



Complessità e auto-organizzazione

dai sistemi lineari a quelli complessi

L'errore di Cartesio

Secondo il metodo cartesiano:

Un **oggetto** complesso può essere scomposto nei suoi **elementi semplici** (analisi) e può essere **ricomposto** partendo da tali elementi senza essere modificato (sintesi)



Il meccanicismo

Secondo il meccanicismo:

Le parti di un **sistema ordinato** interagiscono fra loro, ma mantengono inalterate le loro caratteristiche

Quindi conoscendo tutte queste caratteristiche ogni sviluppo sarebbe **prevedibile**



Il meccanicismo

“Un'intelligenza che per un dato istante **conoscesse tutte le forze** da cui la natura è animata **e la situazione** rispettiva degli esseri che la compongono, se fosse così vasta da sottoporre questi dati all'**analisi**, abbraccerebbe in un'unica e medesima formula i movimenti dei più grandi corpi dell'universo e quelli del più lieve atomo: **nulla sarebbe incerto** per essa, e l'avvenire, come il passato, sarebbe presente ai suoi occhi.” (Laplace)

Il rapporto ***causa-effetto*** è una delle cose più evidenti che impariamo dall'esperienza. Se do un calcio ad una palla l'effetto è prevedibile.

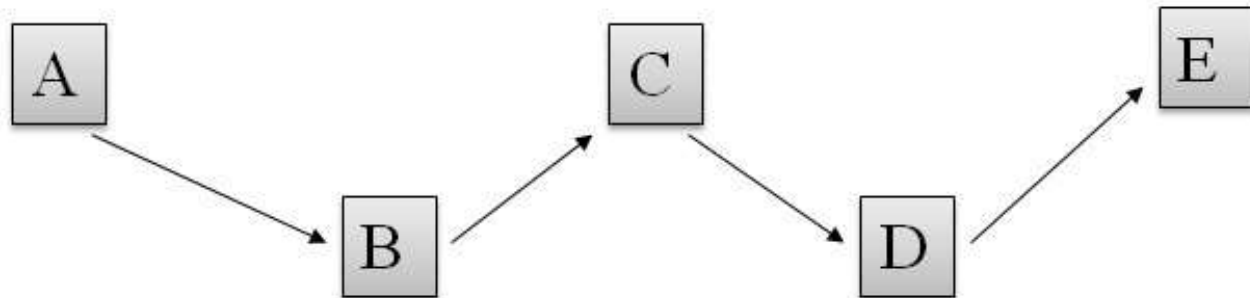
Se do un calcio ad un cane però le cose già si complicano.



“complicato” non significa “complesso”

I sistemi **complicati** (ad esempio un orologio, il motore di un'automobile) sono costituiti da un insieme di elementi, connessi da un rapporto causa-effetto, il cui funzionamento è **lineare** e **prevedibile**.

I sistemi complicati sono caratterizzati da catene di questo tipo:

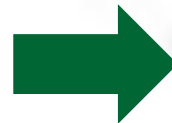


I sistemi complessi (ad esempio il tempo meteorologico, le famiglie, i formicai, il cervello, le aziende, i mercati azionari) si contraddistinguono per una dinamica non lineare, non sono prevedibili e sono quindi difficilmente organizzabili e programmabili.



“non lineare” significa che, per esempio, se si raddoppia la dose di un farmaco, o il numero di dipendenti di uno stabilimento, non si ottiene il doppio dell'effetto iniziale, ma molto di più o molto di meno.

Oppure che se si sommano **molti elementi semplici**, il risultato può avere **caratteristiche che i singoli elementi non possiedono**



Più precisamente i **sistemi caotici** seguono leggi deterministiche che permettono previsioni precise su piccoli intervalli di tempo ma limitate e inaffidabili a lungo termine

I **sistemi complessi** non consentono la costruzione di modelli che descrivano i cambiamenti improvvisi del sistema, anche se tra un cambiamento e l'altro possono seguire leggi deterministiche.

Un esempio di **sistema caotico** é il tempo meteorologico:
a variazioni infinitesime delle **condizioni iniziali**, corrispondono variazioni significative del comportamento futuro (“effetto farfalla”)



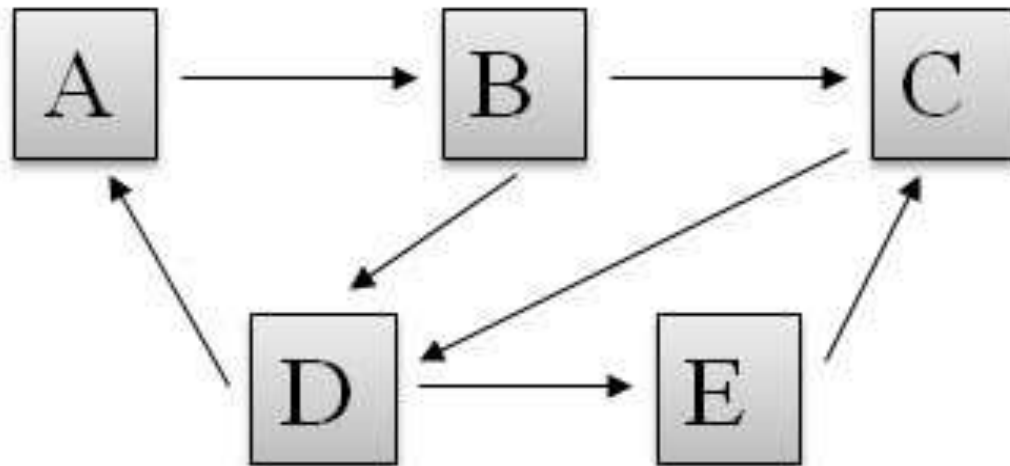
"Può, il batter d'ali di una farfalla in Brasile, provocare un tornado in Texas?"

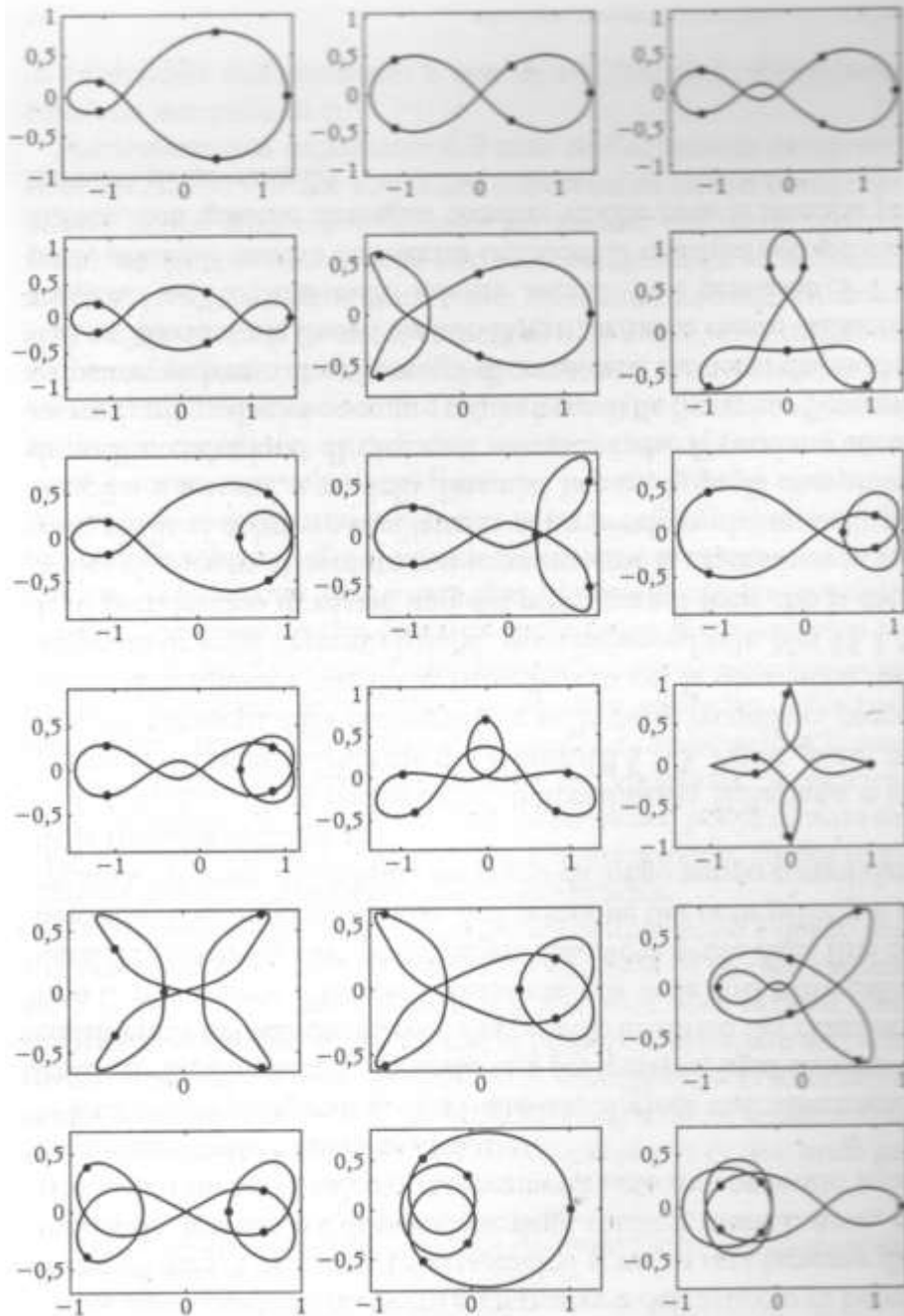
(titolo di una conferenza tenuta dal matematico Edward Lorenz nel 1972)

«Lo spostamento di un singolo elettrone per un miliardesimo di centimetro, a un momento dato, potrebbe significare la differenza tra due avvenimenti molto diversi, come l'uccisione di un uomo un anno dopo, a causa di una valanga, o la sua salvezza.»

(Alan Turing, *Macchine calcolatrici e intelligenza*, 1950)

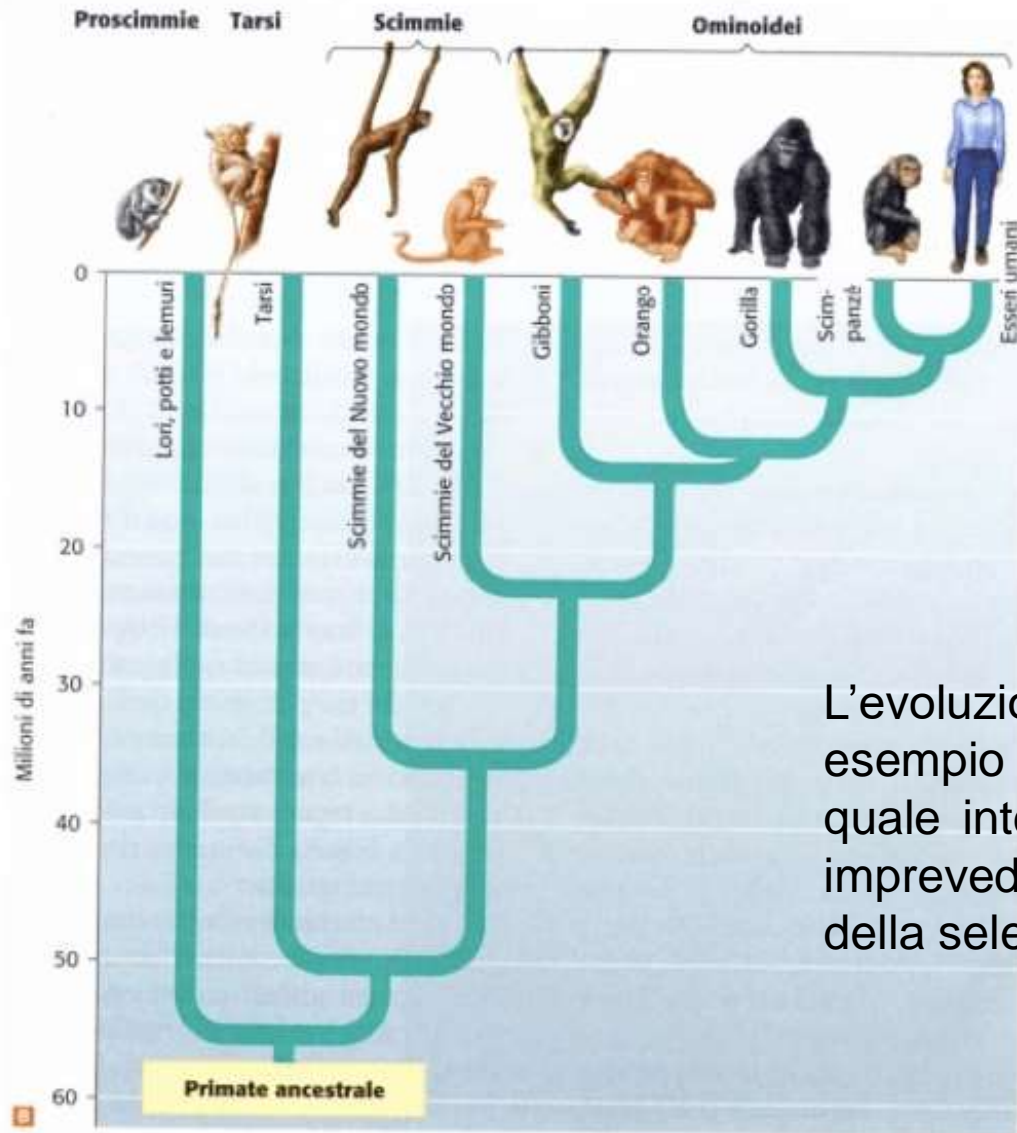
Nei sistemi complessi la relazione tra le parti che li compongono diventa **interazione**, ed ogni parte può dar luogo a più di una interazione con le altre. Ciò che si viene a creare è una **rete di interazioni** dove non è sempre rintracciabile un inizio ed una fine.





Alla fine dell'800 **Poincaré** mostra che il moto di **tre corpi** con interazioni gravitazionali newtoniane, è **imprevedibile** nonostante il determinismo delle equazioni da cui deriva

Esempi di orbite chiuse e stabili per un sistema di cinque corpi di uguale massa e velocità diversa da 0, in interazione gravitazionale



L'evoluzione può essere un esempio di sistema complesso nel quale interagiscono fattori diversi e imprevedibili, pur soggetti alla legge della selezione naturale

Nei sistemi complessi gli effetti di un'azione possono essere diversi dalle aspettative:

nell'India coloniale il governo, preoccupato per il numero eccessivo di **cobra** in circolazione, offre un premio a chiunque ne uccida uno.

Risultato: all'inizio la popolazione dei cobra **diminuisce**, ma poi le persone cominciano ad allevare cobra per poi ucciderli e guadagnarsi la taglia.

Quando il governo se ne accorge, sospende i pagamenti. Dunque i cobra non hanno più valore, e chi li allevava li lascia liberi. In conclusione, il numero dei cobra **aumenta** e la storia diventa nota come **Cobra effect**.

L'oggetto è un **evento complesso** che cambia secondo tre direzioni:

- l'evoluzione storica
- l'interazione contemporanea con gli altri oggetti (strutturati allo stesso modo)
- i suoi cambiamenti interni

L'oggetto è sempre qualcosa di **diverso**, di nuovo, rispetto alle parti che lo costituiscono e agli altri "oggetti" con i quali **interagisce**

In un **sistema complesso**, le parti non sono semplicemente una accanto all'altra: esse sono in grado di sviluppare **comportamenti collettivi**: si dice che tali sistemi si “auto-organizzano”.

L'auto-organizzazione risulta dal processo di creazione di strutture e forme ordinate a partire da componenti caotiche. In questo modo emergono **nuove proprietà**.

Si tratta delle cosiddette **proprietà emergenti**.

i teorici dei sistemi complessi (come Phil Anderson, Stuart Kauffman) hanno ipotizzato che la nascita della **vita sulla terra** sia iniziata per **auto-organizzazione** di un aggregato, maggiore della somma dei suoi costituenti.



**organizzazione
top-down**

=

efficienza meno
elevata



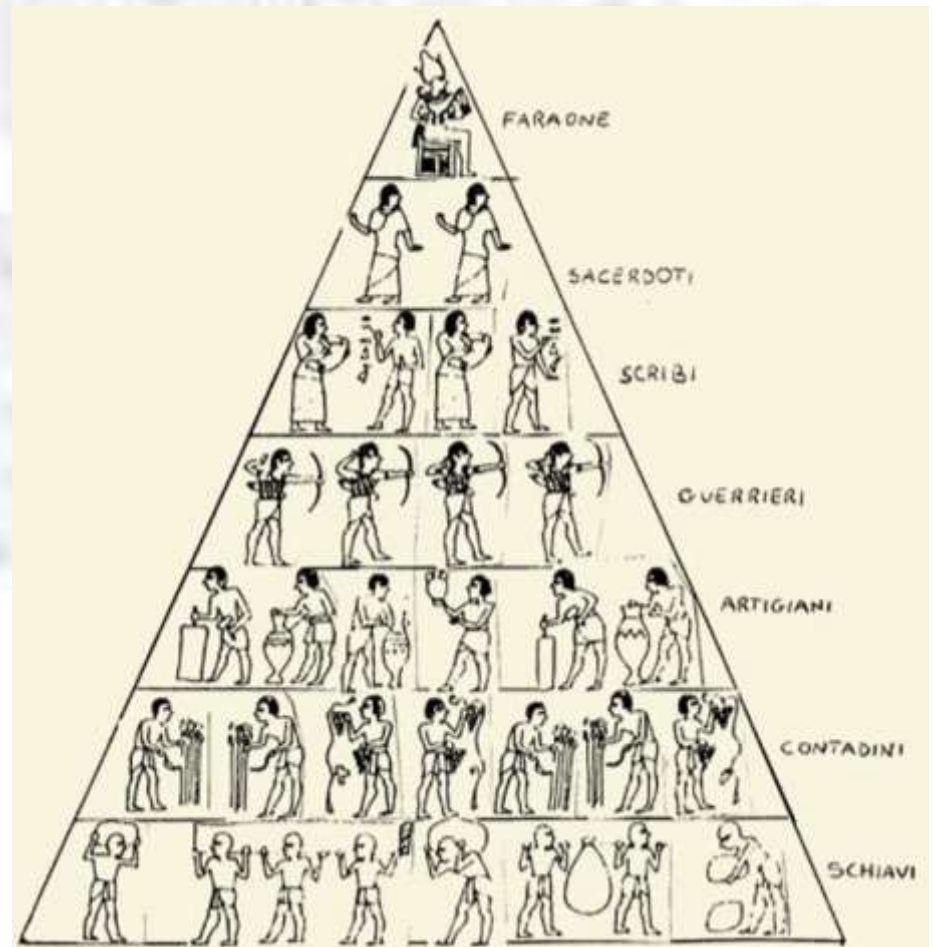
**auto-
organizzazione**

=

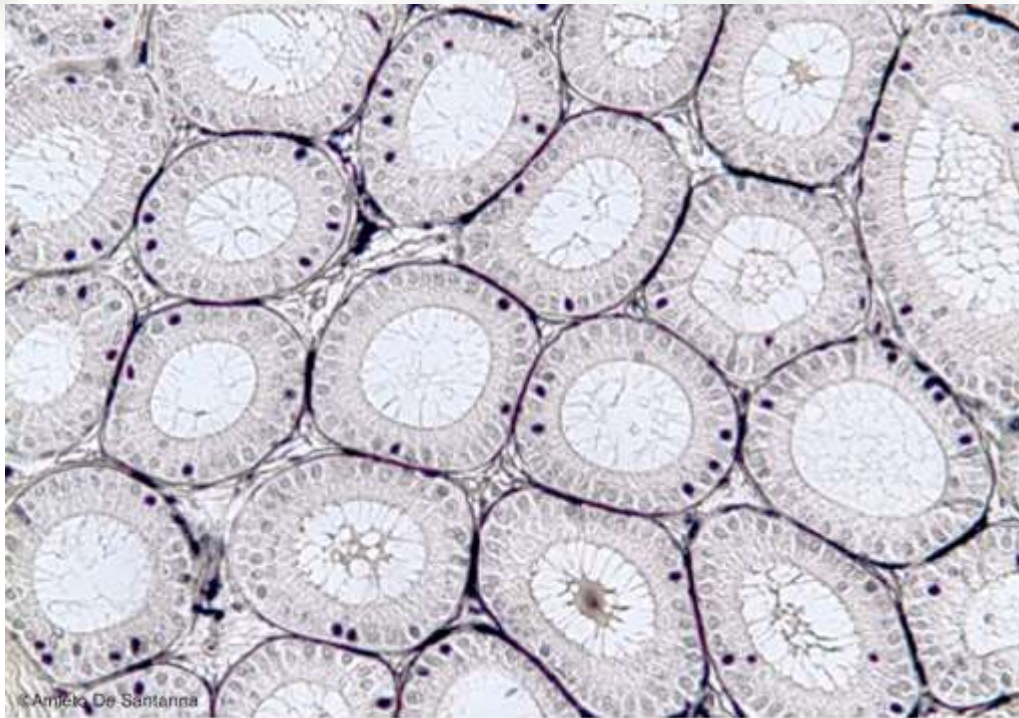
efficienza più elevata



In una prospettiva **non sistemica**, l'organizzazione viene considerata come un costrutto razionale volto al perseguimento di obiettivi definiti da un'autorità superiore in presenza di vincoli e opportunità.

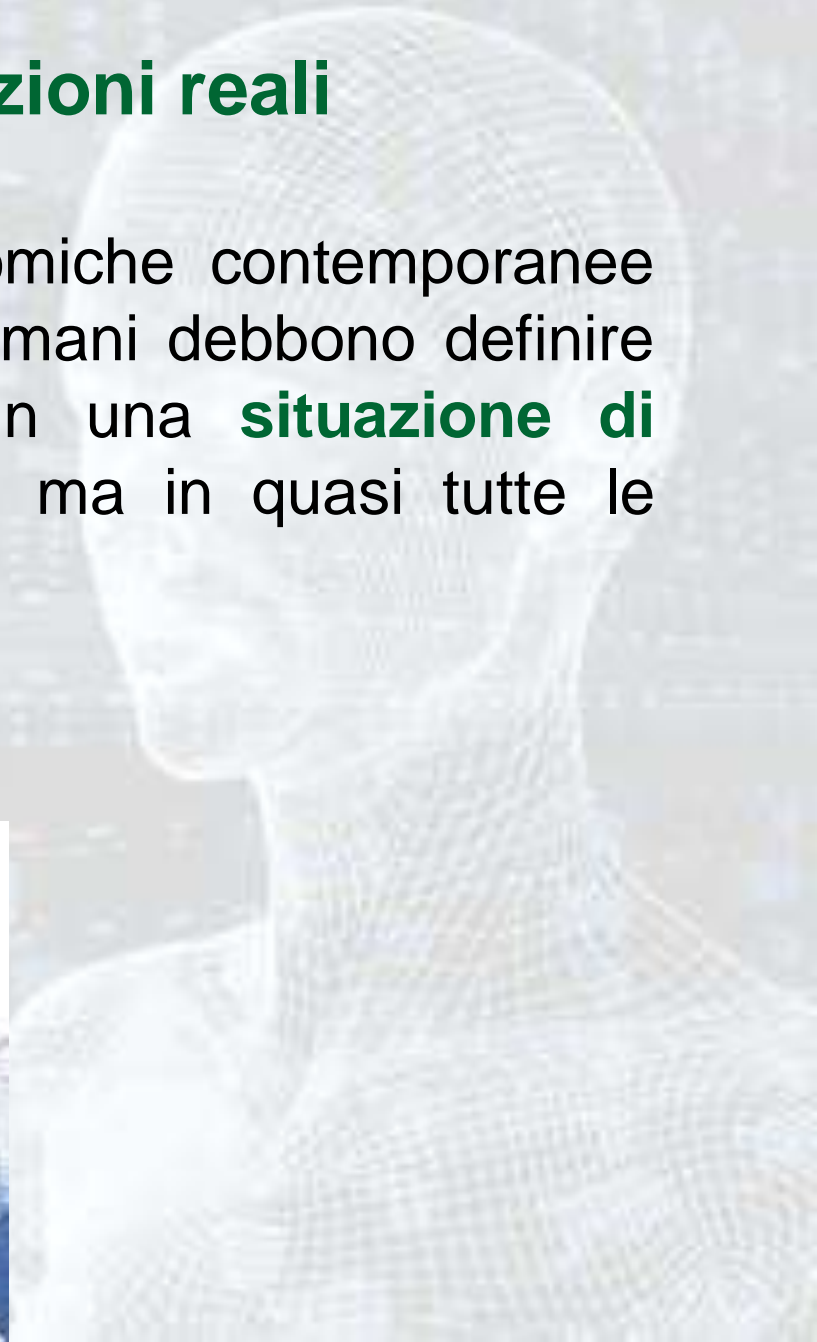


In una prospettiva **sistemica** ogni organizzazione è anche un'auto-organizzazione, ed è l'auto-organizzazione che la fa **funzionare**.



La complessità delle situazioni reali

Molte ricerche sociali ed economiche contemporanee hanno mostrato che gli esseri umani debbono definire strategie di azione razionale in una **situazione di incertezza** non solo nei giochi ma in quasi tutte le situazioni reali.



La complessità delle situazioni reali

Le fonti principali di incertezza sono tre:

- 1. informazioni incomplete** sull'universo in cui si deve operare;
- 2. imprecisione o inaffidabilità** dei dati a disposizione;
- 3. limitazioni reali delle capacità di calcolo** poiché il numero delle possibilità da verificare è troppo grande.



La mente umana è “olistica”

La macchina calcola, secondo regole precise e tramite una sequenza di passi distinti, una successione di dati aventi l'aspetto di fatti atomici e neutrali.

L'intelligenza propriamente umana è olistica, in quanto non agisce manipolando elementi discreti e procedendo dagli atomi alla totalità, ma **cogliendo le parti** (basti pensare alle note di una melodia o agli elementi di una frase) **all'interno del tutto** entro cui si collocano.

La complessità sociale

In un'organizzazione ogni persona è parte di un “tutto” e nello stesso tempo, attraverso le proprie immagini mentali, attraverso i processi di interiorizzazione, ha, in un certo senso, il “tutto” dentro di sé (complessità ologrammatica).

La mente umana è “situazionale”

La mente umana organizza il mondo alla luce di una rete di significati connessi a specifici **interessi e finalità**. Interessi che discendono dai "bisogni" del nostro essere **corporei** e dalle mutevoli maniere di autointerpretarci **socialmente**.

«una data situazione di un essere umano dipende dai suoi obiettivi, i quali, a loro volta, sono in funzione del corpo e dei suoi vari bisogni [...] questi bisogni non vengono stabiliti una volta per sempre, ma vengono interpretati e determinati attraverso l'acculturazione».

(H. Dreyfus)

I processi cerebrali

“Le più recenti ricerche sulle modalità di funzionamento dei nostri processi cerebrali evidenziano con chiarezza l'improponibilità del classico schema **topdown** percezione/cognizione/movimento, in virtù del quale prima si **percepisce**, e lo si fa in maniera "neutra e disinteressata", indipendentemente da qualsiasi dove, da qualunque come e da qualsivoglia obiettivo, poi si **elabora** cognitivamente l'informazione e, infine, scendendo nella piramide, si **agisce**.”

La percezione appare immersa nella **dinamica dell'azione**, esiste un nesso assai stretto che ci costringe a prendere atto del fatto che l'uomo fa delle osservazioni per rispondere ai problemi che gli vengono posti e ai tipi d'interazione con la realtà esterna che è interessato a sviluppare. Di conseguenza, quando egli si trova di fronte a un oggetto qualunque, reagisce con un atto percettivo che **non è fine a se stesso**, indiscriminato e incondizionato, ma è piuttosto orientato a guidare i suoi schemi motori. La percezione, dunque, funge da implicita preparazione dell'organismo a **rispondere e ad agire**: da essa scaturisce, pertanto, una modalità di comprensione che ha una natura eminentemente pragmatica, la quale ci autorizza a dire che le cose e i processi con i quali entriamo in contatto acquistano per noi un senso funzionale al progetto d'azione che intendiamo attivare e sviluppare.”

(De Toni – Comello – Ioan, *Auto-organizzazioni*, 2011)

L'uomo è un “essere-nel-mondo”

Due specialisti di spicco del settore informatico, T. Winograd e F. Flores, rifacendosi ad Heidegger e a Gadamer, ribadiscono che l'intelligenza non è un'entità astratta e logico-formale, bensì un **concreto** e **storico** essere-nel-mondo, di cui fanno parte anche la **corporeità** e **l'emotività**. In altri termini, i computer risultano privi di quella forma di **precomprensione contestuale** che scaturisce dal fatto di vivere nella realtà e dentro la realtà.