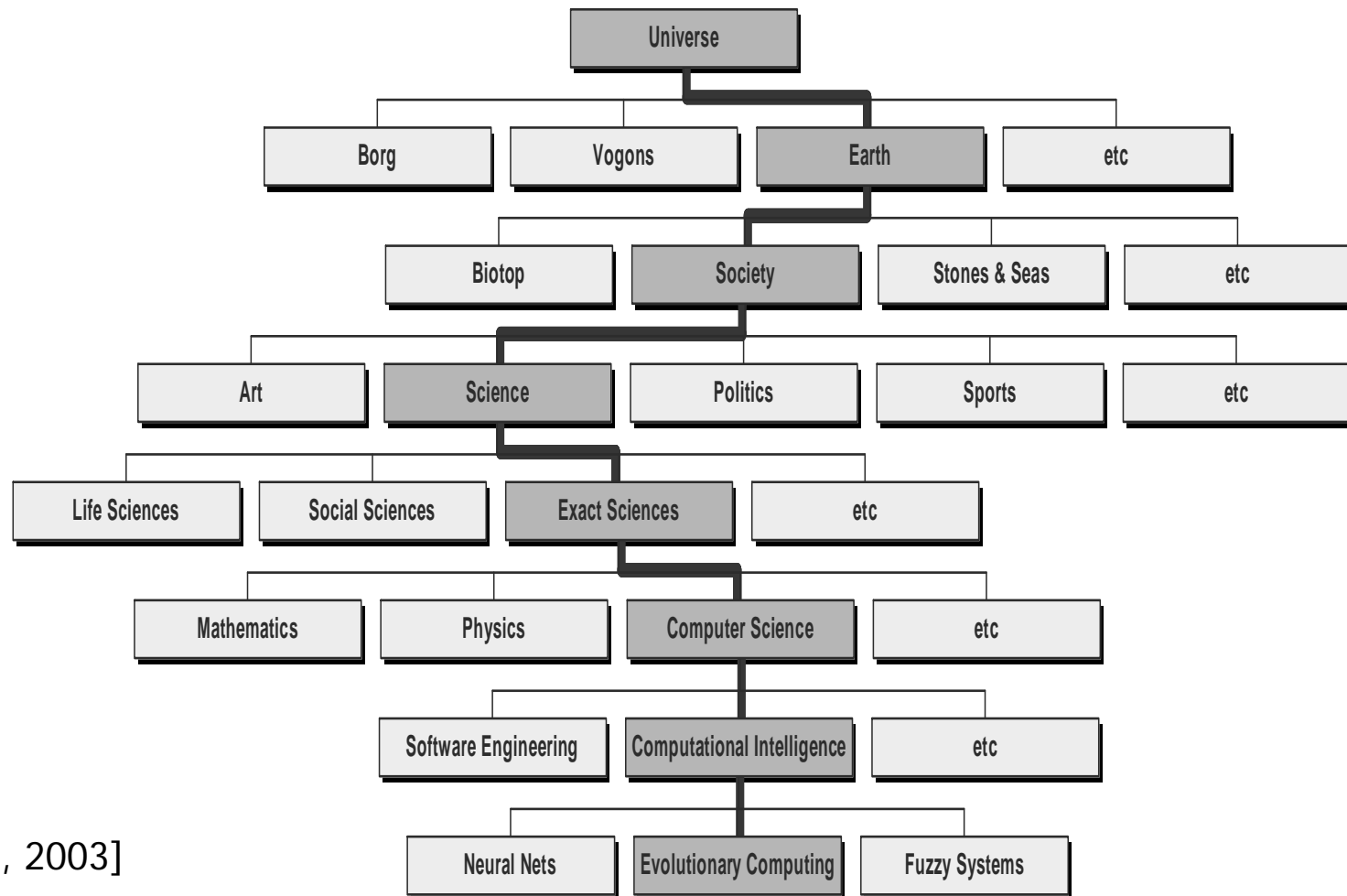


Intelligenza Artificiale

Introduzione al calcolo evolutivo

Marco Piastra

Calcolo evolutivo ed IA



[Eiben & Smith, 2003]

Evoluzione secondo Darwin

- Individui e popolazione

- Un **popolazione** consiste di un insieme di **individui** diversificati
- La **ricombinazione** (riproduttiva) di caratteristiche individuali che risultano più adatte all'ambiente tende a diventare prevalente nella popolazione

Gli individui sono le "unità di selezione"

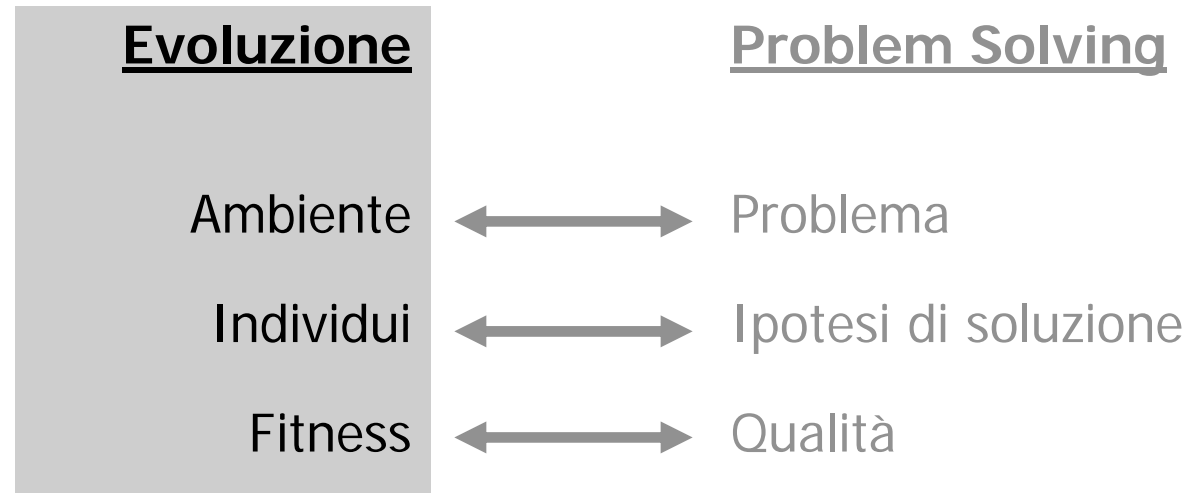
- Ricombinazione e caso

- Le variazioni casuali, dovute alle **mutazioni** spontanee, garantiscono una sorgente costante di diversità e preservano il potenziale evolutivo della popolazione

Le popolazioni sono le "unità di evoluzione"

- Si noti l'assenza di una "supervisione esterna"
 - l'evoluzione è una sorta di processo spontaneo

Metafora evolutiva come calcolo



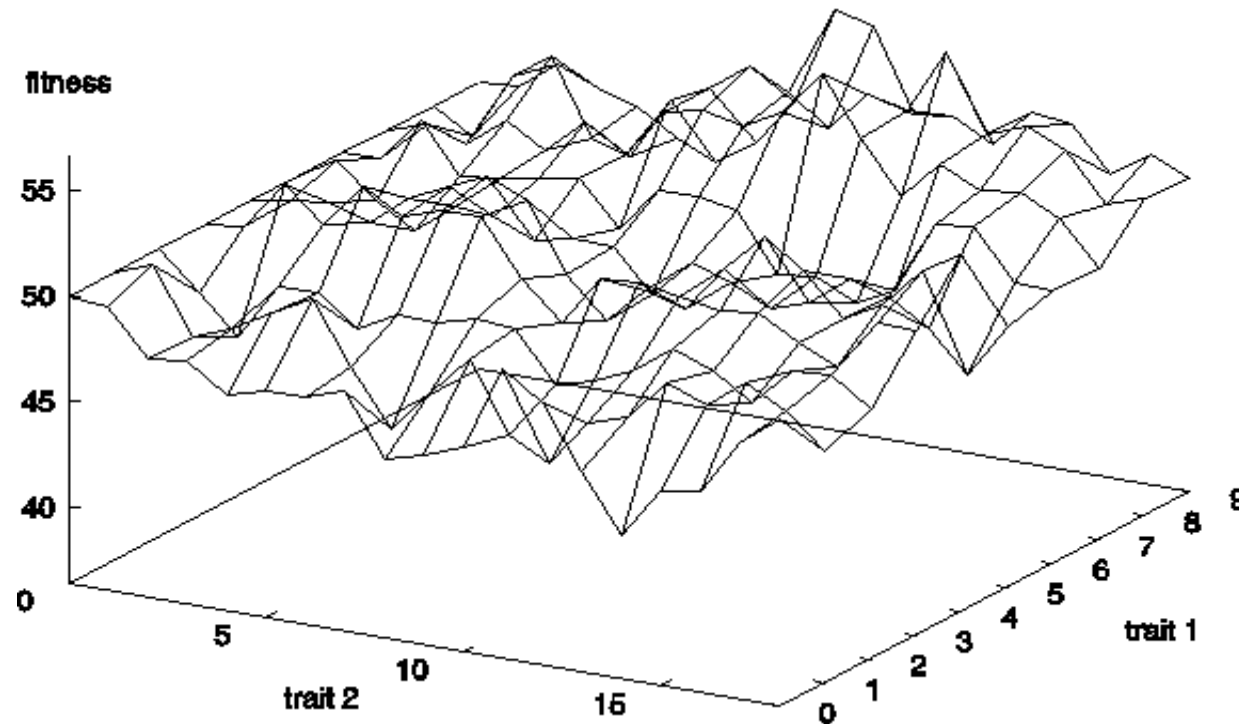
- **Analogie**

- **Fitness** → possibilità di sopravvivenza e riproduzione
- **Qualità** → possibilità di generare nuove soluzioni

- **Differenze**

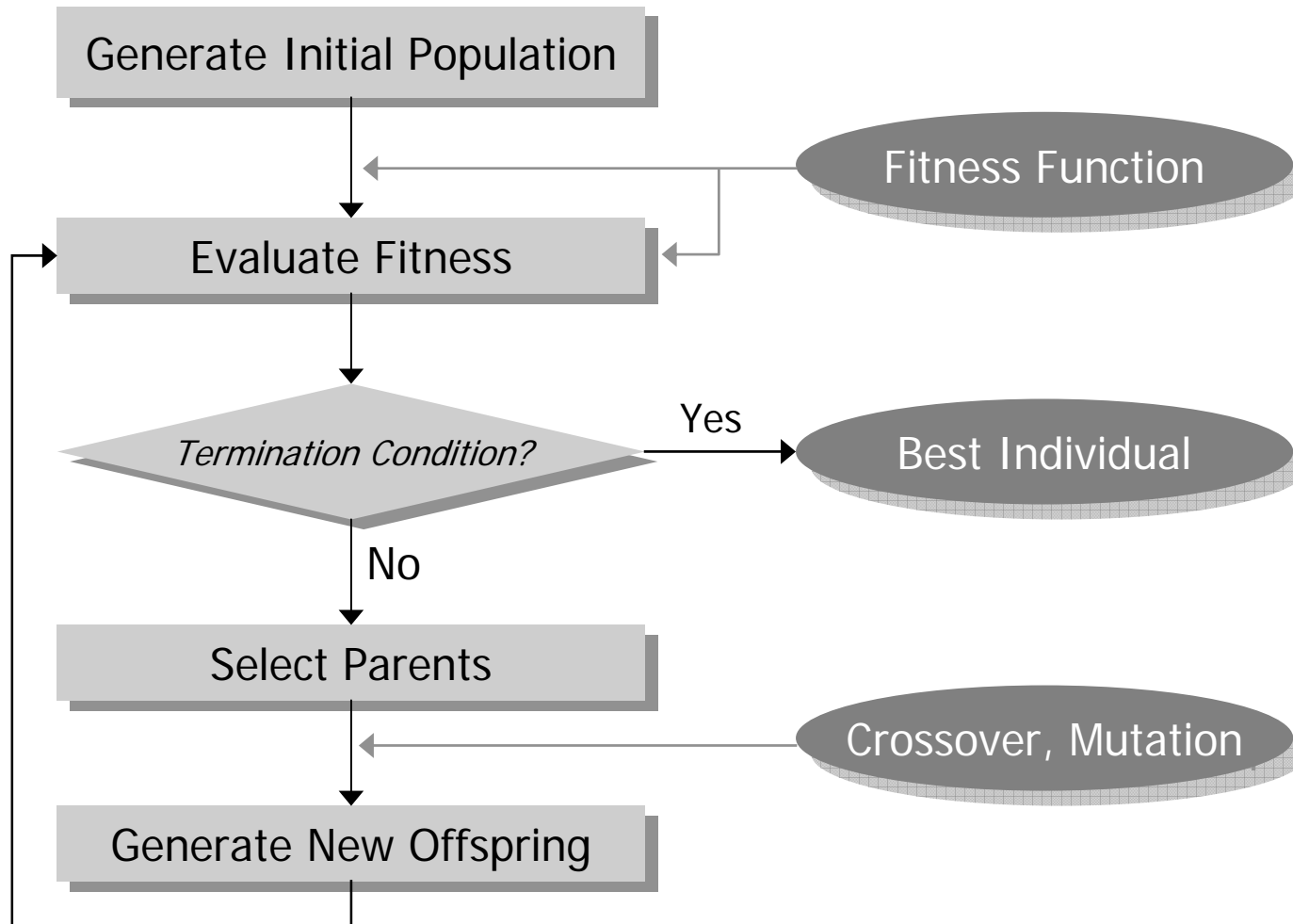
- **Popolazione** (di *individui*) → insieme di ipotesi di soluzione
- **Processo evolutivo** (della *popolazione*)
→ migrazione progressiva della *popolazione* verso più alti livelli di **fitness**

EC – Fitness landscape

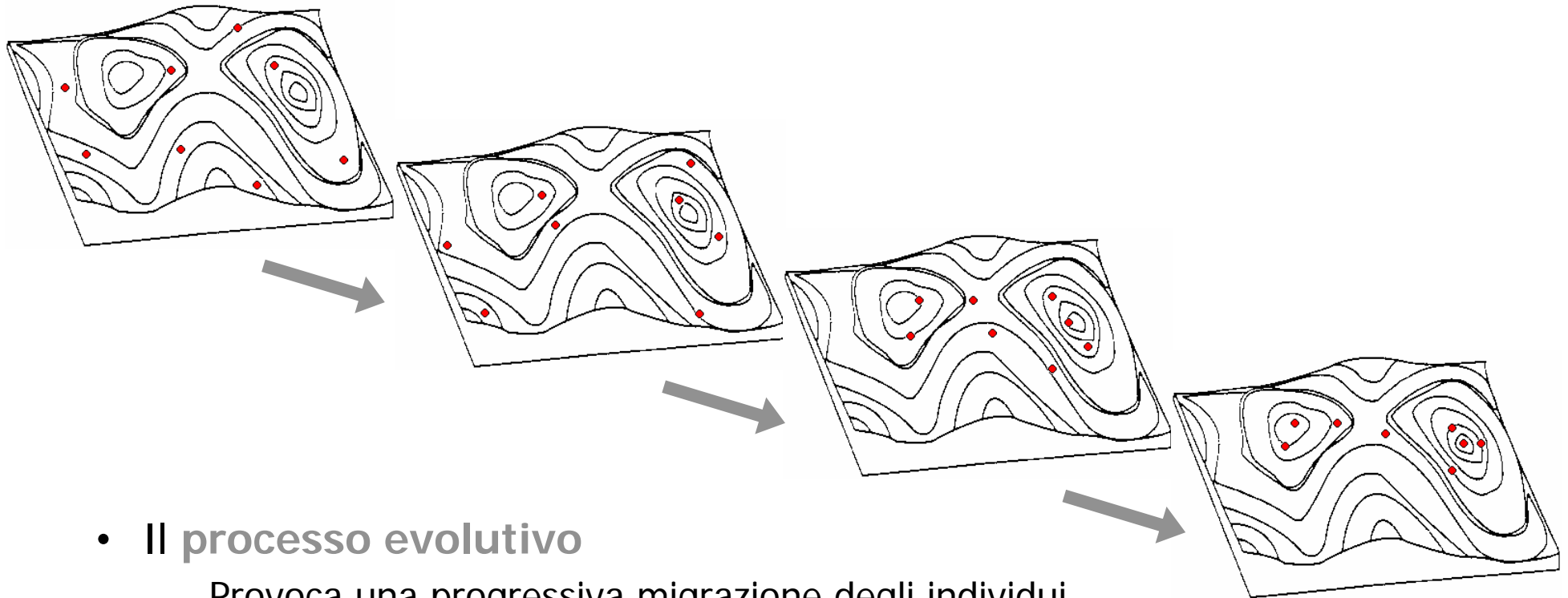


- **Ambiente esterno come 'landscape'**
 - Descritto dai valori della funzione di fitness sullo spazio delle possibili soluzioni (individui)
 - Ciascun individuo corrisponde ad un punto su questo 'landscape'

Struttura generale del processo

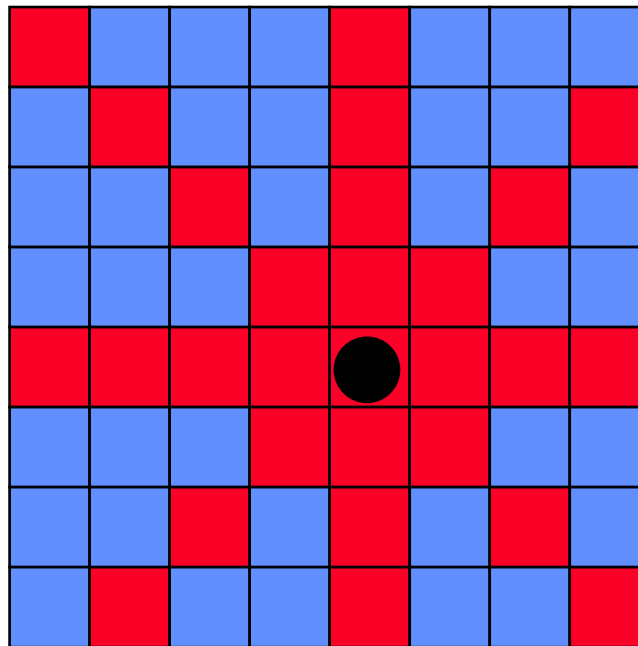


Evoluzione come migrazione



- **Il processo evolutivo**
 - Provoca una progressiva migrazione degli individui
 - Verso zone di fitness più elevata
- **Attenzione: è la popolazione che migra, non gli individui**
 - EC vs. Learning

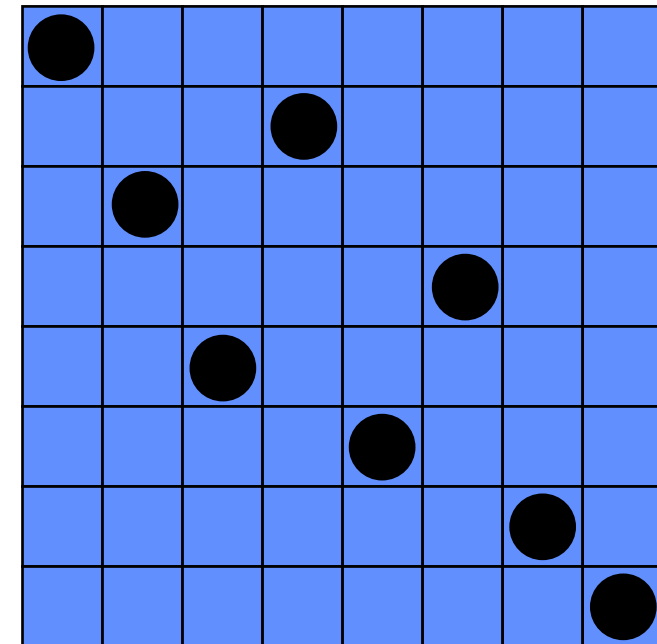
Esempio: le 8 regine



- **Problema**
 - Piazzare 8 regine su una scacchiera 8 x 8
 - In modo che nessuna possa attaccare l'altra

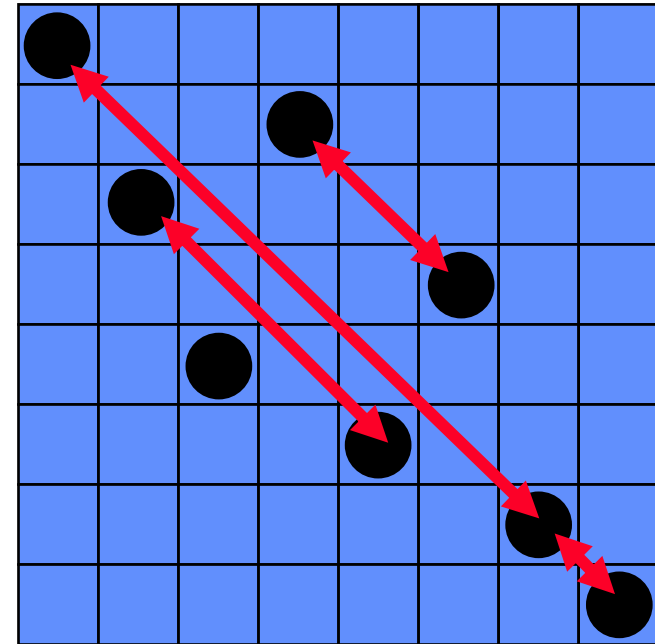
Esempio: genotipo e fenotipo

- **Fenotipo**
 - L'individuo completo che interagisce con l'ambiente
 - Di cui si può valutare la fitness
 - In questo caso, una disposizione delle 8 regine sulla scacchiera
- **Genotipo**
 - Il 'progetto genetico' dell'individuo
 - Su cui agiscono gli operatori genetici
 - In questo caso, una qualsiasi permutazione di numeri da 1 a 8



Esempio: fitness

- **Problema**
 - Impedire gli attacchi
 - Penalità singola (di un'ipotesi di soluzione)
 - Un possibile attacco di due regine
 - Penalità complessiva
 - Somma di tutte le penalità singole
- **Fitness**
 - Definizione:
 $f = 8 - \text{la penalità complessiva}$
 - Nel caso in figura la *fitness* è 4

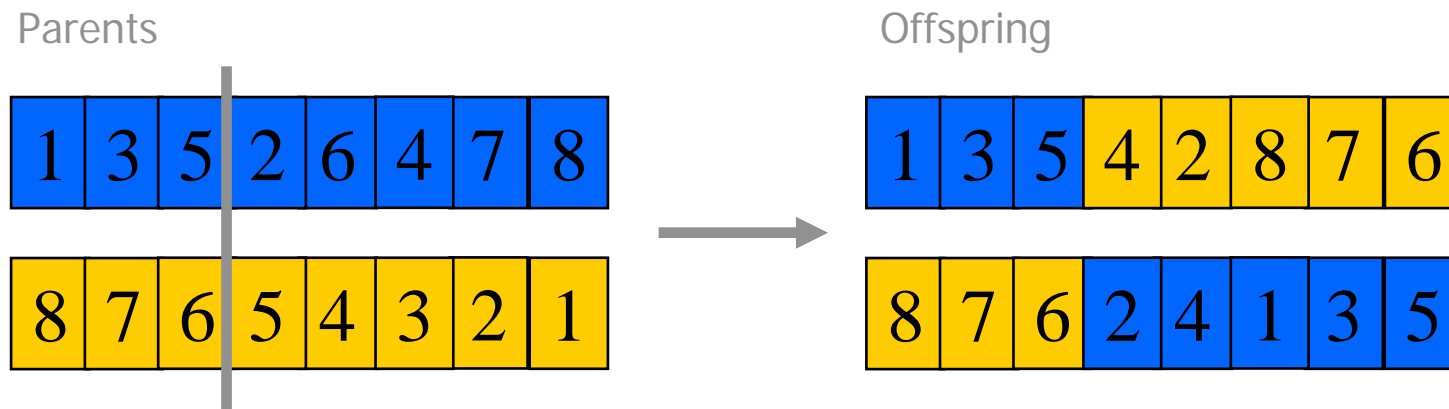


Esempio: mutazione



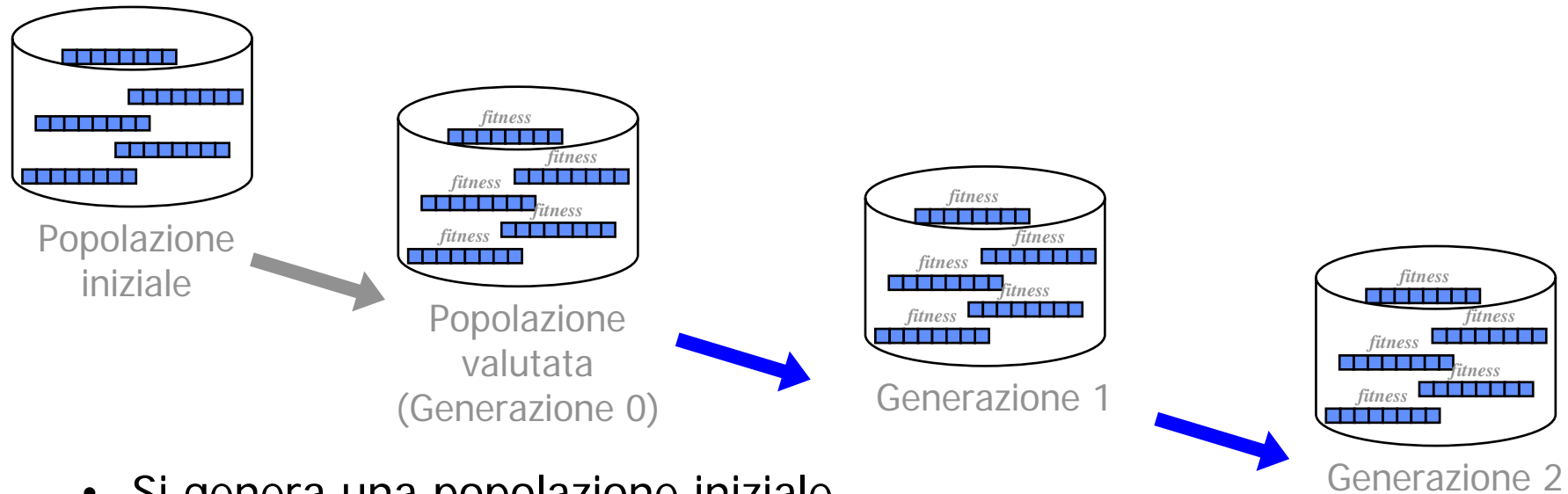
- Variazione casuale di un singolo individuo
 - P.es. inversione di due posizioni nella permutazione

Esempio: ricombinazione



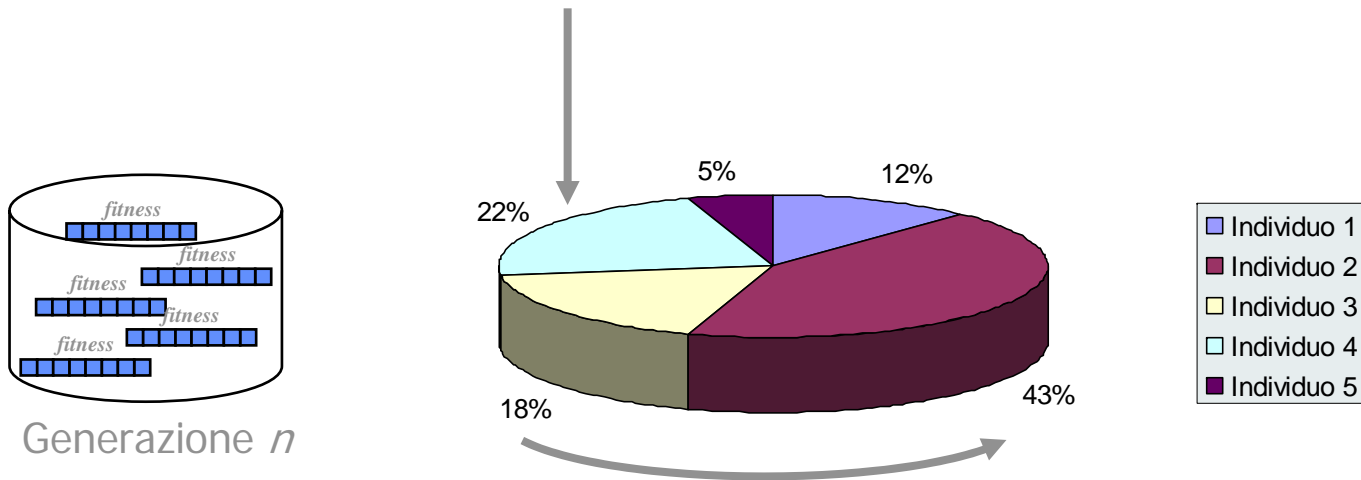
- Generazione di due nuovi individui a partire da due individui esistenti
 - Si seleziona un punto di *crossover*
 - Si incrociano le parti dei genotipi

Popolazioni e generazioni



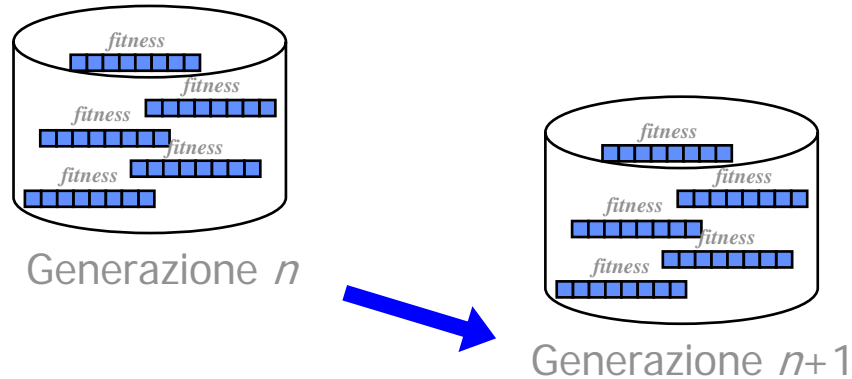
- Si genera una popolazione iniziale
 - Generalmente a caso (anche con duplicazioni)
- Si valuta la fitness di ciascun individuo
 - Ottenendo la generazione 0
- Si applica lo schema di processo evolutivo
 - Ottenendo nuove popolazioni
 - **Questo è il passo fondamentale**

Selezione



- Ruota della roulette (*Roulette wheel*)
 - A ciascun individuo si assegna un settore della roulette
 - L'ampiezza del settore è proporzionale alla *fitness*
 - Migliore è la *fitness*, più largo il settore
 - La probabilità di selezione è quindi più alta quanto migliore è la *fitness*

Nuova generazione



- Pseudo-algoritmo

INPUT: Generazione n

WHILE (NOT completa(Generazione $n+1$)) {

 Seleziona 2 *parents*

 Applica ricombinazione (*crossover*)

 Con probabilità p , applica mutazione
 a ciascun individuo nell'*offspring*

 Valuta la *fitness* degli individui nell'*offspring*

 Inserisci *offspring* in Generazione $n+1$

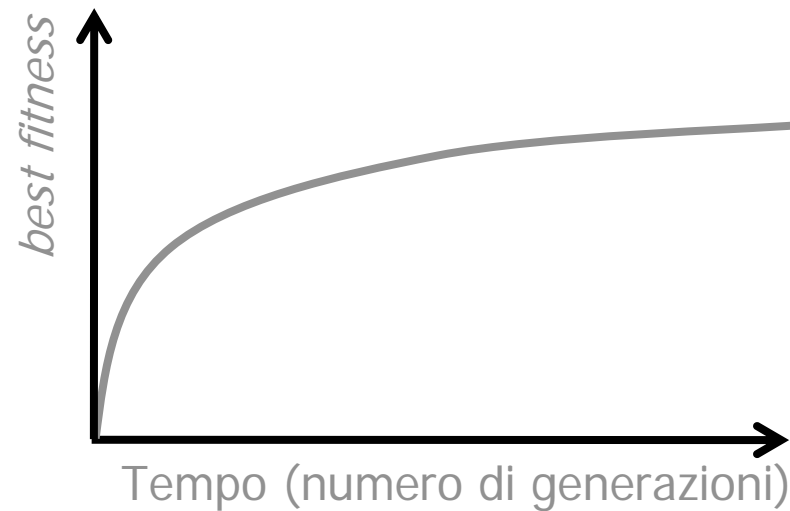
}

Processo evolutivo

- Un processo stocastico
 - Selezione casuale degli individui come *parents*
 - Identificazione casuale del punto di *crossover*
 - Applicazione casuale della mutazione all'*offspring*
- Con un effetto 'deriva' causato dalla fitness
 - L'unico elemento condizionante è la **selezione**
 - Nella scelta si 'bilancia' il caso (*roulette*) ed il determinismo (*fitness*)
 - Si determina così la tendenza migratoria della popolazione
 - Verso i picchi del *fitness landscape*

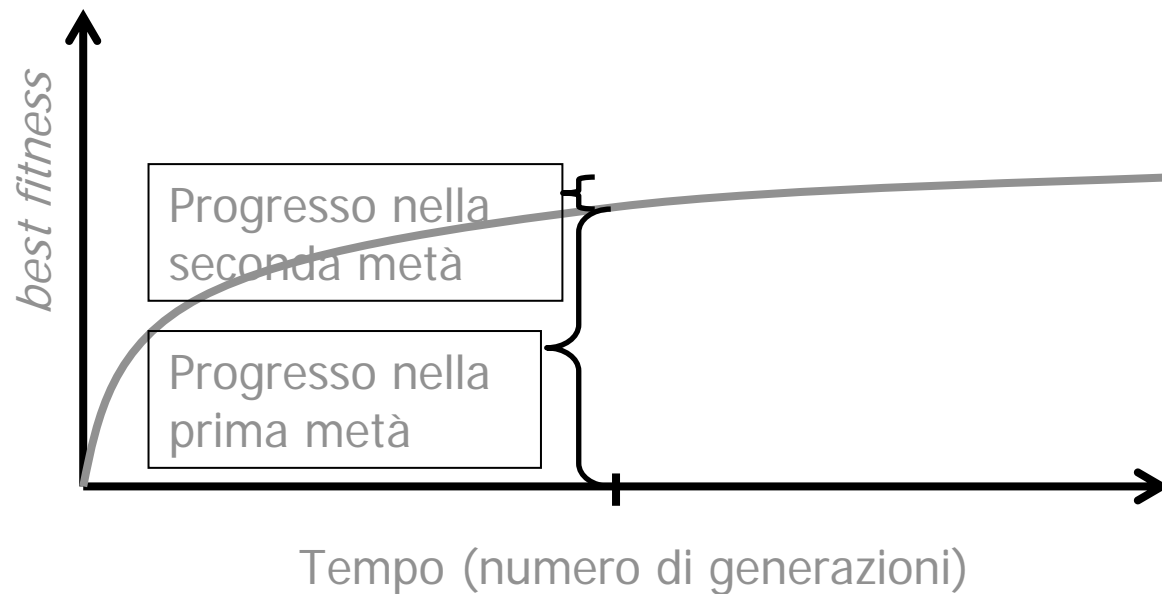


Tipico andamento del processo evolutivo



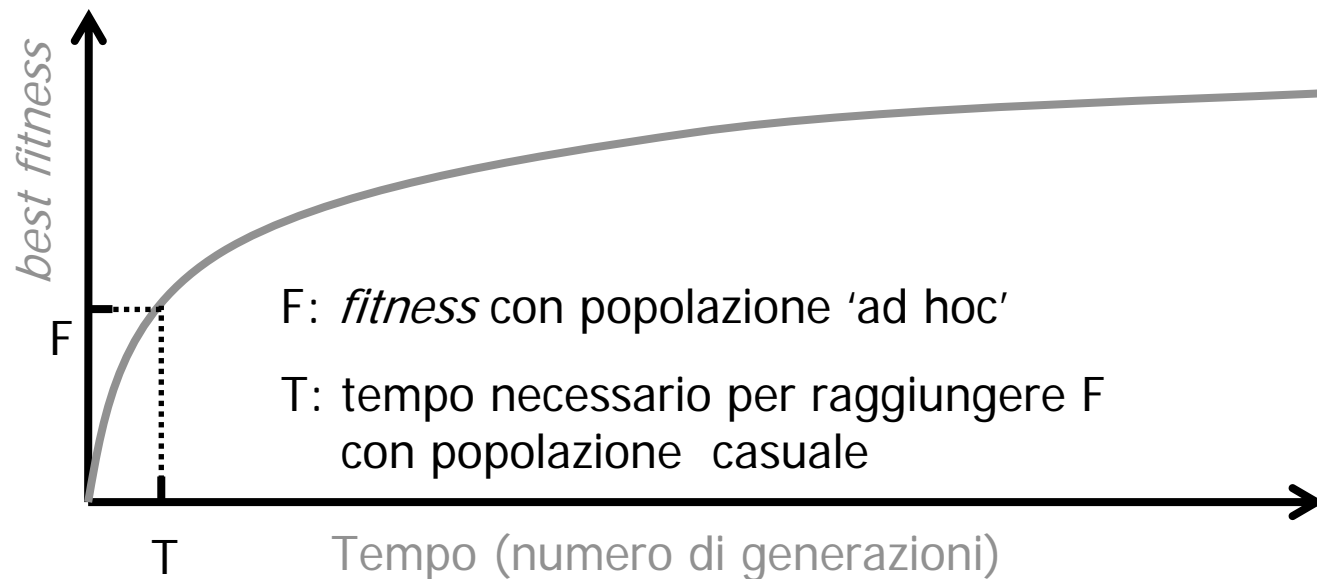
- L'effetto 'deriva' produce un miglioramento progressivo
 - *best fitness*, cioè adattamento del miglior individuo della generazione
 - migliora rapidamente
 - fitness media della generazione
 - migliora molto più lentamente
- La terminazione è l'unico elemento di supervisione
 - raramente, nella pratica, si ottiene un individuo ottimo

Condizioni di terminazione



- Quando non si trova un individuo ottimo
 - L'aumento dei tempi di evoluzione non necessariamente giova
 - Talvolta (ma non spesso) giova l'aumento delle dimensioni della popolazione

Popolazione iniziale



- In generale una popolazione iniziale casuale è una buona scelta
 - L'aumento dei tempi di evoluzione non necessariamente giova
 - Talvolta (ma non spesso) giova l'aumento delle dimensioni della popolazione

Dimensioni del calcolo evolutivo

- Rappresentazione degli individui
 - vettori di bit, di interi di numeri reali
 - grafi
 - alberi
 - dimensione fissa, limitata o variabile
- Operatori genetici
 - mutazione, crossover
 - operatori speciali (dipendenti dalla rappresentazione)
- Metodi di selezione
 - Roulette (fitness proportionate)
 - Tournament
- Processo evolutivo
 - Generation-based
 - Steady state
- Fitness
 - scalare
 - multi-valore (multi-obiettivo)

Cenni storici

- 1948, Turing:
 - propone la "*genetical or evolutionary search*"
- 1962, Bremermann
 - **ottimizzazione** tramite *evoluzione e ricombinazione*
- 1964, Rechenberg
 - introduce le **evolution strategies**
- 1965, L. Fogel, Owens and Walsh
 - introduce lo **evolutionary programming**
- 1975, Holland
 - introduce i **genetic algorithms**
- 1992, Koza
 - introduce il **genetic programming**