FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

16 Giugno 2022 – Tempo a disposizione: 2 h – Risultato: 32/32 punti

Esercizio 1 (6 punti)

Si formalizzino le seguenti frasi in logica dei predicati del primo ordine:

Tutti coloro che sono soli sono tristi

Tutti sono tristi o contenti, ma non entrambe le cose

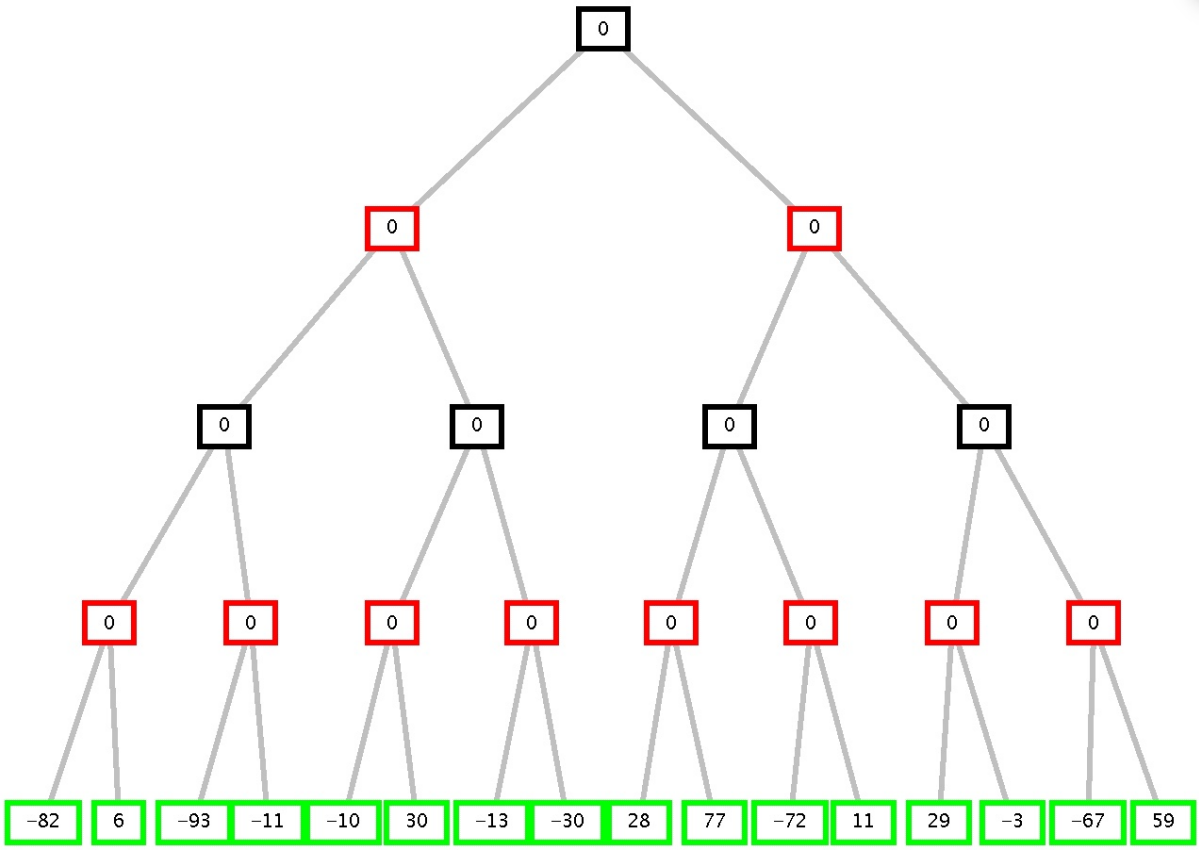
Esiste qualcuno non solo

Beatrice è sola

utilizzando i predicati: ***solo***(*X*), ***triste***(*X*), ***contento***(*X*). Si trasformino poi le formule in clausole, e si dimostri, applicando il principio di risoluzione, che: *Esiste qualcuno non contento.*

Esercizio 2 (5 punti)

Si consideri il seguente albero di gioco in cui il primo giocatore è MAX.



a) Si indichi come l'algoritmo min-max risolve il problema indicando il valore con cui viene etichettato il nodo iniziale e la mossa selezionata dal primo giocatore (arco a sinistra o a destra).

b) Si mostrino poi i tagli che l'algoritmo alfa-beta consente, indicando gli archi che verranno tagliati.

Esercizio 3 (5 punti)

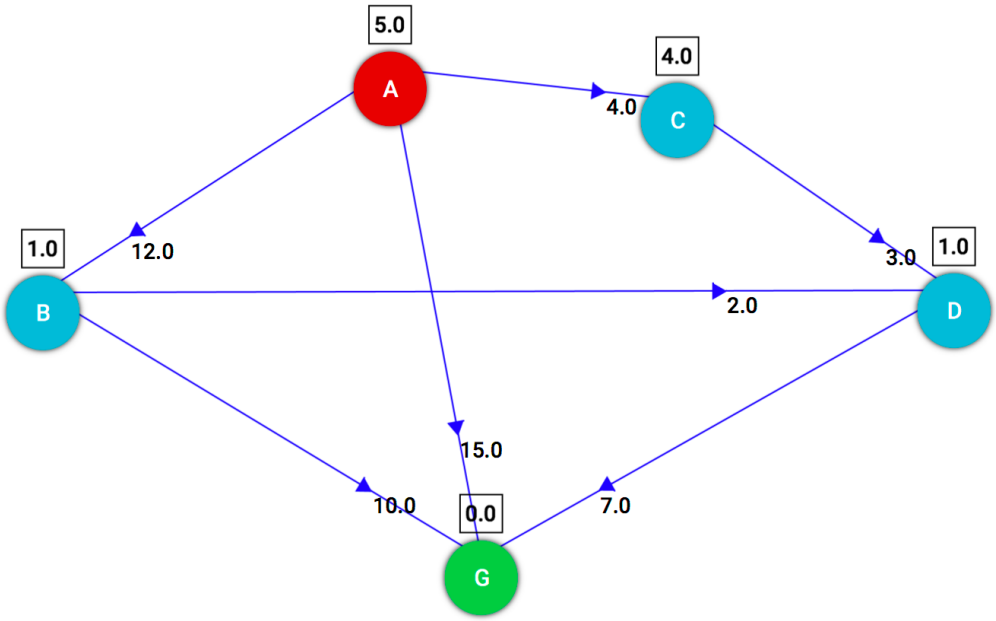
Si consideri il seguente CSP che lega le variabili A, B, C, D:

A::[4, 5, 6]	A>B-3
B::[1, 2, 3, 4, 5]	C>B-5
C::[1, 2, 3, 4, 5]	A=D+4
D::[1, 2, 3, 4, 5]	C>D+3

Si applichi, durante la ricerca fino alla prima soluzione, il Forward Checking dopo ogni passo di labeling, considerando, nella scelta della prossima variabile da istanziare l'euristica **Minimum Remaing Value** (poi, a parità di cardinalità di dominio, scegliere in base all'ordine alfabetico dei nomi delle variabili). Nel labeling, per il valore da assegnare alla variabile, si considerino i valori di dominio in ordine crescente, partendo dal più piccolo.

Esercizio 4 (5 punti)
Si scriva in Prolog il predicato **inserisciOrd(N,L1,L2)**, che dato il numero intero **N** e una lista ordinata **L1** (in modo crescente, eventualmente vuota) di numeri interi, restituisca in **L2** la lista ordinata ottenuta inserendo **N** in **L1**. Esempio:
?- inserisciOrd(3, [1,2,5], X).
X = [1, 2, 3, 5]
?- inserisciOrd(3, [], X).
X = [3]

Esercizio 5 (7 punti)
Si consideri il seguente grafo, dove A è il nodo iniziale e G il nodo goal, e il numero associato agli archi è il costo dell'operatore per andare dal nodo di partenza al nodo di arrivo dell'arco. Vicino ad ogni nodo, in un quadrato, è indicata inoltre la stima euristica della sua distanza dal nodo goal G:



Si applichi la ricerca **A*** su alberi (non tenendo quindi traccia dei nodi già visitati) disegnando l'albero generato dinamicamente e indicando:
- i nodi espansi nell'ordine di espansione;
- i nodi sulla strada della soluzione e il costo della soluzione;
- se è garantita o meno l'ottimalità e perchè.

Cosa cambierebbe con ricerca **Greedy-Best-First**?

Esercizio 6 (4 punti)
Si consideri il programma Prolog seguente:

```
p:-q.
p:-r.
r:-t.
r:-s.
s.
```

e il goal

```
?- not p.
```

Si spieghi brevemente come si costruisce l'albero SLDNF e si disegni l'albero SLDNF per il goal e il programma dati.

16 Giugno 2022 - Soluzioni

Esercizio 1

Traduzione in logica

1. ∀Y solo(Y) ⟹ triste(Y).
2. ∀X triste(X) OR-EX contento(X).
3. ∃X ¬solo(X).
4. solo(beatrice).

Goal: ∃X ¬contento(X).

Trasformazione in clausole

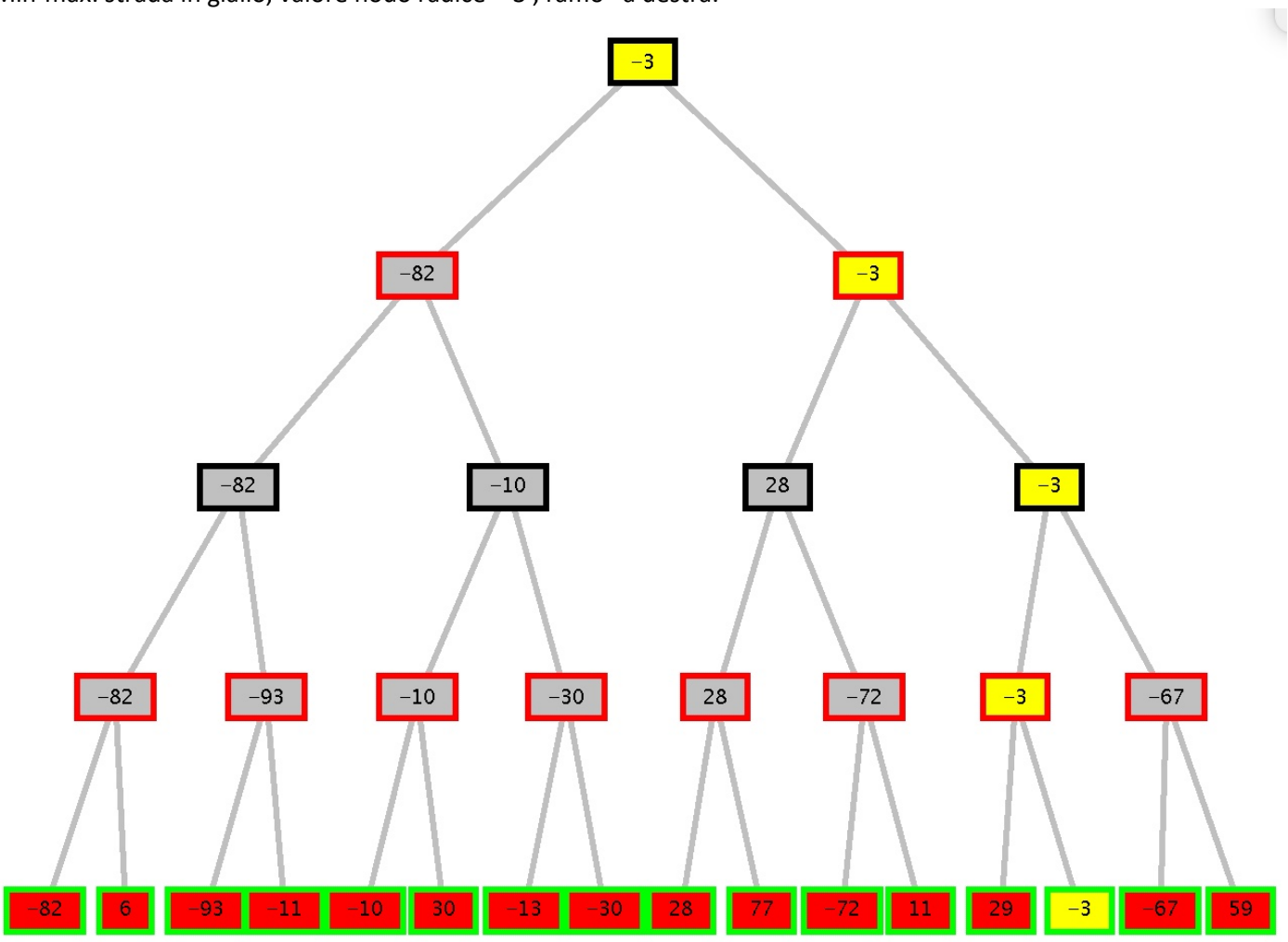
1.: triste(Y) ∨ ¬ solo(Y).
2a.: triste(X) ∨ contento(X).
2b.: ¬triste(X) ∨ ¬ contento(X).
3.: ¬solo(c1). (costante di Skolem)
4.: solo(beatrice).
GNeg.: contento(X).

Risoluzione

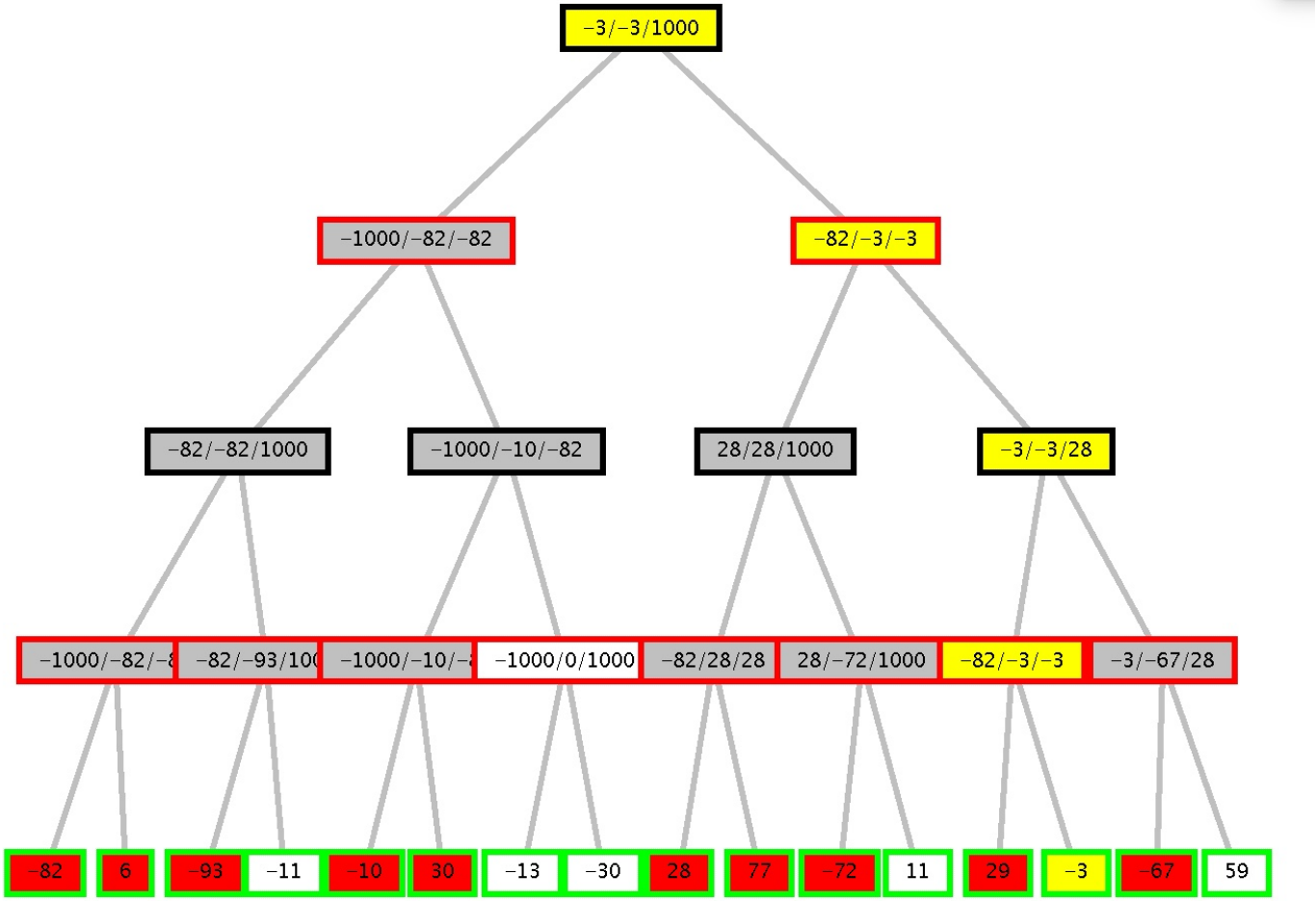
5.: GNeg. + 2b: ¬ triste(X).
6.: 5 + 1: ¬ solo(X).
7.: 6 + 4: contraddizione!!

Esercizio 2

Min-max: strada in giallo, valore nodo radice -3 , ramo a destra.



Alfa-Beta: In rosso i nodi espansi, in giallo la strada trovata, i nodi in bianco non sono esplorati per effetto dei tagli alfa-beta.



Archi tagliati a10, a18, a26, a 30 (4 tagli). Scelta per il ramo a2, valore propagato -3.

Esercizio 3
Con euristica MRV:

	A	B	C	D
Labeling	**A=4**	[1...5]	[1...5]	[1...5]
FC e Backtracking	A=4	[1...5]	[1...5]	**Fail**
Labeling	**A=5**	[1...5]	[1...5]	[1...5]
FC	A=5	[1...5]	[1...5]	[1]
Labeling	A=5	[1...5]	[1...5]	**D=1**
FC	A=5	[1...5]	[5]	D=1
Labeling	A=5	[1...5]	**C=5**	D=1
FC	A=5	[1...5]	C=5	D=1
Labeling	A=5	**B=1**	C=5	D=1
Soluzione	**A=5**	**B=1**	**C=5**	**D=1**

Esercizio 4

```
inserisciOrd(N,[],[N]) :- !.
inserisciOrd(N,[H|T],[N,H|T]) :- N =< H, !.
inserisciOrd(N,[H|T],[H|Z]) :- inserisciOrd(N,T,Z).
```

OPPURE:

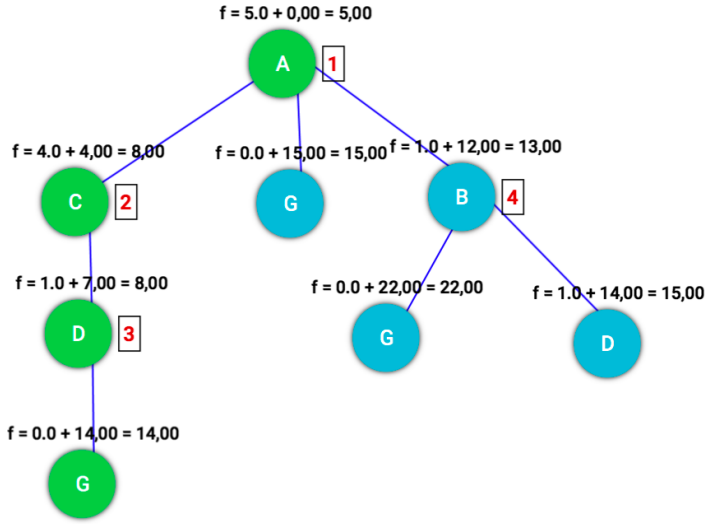
```
inserisciOrd(N,[],[N]) :- !.
inserisciOrd(N,[H|T],[H|T1]) :- N  > H, !, inserisciOrd(N,T,T1).
inserisciOrd(N,L ,[N|L]).
```

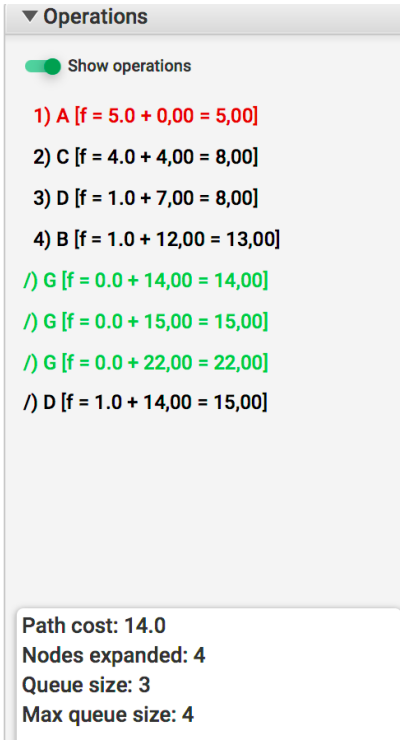
OPPURE:

```
insericiOrd(N,[H|T],[H|T1]) :- N  > H, !, insericiOrd(N,T,T1).
insericiOrd(N,L,[N|L]).
```

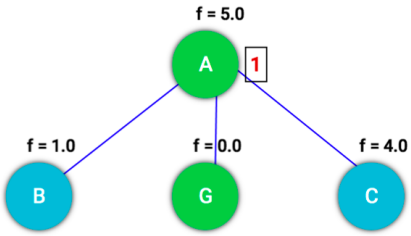
Esercizio 5

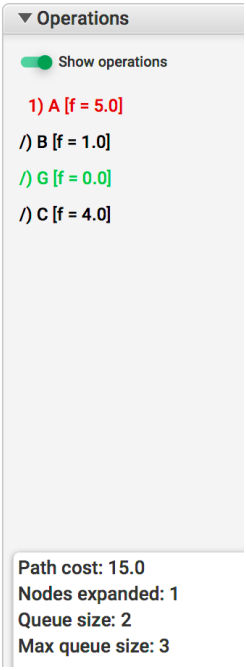
Con A*, i nodi espansi sono ACDBG, la soluzione trovata ACDG è ottimale perché l'euristica è ammissibile e il costo della soluzione trovata è 14:





Con best-first, l'albero risulta:

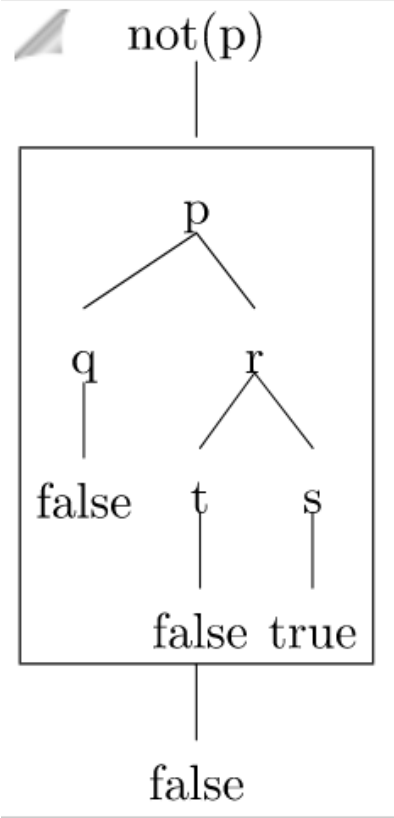




I nodi espansi sono solo A e la soluzione trovata AG non è ottimale (costo 15).

Esercizio 6
Per la spiegazione dell'albero SLDNF per un goal negativo, si veda il materiale del corso.

L'albero SLDNF per il goal ?-not p è:



E quindi not(p) fallisce perché c'è (almeno) un ramo di successo per p.