



# MISURARE SI PUÒ!

DI CARLO MAZZUCHELLI

Feedback: redazione-cbr@edizionibig.it

**I sistemi complessi sono da tempo oggetto di ricerca da parte di discipline scientifiche: sono difficili da definire e ancora più complicati da misurare**

dei nostri antenati. Il mondo è diventato piccolo e interconnesso, disponiamo tutti di maggiore libertà ma percepiamo anche di essere immersi in contesti ad elevata imprevedibilità (attacco alle torri del settembre 2001, crisi dei mutui *subprime*, ecc.), incertezza, insicurezza e caoticità. La complessità e i sistemi complessi sono da tempo oggetto di ricerca da parte di discipline scientifiche diverse che, dopo aver abbandonato un approccio di tipo riduzionistico, hanno focalizzato la loro attenzione sulle proprietà collettive che emergono in sistemi caratterizzati da componenti in interazione tra di loro e capaci di sorprendere per la loro imprevedibilità. Questi elementi possono essere atomi o batteri, in contesti fisici o biologici, oppure persone, macchine o imprese, in ambiti sociali e economici, ma anche dati descrittivi delle filiali o dei clienti di una banca, del perimetro di sicurezza di un confine nazionale, dei siste-

La complessità è da tempo una metafora utile a re-interpretare il mondo e a ricercare soluzioni a problemi, fin qui apparentemente irrisolti, che possono diventare chiari con il cambio di paradigma che l'approccio ad essa comporta. La cosa riguarda ognuno di noi. Tutti ci rendiamo conto intuitivamente che la nostra vita è diventata più complessa di quanto non fosse quella

mi di gestione aeroportuali o nucleari. La scienza della complessità cerca di scoprire i presupposti e i comportamenti emergenti dei sistemi complessi, elementi spesso invisibili agli approcci tradizionali, focalizzandosi sulla struttura delle interconnessioni tra elementi. Più che alla nascita di una nuova teoria scientifica, stiamo assistendo ad un cambio d'orientamento nella forma mentis degli scienziati con interessanti ricadute sia sul piano teorico che su quello pratico. Un nuovo approccio che esprime la necessità di riuscire a descrivere le molte realtà complesse esistenti, non più attraverso lo studio degli elementi individuali che le contraddistinguono ma della loro architettura, struttura e proprietà generali. La scienza della complessità si prefigge di comprendere i sistemi complessi, quali regole ne governano il comportamento, come si adattano ai cambiamenti, come e quanto apprendano in modo efficiente e come ottimizzano il loro stesso comportamento. Si tratta di uno sviluppo scientifico con enormi potenzialità pratiche in grado di influenzare le attività sociali, economiche e tecnologiche.

## Le misure della complessità

La complessità è difficile da definire e ancora più complicata da misurare in modo convenzionale, perché richiede nuovi occhi con cui guardare il mondo, per vedere non tanto gli oggetti quanto le relazioni che li legano e il loro ruolo ma anche la loro imprevedibilità. Non è solo una proprietà intrinseca di un sistema ma anche una funzione del numero di interazioni possibili tra noi e questo sistema e del numero di descrizioni possibili utilizzate per rappresentare queste interazioni.

Da un punto di vista etimologico, semplice e complesso non

## DIRETTRICI

significano facile e complicato ma piuttosto *non scomponibile e composto*. Un sistema complesso è qualificato dalle relazioni reciproche tra le parti e dalle nuove proprietà che da queste relazioni si originano, proprietà non riconducibili a quelle degli elementi costituenti. La scienza che a partire da Galileo e Newton ha cercato di scomporre il mondo in elementi semplici è oggi più propensa ad osservare il tutto come qualcosa che è maggiore della somma delle parti. Per studiare le proprietà collettive di un sistema complesso bisogna studiare e misurare queste relazioni. Ricostruirle può essere laborioso e richiedere maggiore o minore informazione. L'informazione raccolta o disponibile ci permette di misurare la complessità che vive e si esprime nel nostro mondo quotidiano nelle forme della geometria della natura (relazioni spaziali), nella materia (elettroni, protoni, e neutroni), nel moto (posizione e istante nel tempo) e in molti altri ambiti.

Benché ogni mese ci regali un nuovo libro sui temi della complessità, nuovi modelli di misurazione e misure della complessità, non esistono ad oggi definizioni e misure della complessità comunemente accettate. La definizione entrata nel lessico popolare ne parla come bordo del caos, imprevedibilità, auto-organizzazione ed emergenza intese come ambito nel quale si produce nuova vita. Manca in questa definizione ogni riferimento a come e in che misura la complessità è generatrice di cambiamento e può diventare informazione utile a rendere un po' più prevedibile l'imprevedibile e meno incerto il futuro. La complessità degli organismi viventi, delle società, delle economie e delle organizzazioni è un insieme di funzionalità, di capacità, di potenzialità e di fitness che aumentano ed evolvono permettendo ad ogni

sistema di affrontare con maggior successo l'incertezza e l'imprevedibilità del futuro, di evolvere e quindi di sopravvivere meglio.

In generale le misure della complessità partono dal lavoro di scienziati come Kolmogorov o dalla teoria dell'informazione che hanno portato a definizioni più o meno accettate. Alcune di queste definizioni sono difficilmente calcolabili, altre sono specifiche a contesti e sistemi informatici, meccanici o termodinamici. Il problema di queste definizioni è che non possono essere facilmente utilizzate per misurare la struttura e l'entropia di sistemi multi-dimensionali e di fornire indicazioni utili ad un chirurgo, un manager d'azienda, al direttore di una centrale nucleare o di una banca per poter misurare la complessità dei sistemi organizzativi, logistici, finanziari, medici, ecc. sotto la loro gestione e responsabilità.

### **Complessità x Incertezza = Fragilità**

Questa è, ad esempio, l'opinione di Jacek Marczyk, un ingegnere aeronautico, aerospaziale e civile, fondatore di Ontonix, una società internazionale, con sede in Italia, che ha fatto della misurazione della complessità il suo core business. Secondo il fondatore di Ontonix, i sistemi complessi non sono più difficili da gestire di quelli semplici. Difficile ma non impossibile è invece riuscire a misurarli. È possibile misurare accuratamente il Pil di una nazione, la piovosità di una località montana, quanti voti avrà ottenuto un candidato alle elezioni del 13 aprile, l'altezza e il peso di una persona e quante auto hanno superato la barriera dell'Eco-pass milanese. Ma cercare di mettere

insieme tutti questi elementi eterogenei e in apparenza separati, fare emergere le relazioni che li legano, non è cosa semplice. Secondo Marczyk, *“per comprendere la complessità, bisogna accettare il fatto che più un sistema è complesso e meno precisamente esso può essere misurato”*. Ciò dipende dal principio di incompatibilità secondo il quale un elevato grado di complessità è incompatibile con un elevato livello di precisione. Il problema è come sia possibile misurare e quantificare qualcosa di complesso come la nostra società, una situazione di guerra, la sicurezza ai confini tra Israele e Palestina, il mercato immobiliare e la crisi dei mutui, ma anche la struttura delle filiali di una banca, gli elettrocardiogrammi di pazienti in attesa di trapianto e ambiti di Project e Program Management.

Secondo la teoria diffusa, la difficoltà nella misurazione della complessità dipende dall'osservatore, un fenomeno naturale ha infiniti dettagli che emergono soltanto quando un'osservazione è stata fatta o un modello è stato applicato. Esistono livelli emergenti diversi di complessità e spesso le interazioni ad un livello basso d'organizzazione (particelle subatomiche) finiscono per generare interazioni di livello più alto con regole di aggregazione loro proprie (formazione delle molecole). Una caratteristica della complessità è l'esistenza di una gerarchia di livelli descrittivi nella quale le caratteristiche di un livello superiore emergono da quelli più bassi. La condizione che determina l'emergenza di un nuovo livello dipende dall'osservatore e le proprietà emergenti

*Il mondo è diventato piccolo  
e interconnesso, disponiamo  
di maggiore libertà ma percepiamo  
anche di essere immersi in contesti  
ad elevata imprevedibilità, incertezza,  
insicurezza e caoticità*

## DIRETTRICI

sono quelle che si manifestano da interazioni inattese tra i componenti del sistema. Secondo Jacek Marczyk tuttavia: *“La complessità non è un fenomeno e neppure un'emergenza, ma una quantità che può essere misurata, esattamente come l'energia o la massa. Quello che serve, per uscire dall'ambito teorico nel quale è stato relegato il tema della complessità, è stabilire una definizione rigorosa e non erronea e soprattutto una metrica.”* La soluzione software di Ontonix ha la pretesa di offrire una risposta positiva attraverso algoritmi matematici di tipo *fuzzy* e liberi da modelli predefiniti, in grado di analizzare dati e variabili utilizzati per descrivere il sistema e di produrre misure e quantità utili a rendere il futuro meno incerto. L'obiettivo è di riuscire a misurare nel tempo la complessità del sistema preso in esame in modo da poter prendere decisioni rapide applicando il principio del rasoio di Occam: a parità di condizioni tra due sistemi meglio scegliere quello con un livello di complessità più basso.

La pretesa è di riuscire a misurare la complessità di un processo, o di un'azienda ma soprattutto di riuscire ad indicare la soglia o complessità critica oltre alla quale un sistema comincia a manifestare livelli elevati di entropia, a diventare fragile e a mettere in crisi ogni possibilità di sviluppo sostenibile futuro. Riuscire a conoscere e a quantificare, attraverso una misurazione razionale, il livello critico di complessità di un sistema, consente di intervenire a livello gestionale per mantenerne nel tempo le giuste distanze. È quanto può avvenire in uno scenario di pianificazione strategica per la crescita futura di un'azienda. A volte la scelta di procedere ad un'acquisizione non è altro che il tentativo di spostare in nel tempo la complessità critica.

### **Dalla teoria alla pratica**

Misurare la complessità diventa un modo per gestire l'esposizione al rischio con approcci innovativi e tecnologie innovative capaci di rendere i sistemi meno vulnerabili ma anche di aprire nuove prospettive in campi come la Business Intelligence o il monitoraggio delle prestazioni all'interno di aziende e organizzazioni. Si tratta di un tentativo valido di trasferire molte scoperte teoriche e sperimentali sviluppate dalle scienze della complessità, in ambiti più concreti per dare risposte pragmatiche a domande sulla complessità di un processo produttivo o di un'intera azienda, sulla sua fragilità e/o robustezza presente e futura, sui punti di rottura esistenti o in fase di emergenza, sull'impatto che la complessità ha sulle altre componenti del sistema. La metodologia proposta è semplice. Si parte dalla raccolta di dati esistenti associati alle variabili prese in considerazione, o da dati generati attraverso simulazioni con il metodo Monte Carlo e, dopo averli strutturati su semplici tabelle bidimensionali, li si analizza utilizzando algoritmi matematici in grado di individuare le relazioni esistenti tra tutti i dati e di determinare tutti i comportamenti possibili che un certo sistema può esprimere. L'analisi produce una mappa temporale e dinamica che permette di distinguere i nodi della mappa che fungono da hub, le variabili critiche, e le relazioni che determinano robustezza e/o fragilità del sistema. L'analisi rende immediatamente evidente come sistemi apparentemente poco complessi, con un numero elevato di componenti, possono essere in realtà molto difficili da comprendere. Non si tratta di cercare di determinare a priori quale variabile sia più o meno critica ma di far emergere le interrelazioni e i legami tra variabili,

*La difficoltà  
nella  
misurazione  
della complessità  
dipende  
dall'osservatore*

di evidenziare numero e importanza delle stesse, densità e gradi di separazione tra i nodi, per riuscire a trovare da quali variabili potrebbe dipendere la fragilità del sistema. In un sistema con un solo hub, la perdita dello stesso potrebbe creare grossi

danni, un sistema multi-hub è invece più robusto e quindi meno fragile. Il problema con i sistemi complessi, è che non sappiamo mai con precisione quali e quanti siano gli hub presenti. L'individuazione di questi hub non può avvenire applicando modelli precostituiti o facendo affidamento ad approcci scientifici e matematici tradizionali. Non è possibile spremere più informazione perché più un sistema è complesso e meno preciso diventa.

### **Conclusioni**

Il tema della misurazione della complessità continuerà ad essere al centro dell'interesse degli scienziati della complessità e a generare nuove ed accanite discussioni teoriche e scientifiche. La soluzione presentata in questo articolo e quelle che arriveranno, permetteranno di fronteggiare e gestire meglio le crisi prossime venture. Ma per poter trarre vantaggio da queste scoperte, manager d'azienda, medici, imprenditori, banchieri, ecc. dovranno operare un salto di paradigma mentale e cominciare a pensare che spingere le prestazioni oltre un certo limite non è sempre possibile. Qualsiasi sistema complesso raggiunge un suo picco di prestazioni e poi decade più o meno rapidamente, anche se la cosa può non piacere. Non è tanto importante ottimizzare, quanto conoscere se il livello di complessità critica è vicino o lontano nel tempo e, in base a questa conoscenza, agire. <sup>B</sup>

