

Ao6

www.comune.rosignano.it

0564/90011



Per una visione sistemica del cambiamento

a cura di
Franco Giorgi

Prefazione di
Alessandro Lenzi

Contributi di
Leone Fronzoni, Giovanni Villani, Marco Fambrini
Claudio Pugliesi, Francesco Tramonti
Annibale Fanali, Roberto Mazzei





Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXX
Gioacchino Onorati editore S.r.l. — unipersonale

www.gioacchinoonoratieditore.it
info@gioacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-3526-6

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: luglio 2020

I maggiori problemi nel mondo
sono il risultato della differenza
tra come la natura funziona e il
modo in cui le persone pensano

Gregory Bateson, (1997)
Verso un'ecologia della mente

Indice

- 9 *Prefazione*
 Alessandro Lenzi
- 13 *Introduzione*
 Franco Giorgi
- 23 La sfida della complessità
 Franco Giorgi
- 49 Complessità e cultura del cambiamento
 Franco Giorgi
- 77 La complessità fra ordine e disordine
 Leone Fronzoni
- 95 Molecola. Un concetto sistemico del mondo inanimato
 Giovanni Villani
- 121 Complessità genomica e variabilità genetica.
 Il ruolo dei trasposoni
 Marco Fambrini e Claudio Pugliesi
- 151 Teorie dei sistemi e complessità in psicologia e psicoterapia
 Francesco Tramonti
- 179 Riduzionismo e complessità. Rapporto da un'esperienza
 Annibale Fanali
- 205 Per una visione sistemica del clima tra natura e storia
 Roberto Mazzei
- 227 *Postfazione*

Prefazione

ALESSANDRO LENZI*

A Rosignano Marittimo c'è un piccolo Museo di Storia Naturale (MuSNa) che, per tutti quelli che hanno la fortuna di frequentarlo, rappresenta un accogliente focolare culturale. Sin dalla sua fondazione, il Museo si è sempre caratterizzato, non soltanto per avere una nutrita collezione di molti minerali, fossili e di altri reperti naturalistici, ma anche, e soprattutto, per aver saputo coltivare ampi interessi culturali. Il Museo, quindi, parla. E parla non solo attraverso l'esposizione statica delle sue numerose bacheche, ma anche per aver saputo adottare un modello culturale fondato sulla presentazione di mostre a tema, di conferenze su vari argomenti culturali e su workshop e convegni a carattere scientifico. Tra tutte queste iniziative, la serie di conferenze *Parliamo di Scienza*, che ormai si ripete ogni anno sin dal 2015, ha segnato momenti particolarmente significativi nella storia culturale di Rosignano. La serie è nata dalla volontà di approfondire e far comprendere a un pubblico non specialistico, ma pur sempre motivato dall'esigenza di essere informato correttamente sull'attualità, i presupposti scientifici di molti temi di natura culturale. In ogni edizione, è stata sempre posta particolare attenzione all'esigenza di trattare i temi con la maggiore chiarezza possibile e di far in modo che gli argomenti affrontati fossero aperti alla discussione. In ogni circostanza, i relatori hanno sempre risposto con molta disponibilità a questa esigenza, interagendo con il pubblico con un linguaggio semplice, ma senza rinunciare mai al rigore scientifico che gli argomenti richiedevano. In questo senso si può certamente dire che quanto più caratterizza la serie *Parliamo di Scienza* è proprio la prima parola *Parliamo*. Ogni relazione non si è mai svolta come un processo a senso unico tra il relatore e il pubblico, ma come una

* Presidente dell'Associazione *Amici della Natura* di Rosignano Marittimo.

vera e propria conversazione, che si è sempre caratterizzata per un proficuo scambio di idee.

Come spesso accade, però, c'è il rischio che, nonostante l'entusiasmo e l'impegno con cui sono stati gestiti, eventi culturalmente significativi come quelli della serie di conferenze *Parliamo di Scienza* possano scivolare nel tempo senza lasciare alcuna testimonianza. In passato, il MuSNa insieme all'Associazione *Amici della Natura* e con il patrocinio del Comune di Rosignano Marittimo ha organizzato Congressi di Scienze Naturali aperti alla partecipazione di Istituti, Musei e varie Associazioni. La pubblicazione degli atti ha portato negli anni all'accumularsi di vari volumi del *Codice Armonico* che, oltre a dare testimonianza della vocazione naturalistica di molti studiosi, forniscono anche un quadro attendibile della situazione ambientale della Regione Toscana. Partendo da questa esperienza è stato pertanto suggerito che anche le conferenze tenute nell'anno 2019 possano essere proposte per la pubblicazione. Un libro non è soltanto una memoria indelebile di un'esperienza culturale, ma è anche uno strumento cognitivo molto potente. Non è solo testimonianza di un evento al cui ricordo è pur sempre possibile accedere con la lettura. È anche uno stimolo efficace per estendere i propri orizzonti culturali e ampliare la coscienza verso un futuro nuovo e possibilmente migliore. La mia speranza è quindi che i nostri lettori comprendano che la pubblicazione di questo libro è un invito per tutti a essere sempre più curiosi e disposti a rischiare la certezza del già noto per esporsi all'esplorazione di un nuovo incognito ma ricco di fascino. L'augurio che, in qualità di Presidente del MuSNa, mi sento di dover porgere ai soci dell'Associazione Amici della Natura e a tutti coloro che hanno seguito le conferenze del 2019 è che la lettura di questo libro possa esercitare la stessa forza catalizzante che, a suo tempo, è stata trasmessa dai relatori. Spero anche che la lettura possa dar loro il piacere di sentirsi partecipi attivi di un processo conoscitivo ancora in corso.

Quando le migliori capacità cognitive di chi espone si fondono con il talento emozionale di chi ascolta, si crea un momento speciale di condivisione, una connessione e un sistema unico di relazioni che, nel corso della conversazione, produce spunti di riflessione originali.

In quel preciso momento, tempi, luoghi e pensieri diversi vengono a convergere verso l'unica meta di rendere tutti quanti partecipi di una conoscenza condivisa. I protagonisti, dal relatore al pubblico, compresi gli stessi argomenti della narrazione, vengono così a trovarsi nella condizione ideale di condividere gli stessi simboli, le idee più originali e le rappresentazioni più elaborate del sapere umano. In quel preciso momento, la partecipazione a una narrazione condivisa dissolve quel sottile, seppur ostinato, velo che, a vario titolo, contribuisce a dividerci nella routine delle nostre abitudini e consuetudini. Non c'è più qualcuno che parla e insegna, e qualcuno che ascolta e impara, ma soltanto un'unica relazione in grado di insegnare a tutti attraverso il potere conciliante della parola. Il mio auspicio è pertanto che anche questo libro possa aggiungersi agli annali della nostra Associazione e del MuSNa e continuare a rappresentare nel tempo una tappa fondamentale nell'acquisizione e condivisione di nuove conoscenze.

Introduzione

FRANCO GIORGI*

Si vive in un'epoca di grandi cambiamenti, sia ambientali che psicologici. Il rischio è di immaginare che si possano affrontare e risolvere gli uni senza tener conto dei limiti imposti dagli altri. La sfida è quindi di riflettere su quanto suggerito da Bateson (1997) e cercare di comprendere le ragioni che contrappongono l'uomo al suo ambiente, che pongono la civiltà umana sull'orlo dell'estinzione e l'ambiente di fronte a cambiamenti irreversibili. In sostanza sono a confronto due diverse logiche: quella che, nel tempo, ha plasmato il divenire della natura e quella per mezzo della quale l'uomo ne ha sfruttate le risorse fino a minacciarne la stessa persistenza.

Per comprendere a pieno questo confronto è necessario riflettere sulla natura del cambiamento, sulle ragioni che ne condizionano la percezione e sulle consuetudini che pongono in discussione le nostre capacità di giudizio. Ogni cambiamento avvenuto nel corso della storia può essere valutato in base al rapporto che intercorre tra i risultati attesi e prevedibili e quelli verificabili. Una valutazione critica di questo rapporto comporta l'adozione di modelli logici che simulino quanto più fedelmente possibile le proprietà degli elementi in gioco e la natura delle loro interazioni. Secondo alcuni la conoscenza di questi elementi è sufficiente per predire gli effetti, la natura e la durata del cambiamento. L'alternativa è che si ammetta invece di non poter conoscere a priori quante e quali variabili possano influire sull'esito finale del cambiamento e che sia pertanto necessario confrontarsi costantemente con il contesto per prevederne gli effetti. Non si tratta di stabilire se sia possibile avere una conoscenza completa delle condizioni iniziali, ma se sia addirittura

* Università degli Studi di Pisa.

concepibile che si possa prevedere quanti e quali fattori contestuali influiscano sul cambiamento. In altre parole, l'idea di una prevedibilità completa si fonda sull'assunto che gli elementi causali che condizionano l'esito di un cambiamento possano essere descritti da algoritmi semplici o che, per lo meno, possano essere sostenuti da relazioni di tipo lineare. Secondo Kauffman (2001) ciò equivarrebbe ad assumere la totale predefinibilità del così detto *adiacente possibile* e cioè a dire di tutte quelle condizioni di contorno che risultano potenzialmente accessibili alla esplorazione. Se un cambiamento è invece valutato nella piena consapevolezza della complessità delle relazioni in gioco, è inevitabile che il fattuale venga a identificarsi con solo una parte dell'intero realizzabile. In questa ottica, l'*adiacente possibile* viene allora a definire un margine sempre più ampio di ciò che avrebbe potuto realizzarsi in alternativa. In ultima analisi, l'*adiacente possibile* è predefinibile se coincide con il fattuale, mentre include più opzioni se è più ampio del fattuale. In quest'ultimo caso, ogni scelta accessibile al sistema è comunque incompleta perché legata soltanto al disponibile e non al necessario, e ogni relazione è percepita come una delle tante alternative in grado di anticipare un futuro possibile in cui colmare l'attuale incompletezza (Bruni, 2008). Un *adiacente predefinibile* è proprio dei sistemi fisici predeterminabili e programmabili, mentre è indefinibile nei sistemi complessi, come quelli viventi, che esprimono proprietà dipendenti dal contesto e dall'evoluzione.

La consapevolezza che non tutti gli esiti dell'agire umano siano prevedibili ci induce a pensare che la significatività di certi comportamenti non possa essere valutata soltanto su una base probabilistica. Un'eccessiva confidenza nel proprio agire rischia di portarci all'inesorabile confronto con la sola attendibilità delle nostre previsioni e dei limiti con cui accediamo alla conoscenza dei fattori in gioco. In queste condizioni, il divario tra l'esperibile e il programmabile, tra il reale e la sua rappresentazione ci porta inevitabilmente a sperimentare l'assenza di un significato. Van Heusden (2009) sostiene che è proprio questa la condizione che fa della differenza tra memoria e anticipazione,

tra programmazione e verifica il fondamento stesso dell'identità umana e della sua mancata fiducia in un futuro credibile.

La ragione prima dei limiti della prevedibilità scaturisce proprio dall'assunto che gli esiti di un certo agire possano essere analizzati soltanto facendo ricorso a strategie di tipo riduzionistico. Su questa base si immagina che sia possibile ricostruire gli aspetti più rilevanti dell'ambiente e modellare razionalmente le trasformazioni in esso indotte. In queste condizioni c'è sempre un centro responsabile dell'agire – il soggetto umano – ed un contesto entro il quale i suoi effetti sono verificabili – l'ambiente. La realtà è quindi equiparata alla sua rappresentazione ed è assunta invariante rispetto all'agire umano, nel senso che soltanto l'impatto delle sue azioni è considerato causalmente rilevante per la valutazione dei relativi effetti. Da questa razionalizzazione resta però escluso ogni riferimento ai limiti spazio-temporali entro cui l'azione e la relativa verifica devono essere posti a confronto per fornirne un riscontro oggettivo.

Tuttavia, non è sempre possibile far coincidere la realtà con una rappresentazione razionale dell'esperibile. Il modo di rappresentarla dipende, in larga misura, dalla risoluzione con cui ne descriviamo l'organizzazione e ne concettualizziamo i dettagli a vari livelli della sua complessità. Ne consegue che ogni rappresentazione del reale è pur sempre riconducibile a una ricostruzione mentale dei diversi modi con cui concepiamo la relazione tra noi e il mondo e tra le opportunità che esso offre e la nostra capacità di sfruttarle. Se la relazione uomo/ambiente è vista in questi termini, è allora inevitabile che l'agire umano e il mondo siano concepiti come entità a sé stanti. Se invece la relazione viene a essere compresa nella stessa contingenza del suo divenire, è possibile comprenderla come condizione imprevedibile ed emergente perché non derivabile dalle proprietà degli elementi costitutivi.

L'idea di emergenza si accompagna alla consapevolezza che ogni aspetto del mondo possa celare in sé peculiarità latenti che si manifestino ogni qual volta il contesto, sia ambientale sia sociale, è indotto a cambiare. È questa consapevolezza che dovrebbe indurci a pensare che la prevedibilità delle condizioni

future di un sistema complesso non possa fondarsi sulla sola conoscenza di uno o pochi percorsi possibili. Rimane pur sempre un'ampia gamma di condizioni alternative che potrebbero rendersi accessibili in contesti diversi. Nardone e Milanese (2018) definiscono *consapevolezza operativa* l'atteggiamento mentale che considera emergenti le situazioni incognite e la cui esistenza è sospettabile, ma non dimostrabile. Adottando questo atteggiamento si rinuncia all'esaustività di certe teorie e si accetta il più modesto principio di riconoscere il cambiamento e la contraddizione come elementi costitutivi della realtà. In queste condizioni non esistono regole che garantiscano l'attendibilità delle nostre previsioni e ci liberino dalla responsabilità di doverne controllare l'applicabilità. Nessuna norma è, infatti, tale da fornire criteri generali per contesti diversi e garantire, al tempo stesso, che ogni intervento nel mondo possa palesarsi come un atto decisionale indipendente.

L'apparente insostenibilità di una corretta capacità predittiva del decorso temporale di molti sistemi è dovuta principalmente alla complessità degli effetti che piccole differenze nelle condizioni iniziali possono indurre a livello macroscopico. Per comprendere la complessità di questa relazione dinamica è necessario riferirla alla diversità dei livelli strutturali di cui un intero sistema risulta composto. Ne consegue che le proprietà che esso esprime a livello macroscopico devono essere considerate emergenti rispetto alle relazioni che ogni livello sottostante è in grado di sostenere singolarmente. Così facendo il complesso può essere compreso come significativo soltanto in quanto espressione dell'intero e non perché ridotto alla natura delle sole interazioni dei livelli costitutivi. In questo libro, vari autori hanno cercato di puntualizzare concetti come *determinazione e prevedibilità*, *complessità* e *comportamento emergente* e di dimostrare che la capacità di affrontare questa sfida criticamente presuppone non soltanto di pensare globalmente molti dei problemi che affliggono la nostra epoca, ma anche di ripensare la mente con cui affrontarli. A questo scopo il libro prende in considerazione varie discipline scientifiche – dalla fisica alla psicologia – e per ciascuna di esse pone a confronto l'approccio ridu-

zionistico che ha caratterizzato tanta parte del progresso tecnologico del ventesimo secolo, con la visione sistemica della vita che, in tempi più recenti, è emersa come lo strumento cognitivo più adeguato per comprenderne la complessità.

Il primo capitolo si apre con una riflessione sui concetti di complessità e complicazione. Giorgi ci ricorda che in un sistema complesso l'acquisizione di nuove funzioni non può essere dedotta dalla conoscenza delle proprietà delle parti, ma soltanto dall'esplorabilità delle nuove relazioni cui il sistema si espone nel corso del suo divenire. Condizione perché le parti del sistema possano entrare in relazione è che siano separate da un *confine* per cui uno spazio interno venga a essere separato e distinto da uno spazio esterno. Tuttavia, il confine è anche un'occasione di unione in quanto l'uno non sarebbe mai entrato in relazione, senza l'esistenza di una separazione dall'altro. Portate sul piano evolutivo, queste considerazioni ci inducono a riflettere sulla complessità delle relazioni che intercorrono tra autonomia del vivente e vincoli dell'ambiente. Non esiste un mondo stabile al quale aggiungere la freccia del tempo per giustificarne i cambiamenti. Esiste invece un mondo costantemente soggetto al decadimento entropico e tale da spingere ogni struttura complessa verso il maggior disordine possibile. È tuttavia in questo mondo così incerto che il vivente riesce a crescere in complessità e a mantenersi lontano dall'equilibrio entropico. Ed è in fondo in virtù di queste condizioni che il vivente può tendere nel tempo verso livelli sempre più elevati di stabilità.

Nel secondo capitolo Giorgi trasferisce la domanda dall'oggetto di studio al soggetto che lo studia. Lo scopo è prendere coscienza che non c'è un mondo là fuori che aspetta di essere descritto in modo oggettivo e condivisibile. E non c'è neppure un mondo in cui funzioni così complesse come *gene*, *organismo* o *cultura* possano essere dedotte da principi o concetti primitivi e le rispettive relazioni estese in senso prescrittivo a una generalità di casi. Accedere alla significatività delle relazioni implica percepirle come differenze e poterle distinguere, senza la pretesa di volerle separare. La competizione non è quindi l'unica strategia per risolvere le contraddizioni, perché

comportamenti cooperativi possono emergere là dove le ambiguità sono risolte in riferimento a contesti più ampi. La possibilità di assegnare valori diversi alla relazione emerge, infatti, da valutazioni contingenti al contesto e ogni processo decisionale non è predeterminato, ma aperto a più mediazioni di natura cooperativa. Trasferite sul piano più strettamente culturale queste valutazioni consentono infine di conciliare le dimensioni individuali e sociali, evitando che l'automatismo della funzione collettiva contaminino l'autonomia del processo decisionale.

Nel terzo capitolo Fronzoni esamina molti esempi di sistemi a complessità variabile tra stati ordinati e caotici, tutti quanti descrivibili con semplici modelli matematici. Ordine e disordine sono due aspetti complementari della natura da ognuno dei quali possono emergere nuovi livelli di complessità. L'aspetto più interessante di questo studio è dimostrato dal comportamento caotico di alcune strutture frattali vincolate a contesti deterministici. Mentre il rumore può essere descritto con infiniti gradi di libertà, i fenomeni legati al caos deterministico necessitano solo di pochi gradi di libertà. Processi ai margini del caos possono far emergere strutture auto-organizzate se poste in sincronizzazione. In queste condizioni, l'apporto di energia consente al sistema di crescere localmente e di far aumentare l'entropia nell'ambiente esterno. Talvolta è la fluttuazione stocastica di energia che permette al sistema di superare una soglia minima e di accedere a livelli più elevati di complessità. Un'ultima osservazione riguarda la possibilità dei sistemi complessi di interagire scambiando informazione tramite processi di risonanza fra configurazioni auto-simili. Si tratta di un fenomeno definito come *complexity matching* tra sistemi con livelli confrontabili di complessità.

Nel quarto capitolo Villani introduce il concetto di molecola e ne esamina sia gli aspetti storici sia quelli più strettamente filosofici. Il riconoscimento della molecola come unità fondamentale consente di ridurre le proprietà macroscopiche dei composti chimici a un livello più profondo di spiegazione. In chimica, sostiene Villani, non esiste l'atomo in quanto unità permanente, ma esistono invece gli atomi, come entità diverse

da molecola a molecola. L'acquisizione di questa consapevolezza ha causato un vero e proprio cambiamento paradigmatico nella spiegazione scientifica della chimica. Le proprietà del livello macroscopico possono, infatti, essere riferite al piano microscopico molecolare senza doverle derivare da principi primitivi, come previsto dal modello nomologico-deduttivo di Hempel-Oppenheim. Così facendo, oggetto della ricerca non è più la *rilevanza esplicativa* della relazione tra il fenomeno da spiegare e ciò che è sperimentalmente rilevabile, ma è la stessa struttura molecolare organizzata in diversi livelli di complessità che viene a esplicitare il rapporto tra forma e funzione. Secondo Villani è proprio la sottovalutazione di quest'aspetto che ha contribuito alla netta separazione tra scienze naturali e sociali. Una sostanza chimica è quindi da intendersi come un vero e proprio sistema in quanto unità globale composta di più elementi in relazione. Da qui l'idea che un sistema non possa giustificarsi soltanto per le funzioni che svolge, ma anche per i vincoli di necessità, opposizione e antagonismo che sono imposti dalla stabilità della struttura. Ciò richiede ovviamente di integrare nello stesso concetto di sistema quello di organizzazione dinamica in virtù della capacità dei suoi elementi di tollerare fluttuazioni e di evolvere verso livelli più elevati di stabilità. Se quindi un sistema complesso come una molecola è ridotto alle sole proprietà degli elementi costituenti, considerate isolatamente, si rischia di non poter più spiegare come le proprietà macroscopiche possano emergere dall'organizzazione intesa come unità globale. La spiegazione chimica, secondo Villani, deve pertanto essere di tipo ricorsivo, nel senso di essere fondata sulla circolarità tra la descrizione delle parti e l'emergenza funzionale del tutto.

Nel quinto capitolo Fambrini e Pugliesi analizzano il ruolo svolto dagli elementi trasponibili nel corso dell'evoluzione. A tale scopo ricostruiscono il percorso che ha portato alla scoperta della loro presenza in un numero crescente di organismi viventi e, sulla base delle conoscenze così acquisite, spiegano la influenza che questi elementi hanno esercitato sulla regolazione dell'espressione genica. Nella parte iniziale del capitolo discutono il concetto d'informazione ponendo a confronto due diver-

se visioni: riduzionistica e sistemica. La relazione che intercorre tra gli elementi trasponibili e l'organismo ospite è così ricondotta alla complessità sistemica della dualità del codice, ovvero alla capacità di ogni sistema vivente di rappresentarsi in base a due diversi codici, uno digitale e uno analogico. La correlazione tra i due codici è definita dalla possibilità di trasformare le funzioni del tempo continuo dell'analogico nel tempo discreto del digitale, per cui la digitalizzazione comporta sempre la trasformazione di un segnale in un insieme di simboli binari. È in questa chiave che Fambrini e Pugliesi discutono del concetto di informazione e dei limiti con cui la teoria computazionale della comunicazione riesce a darne piena giustificazione. Viene proposto in alternativa di considerare l'informazione genetica come equivalente a un processo semiotico che, a lungo termine, ha consentito di creare relazioni codificate tra un sistema di memoria espresso in forma polimerica e gli elementi che sostengono i processi di replicazione e traduzione. In considerazione del vantaggio evolutivo della trasposizione, gli autori discutono a fondo dei meccanismi che hanno consentito agli elementi trasponibili di insediarsi nei genomi ospiti alla stregua di parassiti. Il dato più rilevante è la recente scoperta dei meccanismi che hanno permesso agli elementi trasponibili di contribuire all'aumento delle dimensioni dei genomi e alla variabilità genetica attraverso la costruzione di una sintassi combinatoria delle sequenze nucleotidiche del DNA.

Nel sesto capitolo Tramonti fornisce una disanima dei diversi modelli che, nel corso del tempo, sono stati elaborati per dar conto della complessità del processo mentale. In passato la dimensione mentale era considerata alla stregua di un semplice correlato neurale, e per questo ridotta al solo substrato anatomico e fisiologico. La psicologia moderna riconosce invece alla mente una capacità di interpretare ogni atto o evento come portatore di senso e di valore. Per giustificare questa transizione Tramonti discute i criteri con cui lo stesso Bateson definisce il processo mentale: una forma di aggregato di componenti interagenti in grado di attivare la percezione di una differenza. In quest'ottica, ogni mente viene così ad avere un'organizzazione