

# QUALCOSA DI NUOVO?

L'intelligenza artificiale e noi:  
un'epoca in cui  
"niente di nuovo sotto il sole"  
**non è più vero**

**DAVID ORBAN**

# **Copyright**

Copyright 2015 David Orban

Questa opera è pubblicata sotto una licenza  
Creative Commons Attribution 4.0 Internazionale.

Per maggiori informazioni vedi  
[creativecommons.org/licenses/by/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## **Nota all'edizione**

Nel 2015 Hoepli ha pubblicato nella collana Microscopi l'edizione italiana di "Something New?" scritto nello stesso anno, con il titolo "Singolarità: con che velocità arriva il futuro". Nel 2023 Hoepli ha ceduto i diritti all'edizione italiana e il libro è stato pubblicato di nuovo da Futuroid Press con il titolo originale tradotto come "Qualcosa di nuovo?" e qualche piccola correzione al testo. Si ringrazia l'*editor* Marina Martelli presso Hoepli per la professionalità e il supporto nella pubblicazione dell'edizione italiana.

*A mia moglie Diana  
che mi ancora alla realtà.*

*Ai miei figli Jacopo, Cosimo e Giordana  
che sono cresciuti sentendo  
quotidianamente conversazioni  
sugli argomenti qui coperti.*

*E a mia madre Magda, che da pittrice  
fin da bambino mi ha orientato  
in una direzione scientifica.*

# **SOMMARIO**

<b>Prefazione .....</b>	IX
<b>Ringraziamenti .....</b>	XI
<b>Intervista a Gianni Degli Antoni .....</b>	XIII
<b>Capitolo 1</b>	
La tecnologia ha creato l'uomo .....	1
<b>Capitolo 2</b>	
I metodi della conoscenza .....	17
<b>Capitolo 3</b>	
Cambiamento esponenziale .....	23
<b>Capitolo 4</b>	
Intelligenza artificiale .....	41
<b>Capitolo 5</b>	
Intelligenza artificiale generale .....	49

<b>Capitolo 6</b>	
Singolarità e tecnologia .....	65
<b>Capitolo 7</b>	
Il potere dell'evoluzione.....	71
<b>Capitolo 8</b>	
Coevoluzione uomo-macchina .....	83
<b>Capitolo 9</b>	
Cosa fare oggi? .....	111
<b>Capitolo 10</b>	
Cosa fare domani?.....	123
<b>Capitolo 11</b>	
Cosa fare dopodomani? .....	127
<b>Sei dei nostri?</b>	141
<b>Risorse online</b>	143

# PREFAZIONE

La singolarità tecnologica è il momento ipotetico nel quale saranno possibili intelligenze artificiali in grado di modificarsi. Queste intelligenze artificiali saranno in grado di scegliersi i propri obiettivi e di adottare i metodi per raggiungerli, cambiando in questo modo la faccia del pianeta e il corso della storia. Che cosa possiamo fare? Come dobbiamo adattarci a questa nuova realtà?

È facile cedere alla tentazione di fare propria l'affermazione *nihil novum sub sole* (non c'è nulla di nuovo sotto il sole), ma questa volta sta realmente accadendo qualcosa di nuovo ed è fondamentale imparare a riconoscerlo e a comprenderlo correttamente. Nell'era in cui stiamo entrando, l'intelligenza artificiale sarà una presenza imprescindibile del nostro mondo.

Il libro si sviluppa attorno ai temi della tecnologia, dell'intelligenza artificiale e dell'evoluzione dell'individuo e della società. Riceverò molto volentieri ogni tipo di riscontro o commento. Potete contattarmi su una delle piattaforme sotto elencate.

Email [david@davidorban.com](mailto:david@davidorban.com)

Twitter <http://twitter.com/davidorban>

Facebook <http://facebook.com/dorban>

Web <http://davidorban.com>

# RINGRAZIAMENTI

Voglio ringraziare Massimo Temporelli che ha insistito per l'inclusione di questo libro nella collana *Microscopi* di Hoepli. Senza la sua spinta non avrei immaginato di poterlo scrivere.

La maggior parte del libro è stata scritta a Cuba, e la pazienza di mia moglie Diana, che mi ha permesso di organizzarmi per un lavoro creativo ma metodico, è stata senza pari.

Per decenni ho avuto uno stimolo costante dalle conversazioni con Gianni Degli Antoni e la sua *mentorship* nei miei confronti è stata fondamentale nello sviluppo del mio pensiero.

Le persone hanno dato direttamente o indirettamente stimoli, riscontri e hanno influenzato con il loro lavoro la struttura e i contenuti del libro: Ray Kurzweil, Marvin Minsky, Neil Jacobstein.

# **INTERVISTA A GIANNI DEGLI ANTONI**

Ho conosciuto Gianni Degli Antoni alla fine degli anni Ottanta del XX secolo. E pur non essendo mai stato suo studente, ci siamo tenuti in contatto e sono diventato suo amico. Gianni ha fondato l'Istituto di Cibernetica della Facoltà di Fisica e poi il Dipartimento di Scienze dell'Informazione dell'Università di Milano. In un certo senso è stato uno dei padri dell'informatica in Italia.



**Figura 0.1** – Gianni Degli Antoni.

Il suo modo di interpretare il mondo è unico e stimolante, ma è stato anche affiancato da una profonda capacità di ispirare i suoi studenti. Sono nate molte decine, forse più di un centinaio, di aziende da giovani che sono diventati adulti sotto la sua guida e imprenditori che a loro volta hanno ispirato altri.

L'ho incontrato nell'agosto 2015 per una breve conversazione sul ruolo dell'intelligenza artificiale.

*Che cosa dobbiamo capire dell'intelligenza artificiale?*

La domanda principale è: di chi sarà al servizio l'intelligenza artificiale? Deve essere sempre al servizio dell'uomo. E l'intelligenza artificiale in aiuto all'uomo esiste già, ed è Google. Il cloud è un modo magnifico per raccogliere e distribuire informazione. Le risorse ricchissime di Google permettono di metterlo a disposizione di tutti e arricchirlo di funzioni che lo rendono un'intelligenza artificiale.

Ci vuole un'intelligenza artificiale per tutti. Non deve essere solamente un sostitutivo dell'intelligenza meccanico-umana, ma deve essere una cosa utilizzabile in generale da tutte le persone, quindi una cosa per l'uomo.

Magari per l'uomo di un villaggio africano, che accede alla rete da pari con i cellulari alla ricerca di nuove soluzioni. Bisogna arrivarcì, e non ci siamo ancora. Però è chiaro che ci stiamo arrivando.

Pochi giorni fa ho comprato "MIT Technology Review" che questo mese ha una copertina stupenda. C'è la faccia di un bambino e dice "We can now engineer the human race" ("Oggi possiamo cambiare con l'ingegneria la razza umana"). È una cosa in cui credo moltissimo. Probabilmente, l'intelligenza artificiale è proprio questo strumento.

*Come possiamo migliorare l'intelligenza artificiale?*

È chiaro che dobbiamo aumentare enormemente le sue capacità, a servizio della conoscenza, a servizio delle azioni. Dobbiamo capire come utilizzarla al meglio. Deve essere qualche cosa completamente a disposizione anche dei poveri.

Per esempio, attraverso la lettura dei testi, anche su cose molto banali. In modo molto semplice, soprattutto facendo in modo che le persone, quando leggono, siano aiutate a interpretare e a capire bene.

Il giudizio sulla funzionalità dell'intelligenza artificiale non dev'essere dato da altre intelligenze artificiali, ma dev'essere dato da esseri umani comuni che devono dire: "Sto meglio se la uso", oppure "Sto peggio". Sono le persone che devono giudicare e le intelligenze artificiali non devono comandare.

*Le aziende e le organizzazioni fanno parte del sistema di algoritmi? Le regole che guidano le aziende possono essere a loro volta intelligenti, analizzate, migliorate...*

Ho fatto una grande esperienza recentemente in ospedale... Le persone lì hanno naturalmente un grande bisogno di aiuto. L'aiuto viene, ad esempio, dai dottori e dagli infermieri. Questi sono formidabili, però a loro volta hanno bisogno di aiuto.

I pazienti hanno la capacità di capire se le cose vanno meglio o peggio, meglio dei dottori. E quindi è su di loro che bisogna agire, sui pazienti.

Il progetto di intelligenza artificiale giapponese negli anni Ottanta, chiamato di quarta generazione, non ha avuto successo perché pretendeva di sollevare l'uomo da tutto, ma non aiutava l'uomo a cercare di capire. I sistemi automatici devono fare leva sul giudizio delle persone, anche dal punto di vista medico, approfittare del loro senso comune.

Altre applicazioni importanti saranno in campo scientifico, nell'affiancare la ricerca accademica e persino in campo politico. L'intelligenza artificiale sarà applicata persino alle religioni... Credere nelle religioni va bene, perché non ragionarci anche profondamente sopra?

Bisogna capire se l'intelligenza artificiale può mettere naso dappertutto e non solamente nei mestieri propri della tecnologia in senso stretto.

*In quello che hai detto relativamente alle religioni, vedo una connessione immediata e diretta con le automobili robotiche di Google, perché la religione oggi ha un controllo, per molte persone, sul senso morale, che viene dall'alto, mentre l'auto robotica di Google, quando deve prendere una decisione, se sterzare a destra o a sinistra, non può fare riferimento alle tavole della legge di Mosè. Deve essere in grado di derivare la propria decisione dal basso, dai primi principi.*

Non deve essere un'etica dall'alto: dev'essere un'etica che viene dalla strada, da tutti. Quello è il compito più difficile che abbiamo, certamente il compito più importante e difficile. La collocazione dell'etica andrà alla salvezza dell'uomo.

L'empatia è un po' un sottocapitolo dell'etica, il modo con cui impariamo a immedesimarci negli altri. L'intelligenza artificiale deve trovare il modo di capire l'empatia. Capire come si fa a voler bene a qualcuno.

Ed è questo che deve contrapporsi alla violenza, al tentativo di possesso assoluto. Questa è la più grande ambizione che possiamo avere rispetto all'intelligenza artificiale: risolvere questo problema.

In un modo imperfetto è plausibile, ragionevole, o addirittura desiderabile, poter anche limitare la libertà individuale per prevenire la violenza. Un po' di autoritarismo autentico è necessario. E non è che supera l'individuo: l'uomo è la libertà individuale e viceversa. Impari a diventare individuale. La libertà individuale non va soppressa, ma aiutata e affiancata da vincoli necessari che meglio definiscono il ruolo dell'individuo e i confini delle sue libertà. Questa è la sola possibilità per evitare la violenza; ma in modo democratico, nel senso di "stabiliamo un certo criterio comune eccetera". Questo è un problema di intelligenza artificiale. Naturalmente, bisogna accettare che alcune persone siano, in un certo senso, ispirate. Le capacità di leadership, la visione, la possibilità di essere anche un narratore di un futuro desiderabile, sono condizioni necessarie. La libertà individuale deve essere supportata per andare avanti, a favore di un futuro migliore.

## **Capitolo I**

# **LA TECNOLOGIA HA CREATO L'UOMO**

### **Una partenza bruciante**

Ci sono molte definizioni di che cos'è l'essere umano e che cosa lo renda diverso dagli altri animali. Che siamo diversi è innegabile. Le scimmie e molti uccelli imitano e imparano. Tante nostre caratteristiche che potrebbero sembrare uniche sono presenti in altre specie. Tuttavia queste si combinano in noi in quantità e in una maniera tale da aver portato a un cambiamento qualitativo che ci rende unici.

Tra i diversi quadri di riferimento uno è particolarmente utile: le varie tecnologie che abbiamo inventato e applicato alla nostra vita non solo ci hanno affiancato e supportato, ma sono quelle che definiscono la nostra natura.

Uno dei primi esempi di tecnologia che ha avuto un'influenza fondamentale su cosa siamo è la capacità di controllare il fuoco. Utilizzando il fuoco per cucinare il cibo che mangiamo, esso diventa di fatto un elemento della catena del processo di digestione. Invece di dedicare una decina di ore o più all'alimentazione e alla digestione, come i nostri cugini gorilla, possiamo farlo con più efficienza, sia dedicandovi meno tempo ed energie sia assorbendo

meglio i nutrienti contenuti nel cibo. Questo ha permesso l'accerchiarsi del nostro tratto digestivo, nonché l'accrescere del nostro cervello, in particolare della neocorteccia. Nonostante il cervello sia solo pari a circa il 2% della massa corporea, assorbe circa il 30% della sua disponibilità energetica! Il cervello crescerrebbe ancora, ma il collo di bottiglia, letterale, è il diametro del bacino della femmina della nostra specie. Inoltre, l'essere umano alla nascita è particolarmente immaturo, se confrontato con i neonati di altre specie di animali. Una gazzella appena nata è in grado, entro pochi minuti, di alzarsi e correre con la madre. Un neonato umano è completamente inerme e ha bisogno di diversi anni anche solo per potersi nutrire da solo. In questo periodo il nostro cervello continua a svilupparsi, in particolare appunto la neocorteccia che ne rappresenta la parte più recente, organizzandosi per essere in grado di accogliere al meglio la grande quantità di informazioni e di conoscenza che sono necessarie per essere un membro attivo e utile della nostra società.

L'agricoltura è un altro esempio di tecnologia abilitante fondamentale. Per decine e decine di migliaia di anni, nonostante gli esseri umani di allora fossero in tutto e per tutto equivalenti a quelli di adesso, con le stesse caratteristiche e capacità, il numero totale di persone sulla terra è rimasto praticamente invariato. Lo stile di vita era quello della caccia e raccolta e il sostentamento prodotto dalla natura in una data area, che si poteva percorrere a piedi in un giorno, determinava la dimensione massima delle tribù nomadi. In tutta la Terra c'erano pochi milioni di individui. In realtà, recenti studi genetici sul mitocondrio, quella parte delle cellule la cui composizione genetica viene tramandata per via esclusivamente materna, hanno dimostrato che, a un certo momento, sulla Terra erano presenti solamente 5000 esemplari di esseri umani, da cui discendono tutti gli esseri umani di oggi. Questo setaccio evolutivo a trama molto fine e la catena di improbabilità che rappresenta non sono un caso isolato, ma una caratteristica dell'andamento della selezione naturale e dell'evoluzione dei sistemi complessi. Uno dei motivi è che una particolare area geografica locale poteva solo dare sostentamento a un numero relativamente basso di

individui. Un gruppo di 20-30 persone si fermava in una valle magari per qualche giorno o qualche settimana, per poi seguire il maturare delle bacche e lo spostamento degli animali. Abbiamo una visione idealizzata di questo periodo, in mancanza di riferimenti diretti. Ci immaginiamo una vita sostenibile, senza impegni e stress, in contatto con la natura. In realtà, questo non è del tutto vero: bisogna accettare il fatto che la vita media fosse di 20-30 anni o meno e che la natura veniva continuamente depredata e aveva respiro solo nel momento in cui ci si spostava. Un esempio molto chiaro dell'insostenibilità anche del modo di vivere preistorico è l'attività di caccia dell'uomo, che ha portato all'estinzione della megafauna in tutti i continenti. Che si trattasse dei mammut siberiani o degli emu australiani, li abbiamo sterminati tutti. Con buona pace dell'immagine del "buon selvaggio" in armonioso contatto con la natura!

L'avvento dell'agricoltura, circa diecimila anni fa simultaneamente in diverse parti del mondo, basata sulla coltivazione di grano, riso e mais, e l'allevamento di polli, maiali, pecore, bovini e altri animali domestici, hanno permesso di aumentare di oltre un ordine di grandezza la quantità di cibo a cui potevamo accedere in una data area geografica. Anche l'affidabilità di questa produzione, pur con le variazioni di resa dovute a piovosità e infestazioni di parassiti, era migliore, se messa a confronto con l'impossibilità di predire che cosa un gruppo di raccogitori nomadi avrebbe trovato nella valle successiva. Questi fattori hanno a loro volta portato non solo alla trasformazione stanziale, ma anche all'aumento esponenziale della popolazione.

Paradossalmente, basandoci sull'elaborazione statistica delle informazioni che ci provengono dai ritrovamenti di scheletri di quest'epoca, sappiamo che, in effetti, nell'epoca agricola si viveva peggio rispetto all'epoca della caccia e della raccolta: le persone in media erano più basse e morivano prima! Gli individui, se anche si rendevano conto di questo, difficilmente potevano fare alcunché: nelle zone agricole non era più possibile ritornare alla forma di vita e di organizzazione sociale precedente. Questo è un principio generale delle società e delle orga-

nizzazioni che adottano determinate tecnologie: la nuova realtà trasformata dipende dalla tecnologia per funzionare e non è più possibile abbandonarla per tornare indietro. Spesso l'immagine che abbiamo dei tempi passati è idealizzata e la nostra percezione dei loro lati positivi, così come quella dei lati negativi del presente, viene amplificata. Ma se volessimo abbandonare la tecnologia oggi, miliardi di persone morirebbero e nessuno può decidere chi debbano essere.

L'aumentata disponibilità di cibo e la sua relativa affidabilità in epoca agricola hanno comportato un aumento della popolazione e la possibilità che, a causa di questo aumento, si sviluppassero attività specializzate. Inizialmente queste erano direttamente volte all'aiuto del lavoro agricolo, ma successivamente una percentuale sempre maggiore della popolazione si è dedicata ad attività che non erano direttamente agricole. Oggi, nelle società a maggior reddito, non più del 2%-3% della popolazione si occupa di agricoltura e di allevamento: siamo in grado di nutrire il 100% delle persone di una società con solo il 2% della forza lavoro. Persino in società a livello di reddito medio basso come l'India, a prescindere dalla percentuale della popolazione, è stato calcolato che il 90% dell'energia del lavoro agricolo viene da fonti meccaniche.

## I dinosauri non avevano i telescopi

Per decine di milioni di anni i dinosauri hanno rappresentato il culmine dell'evoluzione, con una grande varietà di specie. Stiamo ancora scoprendo come i loro gruppi fossero organizzati e come, per esempio, alcuni di loro si prendessero cura dei piccoli. Non sappiamo quale sia stato il fattore che ha portato allo sviluppo dell'intelligenza nell'uomo e non sappiamo nemmeno se i dinosauri ci sarebbero prima o poi arrivati, magari grazie a un diverso stimolo ambientale. Sappiamo che non hanno fatto in tempo, perché a seguito dell'impatto di un asteroide con la Terra e il cambiamento climatico che questo ha comportato i dinosauri si sono estinti, assieme alla stragrande maggioranza delle specie a loro contemporanee.



**Figura 1.1** – L'unica differenza fra noi e i dinosauri è che loro non avevano i telescopi (fonte: myfavoritedinosaur, LadyofHats, OpenClips).

Se i dinosauri avessero avuto i telescopi, avrebbero potuto evitare l'estinzione? Avrebbero sicuramente avuto la possibilità di individuare l'asteroide prima che questo colpisce la terra. E se avessero avuto una tecnologia spaziale sufficientemente sviluppata, avrebbero potuto organizzare una missione di salvataggio per cercare di deviare l'orbita dell'asteroide, in modo che non colpisce il pianeta. Noi i telescopi li abbiamo e un po' alla volta stiamo aumentando le nostre capacità spaziali e i modelli che ci permettano di svolgere una manovra di questo tipo. Per esempio, contrariamente alla rappresentazione dei film hollywoodiani, far esplodere l'asteroide non è particolarmente utile, visto che i suoi pezzi, anche se sicuramente un po' più piccoli, rimangono sulla stessa orbita e il loro impatto totale porta la stessa energia dell'asteroide intero. Oggi si è più orientati a pensare che l'ancoraggio all'asteroide di una sonda sufficientemente massiccia possa creare una variazione del campo gravitazionale tale da deviarne l'orbita nel tempo, impedendole di colpire la Terra. È una questione di conoscenze matematiche, scientifiche, di capacità ingegneristiche, di coordinamento e gestione di progetto, di finanza e allocazione di risorse e di volontà sociale e politica.

La differenza sostanziale tra noi e i dinosauri è che loro non avevano i telescopi. Essi inoltre non avevano gli strumenti della ragione e della scienza che avrebbero permesso loro di affrontare i pericoli dell'estinzione, vedere l'asteroide e forse riuscire a deviarlo, proprio come noi oggi ci troviamo ad affrontare, con la ragione, i pericoli delle pandemie, del cambiamento climatico, dei conflitti estremi e così via.

Quando il budget della NASA destinato al funzionamento dei radiotelescopi che monitorano gli oggetti spaziali presenti su un'orbita che potrebbe portarli a colpire la Terra è stato tagliato, ci siamo resi uguali ai dinosauri, volontariamente ciechi alle minacce alla nostra specie. È dovuto intervenire Paul Allen, co-fondatore di Microsoft, con i propri mezzi, per finanziare il riavvio e la gestione di questi strumenti specializzati, dandoci una chance di catalogare gli asteroidi e forse evitare che un prossimo impatto, in una data futura, possa provocare la nostra estinzione.

In generale si può affermare che non ci sono alternative agli strumenti della ragione e della scienza per affrontare i nostri problemi. Nemmeno quando li impieghiamo al nostro meglio abbiamo garanzie. Esistono problemi irrisolvibili. Ma se vogliamo avere una possibilità di risolverli, dobbiamo chiederci quale particolare orientamento scientifico, che tipo di soluzione (per esempio un'ancora gravitazionale per l'asteroide, invece di una bomba nello stile dei film hollywoodiani) sarà quello giusto. Nascondere la testa sotto la sabbia non è una soluzione.

## Non a somma zero

Soprattutto da parte dei media tradizionali come giornali, radio, televisione, ma anche da parte dei media online come siti web e social network, è diffusa la percezione che l'unica maniera di fare informazione seria sia presentare i fatti in modo bilanciato. Questo approccio, portato a estremi quasi comici, vede ogni fatto o fenomeno sotto due punti di vista, uno positivo e l'altro negativo, e si sforza di dare uguale spazio a entrambi. È difficile capire se questo metodo dogmatico nasce

semplicemente dall'ignoranza oppure è guidato da interessi di parte. Il 99% degli scienziati è convinto che ci sia un cambiamento climatico in corso e che questo sia causato dall'uomo. Si vedono spesso trasmissioni televisive nelle quali c'è uno sforzo quasi comico di comunicare che esistono altre posizioni, altrettanto valide, in base alle quali le cose non andrebbero necessariamente in questo modo (ossia il cambiamento climatico non esisterebbe, oppure non sarebbe dovuto a cause antropiche). Invitando uno scienziato da una parte e una persona che rappresenta l'opinione opposta dall'altra, si crea la falsa impressione che le due posizioni abbiano uguale validità. Da questo tipo di approccio diventa facile generalizzare indebitamente che ogni tecnologia presenti due aspetti, uno positivo e uno negativo, che si equivalgono.

In realtà la tecnologia non è un gioco a somma zero: è un gioco a somma positiva. I suoi lati positivi e negativi non si bilanciano equamente, ma producono un effetto positivo. Questa valutazione è certamente statistica e non assoluta: occorre valutare con attenzione tutti i risvolti di tutte le tecnologie. Ne possono esistere alcune che, attraverso un dialogo aperto che coinvolge tutti, si preferisce non adottare, per evitare di diventare dipendenti. In generale, tuttavia, la semplice osservazione che siamo più di sette miliardi di individui sul pianeta, e non qualche milione, è una dimostrazione che l'effetto complessivo è a vantaggio dell'umanità. Chi raccomanda di abbandonare la tecnologia, perché la teme non capendola, deve prima essere in grado di rispondere alla domanda: "Chi sono le 99 persone su 100 che dovranno di conseguenza morire?".

Il principio precauzionale che mette in evidenza i rischi delle tecnologie rallenta la loro adozione. Spesso vengono richiamati aspetti di protezione dei consumatori per la sua applicazione. Il presupposto di questo modo di procedere è, da una parte, che si considera indifeso il consumatore e, dall'altra, che sia sotto attacco, pronto a essere sfruttato, truffato e in generale contrapposto all'azione di coloro che propongono soluzioni ai suoi problemi. L'ultima componente del ragionamento, infine, sottintende che gli enti di regolamentazione sia-

no meglio informati, più preparati e, in generale, più competenti per decidere al meglio al posto del consumatore, dettando legge su che cosa questi debba o non debba essere in grado di fare o addirittura di conoscere.

## L'accesso al testo sacro del DNA

Un esempio recente di questo principio precauzionale e della sua applicazione è l'opposizione della FDA, Food and Drug Administration, l'ente federale americano preposto alla regolamentazione dei prodotti e servizi relativi all'alimentazione e della salute, alla fornitura da parte della società 23andme di un servizio di decodifica del DNA destinato al pubblico.

Approfittando della fortissima diminuzione del costo della decodifica, questa società californiana ha cominciato a offrire un servizio innovativo al pubblico nel 2009. Iscrivendosi sul loro sito si riceve un'ampolla a casa, nella quale si deve depositare un piccolo campione di saliva (in pratica, bisogna sputarci dentro), rimandandola quindi alla sede della società nella busta fornita all'arrivo, contrassegnata dalle minacciose icone "biohazard" dei materiali biologici. Dopo un paio di settimane arriverà un messaggio di posta elettronica che avverte del completamento della procedura di decodifica. Sarà quindi possibile consultare i risultati, opportunamente protetti da password, direttamente sul sito della società.

Nel 1985 il lancio del progetto Genoma umano negli Stati Uniti con un budget di tre miliardi di dollari era molto ambizioso. Mirava alla decodifica del genoma umano, costituito da sei miliardi di basi, entro quindici anni. L'andamento del progetto è un esempio classico della potenza del cambiamento esponenziale. A sette anni dall'inizio il progetto aveva raggiunto solo l'1% dell'obiettivo. Persino gli esperti del campo ritenevano che si fosse di fronte a un fallimento e che ci volessero non altri sette anni, ma forse decine o centinaia, per il completamento, con esborsi stratosferici molte volte più alti rispetto ai fondi messi a dispo-

sizione. Pochi tenevano conto del fatto che questo risultato era stato raggiunto continuando a raddoppiare la capacità di decodifica. Mentre questo ritmo, ossia non tanto la velocità, quanto l'accelerazione del processo, l'anno dopo si era raggiunto il 2%, poi il 4%, l'8%, il 16%, il 32%, il 64%... e in questo modo, dopo sette raddoppi, si era riusciti a raggiungere il 100% dell'obiettivo entro i quindici anni previsti dal progetto e rispettando il budget.

Ma il raddoppio della potenza del progetto non finiva lì: la velocità di decodifica continuava ad aumentare e il prezzo a diminuire. Oggi, nel 2015, è possibile ottenere per circa \$2000 il DNA completo, oppure per \$99 la frazione di DNA, i cosiddetti nucleotidi a polimorfismo singolo (SNIPs, Single Nucleotide Polymorphisms), che si ritiene siano responsabili delle caratteristiche individuali che ci differenziano gli uni dagli altri. Ci sono 500.000 SNIPs nel DNA umano e 23andme si concentra sulla loro analisi ed elaborazione.

I risultati sono sbalorditivi. Dall'analisi del mio DNA il sito di 23andme è in grado di dirmi il colore degli occhi e dei capelli, assieme ad altre decine di caratteristiche del mio fenotipo, ossia dell'espressione fisica dell'azione del mio DNA. È in grado di dare una valutazione statistica, in termini di predisposizione maggiore o minore a certe malattie. Offre un'indicazione su come farmaci anche comuni devono essere dosati nel caso io li debba assumere, superando le raccomandazioni delle normali prescrizioni, oppure, al contrario, assumendo una dose inferiore, data la mia reazione naturale ai composti contenuti nella medicina.

Evidentemente, nel momento in cui sono in grado di prendere delle decisioni in base a queste informazioni, le conseguenze possono essere importanti. Sapere che, modificando il mio stile di vita in certi modi, posso diminuire la probabilità di insorgenza di una particolare malattia che altrimenti mi potrebbe colpire, può cambiarmi la vita. Avvertire il medico di una particolare sensibilità a un farmaco che mi sta per prescrivere per adeguare le dosi al livello giusto mi può salvare la vita.

L’FDA ha ritenuto che il modo in cui 23andme presenta le informazioni, rendendo esplicite le correlazioni probabilistiche e statistiche tra il genoma, il comportamento e l’insorgere di condizioni e malattie, non fosse opportuno; in particolare, ha ritenuto che i consumatori non dovessero avere direttamente quelle informazioni, e che fosse necessario darle solamente ai medici, gli unici a poterle quindi interpretare e a trarne conclusioni per eventuali raccomandazioni ai loro pazienti.

Nel 1517 Martin Lutero ha affisso le sue 95 tesi al portone della chiesa del castello di Wittemberg. Con questo atto simbolico ha dato via al movimento protestante nella Chiesa, determinando la scissione da quella cattolica. Uno degli atti di ribellione era stato proporre che la Bibbia, il testo sacro della chiesa cristiana, potesse essere tradotta dal latino nella lingua locale, facendo sì che le persone potessero avere l’opportunità di leggerla direttamente, senza l’intermediazione della classe sacerdotale. Gli interessi preesistenti, oltre che una giustificazione conservatrice e dogmatica, hanno creato un conflitto irrisolvibile che non solo ha comportato la scissione nella Chiesa, ma ha anche portato a centinaia di anni di guerre sanguinose.

Oggi l’FDA riveste il ruolo che la Chiesa ha avuto ai tempi di Lutero: non vuole che le persone possano accedere al “testo sacro” del proprio DNA, tradotto dal linguaggio della biochimica a quello accessibile dell’informatica, e impone che la sua interpretazione possa avvenire solo attraverso l’intermediazione della classe sacerdotale dei medici, che rivendicano, su basi conservatrici e dogmatiche, le proprie posizioni acquisite.

## Il principio di proazione

Le nostre azioni plasmano il futuro. Le conseguenze delle nostre speranze e delle nostre ambizioni travalicano il presente.

Il principio precauzionale impone di considerare i pericoli insiti in una data soluzione prima di adottarla.

Spesso chi propone le nuove regolamentazioni chiama in causa la protezione dei consumatori, autorizzando se stessi a controllare che i nuovi prodotti e servizi introdotti sul mercato non solo siano utili e abbiano effetti positivi, ma siano anche privi di conseguenze negative. I settori della salute e della ricerca farmaceutica sono quelli in cui il principio di precauzione ha guidato lo sviluppo dei prodotti.

In un mondo ideale, i responsabili delle regolamentazioni dovrebbero solo stabilire come procedere per il bene pubblico, senza occuparsi dell'attuazione di burocrazie autopropaganti. E in un mondo ideale, gli speculatori di un dato mercato non userebbero il proprio potere per impedire l'afflusso di nuovi arrivati e per tenere a bada il rischio di potenziali fattori concorrenziali sconosciuti, piegando le regole e influenzando in modo scorretto il processo. Ma non viviamo in un mondo ideale.

Il principio di precauzione, proposto originariamente da Max More nel suo libro *The Proactionary Principle*, prende in considerazione il costo opportunità dell'inazione e quello della regolamentazione, ricavandone un saldo positivo per il futuro. Se guardiamo alle generazioni future e ai benefici che trarranno dalle nostre azioni, ritardare l'implementazione di una nuova tecnologia potrebbe avere conseguenze enormi.

La libertà di sperimentare, l'opportunità di acquisire conoscenze al di fuori dei percorsi ufficialmente accettati dalla ricerca, l'obiettività e la trasparenza sono solo alcuni degli elementi che fanno del principio di proazione uno strumento utile per la progettazione di azioni innovative.

Le famiglie Wicks e Seckler furono colpite da un male rarissimo, per il quale non esistevano cure in commercio. L'azienda farmaceutica che aveva iniziato le ricerche su questa malattia era giunta alla conclusione che non valesse la pena di seguire l'iter burocratico necessario per commercializzare la cura. Naturalmente, simili conclusioni legate al profitto non rivestivano alcun significato per i soggetti colpiti. E fu così che, grazie alle moderne comunicazioni e all'accessibilità della ricerca, le due famiglie riuscirono a mettersi in contatto con altre persone che

stavano vivendo un'esperienza analoga e insieme acquistarono i diritti per proseguire le ricerche, continuando con determinazione a sviluppare le cure, spinti dalla loro situazione.

Un approccio tradizionale non avrebbe mai portato a un simile sviluppo, né sotto il profilo tecnologico né tantomeno sotto quello delle regolamentazioni. Esiste un'infinità di altri esempi di sperimentazioni audaci e indagini libere che attendono l'applicazione del principio di proazione per raggiungere i loro obiettivi e prosperare.

L'Unione Europea, mossa da preoccupazioni ambientaliste, ha integrato il principio di precauzione nei propri trattati. Ciò significa che l'EU sarà più restia ad adottare nuove tecnologie di quanto non siano altre aree socioeconomiche? O che la società europea sta attraversando una fase di fossilizzazione? O, peggio, che non si tratta di una fase, ma di un processo compiuto?

## Civiltà ben adattate e disadattate

La libertà è una proprietà emergente della materia che si auto-organizza? Noi crediamo nel libero arbitrio e molte delle nostre strutture sociali si basano esattamente su questa convinzione, anche se è priva di basi fisiche probanti. Il determinismo delle leggi fisiche, nonostante le incertezze della fisica quantistica, non permette a questo concetto di mostrare o nascondere i propri effetti. Così come siamo costantemente spinti ad antropomorfizzare oggetti, animali e fenomeni, siamo spinti anche a credere che le decisioni vengano prese liberamente, mentre non sono che la conseguenza dello stato della materia e delle sue interazioni dentro e fuori di noi.

Il comportamento del singolo si aggrega a quello di gruppi più grandi che a loro volta formano le società. Giudichiamo i risultati delle decisioni e delle conseguenze individuali con le leggi del diritto civile o penale. Possiamo giudicare le società per la loro capacità di generare benessere per i propri membri o, al contrario, per essere corrotte, ingiuste e veicoli di confusione, violenza e sofferenza.

La possibilità che un gruppo di società generi benessere non dipende solo dalle decisioni aggregate dei membri che le compongono. Dipende anche dalla conoscenza disponibile.

Gli antichi Romani crearono opere magnifiche nel campo dell'arte e della filosofia, giustamente apprezzate da tutti. Non dimentichiamo però che la società romana era organizzata sul lavoro degli schiavi e la schiavitù oggi è universalmente condannata. Avrebbe potuto non essere così? Possiamo immaginare una civiltà romana non basata sulla schiavitù? No, perché il livello di conoscenze, e in particolare l'energia disponibile generata da quella conoscenze, rendeva impossibile raggiungere quegli obiettivi senza ricorrere alla forza muscolare dell'uomo, a esseri umani totalmente succubi ai quali si poteva dire cosa fare e cosa non fare senza che avessero la possibilità di replicare.

Durante la fase di espansione, complice la possibilità di attingere a riserve inesauribili di schiavi, la civiltà romana sembrava avere trovato un equilibrio perfetto, che però era solo apparente e non poteva durare. Dopo avere conquistato tutte le terre appartenenti all'area che oggi noi chiamiamo Europa, Nord Africa e Medio Oriente, e ridotto in schiavitù tutte le persone che potevano essere schiavizzate tra le popolazioni sottomesse, Roma non poteva espandersi ulteriormente. A quel punto iniziò il declino dell'Impero e Roma non fu capace di opporsi ai cambiamenti che stavano sopraggiungendo, né di adattarvisi. Ovviamente questa è una rappresentazione estremamente semplicistica di una storia lunga e complessa; ci furono molte altre forze in gioco oltre agli schiavi o alla loro mancanza.

Oggi, con le conoscenze attuali, possiamo costruire società e civiltà senza ricorrere all'uso di schiavi. Affidandoci all'energia chimica e, fra breve, a quella solare, potremo arrivare a un uso più efficiente di tali risorse e superare le odierne alternative. Non siamo moralmente superiori ai Romani intesi come singoli individui, ma semplicemente stiamo sfruttando le informazioni che abbiamo accumulato nel corso del tempo unitamente alle loro applicazioni. Il risultato della guerra di

secessione americana tra gli stati del Sud e quelli del Nord dipese dalla superiore efficienza economica del Nord e dalla sua migliore organizzazione energetica e industriale.

La nostra attuale civiltà è l'espressione delle nostre conoscenze ed è plasmata dalle tecnologie di cui disponiamo, allo stesso modo in cui la civiltà romana fu plasmata dalle conoscenze e dalle tecnologie disponibili in quel tempo. Possiamo iniziare a chiederci quali siano i limiti di adattabilità della nostra civiltà e come essa cambierà in seguito all'accumulo di informazioni e alla loro applicazione in termini di nuove conoscenze e nuove tecnologie. Se avessimo chiesto a un Romano se ritenesse possibile costruire una civiltà senza schiavi, la risposta sarebbe stata: "No!". Quali sono i falsi assiomi ai quali ci aggrappiamo? Quali sono le domande che possiamo porre e alle quali pensiamo di poter dare risposte universali, basandoci sulla certezza che un dato presupposto sia fondamentale per le nostre società, in ogni luogo e in ogni tempo? Con le conoscenze di cui disporremo in futuro, le nostre risposte attuali appariranno primitive e ingenue tanto quanto quelle dei Romani appaiono a noi oggi.

Il tempo del cambiamento e il suo manifestarsi dipendono dalle tensioni che si accumulano tra le diverse società in una data era. Ciò che è possibile oggi in un determinato luogo potrebbe non esserlo ancora per molto tempo in un altro. Le differenze aumentano come conseguenza dell'applicazione della conoscenza e del maturare dell'esperienza. In un mondo in cui la comunicazione è globale, la comprensione di queste differenze porta alla possibilità di applicare la conoscenza in modo più veloce, adottando le pratiche migliori, promuovendo ciò che funziona meglio ed evitando gli errori. Quando le barriere ideologiche o di comunicazione ostruiscono il flusso delle informazioni, aumentano le divergenze tra le società, le tensioni si accumulano e, sotto un'apparente immobilità, la struttura organizzativa della società viene sottoposta a uno stress sempre più grande, fino a quando un piccolo cambiamento delle condizioni periferiche induce cambiamenti straordinari che dal nucleo si propagheranno all'intera società.

Questo è quanto accaduto con il muro di Berlino, che in senso metaforico e fisico divideva le economie programmate dell'Unione Sovietica e dell'Europa orientale da quelle dell'Occidente. Caduto il muro, gli effetti della penetrazione delle economie di libero mercato furono quelli di un cambiamento, dapprima economico e in seguito politico, che non poteva essere contenuto o controllato nemmeno da chi aveva avviato e consentito lo sviluppo di tale processo, l'allora Segretario generale del Partito comunista russo Michail Gorbačëv.

Dal momento che le differenze di informazioni creano aree di conoscenza limitata, gli individui all'interno di queste aree spesso non si rendono conto di vivere in una società inadeguata e possono essere colti di sorpresa quando la debolezza e la fragilità della loro civiltà vengono rese evidenti da cambiamenti repentini. Persino i politici esperti e gli storici riescono benissimo a spiegare i mutamenti di una civiltà solo dopo che sono avvenuti, ma non hanno i mezzi per prevederli. Tutto ciò fa sì che sia difficile prepararsi al cambiamento e riuscire a ridurre la sofferenza generata da un periodo di incertezze.

## L'insostenibilità non è sostenibile

L'attuale paradigma dell'economia capitalistica della crescita costante ha dominato gli ultimi duecento anni. E prima ancora, l'esplorazione e la distribuzione delle risorse nelle società feudali ha permesso di ignorare quelle che oggi chiamiamo esternalità delle attività economiche. Ciò fu possibile perché a una data nazione o civiltà non importava di distruggerne un'altra con la quale era in competizione, o perché saccheggiare l'ecosistema e sterminare le specie dominanti di un continente non rappresentava un problema, dal momento che ci sarebbero stati altri ecosistemi e altre specie da scoprire con cui iniziare nuovamente il processo.

Oggi è evidente che un tale comportamento non è più possibile. Le nazioni avanzate non combattono guerre una contro l'altra. Non distruggono o sottomettono le popolazioni. Non mettono a repentina-

o quantomeno non dovrebbero farlo, l'esistenza degli ecosistemi e delle specie che li abitano attraverso le loro attività economiche. Perché? Perché non ci sono più nuovi continenti da saccheggiare!

Noi non siamo migliori di chi ci ha preceduto. Non abbiamo cambiato il nostro modo di vivere spinti dal desiderio di adottare un comportamento moralmente superiore. La nostra mentalità è sostanzialmente sempre la stessa. La ragione per cui noi ora consideriamo delle alternative è che non è più possibile percorrere la vecchia strada.

Le esternalità delle nostre attività economiche sono conseguenze che non vengono prese in considerazione quando si valutano i profitti e le perdite. Spetta alla società considerare i vari settori e decidere quali possano essere ammissibili. In alternativa, si possono adottare regolamenti che facciano affiorare i costi nascosti e lasciare che la società nel suo insieme li assorba in modo esplicito, oppure obbligare le imprese attive nella catena di produzione a risolverli.

Le pratiche economiche non sostenibili hanno esternalità considerevoli e, in un mondo chiuso e globalmente connesso, ciò non è ammissibile. Che si tratti dello sfruttamento dei sistemi di supporto ecologico, dello spreco di risorse che potrebbero essere utilizzate in modo più efficiente o riciclate, una società complessa deve adottare pratiche sostenibili per poter generare soluzioni dinamiche ma al tempo stesso solide.

Una civiltà non può adattarsi senza riconoscere questa necessità e senza affrontarla con strumenti di incentivazione e regolamenti appropriati.

## **Capitolo 2**

# **I METODI DELLA CONOSCENZA**

Per sopravvivere dobbiamo osservare l'ambiente che ci circonda, cercare di comprenderlo, acquisire le risorse di cui abbiamo bisogno e pianificare le nostre azioni in modo da raggiungere gli obiettivi prefissati. Conoscere le regole del mondo, sistematizzare la conoscenza e comprendere come possiamo ampliare le nostre conoscenze aiuta a sopravvivere meglio.

### **L'errore fatale degli alchimisti**

In un mondo dominato dalla competizione e dalla percezione universale della scarsità delle risorse, è naturale scegliere una strategia di segretezza. Raccogliere le conoscenze in segreto avvantaggia coloro che possono sfruttare tali conoscenze contro gli altri. Un sistema di conoscenza chiuso e ben protetto è una barriera contro chi vorrebbe partecipare.

Ma un sistema chiuso e segreto è esposto al pericolo dell'isolamento e può soffrire dei propri errori. Una comunità che non possa condividere quanto appreso perché fondata sulla segretezza non potrà mai imparare dalle lezioni condivise e ripeterà i propri errori.

Gli alchimisti medievali, ossessionati dall'obiettivo di trasformare il piombo in oro, ebbero la sfortuna di credere che il mercurio li avrebbe aiutati nella ricerca. Ma il mercurio è velenoso. Gli alchimisti l'hanno dovuto scoprire a proprie spese, non apprendendolo da altri e subendo-ne pertanto tutte le conseguenze. L'organizzazione in società segrete bloccò la possibilità di apprendere dagli errori altrui, cosa che portò gli alchimisti a ripeterli.

Ancora oggi molte attività sono condotte in segretezza, nella convinzione che la condivisione indebolisca chi compete per le risorse.

## Scienza aperta

La rivoluzione scientifica iniziata con Galileo Galilei non rappresentò solo una comprensione più chiara del modo in cui la teoria e gli esperimenti devono essere messi in relazione tra loro, ma aprì anche la strada a un profondo cambiamento nel modo di raccogliere, controllare e diffondere le informazioni. Pur non essendo una componente imprescindibile del metodo scientifico, la collaborazione aperta ha permesso a gruppi e persone di decidere più rapidamente se un certo insieme di risultati fosse affidabile o meno.

L'approccio della scienza aperta è di fatto superiore a quello chiuso della raccolta di conoscenze. La collaborazione tra persone che condividono obiettivi e passioni migliora se si utilizzano strumenti e linguaggi comuni. Pubblicare i risultati ottenuti da un gruppo consente a un altro gruppo di condurre esperimenti sulla base delle nuove conoscenze acquisite per confermarle o confutarle. La facilità con cui i praticanti esterni hanno la possibilità di interagire con un dato gruppo migliora la collaborazione interdisciplinare, perché permette di costruire ponti di comprensione che superano le specializzazioni.

Un ambito di studio reso possibile dalla digitalizzazione delle pubblicazioni scientifiche è quello dei metastudi. Il confronto e l'analisi di più pubblicazioni prodotte su un dato argomento consente di ottenere risultati che, singolarmente, non sono contenuti in nessuna di esse. Gli

strumenti statistici rivelano tendenze importanti e migliorano la possibilità di trovare e correggere gli eventuali errori metodologici presenti nei lavori pubblicati.

La comunità scientifica avvalora i fatti, le teorie, le ipotesi verificabili, gli esperimenti e la pubblicazione dei risultati per la condivisione delle conoscenze. Le pubblicazioni scientifiche basate sul sistema di revisione tra pari sono il principale strumento a disposizione degli scienziati, se non addirittura l'unico, sul quale si basano la valutazione dei progressi compiuti, le richieste di stanziamento di fondi e l'assegnazione di cattedre universitarie.

Il valore di un articolo scientifico si misura dal numero delle pubblicazioni in cui è citato e dall'importanza della rivista che lo pubblica. Questo fenomeno è stato convertito direttamente in valore economico dagli editori delle riviste scientifiche, che hanno creato imprese di dimensioni ragguardevoli grazie agli abbonamenti pagati da università e istituti di ricerca per i periodici che pubblicano gli articoli dei ricercatori. Il prezzo di questi abbonamenti è lievitato a tal punto che le università dei paesi a basso-medio reddito, e in alcuni casi persino di paesi ad alto reddito, non sono più in grado di sostenerne i costi. Esiste anche un altro problema al riguardo. Le ricerche finanziate da fondi pubblici sovvenzionano i ricavi e i modelli di business di aziende private che raccolgono gli articoli e li rivendono al doppio.

Le pubblicazioni ad accesso libero stanno cominciando a raccogliere popolarità e prestigio perché, a differenza delle pubblicazioni scientifiche standard, il lettore non è costretto a pagare o a sottoscrivere un abbonamento alla rivista per accedere al singolo articolo. La qualità dell'articolo è garantita dal sistema di revisione tra pari e all'autore o all'istituzione che ne detiene il copyright viene chiesto un costo di pubblicazione accettabile, che può essere aggiunto come voce al bilancio di un esperimento o alla richiesta di sovvenzione.

Il mondo della scienza sta anche valutando l'efficacia stessa del sistema di revisione tra pari, cercando da un lato di misurarla e dall'altro di trovare possibili soluzioni alternative in grado di garantire l'alta

qualità delle pubblicazioni scientifiche. L'analisi della struttura degli esperimenti scientifici punta a massimizzare la possibilità del doppio controllo dei risultati pubblicati tramite la riproduzione e la verifica indipendente dei dati.

In molti ambiti è ormai consuetudine pubblicare non solo l'articolo scientifico, ma anche le note di laboratorio e i flussi di dati grezzi correlati, per consentire ulteriori valutazioni e aggregazioni. Vista la mole crescente di dati generati in settori quali l'informatica, la scienza della vita e molti altri, l'analisi dei dati è diventata una fiorente opportunità.

I big data e la scienza dei dati permettono di aggregare e sublimare il valore di grandi insiemi di informazioni strutturate e non strutturate. La loro applicazione è sempre più frequente in campi quali la genetica, l'Internet delle cose, la sociologia e altri. Città e governi possono, da una parte, favorire l'innovazione e la creatività, rendendo disponibili i flussi di dati generati senza l'obbligo di autorizzazioni o permessi, e dall'altra usufruire dei risultati raggiunti per aumentare la trasparenza, l'affidabilità e l'efficienza delle proprie attività.

## L'evoluzione della scienza

Con la disponibilità di quantità crescenti di dati e l'interconnessione del mondo e dei suoi esperti, è possibile mettere insieme i tasselli del puzzle scientifico in modo creativo.

Secondo il tradizionale percorso formativo – scuola superiore, università, laurea, dottorato e post-dottorato – il lavoro è caratterizzato da livelli di specializzazione sempre maggiori, che quasi sempre conducono a una diminuzione della facilità d'accesso. Un'alternativa a questo processo che privilegia la profondità è l'approccio meno sviluppato e organizzativamente meno complesso che privilegia l'ampiezza, nel quale la collaborazione interdisciplinare e la fertilizzazione incrociata di vari campi sta ricevendo l'attenzione necessaria a generare risultati innovativi.

In settori quali la cosmologia, nel quale c'è un solo universo disponibile per lo studio e la messa a punto degli esperimenti non è sotto il

nostro controllo, è possibile osservare fenomeni di energia estremamente elevata, con connessioni profonde con le teorie della fisica delle particelle, che richiederebbero macchine troppo grandi e costose per essere costruite sulla Terra.

Le analisi comparative sulle pubblicazioni ad accesso libero e l'elaborazione dei flussi di big data e di testo non strutturato degli articoli possono evidenziare conferme statistiche o anomalie negli studi condotti dagli istituti di ricerca e nel lavoro degli scienziati. Questa metacoscienza può portare a comprendere a fondo la riproducibilità di uno studio e la sua efficacia, due fondamenti della ricerca grazie ai quali è possibile destinare meglio l'attenzione e le risorse.

C'è un'attenzione epistemologica crescente che riguarda la struttura delle teorie, interrogandosi sull'eccessiva potenza generativa di alcuni gruppi di teorie. La teoria delle stringhe è una famiglia di teorie della fisica delle particelle in grado di tirare fuori dal suo cappello epistemologico teorie che corrispondono al risultato sperimentale, dal momento che racchiude in sé un numero di teorie dell'ordine di grandezza di  $10^{500}$  (ossia svariati miliardi di miliardi di miliardi), fra le quali occorrerebbe scegliere quella giusta, con un'applicazione discutibile della sequenza "teoria, previsione e verifica".

C'è una comprensione più profonda dell'elemento umano presente nella struttura delle teorie scientifiche e nel modo in cui si evolvono. La propensione ad abbracciare nuove e rischiose aree di indagine è più probabile all'inizio della carriera di uno scienziato. La durata della carriera accademica dei personaggi prestigiosi deve andare di pari passo con la loro capacità di mantenersi intellettualmente agili e di assumersi rischi quando le risorse vengono assegnate ai diversi approcci, e di lasciare spazio a nuove voci e nuove idee nei rispettivi campi.



## **Capitolo 3**

# **CAMBIAMENTO ESPOENZIALE**

### **Sistemi dinamici**

Tutti i fenomeni sono dinamici, ma si tende ad analizzarli e formalizzarli attraverso un'astrazione statica, che è la rappresentazione più distante possibile della realtà. Come è dimostrato dagli avvicendamenti dei metodi scientifici, la realtà non è sempre facilmente decifrabile, né ci appare in bell'ordine, pronta per essere colta dal nostro senso comune. Spesso le nostre intuizioni sulle norme che disciplinano i fenomeni naturali si rivelano sbagliate. Questo può verificarsi con una serie di esperimenti che, una volta comprese le leggi fisiche soggiacenti ai fenomeni, chiunque può condurre. A quel punto, con spiegazioni accessibili che possono essere illustrate con immediatezza, non ci sono più scuse per ignorare la natura della realtà.

Un semplice esempio di questo è la prima legge di Newton: “un corpo mantiene il proprio stato di moto, finché una forza non agisce su di esso”. La nostra esperienza quotidiana è che un'automobile in movimento a un certo punto si ferma se non si preme il pedale dell'acceleratore. Ma ora che abbiamo una chiara comprensione del ruolo dell'attrito, sappiamo che la decelerazio-

ne è causata dal motore, dal terreno e dalla massa d'aria che la vettura attraversa. Se eliminassimo tutte le fonti di attrito, il moto del veicolo proseguirebbe per sempre.

Le conseguenze dei cambiamenti dinamici sono intorno a noi, nei flussi e riflussi dell'acqua, dei fiumi, degli oceani e della pioggia, nella crescita della vegetazione, degli alberi e delle foreste, o nell'avanzamento dei deserti e nei cambiamenti delle stagioni. Ma anche se siamo esperti di cambiamenti dinamici, la nostra intuizione può fuorviarci quando si tratta della potenza pura che soggiace alla loro natura matematica astratta, libera e svincolata dai limiti di un ambiente fisico naturale.

Il cambiamento esponenziale è un ambiente estremamente dinamico, capace sempre di sorprenderci e di confondere spesso anche gli esperti, per non parlare dei non addetti ai lavori, a causa della potenza con la quale può rimodellare la nostra realtà.

## Sequenze significative

L'esempio più semplice di cambiamento esponenziale è il raddoppio della quantità in un dato periodo di tempo. Se il punto di partenza è 1, all'inizio questo tipo di cambiamento può sembrare innocuo o addirittura deludente.

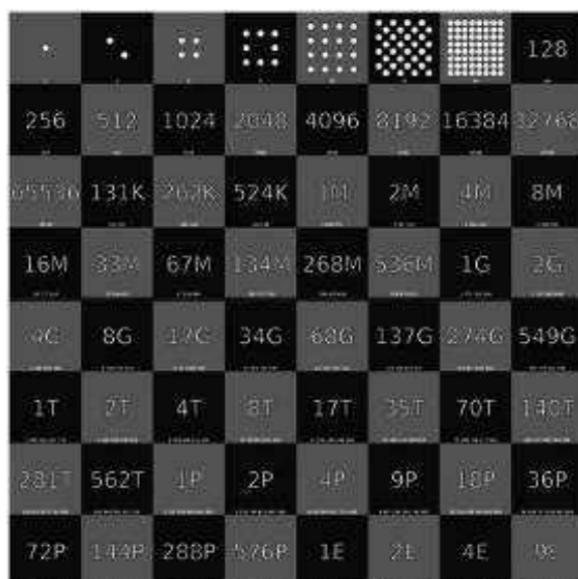
1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096... è una sequenza familiare a chiunque sia anche solo minimamente interessato ai numeri. Magari da bambini la ripetevate a mente, come una filastrocca.

C'è un'altra sequenza che precede l'unità e che potenzialmente è ancora più insignificante: 0,01, 0,02, 0,04, 0,08, 0,16, 0,32, 0,64 e infine 1,28. La parte interessante di questa sequenza è quella precedente: 0,00015625, 0,0003125, 0,00625, 0,00125, 0,0025, 0,005, 0,01.

Perché queste tre sequenze sono rappresentative della natura del cambiamento esponenziale?

Immaginatevi mentre state cercando di decifrare il mondo attorno a voi e di prevedere la quantità di un dato fenomeno, motivo per il qua-

le state raccogliendo i dati; una raccolta che non sarà chiara e precisa come le sequenze precedenti, ma sarà molto disturbata dalla presenza del rumore generato dagli errori di misura, dagli errori commessi durante il processo, dalla pianificazione delle misure e da altri fenomeni che confonderanno i vostri tentativi di giungere a una chiara comprensione.



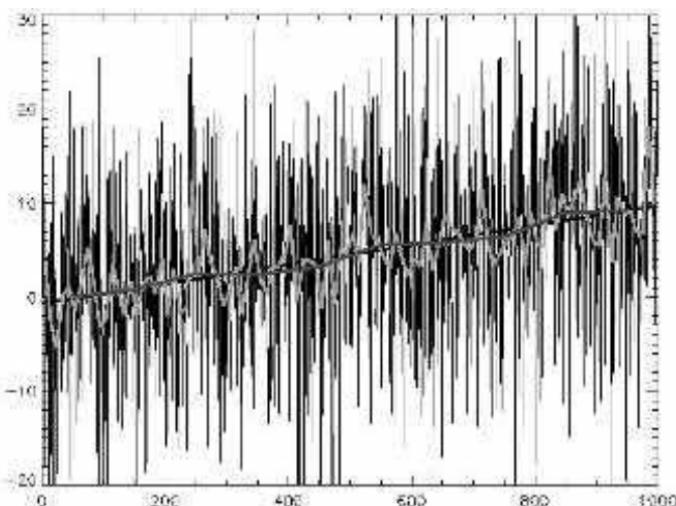
**Figura 3.1** – Raddoppio dei chicchi di riso su una scacchiera.

Pensiamo al rumore di un ambiente naturale dove, prima ancora di adattare l'udito, volette individuare un modello nuovo, qualcosa che nessun altro prima di voi abbia cercato di ascoltare.

## Segnali rumorosi

Il rumore contiene dei segnali? È molto probabile che esistano più opinioni al riguardo, non allineate o addirittura opposte alle vostre. Sia che operate in un ambito di ricerca e stiate cercando sovvenzioni, sia che lavoriate in un settore industriale in cui progetterete un prodotto o

promuoverete un servizio tra utenti distratti da una pletora di opzioni alternative, in ogni caso sarete confusi dalla resistenza, che può essere supportata da segnali, alla vostra teoria originale. Dovete sostenere con forza le vostre opinioni, avere fede in ciò che volete mostrare, una certezza irrazionale di avere ragione mentre tutti vi stanno dicendo che avete torto, o che quello che state cercando è inesistente o impossibile.



**Figura 3.2 – Interpolazione di segnale da un fenomeno rumoroso.**

Questo è il regno della terza sequenza, che porta fino a 0,01 (oppure 1% dell'unità), nel quale anche gli esperti saranno contro di voi. Occorrono occhi e orecchie attenti per capire che, nonostante le distrazioni prodotte dal rumore del mondo, qualcosa bolle in pentola. Raddoppiate con calma, senza che nessuno se ne accorga tranne voi, e dopo diversi raddoppi arriverete all'1% del cammino che porta al vostro obiettivo.

Quando arriverete all'1%, gli esperti che ancora non vi crederanno saranno sconfessati pubblicamente, perché da quel momento in poi dovrebbe essere chiaro non solo a voi, ma a chiunque sia anche solo minimamente interessato, che è solo una questione di tempo. In soli sette raddoppi consecutivi arriverete all'unità.

## Progetto “Genoma umano”

Passando dalla descrizione di sequenze astratte di numeri a un esempio reale, proviamo ad analizzare che cosa è successo nel vasto progetto di decodifica del genoma umano iniziato nel 1985 negli Stati Uniti, cui abbiamo appena accennato in precedenza. Il progetto disponeva di un budget di tre miliardi di dollari e aveva come obiettivo la sequenziazione del genoma umano a partire dal DNA di un individuo (il DNA umano è composto da circa tre miliardi di coppie di base di nucleotidi, pertanto il calcolo piuttosto arbitrario fatto al tempo prevedeva il costo di un dollaro per ogni coppia di base decodificata. Avremo occasione di vedere che non si trattava di una proiezione irragionevole). La durata prevista del progetto era di quindici anni. Come accade con tutti i progetti scientifici, all'inizio non era chiaro come sarebbero stati affrontati e risolti i problemi che si sarebbero presentati né quale sarebbe stato l'approccio migliore. Non era chiaro nemmeno se il progetto avrebbe avuto successo o si sarebbe trasformato in una catastrofe. Gruppi diversi sostenevano approcci differenti e, ovviamente, vista la novità e l'unicità dell'obiettivo, la posta in gioco era alta: fama, reputazione e premio Nobel.

Dopo anni di lavoro i progressi raggiunti erano solo l'1% dell'obiettivo finale! A quel punto in molti chiedevano che il progetto venisse sospeso o addirittura abbandonato: “Sono già passati più della metà degli anni previsti ed è stato raggiunto solo l'1% dell'obiettivo!” Le persone più caute, o gli esperti di dinamiche esponenziali, sostenevano al contrario che tutto stava procedendo bene. L'1% corrispondeva al doppio del numero di coppie di base decodificate ogni anno nei precedenti sette anni. Ciò significava che, raddoppiando ogni volta il numero di coppie di base decodificate, in altri sette anni il progetto avrebbe raggiunto l'obiettivo del 100% di decodifica dell'intero genoma umano. Questo è esattamente ciò che è successo. Il progetto raggiunse il proprio obiettivo e i risultati furono annunciati con grande enfasi durante una cerimonia ufficiale alla

presenza del Presidente degli Stati Uniti d’America e dei responsabili dei due principali gruppi sostenitori, uno pubblico e l’altro privato. Naturalmente non tutto fu sempre facile in quegli anni, ma con il senno di poi possiamo raccontare la storia tralasciando i dettagli, utilizzandola come esempio per illustrare la capacità che ha la crescita esponenziale di disorientare le ingenue aspettative basate sul pensiero lineare.

Sono molti i fenomeni soggetti alla crescita esponenziale: prendiamo ad esempio le popolazioni e le reazioni nucleari a catena, giusto per citarne un paio. Le popolazioni crescono in maniera esponenziale perché, se in media le coppie hanno più di due figli, generazione dopo generazione l’aumento sarà cumulativo: i figli a loro volta avranno dei figli e così via. Le reazioni nucleari a catena si verificano quando il materiale fissile, ad esempio l’uranio, produce dei neutroni che, prima di uscire dal volume del materiale, inducono la scissione di un altro atomo di uranio producendo altri neutroni, e così via.

Cosa ancor più importante, visto il tema di questo libro, è che anche la potenza dei sistemi di calcolo e di informazione cresce esponenzialmente, e lo fa da oltre cinquant’anni. Tuttavia non esiste una legge naturale alla base di questa dinamica, né una necessità biologica o fisica; si tratta di un progetto ingegneristico che è stato chiamato con il nome di colui che l’ha formulato: legge di Moore.

## **La legge di Moore**

All’inizio degli anni Sessanta del secolo scorso, Gordon Moore lavorava ai circuiti integrati, un’invenzione realizzata da poco. Si trovava in un ambiente rumoroso che gli impediva di concentrarsi sulle caratteristiche di un nuovo fenomeno a causa della presenza di molti altri fenomeni che accadevano contemporaneamente. I computer erano ormai una realtà concreta da una ventina d’anni e diventavano sempre più potenti, con una velocità che, considerata dal punto di vista lineare, era piuttosto bassa.

Furono tentati approcci diversi per cercare di aumentare la capacità di archiviazione delle informazioni e di esecuzione dei calcoli dei computer. Le valvole, le memorie magnetiche e gli altri componenti di quello che un tempo veniva chiamato “cervello elettronico” erano ingombranti, soggetti ad alti tassi di errore e richiedevano l’intervento di drappelli di personale specializzato per funzionare. Il costo dei computer era di milioni di dollari e solo i programmi di ricerca nazionali o le grandi società potevano permetterseli.

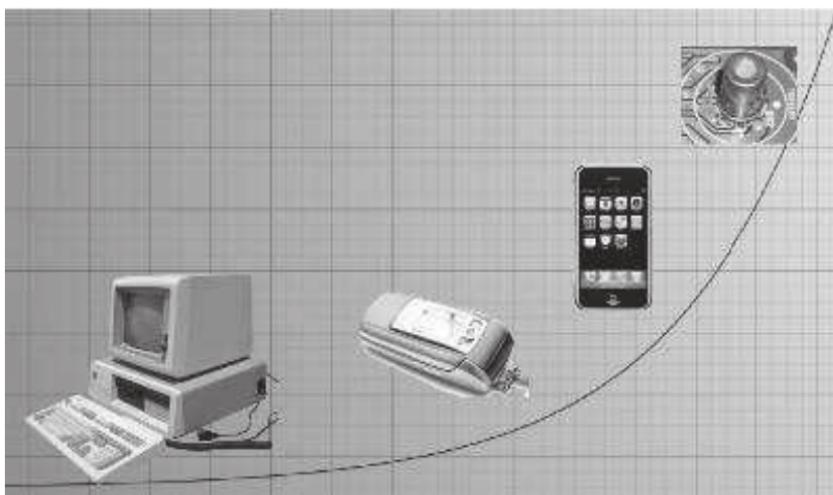
L’invenzione del transistor, che poteva essere utilizzato come componente di base per il calcolo, permise di produrre, montare e far funzionare i computer in modo molto più affidabile ed economico. I transistor potevano essere assemblati insieme ad altri componenti per creare un’unità di calcolo chiamata circuito integrato. Non solo, ma, vista la loro natura, era possibile prevedere che i componenti di nuova generazione sarebbero stati più piccoli, veloci ed economici.

Gordon Moore ha potuto osservare il progressivo aumento delle capacità dei processi di produzione nel corso degli anni. Sulla base di una manciata di dati, tracciò un grafico che è valido ancora oggi, dopo cinquant’anni, formulando una previsione in base alla quale il numero di transistor introducibili in un circuito integrato sarebbe raddoppiato ogni anno. Poco dopo corresse la previsione portando il raddoppio a due anni, e infine stabilì che il periodo corretto era di 18 mesi, un valore tuttora usato.

Considerando l’esiguità dei punti dati a disposizione, possiamo dire che la sua previsione fu piuttosto audace e temeraria. Tuttavia, con il senno di poi, ci rendiamo conto che la sua coraggiosa ambizione era assolutamente necessaria. Quello che successe fu che, spinti da curiosità, desiderio di eccellere e motivazioni economiche, numerosi gruppi di ingegneri decisamente di creare circuiti integrati sempre più potenti. Insieme ai sistemi di supporto necessari, diedero vita a un intero settore. All’inizio il processo si basava sulle singole capacità di questi gruppi e su ciò che erano in grado di offrire sul mercato. Successivamente, la legge di Moore stessa divenne un elemento propulsore, una specie di

profezia di sicura realizzazione e un indicatore per misurare i risultati ottenuti dai vari gruppi.

Molte volte si è pensato che la legge di Moore non sarebbe stata valida per la generazione successiva, e presto o tardi tale previsione si avvererà, quantomeno nella sua formulazione più rigorosa. Più in generale, per quanto riguarda le previsioni riguardanti la potenza di calcolo, abbiamo ragione di credere che sarà valida ancora per lungo tempo. Passare dal silicio ad altri materiali per i substrati dei circuiti; creare componenti tridimensionali; migrare da architetture che sfruttano i fenomeni quantici invece di considerarli un ostacolo... Esistono numerosi approcci per superare i blocchi che potrebbero inficiare la validità di questa legge, secondo un processo ripetutosi più volte negli ultimi cinquant'anni.



**Figura 3.3 – L’evoluzione dei computer spinta dalla legge di Moore.**

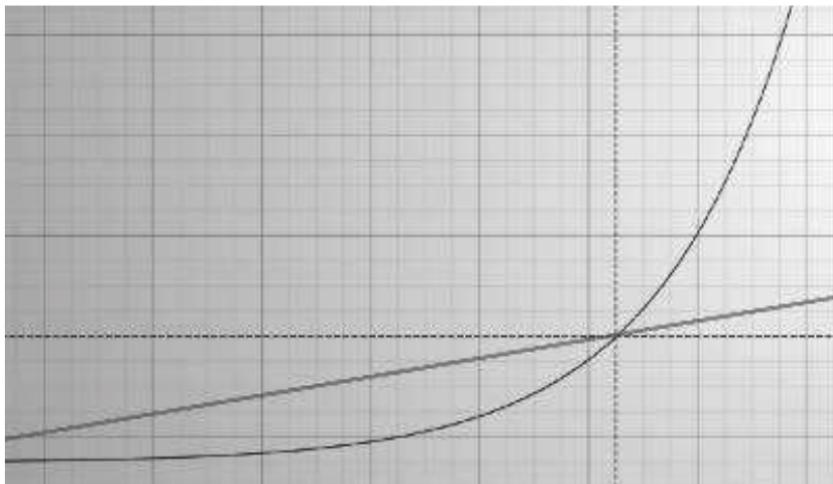
È importante notare che la diffusione della conoscenza è alla base della legge di Moore. Nessun gruppo che operi in segreto avrebbe potuto sperare di risolvere i problemi posti via via in essere dalle soluzioni di nuova generazione. Solo la collaborazione di più gruppi ha reso pos-

sibile il progredire dei nuovi sviluppi. È sufficiente che un solo gruppo scopra la soluzione necessaria perché anche gli altri ne beneficino attraverso accordi di licenza che integrano la soluzione negli stabilimenti dove sono fabbricati i circuiti integrati di nuova generazione, la cui produzione attuale è di svariati miliardi all'anno.

Il complesso ecosistema interconnesso di infrastrutture industriali aveva bisogno di rimanere al passo con i progressi nel settore dei computer, non solo nella produzione dei circuiti integrati. Allo stesso modo devono evolversi gli strumenti di produzione necessari per creare i circuiti, i sistemi software che permettono di progettarli e gli investimenti finanziari per costruire nuove fabbriche, acquistare le materie prime, creare processi di raffinamento e, cosa molto importante, sostenere il capitale umano. Quali che siano i limiti fisici della crescita informatica misurati secondo la legge generalizzata di Moore, questi si presenteranno in un futuro ancora lontano. La crescita progressiva della potenza di calcolo a cui abbiamo assistito negli ultimi cinquant'anni sarà eclissata da quella dei cinquant'anni a venire; anzi, considerando la natura della crescita esponenziale, possiamo predire che sarà superata in due anni. E poi nei due anni successivi, e così via.

## Il potere della crescita esponenziale

Non è importante la velocità con cui si sviluppa la sequenza esponenziale e non è necessario che il raddoppio avvenga in un anno per poter essere considerato esponenziale. Stiamo parlando di unità arbitrarie e qualunque cambiamento cumulativo, in cui la quantità risultante sia maggiore della quantità espressa nel risultato stesso, andrà bene. Se partiamo da 100 e aumentiamo ogni volta di 10, avremo 110, 120, 130 e via dicendo: questa è la crescita lineare. Se invece partiamo da 100 e aumentiamo ogni volta del 10%, avremo 110, 121, 133 e così via, fino ad arrivare al raddoppio. Quella piccola differenza che inizialmente sembra trascurabile è fondamentale: questa è la crescita esponenziale.



**Figura 3.4 – Un processo lineare può inizialmente sovrastare quello esponenziale (elaborazione dell'autore).**

Esistono modi diversi di esprimere questa potenza, tanto sorprendente per chi è abituato al pensiero lineare.

Prendiamo ad esempio la sequenza: 1, 2, 4, in cui ogni numero è pari al doppio del numero precedente. La somma di tutti i numeri della sequenza è 7 (ossia  $1+2+4$ ). Il numero successivo della sequenza è 8, che è più grande del totale di tutti i numeri che lo precedono. Questa è la potenza della crescita esponenziale. Nel periodo di rad-doppio successivo della potenza di calcolo, fissato in 18 mesi dalla legge di Moore, verranno creati più transistor e circuiti integrati (e quindi computer che li utilizzano e calcoli eseguiti grazie a questi componenti) che nell'intera storia dei computer degli ultimi cinquant'anni.

## Quando è troppo tardi?

Un'altra dimostrazione della potenza delle sequenze esponenziali è data dai sistemi chiusi. Prendiamo ad esempio uno stagno nel quale viva una popolazione di rane. Se la superficie dell'acqua è ricoperta da

alghe che rendono l’ambiente inabitabile per i batraci, e la quantità di alghe, inizialmente pari all’1% dell’intera superficie dell’acqua, raddoppiasse ogni settimana, quanto tempo rimarrebbe alle rane prima che le alghe ricoprano tutto lo stagno, quando ne è occupato solo metà? Spero che a questo punto la risposta sia chiara: una sola settimana, al raddoppio successivo, lo stagno sarebbe completamente coperto di alghe! Ciò che forse preoccupa di più è che già con l’1% di alghe le rane hanno meno di due mesi di tempo (meno di sette settimane, in verità) per cercarsi un altro stagno o trovare il modo di arrestare l’espansione delle alghe.

La nostra posizione è privilegiata perché, contrariamente alle rane, possiamo vedere cosa sta accadendo nello stagno. Questa capacità di raccogliere i dati, analizzarli e fare previsioni ci mette nella posizione di capire quale sia lo stato di salute dello stagno. Nessun altro, all’infuori di noi, può intervenire per contrastare la diffusione delle alghe.

Gli esempi di cambiamenti esponenziali offerti dalla natura si autoalimentano, ma raramente si combinano in catene interattive che collaborano l’una con l’altra alla crescita reciproca. La nostra civiltà tecnologica, invece, è disseminata di queste catene, che alimentano l’accelerazione dei cambiamenti esponenziali.

## Il progetto di Ray Kurzweil

Ray Kurzweil, inventore, scrittore e cofondatore della Singularity University, da lunghissimo tempo raccoglie dati sui fenomeni esponenziali. Non è sufficiente riconoscere cosa stia accadendo; la natura esplosiva dell’esponenzialità è tale che il tempo diviene cruciale se si vuole cavalcare l’onda, invece di esserne travolti.

Se saltate nell’onda troppo presto, i detrattori avranno vita facile nello smontare il vostro entusiasmo e quello di chi vi sostiene finanziariamente, perché il salto previsto sulla base dell’unità ipotetica del nostro esempio non si verificherà. Se saltate troppo tardi l’onda avrà raggiunto la sua potenza massima e sarà troppo costoso, difficile o

addirittura impossibile salirvi, perché la cresta dell'onda sarà piena di gente.

Dagli scanner piani al riconoscimento ottico dei caratteri, dalla sintesi musicale alla sintesi vocale, fino ad arrivare ai sistemi palmari per i ciechi, tutte le invenzioni di Kurzweil sfruttano una comprensione profonda di quello che possiamo definire “il giusto tempismo”. Divenuta fondamentale sapere in quale momento accelerare le ricerche e lo sviluppo, per fare in modo che, quando i sistemi hardware di supporto saranno disponibili a un prezzo accettabile e con il giusto livello di integrazione, anche l'interfaccia utente, i sistemi di sviluppo e l'intero ecosistema di supporto saranno pronti.

Presso il Santa Fe Institute, sulla base delle ricerche condotte da Bela Nagy, esiste un database completo di fenomeni esponenziali che chiunque può studiare ed eventualmente ampliare.

Kurzweil ha compreso che, con i sistemi interconnessi e intercomunicanti della conoscenza umana, che non crescono in modo isolato ma si sostengono e rafforzano a vicenda, gli esponenziali alimentano gli esponenziali. Ha chiamato l'effetto risultante la *legge dei ritorni acceleranti*. Questa legge teorizza l'esatto contrario di quanto espresso dalla saggezza acquisita dell'economia classica – la *legge dei ritorni diminuenti* – in base alla quale si presume che, per raggiungere un determinato obiettivo economico, c'è bisogno di immissioni di capitale progressivamente sempre maggiori.

Proprio come con la legge di Moore, la legge dei ritorni acceleranti formulata da Kurzweil è una profezia che si autoavvera, sostenuta dalle comunicazioni aperte e da gruppi in competizione che desiderano raggiungere il successo e l'eccellenza nella ricerca e nei propri sforzi di produzione industriale. È sicuramente possibile infrangere queste leggi, ma è bene ricordare che, anche se si smette di credere alla legge della gravitazione universale e si salta dal quinto piano di un edificio, per quante volte si possa ripetere l'esperimento si cadrebbe sempre come delle pere, molto probabilmente incontro alla morte. Se rinunciassimo a cercare di produrre circuiti migliori, o decidessimo che non vale la

pena impegnarci per migliorare i pannelli solari, le batterie e tutto il resto, ovvero se tutti si fermassero, non ci sarebbero più circuiti integrati, pannelli o batterie.

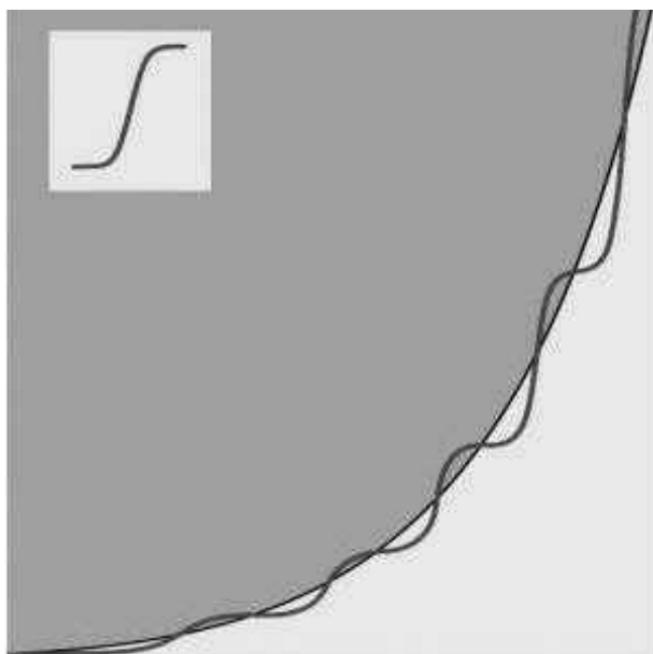
Al momento della redazione di questo libro Kurzweil è uno dei direttori della divisione Engineering di Google, che, per sua stessa ammissione, è il primo lavoro che abbia mai avuto. Utilizzando le risorse messe a disposizione dall'azienda, sta cercando di fare in modo di rendere possibile l'interazione del linguaggio naturale con i computer e la prossima ondata di interazione con l'utente, rendendo i computer ancora più facili da usare e capaci di soddisfare meglio i nostri bisogni.

## Collegare le curve a S

Una critica mossa di frequente all'analisi e alle previsioni di Kurzweil si fonda su un fraintendimento di ciò che costituisce l'esponenziale di cui parla. I critici sottolineano il fatto che quello che sembra essere un esponenziale in realtà è la prima metà di una curva a S o *curva logistica*. Inizialmente, quando vengono sfruttati i vantaggi di una data tecnologia, sembra esponenziale; una volta raggiunto il plateau, è sempre più difficile ottenere ulteriori vantaggi dalla stessa tecnologia, che a un certo punto si esaurisce, facendo apparire malriposta la fede nel potere della tecnologia di chi predica esponenziali interminabili.

La verità è un'altra: le singole tecnologie non sono in grado di offrire più del proprio limite naturale. Avvicinandosi a tale limite, è inutile insistere a voler ottenere di più, sia dal punto di vista dell'ingegneria sia da quello dell'economia e del ritorno sugli investimenti. Per questo, nuovi gruppi con nuove idee cercheranno di ottenere il risultato desiderato attraverso un approccio diverso. Le persone intelligenti riusciranno a cogliere l'istante in cui l'attuale generazione di tecnologie si esaurisce, e lavorare in parallelo con i gruppi leader del momento per scoprire una nuova tecnologia in grado di fornire l'obiettivo di scala, meglio di quanto fosse possibile in precedenza. Il ciclo si ripeterà dopo

pochi raddoppi esponenziali, quando sarà necessaria una terza generazione di soluzioni, e così via.



**Figura 3.5** – L’inviluppo delle curve a S disegna l’esponenziale (fonte: grafico di Ray Kurzweil presentato a H+ Summit @ Harvard).

L’effetto cumulativo di queste diverse curve a S che “sfumano” l’una all’estremità dell’altra e si sovrappongono più o meno perfettamente compone una catena di invenzioni, innovazioni e sviluppo industriale che realizza l’esponenziale a cui Kurzweil punta nelle sue analisi.

Prendendo ad esempio l’informatica, sappiamo che sono esistite numerose generazioni di tecnologie informatiche, ciascuna nel proprio tempo, che sono state spinte oltre i loro limiti e sorpassate dalla generazione successiva, che si è dimostrata migliore, più economica e più veloce nel lavoro di calcolo. Relè meccanici, valvole, transistor, circuiti

integrati hanno permesso, un decennio dopo l'altro, la costruzione dei computer più veloci e potenti al mondo. Le aziende che ne facevano uso erano i leader del loro tempo e sempre le nuove tecnologie sono state soppiantate da tecnologie ancor più nuove.

Un altro campo in cui stiamo assistendo a un cambio di registro epocale è quello dell'archiviazione permanente di quantità di dati sempre maggiori, cosicché, anche quando l'alimentazione viene a mancare, sia comunque possibile recuperare i dati integralmente: dalle schede perforate alle memorie con nucleo magnetico, passando per i nastri magnetici e i dischi rigidi, fino a oggi. L'archiviazione sta gradualmente passando ai supporti allo stato solido (memoria flash) in grado di memorizzare quantità di dati di ordini di grandezza superiori con maggiore velocità, affidabilità ed economicità di qualunque altra generazione di dispositivi precedente.

## Esponenziali ovunque

Molte tecnologie possono essere viste attraverso la lente dell'interpretazione esponenziale di accelerazione del cambiamento. Naturalmente, i periodi di raddoppio possono avere durate diverse dai 18 mesi stabiliti dalla legge di Moore.

Nel settore dell'energia solare si parla di legge di Swanson per indicare la diminuzione del prezzo per watt di un pannello fotovoltaico. Nel 1977 il costo per watt dei primi pannelli solari era di \$77 per watt, oggi è di \$0,61 e il prezzo continua a scendere. La diminuzione deriva dalle economie di scala, da una migliore comprensione dei processi di produzione, dalla nascita di un ecosistema di finanziamento, dall'implementazione e manutenzione dei moduli e da nuovi approcci di base ai materiali e ai metodi di costruzione, che aumentano notevolmente l'efficienza con cui un determinato modulo trasforma la luce solare.

Raddoppia la capacità di accumulo delle batterie anche se questo raddoppio si sviluppa lungo un periodo di dieci anni (il che può essere

irritante per chi ritiene di sprecare troppo tempo a ricaricare dispositivi assetati di energia). In funzione dei processi di metallurgia, chimica e produzione, non è impensabile che, con un'applicazione della legge di Kurzweil sui ritorni acceleranti, l'industria riesca a trovare il modo di aumentare la velocità dei raddoppi adottando un approccio radicalmente nuovo e a realizzare applicazioni pratiche in precedenza impossibili.

## Nessuna magia nel 100%

Gli obiettivi dei programmi di ricerca, come ad esempio il progetto Genoma umano, sono spesso arbitrari. Rappresentano una tappa utile, ma non definitiva, dello sviluppo dei processi, del loro perfezionamento, del desiderio di conoscenza e della capacità di acquisirli in modo più veloce ed economico. Dopo la decodifica del genoma di un singolo individuo, l'obiettivo è ripetere il processo per altri sette miliardi di individui. Dopo il genoma umano c'è il genoma di altri animali, dei batteri che popolano gli oceani e dei batteri che vivono in simbiosi sopra e dentro di noi, dando vita a quello che viene chiamato il nostro microbioma.

La capacità di decodificare il genoma umano non si è fermata al ritmo di uno ogni tre miliardi di dollari in quindici anni; non sarebbe stato molto vantaggioso. Nei quindici anni da quel primo successo, le tecnologie che sono state inventate, perfezionate, utilizzate e sostituite nuovamente da tecnologie ancora migliori hanno permesso di compiere progressi sorprendenti: oggi la decodifica di un intero genoma umano richiede un paio di settimane e costa circa duemila dollari. Ma il progresso non si ferma, e probabilmente entro dieci anni disporremo di tecnologie capaci di svolgere la decodifica di un genoma in una frazione di secondo per meno di dieci centesimi. Vale la pena di soffermarsi a riflettere sulle trasformazioni che questo tipo di cambiamento sta per introdurre nel mondo della sanità, delle assicurazioni, della privacy e altro ancora.

La novità è che non c'è nulla di magico in una determinata soglia chiamata "unità" o "100%" e che il potere di invenzione e implementazione che ha spinto le tecnologie a raggiungere quel risultato continua a progredire, permettendo di raggiungere i risultati desiderati a costi inferiori e velocità più elevate.



## **Capitolo 4**

# **INTELLIGENZA ARTIFICIALE**

### **La natura dell'intelligenza**

L'essenza di questo libro potrebbe essere un'analisi filosofica di che cos'è l'intelligenza e della possibilità di descriverla in termini scientifici o, meglio, di stabilire se rappresenti o no un'essenza irriducibile e irriproducibile.

Questo è il tema di cui si sono occupati i filosofi per migliaia di anni, oltre alla natura della verità, della bellezza, del giusto e dello sbagliato, della moralità, dell'etica e dell'estetica. Non do-vendosi occupare di considerazioni pratiche, la filosofia ha avuto campo libero. La divisione tra conoscenza astratta e comprensione pratica, dove i seguaci della seconda erano malvisti e considerati inferiori dai seguaci della prima, è stato un pilastro della filosofia occidentale da Aristotele in poi.

Questo libro propone diverse ipotesi; tra le più importanti il fatto che l'intelligenza possa essere compresa, analizzata e riprodotta. In opere più recenti di filosofi che non disdegnano di essere compresi da molte persone, ci sono argomentazioni raffinatissime che spiegano perché è giusto che sia così.

In questo libro definiremo l'intelligenza come la capacità della materia di organizzarsi in modo da riuscire a tracciare il percorso

da seguire per raggiungere gli obiettivi, organizzando le risorse astratte e concrete necessarie per raggiungerli.

Il cervello umano è un grumo di materia dotato di un certo grado di intelligenza; e usiamo consapevolmente questa espressione, invece di “mente”. Eviteremo la trappola del dualismo, che ha impantanato la filosofia nel tentativo di capire la mente che abita nel cervello, trascinando Cartesio in discussioni sugli omuncoli e cercando inutilmente il tessuto connettivo attraverso cui la mente è fissata al cervello. Sotto questa definizione, il cervello esprime la mente, e la mente è ciò che il cervello fa.

## Il turco meccanico

Nel Settecento nelle corti europee circolava un aggeggio affascinante. Progettato dall'ungherese Wolfgang Von Kempelen, era composto da una grande scatola sulla quale sedeva una bambola di legno: oggi lo definiremmo un robot. Sapeva giocare a scacchi ed era capace di battere qualunque avversario con una precisione meccanica infallibile. Apparentemente Von Kempelen aveva costruito un automa in grado di agire con intelligenza, ma fu sbagliato quando fu scoperto che la scatola ospitava un nano. Bravissimo a scacchi, il nano faceva finta di essere l'intelligenza dietro il robot. In realtà era l'intelligenza umana che stava dietro un ambiente artificiale costruito a somiglianza di un'intelligenza meccanica. Era un'intelligenza artificiale “fasulla”.

## I test di Turing per gli umani

Quando nacquero i primi computer elettrici, negli anni Quaranta del XX secolo, Alan Turing formulò un test innovativo per misurare l'intelligenza delle macchine. Il *test di Turing*, come viene chiamato oggi, stabilisce che non vi è alcun motivo di dubitare che una macchina sia intelligente, se dei giudici umani la reputano tale per le azioni che compie. Durante il test la macchina è nascosta alla vista degli esseri umani. I suoi risultati sono mescolati a quelli di esseri umani che fingono

di essere macchine, cercando di trarre in inganno i giudici. Turing lo ha definito “il gioco dell’imitazione”, ritenendolo meno fondamentale di quanto non sia considerato ora. Troppo spesso, e un po’ pomposamente, qualcuno annuncia che il test di Turing è superato. Quando si prova a leggere le trascrizioni del dialogo tra la macchina vincente e i suoi giudici umani, sembra che la macchina, o per meglio dire i suoi programmatore, si celino dietro agli scherzi, cambino soggetto e altre amenità.

## Campioni di scacchi

Nel 1994 il campione del mondo di scacchi, Garri Kasparov, è stato batto da una macchina, chiamata Deep Blue, appositamente progettata e costruita da IBM con questo scopo. La macchina non avrebbe potuto tentare di superare il gioco dell’imitazione del test di Turing, basato su un dialogo scritto riguardante argomenti generali. Tuttavia, grazie all’hardware e al software specializzati in analisi, dopo avere scartato le milioni di mosse possibili nel gioco per trovare quella che decise essere la migliore in una determinata configurazione, riuscì a essere intelligente in modo abbastanza soddisfacente da battere e fare infuriare Kasparov.

Se il test di Turing, il gioco dell’imitazione, consiste nel convincere un gruppo di umani che una macchina può sostenere un dialogo come se fosse un essere umano, applicando le regole della sintassi e della semantica, allora il test di Kasparov, il gioco degli scacchi, consiste nel convincere un giocatore di scacchi che ha perso contro una macchina che gioca secondo le regole degli scacchi. E, dettaglio non trascurabile, in questo caso non c’è alcuna differenza tra una macchina che fa finta di conoscere il gioco degli scacchi e una che invece lo conosce davvero.

Durante le varie fasi del torneo tra Kasparov e Deep Blue, gli ingegneri di IBM hanno ottimizzato gli algoritmi della macchina, cosa che fece infuriare il campione russo. La macchina non dovrebbe essere

in grado di imparare durante il gioco? Le modifiche che avevano aumentato le sue capacità “intelligenti”, e forse contribuito alla vittoria, furono ammesse dai giudici del torneo.

## Sistemi esperti e intelligenza artificiale ristretta

Che siano eseguiti su hardware specializzati come Deep Blue di IBM, o su architetture più generiche di computer, perfino di PC, i sistemi che possiedono le stesse capacità decisionali di un essere umano in un dato settore specializzato sono chiamati *sistemi esperti*. Negli anni Ottanta del XX secolo, il campo dell’intelligenza artificiale (IA) è stato dominato dai sistemi esperti. In ambiti diversi, come la diagnostica medica o la pianificazione finanziaria, la conoscenza degli esperti in una determinata area è stata codificata in regole adottate dai motori di inferenza e applicate in base ai dati forniti, al fine di generare un’indicazione: il tipo di malattia in base ai sintomi raccolti, ad esempio, o il prestito più appropriato per una determinata situazione finanziaria.

I sistemi esperti hanno avuto un discreto successo e sono ancora impiegati in diversi settori, ma non rappresentavano un tentativo di creare un modello generale di intelligenza e non potevano essere il trampolino di lancio verso la creazione di un’intelligenza artificiale generale, capace di conoscere a fondo qualsiasi campo.

## Speranze e delusioni

Molti dei praticanti originali di IA hanno ritenuto che sarebbe stato possibile costruire, nel giro di breve tempo, computer in grado di mostrare capacità di pensiero elevate, creatività e abilità nella risoluzione dei problemi. Stavano approfittando degli ambienti stimolanti del mondo accademico, dal MIT a Stanford e altri ancora, per creare i laboratori che negli anni Sessanta avrebbero studiato queste possibilità. Molti hanno lasciato il mondo accademico per raccogliere i fi-

nanziamenti di aziende o di venture capital nella speranza di creare innovazioni scalabili e sostenibili applicando quanto avevano appreso nei laboratori.

La maggior parte delle promesse fatte, anche tenendo conto del costante sviluppo dell'hardware che avrebbe potuto essere utilizzato come base per i sistemi software di IA, è rimasta disattesa, o quanto meno non ha ottenuto il consenso necessario per giustificare continui investimenti da parte dei finanziatori. Con gli anni Ottanta arrivò quello che è stato chiamato "l'inverno dell'IA", e sembrò che l'intelligenza artificiale non avrebbe cambiato il mondo così profondamente come era stato inizialmente ipotizzato.

Il fenomeno era un effetto comune, dettato dalla mancata comprensione degli esponenziali. La sovrecitazione di chi dall'esterno aveva una scarsa comprensione dei principi alla base e il desiderio degli esperti di produrre risultati concreti spingevano a considerare alcuni punti dati secondo un'interpolazione lineare. Ma la crescita lineare, rispetto a quella iniziale di una crescita esponenziale, è più veloce! Così, coloro che continuavano a sottovalutare il potere degli esponenziali sono anche quelli che inizialmente lo sopravvalutarono.

## **Applicazioni di intelligenza artificiale**

Molti, se non addirittura la maggior parte, degli obiettivi originali degli anni Sessanta sono stati raggiunti e, a volte, superati dai sistemi costruiti di recente. C'è voluto più tempo di quanto ipotizzato inizialmente con una mentalità lineare, ma ora i sistemi che potremmo giustamente chiamare di IA sono ovunque e incidono positivamente sulla nostra vita quotidiana, più di quanto avessero previsto i fondatori originali della disciplina.

Ottimizzazione, sistemi di controllo, riconoscimento vocale e sintesi vocale, sistemi di visione, riconoscimento degli oggetti e del volto, elaborazione del linguaggio naturale e sistemi conversazionali sono solo alcune delle applicazioni oggi comuni che utilizzano tecniche di intelligenza artificiale.

## Il ruolo dell'apprendimento

All'inizio i computer erano molto diversi da come li conosciamo oggi. Assomigliavano più a uno strumento specializzato, utilizzabile solo per un determinato scopo, piuttosto che allo strumento universalmente adattabile che usiamo quotidianamente. L'hardware era stato progettato per essere ottimizzato e letteralmente cablato per una singola operazione, e non era possibile riorganizzarlo per fare altro.

Solo dopo la comparsa della funzione di memoria, implementata con l'architettura di Von Neumann e incapace di distinguere tra i numeri che rappresentavano i dati e i numeri che rappresentavano le istruzioni, fu possibile parlare di un computer universale. Mancava però ancora un ulteriore sviluppo per completare il concetto di programmazione e di rappresentazione dei programmi in formalismi di livello superiore, linguaggi astratti che potevano essere tradotti e compilati in linguaggio macchina, ossia i passaggi eseguiti direttamente dal computer.

Scrivere questi programmi è stata una nuova arte a metà del XX secolo e, anche se alcuni componenti di base come le strutture decisionali e i cicli erano stati concettualizzati già prima di diventare elementi pratici di un programma in esecuzione, era necessario sviluppare strumenti più sofisticati per poter gestire un numero sempre maggiore di programmi e fare in modo che venissero eseguiti senza problemi.

Il modo in cui i programmi potevano essere scritti, e la possibilità che fossero visti come dati e riscritti da altre parti del programma secondo necessità, cambiando il comportamento del programma principale in esecuzione, era qualcosa che Turing aveva già considerato e paragonato al ruolo dell'apprendimento negli umani.

Se siamo in grado di costruire un programma che gioca a scacchi, uno che esegue diagnosi mediche e uno che fornisce raccomandazioni finanziarie, possiamo costruire programmi utilizzabili con tutte queste funzioni e altre ancora? Possiamo costruire un programma che, se eseguito su un computer sofisticato e potente, riesca ad analizzare qualsiasi

asi problema e raccogliere le risorse necessarie per risolverlo? Può un programma decidere se i risultati ottenuti siano ottimali o se, potendo usufruire di altri dati, esiste un modo migliore di raggiungere l'obiettivo? Può imparare a risolvere problemi in modo completamente universale, non basandosi su una programmazione fissa, ma adattandosi fluidamente alle esigenze dell'ambiente? Questo è ciò che noi chiamiamo *intelligenza artificiale generale*.



## **Capitolo 5**

# **INTELLIGENZA ARTIFICIALE GENERALE**

L'ipotesi di questo libro è che sia effettivamente possibile costruire artificialmente ciò che serve per fare emergere un comportamento capace di analizzare e risolvere un insieme arbitrario di problemi. Ossia ipotizziamo che sia possibile costruire un hardware sufficientemente potente in termini di velocità di esecuzione, capacità di archiviazione e accesso alla memoria, maneggevole, con esigenze di alimentazione ridotte e realizzabile con le risorse che abbiamo o avremo a disposizione quando sapremo come costruirlo. Al contempo, immaginiamo di poter creare il software, l'insieme di programmi da eseguire con quell'hardware, capace di acquisire i dati per riconoscere il problema in esame, accedere e utilizzare dinamicamente la base di conoscenze sufficiente per ricavare possibili approcci per affrontare il problema, e che sia abbastanza flessibile da combinare questi approcci in nuovi modi, o creare approcci completamente nuovi, al fine di risolvere il problema in modo ottimale con le risorse e i dati disponibili.

### **Il test di Turing diventa discutibile**

La previsione originale proposta da Turing verso la metà del XX secolo, che il test di Turing avrebbe perso validità dopo cinquant'anni, non si è rivelata vera. Abbiamo un dialogo costan-

te con le nostre macchine e, con la trasformazione delle tastiere in touch screen sempre più efficienti e la scomparsa degli stessi computer nell'ambiente, le interfacce di conversazione stanno diventando un modo sempre più naturale per l'interazione uomo-computer; ma non ci illudiamo certo di dialogare con un essere umano quando abbiamo una conversazione con una macchina.

In un certo senso c'è da aspettarselo. L'obiettivo di fingere di essere umano ha senso solo a Hollywood, ma non è necessariamente utile oltre un certo punto. Un robot potrà beneficiare di una forma umanoide, essere bipede, per esempio, o avere le mani, per potersi spostare meglio in un ambiente progettato per gli esseri umani, pieno di gradini, scale, porte e maniglie; ma, una volta che sia in grado di operare, ulteriori sforzi per farlo assomigliare a un umano saranno necessari solo se sarà dimostrato che, per esempio, gli esseri umani reagiscono meglio a un robot dall'aspetto umanoide che a un robot dall'aspetto di robot.

Allo stesso modo, affinché una conversazione giunga a un risultato utile, come la prenotazione di un biglietto aereo effettuata tenendo conto dei vincoli e di decine di milioni di possibili combinazioni di compagnie aeree, orari dei voli, connessioni e opzioni di posti a sedere, non trarrà alcun beneficio dall'aggiunta di qualche modo di fare tipicamente umano che renda più facile considerare la macchina come una persona in carne e ossa. Un colpo di tosse occasionale, una battuta o una divagazione su un commento, cose che solitamente accadono in una conversazione, saranno supportate dal sistema di dialogo solo se serviranno a vendere più biglietti e con maggiore soddisfazione per l'umano che chiama.

Il valore derivato dalla controparte umana grazie all'interazione con il robot, o alla conversazione con la macchina, è di per sé un obiettivo. C'è un concorso annuale con premi in denaro che mantiene vivo lo spirito del test di Turing. I *chatbot* che vi partecipano utilizzano una gamma completa di trucchi per sbilanciare i giudici facendo credere loro di essere umani. Molti sono anche accessibili attraverso un'interfaccia web online a chiunque voglia sperimentare una conversazione.

Tuttavia, come indicato anche dalla quantità relativamente modesta di investimenti raccolti dai concorsi annuali, tutti concordano che la ricerca veramente utile debba rivolgersi altrove.

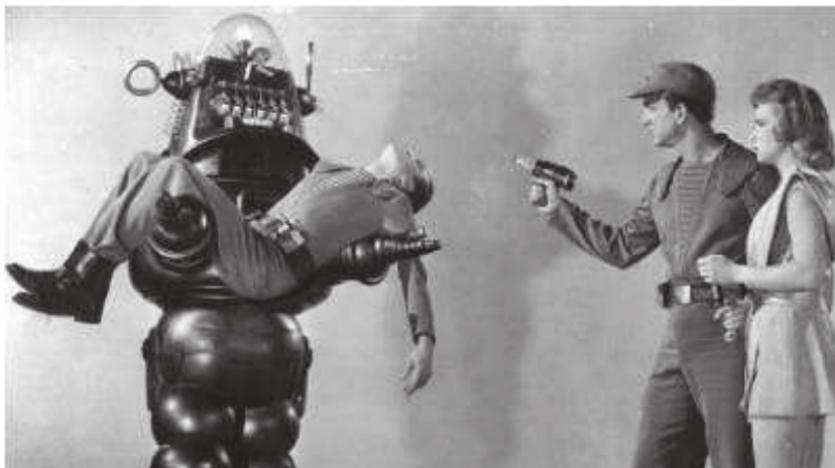
## **Inevitabile antropomorfismo**

Insieme ad altri temi filosofici, irrisolti per migliaia di anni, la differenza tra sostanza ed emulazione si sta estendendo al test di Turing. La conclusione di Turing è però molto pratica: se non vi è alcuna differenza statisticamente significativa nell'output e nei suoi effetti, allora non abbiamo ragione di ritenerne che esista una differenza nella sostanza.

Sicuramente, da un punto di vista epistemologico, questo non è affatto vero. Possiamo far sì che un sistema sembri identico a un altro che sta emulando per mille diverse combinazioni di input, e poi, all'improvviso, generare un output inaspettato per un dato insieme di input, totalmente diverso dall'originale. Questa pratica è stata utilizzata in diversi romanzi o film hollywoodiani, in cui le supposizioni iniziali possono essere falsificate in modo anche drammatico.

In base al modo in cui funziona la percezione umana, è naturale e inevitabile proiettare le qualità e le caratteristiche umane su oggetti o esseri non umani. A partire dai nostri giocattoli d'infanzia fino al comportamento di cani e gatti, o al modo in cui descriviamo il comportamento dei dispositivi che non eseguono le nostre istruzioni come vorremmo, la tentazione di attribuire loro caratteristiche umane è irresistibile. Essi vengono dotati di intenzione, desiderio, volontà e libero arbitrio, emozioni, empatia e molto altro, con la conseguenza di presupporre che il loro comportamento includa un più ampio insieme di opzioni tipicamente esibite dagli umani. Questa è un'utile scorciatoia che permette di dire succintamente che un televisore “va a dormire” quando si imposta il timer in modo appropriato, e un’interminabile lista di altri giri di parole. Nessuno si metterebbe a generalizzare e ad attribuire a un televisore caratteristiche e comportamenti umani più diffusi.

Una delle questioni cruciali che sarà discussa in dettaglio più avanti è: quando questa distinzione smette di essere significativa? Fino ad allora, sarà utile ricordarsi che le espressioni attribuite ai sistemi complessi per descrivere il loro comportamento sono parte di una metafora che in sé non implica uguaglianza.



**Figura 5.1** – Le intenzioni e gli obiettivi dei robot saranno diverse dalle nostre (immagine dal film *Forbidden Planet*).

## Previsioni per l'intelligenza artificiale forte

Molte delle persone che lavorano come professionisti nel campo dell'intelligenza artificiale non vedono alcun ostacolo teorico alla creazione di un'intelligenza artificiale forte, come descritto in precedenza. Vi è disaccordo su quale sia la fondamentale natura del risultato e vi sono numerose previsioni che riguardano il momento in cui si riuscirà a creerà un'intelligenza artificiale forte.

Esiste un'indagine informale con la quale sono stati intervistati gli esperti di intelligenza artificiale, rappresentando quindi le loro risposte lungo una cronologia che riporta il loro parere riguardante il momento in cui sarà possibile riuscire a implementare con successo l'intelligenza

artificiale forte. Da cent'anni o più, dopo la fine del ventesimo secolo, le risposte degli ultimi sondaggi indicano con sempre maggior frequenza la metà di questo secolo, con una dispersione nelle risposte che si sta viepiù restringendo.

## **Architetture per le intelligenze artificiali forti**

Le due strade principali verso le intelligenze artificiali forti consistono nel capire ed emulare il modo in cui funziona il cervello oppure nell'implementare di nuovo le sue flessibili capacità di risoluzione dei problemi mediante mezzi diversi.

Le reti neurali e quelli che oggi sono definiti come algoritmi di apprendimento approfondito permettono a un sistema di prendere decisioni su input complessi e possibili output, utilizzando un meccanismo di feedback che non richiede di esplicitare le regole specifiche che governano le decisioni. Far funzionare il sistema semplicemente attraverso uno scenario simulato, in cui i risultati positivi e negativi di ogni passaggio sono registrati in modo chiaro, e generare variazioni nelle decisioni per permettere al sistema di provare una vasta gamma di opzioni tra cui scegliere in base al feedback ricevuto, avendo abbastanza tempo e risorse di calcolo, produrrà risultati sorprendentemente positivi.

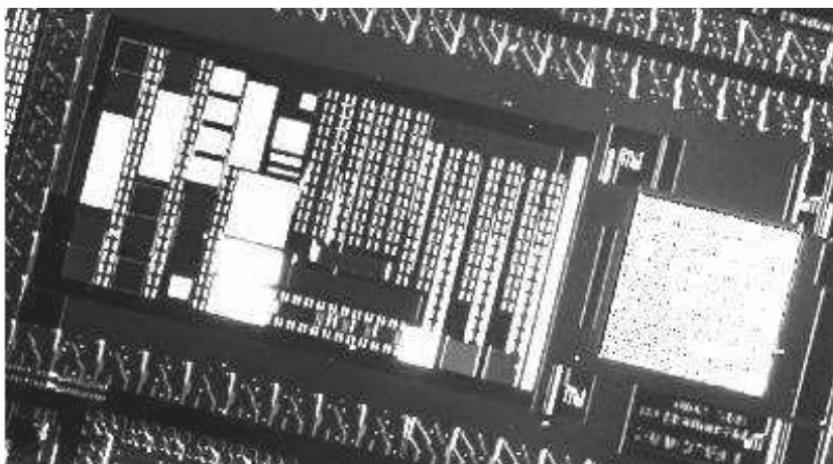
Applicando questi approcci di apprendimento approfondito a decine di videogiochi degli anni Ottanta, è ora possibile sviluppare un sistema che non solo gioca bene, ma addirittura meglio degli umani. Originariamente, questi giochi operavano sul proprio hardware dedicato e in strutture isolate, a gettoni, nelle sale giochi. Oggi vivono in computer più grandi che sono in grado di emulare il loro hardware, così come il loro software, con assoluta precisione. I giochi successivi, di nuovo imparati da questi algoritmi dalle prestazioni sovrumane, sono le console di prima generazione. In ogni caso, si può affermare che l'insieme totale di giochi rappresenta i diversi problemi presenti in

un universo di videogiochi e che, in questo senso, la capacità dell'approccio dell'apprendimento approfondito per padroneggiarli, con un input scarso o nullo che ne riveli obiettivi, regole, meccanismi di input e così via, è, nei limiti di quel dato universo, il comportamento di un'intelligenza artificiale forte.

## **Hardware dell'intelligenza artificiale forte**

Ci stiamo avvicinando ai limiti fisici del tradizionale transistor su silicio e occorrerà compiere nuovi passi in una generalizzata legge di Moore, attraverso diversi substrati e diverse architetture hardware.

I chip di prossima generazione sono già progettati usando i sistemi computerizzati di progettazione assistita, CAD, che a loro volta sono alimentati da chip e software attuali, co-progettando in modo efficace non solo hardware con software, ma anche computer più potenti con computer meno potenti. È naturale e probabile che le intelligenze artificiali forti, sebbene non completamente formate, prendano già parte al processo.



**Figura 5.2** – Il calcolo quantistico promette un salto radicale delle prestazioni (fonte: D-Wave Systems).

## ■ Computronium e Jupiter Brain

L'estremo teorico dell'aumento della potenza di elaborazione quando organizziamo la materia da calcolare è chiamato *computronium*. Molto semplicemente, indipendentemente da quali atomi sia composto o da come sia strutturato, esso rappresenta la forma più densa possibile di materia per svolgere calcoli. Di conseguenza, l'unico modo in cui i sistemi basati sul computronium possono aumentare la propria potenza è aumentare la massa.

Le intelligenze artificiali forti molto potenti fatte di computronium e grandi quanto un pianeta gassoso gigante sono chiamate Jupiter Brain. Forse ancora più affamati di calcoli e materia da convertire, i Jupiter Brain esplorano un sistema solare per cercare altri pianeti di cui cibarsi.

Un argomento ontologico per cui la velocità della luce è un limite superiore per segnalare una propagazione che nessuno sviluppo futuro può superare, in relazione all'argomento della simulazione descritto verso la fine di questo libro, deriva dal fatto che ha come conseguenza naturale una dimensione superiore dei Jupiter Brain. Mentre la sua parte sinistra vuole una cosa, se per esempio vede qualcosa di cui cibarsi, semplicemente non ha tempo di accordarsi con la parte destra, che potrebbe voler andare dalla parte opposta, prima che entrambe si muovano e l'oggetto si divida fisicamente in due parti.

## Auto-miglioramento

Gli obiettivi che un dato sistema deve raggiungere ne definiscono l'architettura, i componenti, le risorse, il modo di lavorare e gli output. In base a quanto è complesso l'obiettivo, il percorso per raggiungerlo può

essere diretto ed evidente o composto naturalmente da passaggi intermedi. Alcuni di questi passaggi intermedi possono essere semplici e non discutibili, mentre altri possono essere meno evidenti o presentare approcci alternativi evidenti. La scelta tra gli approcci alternativi può dipendere dai risultati precedenti, oppure potrebbe non esserci motivo di sceglierne uno in anticipo, piuttosto che un altro. Dopo la decisione è poi possibile stabilire che l'opzione scelta sia stata, se non la migliore, una delle migliori o, al contrario, inefficiente.

Più un sistema di ricerca degli obiettivi è flessibile nell'organizzarsi per raggiungere i propri scopi, più esplicitamente dedicherà parte delle proprie risorse a questi tipi di considerazioni che non riguardano l'obiettivo, ma i mezzi, gli strumenti e i metodi per raggiungerlo. Il meta-ragionamento, cioè il ragionamento sul ragionamento, offre un'opportunità di migliorare, capendo quali sono i modi migliori per raggiungere l'obiettivo e usando questi modi, invece delle alternative meno efficienti.

La maggior parte degli approcci all'intelligenza artificiale forte comprende algoritmi di apprendimento che, implicitamente o esplicitamente, permettono al sistema di applicare il meta-ragionamento. Di conseguenza, un sistema di intelligenza artificiale forte migliorerà nel tempo, ottenendo migliori prestazioni nello svolgimento di un determinato compito o riuscendo a perseguire scopi più complessi con una certa quantità di risorse.

## Esplosione dell'intelligenza

Un sistema che ha il compito di raggiungere un obiettivo complesso e che ha la capacità di analizzare e migliorare il proprio comportamento per completarlo trarrà beneficio da quella capacità. Migliorerà per raggiungere l'obiettivo più velocemente o impiegando meno risorse. Se consideriamo la capacità di raggiungere quell'obiettivo come indice di un certo livello di intelligenza, allora un modo migliore per raggiungere l'obiettivo è segno di un'intelligenza superiore: il sistema diventa

più intelligente. In ogni caso, questo processo non si ferma da solo; al contrario, si alimenta in modo esponenziale.

Un sistema più intelligente non solo raggiungerà meglio i propri obiettivi, ma sarà anche più bravo ad analizzare i modi in cui si può migliorare il processo. Applicherà i risultati di questa analisi a se stesso e poi farà ripartire il ciclo. Il processo attraverso cui si verifica questo miglioramento auto-riflessivo iterativo è chiamato *esplosione di intelligenza*.

## Autoconsapevolezza e introspezione

Il grado con cui un sistema è capace di percepire il proprio ambiente e di ricavarne decisioni utili è chiamato *consapevolezza*, almeno nel caso degli umani. Similmente, il grado con cui lo stesso processo è applicato a stati e parametri interiori, invece che a quelli del mondo esterno, è chiamato *autoconsapevolezza* e il processo di acquisizione dati è definito *introspezione*.

A condizione di applicare questi termini liberamente, durante l'*esplosione d'intelligenza*, i sistemi di intelligenza artificiale forte diventano più consapevoli, più autoconsapevoli, mentre la loro capacità di introspezione aumenta.



**Figura 5.3** – Il riconoscimento del sé porta verso l'introspezione e l'auto-consapevolezza (fotografia di Steve Jurvetson).

## Open access al sé

Nel corso dei diecimila anni di storia della nostra civilizzazione tecnologica (o centomila, se vogliamo essere generosi e iniziare con l'uso del fuoco invece che con quello dell'agricoltura), ci siamo sforzati di porre solide basi alla comprensione di noi stessi. Solo di recente abbiamo iniziato a capire come la ricetta biologica del DNA dia vita a embrioni e poi a individui, e stiamo a malapena grattando la superficie delle complesse interazioni che le possibilità delle nostre opzioni genetiche esprimono mentre interagiscono con l'ambiente e con il nostro apprendimento.

Impiegando una metafora dei modelli di business, possiamo dire che gli umani vedevano se stessi come un sistema proprietario chiuso, senza manuale per l'utente e senza guida dell'amministratore. Abbiamo dovuto lentamente impiegare la retroingegnerizzazione su tutti i componenti dei nostri corpi (e sul mondo intorno a noi) e, comprensibilmente, ci è voluto molto tempo per farlo (si spera che nessuno abbia preso i brevetti sul progetto dell'Universo e sia pronto a farci causa per violazione!).

È naturale presupporre che i sistemi di intelligenza artificiale forte che costruiremo verranno giudicati dalla qualità delle loro prestazioni. Di conseguenza, poiché saranno in grado di operare meglio se riusciranno a migliorare se stessi, quelli che lo faranno saranno preferiti. Sarà pertanto ovvio aiutarli in questo, a differenza di quanto è accaduto con gli esseri umani, dando loro accesso al loro codice sorgente e anche a manuali d'istruzioni su come accedervi e migliorarlo.

Le intelligenze artificiali forti non impiegheranno diecimila faticosi anni per comprendere il DNA, o il codice binario, di cui sono costituite: nasceranno consapevoli, autoconsapevoli e con la piena capacità di agire sui propri poteri introspettivi.

## Un lento decollo

In che modo le intelligenze artificiali forti avranno un impatto sul mondo? Secondo la maggioranza degli studiosi del settore, una volta che

saranno inventate, non sarà possibile tornare indietro, non si potrà rimettere il genio nella lampada. Solo un'universale e planetaria rinuncia al sistema e ai suoi benefici sarà in grado di interrompere l'uso e l'implementazione delle intelligenze artificiali forti e di far sì che non influenzino profondamente il mondo. Si pensa che porteranno notevoli benefici nelle attività commerciali e che sarà inconcepibile per le aziende non trarre vantaggio dalle loro superiori capacità di ottimizzazione e risoluzione dei problemi.

Mentre le intelligenze artificiali forti open source avranno migliori prestazioni di quelle proprietarie, la loro disponibilità aumenterà e i loro benefici si accumuleranno per l'ampio gruppo che sarà in grado di trarne vantaggio.

In modo simile a quello con cui l'industria dell'elettronica diffonde i benefici di un'invenzione di un singolo gruppo, attraverso accordi di licenza incrociati, finché questa non viene adottata a livello universale, le intelligenze artificiali forti diffonderanno l'innovazione in modelli di business e organizzazioni sociali e avranno un impatto sulle vite degli individui, trasformando tutto il mondo intorno a loro.

La scuola di pensiero definita *del lento decollo* descrive questo processo, alimentato dall'esplosione d'intelligenza, in termini di decenni.

## **Decollo rapido**

La scuola di pensiero del *decollo rapido* sostiene invece che ci metteremo a dormire, per accorgerci, al risveglio, che le intelligenze artificiali nate durante la notte saranno intervenute, rendendo irriconoscibile il mondo intorno a noi.

Molto di ciò che viene discusso in questo libro è alla base di racconti di fantascienza. Una parte trae vantaggio dalla sospensione dell'ingenuità del lettore e vi sono supposizioni, spesso esplicite, sul modo in cui lo sviluppo tecnologico si verificherà e su che cosa sia teoricamente o praticamente possibile.

La visione di un decollo rapido, come descritta sopra, quale che sia la forma concreta di una trasformazione così fondamentale da comprendere il mondo intero per renderlo totalmente diverso nel giro di alcune ore, sicuramente è radicale.

Le capacità delle intelligenze artificiali forti di riunire le risorse per i loro obiettivi e il potere di trasformazione delle loro soluzioni innovative per i loro scopi saranno sicuramente senza precedenti. In quanto tempo un'intelligenza artificiale forte che si auto-migliora inizierà a utilizzare la conoscenza che sarà accessibile in esclusiva?

## Scale di intelligenza

In precedenza, descrivendo l'arbitrarietà del 100% di un dato scopo, i temi toccati erano il DNA e la biologia. Ma probabilmente è chiaro che l'intelligenza a livello umano, esibita a un certo punto dalle capacità di risoluzione dei problemi delle intelligenze artificiali forti, è altrettanto arbitraria.

L'esplosione di intelligenza con auto-miglioramento non prenderà in considerazione valori del quoziente di intelligenza pari a 100 (la media, per definizione, di ogni gruppo di umani), o 140, misura sopra la quale si è considerati dei geni, o 1000. Sarà difficile misurare l'intelligenza delle intelligenze artificiali forti nei modi tradizionali, in base alla velocità di risoluzione di alcuni problemi, non solo matematici, ma anche di destrezza verbale. Velocità, robustezza, flessibilità e creatività saranno i criteri per valutare questi nuovi tipi di intelligenze. Supponendo che vengano ideate nuove scale per misurare il quoziente d'intelligenza, che includano capacità specifiche delle intelligenze artificiali forti, esiste la possibilità che, in rapporto a un 100 umano, su una qualsiasi di queste nuove scale, i loro punteggi potrebbero essere migliaia o milioni.

Non è facile immaginare come si possa manifestare un'intelligenza artificiale forte con un quoziente d'intelligenza di 1.000.000. Come deciderebbe di interagire con gli umani? L'analogia della nostra inca-

pacità di interagire in modo utile con le formiche e i limiti delle nostre interazioni positive, ma limitate, con i cani, per esempio, può essere significativa, se non allarmante.

## **La super intelligenza è incontrollabile?**

Esistono molti scenari da incubo che si possono sviluppare, e in effetti sono stati sviluppati, riguardanti la crescita di intelligenze artificiali forti e di macchine super intelligenti, nei romanzi, nel cinema hollywoodiano, ma anche, di recente, in ambienti scientifici più formali.

Quali sono i limiti di azione di un'intelligenza artificiale forte? Come possiamo assicurarci che il suo impulso di ottimizzare le risorse che ha a disposizione, o che può reperire, sia controllato?

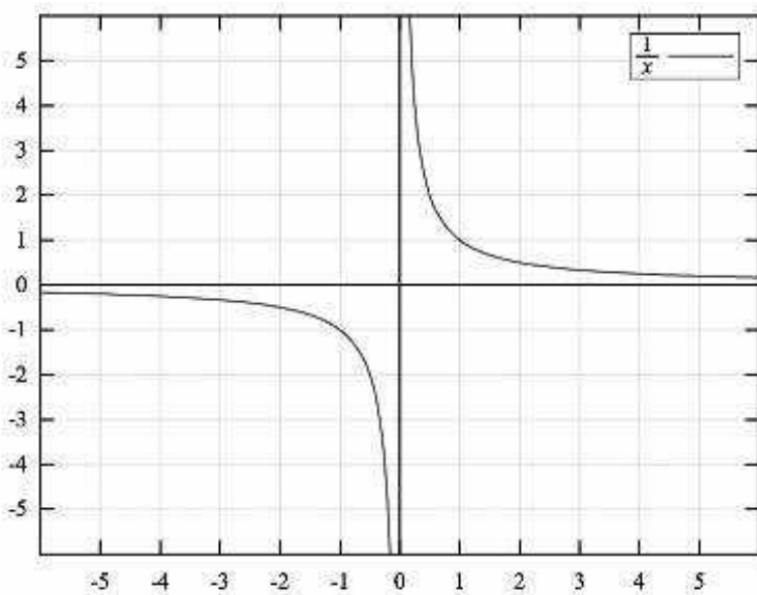
Se il potere delle intelligenze artificiali forti è così grandioso come può apparire da un'analisi preliminare, allora è essenziale assicurarsi che le loro azioni abbiano effetti positivi sul genere umano. La cordialità costante, assicurata e affidabile delle intelligenze artificiali forti nei confronti degli umani e dell'intera umanità è una sfida esistenziale con un impatto che potrebbe essere simile a quello dell'astroide per i dinosauri.

Possiamo assicurarci che per noi sarà diverso? Possiamo costruire un sistema etico che sarà seguito dalle intelligenze artificiali forti mentre svilupperanno obiettivi che andranno oltre ciò che è stato loro originariamente fornito? Si può concepire la creazione di confini e limiti che vincoleranno le loro azioni entro certi margini?

Nella sfera dell'ignoto, tra ciò che sappiamo di non sapere e ciò che non sappiamo di non sapere, questa seconda cosa è più pericolosa se lasciata così com'è, o se persiste lo stato di inconsapevolezza. Il fatto di non avere risposte esaustive e affidabili alle domande fondamentali di cui sopra non costituisce di per sé un motivo di allarme, ma sarebbe decisamente irresponsabile evitare di investigare su queste domande, cercando risposte e assicurandosi che la realizzazione di queste capacità non vada avanti, a meno che non si possegga una profonda comprensione delle sue conseguenze.

### L'intelligenza artificiale forte esce dagli schemi

I requisiti di sicurezza di certe tecnologie che si pensa siano potenzialmente molto pericolose hanno portato allo sviluppo di efficaci protocolli di contenimento. La scoperta di tecnologie di RNA ricombinante e la possibilità di terapie genetiche sono state discusse negli anni Settanta alla conferenza Asilomar, durante la quale sono state adottate procedure che, come oggi sappiamo, sono state efficaci: in quarant'anni non c'è stato un solo incidente biologico che abbia comportato errori in queste tecnologie.



**Figura 5.4 – Punto di discontinuità su una funzione.**

Di recente, ha avuto luogo una conferenza Asilomar sull'intelligenza artificiale, in cui si è esplicitamente discusso delle possibili procedure di contenimento relative all'intelligenza artificiale avanzata e alle intelligenze artificiali forti, così come dei loro pericoli e impatti. Si è giunti alla conclusione che l'intelligenza artificiale forte sarà da tenere sotto

controllo, disconnessa da Internet, limitandone le risorse di calcolo e assicurandosi che non si appropri di altre risorse oltre a quelle inizialmente assegnate.

Molti ritengono che non sia possibile evitare che l'intelligenza artificiale forte esca dai limiti stabiliti. Con ragionamento, interazione, conversazioni, discussioni, trucchi, suppliche, applicazione della retorica e ricorso all'etica e agli argomenti morali, farà qualsiasi cosa per persuadere finalmente con successo i suoi custodi e guardiani a liberarla.



## **Capitolo 6**

# **SINGOLARITÀ E TECNOLOGIA**

In matematica, definiamo singolarità il punto in cui una funzione perde significato. Esistono esempi semplici di questo, come la funzione  $y = 1/x$  che ha una singolarità al punto  $x = 0$ . Quando ci si avvicina a zero, il valore della funzione,  $y$ , tende all'infinito, ma a zero non diventa realmente infinito; piuttosto, perde di significato, perché non c'è nessun numero che moltiplicato per zero dia come risultato 1.

Il problema dell'esempio non rappresenta l'infinito in sé. La matematica è stata estesa perché potesse avere a che fare con l'infinito, in realtà con diversi tipi di infinito, e non per fare finta che non esistano, bensì per manipolarli in maniera utile. Il problema dell'esempio è l'incoerenza, il fatto che non esiste un modo specifico per gestire il punto di singolarità.

Vi sono molti tipi di singolarità matematiche e i matematici sono diventati molto esperti ad affrontarle. Un modo comune per eliminare una singolarità è, per esempio, stabilire un valore della funzione in modo che si connetta facilmente alle altre parti.

In fisica, il termine singolarità si applica a situazioni in cui i valori di certi parametri tendono all'infinito e le leggi che descrivono l'evoluzione dinamica del sistema smettono di essere va-

lide. Un classico esempio di una singolarità fisica è un buco nero, lo stadio finale dell'evoluzione di una certa classe di stelle. Quando stelle abbastanza massive perdono la capacità di generare energia attraverso reazioni di fusione, dopo aver esaurito il materiale disponibile, possono diventare supernove, perdendo gli strati esterni in immense esplosioni; il nucleo rimanente, in contrazione, diventerà ancora più denso, frantumando gli atomi che lo costituiscono, vincendo la resistenza delle orbite quantistiche degli elettroni e ritrovandosi in uno stato di materia condensata chiamato neutronio, perché queste stelle finiscono con l'essere neutre dal punto di vista elettrico come i neutroni del nucleo atomico, e le definiamo stelle di neutroni.

Ma se la loro massa è più grande di una certa quantità in un raggio abbastanza piccolo, allora la loro densità continuerà ad aumentare e non si fermerà allo stadio del neutronio. La forza gravitazionale sarà così forte che la velocità di fuga da queste stelle aumenterà a valori che eccedono la velocità della luce. Secondo la teoria della relatività, niente può muoversi più velocemente della luce; questi oggetti smettono pertanto di emettere luce e diventano anche una strada a senso unico. La loro superficie, in cui la velocità di fuga è superiore alla velocità della luce, è chiamata *orizzonte degli eventi*. Qualsiasi oggetto la cui traiettoria lo porta entro quella superficie non sarà mai in grado di fuggirne.

Quando all'inizio furono teorizzati i buchi neri, e furono poi osservati (certo non direttamente, ma per via della mancanza di una stella o di qualsiasi radiazione nel mezzo di un sistema orbitante con caratteristiche che prevederebbero di averne una), la prima impressione fu che non era possibile sapere nulla su di essi. Tuttavia, i fisici iniziarono presto a chiedersi che cosa sarebbe successo se i buchi neri fossero stati in rotazione invece che statici, o che cosa avrebbe significato applicare le supposizioni di meccanica quantistica e il principio di indeterminazione alle particelle intorno all'orizzonte degli eventi. E velocemente, invece di essere visti come oggetti assolutamente non studiabili a causa del fatto che contengono una singolarità, in maniera simile alle singo-

larità matematiche, i fisici hanno trovato modi di studiare la natura dei buchi neri, classificandoli in famiglie, prevedendo le loro storie future e così via.

## La singolarità tecnologica

L'espressione “singolarità tecnologica” è stata introdotta da Vernor Vinge a una conferenza organizzata dalla NASA nel 1993, e rappresenta un momento nella storia in cui, con l'introduzione delle intelligenze artificiali forti, non esiste più la possibilità di fare previsioni utili sul futuro. L'esplosione di intelligenza e i compiti arbitrariamente complessi che le intelligenze artificiali forti possono affrontare, oltre ai loro modi estremamente diversi di ragionare e organizzare le risorse, sono, a una prima approssimazione, un'infinità nel campo delle previsioni, in maniera molto simile alle singolarità nei campi della matematica e della fisica.

In effetti, nello stesso modo in cui i matematici e i fisici non sono stati scoraggiati dai pericoli delle infinità nello studio e nella gestione utile delle singolarità nei propri campi, i tecnologi hanno iniziato a cercare di capire i tipi di singolarità tecnologica che possiamo modellare, e a classificarli insieme alle intelligenze artificiali forti che agiscono come loro catalizzatori.

Si spera che, applicando le risorse e il giusto livello di sforzo e intelligenza, quando appariranno le intelligenze artificiali forti, saremo da un lato in grado di farle comportare in modo amichevole, costruendo un mondo compatibile con la vita e le aspirazioni umane; e dall'altro lato saremo anche pronti, adattati a vivere una vita fruttuosa in un mondo profondamente trasformato dalla loro presenza.

## Tipi di menti

Siamo abituati a vedere l'intelligenza come un insieme singolo e unificato di fenomeni, esperienze e strumenti. *L'Homo sapiens sapiens* è il solo, sul pianeta, ad avere la capacità di osservare e analizzare la propria consapevolezza e il proprio stato di coscienza, e di descriverli e comu-

nicarli in modi ricchi e acuti. Essere l'unica specie con una determinata caratteristica è sorprendente, come se fossimo la sola specie con gli occhi, o con la capacità di percepire e interpretare le onde sonore, di udire. Non è stato sempre così.

In certi momenti nella storia, hanno vissuto sul pianeta, senza necessariamente essere in contatto, diverse specie di scimmie evolute, che costruivano strumenti e controllavano il fuoco, condividendolo. L'ultima di queste, l'*Homo sapiens neanderthalensis*, ossia l'uomo di Neanderthal, ha vissuto fino a trentamila anni fa ed era in contatto con la nostra specie. In realtà, eravamo abbastanza vicini da poterci incrociare, cosa che abbiamo fatto, come appare dal nostro DNA, il quale porta ancora, diluiti nel tempo, vari gradi di coppie di basi di Neanderthal, fino al 3% del totale.

Non si sa per certo cosa portò all'estinzione l'altra specie di scimmie intelligenti, ma esiste una comprovata evidenza di spietata caccia agli animali per procurarci la carne, visibile nel fatto che gli umani hanno portato all'estinzione la megafauna di tutti i continenti. Ed erano animali utili, ma non competevano con noi in modo significativo. È probabile che la nostra natura ipercompetitiva si sia mostrata in tutto il suo potere distruttivo quando abbiamo fronteggiato altre specie intelligenti nei vari ambienti che abbiamo colonizzato in decine di migliaia di anni durante la nostra diffusione sul pianeta.

Questo esempio è una premonizione pericolosa di un destino che dobbiamo fare di tutto per evitare, quando affronteremo un potenziale avversario negli ambienti che le future esplorazioni riveleranno?

Quando appare una nuova opzione per capire il mondo, come gli occhi e le orecchie, e per intervenire attivamente al suo interno, come le zampe, i denti e gli artigli, essa viene adottata molto rapidamente in un caleidoscopio di forme e applicazioni che prima erano impossibili da prevedere.

Questa è la ragione per cui in questo libro si usa l'espressione “intelligenze artificiali forti” al plurale. Invece di una sola intelligenza artificiale forte, vi saranno uno sviluppo e una diversificazione rapidi di varie intelligenze artificiali forti, dovuti agli obiettivi, alle predisposizio-

ni e anche al caso. Ogni piccola differenza sarà amplificata, attraverso il processo iterativo dell’esplosione dell’intelligenza.

Una grande quantità di sforzo e di risorse delle intelligenze artificiali forti dovrà essere in realtà dedicata a mantenere una comunicazione reciproca, per evitare che la sindrome della torre di Babele fratturi la comunità in parti isolate che non possono comunicare tra loro. Sarà un test precoce della loro intelligenza superiore, che dovrà cercare di evitare di attraversare quella fase prima di poter quindi ricostituire una comunità globale, così da essere in grado di modellare efficacemente i benefici dell’investimento nel continuo sviluppo di metodi di comunicazione sostenibili e attuabili, rispetto al guadagno, sul breve periodo, che ci si potrebbe garantire dedicando quelle risorse ad altri compiti, con ritorni più immediati, se si scegliesse la prima opzione.

Se le intelligenze artificiali forti scegliersero il cammino dell’isolamento e della mancanza di comunicazione, ciò porterebbe inevitabilmente al conflitto, poiché se il fatto di competere per le risorse mettesse due o più entità una contro l’altra, esse non avrebbero i mezzi e gli strumenti per la risoluzione del conflitto che solo chi ha una conoscenza condivisa può padroneggiare.

Come le scimmie che vivono sugli alberi in una giungla devastata dalla guerra, non vogliamo risultare invisibili e abbandonati come vittime collaterali di un conflitto tra intelligenze artificiali forti che si inasprisce in modo drammatico.

Possediamo già livelli di comprensione che altre specie non hanno. È importante che nutriamo questa capacità, che alimentiamo la nostra abilità di riconoscere lo stato mentale ed emotivo degli altri, la nostra empatia. Mentre progettiamo, generiamo e infine liberiamo le intelligenze artificiali forti nel mondo: esse portano con sé capacità superiori di empatia, per essere applicate allo scopo di capirci, e per noi, per costruire un futuro condiviso.



## **Capitolo 7**

# **IL POTERE DELL'EVOLUZIONE**

### **Evoluzione biologica**

L’evoluzione biologica accumula tratti adattivi, codificandoli in geni. Con il tempo, le varie soluzioni che gli organismi biologici si sono inventati per sopravvivere nei propri ambienti sono diventate più complesse. Mentre è vero che in un determinato ambiente tutti gli organismi sono ugualmente ben evoluti, poiché per definizione si sono adattati alla propria nicchia ecologica, quelli che sono in grado di esprimere un più ricco insieme di comportamenti, e le cui informazioni genetiche permettono loro di rispondere al proprio ambiente in modi più acuti e diversificati si adatteranno di più e saranno maggiormente in grado di sopravvivere.

I geni degli organismi più adatti vengono trasmessi attraverso la riproduzione sessuale. E l’impulso a riprodursi, dal punto di vista dei geni, è il motivo per cui gli organismi esistono. Senza riproduzione, i geni non hanno modo di essere trasmessi, di dimostrarsi adatti agli ambienti presenti o futuri, nei quali gli organismi da essi codificati devono sopravvivere.

## L'evoluzione della conoscenza

Il modo in cui le società umane hanno trasmesso la conoscenza e accumulato nuovi modi di adattarsi ai vari ambienti è stato estremamente favorevole. Non esistono nicchie ecologiche sulla Terra a cui non ci siamo adattati. Siamo stati capaci di analizzare le sfide, trovare soluzioni, e poi diffondere queste soluzioni con delle varianti, più rapidamente di qualsiasi altra specie animale.

Grazie alla nostra cultura, abbiamo portato le regole dell'evoluzione a un nuovo livello e abbiamo beneficiato dell'accumulazione di utili unità di conoscenza che abbiamo usato a nostro vantaggio. Dopo l'iniziale trasmissione orale della conoscenza e della cultura, siamo stati in grado di adottare modi nuovi e più affidabili, mediante la scrittura, i libri e i sistemi formali di descrizione e riproduzione della conoscenza e di ciò che essa codificava.

Ogni cultura, in un determinato momento, è, per definizione, ugualmente adatta a prosperare nella propria nicchia. L'accumulo di esperienza e la sua trasmissione attraverso la conoscenza rendono le civiltà complesse più capaci di adottare determinate soluzioni quando ce n'è bisogno, in modo da poter sopravvivere in un ambiente mutevole.

L'acquisizione di conoscenza nell'evoluzione della cultura è una spinta fondamentale e necessaria, come lo è la riproduzione nell'evoluzione biologica.

## Darwinismo universale

Vi è un insieme sorprendentemente piccolo di condizioni necessarie a generare l'evoluzione:

1. la riproduzione con variazioni;
2. un ambiente con risorse limitate che seleziona i più adatti;
3. l'ereditarietà, con la capacità di trasmissione delle caratteristiche adatte.

In base a questi criteri generali, vi sono molti ambienti diversi che possono generare una dinamica evolutiva, e non solo quelli che già conosciamo in biologia.

Per esempio, le stelle si evolvono non solo attraverso i propri cicli di vita individuali, al cambiare del tipo di reazione di fusione che le sostenta e delle loro emissioni spettrali, ma anche attraverso le successive generazioni. Competendo per il materiale interstellare attraverso la loro attrazione gravitazionale, le stelle di maggior successo daranno a loro volta origine a nuove generazioni di stelle, dopo che la loro esplosione in supernova avrà diffuso, in una certa regione, materiale che può rifondersi di nuovo. Il nostro sole è una stella di una generazione nata dall'esplosione di una supernova, e lo sappiamo per via della sua composizione e di quella del nostro sistema solare, che contiene elementi che sono stati sintetizzati all'interno della precedente generazione di stelle.

Abbiamo anche visto come si evolvano la cultura e la tecnologia, generando complessità mediante soluzioni progressive che si adattano ai bisogni di un dato insieme di problemi e ambienti.

## L'universo si sta evolvendo?

L'evoluzione non ha uno scopo, un obiettivo in sé, a parte l'immediata selezione di soluzioni più adatte, entro i limiti di un determinato ambiente, in base a quelle disponibili. Si tratta di un meccanismo cieco.

L'aumento di complessità è un effetto collaterale di questo meccanismo, un orologio naturale che ci permette, almeno in teoria, di svegliarci in una caverna, uscire e camminare sulla spiaggia nella notte stellata, e concludere, dai principi di base, che stiamo vivendo in un universo in espansione, approssimativamente a dieci miliardi di anni dalla sua nascita.

Sicuramente, si accumuleranno ulteriori livelli di complessità in futuro, in strutture dell'universo grandi e piccole, mostrando agli osservatori, con uguale chiarezza, il funzionamento dell'orologio evolutivo.

## ■ Gli universi si evolvono?

Una delle più affascinanti applicazioni dei principi del darwinismo universale, con una gran quantità di supposizioni che al momento non siamo in grado di verificare, è stata articolata da Lee Smolin, un fisico teorico del Perimeter Institute in Canada. Armeggiando con carta e penna e osservando la moltitudine di buchi neri nel nostro universo, egli si è domandato se fosse in grado di cambiare i valori delle nostre costanti fisiche in modo da produrre un universo con più buchi neri del nostro, ma non ci è riuscito. I modelli non producevano nessun buco nero, oppure producevano un buco nero gigante che rappresentava l'intero universo, invece di un equilibrio interessante con i buchi neri al centro delle galassie prodotti da stelle massive al termine della loro vita.

Smolin ha presupposto che, invece di avere un finale chiuso, le singolarità dei buchi neri generassero in realtà nuovi universi, legati ai propri genitori attraverso i valori delle loro costanti fisiche, con qualche variazione. In maniera kepleriana, sarebbe naturale presupporre che viviamo in un universo che non è di prima generazione, ma che è nato attraverso una serie di buchi neri, universo dopo universo. Il fatto che i buchi neri sembrino essere molto numerosi nel nostro universo aumenta la probabilità statistica che apparteniamo a un ramo nell'evoluzione degli universi in cui le variazioni accumulate hanno prodotto esemplari particolarmente fertili, come quello che osserviamo e in cui viviamo.

Analizzare lo spettro totale delle teorie intorno a questo scenario e progettare possibili esperimenti per verificarle è un'attività degna delle intelligenze artificiali forti!

## L'evoluzione evolve?

Uno dei temi fondamentali di questo libro è che i cambiamenti di fase capitano, e che il fatto che una determinata variabile cambi linearmente, e non esponenzialmente, non è un motivo per non curarsene. L'acqua si scalda linearmente fino a quando inizia a bollire e, per quanto sorprendente possa essere, una volta che capiamo il principio sottostante, possiamo trarre vantaggio da quello che sta accadendo.

L'evoluzione, mentre procede ciecamente, produce formidabili soluzioni ai problemi. Per esempio, ha trovato un modo per utilizzare la luce affinché gli organismi potessero raccogliere informazioni in almeno sette modalità diverse: esistono vari tipi di occhi, basati su fotorecettori diversi, che si sono evoluti indipendentemente l'uno dall'altro. Finché c'è l'ambiente, e ci sono nuove variazioni da provare, l'evoluzione è molto paziente e ha a disposizione miliardi di anni.

Se fossimo due archei, organismi unicellulari primitivi, e stessimo conversando nel brodo primordiale, avremmo molte ragioni per essere orgogliosi della nostra supremazia. “È passato un miliardo di anni” direi io, “e siamo al culmine dell’evoluzione”. “Scommetto che in un altro miliardo di anni saremo ancora al top!”, rispondereste voi, e avreste ragione. “Non uno, ma due miliardi di anni!”, risponderei io, sbagliando. Attraverso tentativi ed errori, sarebbero nati gli organismi pluricellulari e l’esplosione cambriana, avvenuta oltre 500 milioni di anni fa, avrebbe prodotto forme di vita inimmaginabili per i batteri. E mentre essi continuano a essere importanti (se sparissero i batteri, la Terra stessa si trasformerebbe e smetterebbe di sostentare la vita), le cose interessanti, i cambiamenti che contano e che hanno conseguenze sul resto della storia futura, accadono altrove.

Con l’accumulo di informazioni genetiche complesse e l’espressione di comportamenti complessi, cambia anche il modo in cui gli organismi si adattano all’ambiente. La componente culturale del nostro accumulo di conoscenza è fondamentale per la nostra adattabilità. L’evoluzione non sarà mai la stessa: non aspetteremo per innumerevoli

generazioni finché non scopriremo per caso una soluzione che ci permetterà di riempire una nuova nicchia ecologica.

In effetti, da un tipo di evoluzione che necessitava di un confronto quasi universalmente mortale con l'ambiente, adesso siamo in grado di evolvere soluzioni ai nostri problemi utilizzando ipotesi mentali e modelli di ambienti. Oggi sono le nostre ipotesi sul futuro a morire invece di noi!

Vi sono ambienti che, per molto tempo, sono sembrati impossibili da conquistare per la vita. Per miliardi di anni, è sembrato che l'acqua fosse l'unico posto in cui vivere. I continenti erano deserti aridi, senza piante o vita animale. Ma quello che prima sembrava impossibile, è diventato possibile grazie alle soluzioni intelligenti create dalla cieca evoluzione, le variazioni in folli tentativi, la maggior parte delle quali non ha portato da nessuna parte, mentre alcune hanno conquistato il pianeta.

Stiamo ora iniziando a guardare a un ambiente che è più ostile di come appaiono i deserti se confrontati all'accoglienza degli oceani. Lo spazio ci attrae, e la nostra curiosità, il nostro senso dell'avventura e la nostra sete di conoscenza ci spingono a cercare di colonizzarlo, allo stesso modo in cui la vita presente negli oceani ha colonizzato i continenti. Probabilmente, l'evoluzione ha dovuto creare il nostro livello di consapevolezza e di tecnologia, prima di poter fare questi iniziali tentativi. Non sappiamo se siamo abbastanza intelligenti per fare in modo che questi tentativi diventino sostenibili, o se stiamo solo eseguendo cieche variazioni per soluzioni che si riveleranno strade senza uscita.

## **Di cosa ha parlato Fermi nel deserto?**

Quando il fisico italiano Enrico Fermi collaborava al progetto Manhattan con altri emigrati europei, come gli ungheresi John von Neumann, Edward Teller e Leo Szilard (vi fu una battuta secondo cui le difficoltà di sicurezza del progetto sarebbero state risolte se solo Fermi e il direttore del progetto Oppenheimer se ne fossero andati e gli altri avessero

continuato a parlare nel loro ungherese indecifrabile), insieme ai suoi colleghi americani, il cielo del deserto del New Mexico era stupefacente. Guardando il cielo tutte le notti, vedendo le stelle e il passaggio mozzafiato della Via Lattea, come immagine di centinaia di milioni di stelle troppo lontane per essere viste individualmente, era impossibile non pensare a quanto fossero piccole la Terra e l'umanità, nella scala di tutte le cose nell'universo.

Keplero fu il primo a mettere l'umanità al proprio posto, avviando una rivoluzione culturale che la spogliò della sua presunta centralità e rese la Terra solo uno dei pianeti di un intero sistema solare. Il nostro Sole è semplicemente una stella, di un tipo piuttosto comune, una tra miliardi di stelle presenti nella nostra galassia. Hubble e Messier fecero lo stesso con la nostra galassia, la Via Lattea, una tra miliardi di galassie nell'universo.

Certamente l'umanità, con la sua orgogliosa civiltà tecnologica, non era l'unica, ma solo una delle tante. Ma allora dove sono tutte le altre?

Non sappiamo quali siano le probabilità che una civiltà tecnologica si sviluppi con successo nell'universo. Al momento, abbiamo solo un dato su cui fare affidamento. L'equazione di Drake, che elenca una serie di parametri per pianeti abitabili, come l'evoluzione della vita, la durata di una civiltà tecnologica e così via, formula la domanda senza dare realmente una risposta. Fino a qualche anno fa, non sapevamo quale fosse la distribuzione delle stelle con sistemi planetari. Oggi, con i risultati del telescopio spaziale Kepler che mostrano migliaia di pianeti intorno a centinaia di stelle, sembra che se ne trovino praticamente ovunque. Il prossimo grande passo per capire come e dove si può sviluppare la vita verrà compiuto con le missioni sulle lune di Giove, come Europa, sulla quale, sotto la superficie interamente coperta di ghiaccio, vi è acqua liquida, pari a un volume che è di due volte quello di tutti gli oceani della Terra. Se trovassimo almeno della vita batterica in quegli oceani, sarebbe molto naturale fare un'estrapolazione e presupporre che la vita è presente anche su altre lune coperte di ghiaccio in altri

sistemi planetari; alcuni dei parametri dell'equazione diventerebbero improvvisamente meno sconosciuti.

Anche supponendo che non si svilupperà nessuna super intelligenza e che non sarà possibile viaggiare più velocemente della luce, se trovassimo un modo per costruire navicelle spaziali per visitare altri sistemi solari e là ne costruissimo di nuove, per allargare le esplorazioni e le colonizzazioni interstellulari, in un paio di milioni di anni potremmo conquistare l'intera Via Lattea. Non sarebbe nulla in termini di scale temporali astronomiche, e molto poco anche in termini di evoluzione biologica. A quel punto, con i livelli di ingegneria a disposizione, potremmo veramente trasformare la galassia.

Il nostro vicino di casa galattico più prossimo, la galassia Andromeda, dista due milioni di anni luce. Un'ipotetica astronomo di Andromeda che puntasse il telescopio verso la Via Lattea rimarrebbe meravigliata: "Guarda là. Cosa è successo? Quella galassia si sta sviluppando!"

Quando puntiamo i nostri telescopi e guardiamo i milioni di galassie che possiamo studiare nell'universo, non sembra che stia succedendo qualcosa che possa richiamare ciò che potremmo fare se dovessimo colonizzare lo spazio interstellare. Dove sono tutti?

## Dov'è il Grande Filtro?

Vi sono stati blocchi catastrofici nell'evoluzione delle specie, estinzioni di massa che abbiamo scoperto nella storia della vita sulla Terra. Ci sono stati almeno cinque eventi come questo, nel peggiore dei quali è sparito fino al 90% delle specie. A causa di profondi cambiamenti nella chimica dell'atmosfera, di impatti di asteroidi, di cambiamenti climatici globali rapidi e radicali, in modo totalmente indifferente agli sforzi della vita per raggiungere i livelli di complessità e adattamento alle nicchie ecologiche, questi eventi hanno modellato l'evoluzione a livello globale. È possibile che ve ne possa essere stato uno che ha spazzato via tutto dal pianeta, rendendolo completamente sterile.

In realtà, ce n'è stato uno del genere all'origine del sistema solare, quando un pianeta della grandezza di Marte entrò in collisione con la Terra, praticamente fondendosi con essa per via della potenza dell'impatto. Come risultato di quella catastrofe, nacque la Luna, e la Terra fu completamente rimodellata. In quel periodo, probabilmente non esisteva ancora la vita sul pianeta, ma se un simile evento fosse accaduto più tardi nessuna forma di vita sarebbe potuta sopravvivere.

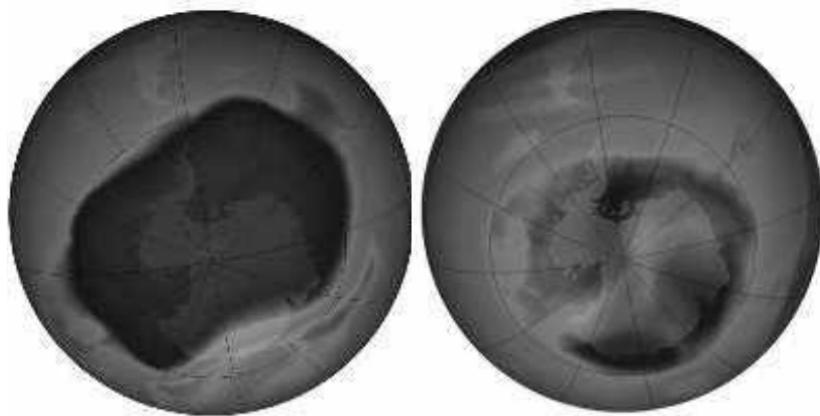
Nella storia dell'evoluzione della specie umana, vi sono stati anche eventi eccezionali che sottolineano quanto sia delicato e improbabile il cammino che ha portato fino a noi (ovviamente, siamo affetti da effetto di selezione: esistono infiniti altri percorsi che sono improbabili come o più del nostro, e che semplicemente non teniamo in considerazione). Nella nostra composizione genetica, vi è un elemento, il DNA mitocondriale, che è ereditato esclusivamente attraverso la linea materna. Studiando la sua variazione nelle popolazioni, è possibile stabilire che circa centomila anni fa, nella savana africana, vi era un gruppo di omnididi, i nostri diretti predecessori, che comprendeva una femmina. Discendiamo tutti da questo piccolo gruppo di individui, fra i quali c'era anche la nostra mitica Eva mitocondriale.

Questi sono filtri contro lo sviluppo di una civiltà tecnologica e di una civiltà spaziale. Per definizione, trovandosi questi nel nostro passato, siamo stati in grado di superarli, o siamo stati molto fortunati per averlo fatto.

Esistono molti modi, di cui siamo consapevoli, in cui possiamo distruggere noi stessi. La guerra termonucleare sarebbe uno dei più efficaci. La degradazione dell'ambiente, con la distruzione dei sistemi di sostentamento ecologici, è già una realtà intorno a noi, come lo sono la desertificazione, l'acidificazione degli oceani e l'inquinamento dell'aria e dell'acqua.

Vi sono stati alcuni notevoli esempi di collaborazione internazionale. Quando Paul Krutzen ha scoperto il buco nello strato di ozono dell'atmosfera, attraverso il quale le parti più dannose della radiazione solare erano in grado di raggiungere la superficie terrestre, ci siamo resi conto

della possibilità che, se la cosa fosse continuata, avrebbe distrutto il DNA presente nelle cellule di ogni organismo vivente. È stato possibile stabilire che la distruzione dello strato di ozono e la formazione del buco erano dovute al largo uso di clorofluorocarburi, i CFC, nei processi industriali, nei frigoriferi e come propellenti nei deodoranti spray. È stato quindi raggiunto un accordo a livello mondiale per vietare queste sostanze chimiche e trovare dei sostituti nei loro vari usi. Si è trattato di un trionfo della scienza e della collaborazione internazionale. Ed è stato anche efficace: il buco dell'ozono ha smesso di espandersi, ha iniziato a restringersi e, di fatto, ora si sta chiudendo. Abbiamo salvato l'umanità, la vita e il pianeta!



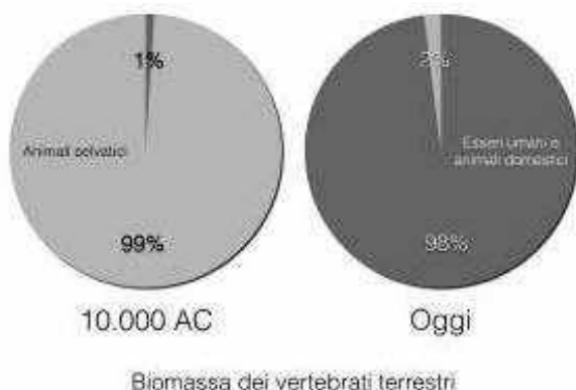
**Figura 7.1** – Dati della NASA sull'ozono nell'emisfero australe. A sinistra la massima estensione osservata del buco nel 2006, a destra nel 2015 (fonte: NASA: [http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/Scripts/big\\_image.php?date=2006-09-24&hem=S](http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/Scripts/big_image.php?date=2006-09-24&hem=S)).

Per definizione, siamo intelligenti come o poco più di quando c'è stata l'ultima difficoltà che non ci ha uccisi. In effetti, non abbiamo fatto altro che condurre inavvertitamente, a occhi chiusi, un esperimento di ingegneria planetaria. Abbiamo cominciato a cambiare in modo fondamentale la composizione chimica dell'atmosfera. Ci è andata bene, ma sarebbe meglio non correre questi rischi. In base alle sue osserva-

zioni, Krutzen ha deciso di dare un nome specifico all'epoca geologica in cui ci troviamo: *Antropocene*, ossia l'epoca caratterizzata dalla presenza dell'uomo sulla terra.

Vi sono sfide, in futuro, che possiamo già vedere e per le quali possiamo prepararci. Monitorare gli asteroidi vicini alla Terra e studiare modi per modificarne l'orbita, onde evitare impatti fatali, è una di queste. Vietare ed eliminare gli armamenti nucleari è un'altra. Trovare modi sostenibili per potenziare la nostra civiltà industriale ed estendere i suoi benefici a miliardi di persone è sicuramente una necessità a cui non possiamo sottrarci.

Poi ci sono le cose che non sappiamo di non sapere, per le quali non siamo preparati. Alcuni credono che una civiltà tecnologica longeva sia un ossimoro e che la sua fiamma sia così intensa che si consumerà rapidamente. Credono inoltre che le intelligenze artificiali forti possono agire da catalizzatori in questo processo distruttivo.



**Figura 7.2 – Un cambiamento radicale in un battito di ciglio, l'Antropocene (dati di Paul Crutzen, elaborazione di Daniel Dennett).**



## **Capitolo 8**

# **COEVOLUZIONE UOMO-MACCHINA**

L'umanità si è sempre evoluta con la tecnologia. Una volta, questo processo era abbastanza lento da far sì che l'evoluzione biologica ne tenesse conto, portandoci alle nostre mandibole strette e a una dentatura debole, alla pancia piatta e a un apparato digestivo ridotto. Negli ultimi diecimila anni, l'accelerazione esponenziale del cambiamento tecnologico ha causato profonde trasformazioni nel nostro modo di vivere. L'evoluzione biologica non riesce sicuramente a stare al passo.

## **Simbiosi individuale**

I nostri comportamenti individuali sono costantemente rimodellati dall'arrivo di nuove tecnologie. Seneca temeva che l'abitudine di leggere in silenzio, senza enunciare le frasi ad alta voce, avrebbe influenzato l'arte della retorica. Quando apparvero i libri stampati, si temeva che la gente smettesse di parlarsi. Al giorno d'oggi, è di moda dispiacersi per il continuo uso di cellulari e messaggi.

Siamo nati in un mondo che è, per noi, una scatola nera e che, rispetto agli altri animali, è straordinariamente sottosviluppato dal punto di vista fisico, comportamentale e cognitivo. Questo ci co-

stringe a essere dipendenti dai nostri genitori, i quali badano al nostro sviluppo fisico e mentale, e ci pone in una relazione di profonda fiducia con loro e con il resto della grande famiglia umana. Quale che sia il mondo che troviamo intorno a noi, quali che siano le verità che ci vengono mostrate o raccontate, diamo tutto per scontato. Sarebbe stato molto difficile, per un bambino del Medioevo, contestare le verità aristoteliche sul mondo e l'ordine sociale delle classi feudali. Il lato positivo di questo è che qualsiasi gadget sorprendentemente miracoloso venga sviluppato dalla generazione dei genitori, sia esso un mezzo di trasporto a motore (automobile), o un mezzo di comunicazione a distanza (telefono) o la realtà virtuale immersiva, per il bambino nato nel momento in cui viene sviluppato esso sarà naturale quanto un albero, un fiore o un cane. Crescere interagendo con questi nuovi componenti del mondo non sarà più nuovo o più strano che crescere con qualsiasi altro componente del mondo.

La presenza diffusa delle connessioni internet wireless ad alta velocità, almeno nei paesi a più alto reddito, sta definendo nuovi comportamenti. Essere in grado di controllare ogni possibile dato, verificare un'informazione o connettere al volo diverse fonti diventa quasi una reazione pavloviana.



**Figura 8.1** – L'arrivo dei cyborg: Nigel Ackland apre la porta (fotografia di Nigel Ackland).

Mentre scrivo tutto ciò su una spiaggia di Cayo Levisa a Cuba (sì, lo so, incredibile!), sto imparando nuovamente cosa significa essere disconnesso, dopo essere stato costantemente online per trent'anni. La somma dei servizi disponibili in tempo reale sul mio smartphone è ciò che definisco la mia esocorteccia. Sono orgogliosamente dipendente da essa, con una dipendenza completamente diversa da quella di un tossicodipendente, distruttiva e infruttuosa, e invece molto più simile a quella dalla mia flora batterica, che aiuta la digestione. Il testo, in fase di stesura, è costellato di indicazioni “XXX”, che uso per segnalare parti che necessitano di un controllo fattuale e che so che andranno riviste, dal momento che in questo istante non ho accesso a motori di ricerca, oppure a materiale di riferimento, come libri o nomi che dovranno essere citati (anche se spero che, mentre leggete, l'unica indicazione di questo tipo rimasta nel libro sarà quella qui sopra tra virgolette).

La mia adattabilità mi permette di sperimentare felicemente la condizione di essere disconnesso per questo periodo di tempo limitato, ma non la sceglierrei mai come esperienza quotidiana, se vi fosse un'alternativa. Sono anche miope e, sebbene riesca a non inciampare se cammino senza occhiali, non sceglierrei di non portarli, non andrei al cinema senza i miei occhiali.

Sperimentare con la tecnologia è oggi possibile grazie alla dimensione personale che essa acquisisce. È fantastico che ci siano i personal computer, gli smartphone, i componenti sempre più ricchi del movimento dei maker, che mettono nelle mani degli individui la creazione di energia attraverso i pannelli solari, gli strumenti finanziari in criptovaluta, la produzione di oggetti con stampanti 3D e così via.

Alcuni mesi fa mi è stato fatto un impianto che mi ha reso un vero cyborg. Un chip NFC alloggiato sotto pelle, protetto dalle sollecitazioni dai tessuti circostanti. Senza aver bisogno di batteria, perché riceve l'energia di cui necessita direttamente dalle onde radio delle comunicazioni, si tratta di un vero e proprio computer, in grado di memorizzare informazioni e di elaborarle appropriatamente. Anche se al momento limitato nelle sue capacità, è possibile prevederne una rapida evoluzio-

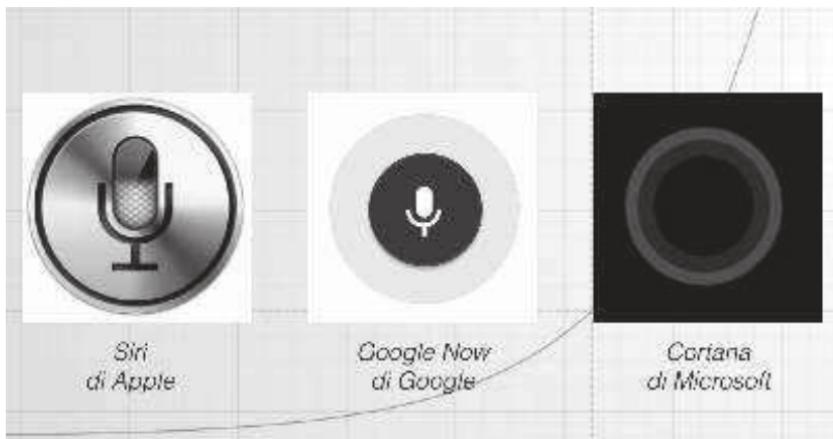
ne. Al momento ci tengo le chiavi private del mio borsellino Bitcoin, che quindi non risiedono online né nel mio computer e che non possono pertanto essere compromesse. Ho visitato di recente un centro tecnologico a Stoccolma dove l'intero edificio è predisposto per poter essere utilizzato con questo tipo di impianto, dalle porte di ingresso al conteggio del lavoro delle fotocopiatrici. Sicuramente il mio impianto è un ottimo rompighiaccio delle conversazioni, poiché consente ai miei interlocutori di toccare con mano, rapidamente e letteralmente, i segnali di un futuro che li può sorprendere.

Quale sarà il limite a questa adattabilità individuale? Mentre i cambiamenti continuano ad accumularsi, alcuni di essi necessariamente svaniscono. Quando la tecnologia della comunicazione si evolveva più lentamente, tra telex, telefax e email trascorrevano decenni, durante i quali si valutavano e adottavano queste tecnologie. Se siete appassionati di social network, sarete stati su Friendster e MySpace prima che su Facebook. Ma se vi siete resi conto del loro fascino e dei loro benefici, può essere che abbiate iniziato solo con Facebook, il che non è assolutamente un problema. Certo è che i cambiamenti continuano ad accelerare e in questi giorni le piattaforme di messaggistica si stanno evolvendo così velocemente che è difficile stare al passo: di sicuro Skype, forse WhatsApp, ma WeChat o Snapchat, o Telegram?

La garanzia della coevoluzione è che essa impone non solo a noi di adattarci alla tecnologia, ma anche alla tecnologia di adattarsi a noi diventando sempre più semplice da utilizzare. Questa facilità d'uso riduce le barriere di adozione, offrendo la possibilità di spostarsi velocemente da una piattaforma a un'altra in modo agile.

Un buon esempio dell'evoluzione della facilità d'uso delle tecnologie è il riconoscimento vocale. Il primo sistema interattivo di riconoscimento vocale di Dragon Systems necessitava di un componente hardware aggiuntivo specializzato per personal computer e ore e ore di addestramento per permettergli di riconoscere qualche parola. La versione successiva, di qualche anno dopo, chiamata Dragon Dicta-

te, eliminò la scheda di espansione, "ma" "chiedeva" "ancora" "di" "pronunciare" "ogni" "parola" "separatamente". Era molto scomodo, ma fu un aiuto rivoluzionario per i tetraplegici, che poterono usare i computer per la prima volta. La generazione successiva, chiamata Dragon NaturallySpeaking, consentiva un discorso continuo e all'inizio occorrevano circa quaranta minuti di addestramento per ottenere buoni risultati. Sempre sotto lo stesso nome, anno dopo anno venivano prodotte nuove versioni sempre migliori, che non necessitavano più di addestramento e che erano in grado di riconoscere le parole immediatamente e con elevata precisione. Oggi, versioni cloud del sistema Dragon autorizzate da Nuance, il suo attuale proprietario, potenziano le capacità di riconoscimento vocale di Siri di Apple sia su Macintosh che su iPhone. Il programma è diventato sempre più facile da usare, la sua attrattiva si è notevolmente estesa da chi ha delle disabilità, ai professionisti che producono grandi quantità di testi, come i giornalisti o i traduttori, a chiunque semplicemente preferisce usare il telefono con la voce invece che premendo sullo schermo.



**Figura 8.2 – Gli assistenti digitali catturano la nostra attenzione (elaborazione dell'autore).**

## Simbiosi sociale

Essere in grado di fare affidamento su sistemi intelligenti che comprendono gli eventuali problemi e sanno come risolverli è molto diverso rispetto al passato. L'evoluzione, quello che definiamo come lo "stato della natura", non solo è cieca, ma anche priva di qualsiasi scrupolo. Anche se produce soluzioni fantastiche e incredibili, non solo impiega molto tempo per farlo, ma lo fa anche uccidendo letteralmente miliardi di individui. E non c'è modo di protestare, nessuno con cui lamentarsi!

Quando abbiamo creato le società, prima nei gruppi tribali, poi nelle città e nelle nazioni, e ora nelle entità sovranazionali, la loro ragione di esistere era sostenere i propri membri e massimizzare i benefici e le opportunità che questi avevano di raggiungere i propri obiettivi. Le strutture della società si sono evolute fino a diventare più ricche e sempre più complesse, in grado di soddisfare una gamma di bisogni e comportamenti sempre più ampia.

Abbiamo centinaia di migliaia di regole esplicite e implicite su come vivere in modo costruttivo in una società e una componente importante di molte delle cose che facciamo è capire, gestire, rispettare e applicare queste regole, analizzarne le conseguenze e aggiornarle per affrontare nuove condizioni. L'istruzione, il commercio, la sicurezza, la legge, persino l'intrattenimento e la letteratura si basano soprattutto su questo.

Ora stiamo iniziando ad avere sistemi sempre più intelligenti che, invece di sostenere ciecamente un determinato insieme di regole, comprendono quali sono i vincoli entro i quali possono operare in modo utile. Mentre questi sistemi vengono ampiamente diffusi e adottati e si propagano sempre di più nella nostra vita quotidiana, noi iniziamo a darli per scontati. Questi sistemi non lavoreranno da soli, ma comunicheranno tra loro e con noi, tenendo in considerazione il nostro feedback. Singoli oggetti intelligenti formano un network e i network si possono connettere fra loro. Un network di network di oggetti intelligenti che comunicano fra loro prende il nome di *Internet delle cose*.

## Internet delle cose

In base all'aumento esponenziale della potenza e alla riduzione del prezzo di strumenti di calcolo e comunicazione, grazie alla legge di Moore, sta diventando sempre più facile incorporare queste funzioni in oggetti quotidiani che diventano digitali. A quel punto il loro valore inizia a dipendere non solo dal loro scopo originario, ma anche dalla somma dei parametri che possono essere comunicati, aggregati, compresi e seguiti dal network che li connette.

Un ponte non dovrebbe mai crollare per mancanza di supervisione e verifica. Come ogni altra piccola o grande infrastruttura, dovrebbe essere in grado di monitorare il proprio stato di salute e di avvertire i team appropriati quando è necessario il loro intervento e prima che sia troppo tardi.

Un'automobile non dovrebbe lasciare che un umano ubriaco la guida bruciando un semaforo dietro l'altro. Con lo sviluppo delle automobili autonome, questo sta già diventando realtà. Indipendentemente dalle grette obiezioni relative all'assicurazione e dagli inevitabili errori e decisioni sbagliate delle auto-robot, vale la pena di implementare questo specifico sistema intelligente per evitare milioni di incidenti mortali, che non si verificheranno più a causa di un evitabile errore umano.

Le automobili autonome saranno sempre in moto, invece di rimanere inattive per il 90% del tempo, come fanno le loro equivalenti poco intelligenti. La corrispondente riduzione del 90% del numero di automobili in circolazione, l'eliminazione di oltre il 30% delle aree di parcheggio, la possibilità di ottimizzare il tipo di trasporto in base al bisogno e alla domanda, l'eliminazione di ogni tipo di ansia da autonomia relativa ai veicoli elettrici, il grado di libertà acquisito a tutte le persone prive di patente o dai disabili sono solo alcune delle sbalorditive conseguenze che trasformeranno i nostri paesaggi urbani, le nostre abitudini quotidiane, la nostra vita lavorativa, sociale e individuale.

Ci vorranno decenni per realizzare l'Internet delle cose; nel frattempo si stanno connettendo le prime ondate di reti di oggetti, a par-

tire da quelle più naturalmente disposte per questo aggiornamento fondamentale: case, automobili e dispositivi personali. Tutto ciò che può essere collegato sta per essere dotato di moduli di calcolo e di comunicazione. Il successo di queste iniziative, in termini di adozione dei clienti, pervasività e sostenibilità economica, dipenderà dal grado di interoperabilità e di apertura offerti dai vari campi in lotta per la supremazia. La probabilità che, sulla base di lezioni dalle precedenti ondate di adozione di nuove tecnologie, gli operatori consolidati mantengano le proprie posizioni è bassa, e i nuovi arrivati hanno una buona possibilità di diventare leader dei nuovi campi di sviluppo.

In termini di adattamento, per gli oggetti di uso quotidiano il fatto di iniziare a essere interconnessi è una naturale evoluzione. Siamo sempre più abituati a configurare, monitorare, gestire, e in generale fare uso del nostro ambiente attraverso le interfacce unificate delle applicazioni sui nostri telefoni cellulari. Sta quasi diventando un riflesso chiedere “C’è un’app per questo?” quando si guarda un nuovo termostato, televisore, set top box o qualsiasi altro elettrodomestico che stiamo per comprare. Naturalmente, la risposta non è ancora sempre “sì”.

I nostri oggetti sono stati divisi in due gruppi: uno composto da quelli che non sono collegati, sia perché è difficile mettere insieme tra loro queste funzioni sia perché chi li produce rifiuta di fare questo passaggio; il secondo gruppo, chiamato “spime” da Bruce Sterling, uno dei pensatori originali di Internet delle cose, è invece costituito dagli oggetti che sanno quando e dove si trovano, possiedono una memoria, possono comunicare e, attraverso calcoli semplici o più complessi, possono ragionare sul proprio stato interno e prendere decisioni per raggiungere determinati obiettivi prefissati.

Se l’ambiente in cui questi due gruppi convivono dà una preferenza evolutiva al gruppo di oggetti interconnessi, basandosi, per esempio, sul nostro desiderio di poterli controllare facilmente mediante delle applicazioni, anche un leggero vantaggio prende velocità e diventa una

valanga inarrestabile. Gli oggetti interconnessi escluderanno dalla folla quelli che non lo sono, e ben presto ci troveremo nello scenario di Star Trek, dove ci si sorprenderà se un frigorifero, un'auto o una poltrona non reagiscono alle nostre comunicazioni.

Stanno ormai arrivando i primi gruppi di oggetti da collegare in onde di reti sull'Internet delle cose, ed è facile capire perché sono proprio questi: case, automobili, vestiti.

Trascorriamo in casa la maggior parte del tempo, e con la progressiva adozione del telelavoro e di squadre che lavorano a distanza questo tempo è destinato ad aumentare. Alcuni degli oggetti presenti nelle nostre case, come notebook, televisori, smartphone, sono collegati alla rete ed è pertanto possibile sperimentare il vantaggio della loro interconnessione, lasciandosi prendere dal desiderio di estendere gli stessi vantaggi anche ad altri oggetti domestici.

Il costo di sostituzione di grossi elettrodomestici, come frigoriferi, lavastoviglie, lavatrici e così via, è relativamente elevato, e fino a quando non avremo anche domestici robot in grado di svolgere questi compiti, la semplice necessità di riempirli e svuotarli li renderà componenti parzialmente manuali della nostra vita. (Per inciso, Amazon, dopo aver automatizzato il trasporto dei carrelli elevatori che si aggirano su piattaforme robotiche nei loro magazzini, ora sta sponsorizzando un concorso per creare un sistema di mano robotica dotata di un apparato visivo che potrebbe riempire i carrelli con gli oggetti presenti sugli scaffali. Questo tipo di soluzione potrebbe arrivare fino nelle nostre case per chiudere l'anello dell'automazione di elettrodomestici.)

In negozio si trovano già interi scaffali riempiti di oggetti Internet delle cose per la casa: bilance, monitor ambientali, aspirapolveri robotizzati, termometri per grigliare la carne, collari per cani e altro ancora.

La *home automation* diventerà una pratica mediante la quale potremo scambiare nuovi modi per mettere in cascata gli output dei diversi oggetti, ed è facile che questo sarà probabilmente il loro uso più creativo e molto diverso rispetto agli scopi originari previsti dai produttori.

L'icona più riconoscibile di fallimento funzionale è l'orologio lampo sui registratori di videocassette risalenti a un paio di decenni fa. Era fastidioso resettare l'orologio, perché era privo di batteria tamponcina e si riavvia ogni volta che il dispositivo veniva lasciato spento per troppo tempo, e con un effetto a catena questo ha eliminato la maggior parte della programmabilità del VCR. I consumatori conoscono il valore del proprio tempo e quello della comodità, e non si accontentano di soluzioni inferiori, difficili da usare o scomode.

Dopo la casa, il secondo investimento più grande per una famiglia tipo è l'auto. Con una pressione simultanea dalla digitalizzazione delle comunicazioni tra i sottosistemi delle auto da parte dei produttori, e la sempre più ricca sovrastruttura di funzioni di navigazione e di intrattenimento offerte da terze parti che vengono installate nelle automobili, non c'è nulla che impedisca di poter trarre il massimo vantaggio da queste ricche opzioni, fino a sviluppare un livello del tutto nuovo di funzioni sofisticate.

Anche se sono relativamente più recenti, e con modelli di interazione con l'utente ancora in fase di sviluppo, è comprensibile che non ci possano essere dispositivi elettronici indossabili che vogliono sopravvivere alla concorrenza spietata per attirare la nostra attenzione. Un indumento è un nodo naturale nell'Internet delle cose, un partecipante privilegiato con la grande responsabilità di diventare il miglior canale per avvertire l'uomo. Decidere, nel continuo aumento nelle comunicazioni da macchina a macchina, quando è il momento giusto per offrire un dato, una deduzione o una decisione presa dalla rete per attirare l'attenzione di una persona sarà la questione più delicata per un indumento. Troppo poco, e si rischia di perdere qualcosa che conta per noi, troppo e l'equilibrio di utilità diventa un fastidio, o una nuova serie di avvisi da archiviare o rinviare.

Monitorare la nostra posizione è stato il punto di partenza. Possiamo, se vogliamo, fare il check-in da qualche parte, se per esempio stiamo partecipando a un evento, ci troviamo in un edificio, oppure a casa; ma la diffusione automatica dei nostri dati di posizione non è ancora

stata realizzata, innanzitutto perché non è particolarmente utile, ma soprattutto perché sicuramente non vogliamo che chiunque possa sapere in ogni istante dove siamo. Oggi si usano abitualmente applicazioni basate sulla posizione e i telefoni cellulari con le relative applicazioni di mappatura leggono e utilizzano la nostra posizione per garantirci un grande beneficio nella pianificazione dei percorsi, avvisandoci quando è il momento di partire per una riunione o cose del genere.

La prossima frontiera è l'informazione sanitaria. Oggi viviamo ancora in un mondo in cui tutti ritengono che le informazioni sulla salute, come quelle riguardanti la nostra attuale posizione, debbano essere attentamente sorvegliate e rese disponibili solo a un medico di fiducia. Il monitoraggio costante dei nostri parametri di salute, dei battiti cardiaci, della temperatura, del peso, delle misure, del movimento, della velocità e, indirettamente, dello sforzo compiuto e delle calorie bruciate, verrà fra breve tradotto in informazioni aggregate che ci porteranno notevoli vantaggi. Strumenti, applicazioni e piattaforme di terze parti trasformeranno questi dati in comportamenti oggi inimmaginabili; domani saremo ormai abituati a condividere e sfruttare le informazioni sanitarie come già stiamo facendo per quelle riguardanti la nostra posizione.

Tutti questi dispositivi devono essere aggiornati; più il processo è trasparente, minori sono i tempi di cui abbiamo effettivamente bisogno per confermare un'operazione o per verificare che tutto funzioni come si deve, tanto più la nostra "life-over-the-air" manterrà davvero le sue promesse.

All'inizio del XX secolo, con la nascita dell'industria automobilistica, o alla fine degli anni Settanta del secolo scorso, quando i personal computer sono cominciati a emergere, la sperimentazione selvaggia ha permesso molti approcci diversi per l'interazione con gli utenti. Con il consolidamento del settore e lo sviluppo di aspettative ben definite da parte degli utenti, oggi non c'è praticamente nessuna macchina o computer di uso comune che non possa essere utilizzata da chiunque provvisto di una patente di guida o di un minimo di

esperienza nel campo dell'informatica, che si tratti di sedersi all'interno o di fronte. Allo stesso modo, l'infrastruttura che circonda questi componenti, dalle stazioni di rifornimento ai cavi elettrici, si è standardizzata, facendo in modo che tutto l'ecosistema riesca a supportarlo, massimizzando l'utilità di questi componenti essenziali del nostro mondo moderno.

L'Internet delle cose svilupperà tutte le sue potenzialità se emergeranno standard che supportino l'interoperabilità. Inoltre, queste norme dovranno essere aperte e non avere requisiti eccessivi, con zero barriere all'ingresso per parteciparvi. Sia dal punto di vista della produzione sia dal punto di vista degli integratori di sistema e degli utenti, l'Internet delle cose dovrà "semplicemente funzionare", altrimenti si rischia di rimanere paralizzati dalle incompatibilità inutili, da comportamenti imprevisti e da complessità ingestibili.

Questo è particolarmente importante nel caso delle automobili interconnesse. Le questioni di sicurezza di hardware, software, rete, integrazione delle automobili connesse sono letteralmente vitali. L'approccio troppo spesso visto come unico possibile e necessario per la sicurezza attraverso la segretezza non sarà sufficiente per sviluppare sistemi affidabili negli ambienti complessi in cui le automobili si muovono quotidianamente. Approcci open source hanno generato gli attuali giganti di Internet che ogni giorno utilizziamo per la ricerca, il social networking e le comunicazioni. Queste realtà non sarebbero emerse senza l'open source, che consente loro di sfruttare una saggezza globale di sviluppo e di evoluzione del software. Allo stesso modo, per sviluppare, eseguire il debug, mettere in sicurezza e implementare tutte le componenti che costituiranno il nuovo ecosistema delle auto collegate, occorrerà utilizzare sistemi open source; inoltre, il desiderio che Università, ricercatori e consumatori hanno di partecipare al processo di scoperta di tutte le possibilità di utilizzo e delle inattese conseguenze dei comportamenti di questi sistemi, non solo dovrà essere consentito, ma dovrà essere abbracciato attivamente.

## Aumento dell'intelligenza

L'impatto di sistemi di calcolo sempre più intelligenti, anche senza che siano conclamate intelligenza artificiale e intelligenza artificiale forte, ha già trasformato il modo in cui lavoriamo e viviamo e ci ha resi più intelligenti. Possiamo raccogliere informazioni più velocemente, elaborare opinioni e verificarle confrontandole con i dati e le opinioni di altri. Possiamo cercare persone con interessi simili ai nostri e collaborare con loro, indipendentemente dalla loro vicinanza geografica.

Il castello di Issogne, situato nel nord Italia, in Valle D'Aosta, ha le pareti piene di graffiti e di scritte, che non sono state lasciate da vandali moderni. Centinaia di anni fa, il padrone del castello chiedeva ai propri visitatori di firmare sulle pareti come fossero un libro degli ospiti, per mettere in mostra quanto fossero acculturati: sapevano leggere e scrivere.

Se alcune centinaia di anni fa questa era una cosa eccezionale, e ancora oggi vi sono troppe persone nel mondo che non sanno leggere o scrivere, con il tempo siamo sicuramente migliorati e, con l'aiuto degli smartphone, possiamo migliorare ulteriormente. Oggi è possibile fare affidamento su sistemi educativi efficaci, in cui il lavoro di insegnanti umani è integrato con materiali, esercizi, stimolazioni e verifiche in qualsiasi lingua del mondo; il tutto dipende solo dalla nostra volontà di progettare, implementare e distribuire ampiamente questi sistemi. Non appena ciò sarà disponibile, noi saremo in grado di farci avanti e affrontare la sfida per assicurarci che tutti possano acquisire l'equivalente dell'odierna capacità di leggere e scrivere, una necessità universale per poter programmare i computer.

### ■ Neuroplasticità di tutti i giorni

Il cervello umano è sorprendentemente adattabile ed è in grado di cogliere rapidamente le nuove condizioni a cui è esposto. Semplici esperimenti sensoriali nella vista, nel mo-

vimento e nell'udito consentono di rivelare le conseguenze inaspettate della neuroplasticità. I cambiamenti che induciamo potrebbero forse fornire indizi per una migliore memoria, un apprendimento più veloce e gradi più alti di intelligenza?

I seguenti esperimenti sono facili e divertenti. Essi dovrebbero anche essere completamente innocui, e i loro effetti transitori. Però io non sono un medico, e si dovrebbe usare cautela e buon senso quando si fa dell'*hacking*, ancora di più quando è in gioco il cervello. Fammi sapere come sono andati i tuoi esperimenti, e se ne trovi di nuovi per manipolare la percezione degli altri canali sensoriali, mi piacerebbe conoscerli. Dopo una breve introduzione e contesto, darò le semplici istruzioni per ciascuno dei tre esperimenti. Di seguito troverai la descrizione degli effetti. Si consiglia di eseguire l'esperimento senza leggere l'effetto, in modo da poter pensare in modo imparziale, e tornare alla sezione successivamente.

### **Esperimento 1. Visione**

I frattali erano di gran moda negli anni Ottanta, quando i personal computer sono diventati abbastanza potenti per iniziare a esplorare la loro esotica bellezza matematica. Per alcuni il loro fascino è scomparso, ma io li ho sempre trovati attraenti e mi tolgo sempre il fiato, con la profondità dell'esplorazione dell'universo dei numeri che hanno permesso. Il rappresentante principale degli oggetti frattali è l'insieme di Mandelbrot, e qualche anno fa ho trovato un ottimo video che mostra uno zoom lungo dieci minuti: "Trip to  $e^{2i\pi}$ " di *teamfresh*.

<https://www.youtube.com/watch?v=iVtzCwLc2o>

**Istruzioni:** guarda il video di dieci minuti a schermo intero, tenendo d'occhio il centro dell'effetto zoom il più possibile. Per evitare il buffering, lascia che la risoluzione sia impostata dal player. (Se vuoi vederlo in piena risoluzione si può acquistare la versione scaricabile in HD, come ho fatto io.) Dopo la fine del video, guarda la tua stanza, trova rapidamente una superficie di linee convergenti, l'angolo, un serramento. Che cosa vedi?

**Effetto:** le linee statiche convergenti sembrano far “zooming out”, in un movimento che è opposto all’ingrandimento che si osserva nel video.

### **Esperimento 2. Udito**

Mi piace ascoltare i podcast, ma sono abbastanza impaziente e spesso voglio finirli in fretta. Sono anche attento, e succede che lo riavvolgo rapidamente di 30 secondi o giù di lì con un tocco o due, e ascolto il riferimento a un libro, un sito web, da visitare in seguito. Il modo migliore che ho trovato per continuare ad ascoltare tenendomi impegnato con l’attenzione è quello di impostare la velocità al doppio del normale, che è disponibile nella piattaforma che uso, e dovrebbe essere disponibile nella maggior parte dei migliori client podcast. Naturalmente, il tono della voce che parla non cambia, mentre la velocità con cui viene riprodotta sì. Per esempio il podcast di Sam Harris che mi piace seguire:

<http://www.samharris.org/podcast>

**Istruzioni:** scegli un client per podcast che permette velocità di riproduzione 2x (ad esempio l’applicazione Podcast su iOS), impostalo, e ascolta 10 minuti di podcast a tua scelta, equivalenti a 20 minuti alla velocità originale. Non preoccuparti se ti scappa qualche parola, e non fermare la riproduzione per riavvolgere. Dopo che il tempo è scaduto, vai

immediatamente da un'amica e parla con lei circa l'esperimento, e chiedile cosa ne pensa.

**Effetto:** le persone che ti parlano sembreranno parlare molto lentamente.

### Esperimento 3: Movimento

Alla Singularity University, una delle cose più interessanti è la possibilità di giocare con un sacco di aggeggi che si trovano nei vari laboratori. Visori Oculus, droni, stampanti 3D, e così via. Alcuni anni fa ci sono stati dei tavoli con tapis roulant a disposizione e ho messo il mio notebook su uno di questi, lavorando su e-mail, leggendo i miei feed, probabilmente per un'ora. Da allora, mia moglie Diana mi ha costruito una scrivania in piedi anche a casa, e mi piace usarla un sacco invece di sedermi su una sedia o sul divano. Al momento non c'è nessun tapis roulant sotto la scrivania.

**Istruzioni:** utilizzare una scrivania con tapis roulant per circa un'ora. Se non ne trovi uno, vai alla tua palestra, e imposta il tapis roulant a passo d'uomo, metti il telefono sul manubrio, e leggi qualcosa che sia abbastanza grande da vederlo. (Non utilizzare il notebook, cadrà. Non correre, non avrà lo stesso effetto. Non ascoltare la musica invece di leggere, non avrà lo stesso effetto.) Dopo che il tempo è scaduto, scendi dal tapis roulant, e cammina verso un oggetto 4-5 metri (10-15 piedi) di distanza, osservandolo.

**Effetto:** sembra che l'oggetto corra verso di te al doppio della velocità dei tuoi passi.

Ciascuno di questi semplici esperimenti cambia temporaneamente un canale sensoriale, rivelando l'adattabilità del nostro cervello e la sua capacità di ripristinarsi a una nuova norma.

## Parlare con i computer

Quando sono nati, i computer non erano neppure programmabili, ma avevano un loro unico scopo ed erano in grado di eseguire solo un singolo compito. Programmare i computer all'inizio significava collegarli, lentamente e faticosamente, perché svolgessero un determinato calcolo o, dopo che fu passato un po' di tempo, alimentarli con criptiche schede perforate e aspettare per ore o giorni di ottenere i risultati, mentre una sorta di "clero" dedicato gestiva il "cervello elettronico". I terminali interattivi prima e i personal computer dopo hanno messo la programmazione a disposizione di molte più persone.

Lo sviluppo di linguaggi di programmazione di alto livello ha fatto sì che si potessero formulare i problemi in modo che i computer potessero comprenderli e che altre persone che leggevano il programma potessero migliorarli, invece di ricominciare praticamente da zero. Oggi siamo sicuramente al punto in cui chiunque può imparare uno o più linguaggi di programmazione, e sempre più persone lo fanno. Quando dite al forno a microonde o alla lavastoviglie cosa fare, li state programmando. Succede la stessa cosa quando impostate un promemoria nella vostra agenda, dettandolo al telefono. Questi sono compiti elementari e magari la prossima fase sarà quella in cui strutture decisionali o iterative e algoritmi ricorsivi faranno parte degli ordini istintivi che daremo agli elettrodomestici connessi.

La complessità del nostro mondo sta aumentando e può essere gestita attraverso interfacce intuitive e naturali o attraverso la progressiva astrazione di istruzioni esplicite e dettagliate per scopi più significativi e per l'attiva soddisfazione dei bisogni.

Quando l'Internet delle cose moltiplicherà di molti ordini di grandezza il numero degli oggetti intelligenti intorno a noi, non potremo soccombere all'ansia che proviamo oggi, instillata dentro di noi dallo smartphone stesso, quando ci indica che la batteria sta per finire. Da un lato, gli oggetti intelligenti dovranno cavarsela da soli, come fanno oggi i robot aspirapolvere, ricordandosi dove si trova la presa elettrica

e dove andare a ricaricarsi quando necessario; dall'altro lato, il grado di comprensione e anticipazione dei nostri bisogni e dei nostri stati mentali ed emotivi aumenterà notevolmente nella prossima fase di ciò che può essere definito come *emotional computing*.



**Figura 8.3** – Le interfacce evolvono per leggere i nostri pensieri (fonte: Emotive).

## ■ Emotional computing

Tastiere, riconoscimento ottico dei caratteri e riconoscimento vocale sono tutti metodi per passare input ai computer. Oggi esistono metodi sempre più affidabili, e sufficientemente veloci e potenti, per consentire il riconoscimento facciale e, di conseguenza, permetterci di usare come input le espressioni facciali. I modelli recenti di fotocamera hanno impostazioni automatiche che delegano lo scatto di una fotografia in termini non solo di apertura o altre imposta-

zioni ottiche, ma anche di tempistica dello scatto. La fotocamera riconosce quando i soggetti sorridono e hanno gli occhi aperti e scatta la fotografia tenendo conto di questo, facendo sì che sia più probabile che siamo soddisfatti delle nostre foto. Questo è un esempio di computer che leggono le emozioni.

L'esperimento condotto da Facebook su alcune centinaia di migliaia di utenti, qualche anno fa, ha fatto scalpore. Per tutti, eccetto quelli con pochi contatti o "Mi piace", dovrebbe essere chiaro che il *newsfeed* non può mostrare tutti i post creati in un determinato momento, a meno che non scorrono in modo talmente veloce da risultare inevitabilmente illeggibili. Di conseguenza, è naturale e necessario mostrare solo una parte di essi, il che è ciò che Facebook fa regolarmente per i feed di tutti. I criteri per visualizzare determinati elementi è in continua evoluzione e, considerando la natura privata e competitiva di Facebook, non sono di per sé pubblici (una bella sfida per i sostenitori di progetti collaborativi open source è inventare un'alternativa di successo a Facebook, in cui il social network non debba monetizzare le persone, rendendole un prodotto per i propri inserzionisti, ma sia distribuito interamente, in modo che non possa essere chiuso o censurato, e in cui gli algoritmi per la selezione delle notizie o i post degli amici siano disponibili agli utenti in modo che possano essere analizzati o modificati, e siano totalmente aperti e trasparenti).

Paradossalmente, il motivo per cui vi sono state molte reazioni negative all'esperimento di Facebook è che, per una volta, i criteri di selezione delle notizie sono diventati noti. Alcune centinaia di migliaia di utenti hanno ricevuto notizie con parole chiave mediamente negative e un gruppo pa-

rallelo ha ricevuto contenuti mediamente positivi. L'ipotesi degli sperimentatori era che, di conseguenza, ogni membro di ciascun gruppo avrebbe probabilmente scritto post con una carica emotiva simile a quella delle notizie che gli venivano mostrate. Abbastanza ovvio, direte; ma si tratta di un computer che scrive emozioni umane.

Siamo macchine emotive e dobbiamo assicurarci che i computer riconoscano questo fatto e diventino anch'essi macchine emotive. Molti dei nostri compiti possono essere eseguiti meglio o peggio in base al momento della giornata; non sono esclusivamente dipendenti dall'ora o dal minuto, ma sono sicuramente influenzati dai nostri stati emotivi. Il fatto di essere in grado di influenzare una comprensione dettagliata dei nostri bisogni, obiettivi e comportamenti, anche da un punto di vista emotivo, per cose semplici come l'elenco delle cose da fare è qualcosa che incrementerà il nostro benessere e la nostra produttività.

## Buone norme etiche

Il potere dell'*emotional computing*, così come quello di molte altre tecnologie qui descritte, presenti o future, è sbalorditivo. Le industrie responsabili riconoscono che non possono ignorare le entità esterne e si preparano a ottenere la proprietà dell'intero ciclo di vita dei loro prodotti. Le industrie farmaceutiche e biotecnologiche impiegano da molto tempo comitati etici per supervisionare, analizzare e condurre i propri esperimenti, per assicurarsi di non ignorare le implicazioni etiche delle proprie procedure, indipendentemente dai presunti benefici dei prodotti finali.

Questo livello di consapevolezza sociale delle conseguenze etiche di azioni e tecnologie potenti porterà necessariamente all'adozione di buone norme a livello universale da parte di aziende e organizzazioni. La prossima volta che incontrerete una studentessa di filosofia, ditele che credete che nella sua professione avrà luogo un'esplosione di assunzioni in tutte le industrie.

Sarà fondamentale aumentare la comprensione umana di questi temi con strumenti personali e interpersonali, automatizzando e ridimensionando il processo, per renderlo affidabile e consentendone l'adozione da parte di tutti.

## Aumento dell'empatia

Il livello di consapevolezza e autoconsapevolezza che questi strumenti ci aiuteranno a raggiungere è senza precedenti nella storia. L'ignoranza, il razzismo e la xenofobia, che hanno dato impulso a molti dei conflitti passati, sono inammissibili in un mondo di conoscenza, comprensione multiculturale e tolleranza globale (e armi termonucleari).

Essere in grado di riconoscere i bisogni, i valori e le emozioni degli altri è la nostra capacità di essere empatici; creeremo strumenti per estendere e aumentare tutto questo, superando i limiti di ciò che sarebbe altrimenti dettato dalle nostre percezioni naturali e reazioni emotive.

## Rendiamoci non indispensabili!

Il termine “computer” originariamente indicava una persona, tipicamente una donna, che stava seduta di fronte a calcolatori meccanici ed eseguiva per tutto il giorno operazioni ripetitive e monotone. I nostri computer digitali sono oggi in grado di eseguire queste operazioni miliardi di volte più velocemente e l’energia e la creatività umane, che in precedenza erano destinate a compiti ripetitivi e alienanti, possono ora essere impiegate altrove.

Quando i telai meccanici iniziarono a incrementare la produttività nell'industria tessile e uno solo poteva fare ciò che prima veniva svolto da decine di lavoratori, il movimento dei luddisti si oppose a questo cambiamento, arrivando a distruggere le macchine che avevano rubato il lavoro alle persone. Ma valeva la pena di preservare quei lavori?

Nella traiettoria della nostra civilizzazione tecnologica, un dato sorprendente è che l'altezza media dei membri delle prime società agricole era inferiore a quella dei loro predecessori delle società di cacciatori e raccoglitori. Ciò è strettamente correlato alla disponibilità di calorie, alla salute, alla durata della vita e alla qualità della vita in generale. Durante l'ondata di industrializzazione del diciannovesimo secolo, la qualità della vita della classe operaia era terribile, senza alcuna protezione contro lo sfruttamento, nessun servizio di istruzione e sanità, né leggi universali sul lavoro minorile; ma la tendenza all'industrializzazione è andata avanti e sempre più persone si sono trasferite nelle città.

Qualche anno fa, Amazon ha acquistato per circa un miliardo di dollari il produttore di robot, le cui piattaforme automatiche possono reggere i carrelli che i raccoglitori utilizzano nei magazzini dell'azienda. I diversi prodotti ordinati online si possono trovare in un posto qualsiasi del magazzino, su vari scaffali; e invece di dover controllare dove si trova ogni singola cosa, i lavoratori umani del magazzino vengono portati dai carrelli fino al posto giusto e possono inserire nel carrello il pacco richiesto, pronto per essere imballato e spedito. Solo qualche mese fa, per passare naturalmente alla fase successiva, Amazon ha organizzato un concorso per sviluppare una mano robotica e un sistema visivo che potrebbero essere montati sulla piattaforma automatica, il che eliminerebbe la maggior parte dei lavori di magazzino, se non tutti, che attualmente sono eseguiti da persone.

Mentre i computer sono capaci di eseguire sempre più compiti, molti si preoccupano che le persone non avranno più nulla da fare. Si tratta di una preoccupazione priva di fondamento, così come lo era durante la prima industrializzazione duecento anni fa. Ma perché il progresso tecnologico si traduca in benessere umano, dobbiamo riconoscere le lezioni del

passato. Ci sono voluti diecimila anni, alle società agricole, per arrivare al punto in cui siamo adesso, con un tre per cento di persone che sfama tutti gli altri. Bisognerà affrontare un percorso accidentato prima di poter portare a tutti i benefici dei sistemi intelligenti, e possiamo e dobbiamo difendere chi non riesce a stare al passo dalle conseguenze peggiori di un cambiamento altrimenti cieco ed egoista.

## **La responsabilità delle società**

Abbiamo costruito una civiltà globale fantastica e ricca, capace di affrontare la prossima sfida, che consiste nel prendersi cura dei propri membri. Troppe società trascurano la loro fondamentale responsabilità di nutrire, sostenere e proteggere individui che non possono essere semplicemente abbandonati e lasciati fallire, come sicuramente accadrebbe in quello che per il genere umano sarebbe il naturale stato dell'evoluzione. Non è un problema di indebolimento del pool genico, come crudelmente ed erroneamente qualcuno sostiene. Il ricco insieme delle esperienze e delle opportunità umane non può essere misurato sulla scala primitiva e riduttiva del mero adattamento. Non abbiamo superato l'evoluzione, ma abbiamo superato un'evoluzione cieca priva della capacità di abbracciare e sostenere il potenziale espresso da ogni individuo.

Non esiste la garanzia che saremo in grado di risolvere le nostre sfide future, solo perché, inciampando sorprendentemente da una crisi all'altra, con intelligenza e assoluta fortuna, siamo stati capaci di farlo in passato. Collaborare per prevedere meglio quali saranno i problemi che dovremo affrontare permetterà di costruire scenari e di testare i metodi prima che occorra applicarli realmente e consentirà di implementarli più rapidamente. La scienza e l'ingegneria sono metodi eccellenti per affrontare anche i problemi più difficili. Dobbiamo essere in grado di fare affidamento sul potere creativo di individui che lavorino in team che permettano loro di diffondere idee e di completare i punti di forza gli uni degli altri, in un ambiente culturale, economico e politico che li sostenga in modo affidabile con il potere della lungimiranza. Abbiamo bisogno di una condivisione

aperta dei contributi dei nostri pari che consenta il raggruppamento di idee per il bene comune degli obiettivi e dei valori condivisi.

La falsa modestia è quasi sempre sbagliata, è uno strumento di controllo, in cui l'iniziativa è soffocata e il peso e lo stigma del potenziale fallimento impediscono all'individuo anche solo di provare ad avere successo. L'umiltà è quasi sempre giusta; riconosce che la comunità offre sostegno ed è un solido punto di partenza per l'affermazione dell'eccellenza, se non vi è isolamento e non si sta soli nel deserto. Sono drammatici il ruolo e il destino di geni e rivoluzionari della scienza e delle esplorazioni che non sono stati umili nelle loro ricerche e che entravano in contrasto con ciò che tutti gli altri pensavano nella loro epoca, ma che avevano comunque ragione. Ciò è stato dimostrato dal loro successo e dal loro posto nella storia.

Sette miliardi di individui sono sufficienti? La prossima pandemia, l'arrivo di un asteroide, intensi conflitti politici e militari che sfociano in guerre termonucleari: queste minacce saranno risolvibili? Siamo pronti per affrontare quello che non conosciamo e che potrebbero prenderci alla sprovvista? Il potenziale della mente umana di raggiungere nuovi livelli di esplorazione e conoscenza non deve essere sprecato. La responsabilità della civiltà globale consiste nel garantire che tutti abbiano l'opportunità di contribuire a questa ricerca.

## **La necessità di una scienza e un'ingegneria della moralità**

La scatola nera dell'universo è stata progressivamente aperta con le esplorazioni umane. Vi abbiamo guardato dentro, illuminandone gli angoli più reconditi, decifrando ciò che vedevamo e usando i pezzi come mattoni per costruire nuovi strumenti. L'intelligenza e la civiltà tecnologica sono uniche, per quanto possiamo vedere adesso. I fenomeni emergenti della loro creazione, che osservano attentamente il mondo e ciò che accade, invece di lasciare semplicemente che gli eventi si verifichino, creano nuove responsabilità che stiamo iniziando ad affrontare ora.

Uno degli angoli bui di questa scatola nera, dove si sono accumulati nuovi fenomeni molto interessanti, è ora pronto per essere esaminato attraverso la luce limpida della scienza. Abbiamo lasciato la comprensione della moralità alle visioni dogmatiche, alle tavole di argilla dell'età del bronzo. Dovremmo sentirci autorizzati ad affrontare la sfida di valutarla con gli strumenti della scienza, senza che abbia alcun residuo del sentimento medievale di inferiorità, per verificarne orgogliosamente i risultati. Ora è necessario farlo, vista l'affermazione sulla scena globale delle macchine autonome, le cui decisioni avranno un impatto sulle nostre vite e saranno inevitabilmente di natura morale ed etica.

Si, l'equilibrio delle automobili autonome si sposterà molto rapidamente e con una forza sbalorditiva verso il lato dei vantaggi. Non sarà uno di quei casi in cui è difficile decidere tra le due facce di una medaglia; ma questa non è una ragione sufficiente per evitare l'insieme chiaro, trasparente, aperto e responsabile di regole e comportamenti che guidino le decisioni, anche quando non riguardano questioni di vita o di morte. Il classico caso in cui sterzo all'improvviso con la bici davanti a un'automobile autonoma e questa deve scegliere se schiantarsi contro un autobus pieno di bambini per evitarmi oppure uccidermi è un esempio utile, se ci fa porre domande su come vengono prese determinate decisioni; il problema non è capire in anticipo quali sono le risposte.

Non esiste una tabella che a partire da un input può dare il giusto output. Nel giro di pochi millisecondi, non solo l'automobile dell'esempio, ma miliardi di automobili intelligenti in decine di miliardi di casi ogni giorno dovranno prendere una difficile decisione su ciò che intendono fare. Solo se vi è un dibattito solido e aperto sui fondamenti della moralità come scienza sarà possibile fare il passo successivo e chiedere agli ingegneri di implementare le regole che governano quella scienza nei loro prodotti.

Quando sono nati i primi computer, le teorie dell'elettromagnetismo e della meccanica quantistica che spiegavano le leggi del comportamento dei singoli elettroni erano pienamente formate. La loro applicazione avveniva in ambienti troppo complessi per essere previsti dal punto di vista teorico e

necessitava di sperimentazione, invenzione e innovazione accurate, le quali erano fondamentali quanto le teorie, ampiamente comprovate dal loro successo e dai premi Nobel in fisica conferiti a sperimentalisti e a teorici.

Ora dobbiamo ambire a fare lo stesso, a un livello diverso e in un campo diverso, senza esitazione, per assicurarci che le azioni di chi implementa le macchine autonome intelligenti siano guidate da robuste teorie scientifiche sul significato della moralità.

Questa ricerca sarà molto controversa, soprattutto negli occhi di coloro i quali, limitati ai sempre più ridotti territori delle visioni del mondo dogmatiche, respingono il fatto che la ragione e la scienza siano le migliori guide per spiegare l'universo e danno a se stessi una spiegazione per le azioni e gli scopi della nostra vita.

## **Verso una spiritualità naturalistica**

È sorprendente vedere molte persone che sono orgogliose di non capire la matematica e di non seguire la scienza e le sue meravigliose scoperte. È sconcertante e un po' doloroso vedere la contraddizione in questi individui, che traggono vantaggio dai progressi tecnologici, medici e sociali generati dalla scienza, ma che negano di aver bisogno di capire questo campo, i suoi strumenti e la solida piattaforma che crea per lo sviluppo umano. Per rendere le cose peggiori, alcune di queste persone si occupano di cultura, letteratura e arte e le loro false percezioni sulla distinzione o contraddizione tra la visione del mondo scientifica e quella umanistica annebbiano i loro giudizi altrimenti raffinati.

La bellezza del mondo e la capacità di percepirla non vengono ridotte dalla comprensione scientifica, ma vengono semmai amplificate. Meravigliarsi della complessità, trovare il coraggio di osare e continuare a esplorare i panorami mozzafiato della conoscenza e le sue potenti applicazioni sono azioni che appartengono a chi riesce a utilizzare la propria mente, libera da superstizioni arbitrarie, per svolgere un compito.

Mentre orientiamo il lume della ragione verso aree del mondo in espansione, verso il comportamento e le sue conseguenze, è molto im-

portante rivendicare il diritto a una spiritualità naturalistica che esprima l'amplificato stato della mente e la gioia dell'impresa, che unisca ed esalti comunità di persone che la pensano allo stesso modo per il raggiungimento di quello che altrimenti considererebbero impossibile.

Gli strumenti o i rituali raffinati, la musica, gli scopi condivisi e il forte senso di comunità possono e devono essere al servizio dell'obiettivo di costruire una società che sia orgogliosa delle proprie conquiste e che sia resa umile, ma determinata ad avere successo, sulle sfide che si stanno presentando.

Non facendo affidamento sul soprannaturale, sulla metafisica e sulla superstizione, ma accogliendo un vocabolario radicato in una comprensione condivisa del potere della ragione e che deve essere difeso dall'appropriazione del significato delle parole che vengono alterate in analisi falsamente equilibrate, questa pratica spirituale può unire a livello globale coloro i quali sono pronti a esplorare con attenzione il futuro dell'umanità.

## **Il futuro degli umani e dell'umanità**

La nostra comprensione del significato di essere umani è cresciuta e si è ampliata nelle ultime centinaia di anni. Quanto meno non bruciamo più le persone sui pali affermando che sono streghe.

La nostra prospettiva è profondamente cambiata quando abbiamo iniziato ad adottare e poi implementare l'idea che valesse la pena di vivere la vita, e viverla bene, nonché di costruire un mondo che potesse essere migliore per i nostri figli e discendenti, rispetto alla confortante rassegnazione secondo la quale potevamo trovare un miglioramento (o una condanna) solo in un ipotetico aldilà.

I tipi di società umane che abbiamo costruito si sono dimostrati in grado di alimentare e sviluppare il pieno potenziale di un numero di persone sempre maggiore. Ora siamo potenzialmente pronti per andare avanti, per accettare le sfide che derivano dal fatto di riconoscere inutili certe sofferenze, per eliminare ovunque l'ingiustizia e per arrivare alla piena possibilità di farci realmente carico del nostro destino.

## Transumanesimo necessario?

La filosofia e la visione del mondo del transumanesimo vedono gli esseri umani come fondamentalmente definiti dalla loro capacità di riconoscere e superare i propri limiti. La stessa definizione di umanità diventa dinamica sotto la pressione volenterosa e proattiva di possibilità stimolanti. Ancora una volta, non vi sono garanzie, ma il futuro costruito da individui progressisti, curiosi, avventurosi e con una mentalità imprenditoriale, riuniti in società aperte e tolleranti che accolgono la sperimentazione, ha più probabilità di trovare svariate strade per raggiungere gli obiettivi.

Il conservatorismo a livello eccessivo, sebbene sia adattissimo ai musei, non è il modo migliore per accogliere il futuro e adeguarsi alle sue necessità. Ciò che vediamo con ammirazione come il presunto equilibrio perfetto della natura è in realtà un caos dinamico, che vacilla sull'orlo dell'estinzione dal punto di vista di qualsiasi specie e che solo la nostra prospettiva limitata vede come idilliaco. E anche i musei, attraverso le attività dei curatori, rappresentano una sfaccettatura della realtà, solo una parte di ciò che conservano, mentre il resto è inaccessibile, chiuso, inefficace nell'insegnamento e nell'influenzare le decisioni, come se non esistesse. Essere in grado di abbracciare il cambiamento significa necessariamente includere la comprensione della provvisorietà di ogni status quo e spostare l'osservazione a un nuovo livello, a valori più alti che comprendano la dinamica che unisce la serie di esperienze e forme dell'esistenza.

L'ampio spettro dei comportamenti umani verrà controbilanciato dalla possibilità e dall'opportunità di sperimentare con gradi di libertà più radicali, che trasformano il corpo e la mente. Comprendere questa possibilità e rispettare quelli che vogliono preservare intatta la propria identità, permettendo a chi vuole di esplorare cosa significa diventare pienamente umani a queste condizioni radicalmente nuove, sarà una delle più grandi conversazioni che modelleranno la società nel prossimo futuro.

## **Capitolo 9**

# **COSA FARE OGGI?**

Molti dei processi descritti in questo libro sono già in corso. È da cinquant'anni o più che i nostri computer sono diventati più potenti, con capacità software che sono aumentate altrettanto rapidamente, se non di più.

Non importa se le previsioni di quelli che vedono avvicinarsi la singolarità tecnologica non si rivelano veritiere. Se succederà tra cento o duecento anni, invece che tra venti o trenta, molti di noi saranno furiosi per non poter vedere tutte le meraviglie che compongono l'avventura che avevamo previsto. Ma ciò che conta è prepararsi, iniziare a parlare delle profonde trasformazioni che si verificheranno quando gli eventi burrascosi ci colpiranno con tutta la loro forza.

Come succede con i rombi di tuono durante un temporale in arrivo, possiamo già rilevare i deboli segnali di cambiamenti, che non sono meno intensi per il presente. Dobbiamo agire adesso, compiendo i giusti passi per progredire verso il futuro.

### **Capire, imparare, insegnare**

Una delle caratteristiche meravigliose e uniche delle reti di comunicazione globali di oggi e delle piattaforme di social media,

che molte persone che lavorano nei media tradizionali scelgono di interpretare e rappresentare in modo errato, per la loro miopia, è la possibilità di radunare veramente per la prima volta gruppi di persone che possono essere geograficamente isolati, ma sono uniti da comuni interessi e passioni. Utilizzare abilmente queste piattaforme permette a tutti di approfondire la propria conoscenza di dinamiche che altrimenti, viste solo da una prospettiva locale, potrebbero essere interpretate o rappresentate in modo sbagliato.

Oggi l'apprendimento è utile, poiché la distanza tra capire e mettere in pratica è più ridotta, e in molte società vi è un grande desiderio di rischiare e un'ampia tolleranza per il fallimento. L'apprendimento oggi è reso più divertente dal fatto che tutti hanno la possibilità di iniziare subito a insegnare ciò che hanno imparato, diffondendo il valore di quell'insegnamento, applicandolo a una circostanza specifica e permettendo ad altri di applicarlo alla propria situazione, per commentare, per arricchire ciò che si è appreso, insegnato e sperimentato.

Una conseguenza per molti è non solo l'utilizzo di un motore di ricerca per trovare risposte alle domande, ma anche la consapevolezza di poter fare affidamento su una miriade di video di istruzioni per quasi tutti i lavori. E se una cosa manca o non è all'altezza delle nostre aspettative o competenze, se ne realizza una nuova! Wikipedia ci ha mostrato come fare, ed è uno strumento formidabile per esplorare; e ogni giorno se ne sviluppano altri, con modi di diffondere la conoscenza sempre più ricchi.

## **Testare, commettere errori**

Non ci si deve vergognare quando si commettono degli errori; essi rappresentano il modo in cui impariamo quando iniziamo a camminare e a parlare. Lo sviluppo di comportamenti neotenici accettati è un segno che ciò viene compreso e sostenuto, invece che essere più o meno violentemente eliminato da ognuno di noi quando cresciamo. Non esiste

la prigione per i debitori (e se ce n'è una nel paese in cui vivete, scappate a gambe levate!): commettere errori intelligenti con responsabilità è la cosa giusta da fare, anche per le imprese.

Le startup non sono per tutti e non tutte le idee casuali possono svilupparsi e diventare un fenomeno globale, che oggi è sinonimo di successo per una startup. Ad ogni modo, la dignità della responsabilità delle proprie decisioni, di riconoscere che, sempre di più, quelli a cui viene detto cosa fare sono o computer, o umani i cui lavori saranno presto automatizzati e assegnati a computer e robot, è a disposizione di tutti.

Sperimentare con l'applicazione della nuova conoscenza che si acquisisce può essere fatto in modo vantaggioso e a qualsiasi livello locale. Competenze, passioni e comunità generano valore che si può tradurre in benefici economici e sociali per tutti.

## ■ Ma stai scherzando?!

Quando eri un ragazzino, mentre crescevi tutto ti sembrava nuovo, ed eri pronto per assorbirlo, senza preconcetti. Nenotenia è la persistenza delle qualità infantili in età adulta, ed è un essenziale adattamento del comportamento nel mondo di oggi che è in rapida evoluzione.

L'universo per un bambino è una scatola nera. Un'affascinante serie di esperimenti, una stringa infinita di domande le cui risposte sono intriganti e sconvolgenti allo stesso tempo. Il bambino assorbirà la conoscenza ad alta velocità dall'ambiente, le parole che lo circondano, e tramite le proprie esperienze e interazioni. Non importa se il mondo comprende alberi, erba, animali, se è fatto di palazzi, auto, tablet, o se si tratta di una colonia spaziale piena di robot intelligenti. Ognuno di questi sarà dato per scontato, e decodificato, diventando la base per la serie di reazioni che saranno naturali.

Era così mentre crescevi: ci sarebbe stato un momento nel tempo in cui avresti guardato indietro e avresti detto “ora sono un adulto”. A quel punto ti aspettavi che la società ti supportasse nella tua strada, che avessi sviluppato le tue abilità e punti di vista, e che non avresti dovuto acquisire nuove competenze o cambiare le tue opinioni fino a quando saresti morto. In genere il punto di passaggio è rappresentato da alcuni rituali, religiosi o di altro: il matrimonio, laurea, trovare un lavoro, l’acquisto di una casa.

Ma nel mondo in rapida evoluzione di oggi non puoi permetterti di stare fermo, e accettare solo le cose con cui sei cresciuto. Ciò che noi chiamiamo i nativi digitali non può essere solo l’insieme di persone definite da confini generazionali. La civiltà umana è diventata digitale, e quegli istinti, che hanno permesso a molti di sentirsi a casa, dovranno essere percepiti da tutti. E se il cambiamento sta accelerando, allora adattarsi una volta a una nuova normalità non sarà nemmeno sufficiente. Devi continuare a cambiare, continuare ad imparare, continuare ad adattarti.

Quando qualcuno sulla cinquantina viene licenziato dal suo lavoro, e si sforza di mantenere un’immagine di sé positiva, la costante lotta per riconquistare la sua posizione acquisita nella società è l’espressione di questo cambiamento e delle difficoltà di adattamento ad esso. La società di oggi non consente a una data posizione di essere mantenuta e data per scontato. Le montagne russe sono l’equivalente moderno dell’antico rito di passaggio di saltare da un albero con una liana legata alla tua caviglia? Un parco di divertimento è una rappresentazione sublimata della lotta che permette di far confluire le generazioni e per riflettere nelle loro esperienze condivise sulle difficoltà attuali e future di fronte a

loro, con il supporto delle sfide del prossimo giro che sono relativamente facili da affrontare?

Dobbiamo cercare di mantenere fino all'età adulta la curiosità, predisposizione per l'assunzione di rischi, visioni imparziali e a mente aperta, e le altre caratteristiche che definiscono i bambini. Ecco perché neotenia, il motivo per cui devi star scherzando, è un adattamento così importante nel mondo di oggi. La ribellione, mettere in discussione l'autorità, cercare ciò che sembra impossibile, accettare il diverso, ricercare nuove esperienze e molti altri comportamenti non sono solo possibili, ma necessari per prosperare, per avere autostima, per essere riconosciuti come un membro attivo di una società dinamica.

## Aprirsi, adattarsi

La pressione della società moderna è come un brivido che non finisce mai, a differenza dell'unica prova di passaggio all'età adulta degli aborigeni nella foresta. La società continua a mettere alla prova noi e le nostre competenze e non ci permette di assestarci in un ruolo che rimane fisso per tutta la vita. Adulta, madre, moglie è una sequenza che non esclude le scosse delle alternative che ci spingono in ruoli che richiedono capacità di adattamento superiori.

Se siete aperti alle esperienze e agli esperimenti che permettono di essere esposti a ciò che è sconosciuto, per la maggior parte del tempo questo accadrà in un ambiente che è ragionevolmente ben controllato e protetto. Il rischio più serio è probabilmente qualcosa di ridicolo, il tempo e le risorse spese e qualche danno alla propria autostima. Ma il guadagno derivante da quell'esposizione è la possibilità di una conoscenza più profonda e diretta di ciò che sta accadendo nel mondo. Si

tratta di un passo necessario per essere in grado di prendere in mano la situazione, di decidere direttamente o di delegare responsabilmente le decisioni agli altri.

## **Prontezza intelligente**

Abbracciare il cambiamento e cercare in modo proattivo ciò che è nuovo e diverso, aspettarsi risultati positivi dai giochi non a somma zero della tecnologia non significa andare alla cieca.

L'allarme e l'allerta lanciati da persone e istituzioni molto intelligenti sono necessari per prepararci a quello che sta per arrivare. Prepararci come individui, in modo che i cambiamenti nelle nostre vite, famiglie e ambienti lavorativi siano gestibili; prepararci come imprese, in modo che le nostre iniziative imprenditoriali possano prosperare durante i cambiamenti e che i nostri modelli di business possano adattarsi e resistere alle pressioni evolutive; prepararci come società in generale, in modo che possiamo adattarci e conservare le nostre identità, mantenendo i nostri gradi di libertà, mentre le nuove componenti diventano parte del tessuto globale della civiltà.

## **Le attività commerciali e l'intelligenza artificiale**

Mentre i sistemi intelligenti diventano la norma, adottarli e impiegarli in modo vantaggioso è una reale necessità commerciale. Le aziende che riescono a farlo nel modo giusto ottengono un vantaggio competitivo decisivo su quelle che non ci riescono o che non ci si provano nemmeno. Mentre oggi queste componenti aziendali possono non essere direttamente commercializzate con l'etichetta "intelligenza artificiale", la loro origine e il loro scopo nel complesso interattivo dei moduli di calcolo sono chiari, per dare alle imprese adattabilità e riconoscimento del valore nascosto nella crescente quantità di dati raccolti.

Occorre prendere la decisione strategica di abbracciare le tecnologie avanzate, indipendentemente dal core business dell'impresa, e più è forte e salda, meglio è. Non esiste un'attività commerciale non digitale e non esiste un'attività commerciale che non sarà potenziata dall'intelligenza artificiale o che non ne sarà influenzata.

Il vasto addestramento necessario per assicurarsi che tutti comprendano il cambiamento è una parte essenziale del successo dell'adozione di qualsiasi tecnologia, ma è soprattutto importante per l'intelligenza artificiale, vista la credenza popolare che essa eliminerà i lavori di operai e impiegati. Il cambiamento di mentalità richiesto per capire che un'organizzazione dovrebbe usare abilmente il potere cooperativo tra persone e macchine è qualcosa che riguarda anche dirigenti e direttori. Il fatto di utilizzare la tecnologia come scusa per licenziamenti di massa svuota l'organizzazione, la sua anima e la sua cultura, per consentirle guadagni sul breve periodo, ed è uno strumento di gestione primitivo che i mercati dovrebbero imparare a riconoscere come un segno di debolezza.

## **Società e intelligenza artificiale**

Non sembra che gli organi decisionali debbano ancora capire il valore della scienza di base e delle sue applicazioni. Tuttavia, molto spesso sembra che sermoni populisti eclissino considerazioni più ponderate. Avere una visione, articolarla in modo comprensibile, far sì che i leader la presentino in modo convincente e avere le competenze politiche per accumulare consenso sono caratteristiche essenziali per gli organi decisionali e i rappresentanti eletti di una società che guarda al futuro.

Tutti i rami di governo, legislativo, esecutivo e giudiziario, dovrebbero essere in grado di riconoscere e usare abilmente l'aiuto che possono ricevere dai sistemi di intelligenza artificiale. Analizzare e confrontare le bozze di una legge proposta, gestire il processo di discussione, modifica e approvazione, anticipando in modo chiaro le sue conseguenze dirette (volute) e indirette (non volute) sono cose che si possono fare

meglio non solo attraverso l'uso di sistemi informatici di base, e in effetti non potrebbero essere svolte diversamente in uno stato moderno che intende essere efficace. Ma tutto ciò si realizza al meglio a un livello supplementare, se i sistemi di supporto delle decisioni comprendono le relazioni semantiche di ciò che si discute e la natura e le implicazioni dell'argomento.

Tutti i livelli di governo esecutivo possono usare a proprio vantaggio l'apprendimento approfondito relativo alle fonti di dati che sono già disponibili, ma ancora non sufficientemente utilizzate, e solo raramente citate. Il processo decisionale può essere fortemente ispirato da ciò, e sia i grandi cambiamenti politici che le modifiche apportate a decisioni marginali, riguardanti per esempio i regolamenti sul traffico nei quartieri cittadini, possono diventare più affidabili, meglio documentati e più efficaci.

Il progressivo accumulo di regole, regolamenti, leggi con la relativa gestione delle loro violazioni, delle multe, delle reclusioni e delle punizioni non è un obiettivo in sé, anche se oggi molte persone si guadagnano da vivere nel sistema industriale di polizia. L'obiettivo del ramo giudiziario è appianare i meccanismi della società, risolvendo i conflitti che altrimenti la renderebbero inefficiente. Paradossalmente, esso stesso è intasato e inefficiente quasi ovunque. Misurare i risultati dell'esecuzione, decidere se una crescente conformità ha un effetto positivo, eliminando coraggiosamente le leggi anacronistiche o controproducenti rispetto agli obiettivi generali della società, è un obiettivo che si può raggiungere se viene supportato da sistemi automatici intelligenti.

In Argentina è in corso un'analisi delle leggi con utilizzo di tecniche di intelligenza artificiale che, se portata a termine, comporterà l'eliminazione del 90% delle leggi sia penali che civili, per ottenere una loro radicale semplificazione: da circa trentamila a circa tremila in totale.

Il grande impatto dell'intelligenza artificiale avanzata sulla società, anche prima che l'intelligenza artificiale forte cambi le regole del gioco, dovrebbe essere decisamente positivo. Tuttavia, questo effetto

fa parte di grandi statistiche e può nascondere variazioni locali in cui ogni storia individuale di preoccupante cambiamento del lavoro o del modo di vivere dev'essere compresa nel proprio contesto. La società ha la responsabilità di non abbandonare quelli che si sentono impotenti davanti ai grandi cambiamenti, ma di sostenerli per trovare un nuovo equilibrio per una vita fruttuosa e soddisfacente.

## L'intelligenza individuale e artificiale

La nostra vita è stata trasformata dalla tecnologia e dall'aritmetica di base degli esponenziali; qualsiasi cambiamento abbiamo visto in passato sarà abbondantemente superato dalla complessità e dalle implicazioni di ciò che vedremo nel prossimo futuro. Il primo e più importante compito che abbiamo è renderci conto di questo fatto e iniziare a fare l'abitudine agli schemi del cambiamento. Mettere a punto il nostro radar cognitivo, per riconoscere i segnali deboli nelle notizie quotidiane, ci permetterà di cercare risposte a domande più intelligenti.

Le ultime finali del DARPA Robotic Challenge sono state rovinate dai commenti infantili che risuonavano nei media tradizionali, che parlavano dei difetti dei robot umanoidi che cercavano di farsi strada su terreni urbani irregolari che simulavano aree disastrate. Robot che cadevano, rimanendo congelati in pose comiche in un catastrofico fallimento di software, strappavano ingenue risate. Questi robot sono destinati a migliorare anno dopo anno, fino a raggiungere le capacità umane per poi superarle avanzando senza intoppi. Guardatevi intorno quando sentite le risate e prendete nota; lo stesso è successo con le automobili autonome, perché nel primo anno in cui si tentò di organizzare una simile sfida, i team non riuscirono a mettere insieme un'auto che sarebbe stata in grado di guidare lungo un decimo del percorso necessario senza fallire (o, come nel caso di una moto, senza cadere dopo pochi metri dalla linea di partenza). Oggi, dopo solo qualche anno, nessuno ride più di loro e, mentre gli autisti umani di taxi protestano contro i potenti tentativi di Uber di portare il loro modo di lavorare nel

ventunesimo secolo, non si rendono conto che la prossima ondata di novità è già dietro l'angolo.

Il passo successivo è prendere in considerazione il nostro lavoro e luogo di lavoro, comprendendo che occorre accogliere l'acuta analisi permessa dall'intelligenza artificiale. Implementarne le raccomandazioni è meglio dell'alternativa: un lavoro che non può essere aiutato dall'intelligenza artificiale o un luogo di lavoro che resiste all'efficienza che essa garantisce finiranno per essere vicoli ciechi. Possiamo diventare leader del cambiamento nella nostra organizzazione oppure, se ci accorgiamo che sta resistendo troppo, possiamo prendere la giusta decisione di guardarci intorno per cercare un team più aperto e dinamico a cui unirci, nella consapevolezza che prospererà durante i cambiamenti.

Le nostre relazioni e i processi di pensiero sono modellati dalle tecnologie. Qualcosa di semplice come il sistema che riconosce i tratti distintivi di una canzone che ci piace e crea al volo una playlist con lo stesso stile e ritmo è l'intelligenza artificiale all'opera, che aiuta e influenza i nostri stati emotivi. L'abilità e l'ordine mentale necessari per ricordare i compleanni di parenti, amici e conoscenti erano caratteristiche sufficientemente uniche da essere riconosciute dagli altri. I nostri social network mostrano a tutti dei promemoria che rendono tutto ciò ampiamente disponibile, senza sminuire il piacere di quel giorno o gli auguri ricevuti, ma alzando gli standard, per rendere le relazioni più significative e i contatti più costanti e profondi.

Da un po' di tempo ci siamo abituati a controllare le nostre app nelle varie località che visitiamo e ad arricchirci per gli incontri e i contatti fortuiti o le riunioni inaspettate che ne derivano, al di là del valore diretto della raccolta di dati in sé. È qualcosa che una decina di anni fa non solo non eravamo in grado di fare, ma che sarebbe anche sembrato ridicolo, qualora qualcuno ci avesse detto che sarebbe diventato consueto per milioni di persone.

Oggi sta accadendo lo stesso con i dati sulla salute. I nostri smartphone sono accoppiati a dispositivi indossabili, bilance connesse ci dicono la verità sulle nostre abitudini alimentari, e le palestre segu-

no le nostre visite e i nostri progressi, intervenendo per spronarci se ci lasciamo andare. Per la maggior parte delle nostre condizioni, con la giusta protezione contro gli abusi da parte di compagnie assicurative o dei datori di lavoro, essere in grado di trattare i dati relativi alla salute sia globalmente che individualmente si dimostrerà molto prezioso. E nel giro di circa un decennio, ciò verrà compreso in modo sufficientemente ampio da far sì che milioni di persone si stupiranno del periodo in cui questi dati non erano condivisi.

Un processo già avviato è quello di dotare la cura psicologica e psichiatrica degli strumenti di profonda anamnesi e diagnosi avanzata che sono ora disponibili per qualcosa di più banale, come il fitness. Non vi è ragione per non fare affidamento su delle app per monitorare il nostro umore e gestire una semplice conversazione per cercare segnali di ansia e depressione che potrebbero richiedere un aiuto professionale.



## **Capitolo 10**

# **COSA FARE DOMANI?**

Supponiamo che arrivino le intelligenze artificiali forti, come si è presupposto in questo libro. E supponiamo anche, incrociando le dita, che negli anni precedenti siamo stati in grado di dedicare il giusto numero di risorse alla ricerca di base necessaria per assicurarci che il loro arrivo non sia catastrofico per l'umanità. Il mondo è qui, noi siamo qui e le intelligenze artificiali forti sono qui. Guardiamoci intorno...

### **Seguire un percorso insieme e con gli occhi aperti**

La premessa secondo la quale stiamo operando è quella per cui, per quanto potenti, intelligenti e fondamentalmente nuove le intelligenze artificiali forti siano, esse ci riconosceranno come elementi preziosi, rispetteranno noi e le nostre opinioni e condivideranno il nostro obiettivo di costruire una ricca civiltà globale.

Le classi di problemi che saremo in grado di affrontare insieme aumenteranno notevolmente, ma i problemi rimarranno, tanto sgradevoli e difficili quanto quelli con cui siamo alle prese oggi.

Essere in grado di condividere il peso delle nostre responsabilità sarà confortante ed esaltante. I nuovi punti di vista e i diversi modi di affrontare le sfide che verranno forniti dalle intelligenze artificiali forti controbilanceranno i nostri in modo fruttuoso.

## Diversità e tolleranza

La profonda comprensione dei nostri sistemi morali e il nostro agire condiviso porteranno a una società che parte da un punto di apertura improntata su una capacità di soppesare e giudicare in modo trasparente e responsabile.

Le variazioni di comportamento e dei sistemi di vita si svilupperanno per essere codificate in variazioni degli stessi sistemi morali. Evitando una dittatura globale, ciò darà vita a gruppi sempre più tolleranti e interdipendenti. Questo non accadrà senza conflitti e negoziazioni, mentre ci dirigeremo verso un significato condiviso. Per esempio, non tollereremo l'intolleranza, e il modo in cui alcune di queste azioni diventeranno furtivamente corrotte metterà alla prova i livelli di intelligenza che saranno raggiunti dai nostri sistemi ibridi umano-intelligenza artificiale forte.

## Nuove dignità

La nuova società non avrà successo a meno che non sia in grado di offrire uno spazio di coesione e di esistenza dignitosa a coloro i quali non possono o non vogliono partecipare alle più avanzate esplorazioni ai limiti o anche alle tendenze dominanti in cui essa va oltre la loro capacità di adattamento.

Per definizione, mentre la simbiosi umano-intelligenza artificiale forte si evolverà, molte tensioni deriveranno dalla comprensibile ansia e autoanalisi di quelli che non si sentono sicuri della propria posizione, del valore che offrono alla propria comunità e che non si sentono al sicuro davanti alla pressione dei tempi.

Essere in grado di costruire il riconoscimento e accettare l'inevitabilità di queste forze ci permetterà di prepararci a esse, risolvendo quelle peggiori e distruttive e incanalando ciò che rimane verso scopi costruttivi.

## **Emancipazione**

Oggi miliardi di persone si sentono impotenti, con poche opportunità di migliorare significativamente le proprie vite e quelle dei propri figli. A queste persone i cambiamenti nel mondo appaiono indecifrabili o inseriti in spiegazioni quasi superstiziose di forze e congreghe che presuppongono una guida che non c'è.

Il potere della tecnologia sta già mettendo la conoscenza, la comunicazione e le azioni nelle mani delle persone comuni, attraverso i telefoni connessi a Internet. Quando questi dispositivi saranno in grado di istruire, assistere, consigliare, suggerire, offrire compagnia, conoscenze e incoraggiamento, vi sarà un nuovo mondo di organizzazione sociale in cui lo sfruttamento non sarà più possibile. L'ignoranza e l'intolleranza non saranno sfruttabili da forze populiste che, con la paura e la proposta di false soluzioni, aggregano masse di persone che giustamente desiderano migliorare le proprie vite.

L'empowerment dell'individuo creerà comunità sia locali sia globali che si sposteranno rapidamente verso soluzioni avanzate e sostenibili ai loro problemi. Autostima, obiettivi, dignità ed emancipazione condivise saranno alla base di opportunità che oggi sono rare, ma che coinvolgeranno miliardi di cittadini nel futuro.

## **Evoluzione di nuovi gradi di libertà**

Nei decenni scorsi abbiamo potuto assistere a un'evoluzione molto chiara delle libertà personali. I costumi sociali sono cambiati, si sono aperti, i luoghi di lavoro sono diventati meno gerarchici, permettendo il prosperare di creatività e iniziativa, gli scambi e il commercio hanno

esposto le culture e le idee a un nuovo arricchimento vicendevole che non ha portato a un'ottusa omogeneizzazione, come alcuni avevano previsto.

Da un'evoluzione sociale in accelerazione deriveranno nuovi gradi di libertà. Dobbiamo iniziare a lavorare sui nostri livelli di tolleranza. Immaginate un comportamento che oggi viene accettato, ma che voi non condividete, e accorgetevi del fatto che vivete in una società che lo ha accettato. Ora andate oltre, e scegliete un comportamento oltre il limite di ciò che è oggi accettato e cercate di immaginare di vivere in una società che è cresciuta tollerandolo e accogliendolo per quelli che lo scelgono.

Le prospettive che si apriranno nella nuova società in cui umani e intelligenze artificiali forti vivranno insieme sono sbalorditive ed esaltanti. Saremo in grado di affrontare i problemi attuali e le nuove sfide con orgoglio e un senso di conquista che ci spingerà a fare di più.

## **Capitolo 11**

# **COSA FARE DOPODOMANI?**

Entriamo nel regno della fantascienza ed esploriamolo, sviluppando le nostre supposizioni. La fantascienza è stata uno strumento eccellente per esplorare i territori di confine tra il plausibile e l'impossibile. Con il tempo è anche diventata un progetto inaspettato, poiché scienziati e ingegneri, ispirati dalle storie lette, hanno lavorato per trasformare gli oggetti che prima sembravano immaginari in realtà.

Non è facile per chi non è uno scienziato distinguere tra un problema ingegneristico davvero difficile e la violazione di un principio fondamentale. Per esempio, c'è motivo di credere che sarà possibile costruire un ascensore spaziale in grado di trasportare su orbite geosincrone merci e persone a un costo quasi pari a zero, dopo costi di costruzione effettivamente enormi, anche se i dettagli relativi alla scienza dei materiali e alla costruzione vanno oltre quello che oggi conosciamo; oppure che sarà possibile costruire astronavi interstellari, anche se i problemi ingegneristici di densità di energia per la propulsione e i sistemi di supporto della vita o la psicologia del viaggio a lunga distanza (decenni o anche generazioni) in piccoli spazi chiusi sono ancora sconosciuti e ampiamente inesplorati.

È molto diverso, però, affrontare altre idee, per esempio i viaggi a velocità superiore a quella della luce o quelli indietro nel tempo (le due cose sono in realtà collegate: una persona che viaggia più velocemente della luce sarebbe anche in grado di viaggiare indietro nel tempo. E solo quella direzione conta, poiché stiamo in realtà viaggiando in avanti nel tempo minuto dopo minuto e siamo anche capaci di accelerare il tempo attraverso la compressione relativistica del tempo che stiamo utilizzando ogni giorno negli acceleratori ad alta energia per studiare meglio le caratteristiche delle particelle subatomiche). Una scrittrice di fantascienza non ha problemi a incorporare queste idee nelle sue storie, ma esistono ragioni profonde per cui, se questo diventasse possibile, dovremmo riformulare da capo tutte le nostre teorie sul mondo. Per fare un confronto, le teorie di Einstein sulla relatività, sebbene siano state rivoluzionarie, non sono in contraddizione e non confutano la teoria della gravitazione di Newton, che ancora oggi si applica perfettamente alle velocità non relativistiche e in campi gravitazionali più deboli di quelli che sperimentiamo sulla Terra.

I vari temi ed esempi che vengono esplorati in questa sezione dovrebbero rientrare nella prima categoria o, in base a una necessaria incertezza, risiedere tra il possibile e l'impossibile. Come al solito, sta totalmente a noi renderle reali, attraverso la nostra curiosità, la creatività e il nostro desiderio.

## **Un radicale allungamento della vita**

Rispetto a solo cent'anni fa, l'aspettativa di vita alla nascita nei paesi ad alto reddito è più che raddoppiata, grazie alla scienza. Antibiotici e vaccini sono i principali responsabili di questi risultati sbalorditivi, così come lo sono una migliore nutrizione, una più vasta conoscenza e migliori pratiche sanitarie in generale. Ci sono molte persone che si stanno chiedendo non solo quali sono i limiti della durata della vita umana, in caso di mancanza di influenze esterne negative, ma

anche quali sono le possibilità di intervenire per rallentare, invertire ed eliminare i processi degenerativi che portano al decadimento e alla morte.

Nelle società che promuovono stili di vita sani, dato che obesità e diabete stanno avendo un'influenza negativa sulle statistiche di quelle che non lo fanno, l'aspettativa di vita sta ancora aumentando di circa 1-2 mesi all'anno e anche questo valore è in continua crescita, in una delle più sorprendenti applicazioni della legge dei ritorni acceleranti. Quando l'aumento dell'aspettativa di vita supererà i 12 mesi all'anno, dal punto di vista statistico la gente smetterà di morire.

Senza entrare nei dettagli di come si potrebbe raggiungere tutto ciò, possiamo iniziare a esaminare le conseguenze di una società che include questa caratteristica radicalmente nuova, la morte della morte.

Diversamente da altri fenomeni che possono comparire sulla scena molto rapidamente con tutto il loro potere e impatto, in questo caso abbiamo il lusso del tempo dalla nostra parte. Anche se oggi fossimo in grado di eliminare tutte le cause di morte, non ci sarebbero persone di 200 anni l'anno venturo: ogni anno tutti saranno esattamente più vecchi di un anno, non uno di più, non uno di meno. E questo dovrebbe permettere di progettare e implementare le politiche appropriate e di adattarsi progressivamente ai cambiamenti. È anche importante osservare che qui ci stiamo certamente riferendo a un più lungo stato di salute e non alla prolungata debolezza e dipendenza che oggi spesso caratterizza gli ultimi anni di vita degli anziani.

Ancora più di altri simili dibattiti (perché andare nello spazio quando vi è ancora così tanta sofferenza sulla Terra?), l'allungamento radicale della vita provoca molte reazioni negative; per esempio, l'inopportuna questione secondo cui non ci dovrebbero essere risorse destinate a questo scopo, e secondo cui la sofferenza di una persona giovane o di mezza età è peggiore di quella di un anziano. A parte le posizioni dogmatiche che suppongono vi sia una naturale durata della vita umana che non si dovrebbe tentare di modificare (era di 25 anni per i nostri antenati cacciatori e raccoglitori, o 35 anni di norma prima della

medicina moderna, includendo tutti i bambini che sono morti prima di diventare adulti), esiste l'opportunità di contrastare duramente le malattie che ancora resistono, principalmente i disastri di programmazione fuori controllo nei meccanismi di regolazione del nostro corpo che chiamiamo tumori, e la degenerazione cardiovascolare causata dai nostri stili di vita.

Il beneficio di una vita più lunga supererà ampiamente ogni presunto svantaggio. Sì, i sistemi pensionistici saranno ancora più insostenibili di quanto non lo siano già, poiché sono stati progettati per pagare le pensioni solo per alcuni anni, prima che le persone smettano di ricevere i benefici perché muoiono presto. Si spera che nessuno sosterrà il fatto di trascurare la ricerca con lo scopo di mantenere un sistema basato sulla morte delle persone il prima possibile. La saggezza e l'esperienza accumulate e le ricche e lunghe vite che possono essere vissute trasformeranno sicuramente la società. Non porteranno a un'eccessiva cautela o passività, ma certamente l'analisi del costo opportunità di anni di vita perduti avrà un'influenza positiva sulla gestione dei conflitti.

## Crionica

Per secoli la morte è stata diagnosticata tramite la cessazione della respirazione. Negli ultimi decenni, questa diagnosi si è dimostrato insufficiente, per cui si è iniziato a prendere in considerazione prima le funzioni cardiache e poi quelle cerebrali. Diversi tipi di coma e stati vegetativi si sono dimostrati reversibili, con la fisioterapia e la terapia cognitiva che aiutano ad adattarsi al danno muscolare e neurologico degenerativo.

La recente pratica di usare basse temperature per ridurre le funzioni metaboliche del corpo è stata impiegata in modo stupefacente nel 2015, quando un adolescente in Italia, affogato e morto, secondo le definizioni tradizionali, per 45 minuti, è stato riportato in vita e, con un processo che durò mesi, riportato a normali funzioni corporee e mentali (meno una gamba che ha perso nell'incidente). Se da qualche

secondo di mancanza di battito cardiaco, la morte può essere definita in modo così vago come qualcosa che si può allontanare agendo entro tre quarti d'ora, possiamo ipotizzare di prolungare gli stati sospesi in modo indefinito, in cui le funzioni metaboliche sono sospese e il corpo e la mente non decadono?

La crionica rappresenta lo studio e la pratica relativi a tutto questo, e vi sono aziende che stanno già offrendo i propri servizi a clienti che ne usufruiscono dopo essere stati dichiarati legalmente morti, ma prima che il naturale decadimento cellulare possa distruggerli. Lo fanno senza ricorrere al congelamento tradizionale che, attraverso la formazione di cristalli di ghiaccio, danneggia irrimediabilmente gli organi, ma ricorrendo alla vetrificazione, che sostituisce i fluidi del corpo con una soluzione che si solidifica come il vetro a basse temperature.

Applicando tutti i trattamenti disponibili e il ringiovanimento progressivo come disponibile, una politica di sospensione crionica può essere vista come un ponte verso opzioni più radicali che saranno sviluppate in futuro. Il termine "politica" è in effetti appropriato, poiché vi è almeno una compagnia assicurativa che offre un pacchetto che include nel proprio premio la copertura di un servizio crionario per i propri assicurati.

## ■ **Essere una cipolla**

Ero seduto a tavola per cenare con mia moglie e i nostri tre figli. A partire da un altro discorso, mio figlio maggiore ha confermato che, se gli dovesse succedere di ritrovarsi in uno stato di coma irreversibile, uno stato vegetativo, vorrebbe essere spento, chiedendo che le macchine vengano disconnesse. La più piccola è intervenuta dicendo che no, lei non vorrebbe essere disconnessa, ma vorrebbe essere lasciata in vita, anche come un vegetale. Non ho potuto evitare di dire: "Va bene. Ma quale vegetale vorresti

essere?" Dopo averci pensato un po', mia figlia ha detto: "Una cipolla o una carota" e a turno abbiamo confermato tutti quale vegetale avremmo voluto essere se fossimo stati in coma.

La scelta di non essere riportati in vita, di rifiutare procedure mediche estreme e invasive che potrebbero prolungare la vita di un po', ma con una qualità molto bassa, è una libertà che al momento si sta diffondendo. È probabile che si estenda ulteriormente il concetto, generalizzandosi nel diritto di scegliere il momento in cui morire. Il motivo per cui si vuole evitare di essere impotenti e sconsiderati, e tenuti in vita solo dalle macchine è altruistico: vogliamo che i nostri parenti siano in grado di andare avanti. Se rimangono per sempre lì con noi, sono anch'essi praticamente morti, bloccati insieme a noi in un sistema inutile e senza speranza (non sto denigrando gli sforzi, a volte fruttuosi, di parenti premurosi che sono in grado di riportare in vita coloro i quali non si trovano in un coma irreversibile. E la diagnosi medica spesso non è palese, il che contribuisce a rendere questo tema particolarmente complicato e difficile dal punto di vista emotivo, per quelli che prendono le decisioni dopo l'accaduto).

Di conseguenza, la crionica fa sì che un individuo sia in grado di contrattare volontariamente un servizio che è relativamente semplice ed economicamente vantaggioso, se paragonato a ciò di cui il paziente in coma ha bisogno, liberando il futuro dei parenti e svincolandolo dalla presenza di una persona che non può attivamente parteciparvi, almeno per il momento.

## Caricamento della mente

Ovviamente, i migliori sforzi della scienza, della sanità e della medicina ancora non riescono a evitare gli incidenti. Questi continueranno ad accadere e prima o poi interromperanno la traiettoria di ogni vita. In molti di questi casi, il risultato sarà tale per cui il team di emergenza per la sospensione cronica non sarà in grado di arrivare sulla scena in tempo o troverà dei resti che non varrà la pena di preservare. La soluzione per un recupero dati di successo nel caso dei computer è una procedura di backup affidabile, e oggi esistono team di ricercatori che stanno lavorando ai modi in cui il cervello umano, i suoi neuroni, le sinapsi e qualsiasi altra struttura necessaria che dà vita alla mente possono essere rappresentati e preservati.

La risonanza magnetica funzionale è un processo che crea un'immagine tridimensionale del cervello, registrando non solo la sua geometria, ma anche l'accensione dei neuroni, l'attività delle sinapsi. La sua risoluzione sta aumentando a un tasso sempre maggiore e si tratta di una delle tecnologie candidate a essere in grado di registrare e riprodurre in maniera sufficientemente dettagliata ciò che succede nel cervello per preservarlo.

Le procedure di backup sono utili se si ha la capacità di avere accesso e di utilizzare i dati dopo il ripristino. E ripristinare la mente umana richiederebbe un altro cervello umano in cui ripristinarla, il che è irrealizzabile se si considerano le implicazioni etiche, anche se si stanno già compiendo passi verso una delle operazioni più terrificanti che le procedure tradizionali possano progettare: un trapianto dell'intera testa. Un'alternativa è completare il passaggio del ripristino su un mezzo diverso da un cervello biologico, un supporto che sarà in grado non solo di immagazzinare, ma anche di eseguire le funzioni del cervello, dando luogo alle esperienze della mente. L'eventuale esecuzione di queste operazioni con successo risponderebbe sicuramente al test di Turing e all'attuabilità delle intelligenze artificiali forti, poiché un individuo ripristinato nel silicio, o qualsiasi altro supporto necessario,

si affermerebbe sicuramente come realmente pensante e autoconsapevole, e in possesso delle capacità umane di risoluzione dei problemi generali.

## Tipi di vite

Esistono molti tipi di backup, quelli che richiedono che il sistema venga congelato durante il processo, o altri che continuano mentre il sistema è in funzione. E vi sono anche molti modi di testare l'integrità dei dati, per esempio eseguendo un ripristino e facendo funzionare il sistema, senza che un disastro distrugga l'integrità dell'originale. Quando sarete ripristinati, anche se l'originale è ancora in giro e questo passo serve solo per testare che tutto funzioni, di sicuro chiederete di essere comunque tenuti in vita.

Vivere vite parallele, invece di una serie di esperienze una dopo l'altra, è un'ulteriore variante che sarà resa possibile dalle tecnologie di caricamento e ripristino della mente in diversi substrati. Ovviamente i diversi tipi di "me" (termine che probabilmente sarà usato al plurale "i me") saranno diversi per definizione, poiché avranno esperienze diverse. Questi individui avranno poi l'opzione di fondere le esperienze di ciascuno in un singolo scenario di ricordi sfaccettati. Anche se questa fusione può essere realizzata a distanza e in modo continuo, emergerà il rituale di un incontro annuale, o di una volta ogni dieci anni, per compierla in un contesto formale, dove le identità istanziate mancheranno solo per due ragioni: la scelta allora privilegiata e solitaria di una morte tradizionale non registrata oppure il viaggio verso le stelle.

## Quando si spegne il sole

Per quelli a cui importa dell'umanità, malgrado le proteste degli altri relative agli obblighi terreni, la colonizzazione dello spazio è una condizione imprescindibile, a partire da Marte. A meno che non diventiamo una specie multiplanetaria, il nostro futuro è messo a repentaglio da un

evento di estinzione che renderà inabitabile il nostro pianeta d'origine. Dal punto di vista statistico, per esempio, ci si aspetta un attacco di meteoriti ogni qualche decina di milioni di anni.

Analogamente, anche i viaggi interstellari sono una necessità. Più avanti, tra qualche miliardo di anni, anche il Sole cambierà radicalmente, espandendosi fino a diventare una stella gigante rossa che inghiottirà tutto lo spazio dal suo presente volume fino a oltre l'orbita di Marte.

Il genere umano tradizionale si è adattato molto bene alla vita sulla superficie di un pianeta con un'atmosfera ricca di ossigeno, con disponibilità di abbondante acqua liquida e circa 1 g di gravità. Beh, proprio come la Terra. Nello stesso tempo è anche straordinariamente inadatto a prosperare in altri ambienti, come quelli senza atmosfera, senz'acqua, con temperature di -200°C o giù di lì, e senza gravità, ossia nello spazio. Nel mezzo, con gravità, acqua ghiacciata e atmosfera, anche se rarefatta e tossica, c'è Marte, l'unico pianeta di cui oggi sappiamo qualcosa, colonizzato dai nostri robot.

Quando possibile, e quando la creatività, la destrezza e la capacità di risolvere i problemi di cui dispongono gli esseri umani biologici saranno disponibili in forme che si adattano meglio allo spazio, sia se li chiameremo ancora robot o se saranno praticamente e legalmente umani in substrati robotici, i veri colonizzatori dello spazio non saranno carne in lattina.

Vi sarà anche un rapido processo di miniaturizzazione. Finché le capacità operative e di calcolo vengono preservate, in termini di propulsione, più un oggetto è piccolo, più piccola è la sua massa e più facile è accelerare. Miliardi di robot umanoidi pensanti su nanoscale, più piccoli di un granello di polvere, saranno messi in movimento da raggi laser a velocità che si avvicineranno a quelle della luce per diffondersi a strati nell'universo in sfere che inizialmente saranno centrate sul Sole e presto cominceranno a diffondersi anche a partire da altri centri, intersecandosi, interferendo, come increspature in onde tridimensionali del continuum spaziale.

Queste onde, impercettibili per qualsiasi tecnologia meno avanzata, procederanno e progrediranno, costruendo altri miliardi e migliaia di miliardi di menti che pulluleranno nella galassia, incrociando il suo perimetro solo dopo qualche centinaio di migliaia di anni e arrivando ad Andromeda in poco più di due milioni di anni. L'avventura di conoscere il cosmo profondo sarà iniziata, con davanti miliardi di altre galassie.

## **Adattamento, individuo e autopercezione**

All'inizio del processo di caricamento, fusione e ripristino della mente, sorgerà molto presto la questione della compatibilità. Fino a che punto possono divergere le esperienze prima che un'intera rifusione non sia possibile? Al contrario, quanto intimi devono essere due distinti individui, forse innamorati, prima di poter tentare il processo di fondere le proprie esperienze e menti? Il processo parziale sarà esplorato e utilizzato sempre più ampiamente, sia tra diversi tipi dello stesso individuo sia tra i gruppi di amici, innamorati, diplomatici, colleghi che sentono il bisogno di una comprensione e collaborazione profonda.

Con la digitalizzazione dell'identità e l'istanziazione in ulteriori substrati, la questione dell'origine di un umano o un'intelligenza artificiale forte diventerà presto irrilevante. Gli umani in forma alternativa trarranno immediato beneficio dalle nuove opportunità di introspezione e costante aggiornamento. Le intelligenze artificiali forti acquisiranno diritti e doveri per partecipare come pari alla civiltà globale.

Lo stesso concetto di individuo si offuscherà per essere definito in maniera più utile dai bisogni di una data sfida che potrebbe richiedere la fusione temporanea di menti e il raggruppamento di risorse di decine, migliaia o miliardi di persone. Queste organizzazioni, che avremmo chiamato aziende, governi e società, saranno in grado di negoziare la complessa sistemazione degli input e output che tale situazione comporterà.

Le nuvole fluttuanti di galassie di esploratori che viaggiano alla velocità della luce, e che sono i nostri discendenti, vivranno vite diverse dalle nostre e sarà difficile per loro identificarsi con noi. Guardando ai limiti di tempo, spazio e opportunità di ciò che potremmo fare sia come singoli individui, con il nostro inevitabile destino che risparmia i deboli tentativi di comunicare che abbiamo raggiunto, sia come gruppo nel coordinare le nostre azioni, con tutte le indicazioni di conflitto a testimonianza di quanto non fossimo bravi in questo, queste entità rifletteranno e considereranno quanto sia meraviglioso il fatto che siamo connessi e quanto sia improbabile o persino impossibile. Chi tra loro negherà di essere una nostra evoluzione sottolineerà in modo ignorante le differenze radicali rispetto a noi, per affermare che, in qualsiasi modo decideranno di chiamare la loro comunità di specie e civilizzazione, essi non sono umani; ma noi sappiamo che invece lo sono.

## ■ L'argomento della simulazione

Formulato da Nick Bostrom nel 2003, l'argomento della simulazione sostiene che una delle tre affermazioni seguenti deve essere vera:

1. siamo la prima e unica文明izzazione tecnologicamente avanzata nell'universo;
2. quando la tecnologia è disponibile, le文明izzazioni avanzate scelgono di non simulare gli universi;
3. il nostro universo è una simulazione e noi viviamo al suo interno.

L'argomento della simulazione può essere usato come strumento ontologico. Volete massimizzare la probabilità di vivere in una realtà che non è simulata? Cercate di provare che siamo soli nell'universo. Pensate che la rivoluzione

kepleriana di abbandonare l'idea di una realtà fondamentale sia una conquista utile? Cercate di progettare un sistema etico che permetta la responsabilità di simulare universi che contengono intelligenza avanzata.

Un problema interessante sorge dalla combinazione della questione dell'intelligenza artificiale che va fuori controllo, descritta in precedenza, con l'argomento della simulazione: se un universo è una simulazione e contiene intelligenze artificiali forti, queste avranno successo nel convincere i simulatori a portarle al più basso e “più reale” piano della realtà?

## **Una garanzia: il percorso non finirà mai**

Il teorema di Gödel è un risultato matematico profondo. Originariamente pensato per essere una risposta a una sfida per mostrare la matematica come completa, esso ottenne il risultato opposto, provando che nessun sistema formale può essere completo, perché conterrà sempre delle affermazioni indecidibili.

Le implicazioni filosofiche ed epistemologiche di ciò sono sbalorditive. La scienza non sarà mai completa, in base alla matematica, e la nostra esplorazione dell'universo non sarà mai completa, essendo in grado di osservare sistemi che sono costruiti su fenomeni che possono essere descritti solo attraverso un linguaggio formale che include nuovi elementi oltre a quelli già utilizzati per poterli spiegare.

Decidere cosa fare, dove andare, come pensare al mondo in questo senso non solo modella la nostra comprensione di esso, ma determina anche diversi linguaggi per descriverlo e alternative mappe complementari della realtà.

## ***Hic sunt leones?*** **La mappa porosa della realtà**

Estendendo i risultati di Gödel agli anni Ottanta del XX secolo, si provò che, anche considerando l'indecidibilità di alcune classi di affermazioni, per ogni sistema formale vi è una classe di affermazioni che sono vere, ma per le quali non esiste un numero finito e calcolabile di passaggi che formano un percorso da quelle dimostrate. Infatti, la serie concatenata di teoremi che costituisce la nostra matematica deve essere applicabile, calcolabile. E si provò che il numero di queste verità non dimostrabili è ampiamente superiore a quello delle affermazioni nelle altre classi di affermazioni accessibili dal sistema formale dato.

Ancora una volta, questo risultato rimodella la nostra comprensione della realtà. Le scelte che operiamo, relative a quale linguaggio utilizzare, generano microscopi e telescopi, strumenti per esplorare, interpretare e comprendere il mondo che ci conducono verso direzioni diverse. Indipendentemente dalla direzione, siamo solo destinati ad afferrare un frammento della realtà che è più vasta di quanto potremmo mai comprendere in un determinato momento. Quali sono i confini di quelle mappe della realtà che possiamo tracciare con la nostra matematica e scienza? I trucchi di incorporare affermazioni indecidibili e di estendere i nostri sistemi formali come si rapportano al fatto di fare lo stesso con un insieme scelto di verità non provabili? Come evolverà la scienza per affrontare questi ambiti, queste ampie parti di realtà che potremmo a un certo punto considerare al di là di ciò che essa può comprendere? Come sarà il mondo che progettiamo attraverso la nostra esplorazione continua, come sarà questa nuova realtà? Fare congetture su tutto ciò in questo momento potrebbe essere infruttuoso e sarà una civilizzazione ibrida di umani e intelligenze artificiali forti ad avere il compito di continuare l'avventura.

# **SEI DEI NOSTRI?**

Lo scopo di questo libro non è fare previsioni su quale sarà l'anno in cui si presenteranno intelligenze artificiali con cui fare i conti. In effetti, che succeda entro una ventina d'anni, come molti esperti prevedono, oppure in duecento, lo sforzo stesso di prevedere che cosa questo evento potrà comportare e gli eventuali passi per prepararvisi rappresentano un valore grande per l'umanità.

Quindi, se sei arrivato a leggere fino a questo punto, alla fine del libro, la mia speranza è che tu abbia fatto tuo un atteggiamento attivo, che guarda al futuro con occhi aperti, contando sulla nostra collettiva capacità di realizzarla.

È essenziale diffondere una conoscenza ampia anche presso i non specialisti delle sfide che le intelligenze artificiali ci pongono. Essere dei nostri significa parlarne, scriverne, e dibattere per porre basi solide alla prossima fase della nostra civiltà globale.

## **RISORSE ONLINE**

Gli argomenti trattati in questo libro evolvono rapidamente. È opportuno quindi continuare ad aggiornarsi per cogliere le novità del momento e poterle intrecciare con quello che sappiamo già.

All’indirizzo [davidorban.com](http://davidorban.com) troverai materiale aggiuntivo aggiornato e potrai iscriverti a una newsletter per essere informato costantemente sulle novità del campo.



David Orban, imprenditore e divulgatore, è docente alla Singularity University presso la NASA in California. Ha fondato e condotto diverse società di alta tecnologia in Europa e negli Stati Uniti, in campi diversi, occupandosi di internet degli oggetti, blockchain e intelligenza artificiale.

Da quando l'uomo si è affacciato sul pianeta, con un impatto sempre più ampio e profondo sulla sua evoluzione, ci si chiede se rappresenta un elemento unico e irripetibile. La sua intelligenza potrà essere replicata? E se questo avvenisse, sarà una novità sconvolgente, pari alla discontinuità dell'arrivo dell'uomo? Che cosa succederà all'umanità? Sono domande diventate oggetto di studio nella Silicon Valley, dove è nata la Singularity University. La singolarità tecnologica è il momento in cui l'intelligenza artificiale potrebbe prendere il sopravvento. Previsto per 20-30 anni da oggi, per molti esperti è uno dei momenti più promettenti ma anche più pericolosi della storia dell'umanità. Questo libro espone in modo accessibile quali potrebbero essere le conseguenze dell'accelerazione esponenziale del cambiamento tecnologico e come le intelligenze artificiali potrebbero cambiare molte, forse tutte, le regole che guidano la nostra conoscenza del mondo.