

Intelligenza Artificiale II

Oltre la logica classica:
ragionamento plausibile

Marco Piastra

Oltre la logica classica?

- 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

- *Perchè?*

- 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

- Frammenti (sottoinsiemi) di L_{PO} , più efficacemente automatizzabili (p.es. Jess)

Logiche e sistemi logici

In ambito teorico (p.es. in logica matematica) una **logica** è definita da:

- a) Linguaggio formale
- b) Semantica del linguaggio formale
- c) Relazioni \models (conseguenza) e \vdash (derivazione)

■ In intelligenza artificiale

È utile vedere un **sistema logico** come un *agente ragionatore*

- Basato su una **logica** di riferimento (p.es. L_{PO})
- Adotta una determinata **strategia di calcolo** (p.es. *SLD depth-first*)
- Può avere risorse limitate (di tempo o memoria)

Si ha quindi il concetto di **derivabilità** in un **sistema logico**

Notazione: $\Gamma \vdash_{\langle SysLog \rangle} \varphi$ dove $\langle SysLog \rangle$ indica un **sistema logico** particolare

Esempi:

$\Gamma \vdash_{LPO} \varphi \neq \Gamma \vdash_{SLD_{fair}} \varphi \neq \Gamma \vdash_{SLD} \varphi$

↑ Derivabilità generale in L_{PO} ↑ Strategia *SLD* (definita solo per le clausole di Horn) che sia anche *fair*
↑ Strategia *SLD* non necessariamente *fair* (e.g. *depth-first*)

In linea di principio, la strategia di calcolo di $\langle SysLog \rangle$ può essere qualsiasi cosa:
p.es. $\Gamma \vdash_{NN} \varphi$ una rete neurale che stabilisce se φ è (*NN*) derivabile da Γ

Ragionamento plausibile (*defeasible reasoning*)

■ In generale

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

Notazione:

$\Gamma \vdash_{\langle SysLog \rangle} \varphi$ indica che φ è una derivazione **plausibile** (con premesse Γ) in un sistema $\langle SysLog \rangle$

Proprietà della relazione $\vdash_{\langle SysLog \rangle}$

$\Gamma \vdash_{\langle SysLog \rangle} \varphi \Rightarrow \Gamma \not\vdash_{\langle SysLog \rangle} \neg \varphi$ (plausibile)

$\Gamma \vdash_{\langle SysLog \rangle} \varphi \Rightarrow \Gamma \vdash_{\langle SysLog \rangle} \varphi$ (razionale)

$\Gamma \vdash_{\langle SysLog \rangle} \varphi \not\Rightarrow \Gamma \vdash_{\langle SysLog \rangle} \varphi (\Rightarrow \Gamma \models \varphi)$ (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 esista”

In generale, un database contiene solo informazione positiva (p.es. i treni esistenti)

L’informazione negativa è ricavata ‘per difetto’

Ragionamento plausibile (*defeasible reasoning*)

■ Inferenza non monotona

In generale, non vale la proprietà di monotonia

$$\Gamma \vdash_{\langle \text{SysLog} \rangle} \varphi \not\Rightarrow \Gamma \cup \Delta \vdash_{\langle \text{SysLog} \rangle} \varphi$$

L'arrivo di nuova informazione può infatti falsificare una precedente inferenza

p.es. l'annuncio di un treno straordinario ...

■ Inferenza sistemica

Nel caso del *modus ponens*, si ha uno schema di inferenza di valore generale

$$\varphi \rightarrow \psi, \varphi \vdash \psi$$

(E' sempre applicabile, non dipende dal contesto)

In generale, le inferenze *plausibili* dipendono da un'intera teoria Γ

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

Vale a dire: $\Gamma \not\vdash \varphi \vdash_{\langle \text{SysLog} \rangle} \neg \varphi$

Tipicamente, la teoria Γ rappresenta *un sistema completo di conoscenze* (p.es. un database)

Qualsiasi modifica di Γ , in generale, può cambiare l'insieme $\{\varphi \mid \Gamma \vdash_{\langle \text{SysLog} \rangle} \varphi\}$

Occorre controllare tutto il database (l'orario) per essere sicuri che non vi sia l'indicazione del treno

Closed-World Assumption (CWA)

$\{\Gamma \not\models \alpha\} \vdash_{CWA} \neg\alpha$ (α è un atomo)

Esempio:

$\Pi \equiv \{\{Filosofo(socrate)\}, \{Filosofo(platone)\}, \{Mortale(felix)\}\}$

I fatti del programma Π possono essere riscritti in L_{PO} come:

$\forall x ((x = socrate) \rightarrow Filosofo(x))$

$\forall x ((x = platone) \rightarrow Filosofo(x))$

$\forall x ((x = felix) \rightarrow Mortale(x))$

La CWA equivale al *completamento (plausibile)* di Π :

$\forall x ((x = felix) \leftrightarrow Mortale(x))$

$\forall x ((x = socrate \vee x = platone) \leftrightarrow Filosofo(x))$ *Notare la doppia implicazione*

Inferenza plausibile

In questo caso:

$\Pi \vdash_{CWA} \neg Mortale(socrate)$

$\Pi \vdash_{CWA} \neg Mortale(platone)$

$\Pi \vdash_{CWA} \neg Filosofo(felix)$

CWA e regole

Esempio:

$$\Pi \equiv \{ \{ \neg \text{Filosofo}(x), \text{Umano}(x) \}, \{ \neg \text{Umano}(y), \text{Mortale}(y) \}, \\ \{ \text{Filosofo}(\text{socrate}) \}, \{ \text{Filosofo}(\text{platone}) \}, \{ \text{Mortale}(\text{felix}) \} \}$$

La riscrittura dei fatti del programma Π è identica al caso precedente:

$$\forall x ((x = \text{socrate}) \rightarrow \text{Filosofo}(x))$$

$$\forall x ((x = \text{platone}) \rightarrow \text{Filosofo}(x))$$

$$\forall x ((x = \text{felix}) \rightarrow \text{Mortale}(x))$$

Ma il *completamento* di Π deve tener conto delle regole:

$$\forall x ((x = \text{felix} \vee x = \text{socrate} \vee x = \text{platone}) \leftrightarrow \text{Mortale}(x))$$

$$\forall x ((x = \text{socrate} \vee x = \text{platone}) \leftrightarrow \text{Filosofo}(x))$$

$$\forall x ((x = \text{socrate} \vee x = \text{platone}) \leftrightarrow \text{Umano}(x))$$

Inferenza plausibile

In questo caso:

$$\Pi \vdash_{CWA} \neg \text{Umano}(\text{felix})$$

$$\Pi \vdash_{CWA} \neg \text{Filosofo}(\text{felix})$$

Negazione come fallimento (*Negation as Failure - NF*)

Non tutte le fbf sono traducibili in clausole di Horn

In particolare non lo è:

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

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

$$A \vee \neg B \vee C$$

(si ottiene una clausola con due letterali positivi)

Si legga il connettivo \neg nella premessa della regola come '*non è noto che*'

Esempio:

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

Se *A* non è noto e *B* è vero, allora *C*

Salvo "*diversa comunicazione*" e "*oggi è venerdì*", allora "*c'è lezione di IA2*"

■ La Negazione come Fallimento (NF)

In un sistema logico $\langle \text{SysLog} \rangle$

Si legge il connettivo \neg nella premessa come '*non è dimostrabile da $\langle \text{SysLog} \rangle$* '

Si tratta di un'inferenza *plausibile*

Risoluzione SLDNF

■ La NF nel sistema logico della risoluzione SLD

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

$$\backslash+\neg A \vee \neg B \vee C$$

nella notazione SLDNF si traduce come
(il simbolo $\backslash+\neg$ indica la *NF*)

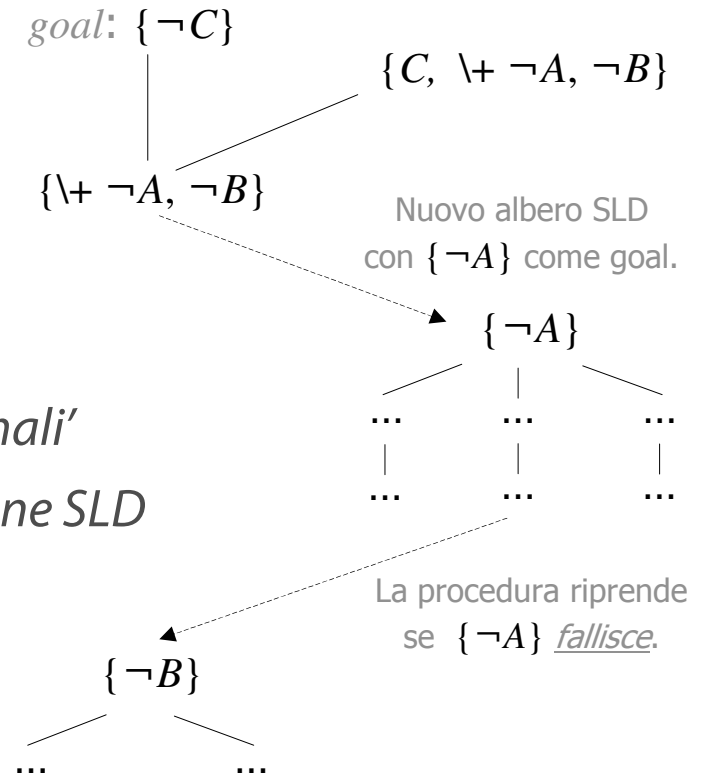
■ Metodo

Le premesse negative (= precedute da $\backslash+\neg$)
sono considerate come
goal la cui derivazione SLD deve *fallire*

Il metodo SLDNF procede come SLD per i goal 'normali'

Incontrando un $\backslash+\neg\varphi$, si apre una nuova derivazione SLD

Il goal $\backslash+\neg\varphi$ ha successo se $\neg\varphi$ fallisce



Risoluzione SLDNF e completamento

■ Completamento

- 1) Dato un insieme di clausole di Horn Γ , si aggregano le regole in modo che ciascun atomo compaia al massimo in una implicazione

Esempio: $\Gamma \equiv \{\{C\}, \{B, \neg F\}, \{B, \neg E\}, \{B, \neg D\}\}$

Si può riscrivere: $\Gamma \equiv \{C, F \rightarrow B, E \rightarrow B, D \rightarrow B\}$

In forma aggregata: $\Gamma' \equiv \{C, D \vee E \vee F \rightarrow B\}$

- 2) Per ogni atomo φ non fattuale si aggiunge $false \rightarrow \varphi$ (*false = contraddizione*)

Nell'esempio: $\Gamma'' \equiv \{C, D \vee E \vee F \rightarrow B, false \rightarrow D, false \rightarrow E, false \rightarrow F\}$

- 3) Si sostituisce l'implicazione \rightarrow con l'equivalenza \leftrightarrow

$Comp(\Gamma'') \equiv \{C, D \vee E \vee F \leftrightarrow B, false \leftrightarrow D, false \leftrightarrow E, false \leftrightarrow F\}$ (completamento)

■ Correttezza di SLDNF (Clark, 1974)

Se il goal SLDNF φ ha successo per Γ allora $Comp(\Gamma) \models \varphi$

Esempio: $\Gamma \equiv \{\{C\}, \{B, \neg F\}, \{B, \neg E\}, \{B, \neg D\}\}$

Il goal $\neg B$ ha successo SLDNF perchè $\neg B$ fallisce in SLD

In effetti: $\{C, (D \vee E \vee F) \leftrightarrow B, false \leftrightarrow D, false \leftrightarrow E, false \leftrightarrow F\} \models \neg B$

Risoluzione SLDNF

- Non è completa

$$Comp(\Gamma) \models \neg\varphi \not\Rightarrow \Gamma \vdash_{SLDNF} \neg\varphi$$

Infatti la SLDNF può andare in loop

Esempio:

$$\Gamma \equiv \{Q \rightarrow P, \neg Q \rightarrow P, Q \rightarrow Q\}$$

Con il goal $\neg P$ la SLDNF va in loop

Provare come esercizio

Ciò non dipende dalle *selection function*, che sia *fair* oppure no

Tuttavia: $Comp(\Gamma) \models \neg P$

- Non è logica classica

Non vale la proprietà di *monotonia sintattica*

$$\Gamma \vdash_{SLDNF} \neg\varphi \not\Rightarrow \Gamma \cup \Delta \vdash_{SLDNF} \neg\varphi$$

Esempio:

$$\{C, D \vee E \vee F \rightarrow B\} \vdash_{SLDNF} \neg B$$

$$\{C, D \vee E \vee F \rightarrow B\} \cup \{D\} \not\vdash_{SLDNF} \neg B$$

Aggiungendo informazione, il risultato della NF può cambiare

Relazione tra CWA, NF e SLDNF

- **Closed-World Assumption (CWA)**

$$\{\Gamma \not\models \alpha\} \vdash_{CWA} \neg\alpha \quad (\alpha \text{ è un atomo})$$

Notare che $\Gamma \not\models \alpha$ non è decidibile in L_{PO} , e quindi nemmeno la relazione \vdash_{CWA}

- **SLDNF *fair***

$$\{\alpha \in FF_{SLDfair}(\Gamma)\} \vdash_{SLDNF\ fair} \neg\alpha$$

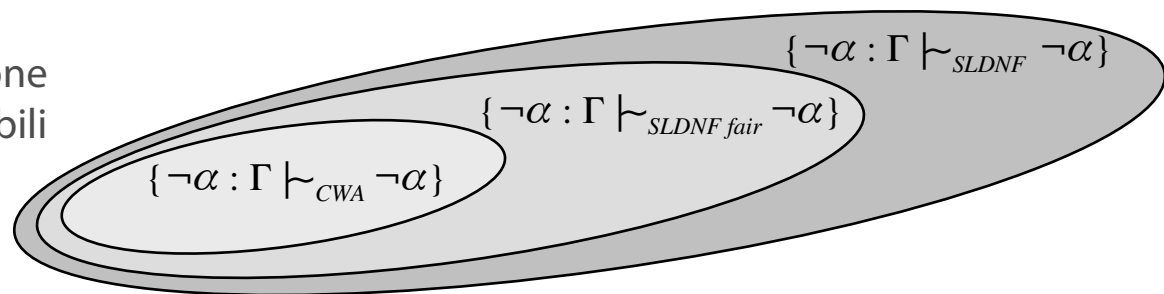
$FF_{SLDfair}(\Gamma)$ è il set di goal atomici per cui la procedura SLD *fair* fallisce senza andare in loop (*Finite Failure*)

- **SLDNF**

$$\{\alpha \in FF_{SLD}(\Gamma)\} \vdash_{SLDNF} \neg\alpha$$

Come sopra, ma senza assumere che la SLD sia *fair*

Relazioni di inclusione
tra insiemi di letterali derivabili



Default Logic (Reiter, 1980)

■ Descrizione intuitiva

Regole di default

Sono regole specifiche, espresse con una notazione 'ad hoc'

Le premesse sono di due tipi: *vere (giustificate)* e solo *plausibili*

$$\frac{\langle \text{giustificazione} \rangle : \langle \text{plausibilità} \rangle}{\langle \text{default} \rangle} \quad \begin{array}{l} \text{schema} \\ \text{informale} \end{array}$$

Una regola di default

$$\rho: \frac{\alpha : \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n}{\gamma} \quad \begin{array}{l} \text{notazione} \\ \text{formale} \end{array}$$

è applicabile ad una *teoria* (=un insieme di fbf) \mathbf{B}

se $\mathbf{B} \vdash \alpha$ e $\mathbf{B} \not\vdash \neg\beta_1, \mathbf{B} \not\vdash \neg\beta_2, \dots, \mathbf{B} \not\vdash \neg\beta_n$

Allora si ha

$$(\mathbf{B}, \{\rho\}) \vdash_{\text{default}} \gamma$$

Default Logic (Reiter, 1980)

Esempi:

$$\mathbf{B} \equiv \{ \{ \neg \text{Filosofo}(x), \text{Umano}(x) \}, \{ \neg \text{Umano}(y), \text{Mortale}(y) \}, \\ \{ \text{Filosofo}(\text{socrate}) \}, \{ \text{Filosofo}(\text{platone}) \}, \{ \text{Mortale}(\text{felix}) \} \}$$

Considerando la regola di default:

$$\rho_1: \frac{\text{Mortale}(x) : \text{Umano}(x)}{\text{Umano}(x)}$$

si ha che $(\mathbf{B}, \{\rho_1\}) \vdash_{\text{default}} \text{Umano}(\text{felix})$

In alternativa, considerando:

$$\rho_2: \frac{\text{Mortale}(x) : \neg \text{Gatto}(x), \text{Umano}(x)}{\text{Umano}(x)}$$

si ha che $(\mathbf{B} \cup \{ \text{Gatto}(\text{felix}) \}, \{\rho_1\}) \vdash_{\text{default}} \text{Umano}(\text{felix})$

ma $(\mathbf{B} \cup \{ \text{Gatto}(\text{felix}) \}, \{\rho_2\}) \not\vdash_{\text{default}} \text{Umano}(\text{felix})$

La *closed world assumption* (CWA) equivale ad adottare lo *schema* di regola di default:

$$\rho_{\text{CWA}}: \frac{: \neg \varphi}{\neg \varphi}$$

in questo caso si ha quindi che:

$$(\mathbf{B}, \{\rho_{\text{CWA}}\}) \vdash_{\text{default}} \neg \text{Filosofo}(\text{felix})$$

$$(\mathbf{B}, \{\rho_{\text{CWA}}\}) \vdash_{\text{default}} \neg \text{Umano}(\text{felix})$$

Default Logic (Reiter, 1980)

Teorie

Una *teoria* in Default Logic è formata da una coppia (Γ, Δ) :

Γ rappresenta l'informazione certa (in senso logico-classico)

Δ contiene le regole di ragionamento plausibile (regole di default)

Estensioni

Un'estensione è una teoria (=insieme di *fbf*) che risulta chiuso rispetto alla deduzione classica e un dato insieme di regole di default.

Data una teoria (Γ, Δ) , Σ è un'estensione di (Γ, Δ)

a) se è deduttivamente chiusa, (in senso classico) $\Sigma \supseteq \{\alpha \mid \Sigma \vdash \alpha\}$

b) ed è il risultato dell'applicazione incrementale di tutte le regole in Δ secondo un determinato ordine

Il risultato può infatti cambiare a seconda dell'ordine di applicazione delle regole di default...

Default Logic (Reiter, 1980)

Esempio

Il risultato può infatti cambiare a seconda dell'ordine di applicazione delle regole di default...

La teoria di default:

$$(\{ \textit{Republican}(\textit{Nixon}), \textit{Quaker}(\textit{Nixon}) \}, \{ \frac{\textit{Republican}(x) : \neg \textit{Pacifist}(x)}{\neg \textit{Pacifist}(x)} \quad \frac{\textit{Quaker}(x) : \textit{Pacifist}(x)}{\textit{Pacifist}(x)} \})$$

Ha due estensioni, a seconda dell'ordine di applicazione delle regole:

$$\Sigma_1: \{ \textit{Republican}(\textit{Nixon}), \textit{Quaker}(\textit{Nixon}), \neg \textit{Pacifist}(x) \}$$

$$\Sigma_2: \{ \textit{Republican}(\textit{Nixon}), \textit{Quaker}(\textit{Nixon}), \textit{Pacifist}(x) \}$$

Default Logic (Reiter, 1980)

Proprietà

Ciascuna *teoria* in Default Logic (Γ, Δ) può avere un numero qualsiasi di estensioni

Due forme di conseguenza per le fbf ottenute per default

Forma scettica

$(\Gamma, \Delta) \models_{\text{default}} \gamma$ sse γ appartiene a tutte le estensioni di (Γ, Δ)

Forma credula

$(\Gamma, \Delta) \models_{\text{default}} \gamma$ sse γ appartiene ad almeno una estensione di (Γ, Δ)

In entrambi i casi, nel campo della logica del primo ordine, il problema $(\Gamma, \Delta) \models_{\text{default}} \gamma$
non è decidibile
Nemmeno semi-decidibile

Forme di inferenza (C. S. Peirce)

■ Nuovi schemi di ragionamento

Logica deduttiva (inferenza corretta)

Si derivano (solo) le conseguenze logiche delle premesse

“Tutti i fagioli del sacco sono bianchi,
questa manciata di fagioli viene dal sacco”
“I fagioli sono bianchi”

Modus
Ponens

$$\frac{\varphi \rightarrow \psi \quad \varphi}{\psi}$$

Logica induttiva (inferenza plausibile)

Da associazioni di fatti, si derivano regole

“Questa manciata di fagioli viene dal sacco,
i fagioli sono bianchi”
“Tutti i fagioli del sacco sono bianchi”

$$\frac{\varphi \quad \psi}{\varphi \rightarrow \psi}$$

Logica abduttiva (inferenza plausibile)

Da regole ed effetti si derivano le cause

“Tutti i fagioli del sacco sono bianchi,
i fagioli sono bianchi”
“Questa manciata di fagioli viene dal sacco”

$$\frac{\varphi \rightarrow \psi \quad \psi}{\varphi}$$

Attenzione!
Non è il
Modus Ponens

Abduzioni come ipotesi esplicative

- 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:

Un *modello* (o descrizione astratta)
rappresentato da una teoria K

Un insieme di *osservazioni* specifiche
rappresentate da un insieme di fbf Σ

In generale, $K \not\models \Sigma$

(le osservazioni possibili non sono conseguenza logica di K)

Si cerca è un'ipotesi Δ tale per cui

$$K \cup \Delta \models \Sigma$$

Intuitivamente, Δ descrive un'ipotesi che *spiega* Σ

Esempio: "La macchina non parte"

■ Modello (K)

$\kappa_1: \text{batteriaScarica} \rightarrow (\neg\text{funzionanoLuci} \wedge \neg\text{funzionaAutoradio} \wedge \neg\text{motorinoGira})$

$\kappa_2: \text{motorinoGuasto} \rightarrow \neg\text{motorinoGira}$

$\kappa_3: \neg\text{motorinoGira} \rightarrow \neg\text{macchinaParte}$

$\kappa_4: \text{serbatoioVuoto} \rightarrow (\text{indicatoreAZero} \wedge \neg\text{macchinaParte})$

■ Osservazioni (Σ)

$\sigma_1: \neg\text{macchinaParte}$

■ Possibili ipotesi (Δ)

$\delta_1: \text{batteriaScarica}$ infatti: $\{\kappa_1, \kappa_3\} \cup \{\delta_1\} \models \sigma_1$

$\delta_2: \text{motorinoGuasto}$ infatti: $\{\kappa_2, \kappa_3\} \cup \{\delta_2\} \models \sigma_1$

$\delta_3: \text{serbatoioVuoto}$ infatti: $\{\kappa_4\} \cup \{\delta_3\} \models \sigma_1$

Razionalità delle ipotesi

■ Ipotesi *plausibili*

Le ipotesi Δ devono essere *consistenti* con la teoria e le osservazioni

$\mathbb{K} \cup \Delta \cup \Sigma$ deve essere soddisfacibile

Le ipotesi Δ devono spiegare *tutte* le osservazioni Σ

Alcune ipotesi, tuttavia, implicano anche altre osservazioni:

batteriaScarica \rightarrow (\neg *funzionanoLuci* \wedge \neg *funzionaAutoradio* \wedge \neg *motorinoGira*)

Le ipotesi Δ devono essere *minimali*

Non deve esistere un $\Delta^* \subset \Delta$ tale per cui $\mathbb{K} \cup \Delta^* \vdash \Sigma$

Le ipotesi devono limitarsi ai soli elementi indispensabili per spiegare Σ

■ Rilevanza

Notare che:

$\mathbb{K} \cup \{\neg$ *macchinaParte* $\} \models \neg$ *macchinaParte*

è un'ipotesi è plausibile ma inutile: non ha valore esplicativo

Le ipotesi devono risalire ad elementi che abbiano un qualche valore *causale*

La cui definizione spesso dipende dall'ambito della teoria

Scelta tra ipotesi

- Ipotesi multiple possono coesistere

Le due ipotesi $\{serbatoioVuoto\}$ e $\{batteriaScarica\}$ sono consistenti (possono coesistere)

$K \cup \{serbatoioVuoto, batteriaScarica\} \models \neg macchinaParte$

- Altre ipotesi possono essere alternative

Le due ipotesi $\{serbatoioVuoto, funzionaAutoradio\}$ e $\{batteriaScarica\}$ sono plausibili ma mutuamente esclusive

$K \cup \{serbatoioVuoto, funzionaAutoradio, batteriaScarica\}$ è inconsistente

- Strategie di scelta tra ipotesi

Spesso è utile ridurre il numero delle ipotesi (p.es. quando si cerca un rimedio)

Acquisizione di nuove osservazioni

Partendo dalle ipotesi $\{serbatoioVuoto\}$, $\{batteriaScarica\}$ e $\{motorino Guasto\}$ l'acquisizione dei valori di $funzionaAutoradio$, $motorinoGira$ e $indicatoreAZero$ permette di scegliere (purchè tali fatti siano osservabili)

Criteri particolari

Scelta basata sul costo delle osservazioni

Scelta basata sul *rischio* associato alle ipotesi

Diverse forme di ragionamento abduttivo

La teoria \mathbb{K} rappresenta l'informazione che l'agente usa per *spiegare* le osservazioni

La valenza informale della teoria \mathbb{K} è fondamentale per le applicazioni pratiche

Fault Recognition ("La macchina non parte")

La teoria \mathbb{K} descrive il rapporto causa-effetto delle possibili *anomalie* di un sistema

Le osservazioni Σ descrivono le anomalie effettivamente osservate

Ipotesi Δ : $\mathbb{K} \cup \Delta \models \Sigma$

Ciascuna ipotesi Δ descrive le possibili cause delle anomalie

Schema-based reasoning (SBR)

La teoria \mathbb{K} descrive il *comportamento atteso* di un sistema

Le osservazioni Σ rappresentano le anomalie rispetto al comportamento atteso

Le osservazioni sono incompatibili con la teoria: $\mathbb{K} \cup \Sigma$ è *insoddisfacibile*

Ipotesi Δ : $(\mathbb{K} - \Delta) \models \Sigma$

Ciascuna ipotesi Δ descrive le deviazioni rispetto al comportamento atteso

Case-based reasoning (CBR)

Il mondo è regolare: problemi simili hanno spiegazioni simili

Posto che: $\mathbb{K} \not\models \Sigma$

Ipotesi Δ' : $(\mathbb{K} - \Delta) \cup \Delta' \models \Sigma$

Ciascuna ipotesi Δ' descrive gli *adattamenti* delle informazioni al caso specifico