

Valutazione teorica

- Decidere la qualità di un' euristica a posteriori richiede un lavoro sperimentale
- È possibile adottare un approccio differente, che consenta la valutazione a priori?
- Nell' esempio precedente h_1 e h_2 sono ammissibili, cioè per ogni n , $h^*(n) \geq h_1(n)$ e $h^*(n) \geq h_2(n)$
- Inoltre $h_2(n) \geq h_1(n)$ per definizione
- Queste proprietà sono utili per la decisione?

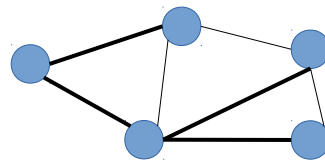
Euristiche dominanti

- Siano h_1 e h_2 due euristiche ammissibili tali che per ogni n $h_2(n) > h_1(n)$. Si dice che h_2 domina h_1 o anche che h_2 è più informata di h_1 perché approssima meglio h^*
- Un' euristica più informata permette ad A^* di giungere alla soluzione in modo più efficiente rispetto all' euristica meno informata
- Sia C^* il costo della soluzione ottima, A^* espande tutti i nodi con valore $f(n) < C^*$ (è un teorema che non dimostriamo), di qui, ricordando che $f(n) = g(n) + h(n)$, si deriva che:
 - Tutti i nodi con $h(n) < C^* - g(n)$ saranno espansi
 - C^* non dipende dall' euristica ma solo dal costo delle azioni, è costante
 - Poiché $h_2(n) > h_1(n)$, usando h_1 , A^* espanderà di sicuro almeno tutti i nodi che espande usando h_2

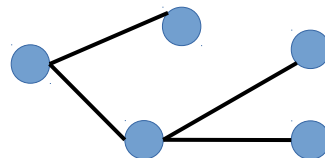
Nota: sul libro la dominanza è data col \geq ma strettamente parlando la maggiore efficienza si ottiene solo se $h_2 > h_1$

Costruzione di euristiche ammissibili

- **Problemi e problemi rilassati**: un problema ne rilassa un altro quando toglie qualche vincolo
- Il grafo degli stati di un problema rilassato è un **supergrafo** di quello del problema originario perché include transizioni che i vincoli di quest' ultimo non consentono (meno vincoli, più transizioni possibili)

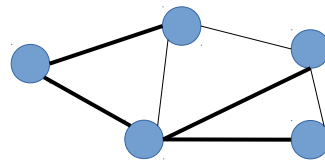


Supergrafo del problema rilassato

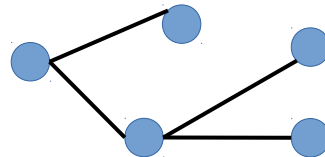


Grafo del problema

Costruzione di euristiche ammissibili



Supergrafo del problema rilassato



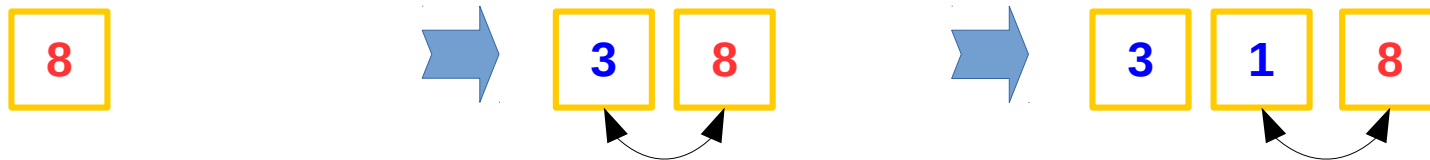
Grafo del problema

Poiché il supergrafo contiene il grafo del problema ed altri archi, contiene anche le soluzioni ottime al problema di nostro interesse

Il costo di una soluzione ottima al problema rilassato risulta essere un'euristica ammissibile per il problema di interesse

Esempio: gioco dell'8

- Una possibile versione rilassata consente di spostare le tessere anche in posizioni occupate, scambiando tessere



Rilassamenti automatici del problema dell'8

- Definiti i vincoli di un problema, è possibile costruire delle versioni rilassate automaticamente per astrazione, esempio:
 - Vincoli del problema dell' 8
 - Una tessera può spostarsi da A a B se (1) A e B sono adiacenti e (2) se B è vuota
 - Tre possibili rilassamenti del problema (rimozione di vincoli):
 - 1) Rimozione del vincolo (2):
una tessera può spostarsi da A a B se A è adiacente a B
 - 2) Rimozione del vincolo (1):
una tessera può spostarsi da A a B se B è vuota
 - 3) Rimozione di tutti i vincoli:
una tessera può spostarsi da A a B

ABSOLVER, 1993

- **Absolver II**(*) è un esempio di programma che è in grado di generare automaticamente euristiche ammissibili per astrazione:
 - Ha scoperto la prima euristica ammissibile per il cubo di Rubik
 - Ha scoperto un' euristica ammissibile per il problema dell' 8 che è migliore di quelle precedentemente proposte
- Gli studi sulla generazione di euristiche continua oggi soprattutto nell' area di planning (costruzione automatica di piani)

(*) Machine Discovery of Effective Admissible Heuristics, Armand E. Prieditis

Euristiche non dominanti

- Quando si riesce a identificare un **insieme di euristiche ammissibili**, nessuna delle quali risulta dominante sulle altre, è possibile costruirne una dominante in questo modo:
$$h(n) = \max\{h_1(n), h_2(n), \dots, h_k(n)\}$$
- l'euristica composta è ammissibile perché lo sono le euristiche che compone, è dominante su quelle composte per definizione
- Per ogni nodo viene restituita la valutazione più accurata

Alternativa: indurre euristiche

- Un approccio alternativo consiste nell' usare uno strumento per l' **apprendimento automatico**
- Molti di questi strumenti hanno un fondamento statistico e sono in grado di costruire della conoscenza da un insieme di esempi rappresentati da opportune feature (caratteristiche)
- Ogni stato viene arricchito delle feature scelte (es. numero di celle fuori posto, numero di vicini errati, ...)
- Vengono generati casualmente dei problemi, che vengono risolti collezionando i dati (stati e loro caratterizzazioni + costo per raggiungere la soluzione)
- Viene applicato agli esempi un metodo di apprendimento per induzione che estrae un' euristica