FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

10 Gennaio 2019 – Tempo a disposizione: 2 h – Risultato: 32/32 punti

Esercizio 1 (punti 6)

Modellare in logica del I ordine le seguenti frasi:

1. CTA è la sigla di un aeroporto.
2. BLQ è la sigla di un aeroporto.
3. FunnyAir è una compagnia aerea
4. FU1088 è la sigla di un volo da CTA a BLQ
5. Esiste un volo da CTA a BLQ che è in ritardo
6. Ogni volo da CTA a BLQ è della FunnyAir;

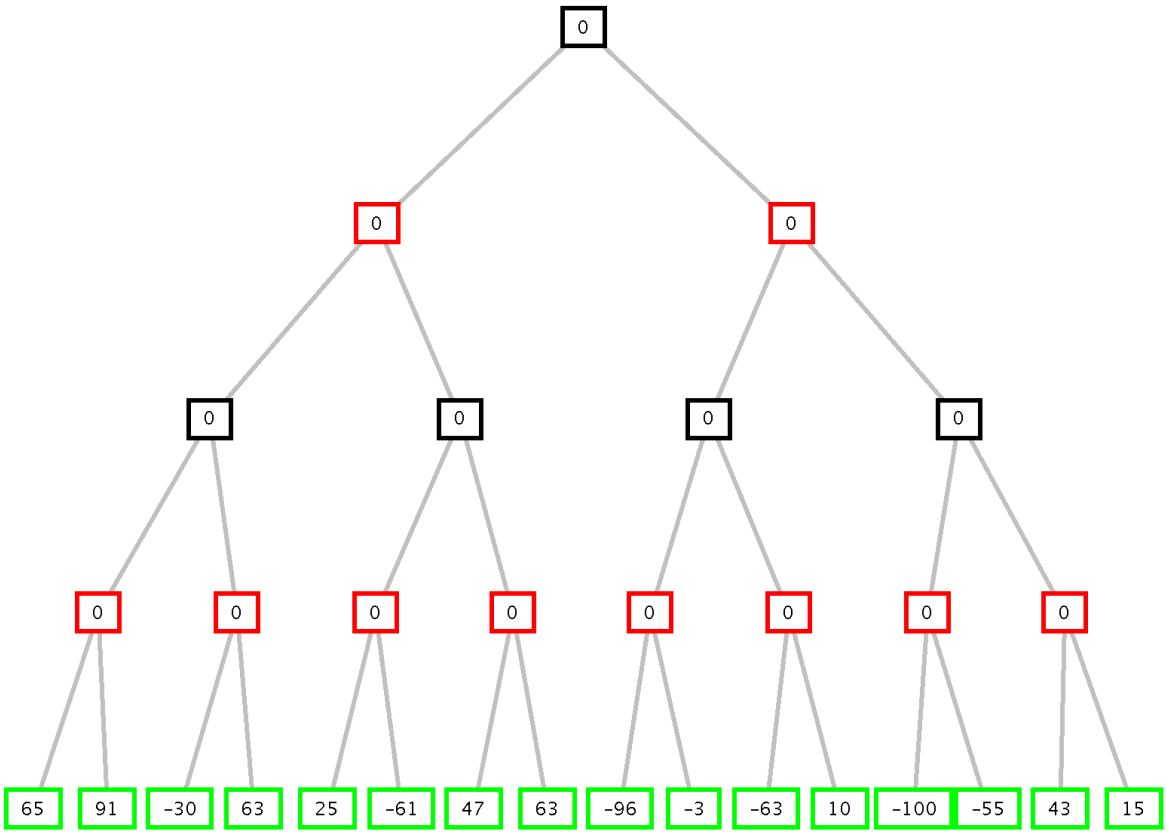
Si mettano tutte le formule in forma a clausole e si dimostri poi, mediante il principio di risoluzione, che esiste un volo da CTA a BLQ, in ritardo e della FunnyAir.

Si utilizzi un linguaggio logico con i predicati seguenti:

`aerop(X)`: X è la sigla di un aeroporto;
`ritardo(X)`: X è in ritardo;
`compagnia(X)`: X è il nome di una compagnia aerea;
`volo(X,A,B)`: X è un volo da A a B;
`volo-di(X,Y)`: X è un volo della compagnia 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 5)

Dato il seguente programma Prolog che definisce la relazione di antenato e alcuni fatti su relazioni di parentela (`padre/2`, `madre/2`, e `antenato/2`):

```
antenato(X,Y):-padre(X,Y),!.
antenato(X,Y):-madre(X,Y),!.
antenato(X,Y):-antenato(X,Z),antenato(Z,Y).
padre(b,c).
padre(c,d).
madre(d,e).
```

disegnare l'albero SLD per il goal seguente (si indichino i tagli effettuati dal *cut* e non si espandano i rami tagliati):
`?- antenato(b,d).`

Esercizio 4 (punti 5)

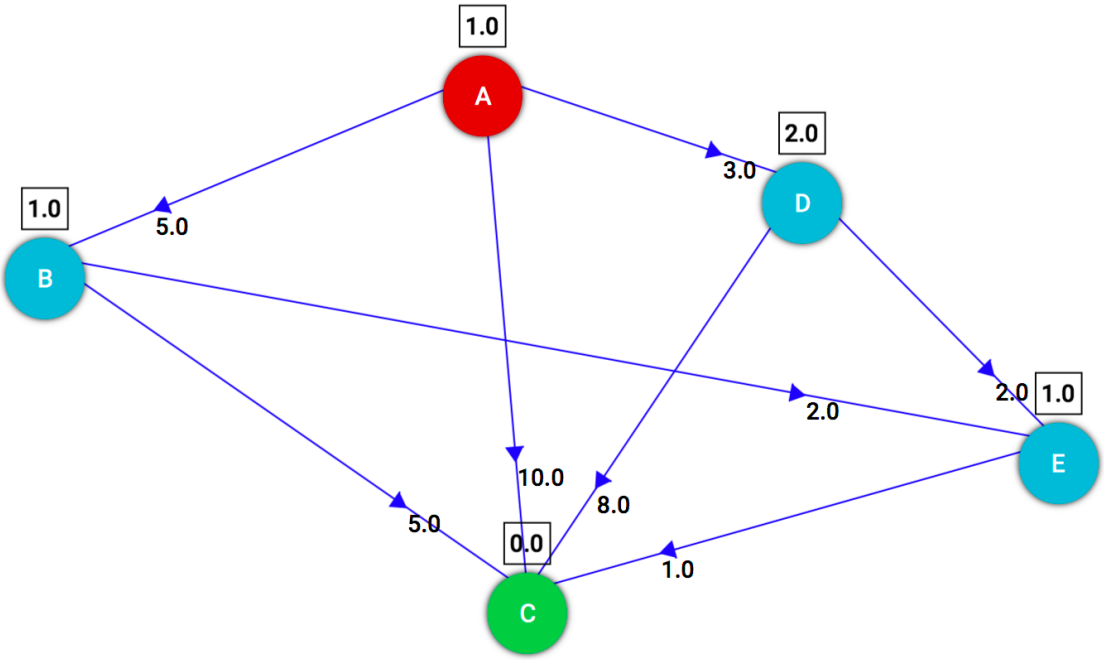
Dato il programma Prolog dell'esercizio 3, si definisca un predicato `grado/3` tale che se `X` è antenato di `Y`, allora il predicato `grado(X,Y,G)` restituisce il grado di parentela `G` (numero di livelli di ascendenza) tra l'antenato `X` e `Y`, fallisce se `X` non è antenato di `Y`. Il padre (o la madre) di una persona ha grado di parentela uguale a 1 con la persona.

Esempi:

```
?- grado(b,c,G).
Yes G=1                    /* b è padre di c */
?- grado(b,e,G).
Yes G=3
?- grado(e,b,G).
No
```

Esercizio 5 (punti 7)

Si consideri il seguente grafo, dove A è il nodo iniziale e C 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.

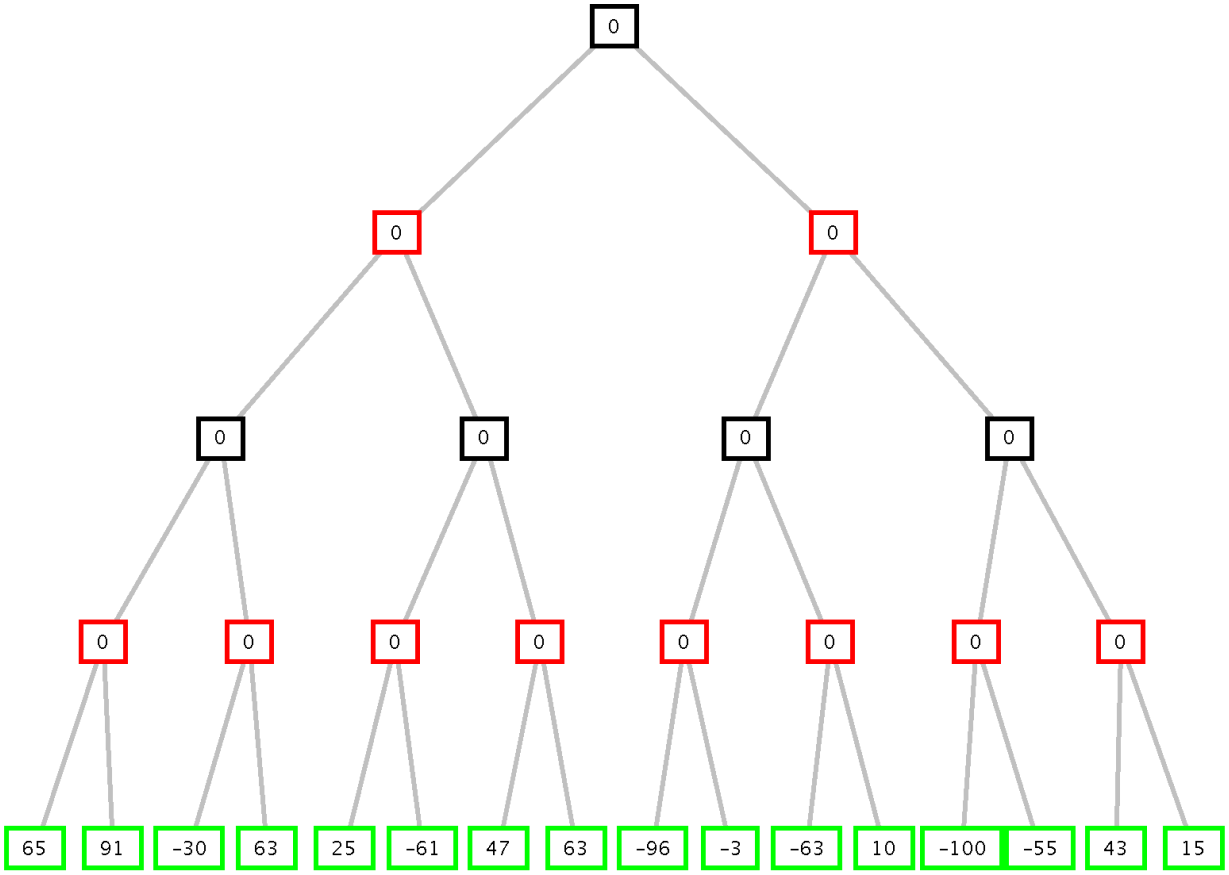


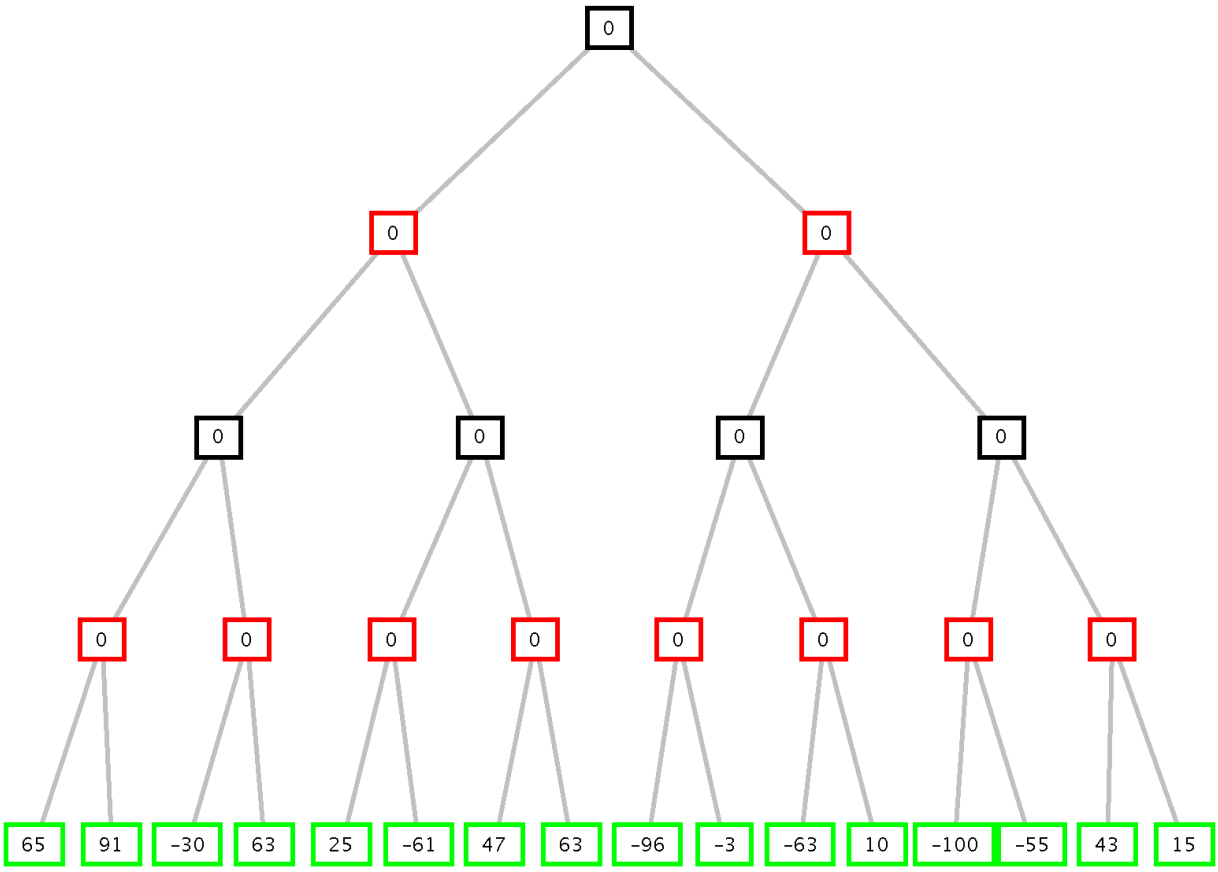
a) Si applichi la ricerca depth-first, e si disegni l'albero di ricerca sviluppato indicando per ogni nodo *n* il costo g(*n*) e l'ordine di espansione; in caso di non-determinismo, si scelgano i nodi da espandere in base all'ordine alfabetico.
b) Si applichi la ricerca A*, e si disegni l'albero di ricerca sviluppato indicando per ogni nodo *n* la funzione f(*n*) e 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, ovvero:
   h(A) = 1
   h(B) = 1
   h(D) = 2
   h(E) = 1
   h(C) = 0
   L'euristica h così definita è ammissibile? (motivare il perché)
   Che vantaggio si ottiene applicando A*, rispetto all'esito della ricerca depth-first?

Esercizio 6 (punti 4)

Si descriva l'algoritmo AC-3 (arc-consistency) visto a lezione, e se ne mostri l'applicazione al seguente CSP:
X1,X2,X3 ::[1,2,3,4]
X1=1
X1<X2<X3<X4
Si considerino le variabili in ordine crescente secondo il loro pedice (e conseguentemente i vincoli che le legano).

COGNOME E NOME_____





10 Gennaio 2019 - Soluzioni

Esercizio 1

1. aerop(cta)
2. aerop(blq)
3. compagnia(funnyAir)
4. volo(fu1088,cta,blq)
5. ∃Y volo(X,cta,blq) and ritardo(X)
6. ∀X volo(X,cta,blq) ⇒ volo-di(X,funnyAir)

Query:
∃Y (volo(X,cta,blq) and ritardo(X) and volo-di(X,funnyAir))

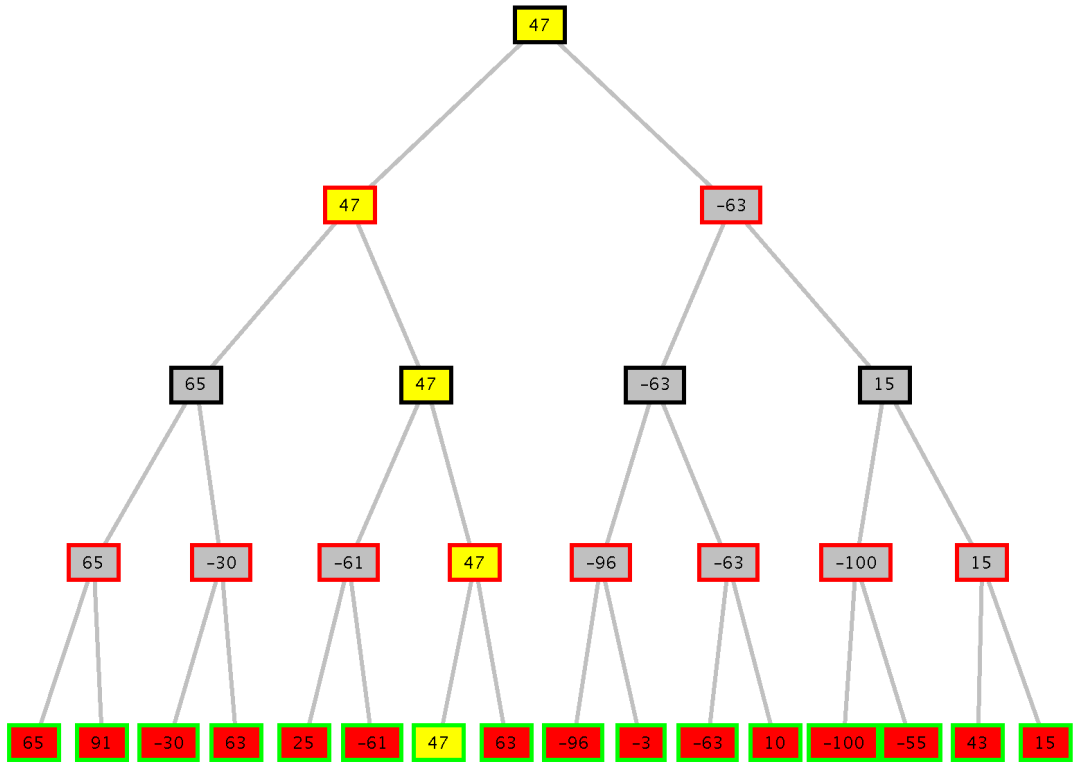
Goal (Query negata):
∀X (not volo(X,cta,blq) or not ritardo(X) or not volo-di(X,funnyAir))

Trasformazione in clausole:
1. aerop(cta)
2. aerop(blq)
3. compagnia(funnyAir)
4. volo(fu1088,cta,blq)
5a. volo(c,cta,blq)
5b. ritardo(c)
6 not volo(X,cta,blq) or volo-di(X,funnyAir)
GNeg: not volo(X,cta,blq) or not ritardo(X) or not volo-di(X,funnyAir)

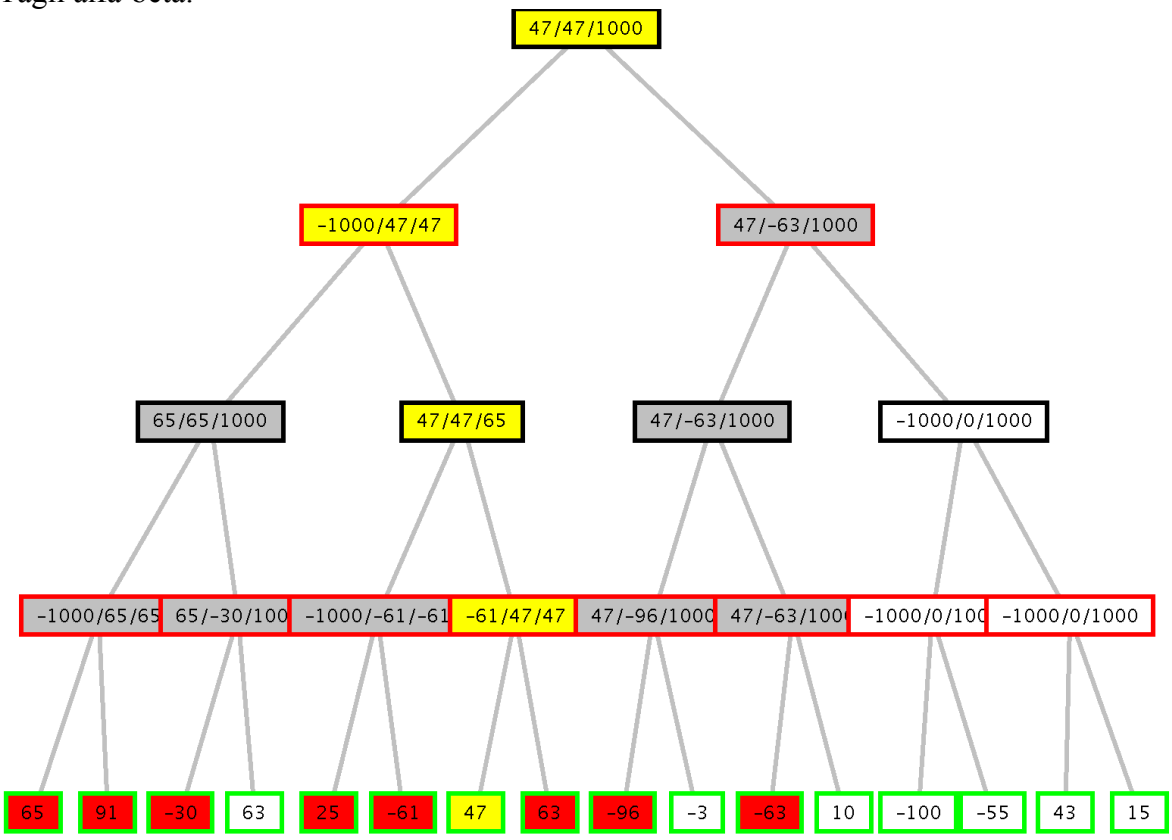
7: Gneg+ 5a: not ritardo (c) or not volo-di(c, funny)
8: 7+5b: not volo-di(c,funny)
9: 8+6: not volo(c, cta, blq)
10: 9+5a: clausola vuota, contraddizione

Esercizio 2

Min-Max:

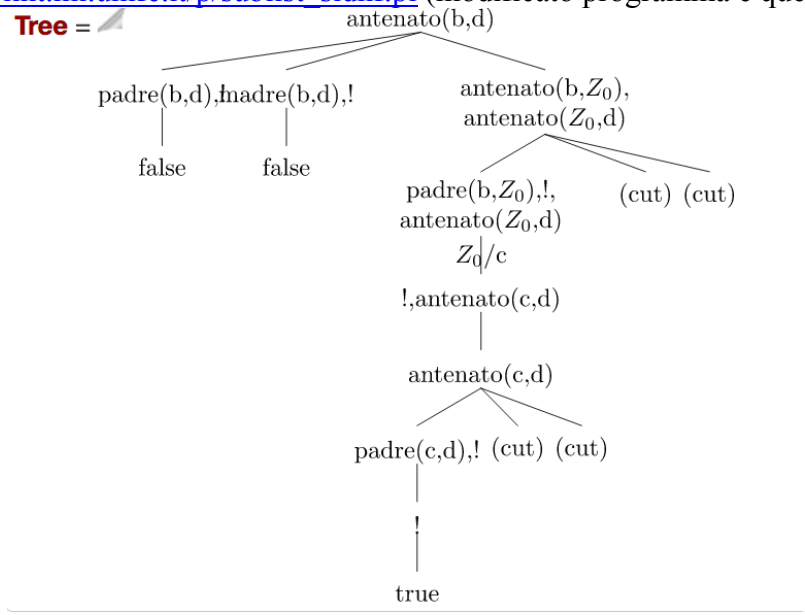


Tagli alfa-beta:



Esercizio 3

Generato con: http://cplint.ml.unife.it/p/sublist_sldnf.pl (modificato programma e query)

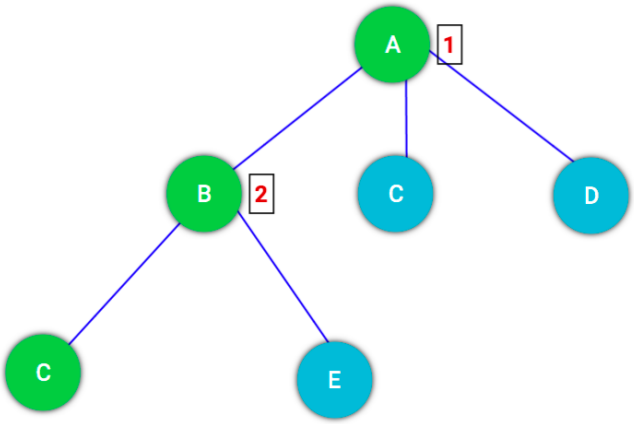


Esercizio 4

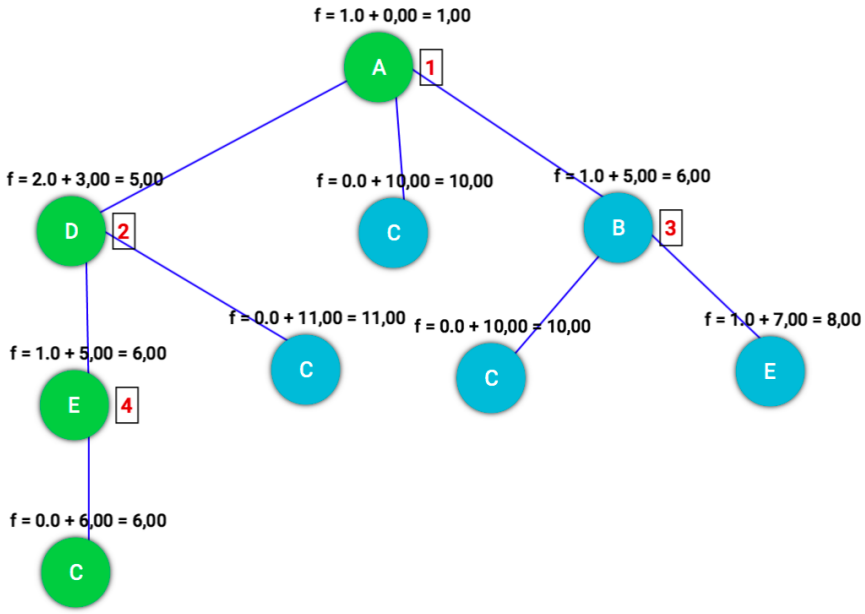
```
grado(X,Y,1):-padre(X,Y),!.
grado(X,Y,1):-madre(X,Y),!.
grado(X,Y,G):-grado(X,Z,G1),grado(Z,Y,G2),G is G1+G2.
```

Esercizio 5

Depth-first



Costo cammino trovato (in verde) pari a 10.



Con A*, costo cammino trovato (in verde) pari a 6 (cammino ottimo)
L'euristica è ammissibile.

Esercizio 6

Per la descrizione dell'algoritmo AC-3 si vedano le slides.
X1,X2,X3 ::[1,2,3,4]
X1=1
X1<X2<X3

	X1	**X2**	**X3**
	1..4	1..4	1..4
X1=1	1		
X1<X2		1..4	
X1<X3			1..4
X2>X1		2..4	
X2<X3		2..3	
X3>X1			2..4
X3>X2			3..4

Ci sono state cancellazioni, si ricontrollano (tutti) gli archi che terminano su variabili i cui domini sono stati ridotti

	X1	**X2**	**X3**
	1	2..3	3..4
X1<X2	*idem*		
X1<X3	*idem*		
X2>X1		*idem*	
X2<X3		*idem*	
X3>X1			*idem*
X3>X2			*idem*

Quiescenza, termine di AC-3.