

Intelligenza Artificiale II

Logiche non classiche

Marco Piastra

Logiche non classiche?

- Per logica **classica** si intende:
 - la logica predicativa del primo ordine L_{PO}
 - la logica proposizionale L_P (che è contenuta, in senso proprio, in L_{PO})
- Una logica **non classica** adotta regole diverse
- Perché?
 - per rappresentare altre forme di ragionamento
 - non solo deduttivo ma anche *abduttivo* ed *induttivo* (*vedi oltre*)
 - forme speciali, legate ad obiettivi specifici, come logiche modali o temporali
 - per esigenze applicative
 - forme limitate di L_{PO} , più efficacemente automatizzabili

Regole diverse

a) Logica classica in sistemi logici diversi da quello 'canonico'

- Esempi (già incontrati):
 - *retract* in Jess e in Prolog
 - *closed-world assumption* (CWA)
 - *negation as failure* (NAF)
 - SLDNF

b) Altre estensioni (non monotone) della logica classica

- Esempi:
 - *Default Logic*

c) Ragionamento non deduttivo

- Esempi:
 - Ragionamento *abduttivo*
 - Ragionamento *induttivo*

Regole diverse (2)

d) Rappresentazione di nozioni speciali

- Esempi:
 - Logiche modali
 - Logiche temporali

e) Estensione dei principi base della logica classica

- Esempi:
 - Logiche multi-valenti
 - *Fuzzy Logics*
 - Logiche probabilistiche

- Numerose correlazioni
 - I diversi sistemi logici, malgrado le apparenze, sono fortemente correlati
- Un fattore comune
 - Tutti i sistemi logici che vedremo possono essere rappresentati in logica classica, al più ricorrendo a forme del secondo ordine

Logiche e sistemi logici

- In ambito teorico (p.es. in logica matematica) una **logica** è definita da:
 - un linguaggio formale ed una semantica
 - le relazioni di \models e \vdash comunque caratterizzate (p.es. \vdash a la Hilbert)
- In intelligenza artificiale
 - E' utile vedere un **sistema logico** come un *agente ragionatore*
 - basato su una **logica** di riferimento (p.es. L_{PO})
 - che adotta una determinata strategia di calcolo
 - e può avere risorse limitate (di tempo o memoria)
 - Si ha quindi il concetto di **derivabilità** in un **sistema logico**

Notazione: $\Gamma \vdash_{SL} \varphi$ dove SL indica un sistema logico particolare

 - Esempi:

| | | | | |
|-------------------------------------|--------|---|--------|--|
| $\Gamma \vdash_{L_{PO}} \varphi$ | \neq | $\Gamma \vdash_{SLD_{fair}} \varphi$ | \neq | $\Gamma \vdash_{SLD} \varphi$ |
| ↑ Derivabilità generale in L_{PO} | | ↓ Strategia SLD <i>fair</i> (definita solo per le clausole di Horn) | | ↑ Strategia SLD qualsiasi (e.g. <i>depth-first</i>) |
 - In linea di principio, la strategia di calcolo di SL può essere qualsiasi cosa
p.es. $\Gamma \vdash_{NN} \varphi$ una rete neurale che stabilisce se φ è (NN) derivabile da Γ

1

Ragionamento plausibile (*Defeasible Reasoning*)

Ragionamento plausibile

- In generale

- Un ragionamento dove la **relazione** tra premesse e conseguenza è razionalmente plausibile ma non necessariamente corretta (in senso logico-classico)

Notazione: $\Gamma \vdash_{SL} \varphi$ indica che φ è una derivazione **plausibile** di Γ in un sistema SL

$$\Gamma \vdash_{SL} \varphi \Rightarrow \Gamma \not\vdash_{SL} \neg\varphi \quad (\text{plausibile})$$

$$\Gamma \vdash_{SL} \varphi \Rightarrow \Gamma \vdash_{SL} \varphi \quad (\text{razionale})$$

$$\Gamma \vdash_{SL} \varphi \not\Rightarrow \Gamma \models \varphi \quad (\text{non necessariamente corretta})$$

- Molto frequente in pratica

- L'orario ferroviario non riporta un treno per Milano alle 06:55, quindi si assume che tale treno non ci sia

- Derivazione non monotona (i.e. *defeasible*)

$$\Gamma \vdash_{SL} \varphi \not\Rightarrow \Gamma \cup \Delta \vdash_{SL} \varphi$$

- L'arrivo di nuova informazione può infatti falsificare una precedente derivazione
p.es. l'annuncio di un treno straordinario ...

Inferenza plausibile

- Le forme CWA, NAF e SLDNF
 - Sono schemi di inferenza **plausibile**, di carattere generale
 - Attenzione: non confondere l'inferenza plausibile con schemi di inferenza **corretta** e diversi dal *modus ponens*
Esempio: $\{\gamma \rightarrow \varphi, \neg\varphi\} \vdash \neg\gamma$ (*modus tollens*, è corretto)
- Regole specifiche per l'inferenza plausibile
 - Altri sistemi logici ammettono regole **specifiche**, applicabili solo a casi particolari
 - *Default Logic* (Reiter, 1980)
 - Dato un insieme di fatti K ,
 - se $K \models \alpha$ e $K \not\models \neg\beta_1, K \not\models \neg\beta_2, \dots, K \not\models \neg\beta_n$
Vale a dire se α è vera (in K)
e $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ sono *consistenti* (in K)
 - allora $K \vdash_D \gamma$ (si assume γ per *default*)
Si distingue comunque K (conoscenza certa),
da Δ (l'insieme dei *default*, plausibili)

$$\frac{\alpha : \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n}{\gamma} \text{ schema}$$

$$\frac{Bird(x) : Flies(x)}{Flies(x)} \text{ esempio}$$

2

Logica abduttiva

Forme di inferenza (C. S. Peirce)

- Inferenza *deduttiva*

- i fagioli di questo sacco sono bianchi
 - questi fagioli provengono da questo sacco
- QUINDI*
- questi fagioli sono bianchi

$$\begin{array}{l} \textit{modus} \\ \textit{ponens} \end{array} \quad \begin{array}{l} \varphi \rightarrow \psi \\ \varphi \\ \hline \psi \end{array}$$

corretta

- Inferenza *abduttiva*

- i fagioli di questo sacco sono bianchi
 - questi fagioli sono bianchi
- QUINDI*
- questi fagioli provengono da questo sacco

$$\begin{array}{l} \varphi \rightarrow \psi \\ \psi \\ \hline \varphi \end{array}$$

plausibile

- Inferenza *induttiva*

- questi fagioli provengono da questo sacco
 - questi fagioli sono bianchi
- QUINDI*
- i fagioli di questo sacco sono bianchi

$$\begin{array}{l} \varphi \\ \psi \\ \hline \varphi \rightarrow \psi \end{array}$$

plausibile

Abduzione come completamento

- La logica di base è la logica **classica**
 - E' invece diverso il **tipo** di ragionamento
 - e quindi il **tipo** di calcolo utilizzato
- In generale, in un ragionamento abduttivo:
 - si ha un *modello* (o descrizione astratta) rappresentato da una teoria K
 - si ha un insieme di *osservazioni* specifiche rappresentate da un insieme di proposizioni Σ
 - in generale si ha $K \not\vdash \Sigma$
(intenzionalmente, dalla teoria K non derivano le osservazioni)
 - si cerca è un **completamento** Δ tale per cui
$$K \cup \Delta \vdash \Sigma$$
 - intuitivamente, Δ descrive le *ipotesi* che **spiegano** Σ

Esempio 1

- Modello (\mathbb{K})

$\mathbb{K}_1: \text{batteriaScarica} \rightarrow (\neg\text{funzionanoLuci} \wedge \neg\text{funzionaAutoradio} \wedge \neg\text{motorinoGira})$

$\mathbb{K}_2: \text{motorinoGuasto} \rightarrow \neg\text{motorinoGira}$

$\mathbb{K}_3: \neg\text{motorinoGira} \rightarrow \neg\text{macchinaParte}$

$\mathbb{K}_4: \text{serbatoioVuoto} \rightarrow (\text{indicatoreAZero} \wedge \neg\text{macchinaParte})$

- Osservazioni (Σ)

$\Sigma_1: \neg\text{macchinaParte}$

- Possibili completamenti o *ipotesi* (Δ)

$\Delta_1: \text{batteriaScarica} \quad (\{\mathbb{K}_1, \mathbb{K}_3\} \cup \{\Gamma_1\} \vdash \Sigma_1)$

$\Delta_2: \text{motorinoGuasto} \quad (\{\mathbb{K}_2, \mathbb{K}_3\} \cup \{\Gamma_2\} \vdash \Sigma_1)$

$\Delta_3: \text{serbatoioVuoto} \quad (\{\mathbb{K}_4\} \cup \{\Gamma_3\} \vdash \Sigma_1)$

Tecniche di ragionamento abduttivo

- Identificazione delle ipotesi plausibili
 - le ipotesi Δ devono essere consistenti
 - $K \cup \Delta \cup \Sigma$ deve essere soddisfacibile
 - le ipotesi Δ devono spiegare tutte le osservazioni Σ
 - alcune ipotesi, tuttavia, implicano anche altre osservazioni
 - le ipotesi Δ devono essere minimali
 - non deve esistere un $\Delta^* \subset \Delta$ tale per cui $K \cup \Delta^* \vdash \Sigma$
 - le ipotesi devono limitarsi ai soli elementi indispensabili per spiegare Σ
- Strategie di scelta tra varie *ipotesi*
 - acquisendo nuove *osservazioni*
 - scelta basata sul *rischio* associato alle ipotesi
 - se il motorino è guasto, occorre un intervento del meccanico
 - è più facile rimediare alla batteria scarica o la mancanza di benzina
 - scelta basata sul *costo* delle osservazioni
 - distinguere tra batteria scarica e motorino guasto non è sempre facile

Abduzione e modelli

- Il modello K rappresenta l'informazione che l'agente usa per spiegare le osservazioni
- La scelta del tipo modello K è fondamentale per la definizione
- Schema-based reasoning (SBR)
 - Il mondo è regolare: il comportamento atteso (p.es. dei sistemi) è descrivibile
 - Le anomalie sono le differenze rispetto al comportamento atteso
 - Il modello contiene la descrizione del comportamento atteso
 - Il processo di ragionamento consiste nella spiegazione delle anomalie
- Case-based reasoning (CBR)
 - Il mondo è regolare: problemi simili hanno spiegazioni simili
 - Problemi simili tendono a ripresentarsi nel tempo
 - Il modello contiene la descrizione di problemi e spiegazioni note
 - Il processo di ragionamento consiste nell'adattamento per similitudine

3

Belief Revision

La dinamica della rappresentazione

- Ragionamento plausibile
 - Razionale (=consistente), ma non necessariamente corretto
 - Non monotono: le inferenze plausibili non sono 'stabili'
(nuove informazioni possono invalidarle)
- Dinamica delle informazioni
 - Operazioni sull'insieme delle inferenze plausibili (=assunzioni)
 - Espansione
Inserimento di nuove assunzioni plausibili mantenendo la consistenza
(tipicamente la *chiusura deduttiva* $K \cup \Delta$ delle iniziali)
 - Contrazione
Ritrattazione di precedenti assunzioni
 - Revisione
Inserimento di nuovi fatti o assunzioni, con possibile ritrattazione di assunzioni precedenti, al fine di mantenere la consistenza.
(necessaria all'arrivo di un α o un γ incompatibile con $K \cup \Delta$)

Truth Maintenance System (TMS)

- Rappresentazione esplicita delle dipendenze
 - Ciascun **nodo** corrisponde ad una fbf (tipicamente una clausola di Horn)
 - Ciascun nodo ha uno **stato** (o *label*)
 - **in** giustificato
 - **out** non giustificato
 - Ciascun nodo ha una o più **giustificazioni**
 - Ciascuna composta da:
 - inlist** lista dei nodi che devono essere **in**
 - outlist** lista dei nodi che devono essere **out**
- Funzioni del TMS
 - aggiunta/rimozione di un nodo ed aggiornamento delle giustificazioni
 - modifica dello stato di un nodo e propagazione (espansione, contrazione)
 - identificazione delle inconsistenze e traccia delle cause (revisione)
 - identificazione dei cicli

| | $\varphi : \text{in}$ | $\varphi : \text{out}$ |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|
| $\neg\varphi : \text{in}$ | Inconsistent | $\neg\varphi$ (valid) |
| $\neg\varphi : \text{out}$ | φ (valid) | Unknown |

