

Il segreto dei moduli

di ALBERTO FELICE DE TONI



In uno dei lavori fondamentali sulla complessità, l'articolo del 1962 *'The architecture of complexity'* scritto da Herbert Simon, è riportata la famosa parabola di Hora e Tempus. "C'erano una volta due orologiai, Hora e Tempus, che fabbricavano orologi molto pregiati. Entrambi gli artigiani erano molto stimati, sicché il telefono, nel loro laboratorio, squillava frequentemente. Nuovi clienti, infatti, continuavano a contattarli. In questo contesto, Hora prosperava, mentre Tempus diventava sempre più povero e, alla fine, dovette chiudere il negozio. Quale fu la ragione?"

Gli orologi che i due maestri producevano erano composti da circa 1.000 parti ciascuno. Tempus, però, costruiva i suoi in maniera che, se ne aveva uno parzialmente assemblato e doveva posarlo per rispondere al telefono, questo doveva essere rimontato daccapo. Gli orologi di Hora erano progettati in modo da essere composti da 10 gruppi, ciascuno dei quali articolato in 10 moduli, ognuno dei quali a sua volta composto da 10 elementi. Quando Hora doveva appoggiare un orologio non ancora completato per rispondere al telefono, egli perdeva solo una piccola parte del suo lavoro. Morale: il tempo richiesto per la costruzione di una forma complessa composta da elementi semplici, dipende dal numero e dalla distribuzione di potenziali forme stabili intermedie. Queste forme stabili sono i 'moduli'.

Non è un caso che Madre Natura ha fatto il mondo modulare. La modularità permette, infatti, di 'disaccoppiare' i moduli evolutivi consentendo agli organismi che la adottano di 'salvare il lavoro' in automatico, generando diverse edizioni sempre più aggiornate. È que-



sto il vantaggio più grande della modularità negli organismi biologici.

Quanto 'costa' la complessità in biologia? Costa tanto. Ma allora come fa la natura a persistere, spendendo poco? La risposta avvincente a questa domanda è la modularità. La biologia, scienza che studia la vita, si divide essenzialmente in due branche principali: la biologia dello sviluppo (*developmental biology*) e la biologia evolutiva (*evolutionary biology*). Alessandro Minelli in *'Le forme del divenire'*, del 2007, ci spiega che per la prima conta soprattutto la forma degli organismi, come questa è costituita, a prescindere dalle prestazioni che essa avrà. Mentre, per la seconda conta, in primis, la sopravvivenza della specie, la riproduttività e il fitness, ossia la capacità di adattamento all'ambiente esterno dell'organismo. Per questa seconda scienza le forme naturali esistenti sono tali solo perché rispondono a esigenze funzionali. Esiste, però, una relazione mutua fra biologia dello sviluppo e biologia evolutiva che si è fusa negli anni recenti nella biologia evolutiva dello sviluppo (*evolutionary developmental biology*) detta anche evo-devo.

LABIRINTO IN CONTINUO CAMBIAMENTO

Fra tutte le forme viventi immaginabili, osserva Minelli, quelle che effettivamente troviamo in natura soddisfano due condizioni: "è possibile fabbricarle;

RISPOSTA ALLA COMPLESSITÀ

LA STESSA MADRE NATURA SUGGERISCE LA SOLUZIONE, RACCOLTA OGGI DALLA BIOLOGIA EVOLUTIVA DELLO SVILUPPO. LA PARABOLA DEI DUE OROLOGIAI

funzionano bene, almeno quanto basta alla loro perpetuazione". Minelli paragona l'evoluzione naturale a un labirinto, dove le forme possibili degli organismi si ottengono percorrendo la strada verso l'uscita, avendo però a che fare con un giardiniere simpatico che pota o pianta siepi nel labirinto... come fossero possibili mutazioni. Questo labirinto mutante spiega perché in natura non tutte le forme siano possibili. Ad esempio: "nelle scolopendre, il labirinto delle forme possibili proibisce di acquistare, o di perdere, un singolo segmento del corpo, cioè un singolo paio di zampe. Eppure, credo che una ipotetica scolopendra con 22 paia di zampe vivrebbe benissimo, così come le comuni scolopendre che ne hanno 21 paia. Il gioco dei possibili, per questi animali, ha due regole rigide. Prima regola: puoi acquistare, o perdere, solo un numero pari di segmenti. Vale a dire, è possibile passare da 21 a 23 paia di zampe, ma non a 22. La seconda regola dice che puoi tentare di raddoppiare il numero dei tuoi segmenti. Di fatto, gli zoologi conoscono scolopendre con 21 o 23 paia di zampe, e anche una specie che ne ha 40".

Questi scenari evolutivi possibili (*evo*) sono 'possibili' perché compatibili con i meccanismi dello sviluppo (*devo*), meccanismi che varieranno anch'essi nel tempo. Che cosa può legare '*devo*' con '*evo*'? Ovvero, cosa lega la 'fabbricazione delle forme' con la sopravvivenza delle stesse? La modularità. Essa riduce sia i costi dello sviluppo, sia quelli dell'evoluzione. Nel promuovere una sintesi fra biologia evo e biologia devo, quindi *evo-devo*, infatti, ci rivela che l'evoluzione è soggetta a vincoli strutturali (non tutte le forme sono possibili) e spesso utilizza moduli (cioè strutture pre-costituite) nell'originare nuove forme. Le forme realizzabili, comunque, non sfuggono alla selezione naturale, la quale rimane il più efficace 'filtro' della vita.

detoni@uniud.it