

## IL DARWINISMO

Oggi la versione originaria della teoria evolutiva di Darwin è stata aggiornata. Da un punto di vista biologico, sia l'avvento dell'epigenetica<sup>1</sup> (e l'osservazione di come il fenotipo di un individuo non sia solo l'espressione delle informazioni contenute nel DNA ma sia fortemente influenzato anche dall'ambiente), sia l'osservazione secondo la quale la variazione genetica delle popolazioni naturali viene prodotta in modo casuale da mutazioni (che oggi sappiamo essere a volte causata da errori nella replicazione del DNA) e ricombinazione (*crossing over* dei cromosomi omologhi durante la meiosi<sup>2</sup>), ha portato a comprendere che l'evoluzione consiste principalmente in cambiamenti della frequenza degli alleli tra una generazione e l'altra, come risultato della deriva genetica, del flusso genico e della selezione naturale. Il neodarwinismo ha pertanto esteso il campo dell'idea originale darwiniana della selezione naturale, includendo scoperte successive e concetti non noti a Darwin, come il DNA e la genetica, che permettono analisi rigorose, spesso su base matematica, di fenomeni evolutivi come la selezione parentale, l'altruismo e la speciazione.

## ALGORITMI GENETICI

Uno strumento che può aiutarci a comprendere meglio il meccanismo dell'evoluzione genetica è quello messo in opera attraverso algoritmi matematici che cercano soluzioni di problemi complessi attraverso tecniche euristiche (ossia di ricerca per tentativi) modificando gli elementi costitutivi della soluzione.

Tali algoritmi "mimano" l'evoluzione genetica e pertanto vengono chiamati "algoritmi genetici".

Ogni individuo (soluzione candidata) ha le sue caratteristiche e proprietà specifiche, manifestate esternamente e "visibili", che ne costituiscono il *fenotipo*. È il fenotipo che detta le possibilità e i limiti delle interazioni dell'individuo con l'ambiente in cui vive (ottimalità della soluzione). Ma il fenotipo è essenzialmente determinato dal patrimonio genetico invisibile o *genotipo*, costituito da geni (caratteristica costituenti la soluzione), che sono le unità fondamentali dei cromosomi.

I due principi fondamentali dell'evoluzione sono la *variazione genetica* e la *selezione naturale*. Affinché la popolazione si evolva, gli individui che la costituiscono devono prima avere una ricca varietà di fenotipi e quindi di genotipi. La selezione può quindi essere innescata, premiando la sopravvivenza, la longevità e la riproduzione degli individui più adatti.

I meccanismi generatori della varietà genotipica sono fondamentalmente due: un *processo combinatorio* dei geni, grazie ai diversi contributi dei genitori, nell'ambito della riproduzione sessuale, e *mutazioni geniche casuali*. Le mutazioni producono nuovi geni, alcuni dei quali vengono trasmessi alle generazioni successive, mentre altri scompaiono e il cosiddetto *pool* (pozzo) *genetico*, in cui la selezione naturale "pesca", cambia continuamente. I cambiamenti che avvengono da una generazione all'altra sono molto piccoli, ma quelli positivi si accumulano (selezione cumulativa) e, in un periodo di tempo molto lungo, danno origine a cambiamenti enormi. Secondo la versione moderna degli equilibri punteggiati, l'evoluzione sarebbe fortemente influenzata da eventi eccezionali e soprattutto avverrebbe anche per salti. Ciò significa che i periodi di stagnazione, che possono essere molto lunghi, sono seguiti da periodi relativamente brevi di accelerazione evolutiva.

La pressione naturale non agisce tanto sulla sopravvivenza, ma sulla propensione a procreare degli individui, favorendo la proliferazione di individui più adattati alle condizioni esterne.

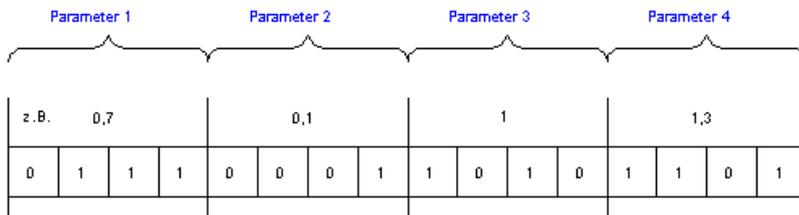
---

<sup>1</sup> per cui vi sono modificazioni, dette epimutazioni, che durano per il resto della vita della cellula e possono trasmettersi a generazioni successive delle cellule attraverso le divisioni cellulari, senza tuttavia che le corrispondenti sequenze di DNA siano mutate; sono quindi fattori non-genomici che provocano una diversa espressione dei geni dell'organismo.

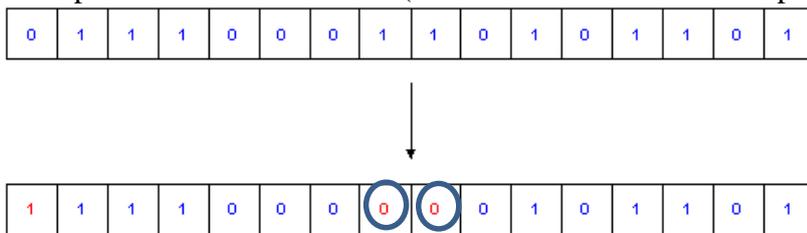
<sup>2</sup> La *meiosi* è un processo di divisione cellulare degli organismi eucarioti nel quale una cellula con corredo cromosomico diploide dà origine a quattro cellule figlie con corredo aploide (gameti), destinate alla riproduzione sessuata. La meiosi riguarda le cellule germinali ed è in parte simile alla *mitosi*, ma, al contrario di questa, si ha il **dimezzamento** del corredo cromosomico da doppia copia a singola copia, con formazione di quattro cellule finali con **patrimonio genico diverso fra loro per la diversa e casuale combinazione di cromosomi di provenienza materna e paterna**. Ulteriore meccanismo di ricombinazione genetica è il *crossing-over*, in cui si ha lo scambio diretto di materiale genico fra cromosomi omologhi.

La componente deterministica del processo consiste nel fatto che i pezzi di DNA che ciascun genitore trasmette alla prole sono quelli posseduti e quindi il nuovo individuo non nasce dal nulla, ma ha una precisa origine, mentre la componente aleatoria consiste nel particolare mix dei geni dei genitori che producono a questo o a quell'individuo che generano, che può variare entro ristretti limiti casuali. Dalla creazione della popolazione iniziale, la ripetizione di questi quattro passaggi: *valutazione*, *selezione*, *ricombinazione* e *mutazione*, consente alla popolazione di entità di esplorare lo spazio di ricerca, identificando sequenze genotipiche e fenotipi promettenti rispetto al criterio di adattamento. I parametri coinvolti in queste fasi permettono di regolare la *pressione selettiva*, la *stabilità delle popolazioni*, la *diversità*, al fine di generare un processo robusto che identifichi e converga verso l'optimum globale.

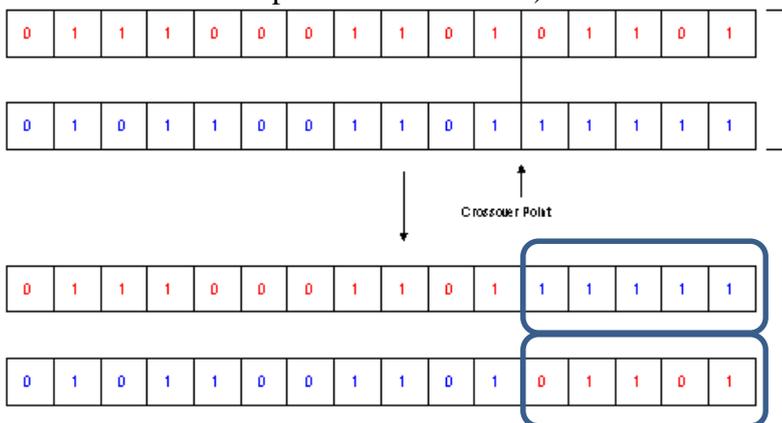
Riportiamo un esempio di modifica genetica di parametri costituenti una soluzione candidata. In questo esempio abbiamo una possibile soluzione candidata costituita da 4 parametri, ciascuno caratterizzato da quattro *loci* binari. Il primo parametro è caratterizzato dal valore (0,1,1,1), il secondo (0,0,0,1), ...



Esempio di mutazione casuale (i cerchiati hanno sostituito i precedenti):



Esempio di *cross over* (due soluzioni originarie hanno dato luogo a due nuove soluzioni scambiandosi i valori numerici dal punto del *cross over*):



## CONSIDERAZIONI METODOLOGICHE.

Primo. La componente aleatoria delle modifiche spontanee deve essere molto bassa, altrimenti si compromette la stabilità della tribù e si ha il serio rischio che la evoluzione prenda un percorso sfavorevole (le soluzioni alternative selezionate di volta in volta non convergono verso un risultato finale ottimale). Invece il vero motore che allarga le possibilità di esplorazione di nuove combinazioni risiede nella riproduzione sessuata, per cui il materiale di due individui si ricombina casualmente, ma sulla base di pezzi di DNA (nell'algoritmo matematico, pezzi di soluzione) preesistenti, dando luogo

così a un individuo (soluzione) con caratteristiche in precedenza non presenti.

Questa considerazione mette a tacere le critiche di coloro che rifiutano la teoria dell'evoluzione (come i cosiddetti "creazionisti"), critiche fondate su un'interpretazione errata della versione moderna. È vero che la velocità di evoluzione sarebbe troppo bassa col tasso di mutazione spontanea in confronto alla storia delle specie sulla Terra. Ma questa è solo la parte minore che produce il processo evolutivo. La parte fondamentale, come detto, è data dalla combinazione assicurata dalla riproduzione sessuata (*cross over*).

Secondo, contrariamente a come viene descritta banalmente la teoria dell'evoluzione, la pressione esterna non fa progredire solo il migliore, ma *elimina i meno adatti*. Questo equilibrio può essere regolato modificando i parametri dell'algoritmo, in particolare quello chiamato dell'*elitismo*. Se questo parametro è molto basso, la selezione è troppo forte, il pozzo genetico si prosciuga e ben presto ogni evoluzione cessa, come avveniva per esempio nei matrimoni tra consanguinei dell'aristocrazia. Se il parametro è troppo alto, il territorio non riesce più a mantenere una popolazione così vasta di individui (non si possono portare avanti troppe soluzioni alternative per limiti computazionali), impedendo ai più promettenti di proliferare.

Queste osservazioni ci permettono in modo schematico di riguardare uno dei risultati più entusiasmanti della ricerca attraverso il metodo materialistico dialettico. Ritroviamo la contraddizione tra determinismo (cause interne) e casualità (cause esterne), tra stabilità (mantenimento delle caratteristiche della specie) e movimento (evoluzione), di salti qualitativi dovuti ad accumulazioni di variazioni quantitative. Insomma, uno dei campi in cui la visione materialistico-dialettica può dare l'interpretazione corretta di questo importantissimo fenomeno.