

INDICE

- 7 Prefazione
Angelo Vianello
- 11 Introduzione
- AUTO-ORGANIZZAZIONI
- 19 Prologo. La verità del dubbio
- 21 L'emergenza dal basso: il mistero più affascinante della scienza
23 L'era dell'emergenza - 25 Qualcosa rimane - 26 Misteriosamente ordine tutt'intorno a noi - 30 L'ordine improbabile della termodinamica - 33 L'ordine possibile dal rumore - 35 Nuove configurazioni e proprietà emergenti - 37 Una sincronia spontanea al cuore dell'universo - 40 Il profilo dell'auto-organizzazione - 41 Come il giorno e la notte, non c'è apertura senza chiusura (e viceversa) - 43 Il vicinato pronto a una deflagrazione di bellezza - 44 E così via, di emergenza in emergenza - 48 Ballerini e acrobati nei paesaggi della co-evoluzione - 50 La tela senza ragnò - 53 Riducendo a una tabella
- 56 L'auto-organizzazione nei sistemi fisici:
strutture dissipative, laser, catastrofi, orologi chimici
57 Come Shiva danzante, struttura dalla dissipazione - 59 Nel luna park di correnti ascendenti e discendenti - 60 Un moto collettivo ordinato di forma esagonale - 61 Ordine e casualità non solo in laboratorio, anzi - 63 L'ordinatore e il principio di asservimento nella sinergica - 66 Una lampada e un laser - 68 Circoli che si auto-rinforzano - 71 Il cavallone di luce più bello del reame - 72 Di terremoti, valanghe e altre catastrofi (all'orlo del caos) - 73 Sul cono di sabbia, dove si vive in bilico - 75 In eterno salto per non cadere - 76 Balletti di colore a tempo di metronomo - 78 Innocui giochi per piccoli chimici - 80 Un filo rosso tra non vivente e vivente - 81 Riducendo a una tabella
- 87 L'auto-organizzazione nei sistemi viventi: quando la vita emerge dal basso
88 Nel regno dei protisti - 90 Gli alti e bassi di una famiglia di missomiceti - 93 Transizioni chiave per la vita - 93 Vita che emerge dal basso - 96 Vita simulata al computer - 99 Colmare d'azzurro la nostra vista - 103 Processo ai neuroni - 105 Apprendimento che emerge

Il volume è stampato con il contributo dell'Università degli Studi di Udine

© 2011 by Marsilio Editori® s.p.a. in Venezia

Prima edizione: marzo 2011

ISBN 978-88-317-0801

www.marsilioeditori.it

Realizzazione editoriale: Valeria Bové

- dal basso - 106 La crescita del cervello - 108 Il cervello simulato al computer, ovvero come riconoscere una bionda! - 110 Una mappa auto-organizzata proveniente dall'ipercubo booleano - 112 Noi siamo auto-organizzazione - 113 Com'essuli pensieri, nel vespero migrar - 115 Le api e il New York Times Building di Renzo Piano - 116 Piccoli dispetti nell'alveare - 118 Che perfezioniste, le api! - 119 La regolazione termica e la divisione del lavoro: altri comportamenti sociali - 121 Un vulcano brulicante di vita - 122 Le formiche sono appassionate di matematica - 125 Calcoli locali di tipo statistico per una pianificazione decentrata - 126 Il mondo underground delle termiti - 126 Magia o stigmurgia - 128 Complessi contatti di antenne sotto terra - 130 Margherite, virus e programmi informatici: eco-sistemi auto-organizzati - 131 L'efficienza che non ti aspetti - 132 Riducendo a una tabella
- 138 L'auto-organizzazione nei sistemi sociali: frammenti di transizione, da incubi di gerarchia a sogni di rete
139 Se la storia è biforcata - 141 L'opinione pubblica, quando un'idea asservisce le altre - 144 Città che vivono di vita propria - 146 La gerarchia scricchiola - 148 L'ideale aristotelico della gerarchia dei saperi - 150 Incubi di gerarchia nella modernità pesante - 152 Scricchiolii della piramide dei saperi - 154 L'auto-organizzazione come disgregatrice della gerarchia - 156 Multiple connessioni e cause intrecciate a effetti - 158 La rete dei saperi - 160 Sogni di rete nella modernità leggera - 164 Frammenti di transizione - 165 Diversi cammini, un unico approdo - 167 Sistemi controllati senza controllore - 170 Riducendo a una tabella
- 173 Il futuro più affascinante per le imprese: le auto-organizzazioni
175 Quel mostro della gerarchia aziendale - 177 La resistenza degli indiani apache senza leader - 179 Trafalgar Square, un monumento all'auto-organizzazione - 181 Dalla trincea al movimento: la campagna tedesca in Francia del 1940 - 184 Sincronizzati, autonomi, addestrati e motivati: i soldati israeliani nella guerra dei sei giorni - 185 L'approccio sistemico *network centric* dell'esercito americano - 187 Sul mercato, quando le auto-organizzazioni hanno vinto - 190 Tanti bruchi e poche farfalle, per ora - 192 Verso economie di flessibilità e creatività - 195 Progettare bruchi per diventare farfalle - 198 Toccando le giuste leve... - 199 Lo scheletro dell'organizzazione - 201 Ruoli e mansioni - 203 La politica delle scelte - 204 Tutto sotto controllo - 206 Forme organizzative oltre la rete - 208 L'organizzazione circolare - 217 L'organizzazione olografica - 224 L'organizzazione cellulare - 230 L'organizzazione olonica - 234 Le auto-organizzazioni - 238 Il futuro più affascinante per le imprese
- 243 Un'auto-organizzazione o diverse auto-organizzazioni?
- 251 Epilogo. Ad ventura
- 253 Postfazione. Auto-organizzazione e nuovi modelli organizzativi
Emilio Bartezzaghi
- 265 Appendice. Salutiamoci con una fiaba
Piera Giacconi
- 275 Riferimenti bibliografici
- 278 Ringraziamenti

ANGELO VIANELLO¹

PREFAZIONE

Circa quarant'anni fa Sidney Brenner, uno dei più autorevoli biologi molecolari, riflettendo sulle indubbie conquiste della genetica e della biologia molecolare, ebbe a dire: «Penso che nei prossimi venticinque anni dovremmo insegnare ai biologi un nuovo linguaggio [...]. Non so ancora che nome abbia; nessuno lo sa [...]. Probabilmente è un errore ritenere che tutta la logica sia a livello molecolare». Sono affermazioni in cui possiamo pienamente cogliere il tema della "complessità", una delle più formidabili e affascinanti sfide che il pensiero scientifico dovrà affrontare nel corso di questo XXI secolo.

Come ha lucidamente messo in evidenza lo storico della scienza Ian Stewart, nel Settecento, sulla scorta delle grandi conquiste della fisica newtoniana, si riteneva che l'universo fosse meccanico, una sorta di meraviglioso orologio in cui la causalità era di tipo lineare, una convinzione che peraltro sopravvisse fino alla prima metà del Novecento. Solo negli ultimi quarant'anni ha incominciato a farsi strada la "teoria dei sistemi dinamici", un formalismo matematico che consente agli studiosi di descrivere anche processi non-lineari che si sono rivelati essenziali per comprendere tutta una serie variegata di fenomeni complessi della natura: la più straordinaria applicazione di questo metodo ci ha permesso di capire come l'ordine possa "emergere" dal caos.

Attraverso l'utilizzo della topologia – una matematica degli schemi e delle relazioni, introdotta da uno dei più grandi geni della matematica, Jules Henri Poincaré – si è riusciti a far emergere da modelli caotici delle figure geometriche di notevole eleganza che sono definite "attrattori". Non si tratta però di semplici "giochi" matematico-geometrici, perché questa capacità che possiamo definire auto-organizzazione si estende anche alla dimensione fisico-chimica, descrittici da Ilya Prigogine. Questo scienziato si dedicò negli anni sessanta del secolo scorso a studiare un classico fenomeno di auto-organizzazione messo in luce agli inizi del Novecento da Henri Bénard, il quale scoprì che il riscaldamento di uno strato sottile di liquido può dar luogo

¹ Angelo Vianello è professore ordinario presso la facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Udine.

spontaneamente a delle strutture ordinate di forma esagonale. Prigogine riuscì a dimostrare che ciò accade quando il sistema si allontana dall'equilibrio per raggiungere un punto critico di instabilità che prelude l'emergere di ordine. È però necessario che il sistema (il liquido) possa ricevere energia che poi utilizza per creare ordine. Per tale ragione Prigogine definì questi sistemi "strutture dissipative". Ma è soprattutto alle scienze della vita in tutte le sue manifestazioni, non solo a livello biologico, che l'auto-organizzazione sprigiona tutta la sua potenza creatrice. La vita stessa può essere definita come un sistema in bilico tra ordine e caos (*edge of chaos*).

La teoria della complessità appare così lo strumento teorico più adeguato per descrivere questi fenomeni, che sembrano porsi come una sfida a un rigido determinismo e, nel contempo, uno straordinario comune denominatore tra manifestazioni della natura apparentemente distanti. Allora, è in questo ambito che forse si può fornire una risposta al quesito di Brenner posto all'inizio.

Il nuovo libro di Alberto F. De Toni, Luca Comello e Lorenzo Ioan si pone proprio all'interno di questa cornice concettuale che ha nell'auto-organizzazione il suo cardine. Partendo da questo principio, gli autori ne descrivono un aspetto decisivo: l'emergenza dal basso che sembra permeare tutti i sistemi naturali – dal fisico al biologico, fino a giungere a quello sociale. È un testo di piacevole lettura che rivela una notevole padronanza di De Toni e coautori nell'utilizzare l'approccio multidisciplinare.

Dicevamo, quindi, l'auto-organizzazione, che opera a diversi livelli: molecolare, cellulare, di organi e di organismi e che può essere facilmente esemplificata anche da un semplice stormo di uccelli in volo. Ma questo affascinante tema della complessità non si esaurisce a questo aspetto. Nel 1972 un grande fisico, peraltro citato in questo libro, Philip Warren Anderson, titolò un suo brillante lavoro *More is different*, di più è diverso. Quel "di più" sottende un meccanismo che Anderson definisce «rottura di simmetria». Per capire questo concetto possiamo ricorrere a una metafora di un altro grande fisico, Abdus Salam. Si immagini a tal proposito una tavola da pranzo rotonda su cui sono regolarmente disposti (alternati) coltelli e forchette. Questo schema ha una perfetta simmetria a 360° (raggiata). In questa situazione, nessuno può sapere quale sia il suo coltello (a destra) e la sua forchetta (a sinistra). Tuttavia, quando il primo commensale prende in mano un coltello "rompe" la simmetria e automaticamente tutti sanno distinguere il proprio coltello (a destra) e la propria forchetta (a sinistra).

Si tratta di un fenomeno molto diffuso in natura, che probabilmente fece la sua comparsa già nel primo miliardesimo di secondo dal Big Bang, quando l'energia infinita, ciò che i fisici definiscono singolarità, si trasformò in materia e antimateria; ma la natura, seppur di poco, ruppe la simmetria e così la materia poté prevalere sull'antimateria, sfuggendo alla completa distruzione (annichilazione) che si realizza dal contatto tra queste due opposte componenti.

Esiste poi un terzo fenomeno che gioca un ruolo fondamentale nell'emergere della complessità. Si tratta di ciò che Charles R. Darwin definì preadattamento, un concetto che è stato successivamente ripreso ed esteso, nel 1982, da Stephen J. Gould ed Elisabeth S. Vrba sotto il nome di «exattamento» (*exaptation*). In breve, un carattere

può essersi evoluto per adempiere una data funzione (o anche per non svolgerne alcuna), ma poi è stato cooptato per compierne un'altra (o per svolgerne una). Un esempio: le piume degli uccelli si sono inizialmente evolute come organo di termoregolazione del corpo; sono state poi cooptate-exattate come strumento di volo (penne).

Si tratta di un fenomeno piuttosto frequente in natura che uno dei più grandi studiosi di teoria della complessità, Stuart Kauffman, ha fatto assurgere anche a meccanismo per l'origine delle facoltà superiori dell'uomo, etica compresa. Kauffman introduce a tal fine la parola *agency* per indicare questo fenomeno. Una parola che deve essere interpretata come "azione volontaria" o "processo agente". Passo dopo passo, attraverso successivi exattamenti, si può così giungere a comportamenti complessi e non facilmente spiegabili, almeno in termini meccanicistici. Il filosofo della biologia Telmo Pievani ha di recente suggerito che l'altruismo, un fenomeno la cui origine è molto dibattuta e controversa, possa essere il frutto proprio di un exattamento.

Auto-organizzazione, rottura di simmetria e preadattamento/exattamento non sono soggetti a leggi deterministiche. Essi si rivelano piuttosto dei meccanismi alla base di molti fenomeni emergenti che non possono essere completamente spiegati in base alle proprietà delle singole componenti che li formano, perché ogni livello di complessità ne ha alcune di specifiche. La stessa mente, allora, potrebbe essere una proprietà emergente del cervello/corpo nelle sue relazioni con l'ambiente in cui è ospitato (nicchia). Appaiono così delle imprevedibili possibilità per la natura di sfuggire a un rigido determinismo, offrendo ai processi naturali un grado di indeterminazione – legato in molti casi alla contingenza – che potremmo definire anche "libertà". Una libertà che si può poi tramutare, almeno in parte, in una straordinaria "creatività" della natura che, peraltro, possiamo continuamente cogliere nella sua stupefacente bellezza. Questi meccanismi di creatività potrebbero essere sottesi a molte delle attività che ci rendono così specifici e a dire il vero anche problematici: dall'economia all'arte, dalla poesia alla letteratura, dalla scienza alla tecnologia in questa impervia scalata all'albero della conoscenza. Quindi, sono meccanismi che, ritengo, possono in qualche misura aver "guidato" anche De Toni, Comello e Ioan nello scrivere questo stimolante saggio.

Università degli Studi di Udine, dicembre 2010