

*‘Algoritmi Genetici con applicazioni ai giochi
ed ai problemi di ottimizzazione’.*

Candidato
Daniele Rampoldi

Relatore
Prof. Stuart Coles

Gli Algoritmi Genetici sono una famiglia di tecniche di ottimizzazione che si ispira alla teoria della selezione naturale di Charles Darwin che regola l'evoluzione biologica.

I **sistemi biologici** esibiscono un alto grado di robustezza ed efficienza nel risolvere una vasta serie di problemi essenziali per la loro sopravvivenza, ma, al contrario dei sistemi artificiali creati dall'uomo, essi non sono il frutto di un disegno progettuale, bensì sono il risultato di un processo evolutivo basato sulla riproduzione selettiva degli individui migliori, sulla ricombinazione genetica dei loro cromosomi e su alcune mutazioni casuali.

Anche se l'esatto funzionamento dei meccanismi evolutivi è ancora oggetto di discussione, vi è un generale accordo su alcuni principi di base che contraddistinguono lo sviluppo filogenetico degli organismi viventi:

- l'evoluzione naturale opera sui cromosomi degli individui invece che sugli individui stessi, ovvero su di una codifica genetica (il 'genotipo') delle caratteristiche fisiche dell'organismo (il 'fenotipo');
- il processo di selezione naturale favorisce la riproduzione generazionale dei cromosomi che hanno dato luogo agli organismi più efficienti dal punto di vista adattativo: è questo il momento in cui il fenotipo esercita una influenza sul genotipo;
- i meccanismi biologici della riproduzione costituiscono il cuore del processo evolutivo: la combinazione dei codici genetici dei due genitori e l'introduzione di piccole mutazioni casuali dà luogo alla creazione di nuove

strutture genetiche la cui bontà adattiva (e di conseguenza la probabilità di riproduzione) assume un significato solo in relazione alle capacità di sopravvivenza degli individui corrispondenti;

- l'evoluzione naturale opera su popolazioni di individui attraverso un processo ciclico e generazionale che non possiede memorie storiche, ma si basa esclusivamente su contingenze ambientali definite a livello dell'interazione fra ogni singolo individuo e il proprio ambiente ecologico.

Gli **algoritmi genetici** operano su di una popolazione di cromosomi artificiali che vengono fatti riprodurre selettivamente in base alle prestazioni dei fenotipi a cui danno origine rispetto al problema da risolvere. Durante il processo riproduttivo le repliche dei cromosomi degli individui migliori vengono accoppiate casualmente e parte del materiale genetico viene scambiato, mentre alcune piccole mutazioni casuali alterano localmente la struttura del codice genetico. Le nuove strutture genetiche vanno quindi a rimpiazzare quelle dei loro genitori dando luogo ad una nuova generazione di individui. Il processo continua fino a quando nasce un individuo che rappresenta una soluzione accettabile per il problema in esame.

Gli algoritmi genetici si basano quindi su tre operatori principali: la riproduzione selettiva degli individui migliori, la ricombinazione genetica (crossover) e la mutazione casuale di alcuni cromosomi.

Vi sono inoltre due importanti strumenti necessari allo sviluppo di un algoritmo genetico: la codifica genetica e la funzione di valutazione.

Per **codifica genetica** ci si riferisce al tipo di rappresentazione che si utilizza per identificare le soluzioni del problema nei cromosomi artificiali. L'idea principale è che la codifica debba rappresentare in maniera 'naturale' il problema e le sue possibili soluzioni.

La **funzione di valutazione** (o ‘fitness’) serve per giudicare le prestazioni di ciascun fenotipo rispetto al problema che vogliamo risolvere.

Una volta definito il tipo di rappresentazione genetica e la funzione di fitness, il primo passo consiste nella creazione di una popolazione iniziale di stringhe genetiche (composta in genere da stringhe casuali). Ciascuna stringa di questa generazione iniziale viene decodificata e valutata in base alla funzione fitness.

Il processo di **riproduzione selettiva** consiste nella creazione probabilistica di un numero di copie di ciascuna stringa proporzionale al valore di fitness ottenuto dal fenotipo corrispondente.

Le nuove stringhe così create vengono poi disposte a coppie in modo casuale e sottoposte all’azione dell’operatore di **ricombinazione genetica** (crossover): viene quindi scelto un ‘punto di taglio’ attorno al quale avviene uno scambio reciproco di materiale genetico.

Infine tutte le stringhe della popolazione subiscono un processo di **mutazione**: ciascun elemento del cromosoma cambia il proprio valore in base ad una certa probabilità (di solito inferiore all’1%).

Il processo di decodifica, valutazione, riproduzione selettiva, incrocio e mutazione riprende ciclicamente per parecchie generazioni fino a quando viene ottenuta una stringa che codifica una soluzione soddisfacente.

Se l’algoritmo genetico è correttamente implementato, la popolazione evolverà nel susseguirsi delle generazioni in modo che il fitness del migliore individuo e la media in ogni generazione cresca verso l’ottimo globale.

Numerose sono le possibili applicazioni degli algoritmi genetici. Nella tesi sono presenti due interessanti esempi con relativo codice in linguaggio *R* riguardanti il gioco del Master Mind e il ‘*Problema del Commesso Viaggiatore*’ (*TSP*, dall’inglese *Traveling Salesman Problem*).