Ricerca locale

Cap 4 – *Oltre la ricerca classica*

Maria Simi
2012-2013

Assunzioni fatte

- Gli agenti *risolutori di problemi* "classici" assumono:
  - Ambienti completamente osservabili
  - Ambienti deterministici
  - il piano generato è una sequenza di azioni che può essere generato *offline* e eseguito senza imprevisti

Verso ambienti più realistici

- La ricerca sistematica o euristica nello spazio di stati è troppo costosa
  - Metodi di ricerca locale
- Assunzioni da riconsiderare
  - Azioni non deterministiche e ambiente parzialmente osservabile
    - Piani condizionali, ricerca AND-OR, stati credenza
  - Ambienti sconosciuti e problemi di esplorazione
    - Ricerca online

Assunzioni sui problemi

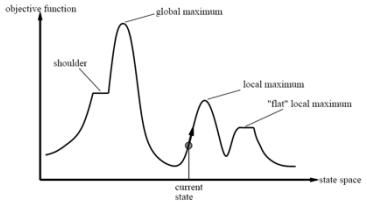
- Gli algoritmi visti esplorano gli spazi di ricerca alla ricerca di un goal e restituiscono un *cammino soluzione*
- Ma a volte lo stato goal è la soluzione del problema.
- Gli algoritmi di *ricerca locale* sono adatti per problemi in cui:
  - La sequenza di azioni non è importante: quello che conta è unicamente lo stato goal
  - Tutti gli elementi della soluzione sono nello stato ma alcuni vincoli sono violati.

    Es. le regine nella formulazione a stato completo

Algoritmi di ricerca locale

- Non sono sistematici
- Tengono traccia solo dello nodo corrente e si spostano su nodi adiacenti
- Non tengono traccia dei cammini
- Efficienti in occupazione di memoria
- Utili per risolvere problemi di ottimizzazione
  - *lo stato migliore secondo una funzione obiettivo*
  - *lo stato di costo minore*

Panorama dello spazio degli stati



- Uno stato ha una posizione sulla superficie e una altezza che corrisponde al valore della f. di valutazione
- Un algoritmo provoca movimento sulla superficie
- Trovare l'avvallamento più basso o il picco più alto

Ricerca in salita (*Hill climbing*)

- Ricerca locale *greedy*
- Vengono generati i successori e valutati; viene scelto un nodo che migliora la valutazione dello stato attuale (non si tiene traccia degli altri):
  - il migliore (salita rapida) ➔ Hill climbing a salita rapida
  - uno a caso ➔ Hill climbing stocastico
  - il primo ➔ Hill climbing con prima scelta
- Se non ci sono stati successori migliori l'algoritmo termina con fallimento

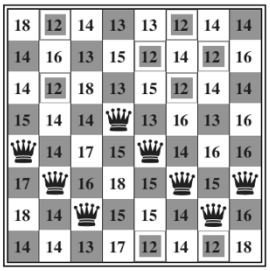
L'algoritmo Hill climbing

function Hill-climbing (*problema)*
  returns uno stato che è un massimo locale
  nodo-corrente = CreaNodo(*problema*.Stato-iniziale)
  loop do
    vicino = il successore di *nodo-corrente* di valore più alto
    if *vicino*.Valore ≤ *nodo-corrente*.Valore **then**
      return *nodo-corrente*.Stato // interrompe la ricerca
    nodo-corrente = *vicino*

- Nota: si prosegue solo se il vicino è migliore dello stato corrente

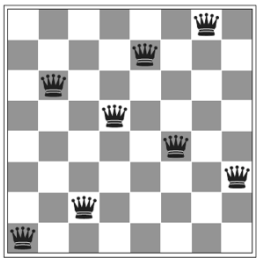
Il problema delle 8 regine

- *h: numero di coppie di regine che si attaccano a vicenda* (valore 17)
- I numeri sono i valori dei successori (7x8)
- Tra i migliori (valore 12) si sceglie a caso



Un massimo locale

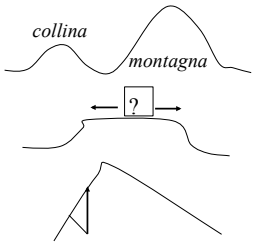
- $h = 1$
- Tutti gli stati successori peggiorano la situazione
- Per le 8 regine Hill-climbing si blocca l'86% delle volte
- In media 4 passi



Problemi con Hill-climbing

Se la f. è da ottimizzare i picchi sono massimi locali o soluzioni ottimali

- Massimi locali
- Pianori o spalle
- Crinali (o creste)



Miglioramenti

1. Consentire un numero limitato di mosse *laterali*
   - L'algoritmo sulle 8 regine ha successo nel 94%, ma impiega in media 21 passi
2. Hill-climbing stocastico: si sceglie a caso tra le mosse in salita (magari tenendo conto della pendenza)
   - converge più lentamente ma a volte trova soluzioni migliori
3. Hill-climbing con prima scelta
   - può generare le mosse a caso fino a trovarne una migliore
   - più efficace quando i successori sono molti

Miglioramenti (cont.)

4. Hill-Climbing con *riavvio casuale* (*random restart*): ripartire da un punto scelto a caso
   - Se la probabilità di successo è *p* saranno necessarie in media 1/p ripartenze per trovare la soluzione (es. 8 regine, *p*=0.14, 7 iterazioni)
   - Hill-climbing con random-restart è tendenzialmente completo (basta insistere)
   - Per le regine: 3 milioni in meno di un minuto!
   - Se funziona o no dipende molto dalla forma del panorama degli stati

Tempra simulata

- L' algoritmo di tempra simulata (Simulated annealing) [Kirkpatrick, Gelatt, Vecchi 1983] combina hill-climbing con una scelta stocastica (ma non del tutto casuale, perché poco efficiente…)
- Analogia con il processo di tempra dei metalli in metallurgia

Tempra simulata

- Ad ogni passo si sceglie un successore a caso:
  - se migliora lo stato corrente viene espanso
  - se no (caso in cui $\Delta E = f(n') - f(n) < 0$) quel nodo viene scelto con probabilità $p = e^{\Delta E/T}$ $[0 \le p \le 1]$

  [Si genera un numero casuale tra 0 e 1: se questo è < p il successore viene scelto, altrimenti no]
  - p è inversamente proporzionale al peggioramento
  - T descresce col progredire dell'algoritmo (quindi anche *p*) secondo un piano definito

Tempra simulata: analisi

- La probabilità di una mossa in discesa diminuisce col tempo e l'algoritmo si comporta sempre di più come Hill Climbing.
- Se T viene decrementato abbastanza lentamente siamo sicuri di raggiungere la soluzione ottimale.
- Analogia col processo di tempra dei metalli
  - T corrisponde alla temperatura
  - ΔE alla variazione di energia

Tempra simulata: parametri

- Valore iniziale e decremento di T sono parametri.
- Valori per T determinati sperimentalmente: il valore iniziale di T è tale che per valori medi di ΔE, $p = e^{\Delta E/T}$ sia all'incirca 0.5

Ricerca *local beam*

- Si tiene traccia di *k* stati anziché uno solo
- Ad ogni passo si generano i successori di tutti i *k* stati
  - Se si trova un goal ci si ferma
  - Altrimenti si prosegue con i *k* migliori tra questi

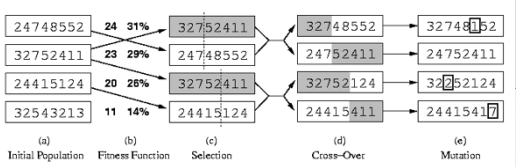
Beam search stocastica

- Nella variante stocastica della *local beam*, si scelgono *k* successori a caso con probabilità maggiore per i migliori.
- … come in un processo di selezione naturale
  - *organismo, progenie, fitness*
- Algoritmi genetici: varianti della beam search stocastica in cui gli stati successori sono ottenuti combinando due stati padre (anziché per evoluzione)

Algoritmi genetici (AG)

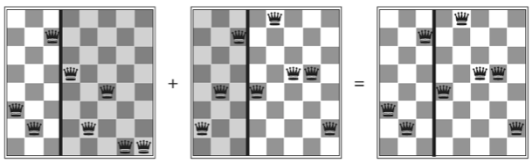
- Popolazione iniziale: *k* stati/individui generati casualmente
- Ogni individuo è rappresentato come una stringa
  - Esempio: 24 bit o "24748552" stato delle 8 regine
- Gli individui sono valutati da una funzione di *fitness*
  - Esempio: n. di coppie di regine che non si attaccano
- Si selezionano gli individui per gli "accoppiamenti" con una probabilità proporzionale alla fitness
- Le coppie danno vita alla generazione successiva, che dovrebbe essere migliore

Esempio



- Per ogni coppia viene scelto un punto di *cross-over* e vengono generati due figli scambiandosi pezzi
- Viene infine effettuata una *mutazione* casuale che dà luogo alla prossima generazione.

Nascita di un figlio



- Le parti chiare sono passate al figlio
- Le parti grigie si perdono
- Se i genitori sono molto diversi anche i nuovi stati sono diversi

Algoritmi genetici

- Suggestivi
- Usati in problemi reali di configurazione di circuiti e scheduling di lavori
- L' analisi teorica non da risposte chiare su quando possono essere efficaci