

# Sistemi e Sistemi Complessi

*Gianfranco Minati* <http://www.gianfrancominati.net/>  
*Associazione Italiana per la Ricerca sui Sistemi (AIRS)* <http://www.airs.it>

*Lucia Urbani Ulivi*  
*Facoltà Teologica di Lugano-Università della Svizzera Italiana*

**Milano, 3 Aprile 2022**

# La complessità fa il suo ingresso in fisica

Nel 1972 P. W. Anderson, premio Nobel per la fisica nel 1977, introduce il tema della complessità in fisica nel suo articolo *More is Different*

Nel 2011 due autorevoli fisici della materia condensata, Goldenfeld e Woese, scrivono:

*La fisica è riuscita a ritardare di prendere seriamente in considerazione gli effetti collettivi per quasi trecento anni, e solo negli ultimi trenta anni, o giù di lì, ha affrontato i fenomeni collettivi complessi che coinvolgono più scale di spazio e tempo, dinamiche imprevedibili e oscillazioni ampie*

Nel 2021 il fisico italiano Giorgio Parisi è premiato con il Nobel per i suoi studi sui sistemi che si trovano in stati di equilibrio multipli, cioè sui sistemi complessi.

Eppure già nel 1945 il biologo Ludwig von Bertalanffy in «La teoria generale dei sistemi» aveva richiamato l'attenzione degli scienziati sui fenomeni unitari, nei quali le parti sono collegate da *interazioni* (i comportamenti e le proprietà *dipendono uno dall'altro*) che danno luogo a fenomeni di emergenza

A causa dell'approccio analitico dominante e anche a causa del ritardo in fisica ha continuato a dominare in numerose discipline uno stile di ricerca prevalentemente *riduzionista (scomponibilità scontata)*

Anche nella cultura ordinaria è risultata prevalente l'idea che tutto quello che c'è nel macro si trovi nel micro

Intanto in numerose discipline accanto all'impostazione classica la ricerca si orientò in direzione sistemica

Oggi il pensiero sistemico è presente e diffuso in modo capillare in numerosi ambiti scientifici e umanistici, dalla fisica alla chimica, dalla biologia all'economia, dalla psicologia alla medicina, dallo studio dei sistemi sociali, delle interazioni in ambito lavorativo, in politica, nelle relazioni internazionali e anche in ambito militare

Arriva per ultima la filosofia, che solo in tempi recenti apre la pagina «Il pensiero sistemico», anche se l'idea di sistema si può rintracciare nel passato del pensiero filosofico

# Che cosa è un sistema?

- I sistemi sono entità che acquisiscono proprietà di natura diversa da quelle degli elementi *coinvolti*
- Possiamo chiamare i sistemi **esseri collettivi** in quanto sono costituiti da una pluralità di componenti anche eterogenei

# Un nuovo paradigma sistemico

*La ricerca sui sistemi introduce numerose innovazioni lessicali e concettuali che stanno configurando un nuovo paradigma, tra cui*

ambiente, abduzione, apertura logica, irreversibilità, pluralismo, dinamica, interdisciplinarietà, interazioni, ruolo dell'osservatore, incompletezza, quasità, cause, ecc.

*e anche*

- resilienza, nel senso di capacità di adattarsi e autoripararsi a fronte di eventi perturbativi;
- omeodinamica, attitudine a conservare le stesse caratteristiche a fronte del variare delle condizioni ambientali grazie a meccanismi di autoregolazione;
- autopoiesi, capacità di rigenerarsi ricorsivamente;
- autorganizzazione, ripetizione dominante di poche regole auto-acquisite;

*particolarmente importanti sono i concetti di*  
organizzazione ed emergenza (di vari tipi)

# Organizzazione ed emergenza

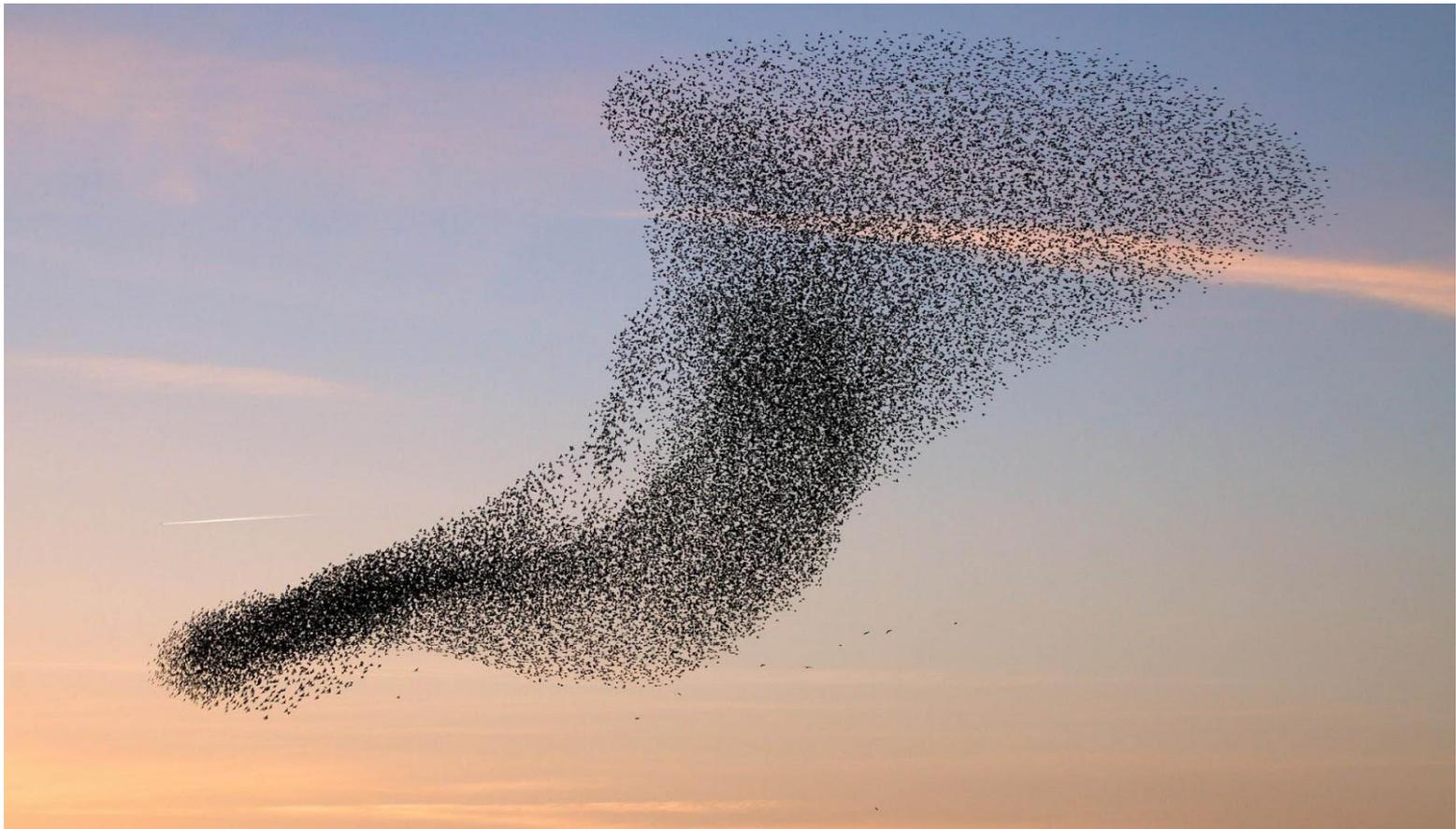
- **L'organizzazione** è la struttura di relazioni tra i componenti di un sistema, che consente l'acquisizione di comportamenti e proprietà autonome
- **L'emergenza** è l'acquisizione di proprietà collettive  
L'emergenza è di vari tipi: osservativa o fenomenologica (la liquidità dell'acqua), semantica (è il risultato di una scelta cognitiva), radicale (i fenomeni emergenti acquisiscono una diversa efficacia causale) o (comporta una riformulazione non equivalente del sistema precedente)  
Incommensurabilità tra i livelli di emergenza



Auto-organizzazione: ripetizione dominante di regole acquisite dovute a condizioni ambientali e comportamenti disponibili agli elementi



Un altro esempio di auto-organizzazione



Emergenza: lo stormo acquisisce comportamento e dinamica propri

# Sistemi semplici, sistemi complessi

ci sono alcuni tratti che li distinguono

- Un **sistema semplice** è una unità di elementi organizzati e strutturati, che interagendo tra loro *acquisiscono una proprietà* che gli elementi non hanno e che è sempre la stessa
- Un **sistema complesso** è un'organizzazione di elementi che interagiscono tra loro, nel quale avvengono continui processi di emergenza locali che interagiscono e interferiscono con il sistema dominante. Sono processi unitari che perdono e riacquisiscono continuamente proprietà nel tempo. Sono irreversibili. Non sono riducibili a un solo modello formale

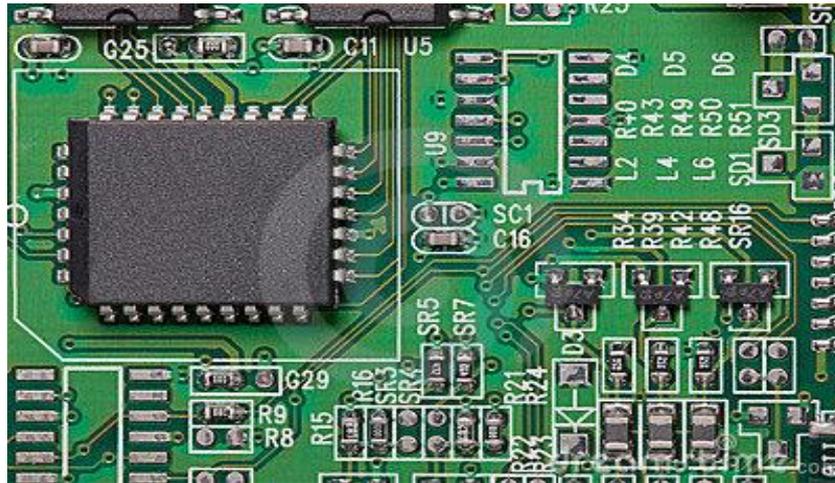
*La distinzione tra sistemi semplici e sistemi complessi non è netta in quanto nella dinamica si attuano combinazioni e sovrapposizioni*

# Sistemi semplici

Esempi sono dispositivi elettronici come computer e telefoni, dispositivi meccanici, dispositivi elettrici come motori e termici, lavoro ripetitivo fortemente organizzato, procedure.

Le proprietà acquisite in conseguenza della loro struttura, organizzazione e interazione dei componenti è detta *funzionamento* nel senso di *emergenza funzionale*

L'interagire, l'agire in modo organizzato e strutturato avviene grazie ad una *somministrazione di energia* di vari tipi.



Quando l'energia cessa il dispositivo *decade* in insiemi di componenti.

# Sistemi complessi

- Non solo *acquisiscono proprietà* che gli elementi non hanno, ma sono anche dotati di *autonomia* (reazione, stabilità, resilienza), in sequenze variabili e in gran parte imprevedibili, es. comportamento di stormi, sciami, traffico, ecosistemi, e mercati nervosi, prudenti, euforici;
- I sistemi complessi sono sistemi emergenti in cui avvengono continui processi di emergenza multipla;
- I sistemi complessi acquisiscono sequenze coerenti di proprietà.

Nei sistemi complessi avvengono continuamente processi di auto-organizzazione multipli, simultanei, sovrapposti che danno origine allo stabilirsi, all'emergenza di *coerenze* (non più solo sincronizzazioni) *dinamiche tra loro*.

Tali coerenze non sono prescritte, ma vengono acquisite spontaneamente (per proprietà di contesto o dei componenti interagenti).

Esempi di sistemi complessi:

*Sistemi sociali*, in cui la parte organizzativa è molto bassa: banchi di pesci, mandrie, sciame, stormi; traffico di segnali, pedonale e di veicoli; *mercati di massa* (supermercati, sanità) con regole semplificate minimali.

*La quantità di interazioni, e di transazioni è alta mentre il loro valore, l'intensità sono bassi.*

Altri esempi di sistemi complessi sono il sistema atmosferico, i viventi, il cervello, i mercati, i distretti industriali, Internet, le reti (elettrica, dei trasporti).

*in estrema sintesi*

## **Sistemi in generale**

*acquisiscono* comportamenti e proprietà autonome che i componenti non hanno

## **Sistemi semplici**

acquisiscono la stessa proprietà autonoma

## **Sistemi complessi**

*acquisiscono sequenze dinamiche* di proprietà emergenti e coerenti

I sistemi, sia semplici sia complessi, sono immersi in uno o più ambienti, con i quali interagiscono.

L'interazione tra sistema e ambiente modifica il sistema. A sua volta il sistema reagisce alla modificazione subita dall'ambiente modificando l'ambiente stesso.

Le trasformazioni multiple sistema-ambiente sono descrivibili dalla matematica della complessità.

# CONCLUSIONI

Oggi spesso nella gestione dei problemi che si generano in sistemi complessi si continuano ad usare *anche o solo* metodi, approcci e concezioni sviluppati per la non-complessità.

**Il che comporta inadeguatezze ed errori di management, di gestione delle risorse umane, di rating, di investimento, scientifici, politici e formativi.**

## Un po' di bibliografia

1. Bertalanffy, L. (2004, trad. it.) Teoria generale dei sistemi. Fondamenti, sviluppo, applicazioni, Oscar Saggi Mondadori
2. Minati, G. (2021), *Parole di Sistemica*. Quaderni dell'Associazione Italiana di Epistemologia e Metodologia Sistemiche (AIEMS).  
[http://www.aiems.eu/files/quaderno\\_aiems\\_-\\_g\\_minati\\_parole\\_di\\_sistemica.pdf](http://www.aiems.eu/files/quaderno_aiems_-_g_minati_parole_di_sistemica.pdf) (open access)
3. Parisi, G. (2022), *In un volo di Storni-Le meraviglie dei sistemi complessi*, Rizzoli, Milano.
4. Ulivi, L., (a cura di), (2010), *Strutture di mondo. Il pensiero sistemico come specchio di una realtà complessa -Volume I-*, Il Mulino, Bologna
5. Ulivi, L., (a cura di), (2013), *Strutture di mondo. Il pensiero sistemico come specchio di una realtà complessa -Volume II-*, Il Mulino, Bologna
6. Ulivi, L., (a cura di), (2015), *Strutture di mondo. Il pensiero sistemico come specchio di una realtà complessa -Volume III-*, Il Mulino, Bologna