

AI - KB

Piccirilli, Addario

November 2023

1 Proposizione e inferenza

I vincoli possono essere specificati in modo **estensionale** come assegnamenti legali a variabili, o in modo **intensionale**, in termini di formule. Una **proposizione** è una frase che possiede un valore di verità. Una **proposizione atomica**, o semplicemente **atomo**, è un simbolo.

Un'interpretazione consiste di una funzione π che associa agli atomi un valore true o false. Se $\pi(a)=\text{true}$, l'atomo a è true e viceversa.

Una **base di conoscenza** è un insieme di proposizioni che sono dichiarate true. Un elemento della base di conoscenza è detto **assioma**. Un **modello** di una base di conoscenza KB è un'interpretazione nella quale tutte le proposizioni sono vere.

es. Se KB è una base di conoscenza e g è una proposizione, g si dice **conseguenza logica** del KB, e si scrive (solo se g è *true* in ogni modello del KB.):

$$KB \models g$$

Altrimenti $KB \not\models g$, ossia g non è conseguenza logica del KB, quando esiste un modello del KB in cui g è *false*.

2 Problem 1

Consideriamo la seguente base di conoscenza: $a \leftarrow b \wedge c$.

$a \leftarrow e \wedge f$.

$b \leftarrow d$.

$b \leftarrow f \wedge h$.

$c \leftarrow e$.

$d \leftarrow h$.

e .

$f \leftarrow g$.

$g \leftarrow c$.

Give a model of the knowledge base

Un modello di una KB è un'interpretazione nella quale tutte le preposizioni sono vere, pertanto, basta assegnare $\pi_1(e) = \text{true}$ e $\pi_1(h) = \text{true}$.

Give an interpretation that is not a model of the knowledge base.

Per far sì che una interpretazione non sia un modello della base di conoscenza, basta assegnare $\pi_2(e) = \text{false}$.

Give two atoms that are logical consequences of the knowledge base

$$KB \models a$$

$$KB \models g$$

Give two atoms that are not logical consequences of the knowledge base

$$KB \not\models h$$

$$KB \not\models b$$

3 Problem 2

Consideriamo la seguente base di conoscenza:

$a \leftarrow b \wedge c.$

$b \leftarrow d.$

$b \leftarrow e.$

$c.$

$d \leftarrow h.$

$e.$

$f \leftarrow g \wedge b.$

$g \leftarrow c \wedge k.$

$j \leftarrow a \wedge b.$

Show how the bottom-up proof procedure works for this example. Give all logical consequences of KB.

Una **procedura bottom-up** può essere usata per derivare tutte le conseguenze logiche di una base di conoscenza.

Procedimento:

1. $\{\}$ - Al primo passo, l'insieme delle conseguenze logiche della base di conoscenza è vuoto, pertanto andiamo a scorrere le proposizioni e scegliamo quelle che hanno un corpo vuoto.
2. $\{c\}$
3. $\{c, e\}$ - Al successivo passo, andrò a prendere quelle proposizioni che hanno unicamente c o e nel corpo.

4. $\{c, e, b\}$ - Viene aggiunto b per la seguente regola $b \leftarrow e$.
5. $\{c, e, b, a\}$ - Viene aggiunto a per la seguente regola $a \leftarrow b \wedge c$.
6. $\{c, e, b, a, j\}$ - Viene aggiunto j per la seguente regola $j \leftarrow a \wedge b$.

L'algoritmo termina con il seguente insieme di proposizioni: $\{c, e, b, a, j\}$, da cui:

$KB \models a$
 $KB \models b$
 $KB \models c$
 $KB \models e$
 $KB \models j$

f is not a logical consequence of KB. Give a model of KB in which f is false.

La proposizione f non è una conseguenza logica della base di conoscenza, infatti, assegnando $\pi_3(k) = \text{false}$, si ottiene che anche $\pi_3(g) = \text{false}$ e $\pi_3(f) = \text{false}$.

a is a logical consequence of KB. Give a top-down derivation for the query ask a.

Procedimento:

Partiamo dalla regola a, chiedersi se a è vera equivale a chiedere:

$\text{yes} \leftarrow a.$

Per ogni a_i presente nel corpo di a, sostituiamo la regola associata a quella a_i . Infatti, utilizzando la regola $a \leftarrow b \wedge c.$, andiamo a sostituire ad a il suo corpo:

$\text{yes} \leftarrow b \wedge c.$
 $\text{yes} \leftarrow d \wedge c.$
 $\text{yes} \leftarrow h \wedge c.$
 $\text{yes} \leftarrow h.$

A questo punto, non ci sono più regole che possono essere scelte e questo tentativo produce un fallimento, ma esistono dei meccanismi di backtracking (come in Prolog) dove è possibile tornare indietro alla scelta che ha prodotto un fallimento e cambiare, per l'appunto, regola da espandere:

$\text{yes} \leftarrow b \wedge c.$
 $\text{yes} \leftarrow e \wedge c.$
 $\text{yes} \leftarrow c.$
 $\text{yes} \leftarrow$

In questo modo, la prova dimostra che $KB \models a$.

4 Problem 3

Un **assumibile** è un atomo che può essere assunto in una prova per contraddizione. Una prova per contraddizione deriva da una disgiunzione della negazione di assumibili.

L'**Abduzione** è una forma di ragionamento dove le assunzioni sono fatte per spiegare le osservazioni.

Consideriamo la seguente base di conoscenza:

```
goto_forest ← walking.  
get_gun ← hunting.  
goto_forest ← hunting.  
get_gun ← robbing.  
goto_bank ← robbing.  
goto_bank ← banking.  
fill_withdrawal_form ← banking.  
false ← banking ∧ robbing.  
false ← wearing_good_shoes ∧ goto_forest.
```

Assumables: walking, hunting, robbing, banking.

1. Suppose *get_gun* is observed. What are all of the minimal explanations for this observation?

Se **get_gun** viene osservata, le spiegazioni minime sono:

Explanation 1:

```
get_gun ← hunting.  
assumable: hunting
```

Explanation 2:

```
get_gun ← robbing.  
assumable: robbing
```

2. Suppose *get_gun* *goto_bank* is observed. What are all of the minimal explanations for this observation?

Se **get_gun** e **goto_bank** vengono osservate, le spiegazioni minime sono:

Explanation 1:

```
get_gun ← robbing.  
goto_bank ← robbing.  
assumable: robbing
```

Explanation 2:

$\text{get_gun} \leftarrow \text{hunting.}$
 $\text{goto_bank} \leftarrow \text{banking.}$
assumables: hunting, banking

3. *Is there something that could be observed to remove one of these as a minimal explanation? What must be added to be able to explain this?*

Possiamo osservare **wearing_good_shoes**, il che ci permette di dire, come conseguenza del vincolo d'integrità $\text{false} \leftarrow \text{wearing_good_shoes} \wedge \text{goto_forest}$, che goto_forest è false, da cui si ottiene che anche *hunting* e *walking* sono false. Concentrandosi su *hunting*, dal momento che risulta essere false, le explanations si riducono a:

Explanation 1:

$\text{get_gun} \leftarrow \text{robbing.}$
 $\text{goto_bank} \leftarrow \text{robbing.}$
assumable: robbing

Explanation 2:

$\text{get_gun} \leftarrow \text{robbing.}$
 $\text{goto_bank} \leftarrow \text{banking.}$
assumables: robbing, banking

Ma l'*Explanation 2* non è consistente a causa del vincolo di integrità $\text{false} \leftarrow \text{banking} \wedge \text{robbing.}$, pertanto, l'unica explanation possibile è l'*Explanation 1* con assumable **{robbing}**

4. *What are the minimal explanations of goto_bank?*

Explanation:

$\text{goto_bank} \leftarrow \text{robbing.}$
 $\text{goto_bank} \leftarrow \text{banking.}$
assumables: robbing, banking

Ma tali assumables non rispettano il vincolo di integrità $\text{false} \leftarrow \text{banking} \wedge \text{robbing.}$, pertanto non esiste una explanation minima per *goto_bank*.

5. *What are the minimal explanations of goto_bank \wedge get_gun \wedge fill_withdrawal_form?*

Explanation 1:

$\text{goto_bank} \leftarrow \text{robbing.}$
 $\text{get_gun} \leftarrow \text{robbing.}$
 $\text{fill_withdrawal_form} \leftarrow \text{banking}$
assumables: robbing, banking

Però tale explanation non rispetta il vincolo di integrità $false \leftarrow banking \wedge robbing.$, pertanto non è valido.

Explanation 2:

goto_bank \leftarrow robbing.
 get_gun \leftarrow hunting.
 fill_withdrawal_form \leftarrow banking
assumables: robbing, hunting, banking

Anche in questo caso viene violato il vincolo $false \leftarrow banking \wedge robbing.$

Explanation 3:

goto_bank \leftarrow banking.
 get_gun \leftarrow robbing.
 fill_withdrawal_form \leftarrow banking
assumables: robbing, banking

Come nei due casi precedenti, viene violato il vincolo $false \leftarrow banking \wedge robbing.$

Explanation 4:

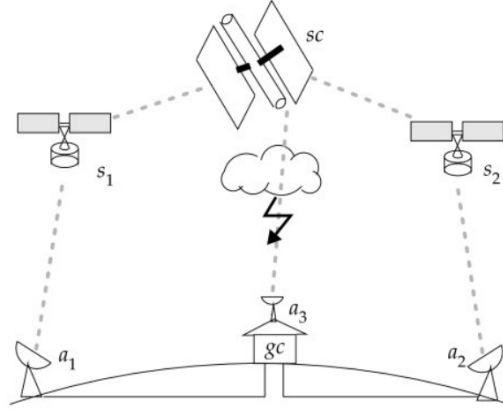
goto_bank \leftarrow banking.
 get_gun \leftarrow hunting.
 fill_withdrawal_form \leftarrow banking
assumables: hunting, banking

L'Explanation 4 è l'unica explanation minimale a rispettare tutti i vincoli di integrità, pertanto è l'unica valida.

5 Problem 4

La figura mostra una rete di comunicazione ridondante semplificata tra un veicolo spaziale (**sc**) e un centro di controllo a terra (**gc**). Ci sono due collegamenti indiretti ad alta larghezza di banda (alto guadagno) che vengono trasmessi attraverso i satelliti (**s1,s2**) a diverse antenne terrestri (**a1,a2**). Inoltre, esiste un collegamento diretto a bassa larghezza di banda (basso guadagno) tra l'antenna del centro di controllo a terra (**a3**) e la navicella spaziale. Il collegamento a basso guadagno è influenzato da disturbi atmosferici – funziona se non ci sono disturbi (**no_dist**) – e sia il trasmettitore a basso guadagno della navicella(**sc_lg**) che l'antenna 3 sono ok. I collegamenti ad alto guadagno funzionano sempre se il trasmettitore ad alto guadagno della navicella spaziale(**sc_hg**), le antenne dei satelliti (**s1_ant,s2_ant**), i trasmettitori dei satelliti (**s1_trans,s2_trans**) e le antenne di terra (**a1,a2**) sono ok.

Per semplificare le cose, considera solo i messaggi provenienti dalla navicella spaziale che attraversano questi canali e vanno al centro di controllo a terra.



La seguente base di conoscenza formalizza la parte della rete di comunicazione che ci interessa:

```

send_signal_lg_sc ← ok_sc_lg ∧ alive_sc.
send_signal_hg_sc ← ok_sc_hg ∧ alive_sc.
get_signal_s1 ← send_signal_hg_sc ∧ ok_s1_ant.
get_signal_s2 ← send_signal_hg_sc ∧ ok_s2_ant.
send_signal_s1 ← get_signal_s1 ∧ ok_s1_trans.
send_signal_s2 ← get_signal_s2 ∧ ok_s2_trans.
get_signal_gc ← send_signal_s1 ∧ ok_a1.
get_signal_gc ← send_signal_s2 ∧ ok_a2.
get_signal_gc ← send_signal_lg_sc ∧ ok_a3 ∧ no_dist.

```

Il centro di controllo a terra è preoccupato perchè non ha ricevuto segnali dalla navicella spaziale(no_signal_gc).

Sa per certo che tutte le antenne a terra sono ok (cioè ok_a1 , ok_a2 , and ok_a3) e che il trasmettitore del satellite $s1$ è ok(ok_s1_trans).

Non è sicuro riguardo lo stato della navicella spaziale, del suo trasmettitore, delle antenne del satellite, del trasmettitore $s2$ e dei disturbi atmosferici.

1. Specify a set of assumables and an integrity constraint that model the situation.

Assumables: ok_sc_lg , alive_sc , ok_s1_ant , ok_s2_ant , ok_s1_trans , ok_s2_trans , ok_a1 , ok_a2 , ok_a3 , no_dist .

Integrity constraint:

```

false ← get_signal_s1 ∧ get_signal_s2
false ← send_signal_s1 ∧ get_signal_s1
false ← send_signal_s2 ∧ get_signal_s2

```

Ossia, la navicella spaziale *sc* non può ricevere informazioni dai satelliti *s1* e *s2* allo stesso momento ($false \leftarrow get_signal_s1 \wedge get_signal_s2$), mentre può tranquillamente inviare informazioni in broadcast ad entrambi i satelliti. Inoltre, la navicella spaziale non può inviare e ricevere dati da un satellite nello stesso momento ($false \leftarrow send_signal_s1 \wedge get_signal_s1, false \leftarrow send_signal_s2 \wedge get_signal_s2$). Tuttavia, questa rappresentazione va espansa con approccio top-down finchè non ho solo assumables nel corpo delle regole:

```
false ← ok_sc_hg ∧ alive_sc ∧ ok_s1_ant ∧ ok_s2_ant
false ← ok_s1_trans ∧ ok_sc_hg ∧ alive_sc ∧ ok_s1_ant
false ← ok_s2_trans ∧ ok_sc_hg ∧ alive_sc ∧ ok_s2_ant
```

Inoltre, è possibile aggiungere ulteriori integrity constraint che modellino tautologie come: $false \leftarrow no_dist \wedge dist$
dove $dist = \neg no_dist$

2. *Using the assumables and the integrity constraints from part (a), what is the set of minimal conflicts?*

Gli insiemi dei conflitti minimi sono:

- {**alive_sc**}
- {**ok_sc_hg**}
- {**ok_s1_ant, ok_s2_trans**}
- {**ok_s1_trans, ok_s2_ant**}
- {**ok_s1_ant, ok_s2_ant**}

3. *What is the consistency-based diagnosis for the given situation? In other words, what are the possible combinations of violated assumptions that could account for why the control center cannot receive a signal from the spacecraft?*

L'assenza di segnale tra la base a terra e la navicella spaziale sta a significare che $get_signal_gc = false$. Pertanto, otteniamo che:

```
false ← send_signal_s1 ∧ ok_a1.
false ← send_signal_s2 ∧ ok_a2.
false ← send_signal_lg_sc ∧ ok_a3 ∧ no_dist.
```

Inoltre, sappiamo dal testo che tutte le antenne a terra sono ok (cioè *ok_a1*, *ok_a2*, and *ok_a3*) e che il trasmettitore del satellite *s1* è ok (*ok_s1_trans*). Ciò, ci consente di eliminare degli assumables dalle clausole:

```
false ← send_signal_s1.
```


$\text{false} \leftarrow \text{send_signal_s2}.$
 $\text{false} \leftarrow \text{send_signal_lg_sc} \wedge \text{no_dist}.$

Sviluppando le precedenti proposizioni (con approccio top-down), si ottiene:

$\text{false} \leftarrow \text{ok_sc_hg} \wedge \text{alive_sc} \wedge \text{ok_s1_ant}.$ ¹
 $\text{false} \leftarrow \text{ok_sc_hg} \wedge \text{alive_sc} \wedge \text{ok_s2_ant} \wedge \text{ok_s2_trans}.$
 $\text{false} \leftarrow \text{ok_sc_lg} \wedge \text{alive_sc} \wedge \text{no_dist}.$

Da queste proposizioni si ricavano le seguenti combinazioni:

1. {'ok_sc_lg', 'ok_sc_hg'}
2. {'alive_sc', 'ok_sc_hg'}
3. {'no_dist', 'ok_sc_hg'}
4. {'ok_sc_lg', 'alive_sc', 'ok_sc_hg'}
5. {'alive_sc', 'ok_sc_hg'}
6. {'no_dist', 'alive_sc', 'ok_sc_hg'}
7. {'ok_sc_lg', 'ok_s2_ant', 'ok_sc_hg'}
8. {'ok_s2_ant', 'ok_sc_hg', 'alive_sc'}
9. {'no_dist', 'ok_s2_ant', 'ok_sc_hg'}
10. {'ok_sc_lg', 'ok_s2_trans', 'ok_sc_hg'}
11. {'alive_sc', 'ok_s2_trans', 'ok_sc_hg'}
12. {'no_dist', 'ok_s2_trans', 'ok_sc_hg'}
13. {'ok_sc_lg', 'ok_sc_hg', 'alive_sc'}
14. {'ok_sc_hg', 'alive_sc'}
15. {'no_dist', 'ok_sc_hg', 'alive_sc'}
16. {'ok_sc_lg', 'alive_sc'}
17. {'alive_sc'}
18. {'no_dist', 'alive_sc'}
19. {'ok_sc_lg', 'ok_s2_ant', 'alive_sc'}
20. {'ok_s2_ant', 'alive_sc'}
21. {'no_dist', 'ok_s2_ant', 'alive_sc'}

¹Questo perchè viene osservato che il trasmettitore del satellite s1 è ok (ok_s1_trans)

22. {'ok_sc_lg', 'ok_s2_trans', 'alive_sc'}
23. {'ok_s2_trans', 'alive_sc'}
24. {'no_dist', 'ok_s2_trans', 'alive_sc'}
25. {'ok_sc_lg', 'ok_s1_ant', 'ok_sc_hg'}
26. {'ok_s1_ant', 'ok_sc_hg', 'alive_sc'}
27. {'no_dist', 'ok_s1_ant', 'ok_sc_hg'}
28. {'ok_sc_lg', 'ok_s1_ant', 'alive_sc'}
29. {'ok_s1_ant', 'alive_sc'}
30. {'no_dist', 'ok_s1_ant', 'alive_sc'}
31. {'ok_sc_lg', 'ok_s2_ant', 'ok_s1_ant'}
32. {'ok_s2_ant', 'ok_s1_ant', 'alive_sc'}
33. {'no_dist', 'ok_s2_ant', 'ok_s1_ant'}
34. {'ok_sc_lg', 'ok_s1_ant', 'ok_s2_trans'}
35. {'ok_s1_ant', 'ok_s2_trans', 'alive_sc'}
36. {'no_dist', 'ok_s1_ant', 'ok_s2_trans'}

In totale sono presenti 36 combinazioni, ma di queste alcune sono ripetute ed altre non sono minimali, per tanto le combinazioni possibili sono le seguenti²:

- {'ok_sc_lg', 'ok_sc_hg'}
- {'no_dist', 'ok_sc_hg'}
- {'alive_sc'}
- {'ok_sc_lg', 'ok_s2_ant', 'ok_s1_ant'}
- {'no_dist', 'ok_s2_ant', 'ok_s1_ant'}
- {'ok_sc_lg', 'ok_s1_ant', 'ok_s2_trans'}
- {'no_dist', 'ok_s1_ant', 'ok_s2_trans'}

²La soluzione è stata calcolata attraverso uno script Python presente nello zip dell'assignment

Explain why NASA may want to use abduction rather than consistency based diagnosis for the domain.

Il ragionamento abduttivo è efficace nel trattare i problemi imprevisti o inaspettati. Nelle missioni spaziali, potrebbero emergere sfide o anomalie non previste. Il ragionamento abduttivo consente alla NASA di esplorare ipotesi al di là dei set predefiniti di problemi potenziali, aiutando a scoprire problemi nascosti. In questo dominio, variabili come i disturbi atmosferici (`no_dist`) non sono osservabili direttamente. L'abduzione consente di ragionare sullo stato di variabili non osservabili basandosi su evidenze osservabili e dipendenze conosciute, fornendo un modo per considerare le condizioni atmosferiche nel processo diagnostico. Inoltre, il ragionamento abduttivo si concentra sull'identificazione di relazioni causali tra sintomi osservati (`no_signal_gc`) e possibili cause. Questo è cruciale nelle missioni spaziali, dove capire le cause principali delle anomalie di comunicazione è essenziale per la risoluzione dei problemi e l'implementazione di soluzioni efficaci. La diagnosi basata sulla consistenza potrebbe non fornire lo stesso livello di ragionamento causale.

5. Suppose that an atmospheric disturbance `dist` could produce static or no signal in the low bandwidth signal. To receive the static, antenna `a3` and the spacecraft's low-bandwidth transmitter `sc_lg` must be working. If `a3` or `sc_lg` are not working or `sc` is dead, there is no signal. What rules and assumables must be added to the knowledge base so that we can explain the possible observations `no_signal_gc`, `get_signal_gc`, or `static_gc`? You may ignore the high-bandwidth links. You may invent any symbols you need.

Per ricevere il segnale statico abbiamo bisogno di avere **`ok_a3`, `ok_signal_lg`, `alive_sc`**. Pertanto:

`receive_static` \leftarrow `ok_a3`, `ok_signal_lg`, `alive_sc`
`ok_signal_lg` e `alive_sc` devono essere verificati in `send_signal_lg_sc`

Quindi possiamo riscrivere:

`receive_static` \leftarrow `send_signal_lg_sc` \wedge `ok_a3`
`get_signal_gc` \leftarrow `receive_static` \wedge `no_dist`

6 Optional assignment

Abbiamo provato ad implementare la base di conoscenza del problema 2, la quale risulta:

a :- b, c.
b :- e.
b :- d.
c.
d :- h.
e.
f :- g, b.
g :- c, k.
j :- a, b.

Abbiamo invertito le regole di b perchè SWI Prolog lancia un'eccezione qualora non conosca un atomo (nel nostro caso h. Provando a tracciare a si ottiene:

```
[trace] 3 ?- a.  
  Call: (10) a ? creep  
  Call: (11) b ? creep  
  Call: (12) e ? creep  
  Exit: (12) e ? creep  
  Exit: (11) b ? creep  
  Call: (11) c ? creep  
  Exit: (11) c ? creep  
  Exit: (10) a ? creep  
true .
```

Figure 1: Immagine del tracciamento di a.