

FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

7 Settembre 2021 – Tempo a disposizione: 2 h – Risultato: 32/32 punti

NOTA: Consegnare la soluzione tramite un singolo file (word, pdf oppure txt)

Esercizio 1 (6 punti)

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

1. Ogni numero è pari o dispari (OR esclusivo)
2. Tutti i numeri pari sono divisibili per due.
3. Tutti i numeri dispari non sono divisibili per due.
4. Due è un numero e non è dispari.

Si utilizzi la risoluzione per dimostrare che esiste almeno un numero divisibile per due. Si usino i seguenti predicati e costanti

divisibile (X, Y) X è divisibile per Y;

pari (X) X è pari;

dispari (X) X è dispari;

numero (X) X è un numero

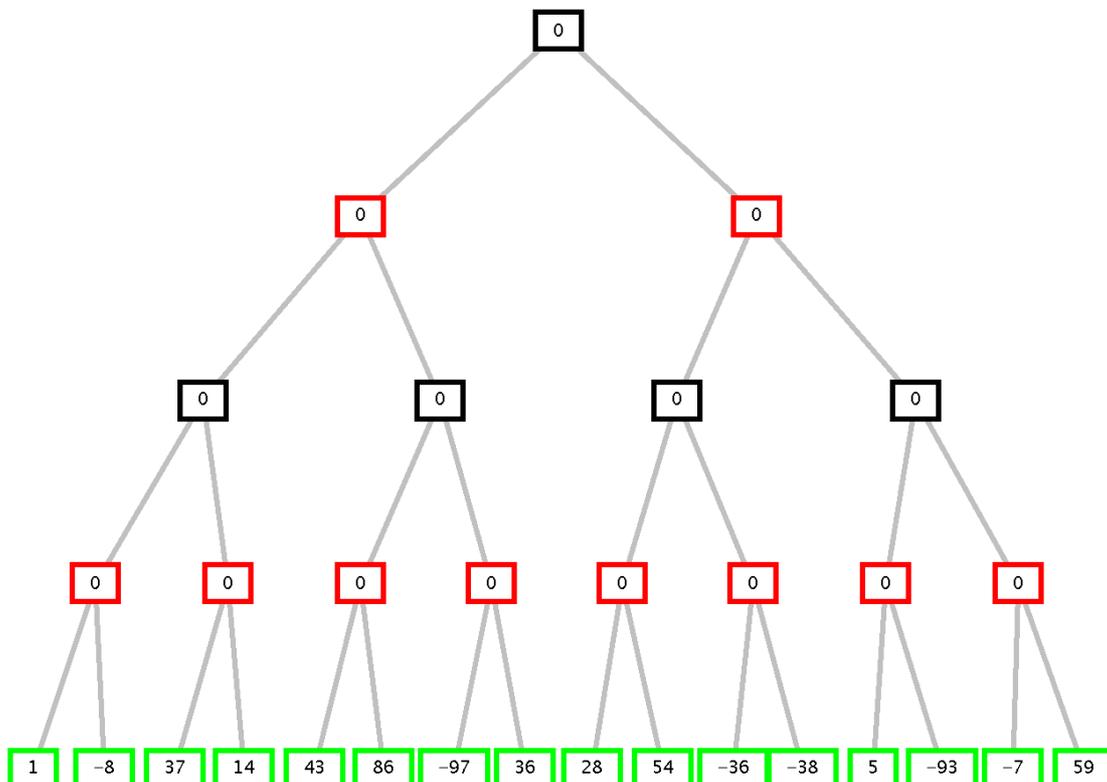
due costante **due**.

NOTA: Si riportano i simboli degli operatori e quantificatori in logica: $\forall \exists \wedge \vee \neg \rightarrow$

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 a1, o a2).
- b) Si mostrino poi i tagli che l'algoritmo alfa-beta consente indicando gli archi che verranno tagliati. Si indichino i nomi degli archi iniziando con la lettera "a" e facendola seguire con un numero crescente da sinistra a destra e dall'alto al basso. Ad esempio, i due archi che si dipartono dalla radice saranno nominati a1 (quello più a sinistra) e a2. L'arco che connette il nodo foglia più a sinistra (con valore 1) sarà denominato a15, mentre l'ultimo arco che connette il nodo foglia più a destra (valore 59) a30.



Esercizio 3 (5 punti)

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

A::[4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
 B::[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
 C::[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
 D::[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
 A>B-3
 C>B-5
 A=D+4

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 Remaining 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 realizzi un predicato Prolog `newList (L1, L2, N)` che data una lista di interi `L1` crei una nuova lista di interi `L2` in cui ogni numero elemento della lista di `L1` è:

- sostituito con 0 se minore di 1 o maggiore di 10;
- sostituito con 1 se ha valore 10;
- lasciato nella lista e fatto seguire da un nuovo elemento corrispondente al suo valore incrementato di `N` negli altri casi.

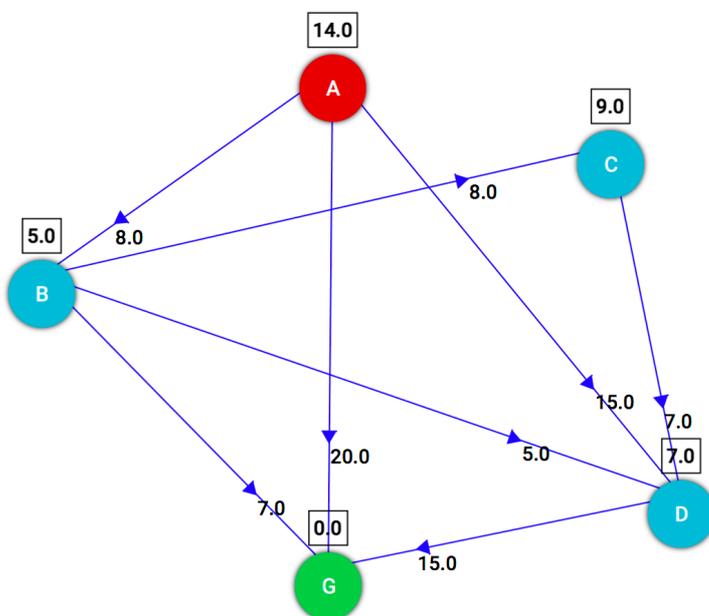
Di seguito si riporta qualche esempio di esecuzione Prolog:

```

?- newList([-5, 3, 8, 10, 0, 2, 11],Y,2).
Y = [0, 3, 5, 8, 10, 1, 0, 2, 4, 0]
?- newList([2,2,2],Y,1).
Y = [2,3,2,3,2,3]
?- newList([],Y,_).
Y = []
  
```

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 applichino la ricerca **A*** e **Best-first** su alberi (non tenendo quindi traccia dei nodi già visitati) e si indichino per ognuna delle due strategie:

- 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.

Esercizio 6 (4 punti)

Descrivere gli algoritmi di consistenza per un grafo CSP.

7 settembre 2021 - Soluzioni

Esercizio 1

Traduzione in predicati in logica del primo ordine:

1. $\forall X \text{ numero}(X) \rightarrow \text{pari}(X) \text{ XOR } \text{dispari}(X)$
 2. $\forall X \text{ numero}(X) \text{ AND } \text{pari}(X) \rightarrow \text{divisibile}(X, \text{due})$
 3. $\forall X \text{ numero}(X) \text{ AND } \text{dispari}(X) \rightarrow \text{NOT } \text{divisibile}(X, \text{due})$
 4. $\text{numero}(\text{due}) \text{ AND } \text{NOT } \text{dispari}(\text{due})$
- Goal $\exists X \text{ numero}(X) \text{ and } \text{divisibile}(X, \text{due})$.

Negazione del Goal:

- $\text{not}(\exists X \text{ numero}(X) \text{ and } \text{divisibile}(X, \text{due}))$
Equivalentea: $\forall X (\text{not } \text{numero}(X) \text{ or } \text{not } \text{divisibile}(X, \text{due}))$

Traduzione in clausole:

- 1a. $\text{not } \text{numero}(X) \text{ or } \text{pari}(X) \text{ or } \text{dispari}(X)$
- 1b. $\text{not } \text{numero}(X) \text{ or } \text{not } \text{pari}(X) \text{ or } \text{not } \text{dispari}(X)$
2. $\text{not } \text{numero}(X) \text{ or } \text{not } \text{pari}(X) \text{ or } \text{divisibile}(X, \text{due})$
3. $\text{not } \text{numero}(X) \text{ or } \text{not } \text{dispari}(X) \text{ or } \text{not } \text{divisibile}(X, \text{due})$
- 4a. $\text{numero}(\text{due})$
- 4b. $\text{NOT } \text{dispari}(\text{due})$

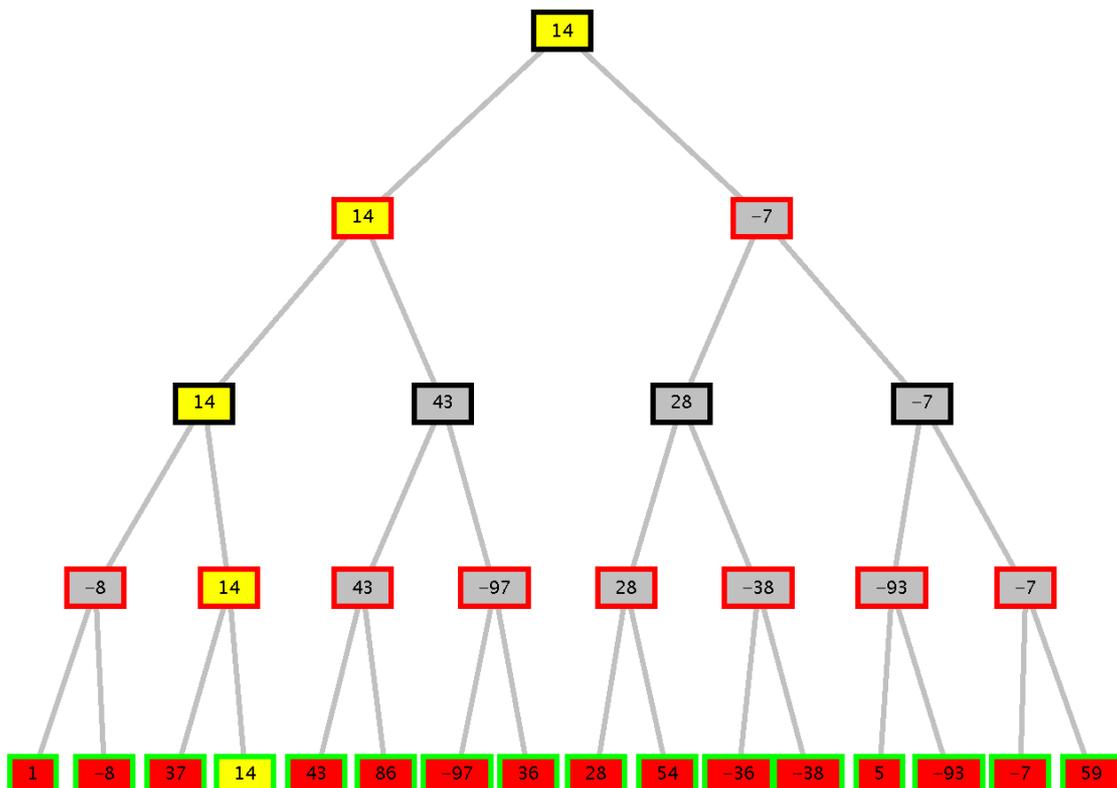
GNeg.: $\text{not } \text{numero}(X) \text{ or } \text{not } \text{divisibile}(X, \text{due})$

Risoluzione:

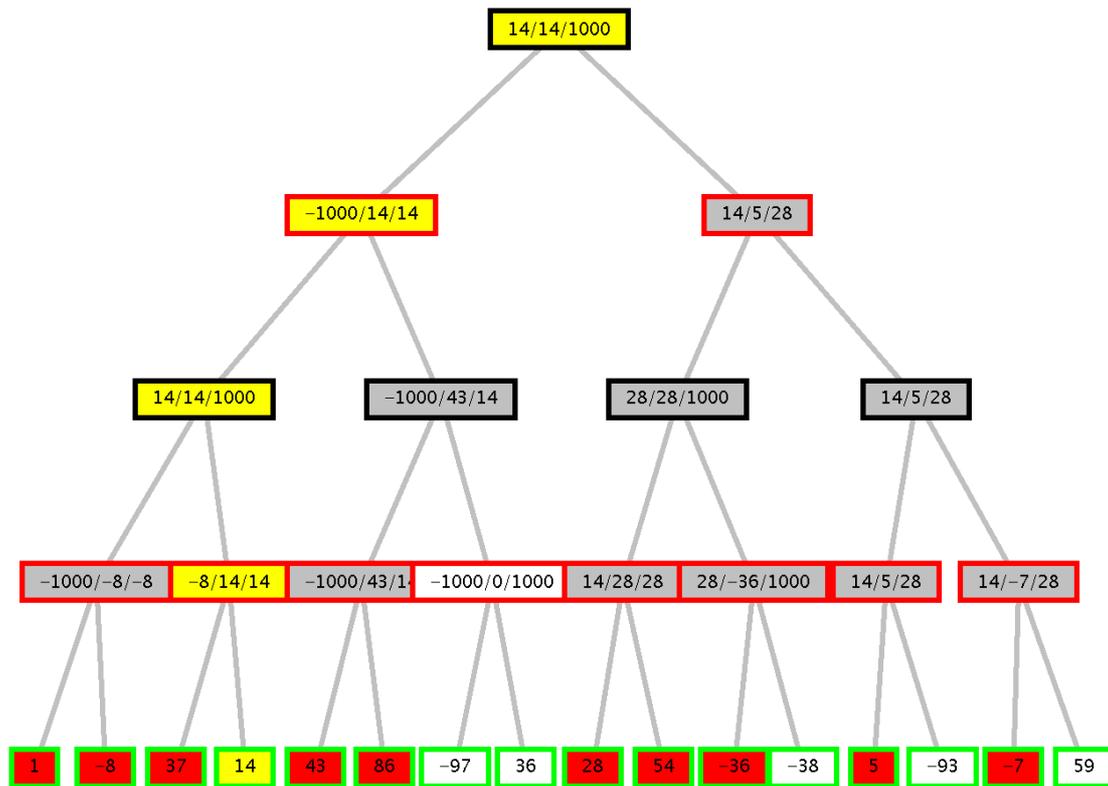
- 5: GNeg + 2. $\text{not } \text{numero}(X) \text{ or } \text{not } \text{pari}(X)$
- 6: 5 + 4a. $\text{not } \text{pari}(\text{due})$.
- 7: 6+1a. $\text{not } \text{numero}(\text{due}) \text{ or } \text{dispari}(\text{due})$.
- 8: 7 + 4a. $\text{dispari}(\text{due})$.
- 9: 8 + 4b. Contraddizione!!

Esercizio 2

Min-max: strada in giallo – valore nodo radice 14, ramo a1.



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, a26, a28, a30.
 Scelta per il ramo a1, valore propagato 14.

Esercizio 3

Con euristica MRV:

	A	B	C	D
Labeling	A=4	[1...10]	[1...10]	[1...10]
FC	A=4	[1..6]	[1...10]	[] Fail
Labeling	A=5	[1...10]	[1...10]	[1...10]
FC	A=5	[1..7]	[1...10]	[1]
Labeling	A=5	[1..7]	[1...10]	D=1
FC	A=5	[1..7]	[1..10]	D=1
Labeling	A=5	B=1	[1...10]	D=1
FC	A=5	B=1	[1..10]	D=1
Labeling	A=5	B=1	C=1	D=1
Soluzione	A=5	B=1	C=1	D=1

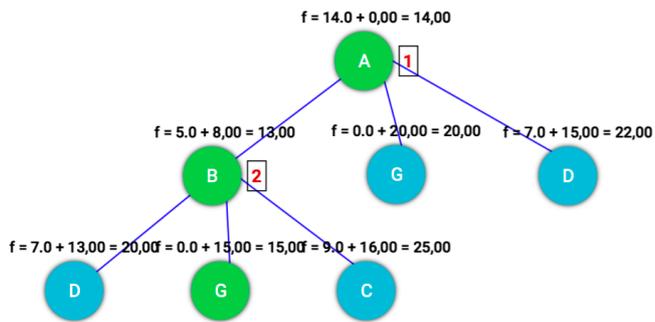
Esercizio 4

```

newList([], [], _) :- !.
newList([X|S], [0|S1], N) :- X < 1, !, newList(S, S1, N).
newList([X|S], [0|S1], N) :- X > 10, !, newList(S, S1, N).
newList([10|S], [1|S1], N) :- !, newList(S, S1, N).
newList([X|S], [X, Y|S1], N) :- Y is X + N, newList(S, S1, N).
    
```

Esercizio 5

Con A*, i nodi espansi sono ABG, la soluzione trovata ABG è ottimale perché l'euristica è ammissibile e il suo costo è 15:



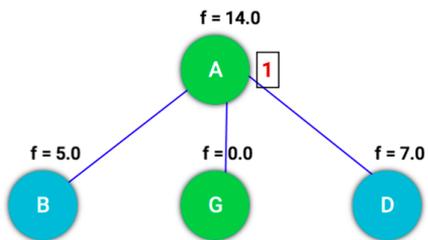
Operations

Show operations

- 1) A [$f = 14.0 + 0.00 = 14.00$]
- 2) B [$f = 5.0 + 8.00 = 13.00$]
- /) D [$f = 7.0 + 13.00 = 20.00$]
- /) G [$f = 0.0 + 15.00 = 15.00$]
- /) C [$f = 9.0 + 16.00 = 25.00$]
- /) G [$f = 0.0 + 20.00 = 20.00$]
- /) D [$f = 7.0 + 15.00 = 22.00$]

Path cost: 15.0
 Nodes expanded: 2
 Queue size: 4
 Max queue size: 5

Con ricerca Best-first i nodi espansi sono AG, la soluzione trovata AG e non è ottimale e il suo costo è 20:



Operations

Show operations

- 1) A [$f = 14.0$]
- /) B [$f = 5.0$]
- /) G [$f = 0.0$]
- /) D [$f = 7.0$]

Path cost: 20.0
 Nodes expanded: 1
 Queue size: 2
 Max queue size: 3

Esercizio 6

Si vedano le slide del corso.