

## IL CONCETTO DI «COMPLESSITÀ»: CONTRIBUTO ALLA CHIARIFICAZIONE DELLE IMPLICAZIONI FILOSOFICHE

Luca Mori

### Semplicità e livelli di complessità

Gli studi sulla complessità sollevano speciali difficoltà per l'analisi filosofica: esse si manifestano già nei tentativi di definire il concetto stesso di «complessità», che appare carico di un'equivocità e di un'ubiquità analoghe a quelle che Stengers e Bailly hanno riferito alla nozione di «ordine»<sup>1</sup>.

L'esigenza di parlare di complessità al plurale è emersa fin da quando Warren Weaver, pubblicando nel 1948 l'articolo *Science and Complexity*<sup>2</sup>, suggerì di distinguere tra problemi «di semplicità (*problems of simplicity*)», «di complessità disorganizzata (*problems of disorganized complexity*)» e «di complessità organizzata (*problems of organized complexity*)». Nel primo gruppo Weaver faceva rientrare i quesiti relativi ai sistemi studiati abitualmente dalla fisica prima del Novecento, con due o poche variabili inseribili in equazioni come quelle della meccanica e della dinamica classiche: si può pensare ad una sfera che scende lungo un piano inclinato o al movimento di due palle su un biliardo. Al riguardo, l'autore di *Science and Complexity* non si soffermava sui problemi di complessità emersi anche nello studio dei sistemi dinamici costituiti da pochi elementi, come il *problema dei tre corpi*, in sostanza risalente già a Newton, relativo alla possibilità di determinare, a partire da una qualunque configurazione iniziale data, il movimento futuro (vicino o lontano) di tre masse puntiformi, libere di muoversi nello spazio e in condizione di attrazione reciproca secondo la legge newtoniana di gravitazione: già sul finire del diciannovesimo secolo Henri Poincaré aveva mostrato che al problema non si può dare una soluzione approssimata valida su un tempo arbitrariamente grande con un errore arbitrariamente piccolo. È il tema di fondo del *caos deterministico*: l'evoluzione di un sistema dinamico con un numero limitato di corpi può essere estremamente sensibile alle condizioni iniziali e restare imprevedibile in senso stretto, per quanto deterministica.

Ciò dipende anche dai limiti dell'osservazione, che non potrà mai cogliere con precisione assoluta tutti i valori di tutte le variabili implicate in uno stato di cose «reale»: l'ineliminabilità di un margine d'errore ancorché minimo ed il fatto che una differenza molto piccola nella configurazione iniziale rilevata in un sistema possa portare ad evoluzioni molto divergenti segnalano che fin dal livello di sistemi dinamici relativamente semplici – con due, tre o quattro variabili – l'osservatore non può concepirsi come un'istanza esterna e sovraordinata al campo d'osservazione, né sentirsi garantito nella pretesa di prevedere in modo estremamente preciso ed univoco gli stati futuri del sistema osservato. Nel caso di due biliardi perfettamente uguali, immaginando di imprimere movimento con la stessa identica forza a due palle collocate esattamente nella stessa posizione, una piccolissima differenza nella direzione del movimento impresso farà sì che dopo un certo numero di rimbalzi contro le sponde le traiettorie delle due palle non abbiano più alcunché in comune: tale piccolissima dif-

---

<sup>1</sup> I. Stenger, F. Bailly, *Ordine*, in I. Stengers (a cura di), *Da una scienza all'altra. Concetti nomadi* (1987), trad. it., Hopefulmonster, Firenze 1988, p. 191.

<sup>2</sup> W. Weaver, *Science and complexity*, «American Scientist», 36, 1948, pp. 536-544. Cfr. anche J.-L. Le Moigne, *Progettazione della complessità e complessità della progettazione*, in G. Bocchi, M. Ceruti (a cura di), *La sfida della complessità*, Feltrinelli, Milano 1985, pp. 97-99.

ferenza potrebbe essere intesa come il corrispettivo del margine d'errore minimo ineliminabile dall'osservazione, che preclude la *predicibilità completa* e destituisce di fondamento l'ideale della piena certezza della previsione; in particolari condizioni, ciò che si può individuare sono degli stati asintotici alternativi caratterizzati da differenti probabilità.

La non linearità, così concepita in relazione all'estrema sensibilità dell'evoluzione di un sistema alle condizioni assunte come iniziali, non riguarda soltanto i sistemi dinamici della fisica, ma è un tratto caratterizzante di tutti i sistemi complessi e dà origine all'esigenza di studiare tali sistemi in prospettiva *storica*, senza *isolarli* né spazialmente (prescindendo dalle relazioni in cui sono calati nel momento dell'osservazione) né temporalmente (prescindendo dalla loro evoluzione, dalla storia di loro movimenti e delle loro relazioni). Dai sistemi dinamici relativamente semplici ai sistemi complessi si ha dunque, come scrive Mauro Ceruti, il «venir meno della plausibilità euristica dell'ideale dell'onniscienza e del valore della completezza quali ideali e valori regolativi e normativi nello sviluppo delle conoscenze scientifiche e nella valutazione dei limiti e delle possibilità delle conoscenze umane»<sup>3</sup>.

Tornando a Weaver, egli includeva nei problemi di complessità disorganizzata tutti quelli relativi ai casi in cui moltissime variabili interagiscono senza un ordine o un'organizzazione apparente: come esempio si può considerare il caso di un biliardo immenso attraversato da milioni di palle che si urtano e rimbalzano contro le sponde. Gli elementi (le palle) interagiscono vincolate da un campo che le contiene (il biliardo), senza che l'intricatissimo susseguirsi degli urti assuma una qualche organizzazione riconoscibile da un osservatore umano: in tali condizioni, data una qualunque configurazione iniziale è impossibile pronunciarsi sullo stato futuro di una singola palla; le tecniche del calcolo statistico, tuttavia, permettono di elaborare informazioni sulle proprietà medie del sistema, arrivando addirittura a risultati più precisi al crescere delle variabili in gioco. Lasciando l'esempio del biliardo, si hanno problemi di complessità disorganizzata quando in una situazione di scambio telefonico esteso si fanno stime sulla frequenza media delle chiamate, oppure quando si vuole valutare la probabilità di chiamate concomitanti dirette allo stesso numero o ancora, più concretamente, quando una compagnia di assicurazioni preoccupata della propria stabilità finanziaria prende la decisione di assicurare un individuo – il cui futuro rimane comunque avvolto nel mistero – considerando un certo numero di caratteristiche medie relative ad una popolazione di riferimento.

I problemi che Weaver definisce «di complessità organizzata» si presentano in una «*vasta regione intermedia (great middle region)*» tra le due tipologie sopra menzionate, nel campo dei processi e dei fenomeni in cui le molte variabili in gioco appaiono connesse in modo tale da generare una qualche organizzazione: i processi che portano alla formazione dell'embrione e all'invecchiamento, il metabolismo cellulare e gli effetti delle sostanze chimiche sugli organismi sono

---

<sup>3</sup> M. Ceruti, *Il vincolo e la possibilità*, Feltrinelli, Milano 1986, p. 6. Per quanto riguarda la connessione tra gli eventi e il divenire del sistema, sono importanti le nozioni di non-equilibrio, vincolo e gioco. Il chimico fisico Ilya Prigogine, premio Nobel nel 1977 per la teoria delle strutture dissipative, scrive: «Il passaggio dalla descrizione dinamica alla descrizione probabilista si effettua, a grandi linee, attraverso il passaggio da una descrizione in termini di traiettorie a una descrizione in termini di dominio» (I. Prigogine, *L'esplorazione della complessità*, in G. Bocchi, M. Ceruti, *La sfida della complessità*, cit., pp. 179-193, citazione da p. 188).

caratterizzati da un numero molto grande di variabili «correlate in un modo complicato, ma non confuso (*interrelated in a complicated, but nevertheless not in helter-skelter, fashion*)»<sup>4</sup>: «Cosa fa sì – si chiede Weaver – che una primula della sera si dischiuda quando si dischiude? Cosa fa sì che l’acqua salata non soddisfi la sete? Perché una particolare varietà genetica di microorganismi può sintetizzare nel suo minuscolo corpo certi composti organici che altre varietà dello stesso organismo non riescono a produrre? Perché una certa sostanza chimica è un veleno mentre risulta del tutto innocua un’altra, le cui molecole hanno precisamente gli stessi atomi, ma disposti in un *pattern* inverso come in un’immagine speculare? Perché la quantità di manganese nella dieta influisce sull’istinto materno di un animale? Qual è, in termini biochimici, la descrizione dell’invecchiamento? Che significato assegnare alla domanda: un virus è un organismo vivente? Cos’è un gene e come la costituzione genetica originaria di un organismo vivente si esprime nelle caratteristiche sviluppate dell’organismo adulto? Le molecole proteiche complesse “sanno come” replicare i propri *pattern* e questa è una chiave essenziale al problema della riproduzione delle creature viventi? Tutti questi sono certamente problemi complessi, ma non problemi di complessità disorganizzata, del genere di quelli la cui chiave è fornita dai metodi statistici»<sup>5</sup>.

Nell’impostazione di Weaver troviamo una distinzione di fondo tra il versante della *semplicità* e quello della *complessità*. In anni più recenti, il fisico Murray Gell-Mann (premio Nobel per la fisica nel 1969 per il suo lavoro sulle particelle elementari) è arrivato a scrivere che la gravitazione einsteiniana è semplice rispetto alla complessità di un pesciolino rosso, aggiungendo che «potremmo quindi trovarci nella necessità di definire vari tipi di complessità, alcuni dei quali non sono forse ancora stati concepiti»<sup>6</sup>. In questa prospettiva, tuttavia, *semplicità* e *complessità* sono profondamente correlate. Al Santa Fe Institute, uno dei più prestigiosi centri mondiali di ricerca sulla complessità – di cui lo stesso Gell-Mann è membro illustre – lo scenario dei campi d’indagine e delle teorie è molto diversificato, come emerge chiaramente dal libro *Complexity* di Waldrop<sup>7</sup>: gli studiosi del Santa Fe Institute – «istituto senza mura» e senza facoltà per-

<sup>4</sup> Ivi, p. 539.

<sup>5</sup> *Ibidem*. Per problemi come quelli citati da Weaver anche la nozione di «legge» deve essere rivista. A questo proposito è chiaro Mauro Ceruti: «Le leggi non ci dicono nulla quanto all’effettivo decorso spazio-temporale dei fenomeni. Esprimono piuttosto gli insiemi delle possibilità entro le quali, di volta in volta, hanno luogo i processi effettivi. Il decorso degli eventi non è mai dato in anticipo. Le leggi sono simili alle regole di un gioco che stabiliscono un universo di discorso, una gamma di possibilità in cui si ritagliano gli effettivi decorsi spazio-temporali, dovuti in parte al caso e in parte alle abilità o alle deficienze dei giocatori»; «l’idea di vincolo sottolinea come ogni cosa non può produrre una qualsiasi altra cosa, come in un dato momento a un dato mondo possibile non sono accessibili tutti gli altri mondi possibili» (M. Ceruti, *La hybris dell’onniscienza e la sfida della complessità*, in G. Bocchi, M. Ceruti, *La sfida della complessità*, cit., pp. 25-48, citazione da p. 30). Come ribadirà nel 1986, ne *Il vincolo e la possibilità* (cit., p. 44), ciò che Ceruti intende sostenere è che «possiamo parlare di una transizione da una nozione di legge prescrittiva e *necessitante* ad un’idea di legge intesa come espressione di un *vincolo*», e che «questa reinterpretazione della nozione di legge, dei concetti di necessità e di ordine, fa parte di un processo più generale di reintegrazione dell’osservatore nelle proprie descrizioni, che caratterizza i più importanti esiti tecnici della scienza contemporanea».

<sup>6</sup> M. Gell-Mann, *Il quark e il giaguaro: avventure nel semplice e nel complesso* (1994), tr. it. di L. Sosio, Bollati Boringhieri, Torino 2000, p. 47.

<sup>7</sup> W. M. Waldrop, *Complessità. Uomini e idee al confine tra ordine e caos* (1992), tr. it. di L. Sosio, Instar Libri, Torino 1995.

manenti, il cui intento fondamentale consiste nel promuovere la collaborazione tra studiosi di discipline diverse e nel tentare di comprendere, grazie alle indagini multidisciplinari così attivate, le strutture e le dinamiche comuni nei sistemi naturali, artificiali e sociali – condividono il proposito di «[...] scoprire i meccanismi sottostanti alla profonda semplicità presente nel nostro mondo complesso (*uncover the mechanisms that underlie the deep simplicity present in our complex world*)»<sup>8</sup>. Qui i concetti di *semplicità* e *complessità* non sono contrapposti. Da un certo punto di vista, può essere ripresa l'osservazione di Gaston Bachelard, quando ne *Il nuovo spirito scientifico* scriveva che «in realtà non esistono fenomeni semplici; il fenomeno è una trama di relazioni. Non vi è *natura* semplice, sostanza semplice; la sostanza è tutt'un tessuto di attributi. Non vi sono idee semplici [...]»<sup>9</sup>. Se poi volessimo dire che, ad un qualche livello d'indagine, è possibile trovare semplicità in natura, dovremmo tuttavia riconoscere con lo stesso Gell-Mann che definire la semplicità non è impresa meno gravosa del definire la complessità<sup>10</sup>.

Studiando i sistemi complessi, ovvero ponendosi domande come quelle citate da Weaver, si dovrà tener presente che ciò che chiamiamo realtà «esibisce una infinita profondità descrittiva»<sup>11</sup> e che, osservando, necessariamente selezioniamo e semplifichiamo. Ne può conseguire un «*semplificazionismo metodologico*»<sup>12</sup> ovvero una «presunzione di semplicità», le cui implicazioni non devono essere sottovalutate. Semplificare, tuttavia, è inevitabile, come sosteneva già William James nei suoi *Principi di psicologia*: «scopo della scienza è sempre quello di ridurre la complessità a semplicità [*the aim of science is always to reduce complexity to simplicity*]»<sup>13</sup>.

Nel passaggio dalla complessità alla semplicità si incontrano però *differenti livelli di complessità*. Quasi aggiornando l'approccio di Weaver, Friedrich Cramer – direttore dell'Istituto Max Planck per la Medicina sperimentale di Gottinga<sup>14</sup> – propone la distinzione tra complessità subcritica, critica e fondamentale. La *complessità subcritica* «è propria dei sistemi che, pur essendo influenzati da una quantità di parametri imponderabili, possono essere ricondotti, con approssimazioni matematiche, a sistemi deterministici, cui si applicano le normali leggi fisiche: ad esempio le leggi newtoniane [...]». Tuttavia equazioni di partenza rigorosamente deterministiche non costituiscono di per sé un tratto distintivo della complessità di tipo subcritico, dato che tali equazioni possono avere anche soluzioni caotiche»<sup>15</sup>. Si ha *complessità critica* quando – in corrispondenza ad un certo valore critico delle variabili implicate in un sistema comples-

<sup>8</sup> Si vedano le linee programmatiche dell'istituto di ricerca, anche sul sito ufficiale: [www.santafe.edu](http://www.santafe.edu).

<sup>9</sup> G. Bachelard, *Il nuovo spirito scientifico* (1934), tr. it. a cura di E. Albergamo, Laterza, Bari 1951, p. 189.

<sup>10</sup> M. Gell-Mann, *Il quark e il giaguaro*, cit., p. 47.

<sup>11</sup> N. Rescher, *Nature and understanding. The metaphysics and method of science*, Clarendon Press, Oxford 2000, p. 23.

<sup>12</sup> Ivi, p. 24 (*methodological simplificationism/presumption of simplicity*).

<sup>13</sup> W. James, *The Principles of psychology*, 2 voll., MacMillan and Co., London 1901, p. 230. Nel capitolo su *Discrimination and comparison*, James proseguiva precisando che l'idea semplice di Locke e l'impressione semplice di Hume sono astrazioni, mai esperite né esperibili realmente.

<sup>14</sup> Si veda per esempio F. Cramer, *Caos e ordine. La complessa struttura del vivente* (1988), tr. it. di P. Budinich, Bollati Boringhieri, Torino 1994, pp. 286 sgg.

<sup>15</sup> Ivi, p. 288.

so – «iniziano a svilupparsi delle strutture ordinate: così, nel caso più semplice, assistiamo al formarsi di correnti convettive e di celle di convezione [...]. Tali sistemi formano sottosistemi del tipo di quelli che si riscontrano nell'evoluzione oppure nella termodinamica irreversibile [...] La relazione di indeterminazione di Heisenberg rientra nell'ambito della complessità critica [...]»<sup>16</sup>.

Infine, la *complessità fondamentale* si riferisce a quei sistemi che, «pur prendendo avvio da condizioni iniziali deterministiche, presentano soluzioni indeterministiche o caotiche. Questi sistemi smentiscono ogni previsione [...]. Spesso la transizione della complessità critica a quella fondamentale non può essere definita con chiarezza; proprio a causa del carattere indeterministico dei sistemi fondamentalmente complessi, tale transizione sfugge ad una comprensione esatta anche nel suo aspetto temporale, strutturale o energetico»<sup>17</sup>. Le distinzioni così proposte possono essere chiarite con un esempio dello stesso Cramer, considerando tre differenti *sequenze* di caratteri e le istruzioni necessarie a riprodurle o «sintetizzarle».

La sequenza «*a a a a a a a a a a a a a a ...*» è omogenea, o subcomplessa, ed il programma necessario ad ottenerla consiste nella semplice istruzione: (*Istruzione I*): «Scrivi dopo ogni *a* un'altra *a*».

Una sequenza di complessità più elevata è la seguente: «*a a b a a b a b b a a b a a b a b b ...*», che può essere riprodotta da un'insieme di istruzioni così concepito: (*Istruzione II*): «dopo due *a*, scrivi una *b*; esegui due volte, e alla terza volta sostituisci la seconda *a* con una *b*; quindi *inizia da capo*». In questo caso, per quanto articolato, la sequenza di caratteri lascia intravedere un ordine, un'organizzazione sintetizzabile in un algoritmo e da esso «recuperabile».

Una sequenza che non presenta alcuna struttura ripetitiva riconoscibile e che, pertanto, non può essere sintetizzata in un programma (da cui possa poi risultare come dispiegandosi) ma solo scritta per esteso, è quella che presenta, nella formulazione di Cramer, una *complessità fondamentale*<sup>18</sup>.

Se ora si passa da sequenze di segni e di istruzioni a interazioni complesse come quelle d'apprendimento o di comunicazione umana, è inevitabile chiedersi se l'idea di «misura» abbia ancora senso ed eventualmente a quale livello descrittivo. Ogni presunta sintesi, ogni semplificazione proponibile, dipenderà dal codice di cui l'osservatore dispone.

### **L'osservatore e la «grana» delle descrizioni**

Da quanto detto fin qui si ricava che, in molti sensi e in ambiti diversi, il termine «complessità» rimanda alla presenza di un qualche ordine tra molteplici variabili in relazione e al concetto di sistema organizzato<sup>19</sup>. Più specificamente, Ludwig von Bertalanffy<sup>20</sup> sottolineava la rilevanza della nozione di «*sistema aperto*» per elaborare un'alternativa teorica ai presupposti che la scienza moderna

---

<sup>16</sup> Ivi, pp. 288-289.

<sup>17</sup> Ivi, p. 290.

<sup>18</sup> Vedi F. Cramer, *Fundamental Complexity. A Concept in Biological Sciences and Beyond*, «Interdisciplinary Sciences Review», 4, 1979, pp. 132-139.

<sup>19</sup> Mario Bunge lamenta, a ragione, lo scarso interesse dei filosofi per la nozione di «sistema» nella prospettiva della complessità. Cfr. M. Bunge, *Emergence and Convergence. Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge*, University of Toronto, Toronto 2003, p. 26.

<sup>20</sup> L. von Bertalanffy, *Teoria generale dei sistemi* (1967, 1972<sup>3</sup>), tr. it. di E. Bellone, Mondadori, Milano 2004, p. 67.

poneva come indiscutibili: l'isolabilità dell'oggetto studiato dal suo ambiente e l'ipotesi della non interferenza tra osservatore ed oggetto osservato.

La forma e la struttura di un sistema aperto, quale ad esempio un organismo biologico, evolvono in base alle relazioni con altri sistemi e con l'ambiente: si usa anche precisare che i sistemi complessi sono al tempo stesso aperti e chiusi, distinguendo l'apertura *termodinamica* (il fatto che un sistema scambi energia e informazioni con l'ambiente) dalla chiusura *organizzativa*, a indicare la relativa *autonomia auto-organizzativa* del sistema<sup>21</sup>. Tali distinzioni non vanno intese in chiave dualistica, come segnalò Heinz Von Foerster quando, nella comunicazione del 5 maggio 1960 all'*Interdisciplinary Symposium on Self-Organizing Systems* di Chicago, *Sui sistemi auto-organizzatori e i loro ambienti*, avanzò la tesi volutamente provocatoria secondo cui «non esistono sistemi auto-organizzatori»<sup>22</sup>, giacché il sistema, per quanto autonomo, va sempre considerato in relazione all'ambiente e ad una diminuzione dell'entropia del sistema che si auto-organizza corrisponde sempre un aumento dell'entropia nell'ambiente.

Ciò che fra gli anni Quaranta e Cinquanta del ventesimo secolo rese possibile concepire una Teoria Generale dei Sistemi fu l'idea che si potessero rilevare isomorfismi tra sistemi d'ordine diverso, come ad esempio quelli studiati dalla biologia, dall'ingegneria o dalla sociologia: Ludwig von Bertalanffy precisava che l'isomorfismo riguarda solo «certi aspetti per cui è possibile applicare a fenomeni diversi gli stessi modelli concettuali e le astrazioni corrispondenti» e che «questo non vuol dire che i sistemi fisici, gli organismi e le società si assomiglino»<sup>23</sup>. Tra i precursori della concezione «sistemica», von Bertalanffy citava il *De Ludo Globi* di Nicola da Cusa, le filosofie dialettiche di Hegel e Marx, la nozione di omeostasi di Claude Bernard, la psicologia della *Gestalt* di Lotka, le ricerche matematiche di Vito Volterra e la filosofia naturale di Whitehead<sup>24</sup>. In anni più recenti, Murray Gell-Mann ha richiamato l'attenzione sui sistemi complessi adattativi, scrivendo che nel loro studio «si cominciano a intravedere i principi generali che sono comuni ai vari sistemi [...]»<sup>25</sup>. Lo scienziato

<sup>21</sup> L'apertura termodinamica è anche trattata come apertura *strutturale*, come esposizione della struttura alle perturbazioni dell'ambiente. Sulla distinzione tra organizzazione e struttura del sistema, è molto chiaro quanto scrive Ceruti (*Il vincolo e la possibilità*, cit., p. 111): «[...] perché un sistema appartenga ad una determinata classe, l'organizzazione che lo definisce deve rimanere *invariante*, mentre la sua struttura può subire dei *cambiamenti*. Quindi, la *stessa* organizzazione può realizzarsi o manifestarsi attraverso strutture *differenti*»; «Un sistema *autonomo* si definisce quindi come un sistema che subordina tutti i cambiamenti strutturali alla *conservazione* della sua organizzazione, mentre la nozione di *apertura* si riferisce alla struttura». A proposito dell'auto-organizzazione, il biologo Henri Atlan ha scritto che «in termini assai generali ciò che caratterizza l'autoorganizzazione è uno stato ottimale che si situa fra i due estremi di un ordine rigido, inamovibile, incapace di modificarsi senza essere distrutto, come è l'ordine del cristallo, e di un rinnovamento incessante e senza alcuna stabilità, rinnovamento che evoca il caos e gli anelli di fumo» (H. Atlan, *Complessità, disordine e autocreazione del significato*, in G. Bocchi, M. Ceruti, *La sfida della complessità*, cit., pp. 158-178, citazione da p. 166).

<sup>22</sup> Si veda H. von Foerster, *Sistemi che osservano* (1981), tr. it. a cura di M. Ceruti e U. Telfener, Astrolabio, Roma 1987.

<sup>23</sup> L. von Bertalanffy, *General System Theory*, «General Systems Yearbook», I, 1956, pp. 1-10, citato in P. Watzlawick, J. H. Beavin, Don D. Jackson, *Pragmatica della comunicazione umana* (1967), tr. it. Di M. Ferretti, Astrolabio, Roma 1971, p. 114.

<sup>24</sup> Per le cautele nella ricerca degli antecedenti, A. M. Iacono, *L'evento e l'osservatore. Ricerche sulla storicità della conoscenza*, Lubrina, Bergamo 1987 (seconda edizione in corso di stampa per Edizioni ETS, Pisa).

<sup>25</sup> M. Gell-Mann, *Il quark e il giaguaro*, cit., p. 13.

definisce complessi e adattativi i sistemi capaci di apprendere ed evolvere in modo analogo ai sistemi viventi: rientrano in quest'ambito esteso di ricerca i temi dell'evoluzione della chimica prebiotica, dell'origine della vita sulla terra e dell'evoluzione biologica in generale; il comportamento degli organismi nei sistemi ecologici, il funzionamento del sistema immunitario, le dinamiche dell'apprendimento, l'evoluzione delle società umane, il comportamento di investitori nei mercati finanziari e l'uso di software e/o hardware per fare previsioni e elaborare strategie. Parte significativa dell'impresa della complessità consiste, secondo Gell-Mann, nella ricerca di somiglianze e differenze tra i sistemi complessi adattativi caratteristici di aree di ricerca tradizionalmente distinte come le precedenti, all'interno delle quali si possono condurre indagini più circostanziate: ad esempio, su come un bambino impara una lingua e su come i batteri sviluppano resistenza agli antibiotici. Ad un livello formale più astratto, potremmo dire che un sistema complesso adattativo si caratterizza per la possibilità di acquisire informazioni dall'ambiente e di interagire con esso e con altri sistemi complessi, rilevando regolarità ed elaborando di conseguenza schemi d'azione.

Poiché riguarda una molteplicità di fenomeni e processi che vanno dal mondo prebiotico (ad esempio, fenomeni come le celle di Bénard) al mondo vivente (cellula, organismi) fino ai mondi simbolici (società, menti), della complessità non si dà un paradigma. Si deve dunque parlare di complessità all'interno di un orizzonte epistemologico frastagliato e plurale nelle correlazioni tracciabili fra ambiti di ricerca differenti per il lessico e le metodologie impiegate. Passando dalle particelle fisiche elementari alla cosmologia, dai sistemi biologici alle menti, dalle dinamiche caotiche che lasciano emergere strutture che appaiono ordinate e regolari ad un osservatore, fino all'analisi delle reti che descrivono l'articolarsi di nodi e collegamenti in più ambiti (Internet, traffico, relazioni sociali, mercati e così via), chi studia i sistemi complessi condivide anzitutto un lessico ed un insieme di punti di vista e di strategie euristiche. Ci sono pertanto nozioni, formule e metafore che attraversano i confini disciplinari: struttura e organizzazione; auto-organizzazione, apertura e chiusura del sistema; sistema e ambiente; autonomia e dipendenza; emergenza di ordine (*order from noise*, *order from chaos*) e comportamenti collettivi; non linearità, vincolo e possibilità, eccetera.

L'equivocità e l'ubiquità associabili al termine «complessità» vanno perciò comprese anche in relazione alla molteplicità dei fenomeni, dei processi e dei sistemi studiati come *complessi*. Anche per questo motivo, non è pacifico se e come si possa dire *quanto* un sistema è complesso. Come si è accennato, infatti, ogniquale volta si tenta di stabilire l'effettiva *complessità* di un sistema non si può prescindere dal livello d'osservazione adottato o, in altri termini, dalla *grana* più o meno fine della descrizione<sup>26</sup>: «Noi definiamo complessità effettiva di un'entità, con riferimento a un sistema complesso adattativo che la osserva e ne costruisce uno schema come la lunghezza di una descrizione concisa delle sue regolarità identificate nello schema»<sup>27</sup>. La *lunghezza* della descrizione dipende dall'osservatore e dai suoi codici.

---

<sup>26</sup> Ivi, pp. 49-52.

<sup>27</sup> Ivi, p. 76.

Tra i tentativi di definire una qualche misurabilità – se non altro per consentire la comparabilità tra le complessità in gioco in sistemi differenti – si possono considerare come termini di riferimento esemplari quelli che si richiamano alle idee di complessità algoritmica ricavabili da Gregory Chaitin, Andrej N. Kolmogorov o Ray Solomonoff, studiosi che lavoravano indipendentemente sulla teoria e sui fondamenti filosofici della calcolabilità e della probabilità: in questo approccio, la complessità di una sequenza di bit può essere espressa con un parametro il cui valore è proporzionale alla lunghezza minima del programma necessario a riprodurre quella sequenza su un computer; più precisamente, in una macchina universale di Turing, la complessità di una stringa si misura in relazione alla lunghezza minima del programma necessario a produrla. Von Foerster, in un intervento del 1981 su ordine e disordine, sostenne quanto segue<sup>28</sup>: «[...] Proposizione numero uno: una metafora computazionale ci permette di associare il grado di ordine di una configurazione alla concisione della sua descrizione. Proposizione numero due: la lunghezza delle descrizioni dipende dal linguaggio usato. Da queste due proposizioni ne segue una terza, che rappresenta il culmine della mia argomentazione: poiché il linguaggio non è qualcosa che noi scopriamo, poiché siamo noi a sceglierlo e a inventarlo, il disordine e l'ordine sono nostre invenzioni!». Si tratta di un ulteriore richiamo al fatto che l'osservatore *complesso* della complessità è incluso nel sistema che osserva, con i codici di cui dispone e la sua parziale assunzione di prospettive ogniquale volta elabora modelli della realtà.

Nel libro *Complexity: a philosophical overview*, Nicholas Rescher scrive che la complessità di un sistema è legata alla quantità e varietà degli elementi che lo costituiscono e alla trama di relazioni della sua struttura organizzativa ed operativa<sup>29</sup>; perciò sostiene che il nostro «indice pratico (*practical index*)» per valutare la complessità di un insieme è riconducibile, per così dire, allo «sforzo» cognitivo necessario per arrivare ad una sua descrizione o spiegazione. Limitandoci a questa indicazione, tuttavia, resteremmo nell'ambito delle suggestioni. Il ricorso ad un criterio di derivazione computazionale sembra più promettente: in grado, da un lato, di dar conto dello «sforzo» richiesto all'osservatore e, dall'altro, di fornire un metodo applicabile, se opportunamente calibrato, a differenti tipologie di sistemi. Ciò sembra costituire un requisito indispensabile per ogni criterio di misurazione della complessità che s'intenda proporre, dal momento che la complessità costringe a pensare *isomorfismi* in ambiti di ricerca apparentemente non correlati. Permane tuttavia una riserva: il taglio prospettico necessario alla misurazione non sembra proponibile in tutti gli ambiti fenomenici investiti dal lessico della complessità. Basti pensare a singoli «eventi» o alla *storia* umana. Volendo misurare la complessità non di una stringa o di una computazione, ma di una «cosa» (sistema o processo) o di un «evento» del «mondo reale», la dipendenza dal contesto e il fattore soggettivo dell'osservazione influiscono su ogni tentativo di misurazione (modo, posizione, livello di dettaglio della descrizione, linguaggio impiegato, metodo di codificazione del linguaggio, eccetera). Ciò vale peraltro in tutti gli ambiti disciplinari, a partire dalla fisica: possiamo descrivere il comportamento di un gas in base a tre variabili macroscopiche come pressione, volume e temperatura, e ritenerci

<sup>28</sup> H. von Foerster, *Sistemi che osservano*, cit., p. 200.

<sup>29</sup> N. Rescher, *Complexity. A Philosophical Overview*, Transaction Publishers, New Brunswick, New Jersey 1998.

soddisfatti; ma rimane il problema del passaggio a livelli di descrizione mesoscopici e microscopici<sup>30</sup>.

A proposito della selezione dell'osservatore e delle rilevanze, Gell-Mann fa notare che, considerando la complessità di una cosa «reale», potremmo riferirci alla lunghezza di una descrizione concisa non dell'entità osservata complessivamente, ma di un insieme di regolarità che la caratterizzano; in tal senso il problema dell'osservatore rimane, poiché, essendo impossibile rilevare *tutte* le regolarità e irregolarità di ciò che si osserva, «sorge la questione circa chi o cosa determini la classe di regolarità da considerare». Anche senza disporre di un criterio di misura della complessità, e senza dimenticare che il sistema complesso resta irriducibile ad ogni possibile schematizzazione, Murray Gell-Mann suggerisce che la «complessità effettiva» può essere elevata solo in regioni intermedie tra completo disordine e ordine totale. L'equivocità e il carattere ubiquitario del concetto di ordine non permettono però una risposta univoca e definitiva alla domanda che potrebbe presentarsi, circa il grado d'intermedietà tra ordine e disordine; né disponiamo di un criterio per la selezione di rilevanze, o di una misura che possa prescindere di volta in volta dal contesto, dal linguaggio e dall'osservatore, poiché l'osservatore, il suo codice ed i suoi strumenti sono parte integrante e costitutiva di ciò che è osservato<sup>31</sup>.

Tenendo conto dello scenario fin qui delineato, si comprende perché Bertuglia e Vaio siano arrivati ad osservare che gli studi e le ricerche «riconducibili sotto l'espressione di "scienza della complessità"» non appaiono «fondati su alcuna "teoria della complessità" coerentemente formulata»<sup>32</sup>. Non è in discussione soltanto il contenuto di una definizione unitaria e onnicomprensiva<sup>33</sup>, ma la legittimità stessa del tentativo. Accade sempre che, a seconda che ci si riferisca alla struttura di un sistema o alla sua evoluzione dinamica, il significato del termine complessità sia diverso<sup>34</sup>. Qualora si opti per la rinuncia alla definizione unitaria, valida per tutti i livelli e per tutti i sistemi di complessità, non ci si sottrae a un altro scenario problematico: in che senso possiamo parlare di *scienza della complessità*, se l'oggetto centrale di tale scienza sfugge alla definizione e alla misurazione?<sup>35</sup>

<sup>30</sup> Per approfondire, si veda R. Badii, A. Politi, *Complexity. Hierarchical structures and scaling in physics*, Cambridge University Press, Cambridge 1997.

<sup>31</sup> Tra gli altri, Gallino e Le Moigne hanno sostenuto che la complessità non è nella natura delle cose o nella struttura del sistema osservato, ma nel codice dell'osservatore e nella relazione osservatore-osservato. Cfr. L. Gallino, *Complessità esterna e complessità interna nella costruzione d'un modello di comportamento*, in G. Bocchi, M. Ceruti, *La sfida della complessità*, cit. pp. 274-297 e J.-L. Le Moigne, *Progettazione della complessità e complessità della progettazione*, cit.

<sup>32</sup> C. S. Bertuglia, F. Vaio, *Non linearità, caos, complessità. Le dinamiche dei sistemi naturali e sociali*, Bollati Boringhieri, Torino 2003, pp. 299-300.

<sup>33</sup> Su questo punto, cfr. il problema segnalato da Waddington: «[...] nessuno è ancora riuscito a dare una definizione di complessità abbastanza significativa da permetterci di stabilire con esattezza il grado di complessità che caratterizza un dato sistema» (C. H. Waddington, *Strumenti per pensare. Un approccio globale ai sistemi complessi*, tr. it. di V. Sala, Mondadori, Milano 1977, p. 28).

<sup>34</sup> M. Cini, *Un paradiso perduto. Dall'universo delle leggi naturali al mondo dei processi evolutivi*, Feltrinelli, Milano 1994, p. 120.

<sup>35</sup> A proposito della definizione di «complessità», Bertuglia e Vaio osservano che «[...] sono state proposte, finora, decine di definizioni diverse e di modi diversi di misurare la complessità [...], i quali fanno riferimento a concetti come entropia, informazione, casualità, ecc. Il più delle volte, però, tali definizioni sono non sufficientemente generali, ma applicabili a un contesto molto ristretto, oppure sono poco rigorose, per non dire vaghe o approssimative, in particolare per quanto attiene alla possibilità di quantificare la complessità definita come grandezza misu-

Una volta riconosciuta tanta varietà di declinazioni possibili, si comprende l'approccio di chi, come Edgar Morin, ha preferito, anziché definire, elencare alcune «vie» della complessità<sup>36</sup>. Tra queste: l'irriducibilità del caso e del disordine; l'attenzione alla singolarità, alla località e alla temporalità; la complicazione incomputabile delle inter-retroazioni caratteristica dei sistemi complessi; la complementarietà tra le nozioni di ordine, disordine e organizzazione (dal principio di von Foerster dell'*order from noise*, a quello di Atlan, *complexity from noise*); l'*unitas multiplex* dell'organizzazione e l'emergenza di proprietà; il principio ologrammatico (il tutto nella parte) e l'organizzazione ricorsiva, per cui gli effetti e i prodotti della causazione sono necessari alla causazione stessa; la crisi dei concetti «chiusi» e delle distinzioni dualistiche (ad esempio, il legame tra autonomia e dipendenza, tra apertura e chiusura di un sistema complesso); il ritorno dell'osservatore e l'esigenza di un pensiero a più dimensioni (che è l'esigenza, precedentemente segnalata, di moltiplicare i livelli di descrizione)<sup>37</sup>. Con questa impostazione, Morin si spinge a indagare la relazione di rimandi circolari che intercorre tra fisica, biologia e antropo-sociologia, pur precisando di non aspirare ad una conoscenza generale, né ad una teoria unitaria.

### Alcune implicazioni filosofiche degli studi sulla complessità

Nell'orizzonte epistemologico della complessità, mutando gli assunti preliminari caratteristici del meccanicismo moderno, le colonne d'Ercole della pensabilità scientifica si spostano. Pensare la complessità significa pensare le discontinuità nella natura come scarti evolutivi, proprietà emergenti dal basso delle interazioni contingenti, superamenti di soglie che determinano mutamenti strutturali nei sistemi: viene meno la centralità delle leggi di trasmissione e composizione di movimenti lineari e reversibili, con l'assunto in base al quale l'ordine procede solo dall'ordine. Parallelamente, perde senso il proposito di definire l'identità di un sistema isolato, a prescindere dalle relazioni in cui si trova e da cui emerge.

La relazione diventa importante almeno quanto gli elementi correlati. Nella trattazione dei sistemi complessi si palesa quello che Ceruti ha individuato come il carattere «ibrido, composito, sincretico» di molti concetti chiave delle indagini sulla *physis* e sul vivente (come, per esempio, i concetti di equilibrio ed informazione) e il congedo dall'ideale della predicibilità: le configurazioni future di un sistema non sono derivabili dalla composizione delle configurazioni presenti e passate, e delle cause operanti nei diversi stadi (*fallacia di composi-*

---

rabile» (C. S. Bertuglia, F. Vaio, *Non linearità, caos, complessità*, cit., p. 312). Cfr. anche, a questo proposito, P. Greco, *Einstein e il ciabattino. Dizionario asimmetrico dei concetti scientifici di interesse filosofico*, Editori Riuniti, Roma 2002, voce *Complessità*, pp. 99-123.

<sup>36</sup> Cfr. E. Morin, *Le vie della complessità*, in G. Bocchi, M. Ceruti, *La sfida della complessità*, cit., pp. 49-60.

<sup>37</sup> Ivi. Morin ha segnalato la necessità di congedarsi dai concetti chiusi ed univoci. In effetti, un sistema complesso è «chiuso» e «aperto»: da un lato c'è la chiusura organizzativa del sistema rispetto all'ambiente; dall'altro, c'è l'apertura termodinamica o strutturale, intesa come esposizione alle perturbazioni. Sulla distinzione tra organizzazione e struttura di un sistema complesso, è molto chiaro quanto scrive Ceruti (*Il vincolo e la possibilità*, cit., p. 111): «[...] perché un sistema appartenga ad una determinata classe, l'organizzazione che lo definisce deve rimanere invariante, mentre la sua struttura può subire dei cambiamenti. Quindi, la stessa organizzazione può realizzarsi o manifestarsi attraverso strutture differenti». Ed ancora: «Un sistema autonomo si definisce quindi come un sistema che subordina tutti i cambiamenti strutturali alla conservazione della sua organizzazione, mentre la nozione di apertura si riferisce alla struttura».

zione). Costituisce un esempio di ciò il fatto che l'organizzazione di un sistema complesso dev'essere in grado di «assorbire» le contingenze. Esemplificando: indicando con  $S$  l'organizzazione di un sistema, con  $a, b, c, \dots, n$  i suoi elementi, e con  $V$  un'area di variabilità o un valore di variazione su parametri definiti, si può avere che  $V_S \ll (v_a + v_b + v_c + \dots + v_n)$ . Ciò significa che la variazione complessiva dell'organizzazione del sistema «assorbe» l'impatto delle micro-variazioni, cosicché l'esito di queste sul sistema non coincide con la loro sommatoria. Analogamente, superati certi valori di «soglia» (per il medesimo  $S$ ), potrebbe darsi che  $V_S \gg (v_a + v_b + v_c + \dots + v_n)$ .

Altre conseguenze epistemologiche delle ricerche sulla complessità sono il riconoscimento dei limiti di ogni modellizzazione, dovuti per così dire all'inclusione dell'osservatore nell'osservazione e, quindi, la necessità di confrontare mappe molteplici senza assumere che possano essere riassunte in una qualche mappa unitaria fondamentale; ne conseguono la rivalutazione della storicità del conoscere e dell'agire dell'osservatore umano, da cui scaturisce altresì più in generale l'esigenza di riconciliare scienza e storia; il dubbio sull'aver idea di dove siamo nel «paesaggio»; la consapevolezza del fatto che ogni confronto tra mappa e territorio è, in realtà, una comparazione di mappe, in quanto – come dice Bateson – il territorio è tanto inaccessibile quanto la cosa in sé kantiana e come osservatori non conosciamo da una parte la mappa (*visione indiretta dell'oggetto*) e dall'altra il territorio (*l'oggetto così com'è, con una visione diretta e senza opacità*), bensì mappe e mappe di mappe.

Tutto ciò che precede è importante per un dibattito che, seppur datato, si ripresenta periodicamente in nuove formulazioni: quello relativo alla natura della relazione tra il mondo per come possiamo avere esperienza ed modelli che siamo capaci di costruire attraverso il nostro linguaggio ed i nostri simboli, che peraltro *fanno parte* della nostra esperienza del mondo e le danno forma. È un «effetto di complessità» anche quello rilevato da Aldo Giorgio Gargani quando, prendendo posizione sull'argomento, scriveva che «da semiologia contemporanea, la filosofia della scienza, l'epistemologia della complessità e da ultimo le teorie fisico-matematiche del caos hanno dissolto il falso presupposto che fra linguaggio e realtà così come fra linguaggio e stati psichici, stati interni, sussista una relazione intrinseca, ordinata e coerente di qualche tipo»<sup>38</sup>.

Per il filosofo che voglia confrontarsi con l'approccio scientifico alla complessità per approfondirne le implicazioni sul piano epistemologico, una prima difficoltà deriva dal fatto che nel lessico e nel dibattito filosofico non hanno ancora trovato sufficiente spazio concetti o temi riconducibili alle ricerche sui sistemi e sui fenomeni complessi. I primi tentativi in tal senso, in Italia, risalgono agli anni Ottanta, ma ciò che ne è seguito è stata la perimetrazione di un'*enclave* in cui pochi si sono arrischiati. Accade così che, nell'introduzione alla nuova edizione del volume *La sfida della complessità*, a più di vent'anni di distanza dalla prima uscita del libro, Bocchi e Ceruti debbano scrivere di una sfida ancora «agli inizi»<sup>39</sup>. Ciò non impedisce di pensare, come nel caso del fisico teorico Barabási, coordinatore di importanti ricerche sulla scienza delle reti, che «il 2000 diventerà il secolo della complessità»<sup>40</sup>.

<sup>38</sup> A. G. Gargani, *Il filtro creativo*, Laterza, Roma-Bari 1999, p. 5.

<sup>39</sup> G. Bocchi, M. Ceruti, *La sfida della complessità*, Bruno Mondadori, Milano 2007.

<sup>40</sup> A.-L. Barabási, *Link. La nuova scienza delle reti* (2002), tr. it. di B. Antonielli d'Oulx, Einaudi, Torino 2004, p. 237.