

## Obiettivo

L'obiettivo di questo elaborato è quello di risolvere, con una buona approssimazione e in un tempo ragionevole, il problema del commesso viaggiatore attraverso l'utilizzo dell'algoritmo di ricerca A\*, facendo uso dell'euristica basata sul Minimum Spanning Tree.

## Descrizione del problema

Dato un insieme di città disposte in una griglia di dimensione unitaria, il problema consiste nel trovare il cammino di costo minimo che ci permette di visitare tutte le città una sola volta e di tornare alla città di partenza.

## Formalizzazione del problema

Si formalizza il problema rappresentando le città come coppie di interi, si genera il grafo completo calcolando la distanza euclidea tra le città e lo si memorizza con una matrice di adiacenza. Questo grafo è da non confondere con il grafo su cui poi si muoverà l'algoritmo di ricerca A\*.

Uno stato è composto da un insieme di città visitate e dalla città attuale. Si definisce lo stato iniziale del problema come lo stato in cui l'insieme delle città visitate è composto solo dalla città di partenza e la città attuale è quella di partenza. Si definisce lo stato goal del problema come lo stato in cui l'insieme delle città visitate corrisponde con l'intero insieme delle città presenti e la città attuale è quella di partenza.

Un nodo del grafo su cui si muove l'algoritmo di ricerca è composto da uno stato, da un riferimento al nodo padre e dal costo del cammino rappresentato dal quel nodo.

## Sviluppo della soluzione

L'algoritmo di ricerca A\* utilizza principalmente due strutture dati. La prima è una coda con priorità in cui vengono messi i nodi di frontiera, cioè quei nodi non ancora esaminati che sono il risultato dell'espansione di nodi già visitati. La seconda è un dizionario, che ha come chiavi gli stati e come valori i nodi, che ci dà indicazioni sugli stati che abbiamo già raggiunto e con quale costo li abbiamo raggiunti. La priorità con cui vengono presi ed esaminati i nodi dalla frontiera è la somma del costo del cammino rappresentato da quel nodo e dal valore assunto dalla funzione euristica in quel nodo.

La funzione euristica utilizzata in questo elaborato consiste nel trovare il minimum spanning tree che collega tutte le città non ancora visitate e calcolarne il costo, sommandoci poi il costo minimo che serve per andare dall'insieme delle città non visitate alla città iniziale.

Questa euristica è ammissibile poiché il minimum spanning tree è il collegamento con il minor costo possibile tra le città e dopo di che ci viene sommato il minor costo possibile per tornare alla città iniziale, infrangendo quindi anche le regole del problema stesso.

## Conclusioni

L'algoritmo è stato testato per la velocità con il numero delle città che va da 4 a 20, fissato il numero delle città si è risolto 20 problemi, in ognuno dei quali le città venivano generate in maniera random all'interno di una mappa di grandezza fissata 10x10, qui sotto è riportata la tabella con i tempi medi di esecuzione(1)

Ne è stata poi testata l'ottimalità con il numero delle città che va da 5 a 15, confrontando le soluzioni ottenute con le soluzioni esatte ricavate grazie alla libreria python-tsp

<https://pypi.org/project/python-tsp/>.

Fissato il numero delle città sono stati risolti 10 problemi diversi con le città generate in maniera randomica, qui sotto è riportata la tabella con i tassi di errore medio (2).

(1)

Number of cities	map size	Average Time(20 random runs)
4	10x10	0,000
5	10x10	0,000
6	10x10	0,001
7	10x10	0,002
8	10x10	0,004
9	10x10	0,016
10	10x10	0,034
11	10x10	0,052
12	10x10	0,220
13	10x10	0,377
14	10x10	0,314
15	10x10	1,551
16	10x10	2,699
17	10x10	7,086
18	10x10	11,141
19	10x10	28,542
20	10x10	42,671

(2)

Number of cities	Percentage error
5	2,20%
6	1,90%
7	2,10%
8	2,60%
9	2,40%
10	2,50%
11	2,30%
12	2,40%
13	2,50%
14	2,60%
15	2,90%