

# FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE(6 CFU)

22 Dicembre 2014 – Tempo a disposizione: 2 h – Risultato: 32/32 punti

## Esercizio 1 (6 punti)

Si esprimano in logica dei predicati del I ordine le seguenti frasi:

- Ogni tesserato di una polisportiva, o è un atleta o è un allenatore (xor).
- Ogni allenatore allena almeno una squadra.
- Andrea e Elena sono tesserati di una polisportiva.
- Elena non allena alcuna squadra.
- Andrea allena la FortitudoRosa

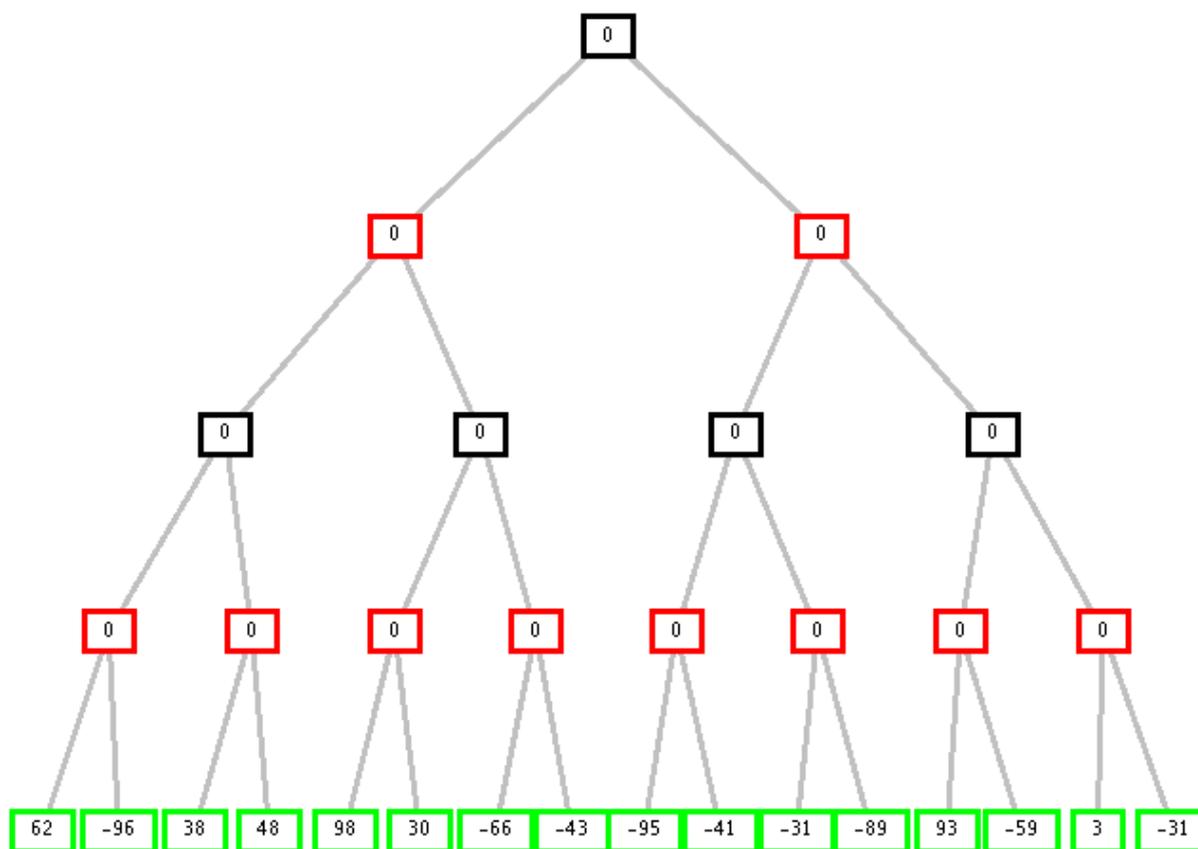
Si usi poi il principio di risoluzione per dimostrare che Elena è un'atleta.

Si usi il seguente vocabolario: predicati: tesserato(X), atleta(X), allenatore(X), squadra(Y), allena(X,Y) con significato "X allena Y"; costanti: andrea, elena, fortitudo\_rosa.

**Nota bene:** la formula  $(A \rightarrow B \text{ xor } C)$  equivale a:  $((A \rightarrow B \text{ or } C) \text{ and } (A \rightarrow \text{not } B \text{ or } \text{not } C))$

## Esercizio 2(5punti)

Si consideri il seguente albero di gioco in cui la valutazione dei nodi terminali è dal punto di vista del primo giocatore (MAX). Si mostri come gli algoritmi *min-max* e *alfa-beta* risolvono il problema.



## Esercizio 3 (5 punti)

Sia dato il seguente predicato Prolog che calcola il merge di due liste ordinate:

```
mmerge([], L, L) :- !.
```

```
mmerge(L, [], L) :- !.
```

```
mmerge([A|T], [B|L], [A|M]) :- A < B, !, mmerge(T, [B|L], M).
```

```
mmerge([A|T], [B|L], [B|M]) :- mmerge([A|T], L, M).
```

Si mostri l'albero SLDNF relativo al goal:

```
?- mmerge([2], [1,3], F), not(F=[]).
```

#### Esercizio 4 (7 punti)

In un'aula, sui 5 giorni della settimana, vogliono fare lezione cinque docenti, Alberto, Bruno, Carlo, Donato e Elena. L'aula può essere usata da due docenti al massimo nella stessa giornata.

Per riuscire a coordinare le lezioni, i docenti decidono di darsi la regola che coloro che lavorano insieme sulle stesse tematiche devono condividere la giornata. Inoltre, si ha che:

Bruno e Donato lavorano su tematiche comuni.

I risultati di Donato servono a Carlo, che quindi deve fare lezione in un giorno successivo.

Carlo lavora con Alberto su tematiche comuni.

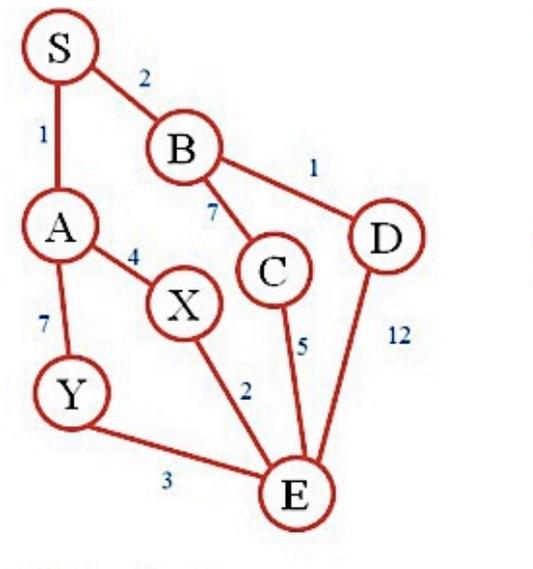
I risultati di Carlo servono a Elena, che quindi deve fare lezione in un giorno successivo.

Si modelli il problema come un CSP. Si disegni il grafo (rete) di vincoli e si applichi alla rete la tecnica dell'arc-consistenza (si considerino a tale scopo solo i vincoli unari e binari nell'applicazione dell'arc-consistenza).

Si consideri poi la variabile maggiormente vincolata (quella coinvolta nel numero maggiore di vincoli), la si istanzi con il primo valore del suo dominio, e si applichi il Forward Checking, indicando se e per quali variabili il problema diventa deterministico.

#### Esercizio 5 (5 punti)

Sia dato il seguente grafo, dove S è lo stato iniziale e E lo stato goal. Ciascun arco è etichettato dal suo costo.



Si ha inoltre una funzione euristica  $h$  con i seguenti valori nei vari nodi:

A:5; B:6; C:4; D:15; X:5; Y:8; E:0

Mostrare come l'algoritmo A\* effettua la ricerca di una soluzione (sequenza di archi che portano da S ad E), mostrando l'albero di ricerca e/o indicando l'ordine di espansione dei nodi sviluppati.

Indicare inoltre se la soluzione trovata da A\* è quella ottima.

#### Esercizio 6 (4 punti)

Si dia la definizione di correttezza e di completezza di un sistema assiomatico deduttivo per la logica dei predicati del primo ordine.

Il risolutore del linguaggio Prolog gode o meno di queste proprietà? Motivare la risposta data per ciascuna proprietà.

# FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

22 Dicembre 2014 – Soluzioni

## Esercizio 1

$\forall X \text{ tesserato}(X) \rightarrow \text{atleta}(X) \text{ ex-or } \text{allenatore}(X)$   
 $\forall X \text{ allenatore}(X) \rightarrow \exists Y (\text{squadra}(Y) \text{ and } \text{allena}(X,Y))$   
 $\text{tesserato}(\text{andrea})$   
 $\text{tesserato}(\text{elena})$   
 $\text{allena}(\text{andrea}, \text{fortitudo\_rosa})$   
 $\text{not } \exists Y (\text{squadra}(Y) \text{ and } \text{allena}(\text{elena}, Y))$   
Formula da dimostrare:  $\text{atleta}(\text{elena})$

*Trasformazione in clausole:*

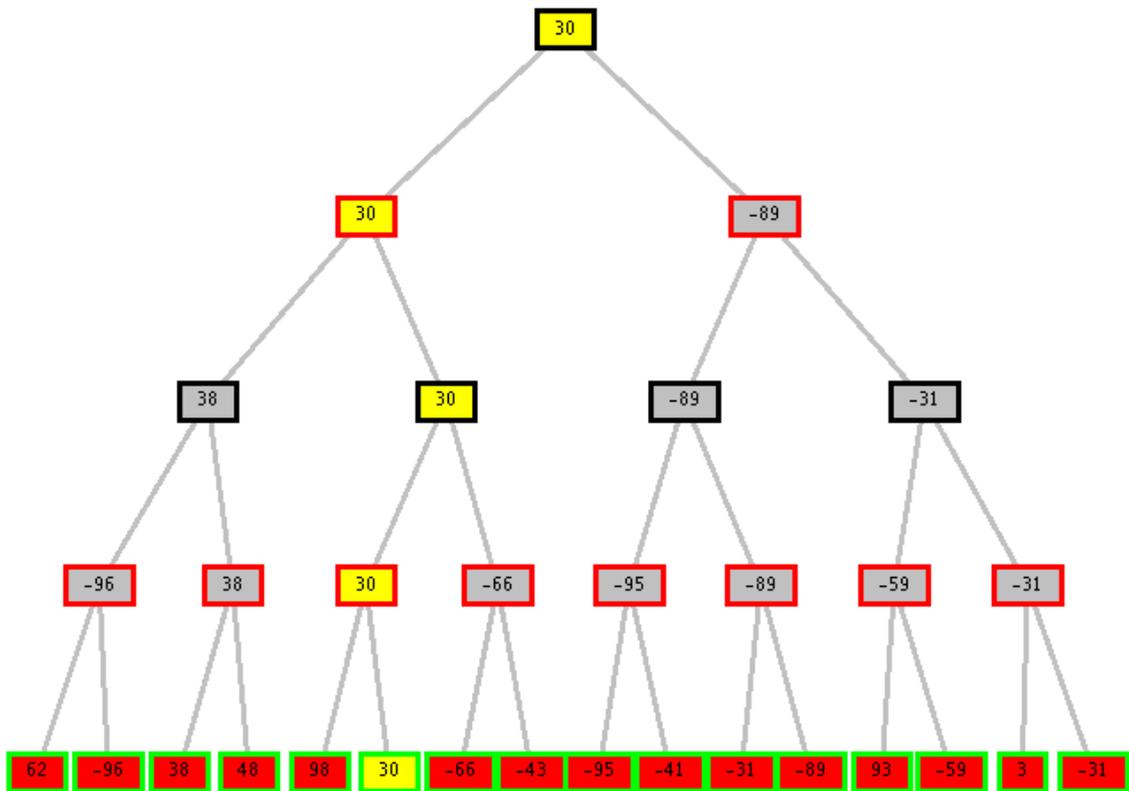
C1:  $\text{not tesserato}(X) \text{ or } \text{allenatore}(X) \text{ or } \text{atleta}(X)$   
C2:  $\text{not tesserato}(X) \text{ or } \text{not allenatore}(X) \text{ or } \text{not atleta}(X)$   
C3:  $\text{not allenatore}(X) \text{ or } \text{squadra}(f(X))$   
C4:  $\text{not allenatore}(X) \text{ or } \text{allena}(X, f(X))$   
C51:  $\text{tesserato}(\text{andrea})$   
C52:  $\text{tesserato}(\text{elena})$   
C53:  $\text{allena}(\text{andrea}, \text{fortitudo\_rosa})$   
C6:  $\text{not allena}(\text{elena}, Y) \text{ or } \text{not squadra}(Y)$   
Goal negato:  $\text{not atleta}(\text{elena})$

*Applicando il Principio di Risoluzione:*

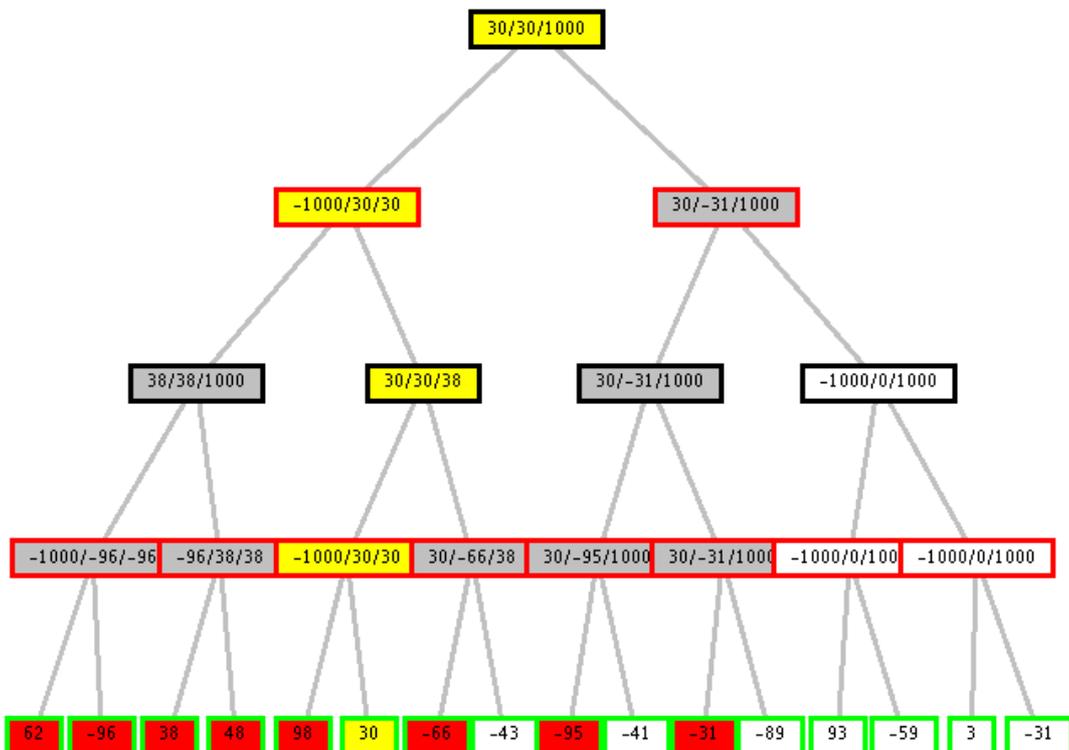
C7 (da C1 e GN):  $\text{not tesserato}(\text{elena}) \text{ or } \text{allenatore}(\text{elena})$   
C8 (da C7 e C52):  $\text{allenatore}(\text{elena})$   
C9 (da C8 e C3):  $\text{squadra}(f(\text{elena}))$   
C10 (da C8 e C4):  $\text{allena}(\text{elena}, f(\text{elena}))$   
C11 (da C10 e C6):  $\text{not squadra}(f(\text{elena}))$   
C12 (da C11 e C9): clausola vuota

## Esercizio 2

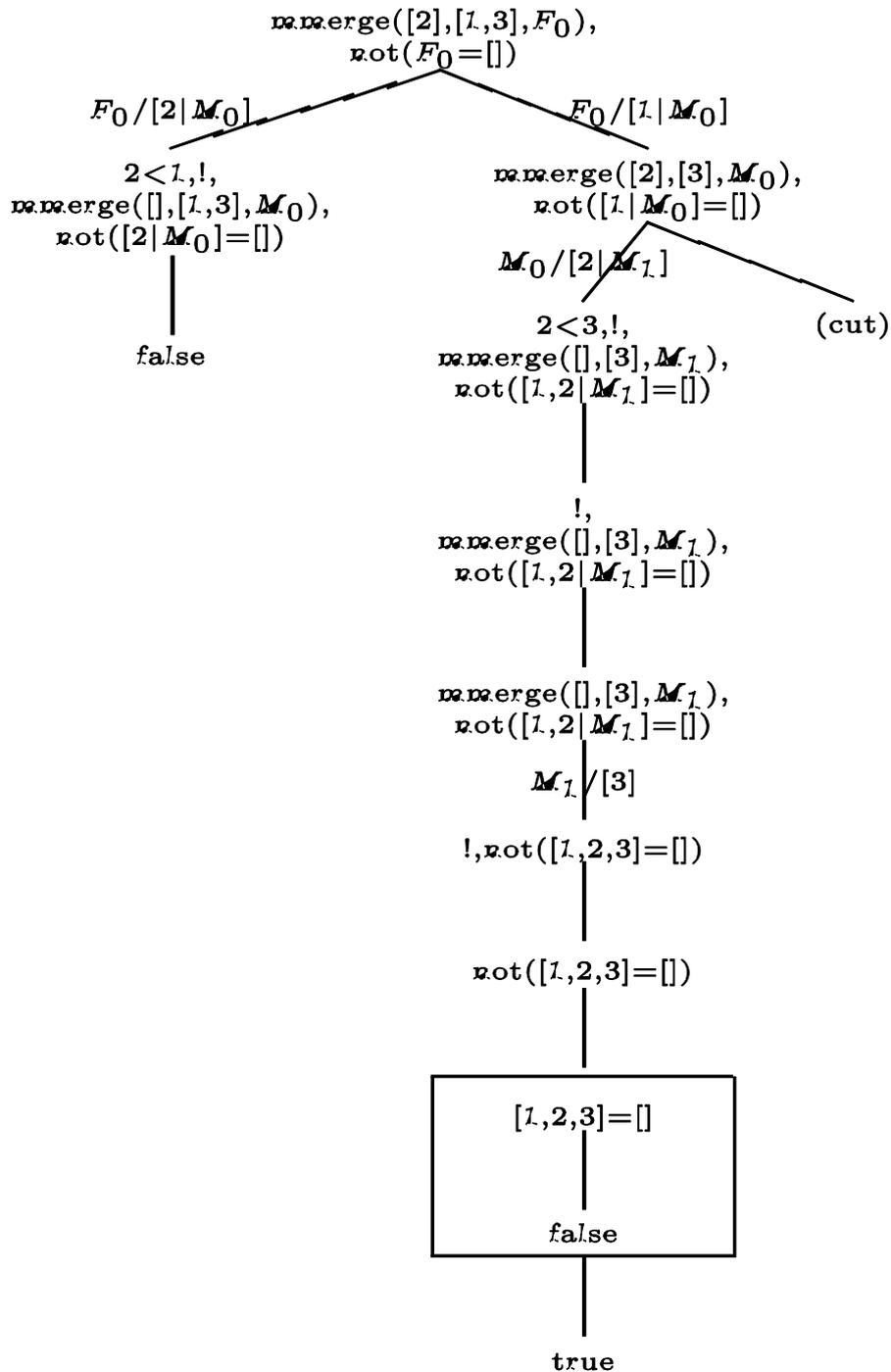
Min-Max:



Alfa-Beta:



Esercizio 3



#### Esercizio 4

Variabili: i cinque docenti  $C_i$ ,  $i = 1.. 5$  (il primo è Alberto, l'ultimo Elena)

Domini: 1..3

Vincoli:

- Al massimo 2 variabili assegnate ogni giorno (2 persone):

$\forall i,j: C_i=C_j \Rightarrow \forall n \neq i,j C_n \neq C_i$  % non è un vincolo binario

*Bruno e Donato lavorano su tematiche comuni.*  $C_2=C_4$

*Carlo lavora con Alberto.*  $C_3=C_1$

*I risultati di Donato servono a Carlo, che quindi deve fare le sue prove successivamente.*  $C_4 < C_3$

*I risultati di Carlo servono a Elena, che quindi deve fare le sue prove successivamente.*  $C_3 < C_5$

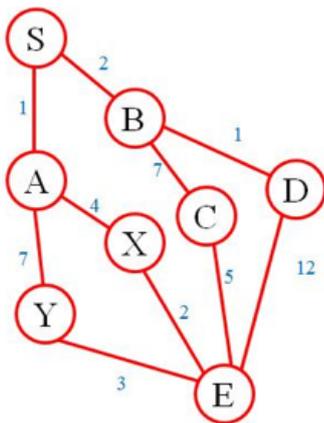
I vincoli sono considerati secondo l'ordine indicato sopra, per ciascuna iterazione.

	C1(Alberto)	C2(Bruno)	C3(Carlo)	C4(Donato)	C5(Elena)
	[1..5]	[1..5]	[1..5]	[1..5]	[1..5]
I iterazione	[1..5]	[1..5]	[2..4]	[1..4]	[3..5]
II iterazione	[2..4]	[1..4]	[2..4]	[1..3]	[3..5]
III iterazione (quiescenza)	[2..4]	[1..3]	[2..4]	[1..3]	[3..5]

La variabile più vincolata è C3. Dopo il labeling C3=2, applico FC:

	C1(Alberto)	C2(Bruno)	C3(Carlo)	C4(Donato)	C5(Elena)
FC	[2]	[1..3]	<b>2</b>	[1]	[3]

Per le variabili C1, C4 e C5 il dominio si reduce a un solo valore. Con PLA arriverei a domini tutti unari.



■ Values for h:  
A:5, B:6, C:4, D:15, X:5, Y:8

**Expand S**  
 $\{S,A\} f=1+5=6$   
 $\{S,B\} f=2+6=8$

**Expand A**  
 $\{S,B\} f=2+6=8$   
 $\{S,A,X\} f=(1+4)+5=10$   
 $\{S,A,Y\} f=(1+7)+8=16$

**Expand B**  
 $\{S,A,X\} f=(1+4)+5=10$   
 $\{S,B,C\} f=(2+7)+4=13$   
 $\{S,A,Y\} f=(1+7)+8=16$   
 $\{S,B,D\} f=(2+1)+15=18$

**Expand X**  
 $\{S,A,X,E\}$  is the best path... (costing 7)

## Esercizio 6

Vedi slide del corso.

Prolog non è corretto, né completo. La perdita di correttezza deriva dall'assenza del test di occur check nell'unificazione e dal trattamento della negazione, con una regola di selezione non *safe*. La perdita di completezza deriva dall'uso di una strategia non completa quale *depth-first*.