

Il esercizio

Nell'esercitazione ci concentreremo sugli esercizi con asterisco, ma lasciamo gli altri come esercizi.

Formulazione di Problemi 2

Navigazione di un robot 2 [](#)*

Scala di parole 2 [](#)*

La mappa della Romania rivisitata 2

Il cavallo 3

Confronto di euristiche ammissibili 4

Il mondo dei blocchi 4 [](#)*

Confronto di euristiche ammissibili basato su proprietà matematiche 5 [](#)*

Combinazione lineare di euristiche ammissibili 5 [](#)*

Algoritmo del percorso euristico 5

Giochi con avversario 6

Esempio di Min-Max e Alfa-Beta 6 [](#)*

Sistemi di soddisfacimento di vincoli (CSP) 6

Il puzzle della zebra 6 [](#)*

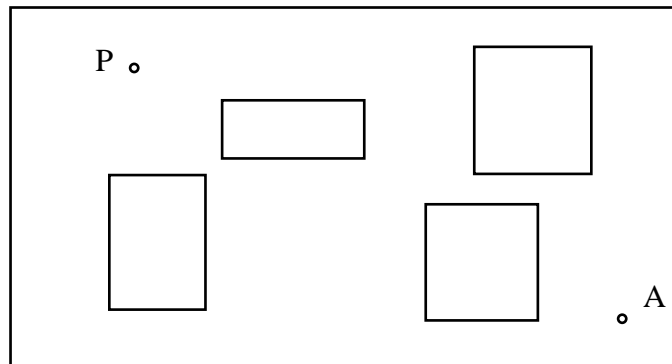
Etichettatura di grafo 7

Formulazione di Problemi

Navigazione di un robot

Si tratta di pianificare per il robot il percorso minimo tra due punti dati in una stanza popolata di ostacoli a forma di poligoni convessi del tipo di quella mostrata in figura. Il robot è dotato di un normale apparato percettivo e riesce a vedere gli ostacoli ma non gli oggetti che rispetto al suo punto di vista sono nascosti dagli ostacoli.

- Si dia una formulazione del problema come problema di ricerca in uno spazio di stati prestando attenzione alle dimensioni dello spazio di ricerca.
- Si definisca una euristica ammissibile da usare con un algoritmo A*.



Scala di parole

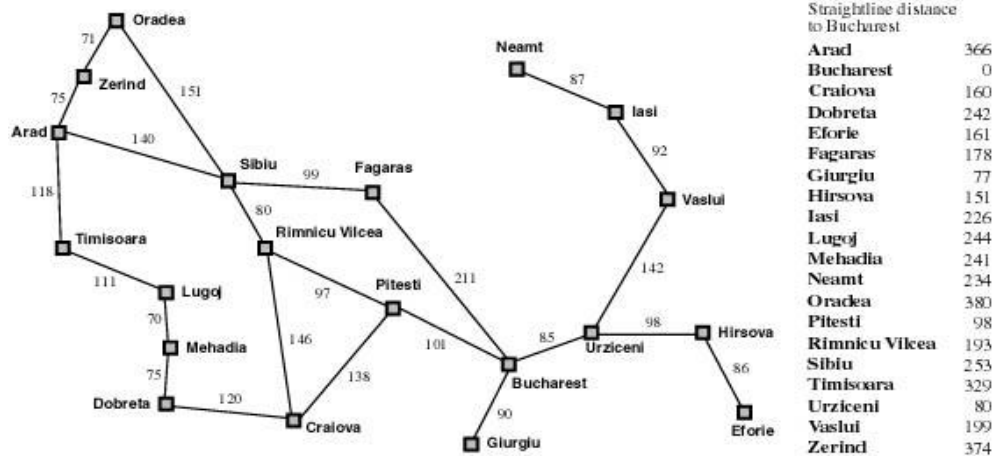
Una scala di parole, è una sequenza di parole significative (appartenenti al vocabolario italiano nel nostro caso) tale che ogni parola differisce dalla precedente esattamente per una lettera. Sia dato il problema di trovare una scala di parole, più breve possibile, che porta da una parola data ad un'altra, anch'essa data. Ad esempio, una scala da **auto** a **vita** potrebbe essere: **auto > muto > mito > dito > dita > vita**

- Si formuli il problema come un problema di ricerca in uno spazio di stati.
- Quale è la dimensione massima dello spazio di ricerca per parole di lunghezza k ? Dare una stima, anche approssimata, del fattore di diramazione relativamente all'esempio.
- Quale algoritmo di ricerca non informata usereste per ricercare una soluzione nello spazio degli stati? Discutere completezza, ottimalità, complessità della soluzione proposta.
- La ricerca bidirezionale sarebbe appropriata per questo problema?
- Si proponga un'euristica da usare con un algoritmo di ricerca informata. Si dica se l'euristica è ammissibile e se ne discuta la completezza e l'ottimalità.

La mappa della Romania rivisitata

Due amici vivono in città diverse su una mappa, come quella della Romania mostrata in figura. L'obiettivo dei due amici è incontrarsi il più presto possibile. Ad ogni passo ciascuno si sposta su una città collegata nella mappa. Il tempo necessario per spostarsi è pari alla lunghezza della strada, ma il primo che arriva a destinazione deve aspettare che anche l'altro arrivi (e lo chiami sul cellulare) prima di procedere verso la destinazione successiva.

- Si formuli il problema come un problema di ricerca: si definisca lo spazio di ricerca, la funzione successore, il goal e il costo delle azioni.



b. Se $DLA(i, j)$ è la distanza in linea d'aria tra due città i e j quali tra le seguenti euristiche sono ammissibili per uno stato (i, j) ?

- $h_1. DLA(i, j)$
- $h_2. 2 \times DLA(i, j)$
- $h_3. DLA(i, j)/2$

c. Ci sono mappe completamente connesse per cui non esiste soluzione?

Il cavallo

Supponiamo una scacchiera infinita ed un cavallo nella posizione iniziale (1,1). Sia data inoltre una posizione (m, n) di arrivo per il cavallo. Il problema consiste nello spostare il cavallo dalla posizione iniziale alla posizione di arrivo con il numero minimo di mosse legali (la figura 1 mostra le mosse legali per il cavallo in un caso particolare).

1. Si formuli il problema come un problema di ricerca in uno spazio di stati.
2. Si trovi una euristica ammissibile, il più possibile informata, per il problema.
3. Si trovi una soluzione tracciando l'andamento dell'algoritmo A* sull'istanza del problema in figura 2 (obiettivo in (5, 4)).

Fig 1

	1	2	3	4	5	6
1		X		X		
2	X				X	
3			C			
4	X				X	
5		X		X		
6						

Fig 2

	1	2	3	4	5	6
1	C					
2						
3						
4						
5				G		
6						

Confronto di euristiche ammissibili

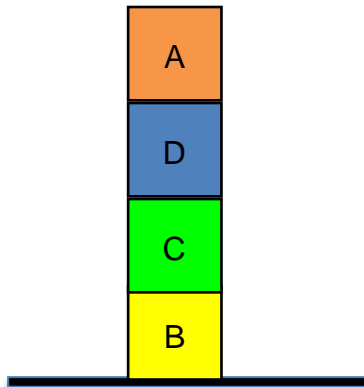
Il mondo dei blocchi

Il mondo dei blocchi è un micro-mondo classico per la ricerca in pianificazione.

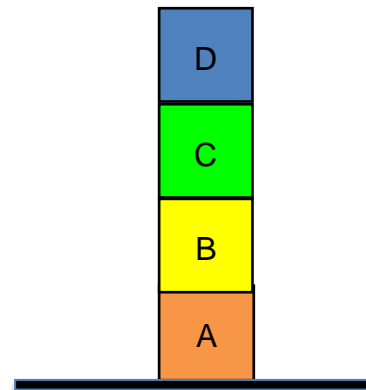
Data una certa configurazione iniziale dei blocchi su un tavolo, in cui i blocchi possono essere impilati l'uno sull'altro, si tratta di raggiungere una determinata configurazione obiettivo.

Azioni lecite: spostare un blocco alla volta dal tavolo sulla cima di un altro blocco, da un blocco a un altro blocco o da un blocco al tavolo. Per spostare un blocco è necessario che la superficie del blocco sia libera. Su ogni blocco c'è solo posto per un altro blocco, quindi anche il blocco di destinazione deve essere libero. Spostare sul tavolo è sempre possibile. Ogni mossa costa 1 e ci interessa trovare il piano con meno passi.

Stato iniziale



Stato goal



Euristiche ammissibili possibili? Discutiamo e confrontiamo quelle proposte.

H1 = numero dei blocchi appoggiati su blocco *sbagliato* (o stanno sul tavolo e alla fine no)

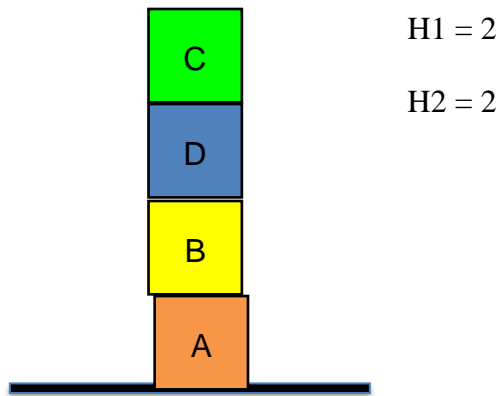
H2 = numero dei blocchi con torre di supporto (tutti i blocchi sotto) *sbagliata*

Nota: per “sbagliato” si intende che non è nella posizione che dovrebbe avere nello stato finale. Ci dà una misura della distanza dalla soluzione visto che dovranno essere compiute delle mosse per metterli a posto.

Nell'esempio precedente:

H1(stato iniziale) = 2 A, B sono sbagliati: A sta su B ma dovrebbe stare sul tavolo; B sta sul tavolo ma dovrebbe stare su A. D e C sono corretti. H1(goal)=0	H2(stato iniziale) = 4 Tutti sbagliati considerando la torre di supporto, perché nessuno ha tutta la torre sotto corretta. H2(goal)=0
---	---

Altro esempio (sempre rispetto allo stato goal)



Formalizzando le regole del gioco e rilassando uno o più vincoli si possono trovare altre euristiche ammissibili. La mossa è descritta da un insieme di vincoli:

1. Si può spostare **un blocco alla volta** (non torri di blocchi).
2. ... se la superficie superiore del blocco da spostare è **libera**.
3. ... se il blocco di destinazione è **libero** oppure la destinazione è il tavolo

Altre euristiche che potrebbero venire in mente, si discuta la loro ammissibilità. Ad esempio:

1. Numero di blocchi la cui altezza differisce dall'altezza finale.
2. Somma delle differenze in altezza.

Confronto di euristiche ammissibili basato su proprietà matematiche

Siano date due euristiche ammissibili: h_1 e h_2 . Quali delle seguenti euristiche sono ammissibili? Motivare le risposte.

- a. $h(s) = h_1(s) + h_2(s)$
- b. $h(s) = |h_1(s) - h_2(s)|$, dove $| \cdot |$ indica il valore assoluto
- c. $h(s) = \max(h_1(s), h_2(s)) - 2$
- d. $h(s) = 2h_1(s) + h_2(s)/2$
- e. $h(s) = (h_1(s) + h_2(s))/2$

Combinazione lineare di euristiche ammissibili

Questo caso merita un discorso a parte.

Sia h_1 l'euristica della somma delle distanze Manhattan di ogni numero dalla sua destinazione per il gioco dell'otto. Si consideri l'euristica $h_2 = 2 \cdot h_1 + 3$

- a. h_2 è una euristica ammissibile?
- b. Possiamo garantire che troverà una soluzione ottimale se usata con un algoritmo Best First?
- c. Se si è risposto SI alle prime due domande, la ricerca sarà più efficiente che con h_1 ?

Motivare le risposte.

Algoritmo del percorso euristico

L'algoritmo del **percorso euristico** è un algoritmo *best first* in cui la funzione di valutazione è

$$f(n) = (2 - w) g(n) + w h(n)$$

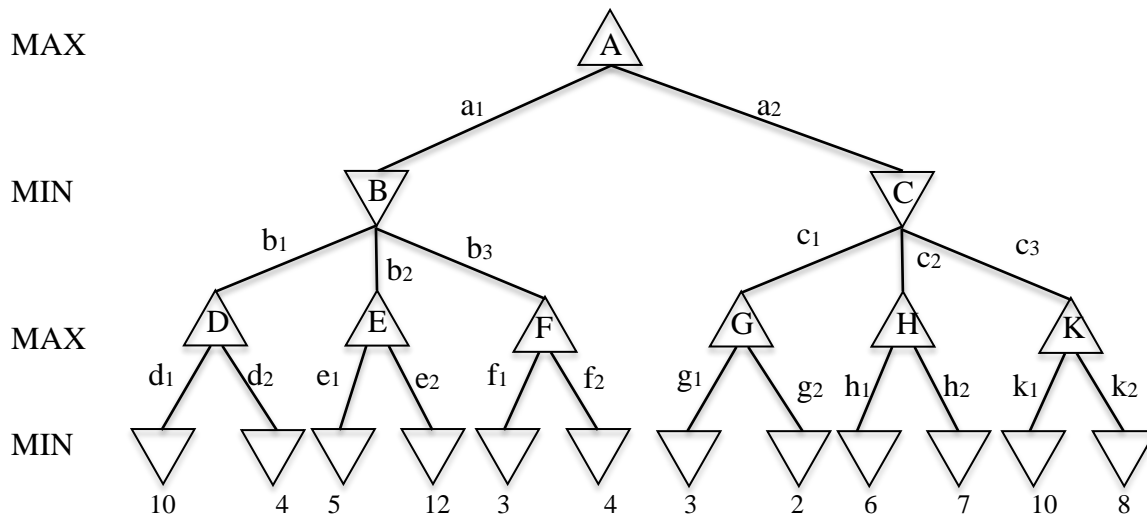
- a. Quale ricerca implementa l'algoritmo quando $w = 0$, $w = 1$ e $w = 2$?

- b. Per quali valori di w l'algoritmo è completo, assumendo che h sia una stima di distanza?
- c. Per quali valori di w l'algoritmo è ottimale, assumendo che h sia ammissibile?

Giochi con avversario

Esempio di Min-Max e Alfa-Beta

Sia dato il seguente albero di gioco con il valore della funzione di valutazione euristica riportata sulle foglie.



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.
3. Esiste un ordinamento delle mosse migliore che consente di valutare ancora meno nodi?

Sistemi di soddisfacimento di vincoli (CSP)

Il puzzle della zebra

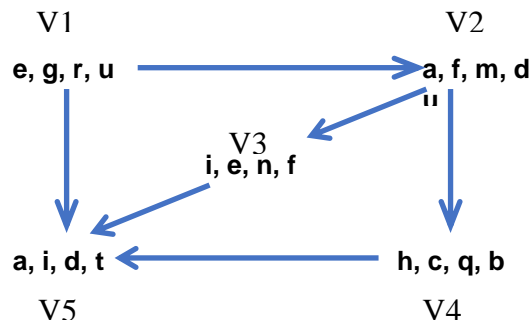
Si consideri il seguente puzzle logico (semplificazione del puzzle della Zebra di Einstein).

In tre case, ognuna di un colore diverso (bianca, rossa, gialla), vivono tre persone di nazionalità diverse (uno svizzero, un italiano e un greco), ognuna delle quali possiede un particolare (e distinto) animale (farfalle, serpente, gatto).

1. *Lo svizzero vive nella casa gialla.*
 2. *La prima casa è Bianca.*
 3. *C'è una casa tra la casa in cui vive il greco e quella più a sinistra in cui vive il serpente*
 4. *La persona nella seconda casa non sopporta i gatti.*
- a. Si formuli il puzzle come un problema di soddisfacimento di vincoli definendo le variabili, i loro domini e i vincoli tra le variabili.
 - b. Si cerchi di rispondere alla domanda “*Di che colore è la casa in cui vive il gatto e a chi appartiene?*”, applicando una delle strategie viste a lezione.
Ad esempio MRV+grado+FC

Etichettatura di grafo

Sia dato il problema di etichettare il grafo in modo che per ogni arco orientato l'etichetta del nodo sorgente preceda in ordine alfabetico l'etichetta del nodo destinazione. Sono date inizialmente un insieme di etichette possibili per ogni nodo, come nell'esempio.



Si imposti il problema come CSP e si risolva applicando Min-Conflicts.