

FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

21 gennaio 2021 – Tempo a disposizione: 2 h – Risultato: 32/32 punti

NOTA: Consegnare la soluzione tramite un singolo file, che lo studente avrà cura di nominare come:

CognomeNomeDataAI

Ad esempio:

RossiMario20210107AI

Esercizio 1 (7 punti)

Si traducano le seguenti frasi nella logica dei predicati del primo ordine, poi in forma a clausole:

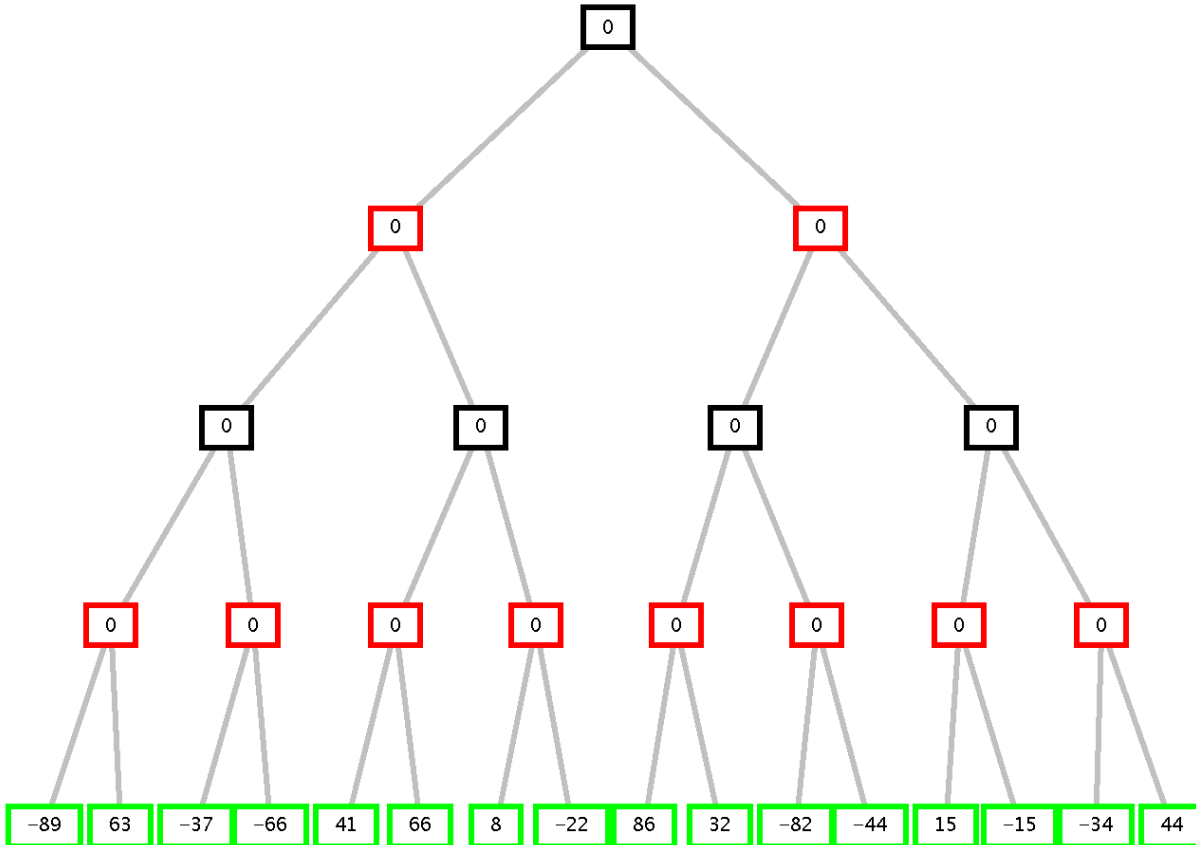
1. I numeri sono pari o dispari (or esclusivo)
2. Ogni numero pari è divisibile per 2.
3. 5 è un numero.
4. 5 non è divisibile per 2.
5. 2 è un numero.

Si usi poi il principio di risoluzione per dimostrare che *esiste almeno un numero dispari*.

Si usino a tal scopo i predicati **numero(X)**, **pari(X)**, **dispari(X)**, **divisibile(X,Y)** (X è divisibile per Y). Inoltre, si utilizzino i simboli costanti 5 e 2.

Esercizio 2 (4 punti)

Si consideri il seguente albero di gioco in cui il primo giocatore è MAX. 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. 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 -89) sarà denominato a15, mentre l'ultimo arco che connette il nodo foglia più a destra (valore 44) a30.



Esercizio 3 (5 punti)

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

A::[1, 2, 3, 4, 5, 6]

B::[1, 2, 3, 4, 5, 6]

C::[1, 2, 3, 4, 5, 6]

D::[1, 2, 3, 4, 5, 6]

$A \leq 10 - 5 * B$

$C = D * 3$

$B \geq D - 4$

Si applichi, durante la ricerca fino alla prima soluzione, il Forward Checking dopo ogni passo di labeling. Nella scelta della prossima variabile da istanziare scegliere in base all'ordine alfabetico dei nomi delle variabili, e per il labeling si considerino i valori di dominio in ordine crescente, partendo dal più piccolo.

Si mostri come si raggiunge la soluzione indicando ad ogni passo i valori della variabili via via istanziate (labeling), i domini delle variabili non ancora istanziate (eventualmente ridotti a causa del forward checking) e l'eventuale presenza di backtracking.

Esercizio 4 (5 punti)

Si scriva un predicato PROLOG:

listeSplit(L,B,L1,L2) che, data la lista di numeri interi L, e il numero intero B, produca in uscita due liste L1 e L2 costituite rispettivamente dagli elementi Y di L tali che $Y < B$ in L1 e $Y \geq B$ in L2.

Ad esempio:

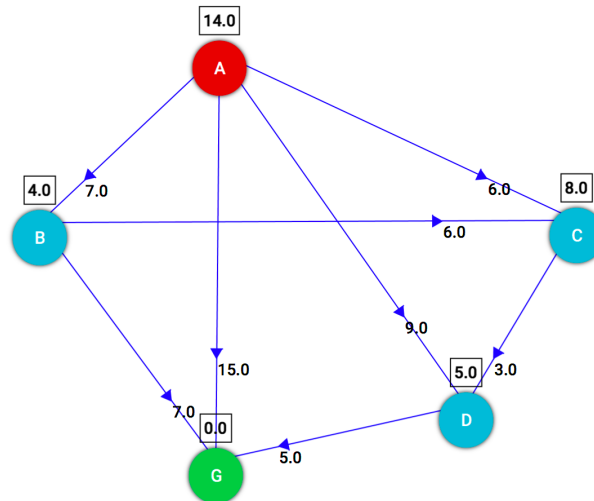
?- listeSplit([4,2,3,6],4, L1,L2).

L1= [2,3]

L2= [4,6]

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** (che non tiene traccia dei nodi già visitati) e si indichino i nomi dei nodi espansi nell'ordine di espansione. In caso di non-determinismo, si scelgano i nodi da espandere in base all'ordine alfabetico del loro nome. Si consideri come euristica $h(n)$ quella indicata nel quadrato a fianco di ogni nodo in figura. Nel caso si generino nodi già considerati questi verranno comunque espansi.
- Qual è il costo di cammino trovato per arrivare al goal G a partire dal nodo iniziale A?
- La soluzione trovata nel caso A* è ottimale? (motivare la risposta).

Esercizio 6 (4 punti)

Si introduca brevemente il metodo di ricerca ad approfondimento iterativo sottolineandone le caratteristiche. Se ne descriva poi sinteticamente l'algoritmo in pseudocodice.

Esercizio 1

1. $\forall X \text{ numero}(X) \rightarrow \text{pari}(X) \text{ xor } \text{dispari}(X).$
2. $\forall X \text{ numero}(X) \wedge \text{pari}(X) \rightarrow \text{divisibile}(X,2).$
3. $\text{numero}(5).$
4. $\neg \text{divisibile}(5,2).$
5. $\text{numero}(2).$

Goal: $\exists Y \text{ numero}(Y) \wedge \text{dispari}(Y).$

Trasformazione in clausole:

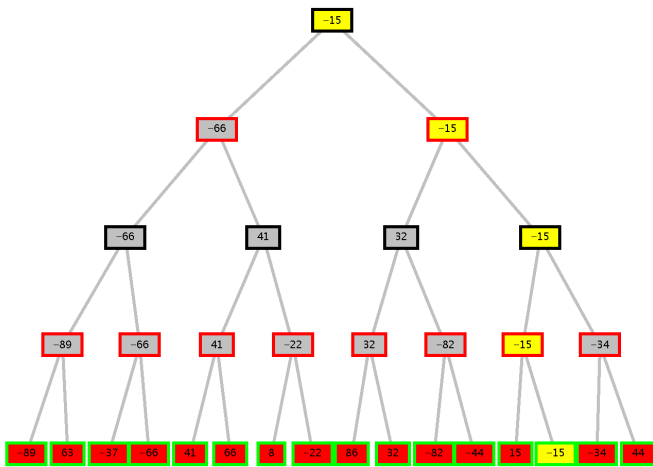
- C1a: $\neg \text{numero}(X) \vee \text{pari}(X) \vee \text{dispari}(X).$
 C1b: $\neg \text{numero}(X) \vee \neg \text{pari}(X) \vee \neg \text{dispari}(X).$
 C2: $\neg \text{numero}(X) \vee \neg \text{pari}(X) \vee \text{divisibile}(X,2).$
 C3: $\text{numero}(5).$
 C4: $\neg \text{divisibile}(5,2).$
 C5: $\text{numero}(2).$
 GNeg: $\neg \text{numero}(Y) \vee \neg \text{dispari}(Y).$

Applicando il Principio di Risoluzione:

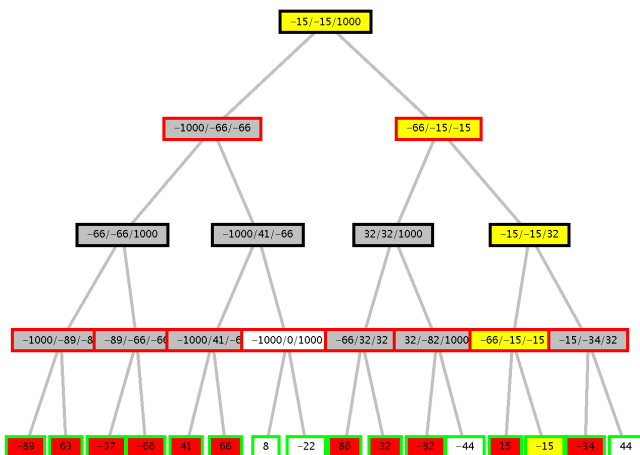
- C6: GNeg+C1a: $\neg \text{numero}(X) \vee \text{pari}(X)$
 C7: C6+C2 $\neg \text{numero}(X) \vee \text{divisibile}(X,2)$
 C8: C7+C4 $\neg \text{numero}(5)$
 C9: C8+C3. Clausola vuota, contraddizione!!!

Esercizio 2

Min-max:



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, a26, a30.

Scelta per il ramo a sinistra, valore propagato -15.

Esercizio 3

	A	B	C	D
Labeling	A=1	[1..6]	[1..6]	[1..6]
FC	A=1	[1]	[1..6]	[1..6]
Labeling	A=1	B=1	[1..6]	[1..6]
FC	A=1	B=1	[1..6]	[1..5]
Labeling	A=1	B=1	C=1	[1..5]
FC	A=1	B=1	C=1	Fail
Backtracking, e Labeling	A=1	B=1	C=2	[1..5]
FC	A=1	B=1	C=2	Fail
Backtracking, e Labeling	A=1	B=1	C=3	[1..5]
FC	A=1	B=1	C=3	[1]
Labeling	A=1	B=1	C=3	D=1

Soluzione: **A=1 B=1 C=3 D=1**

Esercizio 4

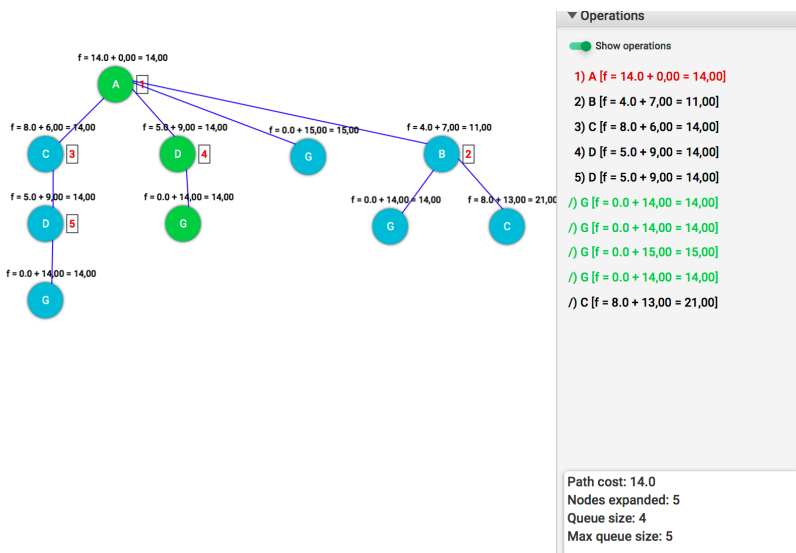
```

listeSplit([],_,[],[]).
listeSplit([H|T],B, [H|T1], L2):- H<B, !,listeSplit(T,B,T1, L2).
listeSplit([H|T],B, L1, [H|T2]):-listeSplit(T,B,L1, T2).

```

Esercizio 5

Con ricerca A*, data l'euristica che è ammissibile, si trova la soluzione ottimale:



Nodi espansi: ABCDD. Costo del cammino 14, soluzione ottimale (l'euristica h è ammissibile). Si noti che esistono più path possibili per arrivare alla soluzione con costo 14.

Esercizio 6

Si vedano le slide del corso.