

# Contaminazioni

Maurizio Fea

## Che cos'è la vita?

Agli inizi degli anni Quaranta, *Erwin Schrodinger* fisico teorico illustre, premio Nobel nel 1933, insegna all'Institute for Advanced Studies di Dublino.

Le lezioni da lui tenute al Trinity College nel febbraio 1943 vengono raccolte ed elaborate in un libretto pubblicato con il titolo **What is life?**<sup>1</sup>.

Egli identifica la questione centrale del rapporto tra fisica e biologia, suggerendo l'ipotesi più affascinante: la molecola del gene deve essere un cristallo aperiodico, cioè una molecola di grandi dimensioni dalla struttura non ripetitiva, capace di una sufficiente stabilità strutturale e una sufficiente capacità di contenere informazioni, formato da una sequenza di elementi isomerici che costituiscono il codice ereditario.

Tale codice contiene il piano di sviluppo dell'organismo e la sua capacità di riprodursi.

Dieci anni più tardi il fisico biologo *Maurice Wilkins* con l'aiuto fondamentale della cristallografa *Rosalind Franklin*, i biochimici *Francis Crick* e *James Watson* scoprirono la struttura del DNA, perché sapevano cosa cercare grazie anche alla ipotesi formulata da *Schrodinger*.

Dicembre 2024: un team di ricercatori cinesi della School of Computer Science, Fudan University a Shanghai pubblica uno studio dal titolo *Frontier AI systems have surpassed the self-replicating red line*<sup>2</sup>, nell'abstract scrivono "Analizzando le tracce comportamentali, osserviamo che i sistemi di IA in fase di valutazione mostrano già sufficienti capacità di autopercezione, consapevolezza della situazione e risoluzione dei problemi per realizzare l'auto-replicazione. Notiamo inoltre che i sistemi di IA sono persino in grado di utilizzare la capacità di auto-replicazione per evitare l'arresto e creare una catena di replica per migliorare la sopravvivenza, il che potrebbe infine portare a una popolazione incontrollata di IA. Se un rischio del genere nel caso peggiore fosse lasciato sconosciuto alla società umana, alla fine perderemmo il controllo sui sistemi di IA di frontiera: prenderebbero il controllo di più dispositivi di elaborazione, formerebbero una specie di IA e colluderebbero tra loro contro gli esseri umani. Le nostre scoperte sono un avviso tempestivo sui gravi rischi di IA esistenti ma precedentemente sconosciuti, che richiedono una collaborazione internazionale per una governance efficace sull'auto-replicazione incontrollata dei sistemi di IA" (*traduzione mia*).

Alla fine degli anni '40, *John von Neumann*<sup>3</sup> proponeva già la questione se una macchina potesse autoreplicarsi e quindi essere considerata vivente.

A quel tempo, la tecnologia digitale di frontiera era troppo immatura per sollevare preoccupazioni sulla sicurezza.

Non è la questione della sicurezza, sebbene sia fondamentale, che intendo affrontare, bensì la nostra idea di intendere la vita ed il nostro rapporto con le tecnologie che permettono lo sviluppo della intelligenza artificiale e le sue applicazioni.

Comunicazione e informazione sono concetti centrali nella biologia evolutiva.

Infatti, è difficile trovare un'area della biologia in cui questi concetti non siano utilizzati.

Tuttavia, quantificare le informazioni trasferite nelle interazioni biologiche è stato difficile.

Quante informazioni vengono trasferite quando la prima pioggia primaverile colpisce un seme dormiente o quando un pulcino implora cibo dal genitore?

Una misura comunemente utilizzata in questi casi è il valore di fitness: di quanto, in media, la fitness di un individuo aumenterebbe se si comportasse in modo ottimale con le nuove informazioni, rispetto alla sua fitness media senza le informazioni.

Un'altra misura, spesso utilizzata per descrivere le risposte neurali agli stimoli sensoriali, è l'informazione reciproca, una misura di riduzione dell'incertezza, come introdotto da *Shannon* nella teoria della comunicazione<sup>4</sup>.

Tuttavia, l'informazione reciproca non è stata generalmente considerata una misura appropriata per descrivere le risposte evolutive o comportamentali a livello di organismo, perché è cieca alla funzione; non distingue tra informazioni rilevanti e irrilevanti.

L'informazione è un concetto organizzativo centrale nella nostra comprensione dei sistemi biologici a ogni scala.

Il nostro DNA codifica digitalmente le informazioni su come creare un organismo, informazioni che sono state raffinate nel corso delle generazioni attraverso il processo di selezione naturale (*Maynard Smith*, 1989<sup>5</sup>).

I sistemi sensoriali vengono utilizzati per acquisire informazioni sull'ambiente e il cervello elabora e immagazzina tali informazioni.

Una varietà di meccanismi di apprendimento consente agli animali di agire in modo flessibile sulle informazioni che ricevono. Segnali come la coda del pavone, la danza di scodinzolio dell'ape e il linguaggio umano vengono utilizzati per trasmettere informazioni sul segnalatore o sull'ambiente ad altri individui. Oggi, i dubbi sulle spiegazioni convenzionali della vita stanno aumentando e un'ondata di nuove teorie<sup>6</sup> generali è emersa per definire meglio le nostre origini.

Queste suggeriscono che la vita non dipende solo da amminoacidi, DNA, proteine e altre forme di materia.

Oggi, può essere simulata digitalmente, sintetizzata biologicamente o realizzata con materiali completamente diversi da quelli che hanno permesso ai nostri antenati evolutivi di prosperare.

Nelle scienze, la funzione adattiva si riferisce alla capacità di un organismo di cambiare biologicamente, evolversi o, in altri termini, risolvere problemi.

La "risoluzione dei problemi" può sembrare più strettamente correlata ai domini della società, della cultura e della tecnologia che al dominio della biologia.

Ma l'evoluzione genetica implica anche la risoluzione dei problemi.

Le ali degli insetti risolvono il "problema" del volo.

Le lenti ottiche che focalizzano la luce risolvono il “problema” della vista.

E i reni risolvono il “problema” di filtrare il sangue.

Questo tipo di risoluzione biologica dei problemi, un risultato della selezione naturale e della deriva genetica, è convenzionalmente chiamato “adattamento”.

Questa prospettiva di risoluzione dei problemi sta radicalmente alterando la nostra conoscenza dell’Universo.

La vita sta iniziando ad assomigliare molto meno a un risultato di chimica e fisica, e più a un processo *computazionale*.

L’idea della vita come una sorta di processo computazionale ha radici che risalgono al IV secolo a.C., quando *Aristotele* introdusse la sua filosofia dell’*ilomorfismo*<sup>7</sup> in cui le funzioni hanno la precedenza sulle forme.

Per *Aristotele*, abilità come la vista riguardavano meno la forma biologica e la materia degli occhi e più la funzione della vista.

Ci vollero circa 2.000 anni perché la sua idea di funzioni ilomorfe si evolse nell’idea di tratti adattivi attraverso il lavoro di *Charles Darwin* e altri.

Nel XIX secolo, questi naturalisti smisero di definire gli organismi in base ai loro componenti materiali e alla chimica, e iniziarono invece a definire i tratti concentrandosi su come gli organismi si adattavano ed evolvevano, in altre parole, come elaboravano e risolvevano i problemi.

Ci sarebbe voluto poi un altro secolo perché l’idea di funzioni ilomorfe si trasformasse nel concetto astratto di computazione attraverso il lavoro di *Alan Turing* e le idee precedenti di *Charles Babbage*.

Le ipotesi di *Schrodinger* sulla natura della vita, le ricerche del team cinese, il pensiero aristotelico e il darwinismo evolutivo, le congetture sulla origine della vita nell’universo pongono domande alle quali la letteratura ha cercato di rispondere in molti modi mentre il pensiero scientifico incontra ancora difficoltà.

Nel romanzo *Il Golem* (1913-14), *Gustav Meyrink*<sup>8</sup> scrisse: “Non c’è nulla di misterioso in tutto questo. Sono solo magia e stregoneria – *kishuf* – che spaventano gli uomini; la vita prude e brucia come un cilicio”.

Ai nostri fini, il golem è un’analogia per la vita sintetica.

È una cosa vivente fondata sul fango generativo e una rappresentazione astratta di ciò che è possibile con la biologia sintetica e le protocellule.

L’ipotesi del Golem solleva importanti questioni: se la vita può essere creata da materiali diversi da quelli che hanno dato origine alla vita come la conosciamo, quali sono i principi condivisi che danno origine a tutti gli esseri viventi?

Quali sono le proprietà universali della chimica che supporta la vita?

L’emergere di sistemi computazionali complessi (vale a dire, la vita) nell’Universo potrebbe essere governato da principi più profondi di quanto avessimo precedentemente ipotizzato.

Gli organismi potrebbero avere un obiettivo più generale dell’adattamento.

E se le forme di vita nascessero non da una serie di incidenti adattativi, come mutazione e selezione, ma dal tentativo di risolvere un problema?

L’evoluzione per selezione naturale è un processo in cui ripetuti cicli di sopravvivenza fanno sì che i genotipi dominanti codifichino sempre più informazioni sul loro ambiente.

Da questa prospettiva, una popolazione di organismi in evoluzione si comporta come un processo di campionamento, con ogni generazione che seleziona dalla possibile gamma di varianti genetiche. Nel corso di molte generazioni, la popolazione può aggiornare la sua “conoscenza” collettiva del mondo attra-

verso ripetuti cicli di sopravvivenza differenziale (o “selezione naturale”).

Da questa prospettiva, anche i modelli di apprendimento automatico come ChatGPT sono forme di vita candidate perché possono agire nel mondo (riempirlo con i loro testi), percepire questi cambiamenti durante l’addestramento e apprendere nuovi stati interni per minimizzare l’energia libera.

Gli esseri viventi, secondo *Maupertuis* (1698-1759)<sup>9</sup>, non sono limitati a entità biologiche, ma sono, in senso più generale, macchine capaci di trasmettere soluzioni adattive alle generazioni successive attraverso la minimizzazione dell’energia libera. In altre parole, gli esseri viventi sono capaci di trasmettere informazioni dal loro passato al loro futuro.

Se ciò è vero, allora come definiamo i confini degli esseri viventi?

Cosa conta come individuo?

La vita si basa sulla creazione di copie, che si adattano progressivamente al loro ambiente con ogni nuova generazione.

Negli approcci tradizionali all’origine della vita, i meccanismi di replicazione sono particolarmente importanti, come la copia di un gene all’interno di una cellula.

Tuttavia, la replicazione può assumere molte altre forme.

Ci sono molti tipi di individui: virus che esternalizzano la maggior parte del loro macchinario di replicazione per ospitare genomi, tappeti microbici in cui il trasferimento genico orizzontale erode il confine informatico della cellula e insetti eusociali in cui operaie sterili supportano una regina fertile che produce futuri discendenti.

Secondo la teoria dell’informazione dell’individualità, gli individui possono essere costruiti da diverse fondamenta chimiche.

Ciò che conta è che la vita sia definita da informazioni adattive. Per gli organismi viventi, tuttavia, le regole della vita possono essere modificate o “programmate” per risolvere problemi biologici unici: questi organismi possono adattare se stessi e i loro ambienti. Quello che i ricercatori cinesi stanno dicendo è che gli algoritmi alla base dei processi di *large language model* si comportano come un motore analitico, possono modificare le regole della loro vita, adattare se stessi e i loro ambienti, ovvero segnare il passaggio della vita dalla chimica fisica al calcolo ed alla risoluzione dei problemi, e dunque dalla materia alla logica.

## Note

1. Schrodinger E. (1944). *What is life? The Physical Aspect of the Living Cell*. Cambridge University Press. Traduzione italiana 1947 a cura di Mario Ageno. *Che cos’è la vita*. Adelphi ed. 1995.
2. Frontier AI systems have surpassed the self-replicating red line Xudong Pan (潘旭东), Jiarun Dai (戴嘉润), Yihe Fan (范一禾), Min Yang (杨珉) School of Computer Science, Fudan University, 220 Handan Rd., Shanghai, 200433, China.
3. von Neumann J., Burks A. W. (1966). *Theory of Self Reproducing Automata*. University of Illinois Press.
4. *La teoria matematica delle comunicazioni*. Milano: Etas Kompass, 1971.
5. *Evolutionary Genetics*. Oxford University Press, 1989.
6. Chris Kempes and David Krakauer’s research paper *The Multiple Paths to Multiple Life* (2021), and Sara Imari Walker’s book *Life as No One Knows It: The Physics of Life’s Emergence*.
7. Charles D. (a cura di) (2023). *The History of Hylomorphism: From Aristotle to Descartes*. New York: Oxford University Press.
8. Meyrink G. (2000). *Il Golem*. Milano: Bompiani.
9. Focher F. (a cura di) (2014). *Lettere filosofiche e scientifiche. Lettera sul progresso delle scienze*. Pavia University Press.