

# Introduzione all'Intelligenza Artificiale – a.a. 2016/17

Prima prova intermedia

7 Aprile 2017

## PRIMA PARTE

### Domande (punti 7)

La risposta corretta alla maggior parte delle domande abilita la correzione della seconda parte.  
Fornire risposte brevi, entro una riga di testo.

1. La ricerca con Approfondimento Iterativo (ID) è completa? È ottimale? Che costo ha in spazio??  
[si, si,  $O(bd)$ ].  
Note: completa con fattore di ramificazione finito (ma questo vale per tutti gli algoritmi visti); ottimale quando costo cammino è funzione non decrescente della profondità del nodo (e.g. operatori tutti di stesso costo, come nello slide riassuntivo del confronto delle strategie).
2. A che strategia di ricerca corrisponde una Best First con  $f(n)=depth(n)$ ?  
[BF ossia Ricerca in ampiezza]  
Note: UC no. UC con costo = 1, ancora accettabile. GreedyBestFirst con  $h(n)=depth(n)$  decisamente NO,  $h$  deve essere una stima di distanza.
3. Definire la condizione di un'euristica *consistente*  
[[ $h(goal) = 0$ ]  $\forall n. h(n) \leq c(n, a, n') + h(n')$ ]
4. Quando l'euristica  $h_a$  domina  $h_b$  e quale è la più vantaggiosa?  
[[ $\forall n. h_b(n) \leq h_a(n)$ ]; quella più vantaggiosa è  $h_a$ ]  
Nota: si doveva dire precisamente cosa significa "domina".
5. In che cosa consiste la strategia di cancellazione delle clausole *sussunte* nel metodo di risoluzione?  
[Se A e B sono due clausole ed esiste una sostituzione  $\sigma$  tale che  $A\sigma \subseteq B$ , B è una clausola sussunta e può essere trascurata, in quanto "ricavabile" da A. Può essere cancellata senza perdere modelli.]
6. Come può essere usato il metodo di risoluzione per dimostrare che una formula  $\alpha$  è valida?  
[FC( $\neg\alpha$ )  $\vdash_{res}$  { }]  
Nota:  $KB \cup FC(\neg\alpha) \vdash_{res}$  { } non ha senso. Cosa è KB in questo caso?... e se KB contenesse "Oggi piove" e vi venisse chiesto se "Oggi piove" è valida, rispondereste di sì?  
Ricordate: *valida* = *vera* in tutti i modelli (non nei modelli di una particolare KB)
7. Che significa che la logica classica è monotona?  
[Che se  $KB \models \alpha$  necessariamente  $KB \cup \{\beta\} \models \alpha$ ]

## SECONDA PARTE

### Esercizio 1: Problema della raccolta dei bonus (Punti 10)

Il gioco consiste nel raccogliere **tutti** i bonus dispersi in una stanza (indicati con \$x) a partire da una posizione iniziale A e di guadagnare l'uscita in B minimizzando il cammino percorso. Ovviamente il percorso ottimo dipende dalle posizioni iniziali e finali e dalla disposizione dei bonus. Si assume completa osservabilità dell'ambiente. Una possibile istanza del problema con una possibile soluzione è quella illustrata in figura 1. La tabella 1 mostra le distanze tra le locazioni.

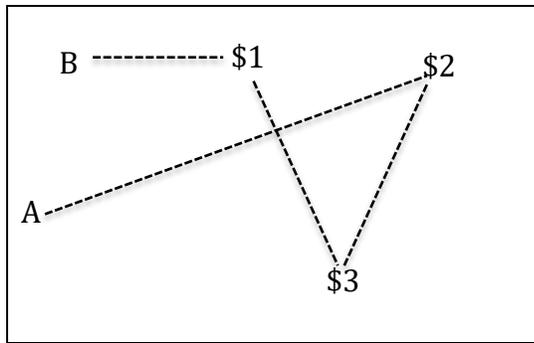


Figura 1

DA A	A	B	\$1	\$2	\$3
A	0	4	7	13	8
\$1	7	5	0	5	6
\$2	13	10	5	0	7
\$3	8	9	6	7	0

Tabella 1 (distanze)

- Si dia una formulazione del problema come un problema di ricerca in uno spazio di stati.  
*Suggerimento:* gli stati sono sequenze parziali di locazioni visitate senza ripetizioni e con B che può comparire solo nello stato goal.
- Si dia una euristica ammissibile per il problema.
- Si mostri come si comporta una ricerca  $A^*$  sull'istanza del problema in Figura 1 con la vostra euristica, sviluppando l'albero di ricerca. Si consideri come ordine delle mosse: A, \$1, \$2, \$3, B.
- Perché UC sarebbe meno efficiente di  $A^*$ ?
- Quale ordinamento delle mosse con ricerca in profondità ricorsiva consentirebbe di trovare la soluzione ottimale in questa istanza?

*Soluzione:*

- Formulazione del problema.

Stati: sequenze di locazioni senza ripetizioni

Stato iniziale:  $S_0 = [A]$

Stato goal:  $[A, \langle \text{permutazione delle locazioni dei bonus} \rangle, B]$

Azioni: spostarsi in una locazione non ancora visitata

Costo azione: distanza tra locazione corrente e destinazione come da tabella.

Stato successore S:  $S + [s']$  dove  $s'$  è una locazione non in S. Gli stati che terminano con B non hanno successori.

- Euristica ammissibile per il problema.

Distanza in linea d'aria dall'ultima locazione nella sequenza alla locazione finale di uscita. Se lo stato è:  $s = [A, \$x, \$y \dots \$z]$ ,  $h(s) = \text{Distanza}(\$z, B)$

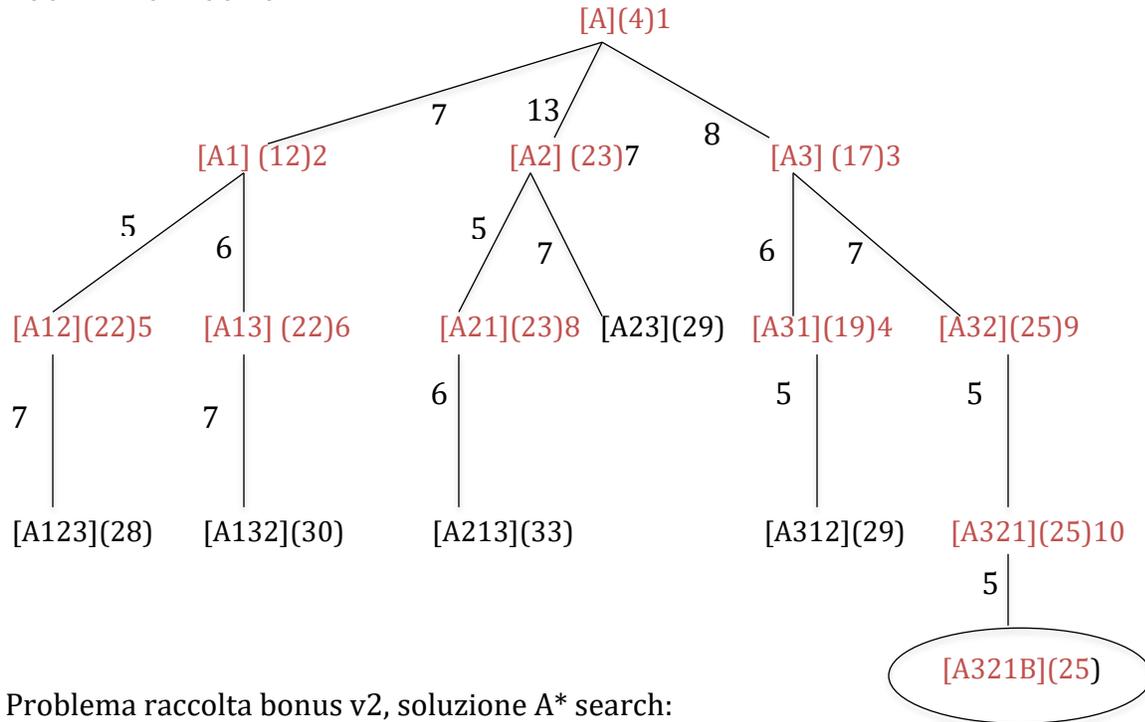
Altre euristiche proposte:

- Numero di locazioni ancora da visitare: NO, non è una stima di distanza, potrebbe anche sovrastimare se le distanze sono inferiori a 1.
- Numero di locazioni ancora da visitare moltiplicato per distanza minima tra locazioni. OK, più informata di quella semplice che abbiamo dato come soluzione.
- Locazione "più vicina": NO non è una stima di distanza, non è nemmeno un numero.

Ricordate: un'euristica non può essere un algoritmo o una strategia; deve essere una funzione, facile da calcolare, che dato uno stato restituisce un numero reale.

**c) Ricerca A\***

$H(S) = DLA(\text{last}(S), B)$



Problema raccolta bonus v2, soluzione A\* search:

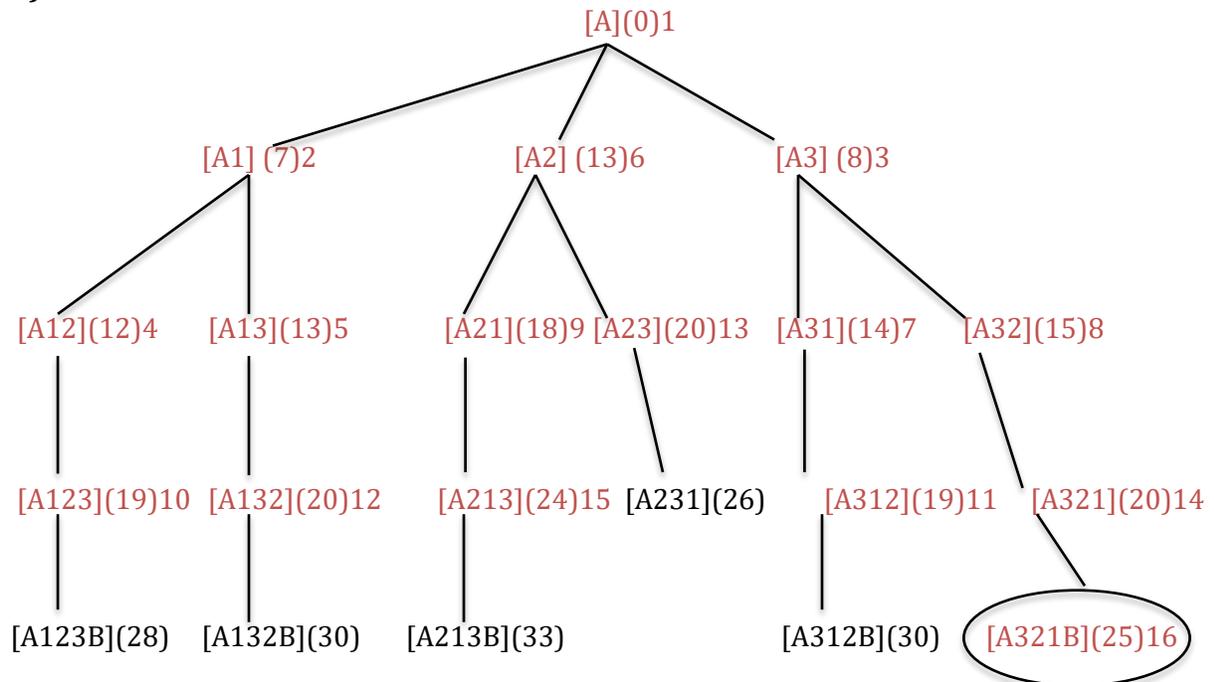
Lista delle azioni: ['A3', '32', '21', '1B']

Lista degli stati: ['A', 'A3', 'A32', 'A321', 'A321B']

Stati esplorati: ['A', 'A1', 'A3', 'A31', 'A12', 'A13', 'A2', 'A21', 'A32', 'A321']

Costo della soluzione: 25

**d) Ricerca di costo uniforme**

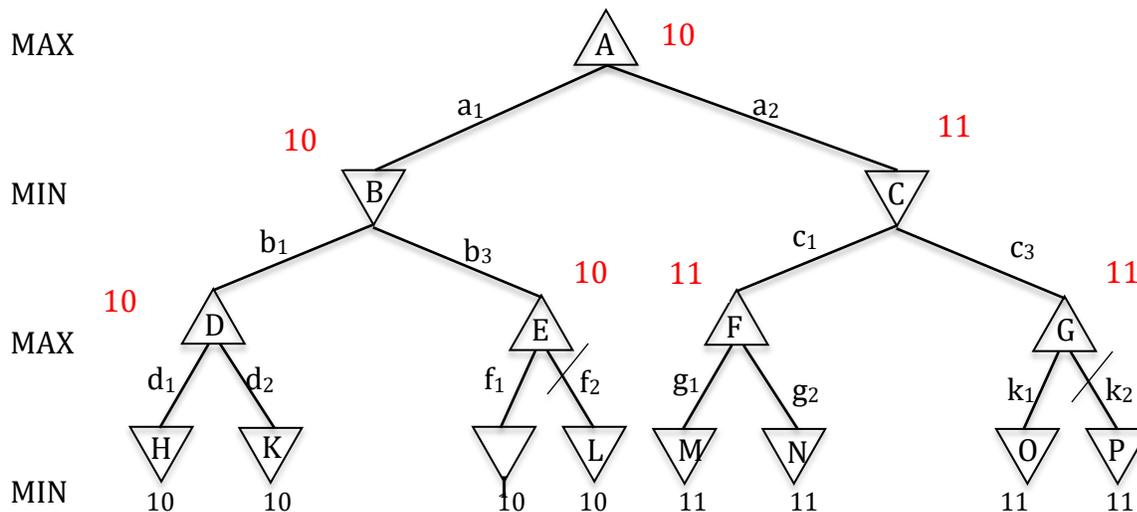


Dallo sviluppo dei due alberi di ricerca si vede chiaramente che UC espande più nodi di A\*. Questo è supportato anche in generale dalla teoria (vedi sotto).

Si poteva rispondere anche senza sviluppare l'albero di ricerca e più in generale, in base alla considerazione che UC è una Best-First con  $f=g$  e quindi con  $h=0$ . Essendo  $0 \leq h(s)$ , UC si comporta come una best-first che usa un'euristica meno informata e quindi espande un numero di nodi maggiore o uguale di un algoritmo A\* che usi una qualunque euristica ammissibile non banale.

e) A, \$3, \$2, \$1, B.

### Esercizio 2: Min-Max e Alfa-Beta (punti 5)



1. Qual è la valutazione minimax dei nodi e quale azione sceglierebbe di fare MAX secondo l'algoritmo Min-Max?
2. Quali nodi si potrebbe evitare di valutare con Alfa-Beta

Soluzione:

- a) Valutazione dei nodi intermedi in figura. La mossa scelta sarebbe la "a2".
- b) Nodi non visitati con alfa-beta sono L e P. I tagli sono entrambi tagli  $\beta$ .

### Esercizio 3: La virgola che fa la differenza (punti 10)

- a. Si formalizzino in logica del prim'ordine le seguenti frasi in linguaggio naturale:
  - A1. *Odio i film violenti, che mi disturbano.*
  - A2. *Odio i film violenti che mi disturbano.*
 Si noti che le due frasi, che differiscono per la presenza della virgola, hanno un significato diverso.
- b. Sapendo inoltre che
  - B1. *'Django' è un film diretto da Tarantino*
  - B2. *Tarantino ha diretto solo film violenti*
 formalizzare e dimostrare con il metodo di risoluzione che "Odio Django" è conseguenza logica

di una KB costituita da B1, B2 insieme con A1 oppure A2, scegliendo tra le due quella che vi sembra più utile per completare la dimostrazione.

c. Dire se con l'altra assunzione Odio(D) è conseguenza logica, motivando la risposta.

Nella formalizzazione si utilizzi il seguente vocabolario.

- Odio(x) : io odio x
- Violento(x): x è un film violento
- Disturba(x): x mi disturba
- Regista(x,y): x ha diretto y
- T : Tarantino
- D: il fim 'Django'

a) Formalizzazione

A1.  $\forall x \text{Violento}(x) \Rightarrow \text{Odio}(x) \wedge \text{Disturba}(x)$

- { $\neg \text{Violento}(x), \text{Odio}(x)$ }
- { $\neg \text{Violento}(y), \text{Disturba}(y)$ }

A2.  $\forall x \text{Violento}(x) \wedge \text{Disturba}(x) \Rightarrow \text{Odio}(x)$

- { $\neg \text{Violento}(z), \neg \text{Disturba}(z), \text{Odio}(z)$ }

b) Dimostrazione

B1. Regista(T, D)

- { Regista(T, D) }

B2.  $\forall y \text{Regista}(T, y) \Rightarrow \text{Violento}(y)$

- { $\neg \text{Regista}(T, w), \text{Violento}(w)$ }

Goal negato: { $\neg \text{Odio}(D)$ }

1. { $\neg \text{Violento}(x), \text{Odio}(x)$ }	1. { $\neg \text{Violento}(z), \neg \text{Disturba}(z), \text{Odio}(z)$ }
2. { $\neg \text{Violento}(y), \text{Disturba}(y)$ }	2. {Regista(T, D)}
3. {Regista(T, D)}	3. { $\neg \text{Regista}(T, w), \text{Violento}(w)$ }
4. { $\neg \text{Regista}(T, w), \text{Violento}(w)$ }	4. { $\neg \text{Odio}(D)$ }
5. { $\neg \text{Odio}(D)$ }	
6. { $\neg \text{Violento}(D)$ } [5, 1]	5. { $\neg \text{Violento}(D), \neg \text{Disturba}(D)$ } [4, 1]
7. { $\neg \text{Regista}(T, D)$ }	6. { $\neg \text{Regista}(T, D), \neg \text{Disturba}(D)$ } [5, 3]
8. { }	7. { $\neg \text{Disturba}(D)$ } [7, 2] <i>non riesco a procedere</i>

c) La colonna di destra usa la seconda assunzione che è troppo "debole" per ottenere la clausola vuota. In particolare non ho informazioni sul fatto che il film Django disturba. Mancando Disturba(D) non riesco a ricavare la contraddizione.