

Alessandro Bollini
bollini@vision.unipv.it

Dipartimento di Informatica e Sistemistica
Università di Pavia
Via Ferrata, 1
27100 Pavia

Algoritmi Evolutivi



Obiettivi

- + introduzione al calcolo evolutivo
 - concetti generali
 - motivazioni ed evoluzione storica
- + approfondimento di algoritmi genetici e programmazione genetica
 - modelli teorici di base
 - esercitazioni su esempi didattici
- problematiche operative
- tecniche avanzate

Riferimenti

■ articoli

- J. H. Holland. Genetic Algorithms. Scientific American, 267(1):66-72 (Intl. :44-50), July 1992
- M. O'Neill e C. Ryan. Grammatical Evolution. IEEE Transactions On Evolutionary Computation, 5(4):349-358, August 2001

■ siti

- GP Notebook
www.geneticprogramming.com
- EvoNet
evonet.dcs.napier.ac.uk
- GA/GP Bibliography
www.ira.uka.de/bibliography/Ai/genetic.algorithms.html
www.ira.uka.de/bibliography/Ai/genetic.programming.html

Un problema di esempio

- massimizzazione della resa di un impianto chimico
- elementi di difficoltà
 - molte variabili di controllo
 - variabili di controllo discrete
 - fonti di rumore
 - interazioni non-lineari
 - tempi di reazione lunghi e ritardi

Come procedere?

- ottimizzazione analitica
 - modello diretto difficile da definire
 - probabile mancanza di informazione sul gradiente della resa in funzione delle variabili di controllo
 - spazio di ricerca discreto e discontinuo
- ricerca stocastica, con eventuale adattamento euristico
 - è relativamente facile valutare *a posteriori* la resa di un'impostazione
 - lo spazio di ricerca è però molto vasto

Tentativi ed errori

- fino all'identificazione di una soluzione accettabile (o all'esaurimento delle risorse disponibili...):
 - definizione di una soluzione casuale
 - valutazione della soluzione
 - adozione della soluzione migliore

Massimo gradiente

- definizione di una soluzione iniziale casuale
- fino all'identificazione di una soluzione accettabile:
 - generazione di una nuova soluzione come perturbazione della soluzione corrente
 - valutazione della nuova soluzione
 - adozione della nuova soluzione come nuovo punto di partenza, a condizione che migliori la precedente

Adattamento euristico

- la generazione di nuove soluzioni può essere effettuata applicando regole generali derivate dalla conoscenza empirica del dominio applicativo
- eventualmente sulla base delle soluzioni già esaminate, tenendo conto delle loro effettive prestazioni

Come allocare i tentativi?

- la ricerca per tentativi non sfrutta tutta l'informazione già acquisita
- la ricerca per gradiente limita drasticamente l'esplorazione dello spazio di ricerca e soffre del problema dei minimi locali
- eventuali euristiche di adattamento possono migliorare le prestazioni al costo di limitare lo spazio delle possibili soluzioni
- esiste una strategia ottimale per risolvere questo conflitto?

L'ipotesi evolutiva

- gli organismi biologici affrontano problemi di adattamento al proprio ambiente con notevoli punti di contatto con la classe di problemi considerati
- operano con discreto successo e non sembrano soffrire dei problemi di allocazione descritti
- potrebbe essere possibile definire algoritmi di adattamento ispirati ad un modello dell'evoluzione biologica

Algoritmi evolutivi

- nome generico di una famiglia di algoritmi di ricerca, ottimizzazione e adattamento
- generalmente iterativi, paralleli e stocastici
- basati su modelli computazionali dei meccanismi dell'evoluzione biologica
 - popolazione
 - genotipo, fenotipo
 - fitness, selezione

Algoritmo generalizzato

- **inizializzazione della popolazione**
 - creazione dei genotipi iniziali
- **fino all'identificazione di un individuo ottimo (o almeno accettabile...)**
 - espressione dei genotipi
 - valutazione dei fenotipi
 - selezione degli individui ammessi alla riproduzione sulla base dell'adattamento
 - creazione della successiva popolazione

Motivazioni teoriche

- possibilità di studiare in un modello semplificato e facilmente manipolabile le dinamiche dei processi evolutivi biologici
- possibilità di creare modelli di fenomeni complessi e non-lineari sulla base delle osservazioni empiriche

Motivazioni pragmatiche

- possibilità di affrontare problemi di identificazione, ottimizzazione e ricerca di cui non sia nota la dinamica diretta
- possibilità di affrontare problemi difficilmente affrontabili con mezzi analitici a causa di non-linearità, discretizzazioni, vincoli e discontinuità
- parallelizzabilità

Linee di sviluppo

- modelli dell'adattamento (1950-60)
- strumenti di ottimizzazione (1960-70)
- strumenti di analisi euristica (1980-90)
- calcolo evolutivo (1990-)

Modelli dell'adattamento

- definizione di modelli matematici dei fenomeni di adattamento biologico
 - algoritmi genetici (Holland, ~1960)
 - classificatori (Holland, ~1970)

Metafora biologica

- popolazione di individui che si adatta alle caratteristiche di un ambiente
- sviluppo di un fenotipo, tramite espressione di un genotipo
- interazione con l'ambiente e valutazione dell'adattamento (*fitness*)
- riproduzione asessuata o sessuata, tramite operatori genetici
- selezione degli individui maggiormente adattati

Strumenti di ottimizzazione

- creazione di strumenti per la soluzione di problemi tecnologici
 - programmazione evolutiva (Fogel, 1960)
 - strategie evolutive (Rechenberg, 1973; Schwefel, 1977)

Metafora funzionale

- insieme di punti sulla superficie di una funzione di costo
- definizione di una soluzione, sulla base di un insieme di parametri
- valutazione della funzione di costo
- generazione di soluzioni perturbate
- aggiornamento dell'insieme di ricerca corrente

Strumenti di analisi euristica

- creazione di strumenti per l'identificazione di strategie di risoluzione di un problema
 - programmazione genetica (Cramer, 1985; Koza, 1989)
 - evoluzione grammaticale (O'Neill e Ryan, 1998)

Metafora computazionale

- insieme di punti in uno spazio di programmi
- definizione di una classe di soluzioni, in termini di un programma che definisce una strategia risolutiva
- valutazione di una funzione di efficienza
- generazione di soluzioni alterate ed ibridizzate
- aggiornamento dell'insieme di ricerca corrente

Sintesi

adattamento

*algoritmi
genetici*

classificatori

euristica

*programmazione
genetica*

*evoluzione
grammaticale*

ottimizzazione

*programmazione
evolutiva*

*strategie
evolutive*

calcolo evolutivo

Limiti

- Stocasticità, non provabilità dell'ottimo.
- Dinamica mal compresa e conseguenti difficoltà nella configurazione degli esperimenti.
- Scarsa scalabilità.

Conclusioni

- Esiste un ampio spettro di soluzioni algoritmiche accomunate dalla metafora evolutiva.
- Sviluppate sulla base di motivazioni teoriche e pragmatiche.
- In rapida evoluzione nonostante alcuni limiti, grazie alla flessibilità operativa ed a notevoli vantaggi in applicazioni di nicchia difficilmente affrontabili con mezzi analitici.