FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

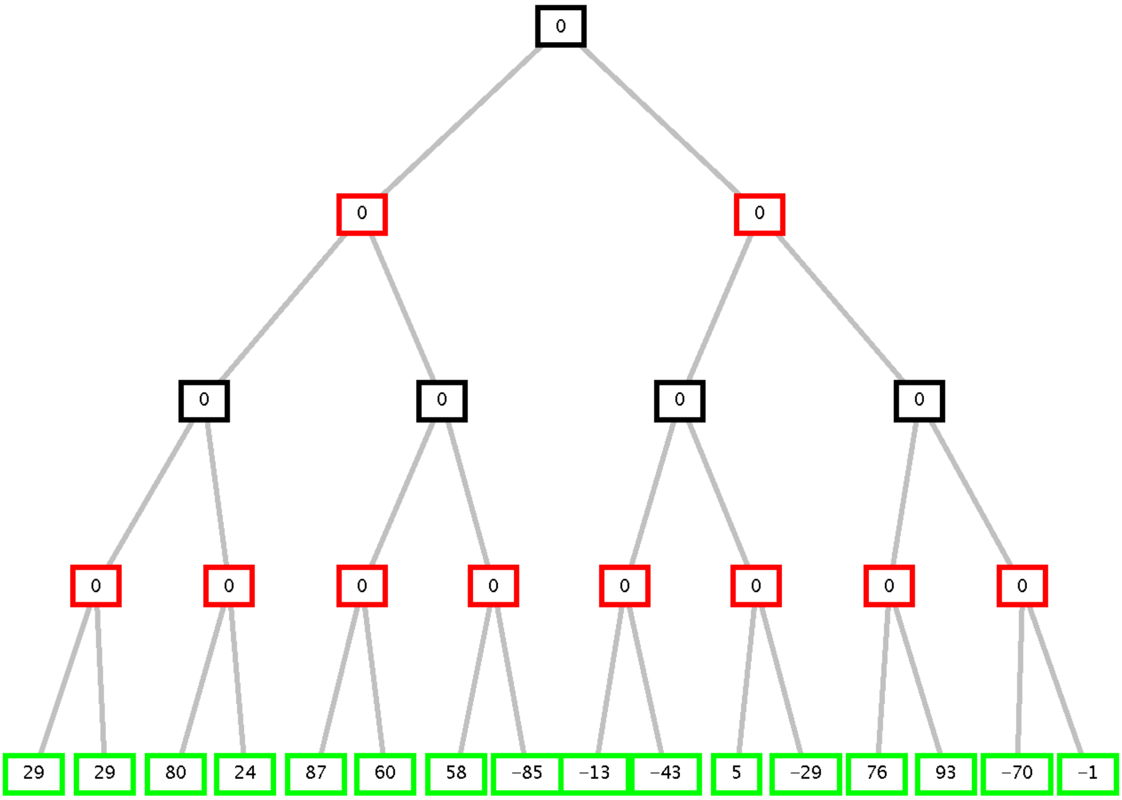
14 Giugno 2019 – Tempo a disposizione: 2 h – Risultato: 32/32 punti

Esercizio 1 (punti 7)
Modellare in logica del I ordine le seguenti frasi:

1. Tutte le anatre maschio hanno piume di cinque colori
2. Nessuna anatra femmina ha piume di cinque colori (ovvero non esiste un'anatra femmina che ha 5 colori)
3. Ogni anatra femmina ha piume di un numero di colori inferiore a quello di ogni anatra maschio
4. Paco è un'anatra maschio
5. Guenda è un'anatra femmina e ha un certo numero di colori.

Si mettano tutte le formule in forma a clausole e si dimostri poi, mediante il principio di risoluzione, che Paco ha un numero di colori delle piume più alto di quello di Guenda.
Si usino i predicati anatra_f(X), anatra_m(X), colori(X, Numero), e il predicato maggiore(X,Y) (vero se X >Y).

Esercizio 2 (punti 5)
Si consideri il seguente albero di gioco in cui il primo giocatore è *MAX*. Si mostri come l'algoritmo *min-max* e l'algoritmo *alfa-beta* risolvono il problema e la mossa selezionata dal primo giocatore.



Esercizio 3 (punti 6)
Dato il seguente programma Prolog:

```
member(X,[X|_]):-!.
member(X,[_|T]):-member(X,T).
last(X,[X]):-!.
last(X,[_|T]):-last(X,T).
```

disegnare l'albero SLD per il goal seguente (si indichino i tagli effettuati dal *cut* e non si espandano i rami tagliati):

```
?-last(X,[1,2,5]),member(X,[1,5,3]).
```

Esercizio 4 (punti 4)
Si definisca in Prolog un predicato `sum(L,V)` che, data una lista di interi `L`, controlla se la somma di tutti i suoi elementi maggiori o uguali a 0 è uguale a `V`. Se la lista è vuota il valore di `V` sarà 0. Ad esempio per il goal:

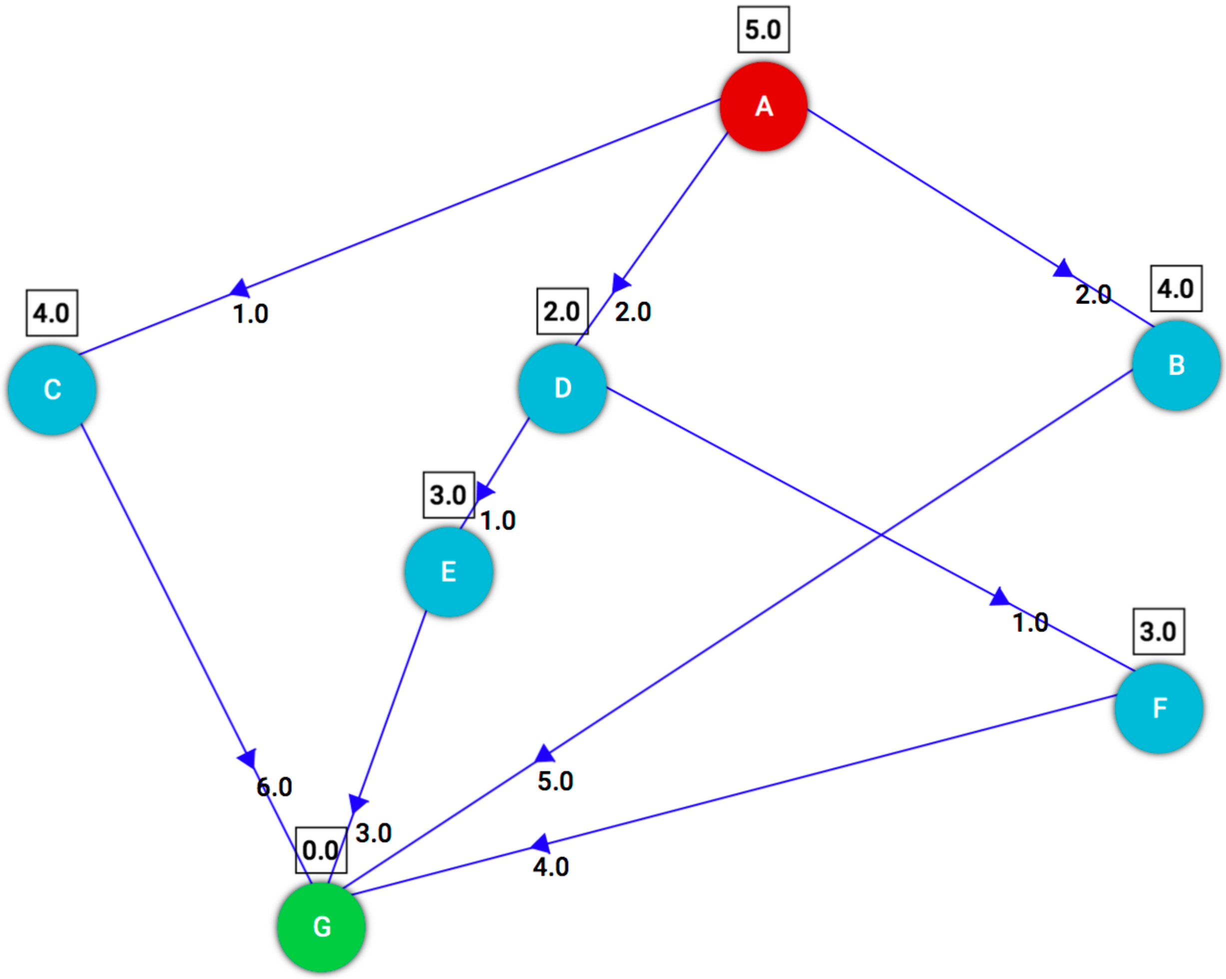
```
?-sum([6,7,2,0,-4], 15).
Yes
```

perché la somma degli elementi maggiori di 0, ovvero 6+7+2, è pari a 15.
Altri esempi:

```
?-sum([6,7,2,0,-4], V).
Yes V=15
?-sum([6,7,2], 12).
No
?-sum([], 0).
Yes
```

Esercizio 5 (punti 7)

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. A fianco di ogni nodo, in un quadrato, è indicata inoltre la stima euristica della sua distanza dal nodo goal:



a) Si applichi la ricerca A* e si disegni l'albero di ricerca sviluppato indicando per ogni nodo *n* l'ordine di espansione. In caso di non-determinismo, si scelgano i nodi da espandere in base all'ordine alfabetico. Si consideri come euristica h(*n*) quella indicata nel quadrato a fianco di ogni nodo in figura.
b) L'euristica è ammissibile?
c) Qual è il costo di cammino trovato da A* ed il numero di nodi espansi per arrivare al Goal G a partire dal nodo iniziale A?

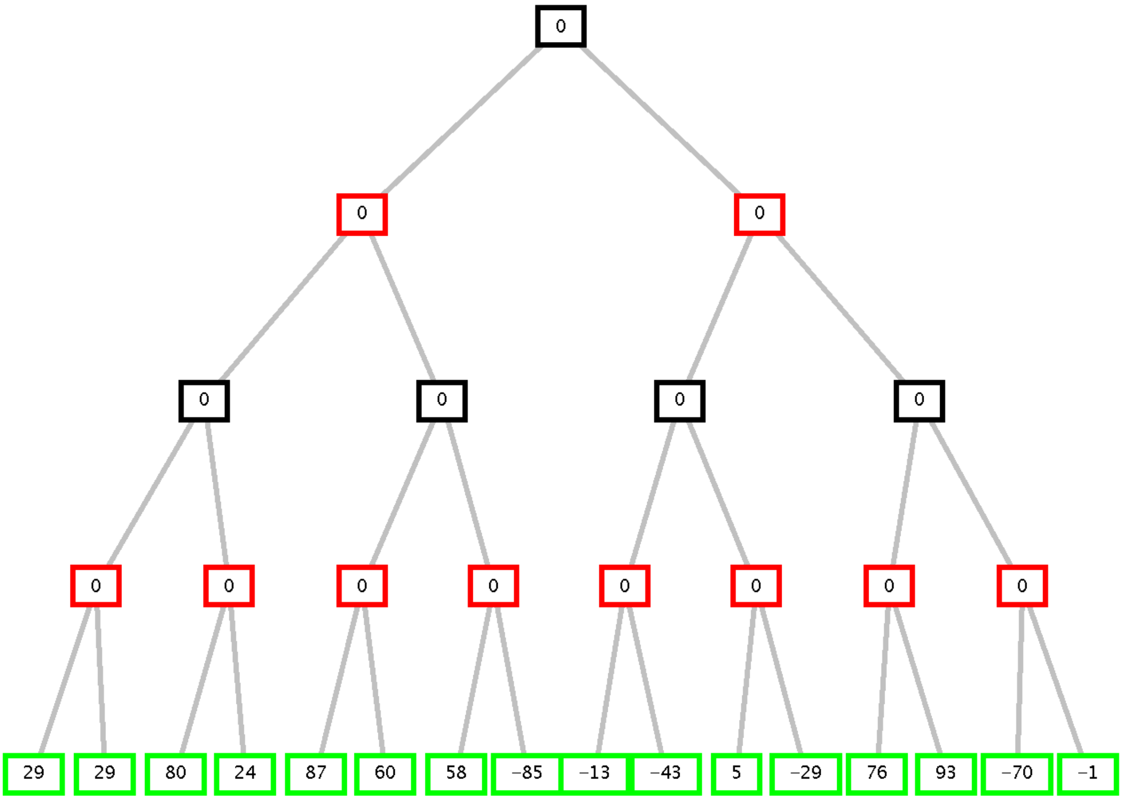
Esercizio 6 (punti 3)

Si consideri il seguente CSP:

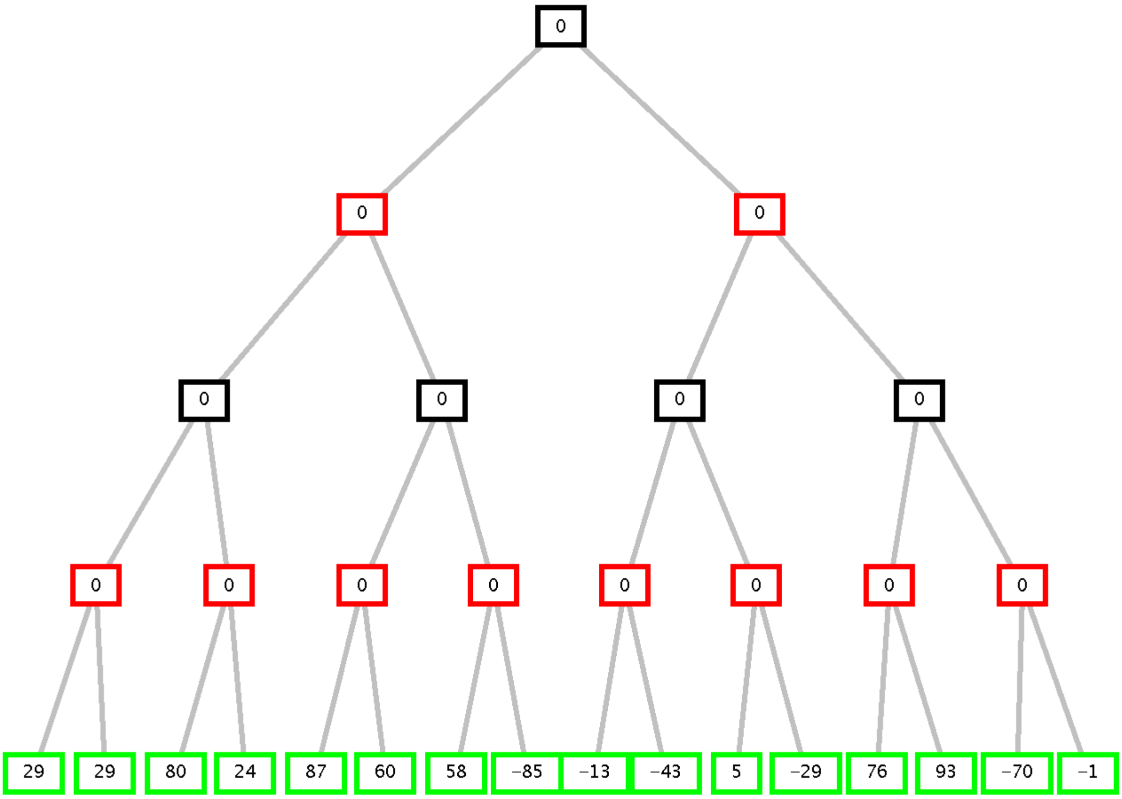
A::[1, 2, 3, 4, 5, 6]
B::[1, 2, 3, 4, 5, 6]
C::[1, 2, 3, 4, 5, 6]
A>=B+1
B>=C-3

Si cerchi la prima soluzione, applicando labeling e Forward Checking dopo ogni passo di labeling, considerando le variabili secondo l'ordine alfabetico del loro nome, e i valori nel dominio secondo l'ordine crescente sugli interi.

COGNOME NOME___________________________________
Min-max



Alfa-beta



14 Giugno 2019 - Soluzioni

Esercizio 1

1. Tutte le anatre maschio hanno piume di cinque colori
2. Nessuna anatra femmina ha piume di cinque colori
3. Ogni anatra femmina ha piume di un numero di colori inferiore a quello di ogni anatra maschio
4. Paco è una anatra maschio.
5. Guenda è un'anatra femmina e ha un certo numero di colori.

1. ∀X (anatra_m(X) →colori(X,5)).
2. ∀X (anatra_f(X) → ¬colori(X,5)).
   Si noti che sarebbe stato equivalente scrivere: ¬∃X [anatra_f(X) and colori(X,5)]
3. ∀X ∀A ∀Y ∀B (anatra_m(X), anatra_f(Y), colori(X,A), colori(Y,B) →maggiore(A,B)).
4. anatra_m(paco).
5. anatra_f(guenda).
6. ∃Y colori(guenda,Y)

Query: ∃X ∃Y colori(paco,X) and colori(guenda,Y) and maggiore(X,Y)

Goal=QueryNeg: ∀X ∀Y (¬colori (paco,X) ∨ ¬colori(guenda,Y) ∨ ¬maggiore(X,Y))

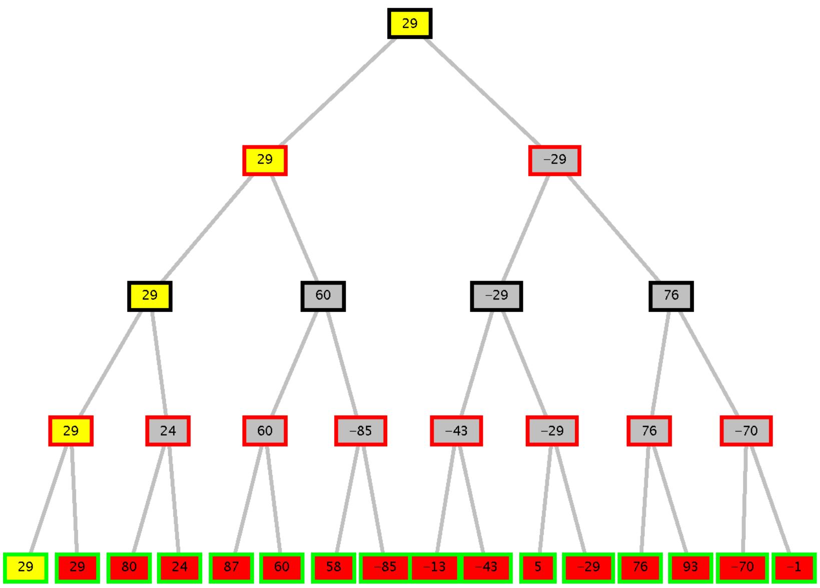
Trasformazione in clausole

C1. ¬anatra_m(X) ∨ colori(X,5)
C2. ¬anatra_f(X) ∨ ¬colori(X,5)
C3. ¬anatra_m(X) ∨ ¬anatra_f(Y) ∨ ¬ colori(X,A) ∨ ¬ colori(Y,B) ∨ maggiore(A,B)
C4. anatra_m(paco)
C5. anatra_f(guenda)
C6. colori(guenda,v1)
C7. ¬colori(paco,X) ∨ ¬colori(guenda,Y) ∨ ¬maggiore(X,Y)

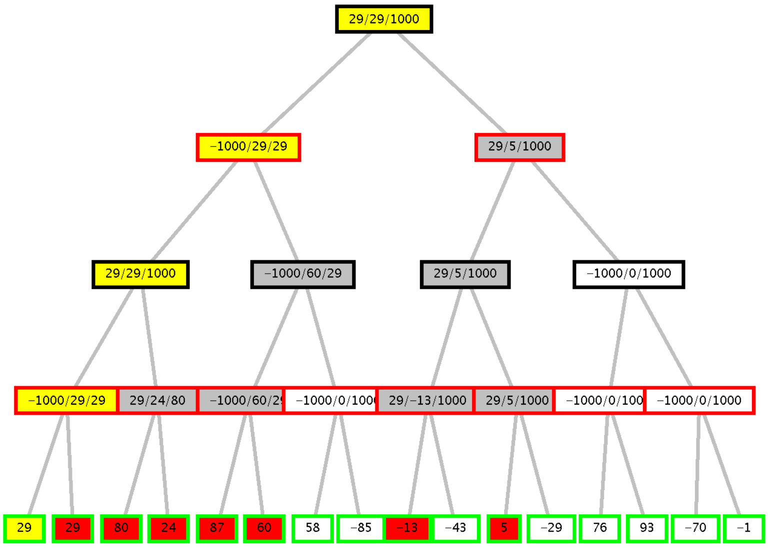
Risoluzione:
C8 = C4+C3: ¬anatra_f(Y) ∨ ¬ colori(paco,A) ∨ ¬ colori(Y,B) ∨ maggiore(A,B)
C9 = C8 + C5: ¬ colori(paco,A) ∨ ¬ colori(guenda,B) ∨ maggiore(A,B)
C10 = C4+C1: colori(paco,5)
C11 = C10+C9: ¬ colori(guenda,B) ∨ maggiore(5,B)
C12 = C6 + C11: maggiore(5,v1)
C13 = C12 + C7: ¬colori(paco,5) ∨ ¬colori(guenda,v1)
C14 = C13 + C10: ¬colori(guenda,v1)
C15 = C14 + C6: clausola vuota

Esercizio 2

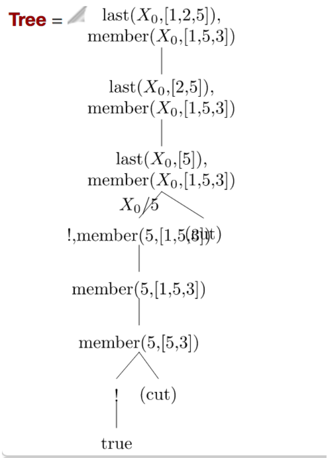
Min-max



Tagli alfa-beta: Sono 4 Tagli



Esercizio 3



Esercizio 4

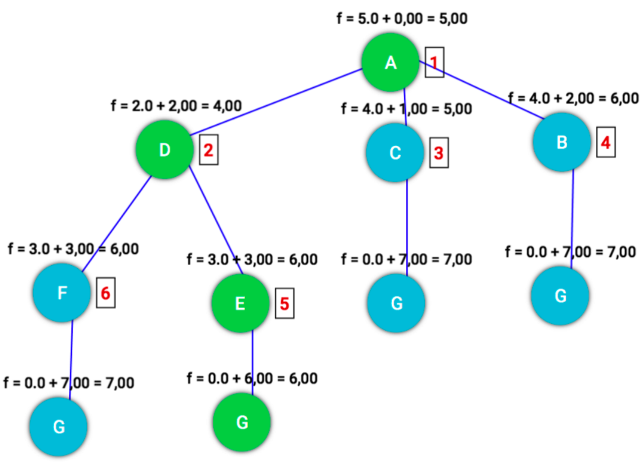
sum([], 0) :- !.

sum([H|R], V) :- H >= 0, !, sum(R,V1), V is H+V1.

sum([H|R], V) :- sum(R,V).

Esercizio 5

A* (l'euristica è ammissibile; costo di cammino: 6; nodi espansi: 7, quelli con etichetta quadrata a fianco, con all'interno numero d'ordine di espansione, e il nodo G in verde)



Esercizio 6

	A	B	C
Backtracking	A=1	Fail	[1...6]
Labeling e FC	A=2	[1]	[1...6]
Labeling e FC	A=2	B=1	[1...4]
Labeling e FC	A=2	B=1	C=1