

THINKING IN COMPLEXITY

Un itinerario al margine del caos

Katia Serena CANNATA

(Università degli Studi di Catania)

Abstract: The article calls into question the contradiction between the visible order of nature and the hidden progressive disorder that seems to guide it. In order to gain a deeper and clearer comprehension of this constant oscillation, we may look at some recent explanations, linked to the development of Complexity Science in the XX century: from CAS to emergence, going through Game Theory and small-world networks. Against oversimplification and linear paradigms, adopting a complex perspective can help drawing a more realistic picture of the world, of its connections and interactions; an approach that goes beyond barriers and strong distinctions between disciplines, facing up to human being, nature and culture on its entirety and complexity. In conclusion, exposed to a dynamic interplay between order and disorder, natural systems seem to stay at the edge of chaos, a region occurring at the frontier between regular motion and standard chaos.

Keywords: complexity; edge of chaos; emergence; physics of complex systems; networks.

The edge of chaos is a good place to be in a constantly changing world [...]. What you don't want to do is get stuck in *one* state of order, which is bound to become obsolete sooner or later [...]. So complex systems that can evolve will always be near the edge of chaos, poised for that creative step into emergent novelty.¹

«La complexité n'est pas un problème neuf».² Eppure, soltanto a partire dal ventesimo secolo si è iniziato a definire l'ambito di intervento delle cosiddette *Scienze della Complessità*. Il plurale è d'obbligo perché tale denominazione racchiude in sé numerose prospettive e teorie, un vasto numero di approcci che abbraccia molteplici campi del sapere e assume sfumature differenti. Si tende a far risalire la sua fondazione all'opera di Warren Weaver, realizzata alla fine degli anni Cinquanta del secolo scorso, il quale

¹ Brian GOODWIN, *How the Leopard Changed its Spots*, citato in Peter COVENEY - Roger HIGHFIELD, *Frontiers of Complexity. The Search for Order in a Chaotic World*, Ballantine Books, New York 2008, p. 273.

² Edgar MORIN, *La tête bien faite. Repenser la réforme, réformer la pensée*, Éditions du Seuil, France 1999, p. 105.

suddivide i sistemi in “semplici”, a “complessità disorganica” e a “complessità organica”. In quest’ultima classe di sistemi, anche nota come CAS (*Complex Adaptive Systems*), le correlazioni interne sono forti, le interazioni sono a lungo raggio e l’additività non vale più,³ risultando peraltro in manifestazione di proprietà emergenti, capacità di auto-organizzazione spontanea e adattamento.⁴

Nel corso della storia della scienza moderna, tuttavia, sono stati i sistemi semplici a essere oggetto di attenzione preminente.

In particolare, sono quasi sempre stati preferiti quei sistemi descrivibili per mezzo di equazioni risolvibili analiticamente in maniera esatta, in modo che le soluzioni trovate potessero fornire delle previsioni molto precise sul comportamento del sistema. In fondo era proprio questa la forza del metodo scientifico: riuscire a catturare l’essenza di un processo fisico e ridurlo in una forma analiticamente trattabile, così da poter agevolmente confrontare le previsioni della teoria con i dati sperimentali.⁵

È una prospettiva che trova le sue radici nel cartesianesimo e nel paesaggio scientifico delineato da pensatori quali Galileo Galilei e Isaac Newton. Ad oggi, però, si ridiscute l’idea cartesiana secondo cui l’universo «non è che un immenso *automaton*, un gigantesco meccanismo in cui il Creatore ha immesso una certa quantità di moto all’inizio e che si regola in virtù di sole leggi meccaniche».⁶ Bisogna anche sottolineare che Descartes ammette che la fisica non possa comunque raggiungere il livello di certezza della matematica e, di conseguenza, egli dà una veste statistica alle sue stesse teorie, sostenendo che «nello studio della natura si può solo ottenere una certezza morale, quella che guida gli uomini nelle loro azioni di fronte agli eventi quotidiani».⁷ Ben diversa è, invece, la posizione di Galileo Galilei, il quale – nell’ambito della *quaestio de certitudine mathematicarum* che coinvolse gli ambienti filosofici e scientifici europei dalla fine del Quattrocento a tutto il Seicento⁸ – era sicuro della potenza esplicativa delle matematiche e perseguiva, quale scopo fondamentale, «l’applicabilità del suo modello matematico alla costituzione fisico-meccanica della realtà».⁹ La sua interpretazione del mondo ha lasciato una fortissima impronta nello sviluppo della scienza moderna, che ha

³ Cfr. Alessandro PLUCHINO, *La firma della complessità. Una passeggiata al margine del caos*, Malcor D’, Catania 2016, pp. 82-83.

⁴ *Ivi*, pp. 77-78.

⁵ *Ivi*, p. 78.

⁶ Antonio CLERICUZIO, *Le forme e i moti della materia. Trasformazioni del meccanicismo nel Seicento*, in Paolo PECERE (a cura di), *Il libro della natura. Scienze e filosofia da Copernico a Darwin*, Carocci, Roma 2015, vol. I, p. 85.

⁷ *Ivi*, p. 86.

⁸ Cfr. Luigi INGALISO, *Algebra, infinitesimi e natura nell’età moderna*, in PECERE (a cura di), *Il libro della natura*, vol. I, pp. 150-151.

⁹ *Ivi*, p. 150.

spostato la *querelle* dall’esegesi all’epistemologia (sostenendo la certezza dei risultati matematici nella descrizione del reale) e all’ontologia (difendendo la struttura geometrica-matematica di cui è costituito il *liber naturalis*). Le procedure e il metodo sperimentale ancora oggi in uso sono l’ulteriore prova della feconda influenza esercitata da Galileo sul pensiero moderno.¹⁰

Con Galileo, in altre parole, si porta a compimento quella transizione dalla *mathesis mixta* medievale, che riconosceva alle matematiche miste un ruolo puramente descrittivo delle determinazioni quantitative del reale, senza nulla poter dire sui rapporti causali esistenti, alla *physico-mathesis* secentesca che non solo descriveva il mondo, ma lo spiegava mettendo in luce la struttura matematica.¹¹

D’altra parte, sempre tenendo in debito conto i meriti attribuiti al razionalismo analitico di Descartes, Galilei sembra aver decisamente tracciato il cammino verso lo sviluppo della Meccanica, a detta di Lagrange.¹² La “grande sintesi” tra sperimentalismo e razionalismo sarà poi opera di Newton, la cui eredità, punto di riferimento fondamentale della fisica classica, è tuttora assai significativa, pur nel nuovo quadro definito dalle acquisizioni più recenti.

Così il newtonianismo, l’empirismo di Bacone, lo sperimentalismo di Galilei e il razionalismo analitico di Descartes sarebbero confluiti in un’unica *philosophia naturalis*, capace di saldare ragione ed esperienza, fisica e matematica, geometria tradizionale e nuovo calcolo.¹³

Questo tipo di “fisica dell’ordine” si serve di «concetti estremamente semplificati e di approssimazioni molto spinte»,¹⁴ che sono, in realtà, anche alla base delle soluzioni legate a sistemi che presentano un elevato grado di disordine. La nozione di “caos deterministico” introdotta intorno agli anni Ottanta del Novecento, ha pertanto rappresentato una prima grande rivoluzione concettuale, che, nell’associare due aspetti antitetici, ha fornito la prova di come la presenza di una serie di leggi ben delineate non determini necessariamente una prevedibilità assoluta. Un certo grado di incertezza e rinuncia al controllo dei meccanismi naturali comincia a farsi avanti.¹⁵

¹⁰ Cfr. *ivi*, pp. 152-153.

¹¹ *Ivi*, p. 153.

¹² Cfr. Angelo MINUCCI – Stefano SALVIA – Andrea CINTIO, *La meccanica classica. Storia, filosofia e fondamenti*, in PECERE (a cura di), *Il libro della natura*, vol. I, pp. 163-164.

¹³ *Ivi*, p. 164.

¹⁴ PLUCHINO, *La firma della complessità*, p. 79.

¹⁵ Cfr. *ivi*, pp. 51-53.

Già sistemi dinamici molto semplici, a pochissimi gradi di libertà, la cui evoluzione temporale è regolata da equazioni deterministiche apparentemente innocue e banali, sono in grado di generare un comportamento talmente complesso da risultare completamente imprevedibile.¹⁶

Con l'avvento della complessità, si comprende finalmente come i sistemi semplici, in natura, siano in realtà l'eccezione e non la regola. Gran parte dei processi naturali si verifica, infatti, *at the edge of chaos*: «la nuova visione che emerge oggi è dunque una descrizione equidistante tra due rappresentazione alienanti: quella di un mondo deterministico e quella di un mondo arbitrario soggetto solo al caso».¹⁷ Del resto,

Nature is seldom so simple. It appears that natural processes are an amalgam of randomness and order. In our view it is the organization of the interplay between order and randomness that makes nature “complex.” A complex process then differs from a “complicated” process, a large system consisting of very many components, subsystems, degrees of freedom, and so on. A complicated system – such as an ideal gas – needn't be complex.¹⁸

Tradizionalmente, nell'ambito strettamente scientifico la complessità è stata utilizzata per indicare una nuova modalità di pensare i comportamenti collettivi di alcune unità base in interazione tra loro, quali atomi, molecole, neuroni o bit di un computer. Se, dunque, simmetria, linearità, prevedibilità e controllo costituiscono l'essenza della linearità¹⁹ e si accompagnano a leggi additive, ciò che caratterizza i sistemi complessi è la non linearità e l'irreversibilità nel tempo, oltre a una estrema sensibilità alle condizioni iniziali e alla presenza di interazioni a lungo raggio.²⁰

Nella descrizione di tali comportamenti, risulta fondamentale la legge di potenza, definita *firma matematica della complessità*. Attraverso di essa, molto più verosimilmente che con l'impiego di una curva esponenziale, è possibile illustrare l'andamento di numerosi sistemi complessi, i quali sono anche caratterizzati da autosomiglianza e invarianza di scala. È proprio la “anomala” distribuzione registrata che sorprese Per Bak, Chao Tang e Kurt Weisenfeld nel corso dei loro studi sui meccanismi relativi alla generazione delle valanghe, opportunamente simulati attraverso l'osservazione di mucchietti di sabbia. Il risultato delle loro ricerche, che portò a definire

¹⁶ *Ivi*, p. 53.

¹⁷ Ilya PRIGOGINE, *La fine delle certezze. Il tempo, il caos e le leggi di natura*, Bollati Boringhieri, Torino 2014, p. 178.

¹⁸ James P. CRUTCHFIELD, *Is Anything ever new? Considering Emergence*, in Mark A. BEDAU – Paul HUMPHREYS (edited by), *Emergence. Contemporary Reading in Philosophy and Science*, The MIT Press, Cambridge (US) 2008, p. 279.

¹⁹ Cfr. PLUCHINO, *La firma della complessità*, p. 26.

²⁰ Cfr. COVENEY – HIGHFIELD, *Frontiers of Complexity*, p. 9.

il fenomeno noto come criticità autoorganizzata (SOC, *self-organized criticality*), consisteva nel constatare che nel sistema si infiltravano gradualmente delle componenti instabili, fino a raggiungere un “punto critico”, a cavallo tra ordine e disordine, in cui si innescava un processo dinamico in grado – con una sorta di “effetto domino” – di provocare una valanga anche a partire da un singolo granello.²¹

Questo granello, con il suo peso, esercitava evidentemente una forza su ciascuno dei granelli con cui veniva a contatto: se per qualcuno dei nuovi granelli questa forza superava una certa soglia critica, essi avrebbero scaricato a loro volta il proprio peso sui granelli vicini, e così via, con un processo a cascata che può interrompersi quasi subito oppure propagarsi lungo tutto il sistema. Nessuno, quindi, può dire in anticipo quanto grande sarà una valanga.²²

Tale fenomeno si scoprì in seguito essere tipico di varie strutture complesse, a livello fisico, biologico e sociale: «dalle valanghe nei mucchietti di sabbia a quelle in alta montagna, dai terremoti alla diffusione degli incendi, dagli ingorghi del traffico all'andamento della borsa, dallo scoppio delle guerre alla tendenza della moda».²³ Mutando le componenti e la natura delle forze implicate, è possibile allora generalizzare tale tendenza a tutti i sistemi complessi, che in corrispondenza dello stato critico si autoorganizzano spontaneamente e si pongono all'interno di quella regione intermedia tra caso e necessità, definita “monte della complessità”.²⁴

The application of self-organized criticality serves to emphasize once again that the *global* properties of biological evolution cannot be apprehended by breaking them into their individual parts and then analyzing these as if they were independent of one another. Clearly, such reductionism is only a first approximation to the truth, and while it may afford us many insights, it always behooves us to put the pieces together again.²⁵

Il tutto non è dunque il risultato della semplice somma algebrica delle varie parti. Dalle loro interazioni si generano fenomeni collettivi coerenti che generano le cosiddette proprietà emergenti, riscontrabili solo a un livello superiore rispetto a quello delle singole unità.²⁶

D'altro canto, «l'emergere spontaneo di strutture ordinate in natura è sempre stato un enigma per la fisica tradizionale»,²⁷ si pensi al DNA, agli organismi stessi, agli ecosistemi,

²¹ Cfr. *ivi*, pp. 121-124.

²² *Ivi*, pp. 124-125.

²³ *Ivi*, p. 125.

²⁴ Cfr. *ibid.*

²⁵ COVENEY – HIGHFIELD, *Frontiers of Complexity*, p. 234.

²⁶ Cfr. *ivi*, p. 7.

²⁷ *Ivi*, p. 41.

agli stormi di storni, agli alveari, fino al propagarsi dell'allarmismo in borsa e alle coreografie del tifo da stadio. Di questi interrogativi si è occupato, per esempio, Phil Anderson in un articolo del 1972, *More is different*, che può essere considerato un vero e proprio manifesto dell'*emergentismo*, «una cornice concettuale delineatasi a partire dagli anni Venti nell'ambito della filosofia inglese e che, attraverso le esperienze della cibernetica degli anni Cinquanta e Sessanta, aveva ormai raggiunto una piena maturità».²⁸

It has been about a century and half since the ideas that we now associate with emergentism began taking shape. At the core of these ideas was the thought that as systems acquire increasingly higher degrees of organizational complexity they begin to exhibit novel properties that in some sense transcend the properties of their constituent parts, and behave in ways that cannot be predicted on the basis of the laws governing simpler systems.²⁹

Non è semplice dare una definizione esaustiva di una corrente di pensiero come l'emergentismo, o anche solo descrivere univocamente i fenomeni che sembrano manifestare quella che talvolta è considerata una sorta di *secret art*: «this word is often used in an infuriatingly vague sense by scientists, who may mean different things by it».³⁰ Anzi, per alcuni critici «the very idea of emergence seems opaque, and perhaps even incoherent»,³¹ tanto da essere tacciata di misticismo. La dottrina dell'emergenza è stata anche associata all'idea di una “causalità retroattiva”, in virtù della quale non soltanto le proprietà emergenti sono il risultato di date cause e possono essere causa di successivi effetti, ma esse possono anche influenzare retroattivamente i livelli inferiori da cui emergono.³² L'organizzazione spontanea in configurazione ordinate, l'allineamento del comportamento delle singole parti e la capacità di riadattamento a fronte di turbolenze esterne o interne al sistema sono altri dei caratteri tipici dei fenomeni emergenti, che necessitano però di ulteriori approfondimenti e concettualizzazioni filosofiche e scientifiche, per meglio chiarire cosa sia effettivamente l'emergenza e quando si verifichi.³³

The study of emergence is still in its infancy and currently is in a state of considerable flux, so a large number of important questions still lack clear answers. Surveying those questions is one of the best ways to comprehend the nature and scope of the contemporary philosophical and scientific debate about emergence.³⁴

²⁸ PLUCHINO, *La firma della complessità*, p. 97.

²⁹ Jaegwon KIM, *Making sense of Emergence*, in BEDAU – HUMPHREYS, *Emergence*, p. 127.

³⁰ COVENEY – HIGHFIELD, *Frontiers of Complexity*, p. 14.

³¹ BEDAU – HUMPHREYS, *Introduction*, in ID., *Emergence*, p. 1.

³² Cfr. KIM, *Making sense of Emergence*, p. 139.

³³ Cfr. BEDAU – HUMPHREYS, *Introduction*, p. 9.

³⁴ *Ivi*, p. 3.

Uno dei caratteri più evidenti, e anche una delle problematiche maggiormente dibattute, consiste nel fatto che quanto emerge è, allo stesso tempo, autonomo e dipendente dalla base. Siamo davanti a un giano bifronte, è vero, ma anche davanti a processi osservabili e fondamentali nella quotidianità.³⁵ La vita stessa è uno degli esempi più pregnanti di emergentismo, ma tale paradigma è stato applicato anche alla comprensione di fenomeni molto più controversi e dibattuti, come lo statuto della coscienza.

«The human brain is the supreme example of complexity achieved by biological evolution»³⁶ e, se appare chiaro che esso sia identificabile come il luogo in cui il pensiero si genera, non è universalmente condivisibile che il pensiero e la coscienza possano ridursi a una serie di connessioni neuronali.

What is the neural substrate of conscious experience? While William James concluded that it was the entire brain, recent approaches have attempted to narrow the focus: are there neurons endowed with a special location or intrinsic property that are necessary and sufficient for conscious experience? [...] Although heuristically useful, these approaches leave a fundamental problem unresolved: How could the possession of some particular anatomical location or biochemical feature render some neurons so privileged that their activity gives rise to subjective experience? Conferring this property on neurons seems to constitute a category error, in the sense of ascribing to things properties they cannot have.³⁷

Bisogna, inoltre, considerare anche le relazioni con l'ambiente esterno e questo complica ulteriormente la definizione dei processi che si verificano nel cervello, «the cathedral of complexity».³⁸ In questa gerarchia barocca di strutture dinamiche e statiche,³⁹ «anche il cervello sembra organizzarsi spontaneamente in quello che viene definito “stato critico”, una condizione di estrema instabilità dinamica al confine tra ordine e disordine, che produce un comportamento intermittente con imprevedibili valanghe di scariche sincronizzate di tutte le dimensioni».⁴⁰

Se è vero, tuttavia, che molte delle strutture naturali in cui si manifestano comportamenti complessi rappresentano dei mezzi utilissimi per comprendere la nozione di complessità in generale; è altrettanto vero che è grazie a simulazioni e programmi informatici che è possibile tentare di riprodurli quanto più fedelmente e monitorarne gli sviluppi. Non a caso, l'informatica e la matematica hanno avuto e

³⁵ Cfr. *ivi*, p. 6.

³⁶ COVENEY – HIGHFIELD, *Frontiers of Complexity*, p. 14.

³⁷ Giulio TONONI – Gerald M. EDELMAN, *Consciousness and Complexity*, “Science”, vol. 282, 1998, p. 1846.

³⁸ COVENEY – HIGHFIELD, *Frontiers of Complexity*, p. 279.

³⁹ Cfr. *ibid.*

⁴⁰ PLUCHINO, *La firma della complessità*, p. 115.

continuano ad avere un ruolo di prim'ordine rispetto al tentativo di comprensione di questo aspetto del reale.⁴¹

Nature's complexity defies the capabilities of pencil-and-papers mathematics. The digital computer is essential for our exploration of universal mathematical principles underpinning complex phenomena. Using these logical machines, we can simulate, create, and control an enormous wealth of complex processes, from the natural to the artificial.⁴²

L'interesse per la complessità si è dunque concentrato sui meccanismi che sostengono e sviluppano la complessità e sugli strumenti analitici e informatici adatti ad analizzarli.⁴³ Uno degli esempi di questa sorta di tentativo di cattura delle dinamiche vitali entro un computer, può essere considerato il cosiddetto Gioco della Vita (*Game of Life*), realizzato intorno agli anni Sessanta da Bill Gosper, a partire da un'idea di John Conway. È considerato un "automa cellulare", cioè «un modello matematico minimale in grado di generare, a partire da semplici regole deterministiche, *pattern* emergenti di una complessità così elevata da ricordare strutture di tipo biologico».⁴⁴ L'universo del gioco Life, illimitato in potenza, è rappresentato da un reticolo a due dimensioni formato da celle quadrate che possono assumere solo due stati, viva (si presenterà quindi nera) o morta (di colore bianco). Attraverso successive iterazioni, le celle del reticolo mutano il proprio stato, conformemente con determinate regole scelte in origine; il nuovo stato assunto dalla cella dipende da se stessa e dallo stato delle sue otto celle adiacenti allo step precedente. «Quello che si osserva simulando il gioco Life al computer è quindi una sequenza di configurazioni di celle bianche e nere il cui stato evolve nel tempo seguendo le regole dell'automa».⁴⁵ Nonostante ciascun utente possa delineare le proprie regole, le due leggi di "nascita" e di "morte" erano state scelte accuratamente da Conway in modo tale da dare origine a forme e strutture emergenti non banali, a partire da qualsiasi configurazione casuale: «le celle vive si aggregano e disaggregano in maniera complessa, ricordando a chi le osserva delle colture di microorganismi in rapida evoluzione».⁴⁶ Alianti, rospi, vespe, astronavi sono soltanto alcuni dei *pattern* realizzati, come anche la creazione in serie di creature a partire da creature originarie.⁴⁷

È importante sottolineare due aspetti di queste creature virtuali: primo, esse emergono in modo del tutto spontaneo da configurazioni iniziali completamente causali dell'universo

⁴¹ Cfr. COVENEY - HIGHFIELD, *Frontiers of Complexity*, pp. 89-90.

⁴² *Ivi*, p. 44.

⁴³ Cfr. Herbert SIMON, *Alternative views of complexity*, in BEDAU - HUMPHREYS, *Emergence*, p. 249.

⁴⁴ PLUCHINO, *La firma della complessità*, p. 107.

⁴⁵ *Ivi*, p. 108.

⁴⁶ *Ivi*, pp. 108-109.

⁴⁷ Cfr. *ivi*, pp. 107-109.

giocattolo, basta aspettare sufficientemente a lungo; secondo, anche se a guardarle esse sembrano proprio spostarsi sul reticolo, in realtà non vi è nulla che si sposti realmente: le celle del reticolo, infatti, non possono muoversi, possono solo cambiare stato (o colore); a muoversi è dunque, semplicemente, una particolare disposizione di quelle celle, una specie di impulso di energia che acquista un'esistenza indipendente dalle celle che lo costituiscono.⁴⁸

Grazie alla struttura reticolare e alla gestione di variabili discrete non lineari, gli automi cellulari costituiscono un valido aiuto non soltanto per la riproduzione, ma ancor più per la comprensione delle dinamiche che hanno luogo al margine del caos, dove poter andare alla ricerca dello schema della vita.⁴⁹

Particolarmente significativo è, ancora, il contributo fornito dalla teoria delle reti complesse, di recentissima elaborazione. A partire dal grafo regolare e dal grafo random (i due modelli di reti che impegnavano i matematici nella prima metà dello scorso secolo), Duncan Watts e Steven Strogatz avevano individuato nel 1998 un modello di rete sociale, *small-world network*, che si poneva in una via di mezzo tra il completo ordine e il disordine totale. «Bastava prendere un grafo regolare [...] dotato solo di legami forti tra nodi vicini, e sostituire alcuni di questi legami con legami deboli, a lunga distanza, collegandoli con altri nodi scelti a caso»:⁵⁰ mentre i legami forti, più numerosi, garantivano l'aggregazione locale, i legami deboli, seppur in minor quantità, permettevano di mantenere una coesione globale, congiungendo i vari nodi.⁵¹ Ciononostante, tale modello presentava una scala tipica, che in natura e in società non si riscontra. È all'articolo pubblicato su *Nature* dal fisico ungherese Albert-Làszlò Barabási che si deve, dunque, il passo decisivo nella definizione delle reti complesse, attraverso le *scale-free networks*, le quali, descrivibili per mezzo di leggi di potenza, mostravano maggiore fedeltà ai comportamenti naturali, da internet, alle catene alimentari degli ecosistemi, passando per le reti geniche e linguistiche.⁵²

Sembrava proprio che un numero enorme di sistemi biologici, sociali o tecnologici, se descritti in termini di reti complesse, mostrassero delle caratteristiche universali, contrassegnate dalla medesima firma matematica della legge di potenza nella distribuzione dei link: erano “piccoli mondi” dotati di invarianza di scala, con comunità o gruppi funzionali di nodi legati tra loro da legami a lunga distanza [...], e con molti nodi periferici e pochi nodi iperconnessi (gli *hub*).⁵³

⁴⁸ *Ivi*, pp. 109-110.

⁴⁹ Cfr. *ivi*, pp. 110-111.

⁵⁰ *Ivi*, p. 135.

⁵¹ Cfr. *ivi*, pp. 133-136.

⁵² Cfr. *ivi*, pp. 137-138.

⁵³ *Ivi*, p. 138.

Una conferma ulteriore della tesi ormai assodata, secondo cui «la complessità emerge spontaneamente da una ricetta molto semplice che dosa sapientemente ordine e disordine, determinismo e casualità».⁵⁴

Si è appurato che la materia possiede una spontanea tendenza ad auto-organizzarsi e a generare complessità,⁵⁵ ma ciò non toglie che comprendere la complessità della vita rimanga una delle sfide più difficili da affrontare per la scienza moderna. «For the scientist, complexity places renewed emphasis on interdisciplinary research in the Renaissance style, and underlines the symbiosis between science and technology».⁵⁶ L'indagine rivolta ai sistemi che regolano la vita e l'adozione di un approccio complesso sembrano, infatti, restituire un sano equilibrio tra l'aspetto materialistico della natura e la parte di essa che sfugge a una lettura meramente quantitativa.⁵⁷

Filosofia e scienze moderne, va ricordato, si sviluppano a partire da un terreno comune che genera da secoli una forte continuità problematica tra le due, che si è concretizzata in collaborazioni e sovrapposizioni, ma anche in una costante tensione.⁵⁸ Oggi, ancor più che in passato, un contributo filosofico e una revisione storico-critica dello statuto delle teorie non possono essere messi da parte; un dialogo tra saperi e prospettive che esige una profonda e convinta apertura disciplinare su tutti i fronti coinvolti. Alla luce degli ultimi sviluppi, è infatti emersa la consapevolezza che «le idee scientifiche sono credibili non perché sfuggano a ogni dubbio, ma perché sono quelle che hanno superato tutte le possibili critiche del passato e sono le più credibili perché sono state esposte alla critica di ognuno».⁵⁹ Lo studio della complessità ci ha anche restituito il concetto di medietà tra due estremi antitetici, una sorta di costante contrasto e complementarità tra gli opposti, in cui diversità e caoticità sostengono nuove configurazioni, riadattamenti e il permanere e perpetuarsi degli organismi e della vita stessa.⁶⁰

Nessi causali unidirezionali non sembrano più utili a spiegare fenomeni di cui è importante considerare retroazioni e reti di legami. La sociofisica mostra magistralmente come molte proprietà emergenti nelle dinamiche di gruppo si distinguano dall'azione dei singoli, che pure lo compongono. Additività, simmetria, controllo hanno, pertanto, perduto la loro validità nell'ambito di tutti quei processi che presentano un

⁵⁴ *Ivi*, p. 140.

⁵⁵ Cfr. COVENEY - HIGHFIELD, *Frontiers of Complexity*, p. 10.

⁵⁶ *Ivi*, p. 345.

⁵⁷ Cfr. *ivi*, p. 331.

⁵⁸ Cfr. Paolo PECERE, *La filosofia e le scienze moderne*, in ID., *Il libro della natura*, vol 1, pp. 11-12.

⁵⁹ Carlo ROVELLI, *Fisica e filosofia oggi*, in PECERE (a cura di), *Il libro della natura. Scienze e filosofia da Einstein alle neuroscienze contemporanee*, vol. II, p. 409.

⁶⁰ Cfr. COVENEY - HIGHFIELD, *Frontiers of Complexity*, p. 332.

comportamento descrivibile attraverso leggi di potenza. E ciò di cui oggi si fa esperienza è il dinamismo di strutture naturali e sociali complesse, a cui tutte le discipline sono chiamate a dirigere l'attenzione, in un rinnovato quadro cosmologico ed epistemologico che scardina numerosi schemi di pensiero tipici della modernità.

Real-world complex systems do not behave with clockwork regularity, and precise long-term forecasts about them are frequently moonshine. [...] There is no simple algorithm to turn to. Instead, we must try to understand the world in more global terms, through the *interactions* between its components. Instead of attempting to take a deterministic, mechanical view of the world, we need higher-level perspective if we are to make sense of it.⁶¹

Nota bibliografica

Réka ALBERT & Albert-László BARABÁSI, *Topology of evolving networks: local events and universality*, “Phys. Rev. Lett.”, 85, 2000, pp. 5234–5237.

Philip W. ANDERSON, *More is different*, “Science”, New Series, 177, 4047, 1972, pp. 393-396.

Robert AXELROD, *The Complexity of Cooperation*, Princeton University Press, Princeton 1997.

Bela H. BANATHY, *Designing Social Systems in a Changing World*, Plenum, New York 1996.

Gregory BATESON, *Mind and Nature: A Necessary Unity*, Dutton, New York 1979.

Mark A. BEDAU – Paul HUMPHREYS (edited by), *Emergence. Contemporary Reading in Philosophy and Science*, The MIT Press, Cambridge (US) 2008.

Enrico BELLONE, *Caos e armonia. Storia della fisica moderna e contemporanea*, UTET, Torino 1990.

Fritjof CAPRA, *The Web of Life*, Random House, New York 1996.

Peter COVENEY – Roger HIGHFIELD, *Frontiers of Complexity. The Search for Order in a Chaotic World*, Ballantine Books, New York 2008.

Richard DAWKINS, *The Selfish Gene*, Oxford University Press, Oxford 1976.

⁶¹ *Ivi*, p. 330.

Debora HAMMOND, *Philosophical and Ethical Foundations of Systems Thinking*, “tripleC”, 3, 2005, pp. 20-27.

Humberto R. MATURANA – Francisco J. VARELA, *Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht 1980.

Edgar MORIN, *Introduction à la pensée complexe*, Éditions Points, Paris 2005.

ID., *La tête bien faite. Repenser la réforme, réformer la pensée*, Éditions du Seuil, France 1999.

Martin NOWAK, *Supercooperatori. Altruismo ed evoluzione: perché abbiamo bisogno l'uno degli altri*, Codice Edizioni, Torino 2012.

Paolo PECERE (a cura di), *Il libro della natura*, 2 voll., Carocci, Roma 2015.

Alessandro PLUCHINO, *La firma della complessità. Una passeggiata al margine del caos*, Malcor D', Catania 2016.

Ilya PRIGOGINE, *Dall'essere al divenire*, Einaudi, Torino 1986.

ID., *La fine delle certezze. Il tempo, il caos e le leggi di natura*, Bollati Boringhieri, Torino 2014.

Giulio TONONI – Gerald M. EDELMAN, *Consciousness and Complexity*, “Science”, vol. 282, 1998, pp. 1846-1851.

Edward O. WILSON, *Sociobiologia. La nuova sintesi*, Zanichelli, Milano 1975.

Edward O. WILSON – Bert HÖLLDOLBER, *The Superorganism: The Beauty, Elegance, and Strangeness of Insect Societies*, W.W. Norton, New York 2008.