

Esercizio 1 (punti 6)

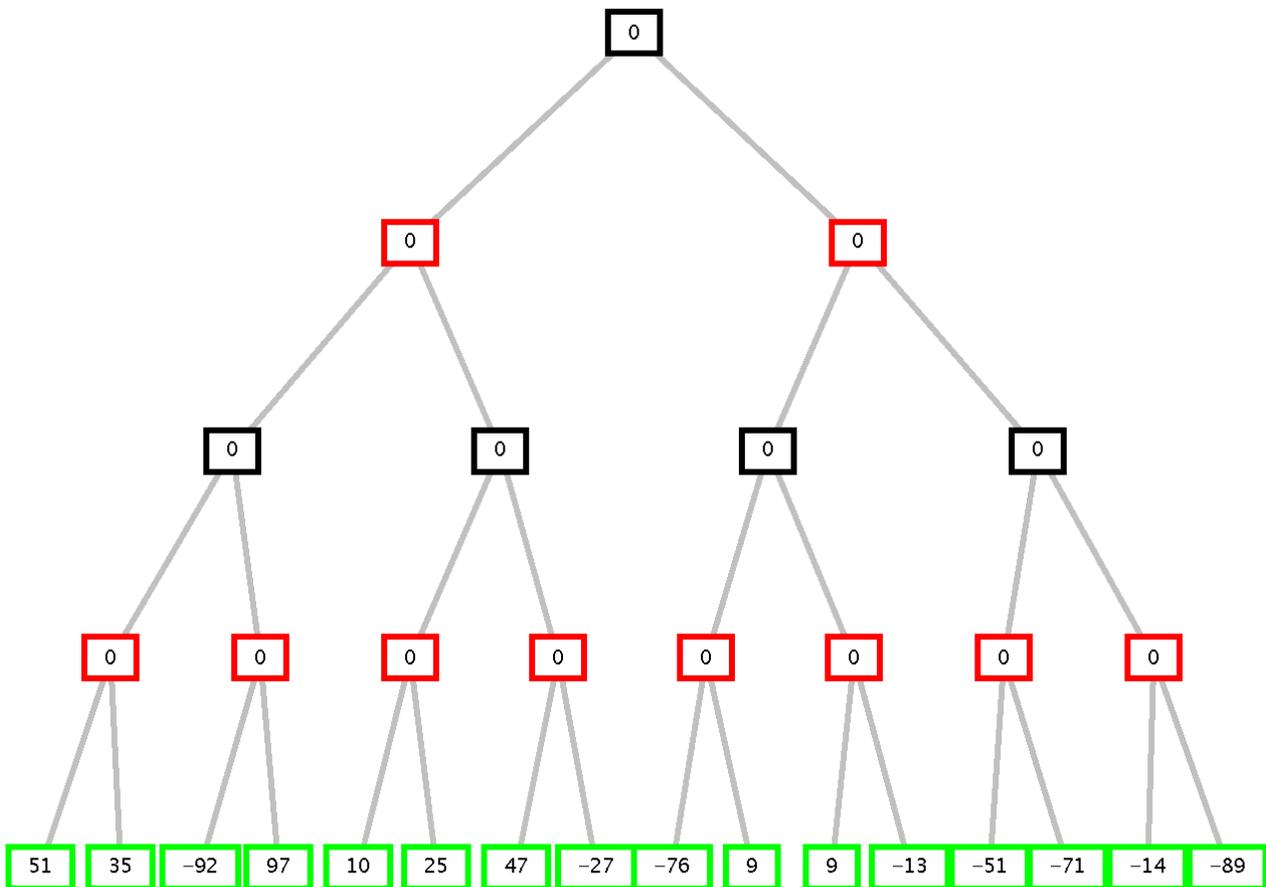
Siano dati i predicati **evento(X)** e **causa(X,Y)** (con significato X causa Y). Esprimere in logica del primo ordine le seguenti frasi:

- Ogni evento è causato da un altro evento
- Dati tre eventi X, Y, Z, se X causa Y e Y causa Z allora X causa Z
- Un evento non può causare se stesso
- a, b, c sono eventi
- a causa b
- b causa c
- c causa a.

Mettere tutte le formule scritte in forma a clausole e dimostrare tramite risoluzione che la teoria ottenuta è inconsistente

Esercizio 2 (punti 5)

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 l'algoritmo *min-max* e l'algoritmo *alfa-beta* risolvono il problema e la mossa selezionata dal giocatore.



Esercizio 3 (punti 5)

Dato il seguente programma Prolog:

```
included([],_).
included([H|T], L2) :- member(H, L2),included(T,L2).

member(X ,[X|_T]) :-!.
member(X ,[_H|T]) :- member(X,T).
```

dove il predicato `included(L1,L2)` verifica se tutti gli elementi della lista L1 sono anche elementi di L2, si disegni l'albero SLD-NF del goal (si indichino i tagli effettuati dal *cut* e non si espandano i rami tagliati):

```
?- included([1,2],[4,1,2]).
```

Esercizio 4 (punti 5)

Gli archi di un grafo orientato sono rappresentati con fatti *ground* usando un predicato $\text{arc}/3$, dove $\text{arc}(X, Y, Z)$ rappresenta l'arco da X ad Y con costo Z . Ad esempio, il grafo orientato in figura nell'Esercizio n. 5, è rappresentato dai seguenti fatti:

$\text{arc}(a, b, 2)$.
 $\text{arc}(a, c, 4)$.
 $\text{arc}(a, e, 5)$.
 $\text{arc}(b, e, 1)$.
 $\text{arc}(c, d, 3)$.
 $\text{arc}(d, e, 3)$.
 $\text{arc}(d, f, 1)$.
 $\text{arc}(e, f, 2)$.

Si definisca un predicato $\text{path}/3$ tale che, dati due nodi del grafo X e Y , $\text{path}(X, Y, Z)$ ha successo e determina il costo Z di un cammino tra i due nodi X e Y se un tale cammino esiste, fallisce se non esiste.

Esempio (si veda grafo Esercizio 5):

?- $\text{path}(a, d, Z)$.

Yes $Z=7$

?- $\text{path}(a, e, Z)$.

Yes

$Z=3$;

$Z=10$;

$Z=5$;

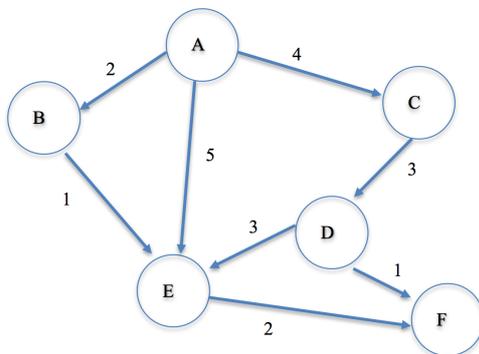
No

?- $\text{path}(d, a, Z)$.

No

Esercizio 5 (punti 7)

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



Si consideri come euristica $h(n)$ il minimo numero di nodi dal nodo n al nodo goal. Ovvero:

$h(A) = 2$

$h(B) = 2$

$h(C) = 2$

$h(D) = 1$

$h(E) = 1$

$h(F) = 0$

L'euristica proposta è ammissibile?

In che ordine considera i nodi l'algoritmo A* usando l'euristica data e qual è il costo stimato $f(n)$ per ciascuno nodo n ? (disegnare l'albero di ricerca sviluppato indicando per ogni nodo n il costo $f(n)$ e l'ordine di espansione).

Esercizio 6 (punti 4)

Si descrivano brevemente gli algoritmi di propagazione (Forward Checking, Partial Look Ahead, Full Look Ahead) visti a lezione e se ne mostri l'applicazione al seguente CSP, dopo il labeling $X1=7$. Nella propagazione si considerino le variabili secondo il loro pedice.

$X1, X2, X3, X4 :: [1..10]$

$X1=7$

$X1 > X2 + 2$

$X2 \neq X3$

$X3 < X4 + 2$

Esercizio 1

- Ogni evento è causato da (almeno) un altro evento

$\forall X \exists Y \text{ evento}(X), \text{ evento}(Y) \Rightarrow \text{ causa}(X, Y)$.

- Dati tre eventi X, Y, Z, se X causa Y e Y causa Z allora X causa Z

$\forall X \forall Y \forall Z \text{ evento}(X), \text{ evento}(Y), \text{ evento}(Z), \text{ causa}(X, Y), \text{ causa}(Y, Z) \Rightarrow \text{ causa}(X, Z)$.

- Un evento non può causare se stesso

$\forall X \text{ evento}(X) \Rightarrow \sim \text{ causa}(X, X)$.

- a, b, c sono eventi
- a causa b
- b causa c
- c causa a.

evento(a)

evento(b)

evento(c)

causa(a, b)

causa(b, c)

causa(c, a)

Trasformazione in Clauseole:

- 1) $\sim \text{evento}(X)$ or $\sim \text{evento}(s(X))$ or $\text{causa}(X, s(X))$ /* s funzione di Skolem */
- 2) $\sim \text{evento}(X)$ or $\sim \text{evento}(Y)$ or $\sim \text{evento}(Z)$ or $\sim \text{causa}(X, Y)$ or $\sim \text{causa}(Y, Z)$ or $\text{causa}(X, Z)$
- 3) $\sim \text{evento}(X)$ or $\sim \text{causa}(X, X)$
- 4) evento(a)
- 5) evento(b)
- 6) evento(c)
- 7) causa(a, b)
- 8) causa(b, c)
- 9) causa(c, a)

Risoluzione:

Da 4, 5, 6, 7, 8 +2) segue:

- 10) causa(a, c)

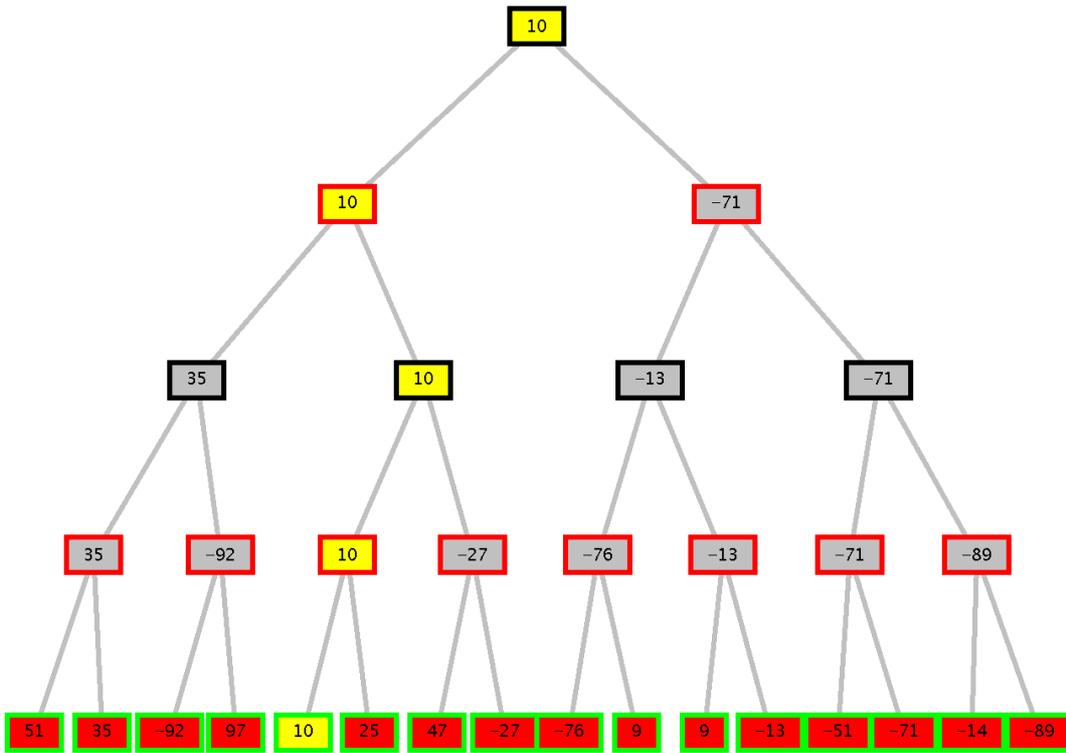
Da 4, 6, 9, 10 + 2) (con X/a, Y/c, Z/a) segue:

- 11) causa(a, a)

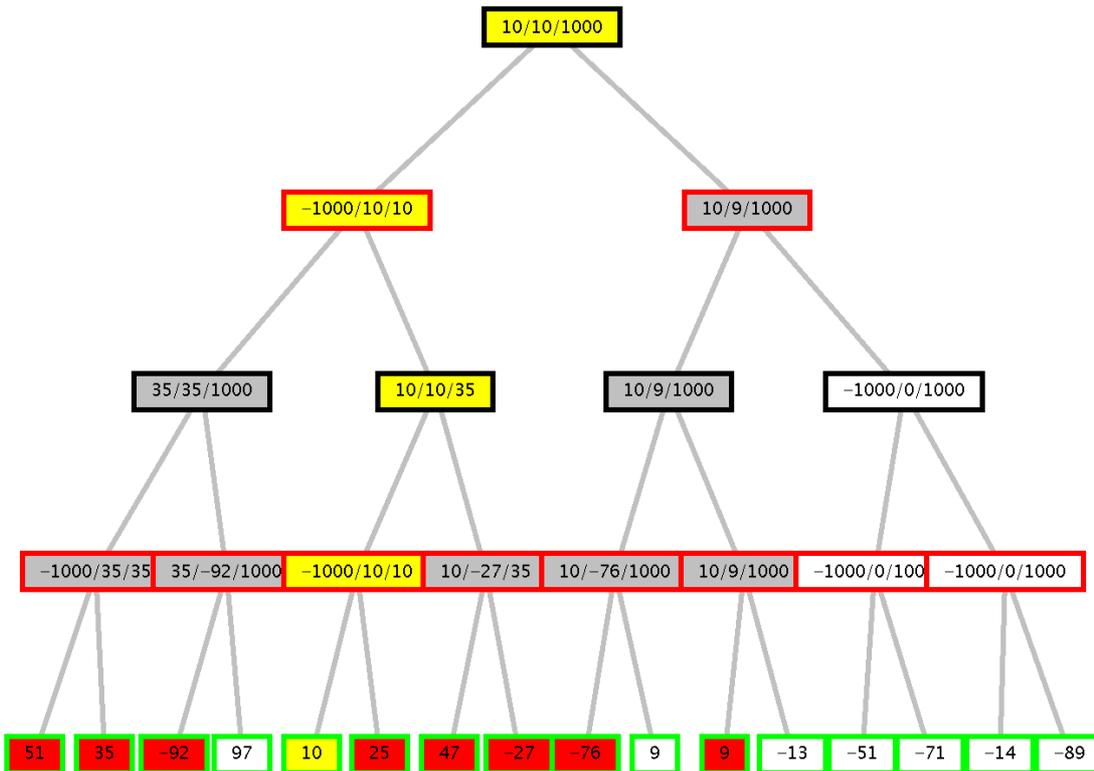
Da 3, 4, + 11) segue contraddizione (clausola vuota).

Esercizio 2

Min-Max:



Alfa-beta: I nodi che portano alla soluzione sono in giallo, quelli tagliati in bianco.



Esercizio 3

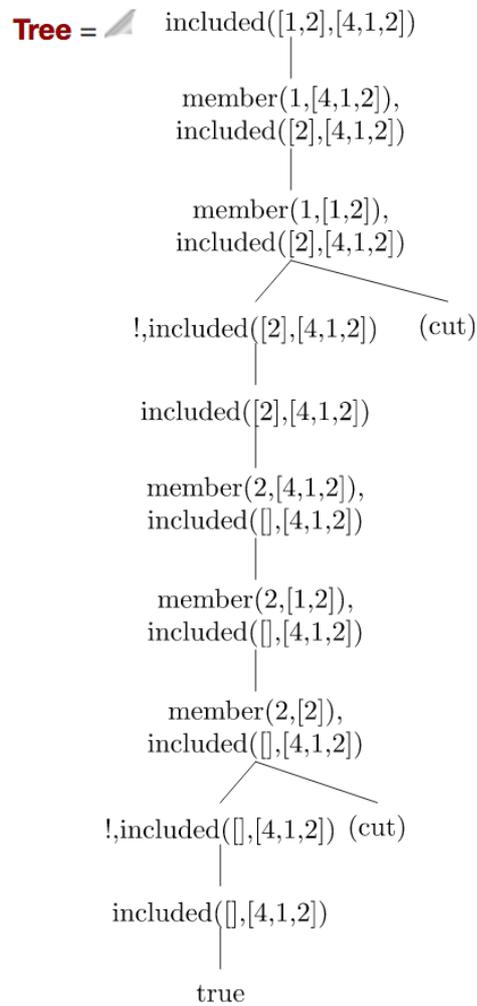
- arc(a,b,2).
- arc(a,c,4).
- arc(a,e,5).
- arc(b,e,1).
- arc(c,d,3).
- arc(d,e,3).
- arc(d,f,1).
- arc(e,f,2).

```

path(Node,Node,0).
path(Start, End, Cost) :-
    arc(Start, Int, Cost1),
    path(Int, End, Cost2),
    Cost is (Cost1 + Cost2).

```

Esercizio 4



Esercizio 5

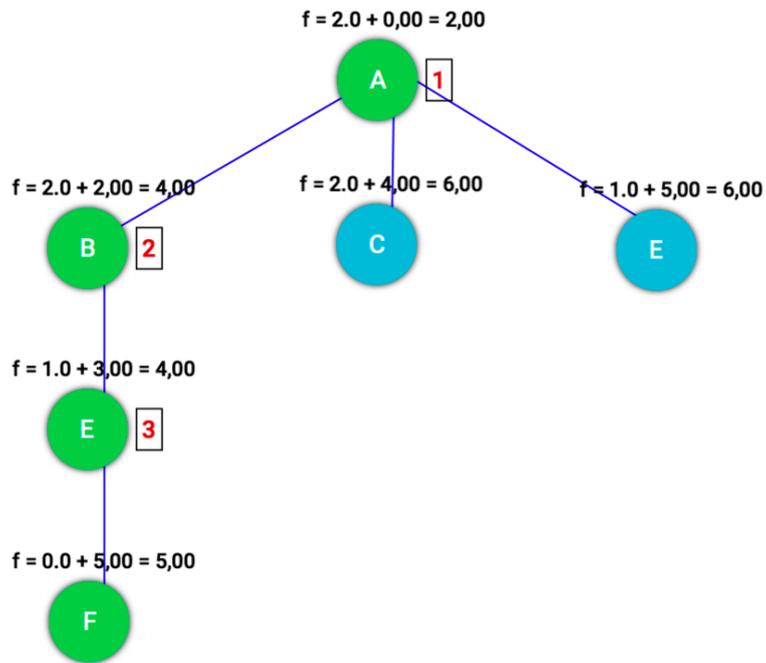
- L'euristica è ammissibile, lo sarebbe anche se tutti gli operatori avessero costo 1, a maggior ragione lo è se il costo è anche maggiore di 1.
- In che ordine genera i nodi l'algoritmo A* con l'euristica data e qual è il costo stimato $f(n)$ per ciascuno di essi?

espando A e genero:

B: $[f(B) = g(B) + h(B) = 2 + 2 = 4]$
 E: $[f(E) = g(E) + h(E) = 5 + 1 = 6]$
 C: $[f(C) = g(C) + h(C) = 4 + 2 = 6]$

espando B. Chiamo E' il nuovo nodo, in quanto esso è diverso dal nodo contenete E generato in precedenza.
 Genero quindi:
 E': $[f(E0) = g(E0) + h(E0) = 3 + 1 = 4]$

espando E' e genero il nodo goal:
 F: $[f(F) = g(F) + h(F) = 5 + 0 = 5]$
- Quale è il costo della soluzione trovata da A?
 $[f(F) = 5]$



Esercizio 6

Vedi slide per FC, PLA e FLA.

$X1, X2, X3, X4 :: [1..10]$

$X1 = 7$

$X1 > X2 + 2$

$X2 \neq X3$

$X3 < X4 + 2$

	X1	X2	X3	X4
	1..10	1..10	1..10	1..10
FC	$X1 = 7$	1..4	1..10	1..10
PLA	$X1 = 7$	1..4	1..10	1..10
FLA	$X1 = 7$	1..4	1..10	1..10