

# Troppo complicato

**Samuel Arbesman, Aeon, Regno Unito**

Dall'ordinamento giuridico statunitense al codice del sistema operativo Windows, l'ingegno umano ha creato sistemi così complessi che nessuno riesce più a capirli completamente

**N**onostante la vastità del cielo, ogni tanto gli aerei si scontrano. Per impedire che succedano queste catastrofi, è stato creato il Traffic alert and collision avoidance system (Tcas), che avverte i piloti dei potenziali pericoli e gli suggerisce come comportarsi in base a una serie di regole complicatissime. Queste regole, sviluppate nel corso degli anni, sono talmente complesse che ormai sono rimaste pochissime persone in grado di capirle. Per sviluppare sistemi come il Tcas, gli esseri umani restano momentaneamente ai margini e intervengono le simulazioni. Se un sistema funziona come previsto in un certo numero di casi, riceve l'approvazione dei tecnici ed entra nell'uso.

Anche se evitare le collisioni è in sé un problema complesso, il sistema inventato per risolverlo è diventato troppo complicato da capire, e a volte sorprende perfino gli esperti. L'aumento della complessità è indicativo di un fenomeno più ampio che caratterizza tutta la modernità. Quando i sistemi progettati per salvarci la vita diventano difficili da capire, significa che abbiamo raggiunto una soglia tecnologica che vale la pena esaminare.

Da secoli, gli esseri umani creano sistemi sempre più complicati, dalle macchine con le quali conviviamo quotidianamente ai sistemi di informazione e alle leggi che tengono insieme la nostra civiltà globale.

La tecnologia continua ad accelerare a un ritmo incredibile, offrendoci servizi che le generazioni precedenti non avrebbero potuto neanche immaginare, ma questa sempre maggiore sofisticazione e interconnessione è accompagnata da effetti collaterali non sempre prevedibili. Una cosa è riconoscere che la tecnologia diventa sempre più complessa e rende sempre più difficile il lavoro degli esperti che costruiscono i sistemi e ne curano la manutenzione, tutt'altra cosa è riconoscere che molti di questi sistemi non sono più del tutto comprensibili. Ormai viviamo in un mondo pieno di anomalie incomprensibili. Quando ne scopriamo una in un videogioco la troviamo divertente, ma quando restiamo sorpresi dall'infrastruttura stessa della nostra società, dovremmo fermarci a riflettere.

## Quante stelle in cielo

Uno dei primi segnali del fatto che la tecnologia stava complicando la vita umana è stato l'avvento della ferrovia, che rese necessario suddividere gli Stati Uniti in fusi orari per coordinare gli arrivi e le partenze delle decine di treni che attraversavano il continente. E da allora, nel mondo dei trasporti, le cose sono diventate ancora più complicate. Da congegni meccanici relativamente complicati, le automobili sono diventate dei computer su ruote. Si calcola che la rete stradale degli Stati Uniti abbia più di 300mila incroci regolati da semafori. E il problema non sono solo i sistemi e le re-



GETTY IMAGES

ti. Negli ultimi duecento anni, il numero delle singole parti che compongono i nostri complicati congegni - dagli aerei ai computer - è cresciuto in modo esponenziale.

La complessità della tecnologia raggiunge e influenza tutti gli aspetti delle nostre vite grazie alla crescente informatizzazione. Ora dobbiamo convivere con le sue conseguenze non volute: abbiamo creato un mondo troppo complicato perché il cervello umano possa gestirlo. Il vero incubo non è la Skynet di *Terminator* - una rete cosciente che dichiara guerra all'umanità - ma sistemi talmente contorti che può verificarsi qualsiasi tipo di intoppo. E in effetti gli intoppi si verificano più spesso di quanto vorremmo.

Cominciamo già a intravedere come an-



dranno a finire le cose: vivremo in un mondo di ecosistemi tecnologici quasi autonomi che funzionano senza che gli esseri umani lo sappiano o capiscano quello che stanno facendo. Per citare un articolo pubblicato sulla rivista Nature nel settembre del 2013, nel mondo della finanza “oltre i tempi di risposta umani c’è un’intera ecologia delle macchine” in cui le azioni sono vendute e comprate in un batter d’occhio, e possono verificarsi impercettibili crolli o impennate dei prezzi nel giro di meno di un secondo. Se i nostri scambi commerciali sono ormai al limite della velocità della luce, forse è arrivata l’ora di riconoscere che le macchine interagiscono tra loro in modo complesso, essenzialmente scambiandosi algoritmi, e lasciando ai margini gli esseri umani.

Un tempo si dava per scontato che esistessero conoscenze irraggiungibili per gli esseri umani. Nel suo libro *La guida dei perplessi*, lo studioso medievale Mosè Maimonide afferma che “l’intelletto umano ha indubbiamente un limite di fronte al quale si ferma” ed elenca perfino una serie di cose che secondo lui non avremmo mai potuto sapere, come “il numero di stelle nel cielo” e “se questo numero è pari o dispari”. Ma poi è arrivata la rivoluzione scientifica e con essa il trionfalismo della ragione. Oggi sappiamo esattamente quanti oggetti sono visibili a occhio nudo nel cielo notturno: 9.110 (un numero pari). Ma dai tempi dell’illuminismo siamo andati diretti verso l’*entanglement* (l’intrico), termine coniato dall’informatico statunitense Danny Hillis. L’entan-

glement è la tendenza a creare ambienti tecnologici sempre più interconnessi e incomprensibili. Hillis sostiene che le nostre macchine, pur essendo soggette a regole razionali, ormai sono troppo complesse da capire. Che si tratti di internet nella sua totalità o di altre infrastrutture importanti del nostro mondo, comprendere tutto l’insieme non è più possibile.

Un esempio di questa tendenza è il numero crescente di righe di codice dei software. Secondo alcune stime, il codice sorgente del sistema operativo Windows negli ultimi dieci anni è cresciuto a tal punto che ormai è impossibile che una persona ne comprenda tutte le parti. E ricordate il baco del millennio? È vero che l’abbiamo superato senza troppi problemi, ma la cosa sor-

prendente è che non potevamo prevedere quello che sarebbe successo il 1 gennaio del 2000 perché i sistemi coinvolti erano troppo complessi.

Perfino i nostri sistemi giuridici sono diventati eccessivamente caotici. Il codice statunitense, che è in sé una specie di macchina, contiene più di 22 milioni di parole e più di 80mila collegamenti tra una sezione e l'altra. Questa enorme rete giuridica è profondamente complessa e nessuno è in grado di comprenderla nella sua interezza. Michael Mandel e Diana Crew, due ricercatori del Progressive policy institute di Washington, hanno definito questa crescita dei sistemi giuridici "un accumulo di regole", alle quali continuiamo ad aggiungere leggi e regolamenti. Può darsi che in sé ognuna di quelle leggi abbia un senso, ma prese tutte insieme possono confondere le idee e addirittura interagire tra loro in modo imprevedibile. L'interazione tra la complessità giuridica e la complessità informatica è stata evidente durante la problematica presentazione online del programma di assistenza sanitaria Obamacare. E gli intoppi in quel sistema possono influire sulla vita di tutti i cittadini statunitensi.

Inoltre, questa tendenza sta accelerando. Pensate alle stampanti 3D, o ai grandi macchinari per costruire tunnel e ponti, o ai software per progettare nuovi prodotti e infrastrutture, come i raffinati cad (computer aided design). C'è un settore dell'informatica, la cosiddetta programmazione evolutiva, che consente addirittura al software di "evolvere" le soluzioni ai problemi, senza sapere che forma assumerà la soluzione finale. Avete bisogno di un'equazione che si adatti ai vostri dati? La programmazione evolutiva può darvela, anche se non ne capite la risposta.

Qualche anno fa, un gruppo di ricercatori voleva migliorare la struttura di un certo tipo di circuito elettronico. Idearono un problema semplice che il computer doveva risolvere e cercarono di evolvere una possibile soluzione. Dopo molti tentativi, finalmente trovarono la struttura giusta del circuito. E ora viene il bello: alcune sue parti non erano collegate al corpo centrale del circuito, anche se erano essenziali per il suo funzionamento. Fondamentalmente, la programmazione evolutiva sfruttava strani fenomeni fisici ed elettromagnetici che nessun ingegnere avrebbe mai pensato di usare per consentire al circuito di portare a termine il suo compito. Per usare le parole degli stessi ricercatori, "l'evoluzione era in grado di sfruttare quel comportamento fisico anche se era difficile da analizzare".

## Questa capitolazione dell'intelletto davanti alla complessità sembra eccessiva, ma cosa possiamo fare se non capiamo più le nostre creazioni?

Questa tecnica evolutiva ha prodotto un nuovo sistema tecnologico difficile da comprendere, perché una cosa del genere non ci sarebbe mai venuta in mente da sola. Negli scacchi, in cui i computer sono più bravi di noi e riescono a vincere in modi che la mente umana non sempre riesce a capire, le soluzioni di questo tipo sono chiamate "mosse da computer", cioè mosse che nessun essere umano farebbe mai, poco eleganti, ma che raggiungono comunque lo scopo. Come osserva l'economista Tyler Cowen nel suo libro *Average is over* (Dutton 2013) queste mosse spesso sembrano sbagliate, ma funzionano. I computer hanno messo in evidenza il fatto che il gioco degli scacchi, almeno quando è giocato ai massimi livelli, è troppo complicato, ci sono troppe possibilità perché una persona, anche un grande campione, possa prevederle tutte.



### Diventare più umili

Quindi come reagiamo a tutta questa impenetrabilità tecnologica? Un modo per farlo è semplicemente arrendersi, come Calvin, il personaggio delle strisce *Calvin e Hobbes* (amico di una tigre filosofa) secondo il quale tutto, dalle lampadine agli aspirapolvere, funziona per magia. Piuttosto che affrontare la complicata realtà del funzionamento del vento, Calvin lo chiama "lo starnuto degli alberi". Questa capitolazione dell'intelletto davanti alla complessità sembra eccessiva e perfino un po' vigliacca, ma cosa possiamo fare se non capiamo più le nostre creazioni?

Forse potremmo assumere lo stesso atteggiamento che abbiamo nei confronti del tempo atmosferico. Anche se non possiamo veramente controllarlo o comprenderlo in tutti i suoi dettagli non-lineari, riusciamo a prevederlo abbastanza bene, ad adattarci e perfino a prepararci ad affrontarlo. E quando gli elementi ci portano qualcosa di inatteso, ci arrangiamo meglio che possiamo. Perciò, come esistono i modelli per il tempo atmosferico, potremmo cominciare a crea-

re modelli, magari un po' semplificati, per i nostri sistemi tecnologici. Simulare il sistema che ci interessa, verificarne i limiti e modificarne i parametri, può essere un ottimo modo per capirlo meglio, ed è un'abilità che dobbiamo coltivare.

Per esempio, il videogioco *SimCity*, che è una sorta di modello, permette a chi gioca di capire come funziona una città. Prima di *SimCity*, ben poche persone tranne gli urbanisti e gli ingegneri civili avevano un modello mentale chiaro di come funzionavano le città, e nessuno sapeva quali manovre girare per ottenere determinati risultati. Probabilmente non possiamo ancora farlo al livello di complessità di una vera città, ma chi fa questo tipo di giochi capisce meglio le conseguenze delle proprie azioni. Dobbiamo imparare a "giocare" meglio con le simulazioni del mondo tecnologico in generale. Forse è proprio questa la direzione in cui dovrebbe andare il nostro sistema dell'istruzione. Dovremmo insegnare agli studenti a giocare con qualcosa, a esplorarne i limiti e capire come funziona, più o meno.

Abbiamo anche bisogno di persone che interpretino quello che succede in questi sistemi, un po' come i meteorologi della tv. Verso la fine di *Average is over*, Cowen cerca di immaginare questi futuri interpreti. "Dovranno essere capaci di cercare, assorbire e valutare le informazioni. Saranno traduttori delle verità che escono dalle nostre reti di macchine. Almeno per un po' di tempo, saranno gli unici ad avere un'idea chiara di quello che succede".

E quando le cose diventeranno troppo complicate e rimarremo sorpresi dal funzionamento delle strutture che l'umanità ha creato? A quel punto dovremo fare come chi, in una gelida giornata invernale, si alza il bavero, sospira ed esce lo stesso: diventeremo più umili. Quelli come Maimonide, che sono vissuti prima dell'illuminismo, ammettevano che c'era un limite a quello che potevamo conoscere, e forse è ora di tornare a pensarla così. Naturalmente, non dobbiamo gettare la spugna e dire che, poiché non capiamo qualcosa, non abbiamo più niente da imparare. Ma al tempo stesso, forse è arrivata l'ora di prendere di nuovo atto dei nostri limiti. ♦ *bt*

### L'AUTORE

**Samuel Arbesman** è un matematico statunitense che lavora alla Ewing Marion Kauffman foundation e all'università di Harvard. Ha scritto *The half-life of facts* (Current Hardcover 2012).