      termini

Gli operatori disponibili sono:

- congiunzione  $\&$
- disgiunzione  $\vee$
- implicazione  $\rightarrow$
- negazione  $\neg$

I quantificatori sono

- universali  $\forall x p(x)$
- esistenziali  $\exists x p(x)$

Il metodo di riduzione permette di dimostrare un teorema per refutazione, cioè dimostrando che la negazione del teorema è falsa.

MODUS PONENS GENERALIZZATO → se una sostituzione comprendente  $x$  rende la premessa di implicazione identica a formule già presenti in KB, allora vale la conclusione.

↳ CONCATENAZIONE IN AVANTI → partire dalle formule di KB e generare nuove conclusioni che portino a nuove inferenze

↳ CONCATENAZIONE ALL'INDIETRO → partire da qualcosa da dimostrare, trovare implicazioni che ci permettano di concluderlo e stabilire le premesse necessarie

## VANTAGGI

- PRECISIONE → semantica chiara e definita per la quale esistono metodi standardizzati per determinare il significato di un'espressione
- FLESSIBILITÀ → rappresenta la conoscenza in modo dichiarativo, cioè indipendentemente dal suo uso
- MODULARITÀ → le asserzioni possono entrare in una KB in modo indipendente le une dalle altre.

## SVANTAGGI

- INADEGUATEZZA ESPRESSIVA  
non può rappresentare mondi dinamici e conoscenze probabilistiche
- MONOTONICITÀ  
l'aggiunta di un teorema non provoca la cancellazione di teoremi precedenti
- INEFFICIENZA  
la dimostrazione automatica si basa su processi di ricerca esponenziale e le euristiche non risolvono il problema

# LOGICA DESCRITTIVA

Evoluzione delle reti semantiche per rispondere alla necessità di formalizzare il significato delle reti mantenendo l'infissi sulla struttura tassonomica.

I problemi della logica dei predicati erano

- la procedura di deduzione è di semidecisione (può non terminare)
- la procedura di deduzione è molto costosa.

Risolti dalla logica descrittiva a scapito dell'espressività.

Il linguaggio contiene

- concetti atomici
- ruoli
- nomi di oggetti

ONTOLOGIA  $\rightarrow$  assegna un significato non ambiguo ai termini atomici in base al significato di altri termini

Gli operatori disponibili sono:

- intersezione  $\cap$
- equivalenza  $\equiv$
- complemento  $\neg$
- unione  $\cup$

I metodi inferenziali sono

- SUSSUNZIONE  $\rightarrow$  determina se una categoria è il sottoinsieme di un'altra confrontando le definizioni " $\subseteq$ ".
- CLASSIFICAZIONE  $\rightarrow$  verifica che un oggetto appartenga a una categoria.
- VERIFICA DI CONSISTENZA DI UNA DEFINIZIONE DI CATEGORIA  $\rightarrow$  una definizione è consistente se i criteri di appartenenza sono logicamente soddisfacenti.

Gli aggregati vengono espressi mediante il ruolo "parte di".

BASE DI CONOSCENZA → insieme di rappresentazioni relative ad aspetti del mondo espresso in formule di un linguaggio di rappresentazione della conoscenza

INFERENZA → processo di derivazione di nuove formule a partire da quelle conosciute

AGENTE BASATO SULLA CONOSCENZA → APPROCCIO

- DICHIARATIVO → le conoscenze del progettista vengono aggiunte una a una mediante formule
- PROCEDURALE → le conoscenze del progettista vengono aggiunte direttamente nel programma sotto forma di codice.
- MISTI

Ogni volta che l'agente trae una conclusione dalle informazioni disponibili, tale conclusione sarà sempre corretta a patto che lo sia l'informazione iniziale.

Un metodo per la rappresentazione della conoscenza deve essere capace di:

- 1) rappresentare tutti i tipi di conoscenza necessari per ragionare sul dominio (ADEGUATEZZA DI RAPPRESENTAZIONE)
- 2) manipolare la conoscenza per ottenere nuova conoscenza (ADEGUATEZZA INFERENZIALE)
- 3) fornire delle informazioni per guidare il meccanismo inferenziale nelle direzioni più promettenti (EFFICIENZA INFERENZIALE)
- 4) acquisire facilmente nuova conoscenza (EFFICIENZA DI ACQUISIZIONE)

STRUMENTI PER LA RAPPRESENTAZIONE DELLA CONOSCENZA

- AZIONI (logica) → concetti: fatti (solo primitivi)
  - ↳ inferenza
  - ↳ ragionamento avanti/indietro
- OGGETTI (reti semantiche, frame) → concetti primitivi e complessi: oggetti
  - ↳ navigazione delle relazioni
  - ↳ esecuzione procedure

RAPPRESENTAZIONE BASATA SU AZIONI

LOGICA MODERNA → ha come obiettivo stabilire sotto quali condizioni si possa dire che un'argomentazione è valida.  
• MATEMATICA  
Una metodi formali.

LOGICA: fornisce strumenti per

- esprimere le inferenze come operazioni su simboli.
- dedurre conseguenze da certe premesse
- studiare verità/falsità di proposizioni date da altre
- stabilire la consistenza e la validità di una data teoria.

RAGIONAMENTO DEDUTTIVO  $\rightarrow$  modo per inferire nuove costanze in logica, mantenendo la veridicit  delle premesse: ASSIOMI  $\Rightarrow$  TEOREMI  
(premesse) (conclusioni)

LOGICA  $\rightarrow$  linguaggio formale per rappresentare delle informazioni e trarre delle conclusioni

IMPLICAZIONE:  $KB \models \alpha$  se e solo se  $\alpha$    vero in tutti i mondi dove  $KB$    vero

INFERENZA:  $KB \vdash \alpha$  se e solo se  $\alpha$  pu  essere derivata dalle  $KB$  mediante la procedura i.

  CORRETTA:  $KB \vdash \alpha \Rightarrow KB \models \alpha$

  COMPLETA:  $KB \models \alpha \Rightarrow KB \vdash \alpha$

LOGICA PROPOSIZIONALE  $\rightarrow$  enumera tutti gli elementi; semplice ma poco espressiva!  
Usa le terne di verit  per esprimere i valori delle operazioni  
 $\neg$  (NOT),  $\wedge$  (AND),  $\vee$  (OR),  $\Rightarrow$  (implicazione),  $\Leftrightarrow$  (equivalenza)

REGOLE DI INFERENZA

• MODUS PONENS: se  $\alpha \Rightarrow \beta$    una proposizione vera e  $\alpha$    vera, allora lo   anche  $\beta$ . In formule:  $\frac{\alpha \Rightarrow \beta, \alpha}{\beta}$

• RISOLUZIONE UNITARIA: se  $\alpha \vee \beta$    vera e  $\beta$    falsa, allora  $\alpha$    vera.  $\frac{\alpha \vee \beta, \neg \beta}{\alpha}$

• RISOLUZIONE:  $\frac{\alpha \vee \beta, \neg \beta \vee \gamma}{\alpha \vee \gamma}$  oppure  $\frac{\neg \alpha \Rightarrow \beta, \beta \Rightarrow \gamma}{\neg \alpha \Rightarrow \gamma}$

La logica proposizionale non evita doppioni nelle regole e non permette di considerare il tempo

DOMINIO  $\rightarrow$  insieme non vuoto di individui

FATTO  $\rightarrow$  sussistere di una propriet  di un determinato individuo o di una relazione tra pi  individui

LOGICA DEI PREDICATI  $\rightarrow$  si basa su forme atomiche dette predicati che possono avere un certo numero di argomenti (termini)

FORMULE ATOMICHE  $\rightarrow$  predicato seguito da una lista di termini (Fratello(Mario, Gaia))

Gli operatori disponibili sono  $\wedge$  (AND),  $\vee$  (OR),  $\Rightarrow$  (implicazione),  $\neg$  (negazione).

Ci sono inoltre due tipi di QUANTIFICATORI:

• UNIVERSALI:  $\forall x P(x)$

• ESISTENZIALI:  $\exists x P(x)$

Assegnando valori e funzioni ai simboli si ottiene un'INTERPRETAZIONE (istanza).

REGOLE DI INFERENZA

$\frac{A \Rightarrow B, A}{B}$

$\frac{\forall x P(x)}{P(a)}$

$\frac{A \Rightarrow B, \neg B}{\neg A}$

$\frac{A, B}{A \wedge B}$

$\frac{A \wedge B}{A, B}$

$\frac{A}{A \vee B}$

$\frac{A \vee B, \neg A}{B}$

CLAUSOLA → formula priva di quantificatori e formata da una disgiunzione di termini

FORMA A CLAUSOLE → permette di utilizzare un'unica regola di inferenza, detta:

REGOLA DI RISOLUZIONE: uso il metodo della REFUTAZIONE, ovvero nego il teorema, lo aggiungo agli assiomi e dimostro che arrivo a una contraddizione

MODUS PONENS GENERALIZZATO → se una sostituzione comprendente  $x$  rende le premesse di implicazione identica a formule già presenti in KB, allora vale la conclusione dell'implicazione. Va in direzioni che sembrano utili invece di eliminare gli universali in modo casuale.

! Richiede una forma canonica delle formule (forma di Horn)!

Due modi di inferire:

• CONCATENAZIONE IN AVANTI → parto dalle formule nella KB e genero nuove conclusioni che portano a nuove inferenze  
↳ guidate dai dati

• CONCATENAZIONE ALL'INDIETRO → parto da qualcosa da dimostrare, trovo implicazioni  
↳ base per la programmazione logica che mi permettono di concluderlo e stabilisco le premesse necessarie

## LOGICA

### VANTAGGI

• PRECISIONE → semantica chiara e definita per la quale esistono metodi standard per determinare il significato di un'espressione

• FLESSIBILITÀ → rappresenta la conoscenza in modo indipendente dal suo uso

• MODULARITÀ → le asserzioni possono entrare nella KB in modo indipendente

### SVANTAGGI

• INADEGUATEZZA ESPRESSIVA → non può rappresentare mondi dinamici o conoscenze probabilistiche

• MONOTONICITÀ → l'aggiunta di un teorema non cancella quelli precedenti

• INEFFICIENZA → la ricerca è esponenziale, anche con eventualiuristiche

• PROCEDURA DI SEMIDECISIONE → il calcolo potrebbe non terminare quando non c'è soluzione.

SISTEMI DI PRODUZIONE → strumento per la costruzione di sistemi basati sulla conoscenza, sia deduttivi che plausibili e incerti.

RICERCA DAI DATI  
(forward)

RICERCA DAGLI OBIETTIVI  
(backward)

Composti da REGOLE DI PRODUZIONE

SISTEMA DI PRODUZIONE → grande dispendio di risorse

BASE DELLE REGOLE  
conoscenza del sistema

MEMORIA DI LAVORO  
stato di avanzamento del processo computazionale

INTERPRETE DELLE REGOLE  
applica le regole alle informazioni nella memoria di lavoro

# RAPPRESENTAZIONE BASATA SU OGGETTI

Sono approcci alternativi alla logica, più semplici ed espressivi, ma meno formali.  
OGGETTO  $\rightarrow$  pezzo di conoscenza che serve a rappresentare concetti del mondo reale.  
ONTOLOGIA SUPERIORE  $\rightarrow$  infrastruttura generale dei concetti: più generali in alto, più specifici sotto.

Gli oggetti sono divisi in CATEGORIE che servono a organizzare e semplificare la base di conoscenza attraverso il meccanismo dell'EREDITARIETÀ.

Ogni oggetto ha delle caratteristiche (peso, costo, ...) a cui assegniamo un valore detto

MISURA  $\rightarrow$  QUANTITATIVA (funzioni di unità: lunghezza)  
 $\rightarrow$  QUALITATIVA (nessuna scala di valori oggettiva, ordinate con  $>$  e  $<$ )

SOSTANZA  $\rightarrow$  insieme delle proprietà intrinseche dell'oggetto

APPROCCI DI RAPPRESENTAZIONE

- LOGICO o DICHIARATIVO (reti semantiche, logica descrittiva)  
oggetto come congiunzione di proprietà
- PROCEDURALE (frame, DOP)  
oggetto come struttura con stato (attributi) e comportamento (metodi)

FRAME  $\rightarrow$  collezione di attributi (slot) e di valori loro associati che descrivono una entità del mondo (strutture dichiarative). Si basano sul fatto che, di fronte a una nuova situazione, una persona non parte da zero ma sfrutta le esperienze precedenti.

L'appartenenza a una categoria viene data dalla somiglianza con i membri tipici della categoria (PROTOTIPI).

SLOT  $\left\{ \begin{array}{l} \text{MEMBER} \rightarrow \text{descrive una proprietà che vale per tutti gli elementi della classe} \\ \text{OWN} \rightarrow \text{descrive una proprietà del frame specifico} \end{array} \right.$

## FRAME

### VANTAGGI

- rappresentazioni compatte anche per concetti complessi
- efficienti da elaborare

### SVANTAGGI

- non hanno una semantica formale universalmente riconosciuta
- sistemi ibridi

RETI SEMANTICHE → rappresentano la conoscenza attraverso una struttura a grafo (detta rete) in cui i nodi rappresentano i concetti e gli archi le relazioni o le proprietà dei concetti.  
Modo naturale per rappresentare le relazioni binarie.

### VANTAGGI

- facili da comprendere per le persone
- efficienti da elaborare
- potenti per rappresentare idee e concetti anche complessi
- estendibili per rappresentare concetti modali e temporali

### SVANTAGGI

- poco espressive, necessarie reti di grandi dimensioni per concetti semplici
- assenza di semantica formale

LOGICHE DESCRITTIVE → evoluzione delle reti semantiche, notazioni progettate per facilitare la descrizione della definizione e delle proprietà delle categorie. Mantengono l'enfasi sulla

STRUTTURA TASSONOMICA → memorizza informazioni al livello più appropriato di generalità rendendole automaticamente disponibili agli oggetti più specifici mediante l'ereditarietà.

Meno espressiva della logica dei predicati, ma meno onerosa in termini di complessità computazionale e basata su procedura di decisione.

Composta da:

- CONCETTI ATOMICI (descritti da termini) → determinano un' estensione; insieme degli individui del dominio a cui il termine si applica
- RUOLI (relazioni binarie)
- NOMI DI OGGETTI

ONTOLOGIA → insieme finito di definizioni terminologiche (termine atomico = termine complesso). assegna un significato non ambiguo ai termini atomici in funzione di altri termini.

SEMANTICA FORMALE → associa a ogni termine una interpretazione definita in modo insiemistico.

RUOLI → "predicati" a due argomenti, esprimono relazioni binarie fra individui della rete.  
 $R(x, y)$  Identificano un dominio (x) e un codominio (y)

FUNZIONE → relazione binaria (ruolo) in cui ogni elemento del dominio è in relazione con un unico elemento del codominio.

SUSSUNZIONE → determina se una categoria è il sottoinsieme di un'altra.  
gatto  $\subseteq$  animali

CLASSIFICAZIONE  $\rightarrow$  verifica che un oggetto appartiene a una categoria  
Una definizione di categoria è CONSISTENTE se i criteri di appartenenza sono  
logicamente soddisfacenti.  
La logica descrittiva permette di applicare operazioni logiche ai predisti.  
AGGREGATI  $\rightarrow$  non esistendo questa relazione, uso il ruolo "Parte"