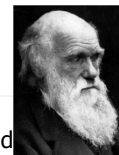


## Algoritmi Genetici



Fulvio Corno, Maurizio Rebaudengo  
Dip. Automatica e Informatica  
Politecnico di Torino

## Introduzione



Charles Darwin  
(1809 – 1882)

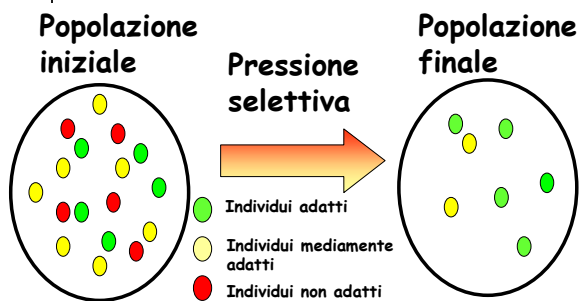
- Gli *Algoritmi Genetici (GA)* sono algoritmi di ricerca e ottimizzazione basati sui meccanismi dell'evoluzione biologica della specie di Charles Darwin
- Sviluppati da John Holland, Università del Michigan (1970)
- Appartengono alla categoria degli Algoritmi Evolutivi (come Tabu Search, Selfish Gene).

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

2

## Evoluzione naturale



A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

3

## Modello per un GA

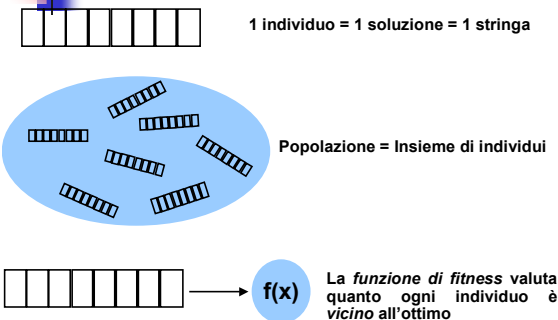
- Ogni soluzione del problema da risolvere (*individuo*) è rappresentato da una stringa di elementi (*cromosoma*)
- Ogni elemento del cromosoma è chiamato *gene*
- Ad ogni individuo è associato un valore di bontà (*fitness*)
- Un insieme di individui compone una popolazione
- La *popolazione* è modificata ad ogni generazione attraverso un meccanismo di *riproduzione*.

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

4

## Algoritmi Genetici

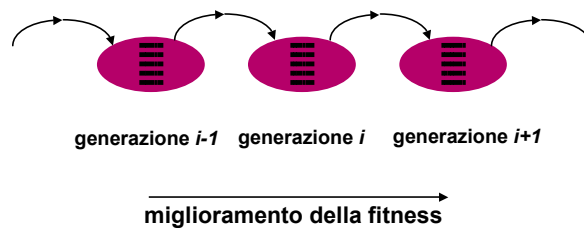


A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

5

## Evoluzione attraverso riproduzione

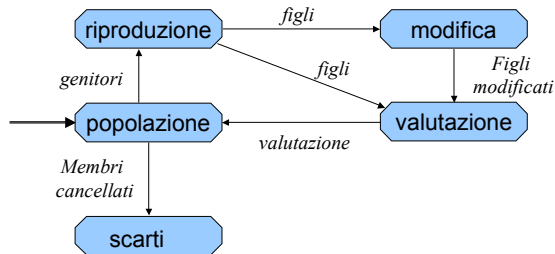


A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

6

## Ciclo di evoluzione



A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

7

## Algoritmo genetico

Inizializzazione della Popolazione  $P(t=0)$   
 Valutazione  $P(0)$   
 While (non si verifica la condizione di terminazione)  
   Generazione di  $P(t+1)$  da  $P(t)$   
   Valutazione  $P(t+1)$   
    $t = t + 1$   
 end

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

8

## Codifica

- Dipendente dalla natura del problema
- Cromosomi possono essere:
  - Stringhe di bit: (0101 ... 1100)
  - Numeri reali: (43.2 -33.1 ... 0.0 89.2)
  - Permutazioni di elementi: (E11 E3... E1 E15)
  - Liste di regole: (R1 R2 ... R22 R23)
  - ...

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

9

## Inizializzazione della popolazione

- Scelte possibili per  $P(0)$ :
- generazione casuale di cromosomi
  - soluzioni generate attraverso algoritmo greedy.

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

10

## Funzione di valutazione

- La funzione di valutazione decodifica un cromosoma e gli assegna una misura di bontà (*fitness*)
- Tale funzione costituisce il legame tra l'algoritmo genetico ed il problema da risolvere.

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

11

## Selezione degli individui

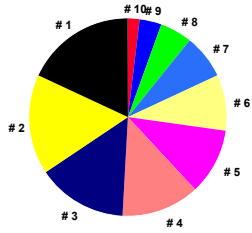
Per ogni individuo la probabilità di essere selezionato per la riproduzione è proporzionale alla sua *fitness*.

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

12

## Roulette-wheel



- Somma dei valori di fitness di tutti gli individui ( $TF$ )
- Generazione di un numero  $m$  casuale compreso tra 0 e  $TF$
- Selezione del primo individuo la cui fitness sommata a quella degli elementi precedenti è maggiore di  $m$ .

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

13

## Riproduzione

- Aessuata
  - Mutazione
- Sessuata
  - Crossover
  - Mutazione

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

14

## Mutazione (I)

- Corrisponde all'assegnazione di un valore casuale (od una modifica locale) ad un gene casuale
- Causa piccoli spostamenti nello spazio di ricerca
- Può esplorare informazioni non ancora presenti (o perdute) nella popolazione



A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

15

## Mutazione (II)

Prima: (1 0 1 1 0 1 1 0)  
 Dopo: (0 1 1 0 0 1 1 0)

Prima: (1.38 -69.4 326.44 0.1)  
 Dopo: (1.38 -67.5 326.44 0.1)

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

16

## Crossover

- L'operatore di crossover svolge il ruolo giocato dalla riproduzione in natura.
- Produce un nuovo individuo mescolando l'informazione contenuta in 2 individui genitori



A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

17

## Cancellazione

- *Generational GA*: ad ogni generazione viene rimpiazzata l'intera popolazione
- *Steady-state GA*: ad ogni generazione sono rimpiazzati pochi individui
- *Elitismo*: i migliori individui non vengono cancellati.

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

18

### Parametri per un GA

- Popolazione:
  - Dimensione della popolazione
- Riproduzione:
  - Tipo e probabilità di crossover
  - Tipo e probabilità di mutazione
- Nuova generazione:
  - Tipo di cancellazione
  - Numero di individui salvati (con elitismo)
- Condizione di terminazione:
  - Numero di generazioni.

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

19

### Esempio: il problema dello zaino (I)

Codifica:

- Stringa di bit: vettore  $C[N] = \{0, 0, 1, 1, 0\}$ 
  - $C[i] = 1$  se l'oggetto  $i$  viene inserito nello zaino
  - $C[i] = 0$  se l'oggetto  $i$  non viene inserito nello zaino.

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

20

### Esempio: il problema dello zaino (II)

Funzione di valutazione:

$$f(j) \begin{cases} \text{se } \sum x_i p_i \leq P: & \sum x_i v_i \\ \text{se } \sum x_i p_i > P: & - (\sum x_i p_i - P) \end{cases}$$

A.A. 2001/2002

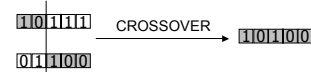
APA-Algoritmi Genetici

21

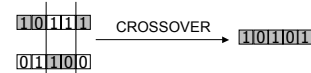
### Esempio: il problema dello zaino (III)

Crossover:

- 1 taglio:



- 2 tagli:



A.A. 2001/2002

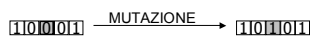
APA-Algoritmi Genetici

22

### Esempio: il problema dello zaino (IV)

Mutazione:

- Modifica di 1 bit scelto casualmente



A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

23

### Esempio: il problema del commesso viaggiatore

Trovare un cammino che visita un insieme di città in modo che:

- Ogni città venga visitata una volta sola
- La distanza totale sia minima.

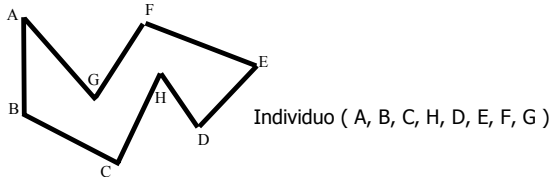
A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

24

### Codifica

Il cromosoma è codificato con la rappresentazione dell'ordine delle città nel cammino.



A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

25

### Crossover

- Si scelgono casualmente 2 punti di taglio
- La porzione tra i 2 punti di taglio del primo genitore è copiata nel figlio
- I geni restanti del figlio sono presi dal secondo genitore nell'ordine in cui compaiono (*order crossover*).

Genitore 1: ( h, k, c, e, f, d, | b, l, a, | i, g, j )  
 Genitore 2: ( a, b, c, d, e, f, | g, h, i, | j, k, l )

Figlio: ( d, e, f, g, h, i, | b, l, a, | j, k, c )

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

26

### Funzione di valutazione

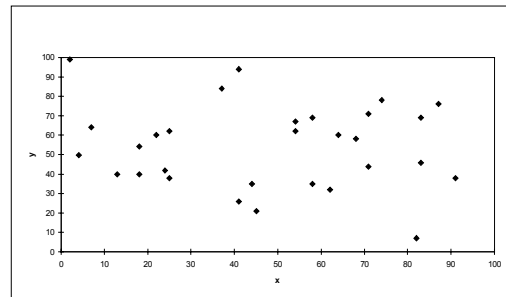
Calcolo della lunghezza del cammino tra le città attraversate dalla codifica di ciascun individuo.

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

27

### Esempio: 30 città

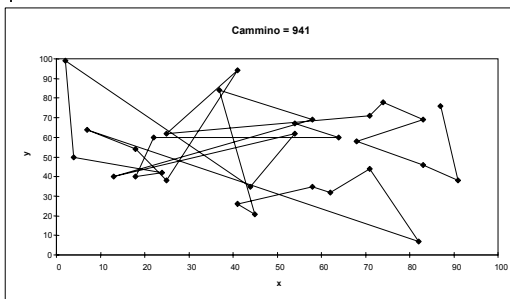


A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

28

### Esempio: generazione iniziale

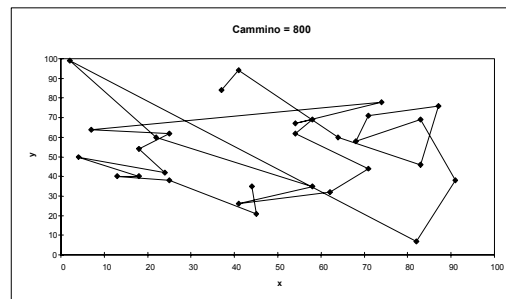


A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

29

### Esempio: generazione 10

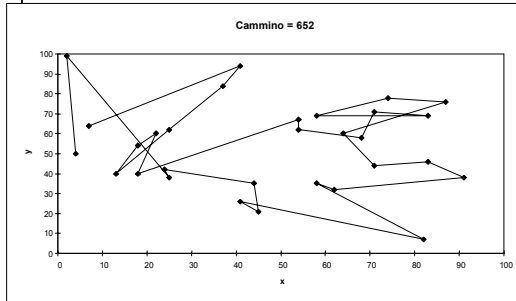


A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

30

Esempio: generazione 100

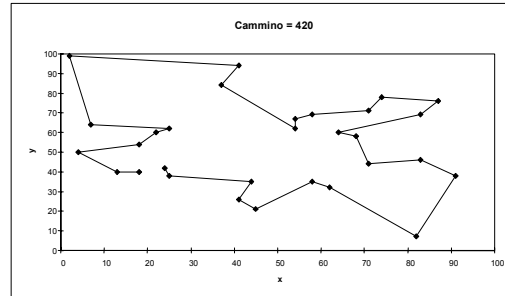


A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

31

Esempio: generazione finale

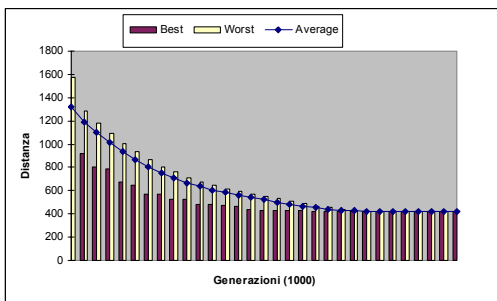


A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

32

Evoluzione



A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

33

Conclusioni

Vantaggi:

- Facile da realizzare
- Fornisce sempre una soluzione
- Trade-off tra il tempo e il risultato
- Possibilità di parallelizzare o distribuire il problema
- Permette di gestire funzioni con più obiettivi
- Permette soluzioni ibride (GA+euristiche)

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

34

Conclusioni (II)

Svantaggi:

- Fornisce una soluzione ottimale
- Definizione dei parametri basata su esperienza.

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

35

Conclusioni

Gli Algoritmi Genetici sono diffusamente utilizzati in molti campi applicativi (economici, scientifici ed ingegneristici).

A.A. 2001/2002

APA-Algoritmi Genetici

36



## Per saperne di più

---

- Libri:
  - D. Goldberg, Genetic Algorithms, Addison Wesley, 1988
  - L. Davis, Handbook of Genetic Algorithms, Van Nostrand Reinhold, 1991
  - M. Mitchell, An Introduction to Genetic Algorithms, The MIT Press, 1996
- Siti internet
  - Rete di eccellenza europea: Evoweb  
<http://evonet.dcs.napier.ac.uk/>
  - FAQ su GA:  
<http://www.cs.bham.ac.uk/Mirrors/ftp.de.uu.net/EC/clife/www/>