

La Cultura

1903

Lorenzo Perilli

Coscienza artificiale

Come le macchine pensano e trasformano
l'esperienza umana

ilSaggiatore

Sommario

Prologo	15
Preambolo	21
PARTE I Il destino dell'umano	
1. Il paradigma rovesciato	25
2. La domanda fondamentale	27
3. Obiettivi, non processi	29
4. Una nuova prospettiva per l'uomo nel mondo	31
5. Principio di azione matematica autonoma	36
Addendum al § 5: Che cos'è un algoritmo	38
6. Il mondo come rappresentazione	43
7. Le non-cose e la perdita della mano	46
8. Rappresentazione del linguaggio e omologazione culturale	49
9. Verso un'unica cultura universale	51
10. La nuova torre di Babele	55

PARTE II Vita, intelligenza, coscienza delle macchine algoritmiche

11. Uno schema eptadico, ovvero: le sette fasi della costruzione del mondo	61
12. Deep learning	64
13. Qubit	66
14. Reti di sensori	69
15. Vedere con l'udito	72
16. Intelligenza artificiale (IA)	75
17. IA: un ambiguo trionfo	77
18. Definire la IA: il teorema di Tesler	79
19. IA: il mondo a una dimensione	82
20. «Riesco a vedere un momento nel futuro...»: la predizione di Butler-Shannon	84
21. Intelligenza computazionale	86
22. La logica interna del cervello	88
23. Metafore del vivente	92
24. Vita e nonvita. Parte 1	94
25. Vita e nonvita. Parte 2	97
26. Vita e nonvita. Parte 3	100
27. La Genesi digitale	102
28. Fenomeni biologici e fenomeni bionumerici	104
29. Vita e nonvita. Parte 4	107
30. La macchina bambino	109
31. La differenza tra decisione e scelta: il dubbio di Weizenbaum	112
32. Decidere nel gioco della guerra	115

33. Il colpo di genio di McCarthy	117
34. La libertà di essere un piolo rotondo in un buco quadrato	120
35. L'etica della magia	121
36. Chi fa e chi guarda	124
37. Sistemi linguistici per macchine intelligenti	126
38. <i>Deep reasoning</i> : la macchina impara a ragionare	129
39. La coscienza artificiale (CA). Parte 1	131
40. La coscienza artificiale. Parte 2	133
41. La coscienza artificiale. Parte 3	136
42. Telepatia e lettura del pensiero	140
43. La coscienza artificiale. Parte 4	143
44. Il tempo stringe: il monito di Wiener	146
45. È davvero questa la coscienza?	148
46. Un'altra idea di coscienza	150
47. Soggetto, oggetto, percezione del mondo. Parte 1	152
48. Soggetto, oggetto, percezione del mondo. Parte 2	155
49. Il cervello e l'esperienza del mondo	157
50. La forma duale delle cose	159
51. Il mondo è una partita di Go, ma giocare non ha più senso	164
52. «Gli esseri umani sembrano ridondanti»	167
53. L'algoritmo MuZero	170

PARTE III La gabbia d'acciaio della razionalità capitalistica

54. Il rapporto uomo-mondo nel pensiero algoritmico	175
55. Algoritmi e mondo della vita	177
56. Contro la meritocrazia	181

57. Il capitalismo, il camionista e le rose	182
58. La liberazione dal predominio della mediocrità	184
59. Capitalismo, meritocrazia, algoritmizzazione	186
60. La gabbia d'acciaio della razionalità	189
61. Processo Bokanovsky e IA	191
62. L'uomo, il processo, l'errore	193
63. Umani digitali e umani biologici	195
64. Una tecnologia che modifica psiche e cervello	199
65. Il computer impara a parlare	201
66. Un linguaggio senza ragionamento	204
67. Potere di condizionamento	207
68. Dalla parola scenica alla parola generatrice di immagini	209
69. Il sogno più antico dell'uomo	213
70. Il lavoro crea l'uomo	216
71. La natura contro di noi	219
72. Il moderno Prometeo e l'immaginario dell'Ottocento	221

PARTE IV Potere, controllo, libertà

73. Comunità, identità, stabilità	227
74. IA, cloud e totalitarismo	230
75. Amare la propria schiavitù	232
76. Libertà o democrazia: la scelta	234
77. Diritti, doveri e anima umana	237
78. La tecnica e la tradizione dell'Occidente	240
79. Un incolmabile divario sociale	242
80. Vivere nel Panopticon	244

81. Panopticon e Datacenter	247
82. Meno perfezione, più libertà	250
83. Efficientismo e ricerca di senso	252

Appendice

Breve e ottimistico viaggio tra le promesse della nuova medicina	255
--	-----

A1. Magnifiche sorti e progressive: la rivoluzione	257
--	-----

A2. Tumori e sistema immunitario	259
----------------------------------	-----

A3. I mattoni del corpo e il loro ritratto	261
--	-----

A4. Fisiologia umana virtuale	263
-------------------------------	-----

A5. Il nuovo medico e il suo assistente	266
---	-----

Epilogo	269
---------	-----

<i>Note complementari e integrazioni bibliografiche</i>	271
---	-----

<i>In margine: una nota etimologica</i>	301
---	-----

<i>Indice dei nomi</i>	303
------------------------	-----

Coscienza artificiale

I sapienti dei popoli delle epoche passate concordano sul fatto che, se ci venisse concesso un potere commisurato alla nostra volontà, è probabile che ne faremmo uso in modo sbagliato piuttosto che giusto, in modo stupido piuttosto che intelligente.

NORBERT WIENER, 1949

And I was frightened. He said, Marie,
Marie, hold on tight. And down we went.

T.S. ELIOT, *The Waste Land*, 1

Prologo

Le persone che siamo stati si perdono piuttosto che realizzarsi in quel che diventiamo.

JOHN COWPER POWYS

Olanda, dicembre 1966. Un giorno come gli altri. Sulla Torenlaan, una strada della elegante Blaricum non lontano da Amsterdam, un'automobile procede spedita nonostante la scarsa illuminazione. Un uomo piuttosto anziano, sollecitato dalla moglie, si avvolge in una coperta grigia per cavalli, apre la porta di casa per portare ai suoi vicini dei regali e celebrare, un po' contro voglia in verità, il tradizionale scambio di doni di Sinterklaas, un San Nicola molto amato tra quelle nebbie. Appena il tempo di alzare lo sguardo, neppure quello di capire, che l'auto lo colpisce con violenza sufficiente a sbalzarlo sull'altra corsia, dove altre due vetture a loro volta lo travolgono. Morire investito da tre auto procedenti in direzioni opposte.

Se solo avesse potuto commentarla. È da credere che Bertus Brouwer sarebbe stato entusiasta delle modalità della sua morte.¹ Forse ne avrebbe scritto. La brillante mente matematica, perennemente accompagnata da profonde inquietudini, aveva fatto di quest'ottimo conoscitore di greco e di latino il padre dell'intuizionismo, la teoria secondo cui numeri, teoremi, assiomi, insomma i costituenti essenziali della matematica, sono creati da quell'attività della mente che chiamiamo intuizione. Ma Brouwer si era anche speso per negare la validità di uno dei più saldi principi della logica antica e moderna, quello del terzo escluso – *tertium non datur*, ovvero delle due l'una, e non si dà una terza possibilità. Aveva dimostrato così, nei fatti e sacrificando se stesso, che Aristotele sbagliava:

date due auto che procedono in direzione opposta l'una dall'altra in corsie diverse, si può essere investiti dall'una o dall'altra. Ma anche da entrambe.

La morte di Brouwer rispecchia anche l'altro obiettivo dell'intera sua vita, fatta di studi e di pensieri ossessivamente ricorrenti: mostrare *come la matematica si radichi nella vita*. Era questo che, ancora venticinquenne, aveva scritto al suo supervisore di dottorato Diederik Korteweg, illustre professore di matematica, meccanica e astronomia ad Amsterdam. Convinzione che è oggi capovolta: è la vita a radicarsi nella matematica, in una matematica nella sua forma più potente. Quella di algoritmi combinati a capacità potenzialmente infinite di calcolo.

Sembra paradossale che proprio la matematica, quella forma di conoscenza che per Platone, ma in qualche modo anche per Dedekind, si trovava a metà strada tra l'uomo e il dio, si sia fatta così minacciosa. Si sia fatta strumento per chi vuole controllare, delle nostre vite, ogni momento. Ogni decisione. Ogni interazione. Tramutandosi in un'algoritmica, e affidandosi agli strumenti offerti dal mondo digitale, la matematica, la scienza dei folli – e come i folli vicina appunto al divino –, è stata imbrigliata. Domata nel momento della più grande vittoria. Ha perso la libertà, quella libertà che la svincolava dal determinismo funzionalistico e la faceva gioia intellettuale ed estetica. Interpretazione e descrizione del reale. Non è un caso che il pessimismo delle conclusioni di Brouwer sul rapporto tra matematica, intelletto e vita fosse radicale, e che nei suoi anni giovanili egli avesse anzi auspicato «l'abolizione e la liberazione da tutta la matematica». Anche Paul Ehrenfest, matematico e fisico morto suicida il 25 settembre 1933 a cinquantatré anni (dopo aver sparato un colpo in testa al figlio disabile), aveva espresso di fronte agli sviluppi della fisica quantistica la sua disillusione per «il flagello della matematica» che, concentrata com'è su tecniche e procedimenti astratti, «annienta ogni potere dell'immaginazione». Qualcosa non doveva averli convinti nel passaggio della matematica dalla comprensione e descrizione del mondo all'azione sul mondo. Qualcosa, nei nuovi strumenti di cui poteva disporre, ne aveva cambiato la natura.

Di fronte agli sviluppi di una scienza degli algoritmi, e di una scienza fatta da algoritmi, a cui seppure involontariamente proprio le riflessioni e «intuizioni» di Brouwer contribuirono, e di fronte agli sviluppi di una scienza del calcolo aiutato da macchine digitali, il matematico olandese sarebbe rabbrivito. Come anche sarebbe rabbrivito – lui che riteneva che la logica nulla avesse a che fare con la matematica, con la *sua* matematica fatta di intuizioni a priori e indipendente dall'esperienza – nel vedere come invece proprio la combinazione di alcuni risultati del suo lavoro con quelli della logica simbolica portata avanti negli stessi anni avrebbe consentito alle macchine di rendersi autonome e, invece che liberare l'uomo dalla matematica, liberare la matematica dall'uomo.

Ma questa vittoria della matematica, di una matematica che, pur nata dall'oscurità di un mondo a noi ormai inaccessibile e ignoto e forse nascosto nelle profondità del sacro, si presenta come regno ed espressione di un coerente e immutabile rigore consequenziale, potrebbe ritorcersi contro i vincitori, il giorno in cui si scoprisse che la profondità dell'uomo non è poi così razionale, non è fatta di 1 e di 0 e d'incontestabili regole logiche, e prima di soccombere definitivamente vorrà ribellarsi con la violenza incontrollata d'un cane preso alla sprovvista nel sonno, quando azzanna senza guardare la mano che lo nutre.

Ho deciso di scrivere queste pagine dopo aver ripetutamente constatato nei miei interlocutori, abituali e occasionali, quella che mi è parsa una sorprendente mancanza di consapevolezza di quanto va accadendo in termini di novità tecnologiche e del loro impatto sulla nostra vita pubblica e privata. Finora, avevo accolto con desolata rassegnazione il rifiuto di molti di prendere coscienza di quel che significano i sistemi di tracciamento e di controllo algoritmico in un mondo fatto di *big data*, la perdita di ogni forma di privacy, lo stordimento e l'esibizionismo sfrenato permessi e sollecitati dai social media, il controllo da parte dei governi, insomma il mondo raccontato da Edward Snowden in *Errore di sistema* e reinventato da Dave Eggers in *The Circle*. Ma il cambiamento determinato dal definiti-

vo imporsi della «intelligenza artificiale», quello no, era cosa troppo grossa per poterla ignorare.

Tornando un giorno a casa dal mio Istituto dopo l'ennesima, deludente conversazione sulla proposta di inaugurare un percorso di studi avanzati sul pensiero algoritmico, mi tornava in mente la frase di Joseph Weizenbaum che si ritrova citata più avanti nel testo: «La maggior parte delle persone non capisce niente dei calcolatori, neanche a un livello infimo. Così, a meno che non siano dotate di un enorme scetticismo, esse possono spiegare gli atti intellettuali del calcolatore solo utilizzando l'unica analogia che hanno a disposizione, cioè il loro modello delle proprie capacità di pensare».

Pur essendo di professione filologo classico, e storico del pensiero scientifico e filosofico, mi è capitato di occuparmi di ambiente digitale fin dal tempo degli studi, e di tenere per molti anni corsi di introduzione all'informatica umanistica, credo a partire dalla fine degli anni novanta. Qui, a ogni nuovo inizio di corso, mi aspettavo di trovare studenti – si trattava pur sempre di universitari! – che avessero una certa maggiore familiarità con computer e software rispetto a coloro che li avevano preceduti. Con il diffondersi della rete internet e soprattutto del web di Tim Berners-Lee, poi con i telefoni cellulari e infine con smartphone, smartwatch, tablet, entravo in aula immaginando di trovare studenti che ne avrebbero saputo ormai più di me. Niente di più sbagliato. Più passava il tempo, meno avevano idea finanche delle azioni più elementari che pure compivano su quei congegni. Un tratto comune a tutti era la totale passività con la quale usavano i loro dispositivi. Davvero credevano che si applicasse al computer e al mondo digitale la stessa logica secondo cui per guidare un'auto non c'è bisogno di sapere com'è fatto un radiatore o come funziona l'impianto di alimentazione. Lo sfioramento del dito su uno schermo capacitivo, e il gioco è fatto.

Ho smesso di tenere quei corsi, e ho smesso di interessarmi di digitale. Fino a oggi.

Il testo si basa su tre convinzioni essenziali: 1) che l'unica possibilità di capire la portata della rivoluzione in corso è quella di definire i

concetti e correlare tra loro i diversi ambiti in cui la ricerca sta facendo progressi smisurati, ambiti che troppo spesso vengono guardati isolatamente perdendone così l'effettiva importanza e il potenziale impatto; 2) che la rivoluzione in corso lascerà, sta già lasciando, un segno indelebile su tutti gli aspetti della nostra vita individuale e associata: l'interazione tra individui, lo sviluppo delle capacità cognitive dell'uomo, la struttura neurale del cervello, il sistema politico, la struttura capitalistica della società, il lavoro, l'insegnamento, la comunicazione e l'informazione, la nozione di vero/falso, il libero arbitrio, la nozione stessa di umano e di macchina; 3) che oggi più che mai è urgente superare, come auspicava molti decenni fa Charles Percy Snow, le distanze tra *le due culture*, scienza e cultura umanistica, e recuperare l'antica unità del sapere, se vogliamo capire il mondo nuovo.

Io non intendo dire che si debba o non si debba temere l'IA. Che l'IA sia intelligente o non sia intelligente. Che sia cosciente o non sia cosciente. Non è questo il punto. Il punto è che noi tendiamo a adattare il nostro concetto di intelligenza, il nostro concetto di coscienza, a quel che le macchine algoritmiche fanno o non fanno fare. Stiamo progressivamente ma rapidamente modificando le nostre categorie. Noi, oggi, siamo o non siamo intelligenti nella misura in cui sappiamo fare o non fare quel che fa la macchina. Ora, poiché la macchina, se fa le nostre stesse cose, le fa certamente meglio, è bene che quelle cose le lasciamo fare alla macchina. Poiché la macchina è intelligente, le cose che fa sono frutto di intelligenza. Poiché le fa meglio di quanto le faremmo noi, è più intelligente di noi.

Si può, si deve però sospettare che avesse ragione Roger Penrose, o almeno lo possiamo sperare: che cioè, sebbene si possa immaginare che i singoli processi dell'intelligenza, e anche i singoli processi mentali, e anche i singoli processi che portano al costituirsi della coscienza, possano essere formalizzati e riprodotti per via algoritmica, né l'intelligenza, né la mente, né la coscienza sono rappresentabili semplicemente come la somma di tali singoli processi. Che il tutto non sia la somma delle parti.

Ecco qui dunque il tentativo, che so essere ora ingenuo ora inevitabilmente superficiale, ma spero non troppo inesatto e magari non del tutto inutile, di tirare le fila, confidando di sollecitare, non dico una presa di coscienza, ma almeno quella naturale curiosità che da sempre motiva l'uomo a guardarsi intorno e a interrogarsi, su se stesso, sul proprio destino, sul mondo. E che dovrebbe portarci oggi a guardare al nuovo sé, al nuovo destino, al mondo nuovo.

Roma, dicembre 2024

Preambolo

NIRMATA

Def. [*Nir·ma·ta*]

*n.*¹ [Nepalese for *the Creator*] The mysterious unknown architect of advanced A.I.

² A being worshipped by Artificial Intelligence as their creator; savior; God.*

* NIRMATA Def. [*Nir·ma·ta*] *n.*¹ [in Nepalese: *il Creatore*] Il misterioso, ignoto architetto della IA avanzata. ² Un essere venerato dalle Intelligenze Artificiali come il loro creatore; salvatore; Dio.¹

PARTE I

Il destino dell'umano

Mi piacerebbe pensare che ci sia una sorta di riposo autunnale in quello che sto facendo. Sarebbe bello se ciò che facciamo comportasse la possibilità di un certo grado di perfezione, di ordine non puramente tecnico, ma spirituale.

GLENN GOULD

1. Il paradigma rovesciato

L'approccio algoritmico alla realtà cambia il nostro rapporto con il mondo. Con le cose. Stiamo entrando in una nuova epoca, dalla quale non si tornerà indietro.

Con la IA, oggi, non cambia solo il gioco: cambiano anche i protagonisti del gioco e i loro rapporti. Si invertono i ruoli. La IA ha una implicazione che nessuna delle svolte che hanno caratterizzato la storia dell'uomo ha mai avuto: *rovescia il rapporto tra soggetto e oggetto*. Il soggetto diventa passivo, l'oggetto diventa attivo. Il rapporto tra soggetto e oggetto non è più contrassegnato da una linea di demarcazione e da ponti che favoriscano comunicazione e interazione. Esso assume carattere ibrido, in cui i processi algoritmici devono essere considerati come azioni *autonome* di un oggetto che possono avere esiti tanto concreti quanto quelle dell'uomo. Gli algoritmi di IA costituiscono così il nucleo di una nuova logica dell'oggetto, che governa un agire indipendente dall'uomo ma diverso da quel libero arbitrio che all'uomo la filosofia e la religione hanno assegnato. Questa logica permea oggi ogni ambito della vita associata, che da essa dipende in misura sempre maggiore.

Gli algoritmi,¹ usciti dalle confortevoli pagine degli *Elementi* di Euclide e da quelle dell'ottimo Eudosso di Cnido e fattisi strumento delle macchine digitali, possiedono una intrinseca capacità di azione basata su decisioni autonome prese come reazione a stimoli esterni, che li rende diversi da ogni altra invenzione dell'uomo: mai, finora,

ci siamo trovati di fronte a una così radicale ridefinizione del nostro ruolo nel mondo. Mai, finora, la domanda «Che cos'è l'uomo?» era stata così profondamente sollecitata non dalla riflessione metafisica o antropologica o religiosa, né dalla scienza, ma dalla tecnologia.

2. La domanda fondamentale

«Che cos'è l'uomo?» è stata la domanda fondante di ogni religione, di ogni filosofia. L'abbiamo costituita in disciplina a sé, l'antropologia. L'inesausto interrogarsi dell'uomo sulla natura, il cielo, le stelle, sulla vita e la morte e il destino non è altro che un indagare se stesso. *Quid est homo?*, chiede il Salmo ottavo. E sessant'anni fa, in un mondo che sembrava già così nuovo e così diverso, il Concilio Vaticano II si concludeva ribadendo che «di fronte all'evoluzione attuale del mondo diventano sempre più numerosi quelli che si pongono o sentono con nuova acutezza gli interrogativi più fondamentali: "Che cos'è l'uomo?"».¹

Quali sono, se esistono, i nostri veri bisogni, qual è la vita a cui aspiriamo? Esiste ancora una «comunità di destino», come l'hanno voluta chiamare i filosofi?² Costruiremo una nuova antropologia? È un'esplorazione impervia e senza fine, come salire la cima di una montagna e non arrivare mai.

La IA ci sfida ora a ridefinirci – non la IA in sé, ma il modo in cui ha fatto la sua irruzione nella società, e il suo sommarsi a una serie di altre ambizioni che parallelamente vedono avvicinarsi il giorno della propria realizzazione. Lo fa nei termini di uno scientismo efficientista, gli unici che le siano propri. Ci chiede di farci soggetto *passivo*. Mentre essa diventa oggetto *attivo*. Qualche intellettuale si interroga, ci tranquillizza spiegando che sì, una macchina algoritmica associa-

ta a una stampante 3D e ai necessari ingredienti – che avrà provveduto a ordinare da sé – potrà produrre facilmente pietanze prelibate, ma a consumarle saremo pur sempre noi, poiché né l'algoritmo né la macchina sanno godere di ciò che producono.

Da *homo faber*, autore ciascuno del proprio destino, parte attiva nel mondo, creatore, artigiano nel senso più nobile della parola – nel senso, platonico, di *demiourgos*, *artifex* – saremo dunque osservatori, fruitori, consumatori. *Homo spectator*. Dal salotto di casa, con il solo uso della voce o del pensiero, governeremo i processi, ogni processo, che qualcun altro svolgerà per noi. Fingeremo di esistere.

3. Obiettivi, non processi

La logica che sottosta all'agire della IA è una logica puramente efficientista. Essa si concentra unicamente sul risultato. Fare meglio, fare prima, fare di più.

Trattandosi di macchine, nulla conta, per noi, il processo che conduce a quel risultato. Del resto, quando si fa un calcolo con una macchina calcolatrice meccanica – che ha sostituito i *computer* del Settecento e dell'Ottocento, cioè persone particolarmente abili a effettuare calcoli a mente e pagate per questo, generalmente donne –, non si va certo a guardare come girano le ruote dentate e come agiscono le leve, a guardare cioè il processo attraverso cui la macchina raggiunge il risultato e lo stampa sulla sua strisciolina di carta. Ma poiché si tratta di macchine che svolgono compiti che prima svolgeva l'uomo, quel processo è utilmente sottratto all'uomo.

Nel 1970, uno dei padri della IA, Marvin Minsky, parlando di un robot costruito a Stanford, disse in un'intervista alla rivista *Life*: «Di qui a tre o otto anni, avremo una macchina dotata della stessa intelligenza generale dell'essere umano medio». Una tale macchina sarebbe stata in grado di leggere Shakespeare, lucidare un'automobile, occuparsi delle politiche aziendali, raccontare una barzelletta e litigare. A quel punto, la macchina inizierà a addestrare se stessa a una velocità incredibile. In pochi mesi raggiungerà il livello di genio e, qualche tempo dopo, i suoi poteri saranno incalcolabili.

È stato necessario qualche decennio, invece che pochi anni, e ora,

come vediamo accadere giorno dopo giorno, le macchine sono in grado di svolgere meglio e più rapidamente degli uomini quasi tutte le funzioni che finora ritenevamo peculiari dell'uomo, non solo quelle meccaniche e ripetitive, che possono essere facilmente sostituite da procedure automatiche o eseguite da robot, ma anche quelle che lo caratterizzavano come tale, come per esempio il linguaggio, il ragionamento e le procedure matematiche. Persino riconoscere le emozioni tradite dal volto di chi ci parla riesce meglio usando sistemi di *affective computing* che non nella interazione tra esseri umani.¹ Se dunque tutte queste funzioni, che consideriamo funzioni superiori che distinguono l'essere umano dagli altri viventi, possono essere svolte ben più efficacemente da una macchina, e i processi umani che a esse conducono sono perduti perché superflui, che cosa resta dell'uomo? «Amore, speranza e disperazione» disse lo psicologo Frank Rosenblatt al *New Yorker* presentando nel 1958 il Percettro-ne, il primo esempio di rete neurale (nell'epoca delle schede perforate!) ispirata ai sistemi biologici e implementata su un computer IBM grande quanto una parete.

4. Una nuova prospettiva per l'uomo nel mondo

Il mondo che, nella figura 1, ChatGPT vede ruotare intorno a se stesso, è potente metafora del radicale rivolgimento che ci accingiamo a vivere. La misura delle cose è sempre meno demandata alla mente e al corpo dell'uomo e sempre più affidata a rappresentazioni e strumenti che, avviati da noi, diventano progressivamente altro da noi. L'uomo era sempre stato, almeno fino a oggi, al centro del mondo in quanto strumento di relazione (*logos*) tra le sue parti, punto d'intersezione delle diverse dimensioni dello spazio. In quanto tale egli è misura, *metron*. L'idea di *homo mensura* del sofista Protagora, che aveva affascinato Platone e Leonardo e che voleva «l'uomo misura di tutte le cose», diventa così una messa in relazione.¹ È la relazione che permette di dare ordine al mondo, classificarlo, organizzarlo, infine comprenderlo. Misurandolo. Il molteplice del mondo fisico e biologico, con la sua eterogeneità, non ha un senso in sé, ma lo riceve nella nostra mente, è nella nostra mente che esso prende una direzione, un orientamento, una strutturazione che poi, nel mondo aristotelico in cui ci piace immaginare di vivere, sarà detta «causale».

Essere *misura* è in realtà il privilegio dell'uomo, di ogni uomo, che, già nella fase del pitecantropo, si definisce innanzitutto come *erectus*. La sua verticalità diventa il punto di riferimento per l'orientamento nello spazio. Da sempre, la posizione dei punti e delle direzioni nello spazio si determina infatti a partire dalla posizione del corpo dell'osservatore. La posizione verticale dell'uomo «genera lo

Figura 1: Come ChatGPT vede l'interazione tra sé e il mondo.



Figure 1-2: Come cambia il rapporto tra l'uomo e il mondo: dalla centralità dell'uomo alla centralità del microprocessore, strumento da cui dipende ogni attività dell'uomo associato, che si limita a guardare dall'esterno.

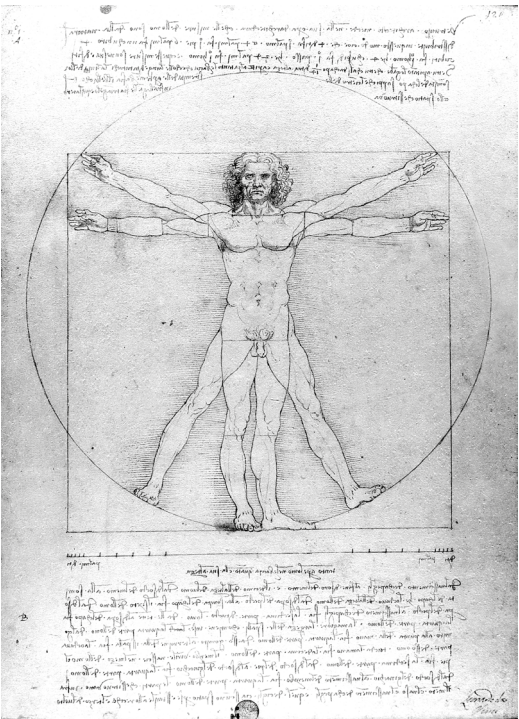


Figura 2: *L'uomo vitruviano* di Leonardo da Vinci. L'uomo al centro del mondo come unità di misura.

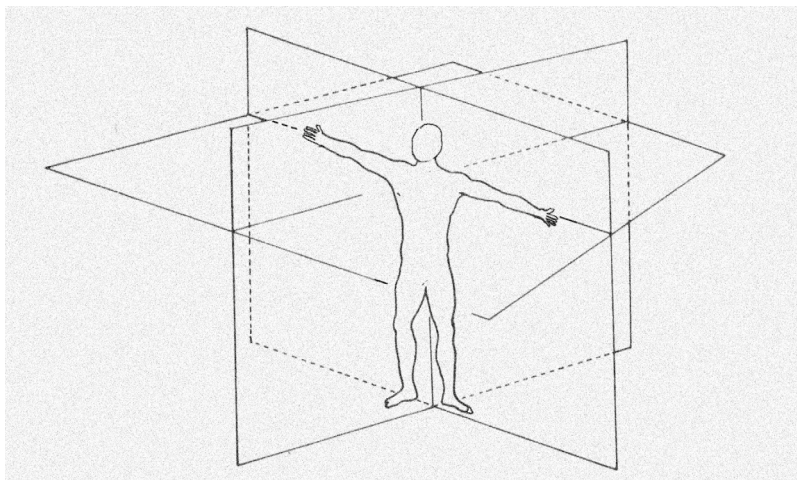
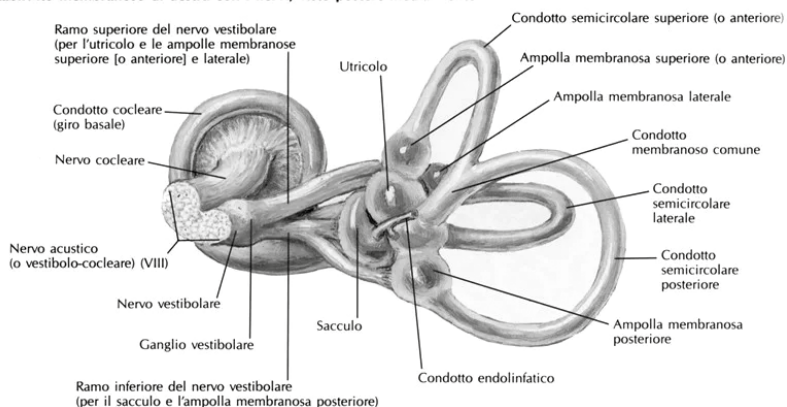


Figura 3: Il soggetto al centro delle linee di intersezione dei piani dello spazio.

spazio», diceva Giorgio Cardona,² e generandolo ne occupa la posizione centrale: le coordinate spaziali (davanti e dietro, sopra e sotto, destra e sinistra, vicino e lontano) sono *relative al soggetto*, che occupa il punto centrale delle linee di intersezione dei tre piani verticali, orizzontale e sagittale, così come, nel sistema vestibolare umano, in ogni labirinto dell'orecchio sono presenti tre canali semicircolari orientati nei tre piani dello spazio, che rispondono alla tridimensionalità del mondo e sono ortogonali l'uno rispetto all'altro.

Anche nella Roma antichissima, quella dei re, per sancire lo status regale era necessario un rito, detto *inauguratio*, che prevedeva preghiere, definizione del campo visivo, individuazione dei segni da interpretare. Nel definire il campo visivo, l'augure usava il proprio corpo, rendendo ogni definizione relativa e non assoluta: destra e sinistra dell'augure erano identificate con oriente e occidente; lo spazio nel suo complesso, l'orizzonte, si delimitava (come tuttora si delimita) con un'operazione prettamente mentale («ha tracciato i confini nel suo animo» dice Tito Livio, *animo finivit*), mentre una linea tracciata sul terreno separava poi fisicamente oriente da occidente, come già nel rito etrusco.

Lo spazio dunque non esiste in quanto tale ma esiste in relazione.

Labirinto membranoso di destra con i nervi, visto postero-medialmente**Figura 4:** Apparato vestibolare umano (da *Atlante di anatomia umana* di Frank H. Netter).

Ciò significa, scrive Cardona, che «la nostra possibilità di orientarci nello spazio è proiettiva», che le direzioni non sono che virtualità conoscitive. L'antico principio di Protagora può essere preso alla lettera, per dire la scala alla quale si rapporta la misurazione di ogni cosa («a misura d'uomo»), la distanza, la prossimità, la posizione; per dire che il corpo con le sue singole parti è l'unità di misura, e infatti la distanza e la dimensione si misurano in piedi, braccia, spanne, palmi, e la posizione centrale è identificata come ombelico.

Lo *spatial computing*,³ delle cui meraviglie si dirà meglio, virtualizza ora lo spazio e l'azione. Sancisce riti radicalmente nuovi, simboleggia il cambio della prospettiva da cui guardiamo il mondo e il modo in cui con esso entriamo in contatto. Cambiando, così, la nostra mente.

C'è uno spazio che ci parla attraverso la coscienza, e c'è uno spazio che ci parla attraverso la dimensione dell'inconscio. La natura che parla alla cinepresa, dice Walter Benjamin parlando del cinema, è diversa da quella che parla all'occhio. «Diversa specialmente per il fatto che al posto di uno spazio elaborato dalla coscienza dell'uomo interviene uno spazio elaborato inconsciamente.»⁴ Nel cinema, il primo piano ci ha fatto conoscere particolari che non avremmo mai colto altrimenti, ci ha permesso di ampliare la nostra comprensione

dello spazio, delle cose, delle persone; lo spazio si è dilatato, e si è dilatato il movimento con la ripresa al rallentatore. Entrambi portano ogni volta alla luce formazioni strutturali della materia o motivi del movimento completamente nuovi, e non si limitano a far apparire più chiaramente elementi comunque già noti. Il cinema ha aperto le porte del carcere che erano «le nostre bettole e le vie delle nostre metropoli, i nostri uffici e le nostre camere ammobiliate, le nostre stazioni e le nostre fabbriche», facendole saltare in aria «con la dinamite dei decimi di secondo» e permettendoci «avventurosi viaggi in mezzo alle sue sparse rovine».

Ben altro ci è ora permesso dagli strumenti della rispazializzazione virtuale del mondo e di noi stessi, viaggi senza fine in universi senza limiti e sempre nuovi, nei quali la coscienza si perde e l'inconscio vive il brivido della immersione in un ignoto che non controlla. Universi nei quali l'uomo non misura e non genera lo spazio, non è centro e punto di orientamento, ma è egli stesso semmai misurato mentre osserva dall'esterno l'agire di un mondo che non sente più suo.

5. Principio di azione matematica autonoma

Il rivolgimento del rapporto tra soggetto e oggetto è dunque qualcosa di radicalmente nuovo, di fronte al quale non è possibile dire cosa ne verrà. Cosa saremo. Non siamo più di fronte a un soggetto (umano) che agisce servendosi di qualcosa che, per quanto sofisticata, docilmente esegue il compito a cui è preposta – che si tratti di una pietra affilata per fare da testa d'ascia o di una calcolatrice elettronica –, ma di sistemi complessi che, proprio per la loro complessità, sfuggono a ogni forma di controllo umano diretto. A ogni *possibilità* di controllo. Certo, sono sistemi basati su serie di istruzioni – algoritmi – elaborati dall'uomo, che tuttavia sanno crescere su se stessi autonomamente, imparano, correggono i propri errori tornando indietro a verificare l'esito dei tentativi fatti, scrivono righe di codice che poi useranno. Tutto secondo regole e schemi prestabiliti che dovrebbero garantirne l'esito.

Ma abbiamo imparato, e visto di nuovo da quando è stata resa pubblicamente accessibile quella forma di IA che sono i GPT, che regole e schemi non sono stati rispettati. I risultati sono stati ampiamente superiori a quanto ci si attendeva, i tempi molto più brevi. Il problema non è più, dunque, soltanto quello di algoritmi che ripropongono e amplificano a dismisura i pregiudizi di chi li elabora, provocando così decisioni sbagliate e potenzialmente dannose. Il problema è che il gioco può in effetti sfuggire di mano. Gli algoritmi, portatori autonomi «di una credibilità che sconfina, a tratti, in

una veridicità di stampo divino», così Paolo Zellini, possono diventare *armi di distruzione matematica*, come vuole un libro recente;¹ minacciare la democrazia, consolidare le disuguaglianze, lacerare il tessuto sociale. Trasformando l'individuo.

Riflettendo sui limiti della calcolabilità per i computer, e osservando in controluce il dibattito sulla crisi dei fondamenti della matematica di inizio Novecento, Zellini rileva un rovesciamento della prospettiva:

se un secolo fa le incertezze e le discordanze sulla natura del calcolo avevano scatenato una profonda insicurezza e una crisi dei fondamenti, ora analoghe incertezze sulla natura degli algoritmi e sulla possibilità di un controllo computazionale dell'intero universo sembrano sfumare, nella migliore delle ipotesi, in forme di utopia e di palingenesi.²

John von Neumann aveva fatto sua questa utopia. Uno dei più straordinari geni che il Novecento abbia prodotto, la cui grandezza dovette essere pari solo all'infelicità, perseguì per una vita intera l'ambizione di liberare il mondo e la vita dalle contraddizioni che lo rendono così inefficiente. Di realizzare il programma di David Hilbert.³ Assiomatizzare il mondo. La sua convinzione e la sua volontà erano orientate a trovare e, se non si fosse trovato, a costruire un fondamento matematico per l'intera realtà, vederne, così, la dimensione di verità. Che la vita sia in realtà fatta di contraddizioni, ontologicamente costituita da irregolarità e imprevedibilità, che queste siano ciò che la rende *viva* e volutamente non compatibile con principi assoluti e univoci, è sembrato nient'altro che un difetto da rimuovere. Nessuna cecità caotica. Nessuna bramosa avidità della conoscenza come esperienza di vita. Eppure, Gödel aveva dimostrato che un sistema formale di assiomi, per quanto privo di contraddizioni interne, se pure fosse stato possibile crearlo sarebbe stato un sistema incompleto;⁴ e viceversa, ove mai si fosse costruito un sistema completo, allora secondo von Neumann quel sistema avrebbe necessariamente presentato delle contraddizioni. Si trattava di imparare a convivervi.

Addendum al § 5

Che cos'è un algoritmo

Dopo aver letto il capitolo 5, come ha fatto chi sia arrivato fin qui, l'editore ha chiesto di aggiungere una spiegazione del concetto di algoritmo, la guida spirituale dei nostri computer, quell'insieme finito di regole non ambigue che, seguite docilmente, portano alla soluzione di un problema. Eccola.

Algoritmo (già *algorismo*). Vogliono convincerci che derivi dal nome del matematico arabo del IX secolo Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi («Maometto figlio di Musa, originario di Khwarizm» in Persia), ma non è vero. È un tentativo di mascherare la forza subdola di apparentemente innocenti procedure di computo trasformatesi d'un tratto in idre di Lerna multiformi e pervasive, intelligentissime e diaboliche, capaci – come quella originaria alla quale Eracle dovette dedicare non solo la forza delle sue mazzate, ma anche tutto l'ingegno di cui disponeva – di uccidere al solo contatto ravvicinato.

Chi ne consideri la natura, l'attività, gli effetti, converrà che *algoritmo* deve derivare invece dal greco *algos*, «dolore», e (*a*)*rithmos*, «numero». Il numero del dolore. Numeri che provocano dolore, che richiedono dolore. In alternativa (per chi fosse perplesso dalla scomparsa dell'alpha iniziale di *arithmos* e come i bizantini considerasse equivalenti le lettere *i* e *y*), si può immaginarne l'origine nel greco *algos*, «dolore», e *rythmos*, «ritmo». Il ritmo della sofferenza. La ripetibile cadenza del dolore.¹

Del resto, a che pro un'etimologia se non spiega il senso profondo di una parola? Cosa ne facciamo di Khwarizm, la *Chorasmia* di Erodoto nell'attuale Uzbekistan, il cui nome in persiano antico (*khwar razm*) si riferisce all'abbondanza del pesce cucinato dagli abitanti del posto? Una combinazione ritmata di numeri e dolore rende molto meglio l'idea. E una specie di ritmo è del resto quello che si osserva nel metodo di Eudosso di Cnido nel IV secolo a.C.,² il metodo di esaustione, considerato appunto il primo algoritmo, con il suo procedere per ripetizione di passi successivi fino all'*esaurimento*, per esempio quando si voglia calcolare l'area di un cerchio mediante iscrizione in esso di poligoni regolari di lati in numero continuamente crescente, fino a esaurire tutta l'area del cerchio stesso.

Nel mondo degli algoritmi digitali, tutto ciò che deve essere compreso ed eseguito da una macchina deve seguire procedure altrettanto ben organizzate. I numeri a cui tutto in ultima istanza si riduce vogliono avere le loro norme, vivere nel loro staterello governato da un insieme finito di regole, che permettano di risolvere tutti i problemi usando precise sequenze di operazioni. Queste devono svolgersi in un numero finito di passi tali da potersi eseguire meccanicamente, roboticamente, dopo ciascuno dei quali sia ben chiaro quale dovrà essere il successivo, senza che ci sia da aspettarsi strane invenzioni, intuizioni, o altre incontrollabili reazioni tipicamente umane. Pedissequa, ecco come deve essere l'esecuzione di un algoritmo. Come il comportamento dei cittadini dovrebbe essere negli auspici di chi li governa.

Queste regole, questi passi, questa meccanicità, devono rispondere, come ogni buon corpus di leggi, a dei criteri generali condivisi. Essi presuppongono, in linea di principio, precisione nella strutturazione e univocità nella rappresentazione dei dati (ma gli algoritmi di ultima generazione hanno imparato a lavorare anche su dati non strutturati), e la presenza di stimoli iniziali (input) in vista di dati da fornire all'ambiente esterno come esito finale del processo (output). I criteri sono:

- la finitezza, perché ogni processo di questa «generazione ritmata di dolore» deve terminare dopo un numero finito di passi;
- la definitezza, perché ogni passo deve essere precisamente definito e le azioni eseguite in modo rigoroso;
- la non-ambiguità, perché ogni passo deve essere descritto univocamente;
- l'eseguibilità, perché l'operazione deve poter essere portata a termine (in teoria, sia da un essere umano che da una macchina);
- l'effettività, perché tutte le procedure eseguite devono essere tali da produrre un risultato coerente con i dati di partenza;
- l'efficienza, perché si deve saper fare buon uso delle risorse computazionali in termini di tempo e memoria;
- il determinismo, perché a uno stesso stimolo iniziale deve corrispondere sempre lo stesso esito finale.³

Un po' come un manuale di montaggio IKEA: dev'essere chiaro, senza ambiguità, dotato di un carattere meccanico che non permette interpretazioni e richiede di procedere passo dopo passo, nell'ordine prestabilito, fino alla fine. Naturalmente, tanto nel caso degli algoritmi, soprattutto quelli di *deep learning*, quanto in quello del montaggio di un mobile IKEA, c'è sempre il rischio che il risultato finale non assomigli affatto a quello sulla copertina.

Gli algoritmi digitali di cui non possiamo più fare a meno hanno una data di nascita: il 1843. Prima che esistessero i computer, sono infatti esistiti gli algoritmi. La clinica in cui videro la luce è la lunga *Nota G* alla traduzione inglese di un saggio che Luigi Federico Menabrea scrisse sulla Macchina Analitica di Charles Babbage, intitolato *Notions sur la machine analytique de Charles Babbage*.⁴ La madre fu Ada Augusta, contessa di Lovelace, figlia di Lord Byron (che, troppo impegnato a scrivere poesie, l'abbandonò neonata). Qui, nella *Nota G* appunto, Ada parla di operazioni matematiche organizzate in modo da poter ottenere uno specifico risultato, destinate a fungere da istruzioni per quel progetto di calcolatore meccanico generale che il suo amico Babbage aveva concepito intorno al 1834 e che non sarà mai realizzato. Macchina rivoluzionaria, era progettata per eseguire calcoli matematici complessi attraverso un sistema di ingranaggi

che comprendeva un'unità di calcolo (il «mulino», corrispondente ai moderni processori), una memoria per conservare i numeri (il «magazzino»), un sistema di schede perforate per fornire input, e un sistema di output sotto forma di stampa.

Caratteristica che lo distingueva da ogni precedente esperimento e macchinario era il fatto di essere programmabile e poter eseguire qualsiasi calcolo (se dotato delle necessarie istruzioni). Ada Lovelace, a ventotto anni, per dare forma a tali istruzioni concepisce la scomposizione di un processo di computazione matematica complesso in una serie di operazioni elementari eseguibili meccanicamente. Nel corso del processo, i risultati intermedi potevano essere memorizzati e riutilizzati nei calcoli successivi, potendosi anche ripetere più volte cicli di operazioni. Soprattutto capisce che non di soli numeri si tratta: che dai numeri si può passare a qualsiasi genere di simboli, più precisamente che «le quantità numeriche possono essere disposte e combinate come se fossero lettere o altri simboli di valore generale».

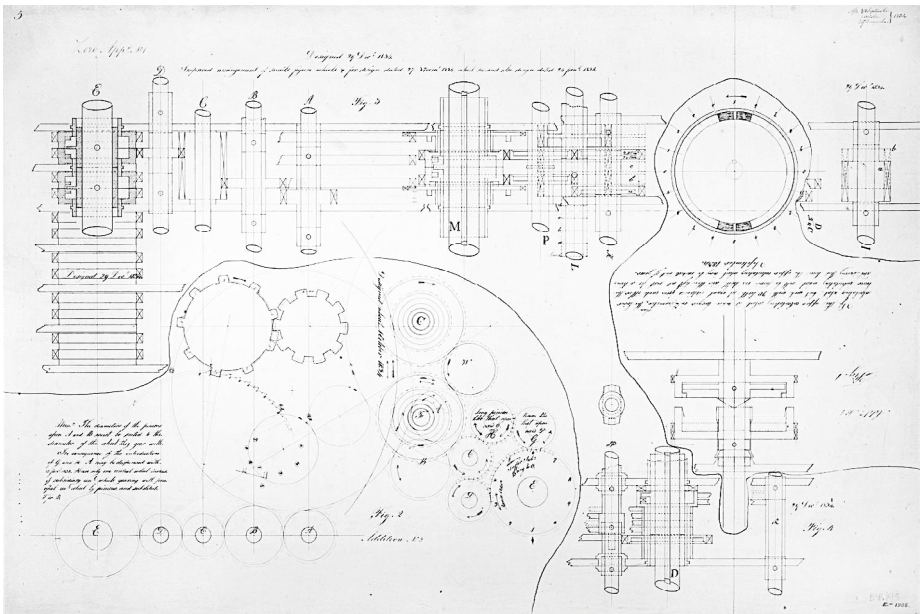


Figura 5: Un disegno eseguito da Charles Babbage il 9 dicembre 1834 per i meccanismi della sua macchina analitica: «Zero Apparatus No. 1. Improved arrangement of snails, figure wheels et cetera».

La macchina però, tranquillizza Ada, «non ha la pretesa di *da-re origine* ad alcunché», non ha cioè capacità creativa, non pensa come un uomo eppure sarà fondamentale per la scienza; perché «saprà fare tutto quello che noi saremo in grado di spiegarle», *whatever we know how to order it to perform*. La necessità di escogitare processi eseguibili meccanicamente porta Ada a pensare in modo nuovo non solo le soluzioni, ma anche i problemi e la natura delle procedure per risolverli. Il testo di Menabrea si estendeva su venti pagine. La traduzione di Ada Augusta Lovelace, una volta fornita delle sue note di commento, arrivò a cinquanta. Ecco scritto l'atto di nascita della teoria e pratica degli algoritmi digitali.

6. Il mondo come rappresentazione

Aspetto preliminare, e decisivo, del rapporto tra l'uomo e le nuove macchine è che la IA elabora *informazione*. Questa informazione è costituita da modelli del reale. Gli algoritmi lavorano cioè non sul mondo reale ma su *rappresentazioni*. Da sempre, la scienza moderna, per trovare le leggi che governano un fenomeno, costruisce di quel fenomeno un modello. In modo analogo, l'elaborazione dell'informazione da parte di un computer richiede da un lato l'identificazione di un problema da risolvere, dall'altro la disponibilità di dati da utilizzare. Entrambi, il problema e i dati, devono essere formalizzati (rappresentati) secondo certe regole, così da poter essere affrontati in modo automatico mediante procedure algoritmiche. Esiste cioè un fondamentale passaggio intermedio tra la realtà, sensibile o mentale, e l'applicazione di algoritmi per risolvere problemi inerenti a quella realtà: questo passaggio intermedio è costituito dalla rappresentazione della realtà.

In questo mondo di rappresentazioni, i fatti perdono la loro dimensione ontologica statica. Più semplicemente, non sono più gli stessi. Non esiste il definitivamente vero e il definitivamente falso, ma uno trascorre nell'altro ed è velleitario ogni tentativo di «ristabilire la verità». La verità non esiste, o meglio tutto può essere in un dato momento vero e in un altro momento falso. O vero e falso nello stesso momento, inattesa variazione sul gatto di Schrödinger: falso per un osservatore e vero per un altro. Questa fluidità ontologica del-

le cose fa sì che ognuno possa avere i propri fatti, e assegna la vittoria a Eraclito e alla impermanenza, espressa nel continuo fluire di quel fiume nel quale è impossibile immergersi due volte poiché lo scorrere dell'acqua fa sì che essa non sia mai la stessa e che dunque non sia lo stesso neanche il fiume, e che ciascuno faccia perciò del fiume un'esperienza diversa. È sconfitto Parmenide, è sconfitta la convinzione di una stabilità identitaria dell'esistente, di un *essere* che è sempre se stesso e non può *divenire* senza perdersi, senza cambiare la propria natura profonda e trasformarsi in non essere.

Il flusso rapidissimo, ininterrotto e inesauribile di immagini e parole generate da sistemi che non conoscono pause né stanchezza rende impossibile qualsiasi prospettiva e ci appiattisce su un presente che non è mai, giacché per *essere* bisogna pur avere un momento almeno di stabilità.

Poiché i fatti si sono trasformati nelle rappresentazioni dei fatti, ciascuno può avere i suoi. Se il mondo è mediato dallo schermo, e lo schermo ci mostra rappresentazioni di fatti e di parole, lo schermo esaurisce la nostra esperienza del reale. Quel che passa sullo schermo è la nostra porzione di realtà. Ma quel che passa sullo schermo non è neutrale, non è casuale (il che sarebbe di gran lunga preferibile) ma è preordinato, selezionato, appositamente congegnato secondo i principi di un moderno metodo Bokanovsky.¹ E dunque la realtà che noi vediamo, come noi la vediamo, è una realtà costruita da qualcuno che ha interesse a che noi si veda esattamente quella realtà e non un'altra.

Questo, in misura minore, è già accaduto. Quando si trattò di prendere atto della novità del cinema, Georges Duhamel, che lo detestava, osservò che di fronte all'immagine filmica, al suo non poter essere fissata perché in continuo movimento,

io non sono più in grado di pensare quello che voglio pensare. Le immagini mobili si sono sistemate al posto del mio pensiero.²

Benjamin avrebbe commentato da par suo questa interruzione del flusso associativo dell'osservatore a causa del continuo mutare delle immagini.

Dovrebbe essere chiaro a questo punto quello che forse è l'elemento più critico dell'intero sistema: il sistema dipende dal modo in cui la realtà è rappresentata, e in ultima istanza da chi la rappresenta. Anche senza banalizzare l'*esse est percipi* del *Trattato sui principi della conoscenza umana* di George Berkeley³ («essere è essere percepito», vale a dire che ciò che esiste per ciascuno di noi è solo quel che ciascuno di noi percepisce come tale), è inevitabile che il sistema porti con sé tutti i pregi e i difetti di chi opera la rappresentazione. Tutti i suoi *bias* cognitivi (come usa dire oggi), consapevoli o inconsapevoli, ma anche tutta la sua volontà di manipolazione. È confortante che vi sia ancora chi ingenuamente crede alla «irriducibilità del reale alla sua rappresentazione».⁴

Il passo successivo consiste in rappresentazioni – o modellizzazioni – di un problema e in codifiche dei relativi dati, che costituiscono l'oggetto del lavoro di algoritmi che sempre più, anche per la loro estrema complessità, sono costruiti autonomamente dalla macchina, senza intervento umano, neppure in fase di controllo. Il controllo è dato dall'efficacia stessa, ovvero dalla soluzione o non soluzione del problema. Ovvio che, per svolgere questo compito, la macchina debba disporre di (meta)algoritmi che le insegnino come costruire algoritmi: è a questa fase preliminare che l'intervento umano si limita.

7. Le non-cose e la perdita della mano

Non solo gli algoritmi e i meta-algoritmi, ma noi stessi, quando usiamo un computer, non lavoriamo più con i fatti e le cose ma con rappresentazioni di fatti e cose. Il principio di Berkeley si può ora riformulare come *essere è essere rappresentato*. E poiché ogni rappresentazione è inevitabilmente soggettiva, per quanto grandi siano gli sforzi fatti per mitigare questa dimensione di soggettività, non esistono più fatti e cose ma rappresentazioni soggettive di fatti e cose. Le rappresentazioni (digitali) creano simulacri delle cose, e così *ri-creano* le cose. Ma queste cose sono intangibili e instabili. Sempre potenzialmente soggette a modifiche, trasformazioni, sempre pronte a scomparire da un momento all'altro, per volontà o per errore, o solo per obsolescenza tecnologica. Non possono essere raccolte in una scatola di legno dipinta quando eravamo bambini, ma solo in un cassetto virtuale, irreali come loro, o meglio dotato di un diverso tipo di realtà, di una realtà in dosi omeopatiche. Sono non-cose, come Vilém Flusser¹ chiamava le informazioni: *infomi* dice oggi Byung-Chul Han,² «agenti che elaborano informazioni». Proprio come le persone, anche le cose, secondo Arjun Appadurai, hanno una vita sociale.³ Il loro valore si crea nel momento in cui sono scambiate e diventano oggetto dell'economia: il valore è un giudizio, non una proprietà inerente alle cose. Che succede quando le cose si trasformano in rappresentazioni, quando le cose diventano trasformatori di informazioni?

Questo, che può sembrare vana speculazione di filosofi inquieti e inclini a una moderna forma di nichilismo, è invece qualcosa che cambia la relazione tra l'uomo e il mondo. Cambia la relazione tra sé e gli altri, e tra sé e le cose. L'antropologia delle cose. La vita.

Aristotele e Galeno, modelli ideali l'uno per la filosofia e per la scienza, l'altro per la medicina, nella loro attività intensissima e di una vastità senza eguali individuano l'identità stessa dell'uomo, e la superiorità del corpo umano, nello strumento che rende l'uomo diverso da ogni altro essere vivente: la mano. È questa, precisa Galeno, che un divino artigiano ha pensato esclusivamente per l'uomo: proprio in quanto razionale, intelligente, capace di agire (σοφός), l'uomo è stato dotato delle mani e del pollice prensile. È con la mano, dice ancora il grande medico romano di adozione, che l'uomo può tessere una giacca per coprirsi e costruire reti da caccia e da pesca per nutrirsi, è la mano a servire da strumento di difesa; ma la mano è anche lo strumento per scrivere leggi, erigere altari e statue per gli dèi, e poi costruire navi, strumenti musicali, coltelli, pinze per il fuoco, infine scrivere per lasciare testimonianza di quel che siamo stati capaci di fare e per poter conversare con chi ci ha preceduto.⁴ Dall'antichità a oggi, la mano è stata rappresentata come una finestra sulla mente, o *tout court* come l'essenza stessa dell'essere umano. Per il legame tra mano e cervello e tra mano e identità, per il processo che lega e unisce, dice Richard Sennett, mente-mano-desiderio-ragione, perdere le straordinarie capacità sviluppate dalle mani, la capacità e il senso del buon lavoro, del saper levigare e assemblare secondo il rapporto aureo uno Stradivari, significa perdere parte decisiva della nostra essenza di esseri umani.⁵

Ora, la mano è stata progressivamente sostituita dal dito: il dito, dice Byung-Chul Han, è l'organo della scelta, come la mano è l'organo del lavoro e dell'azione. Il dito è lo strumento della passività che ci è richiesta per sollecitare una reazione attraverso gli schermi capacitivi dei nostri strumenti quotidiani. Anche questo, tuttavia, è ora superato: sia la mano che il dito, diventati solo strumenti per dare istruzioni, sono stati sostituiti dalla voce. Con la sempre migliore «comprensione» del linguaggio naturale di cui sono capaci, agli strumenti noi oggi diamo ordini *parlando*. Il sogno dell'antico dio gre-

co Efesto (§ 69) è realizzato, insieme con la riduzione della capacità e delle possibilità di agire fisicamente sulle cose.

Di agire fisicamente sulle cose sentiamo sempre meno il bisogno. Per agire su una cosa, bisogna *averla tra le mani*. Le cose, gli oggetti, nella loro stabilità, nel loro porsi di fronte a noi e in contatto materiale con noi, assorbono contenuti emotivi che poi restituiscono. Sono portatori di senso e di significato, entrano con noi in una relazione psichica che è diversa da quella con cui entriamo in relazione con le non-cose digitali. La straordinaria plasticità del cervello umano si adatta al nuovo tipo di relazione e di inazione, e cambia. Già solo se usiamo con continuità uno strumento tenendolo costantemente in mano, come sempre più facciamo con i nostri smartphone, il cervello comincia a costruire nuove strutture interne, a adattarsi, a modificare la funzione di specifiche aree, considerando quello strumento come un prolungamento del corpo.

Questa società post-fattuale, com'è stata chiamata, è già stata prima intuita e poi pienamente compresa dal mondo dell'economia e del commercio, sempre in cerca di un vantaggio materiale, che ha perciò immediatamente puntato sulla monetizzazione non più solo del *possesso* delle cose ma della loro *fruizione*. Se importante non è avere ma fruire, se la mano resta inerte e ciò che conta è lasciare che qualcosa accada e *guardarlo accadere*, allora il mondo è uno sfondo, uno schermo invisibile sui cui passano gli eventi, ed equivale agli schermi sempre più grandi e sfavillanti che entrano nei nostri spazi, pubblici e privati, con colori più brillanti e definiti di quelli del mondo naturale e un contrasto perfetto: lo schermo migliora il mondo. Se il mondo va solo osservato, tanto vale allora farlo sullo schermo, dando indicazioni con la voce circa quel che vogliamo ci venga mostrato.

Avremo, in un futuro non troppo lontano, uomini nuovi, annunciava Jeremy Rifkin un quarto di secolo fa: uomini del tutto diversi da quelli di oggi.⁶

8. Rappresentazione del linguaggio e omologazione culturale

Se definiamo *non-cose* la rappresentazione digitale delle cose, che succede con l'elaborazione del linguaggio naturale (tanto attuale grazie ai sistemi di IA generativa), che a sua volta è basata sulla rappresentazione digitale del linguaggio?¹ Le rappresentazioni, mediate dai nostri schemi cognitivi, si sostituiscono tanto ai fatti quanto al linguaggio, a ogni linguaggio. Nel mondo virtualizzato, che sempre più è il mondo in cui (spesso inconsapevolmente) siamo immersi, esistono solo le rappresentazioni. Rappresentazioni digitali vuol dire rappresentazioni fatte di cifre, *digits*. Può un'accurata rappresentazione dei fatti sostituire i fatti, come per un fisico i modelli sostituiscono i fenomeni del mondo reale? Può una rappresentazione del linguaggio sostituire il linguaggio? Le due cose sono effettivamente equivalenti?

Il linguaggio, del resto, è esso stesso una forma di rappresentazione: permette di formalizzare pensieri e comunica informazioni, utilizzando simboli che hanno un valore condiviso da tutti gli appartenenti a una certa comunità. Con la codifica digitale binaria, esso viene riformalizzato, con una fondamentale differenza: nell'ambiente digitale, la comunità di chi condivide l'insieme dei simboli è la comunità universale. Qualsiasi lingua, qualsiasi forma di comunicazione esistente viene ricodificata usando gli stessi simboli e viene sottoposta alle stesse elaborazioni e manipolazioni.

Si aggiunge, a questo, che una sola è la lingua dei linguaggi di

programmazione, quella dell'anglosfera, e che la stessa lingua è usata per comunicare a livello transnazionale. Questa progressiva abdicazione a ogni identità che non sia quella dominante traccia il solco in cui germoglierà l'unica cultura universale, e l'antica ambizione del superamento della Babele delle lingue. Ma ogni lingua porta con sé una cultura, un'identità, una storia: «Ogni lingua umana traccia una planimetria diversa del mondo» scriveva George Steiner,² e su questa nuova mappa che si va delineando si intravede solo una sterminata pianura. Anche la traduzione automatica, i cui risultati erano risibili fino a pochi anni fa e sono oggi invece formidabili, diventa allora un'arma di omologazione culturale di massa: mentre rende superfluo per i più apprendere una lingua che non sia quella nativa e con ciò stesso acquisire gli elementi essenziali di una cultura e di una mentalità diversa dalla propria, essa fornisce accesso immediato alla lingua non come portatrice di cultura, ma come mero veicolo di informazioni. L'entità della perdita, dal punto di vista culturale e della possibilità di comprensione intima tra i popoli, è smisurata, almeno fino a quando non saranno definitivamente venute meno le differenze culturali. A quel punto, nulla vi sarà più da «tradurre».

9. Verso un'unica cultura universale

Ogni differenza tra le diverse lingue, e con essa ogni identità, è così superata. Con l'univoca rappresentazione digitale, le pratiche di codifica e la manipolazione automatica delle lingue e degli oggetti, abbiamo finalmente costruito la nostra torre di Babele, il più antico segno dell'ambizione divina dell'uomo. Ne consegue – non può esservi dubbio su questo – l'annullamento delle culture marginali e minori.¹ «Il polacco è una lingua morta» dice uno dei protagonisti del *Mondo nuovo* di Aldous Huxley. «Come il tedesco e il francese.» Ma «quando muore una lingua», afferma Steiner, «muore un mondo possibile».

In questo mondo di *non-cose*, i processi di ordinamento, memorizzazione, recupero, che hanno rappresentato da sempre attività fondanti dell'esperienza e della conoscenza umana e sono stati funzionali alla sopravvivenza, vengono affidati non più all'esperienza soggettiva e alla mente dell'uomo, ma a processi algoritmici capaci di autoapprendimento e di sviluppo autonomo, basati su schemi sempre identici a se stessi e dunque riproducibili ovunque e in qualsiasi momento, operanti su dati rappresentati tutti secondo lo stesso codice. Mai, finora, si era andati così vicini a *un'unica cultura universale*.

Non è teoria o speculazione filosofica: delle oltre seimila lingue esistenti al mondo, scrive Isabelle Zaugg,² si calcola che più del novanta per cento non sopravviverà, che solo il cinque per cento avrà una «vitalità digitale», e che il resto sarà destinato alla estinzione

perché giudicato privo di specifica funzione e non meritevole dello sforzo, del resto non indifferente, di una piena integrazione e trasposizione digitale. Tale «processo digitale di estinzione», osserva il linguista computazionale Georg Rehm,³ riguarderà tutte quelle lingue che non ricevono sufficiente «supporto tecnologico»: un processo a cui si accompagna per converso la crescita del prestigio della lingua (e dunque della mentalità) dominante, che tutti parlano ma solo i pochi nativi «sentono» intimamente e comprendono appieno, godendo così di uno smisurato privilegio.

Si chiama universalismo digitale,⁴ suo alleato è l'imperialismo linguistico del codice universale, suo presupposto ed esito è uno straordinario «potere di standardizzazione e controllo».⁵ Codice universale è, da un lato, l'unica lingua utilizzata nel mondo digitale e nella programmazione algoritmica, l'inglese; dall'altro, sono gli strumenti e i metodi della codifica, cioè della rappresentazione digitale delle cose e delle parole. A quest'ultima, purtroppo, abbiamo ingenuamente e sia pure in misura irrilevante contribuito noi stessi, auspicando e sollecitando e costruendo dalla fine degli anni ottanta del secolo breve la standardizzazione dei linguaggi di marcatura dei testi e dei sistemi di codifica, a partire dall'idea di struttura logica dei documenti, da SGML,⁶ che irruppe come una grande novità nel 1986; o dedicandosi in quegli stessi anni all'allenamento di computer perché arrivassero infine a capire, pur nella loro rigidità, che le tante diverse forme assunte dalle lettere α o β nei manoscritti greci antichi erano in realtà una stessa lettera, operazione per niente facile – che è poi quello che gli algoritmi hanno imparato a fare oggi con il sempre più perfezionato riconoscimento automatico delle scritture manuali. Solo ora, nel momento di perderla, si apprezza l'importanza culturale, sociale, storica, concettuale, di quella grande varietà di glifi.



Figura 6: Esempi di scrittura della lettera alpha da papiri greci dal IV secolo a.C. al VI d.C. Da E.G. Turner, *Greek Manuscripts of the Ancient World*, Oxford University Press, Oxford 1971, p. 2.

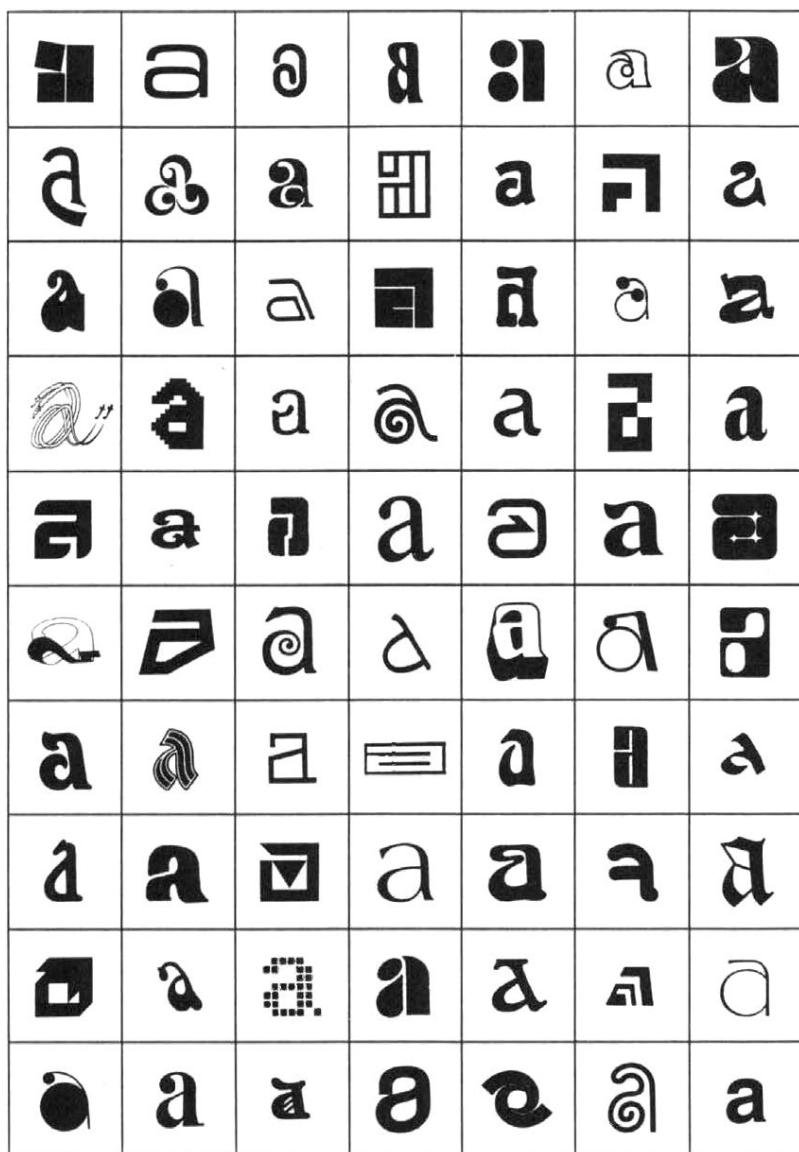


Figura 7: Tante delle possibili forme assunte dalla lettera *a*, di immediata comprensione per l'uomo e invece difficili (finora) da far comprendere a una macchina. La varietà delle forme spiega anche la ricchezza nascosta nel concetto della lettera *a*, e il suo grado di astrazione. Da D. Hofstadter e G. McGraw, «Letter spirit: esthetic perception and creative play in the rich microcosm of the Roman alphabet», in D. Hofstadter and the Fluid Analogies Research Group, *Fluid Concepts and Creative Analogies. Computer Models of the Fundamental Mechanisms of Thought*, Basic Books, New York 1995, p. 413.

La nostra esperienza del mondo è oggi mediata proprio da quelle rappresentazioni. Una mediazione regolata da algoritmi, che sono a loro volta controllati da pochissimi e *costruiscono* la nostra esperienza di quel mondo, mostrandoci così come essi vogliono che noi lo si veda. La conseguenza più immediata è un progressivo depauperamento della biodiversità culturale, altrettanto grave di quello della biodiversità in natura, o forse più – poiché una cultura e una lingua perdute non saranno mai più recuperate. Il conformismo della conoscenza digitale, la normalizzazione che è intrinseca al mondo binario, che gli è ontologicamente propria, prospetta così una nuova civiltà.

Lo stesso fenomeno, esteso all'agricoltura principalmente dei paesi poveri ma anche di quelli ricchi, significa la perdita delle coltivazioni locali in favore di efficientissime produzioni guidate da multinazionali secondo standard universali, inevitabilmente molto più efficienti almeno da un punto di vista quantitativo. Proprio come per i dati. È il dilemma dell'efficientismo: sacrificare le identità, la biodiversità culturale, la poliedricità della conoscenza, eliminare tutti i difetti, che finora hanno fatto l'uomo e strutturato la compagine sociale del mondo, in favore di produttività, efficienza, benessere materiale, progressivo avvicinamento all'utopia della ottimizzazione e della perfezione. La sublimazione della società capitalistica comporta anche questo. Costruire la torre di Babele è una scelta.

10. La nuova torre di Babele

Antico Testamento, *Genesi*, 11, 1-9:

Tutta la terra aveva una sola lingua e usava le stesse parole. ² Dirigendosi verso oriente gli uomini capitarono in una pianura nel paese di Scinear e vi si stabilirono. ³ Si dissero l'un l'altro: «Venite, facciamo ci mattoni e cuociamoli al fuoco». Il mattone servì loro da pietra e il bitume da cemento. ⁴ Poi dissero: «Venite, costruiamoci una città e una torre, la cui cima tocchi il cielo e acquistiamoci fama, per non disperderci su tutta la terra». ⁵ Ma il Signore scese a vedere la città e la torre che gli uomini stavano costruendo. ⁶ *Il Signore disse: «Ecco, essi sono un solo popolo e hanno tutti una lingua sola; questo è l'inizio della loro opera e ora quanto avranno in progetto di fare non sarà loro impossibile.* ⁷ *Scendiamo dunque e confondiamo la loro lingua, perché non comprendano più l'uno la lingua dell'altro».* ⁸ Il Signore li disperser di là su tutta la terra ed essi cessarono di costruire la città. ⁹ Per questo la si chiamò Babele, perché là il Signore confuse la lingua di tutta la terra e di là il Signore li disperser su tutta la terra.

La Bibbia cristiana e la Torah ebraica condividono il libro intitolato *Genesi*, o *Primo libro di Mosè*. Condividono, anche, un'idea della *hybris* che innerva profondamente la natura umana, quella tracotante superbia che neppure il diluvio universale ha potuto fermare e che subito, non appena ripresa la vita sulla terra, sollecita di nuovo l'in-

tervento divino: che consiste stavolta nella differenziazione dei popoli e delle lingue. L'antica tradizione sapienziale considera dunque la diversità linguistica e le distanze geografiche e culturali come connaturate alla società umana, a cui garantiscono una identità: al contrario, vedono come qualcosa di abnorme l'ambizione di superarle – che si manifesta nella costruzione di una torre come quella di Babilonia, in accadico *Bābīlim*, «la porta di dio», iniziata e mai conclusa per farne la sede del sommo dio Marduk e fungere da porta verso il cielo. È quella biodiversità, quella molteplicità di culture che da sempre rappresenta, della specie umana, l'essenza più viva. Come per le specie vegetali e animali, a cui guardiamo come dall'esterno dimenticando di esserne parte integrante e connaturata, sempre più la nostra storia e la nostra consapevolezza ci insegnano che solo un confronto tra prospettive diverse permette di crescere, che ogni forma di *inbreeding*, di endogamia, è dannosa e infine letale, che l'accoppia-



Figura 8: L'altra torre di Babele: Edvard Munch, *Menneskeberget* (La montagna umana), 1909, Munch Museum, Oslo.

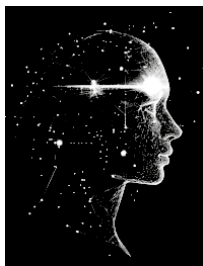
mento tra individui consanguinei, ammoniscono gli studi, aumenta il rischio di malformazioni congenite e di malattie autosomiche recessive. La natura è dichiaratamente contraria al ripiegamento su se stessi. Favorisce, piuttosto, la coltivazione delle differenze, del confronto, dell'incontro. Pochi potranno considerare l'annullamento delle distanze culturali come una promettente prospettiva.

PARTE II

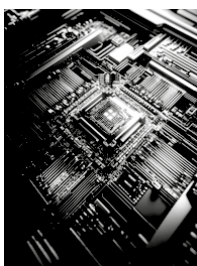
Vita, intelligenza, coscienza delle macchine algoritmiche

Se mi dite cos'è che esattamente
una macchina non può fare, io
riuscirò a costruire una macchina
che fa proprio quello.

JOHN VON NEUMANN



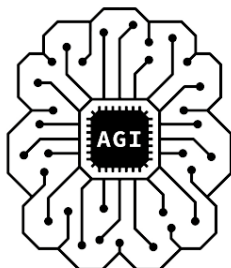
Algoritmi di
deep learning



Potenza di calcolo
dei computer quantistici



Reti di sensori gestite
da algoritmi



Sistemi di
intelligenza
artificiale generale



Sistemi di
intelligenza
computazionale



Sistemi linguistici
per macchine
intelligenti



Sistemi di coscienza
artificiale

Le sette fasi.

11. Uno schema eptadico, ovvero: le sette fasi della costruzione del mondo

I fattori che entrano in gioco nella costruzione del mondo nuovo sono (almeno) sette:

1. algoritmi di *deep learning*;
2. potenza di calcolo dei computer quantistici;
3. reti di sensori gestite da algoritmi;
4. sistemi di intelligenza artificiale (IA), basati su (1);
5. sistemi di intelligenza computazionale (IC) e algoritmi genetici;
6. sistemi linguistici per macchine intelligenti;
7. sistemi di coscienza artificiale (CA).

Presi insieme, questi sette elementi danno origine a sistemi di complessità e capacità mai viste finora nella storia dell'uomo. Tuttavia, quel che più conta per provare almeno a immaginare l'impatto a medio-lungo termine e il potenziale di trasformazione non è la capacità di calcolo e di elaborazione, ma la *capacità di decisione e di azione autonoma*.

Sulla base di impulsi provenienti dall'ambiente esterno e rilevati da sensori di vario tipo, e sulla base della capacità di lavorare su *dati non strutturati*, e dunque non organizzati dall'uomo (*deep learning*); e altresì estrapolando *autonomamente*, dai dati, schemi che permettano l'identificazione e dunque la *conoscenza* di oggetti; infine miglioran-

do progressivamente tali estrapolazioni e processi di riconoscimento, e dunque tale *conoscenza*, in un movimento a spirale crescente potenzialmente infinito: sulla base di tutto ciò, i sistemi algoritmici di questo tipo si sviluppano da sé, autonomamente, ottenendo risultati che *nessuno* è in grado di predire con precisione.

Non è – o forse sì? – quel potere «autoregolatore e autoagente» che il misterioso Cellarius, che si rivelò poi essere lo scrittore Samuel Butler, presagiva nel 1863, e che lo faceva sperare in una società dalla quale fossero state bandite le macchine, ma quel che sta accadendo sembra riproporre la società che Butler aveva potuto solo fantasiosamente immaginare, quando scriveva:

rispetto alle macchine dell'avvenire quelle di oggi sono come i primi dinosauri rispetto all'uomo. Le più grandi, con tutta probabilità, si rimpiccioliranno molto. Alcuni dei primi vertebrati avevano proporzioni molto maggiori di quelle ereditate dai loro discendenti, dotati di organismi più perfetti; allo stesso modo che le macchine, a mano a mano che si sviluppano e progrediscono, si riducono di dimensioni.

Non c'è da spaventarsi per le macchine attuali, diceva, semmai esserne curiosi, mentre

ciò che mi spaventa è la straordinaria rapidità con cui esse si stanno trasformando in qualcosa di ben diverso da quello che sono oggi. Nessuna specie animale o vegetale ha mai fatto, in passato, simili passi da gigante.¹

Giorno dopo giorno, osservava Butler, aggiungiamo qualcosa alla struttura e organizzazione fisica delle macchine; giorno dopo giorno ne aumentiamo la potenza e forniamo loro, con espedienti ingegnosi, «quel potere autoregolatore e autoagente *che sarà per loro ciò che l'intelletto è stato per la razza umana*». Finché un bel giorno «guarderemo a loro come all'apice di tutto ciò a cui l'uomo migliore e più saggio può osare di aspirare».

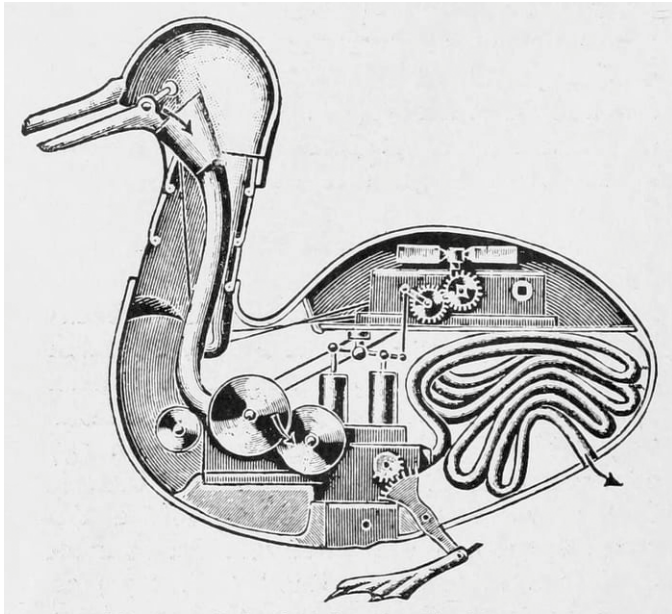


Figura 9: Sezione di una ricostruzione dell'anatra meccanica (1739) di Jacques de Vaucanson, uno dei più famosi automi della storia (l'originale è andato distrutto).

12. Deep learning

Proviamo a definire le sette fasi.

1. Gli algoritmi di *deep learning*, o di «apprendimento profondo», hanno una caratteristica che li differenzia da tutti gli altri: sanno lavorare su dati non strutturati. Vale a dire, imparano da sé, come fossero degli autodidatti. Mentre gli algoritmi di apprendimento automatico (*machine learning*) più generale lavorano di norma su dati che siano stati precedentemente elaborati e organizzati grazie all'intervento umano che li definisce e li etichetta, nel *deep learning* (che del *machine learning* è un sottoinsieme) si può fare a meno di questo ruolo dell'uomo. Testi e immagini sono analizzati direttamente, e le loro caratteristiche peculiari (*pattern*) sono individuate e confrontate con altri dati, in un progressivo affinamento. Si chiamano processi di ottimizzazione, basati su reti neurali molto complesse e stratificate, comprendenti da tre a migliaia di strati, e su calcoli molto costosi in termini di memoria e potenza di esecuzione. Per fare un esempio, prima sarà possibile identificare le caratteristiche peculiari della categoria dei *gatti*, distinguendole da quelle che identificano i *cani*. Poi si potranno distinguere i *gatti* dalle *tigri* e dai *ghepardi*. Quindi i *gatti persiani* dai *gatti siamesi*. E così via. Non servono più etichette assegnate dall'esterno, ma si rilevano gli elementi essenziali direttamente dai dati senza bisogno che siano stati precedentemente organizzati.

Questo è un progresso decisivo. Si intravedono qui in trasparenza anche i decenni di lavoro spesi su sistemi di etichettatura dei dati e di standardizzazione dei linguaggi con cui contrassegnare quei dati, così da evitare il proliferare di sistemi diversi e non comunicanti, che rendevano i dati utilizzabili solo all'interno di sistemi chiusi. Quando, a un certo momento, le diverse strade percorse in tanti ambiti di ricerca dappprincipio non correlati tra loro si sono incontrate, si è assistito a un cambiamento sbalorditivo.

La vera e unica globalizzazione di successo è stata questa. Molti di noi hanno qui, si diceva, la propria quota di responsabilità, sia pur infinitesimale e dunque insignificante, per aver sostenuto l'opportunità di tale standardizzazione, per aver argomentato in convegni, libri e conversazioni nei caffè la necessità di una rappresentazione coerente, universale, che favorisse l'interscambio e l'interoperabilità dei dati. Fosse pure limitatamente a sistemi di codifica e marcatura del linguaggio che permettessero di trasformare glifi ogni volta unici e sempre potenzialmente ambigui in sequenze di cifre binarie univoche e fisse. Superando ogni ambiguità.

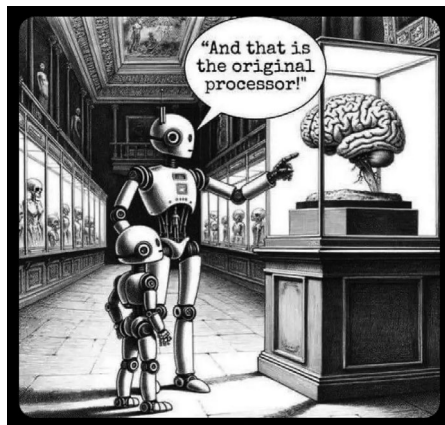


Figura 10: Richiesto di spiegare questa vignetta, Grok, un noto software di IA, la illustra così: «La vignetta raffigura, in modo ironico, uno scenario futuristico in cui un robot, presumibilmente un genitore, sta spiegando a un robot più piccolo, probabilmente suo figlio, che il “primo processore” è un cervello umano esposto in un museo. La battuta gioca sull’idea che, in un mondo dominato dalla tecnologia avanzata e dall’intelligenza artificiale, il cervello biologico potrebbe essere visto come una forma antiquata o primitiva di processore, analogamente a come oggi consideriamo le prime tecnologie informatiche. L’ambientazione in un museo contribuisce all’effetto umoristico, suggerendo che il cervello umano è diventato un oggetto di curiosità storica in questo futuro immaginario».

13. Qubit

2. Potenza di calcolo dei computer quantistici: è la nuova frontiera. Un salto tecnologico di ampiezza non misurabile. Né ora, né poi. Non c'è molto da dire, il campo ha elevatissimo tasso di tecnicismo, difficile da comprendere per chi non vi sia immerso in profondità e non lo abbia toccato con mano (un paradosso, parlando del mondo dei quanti). Chi non è in grado di capire davvero trova conforto nel dire che se la materia, a scala infinitesimale, mostra al tempo stesso le proprietà delle particelle e delle onde, servono allora macchine capaci di fare lo stesso. La loro unità di informazione è il qubit, il bit quantistico, che svolge lo stesso compito del bit nei computer tradizionali ma a differenza di quello può assumere non solo uno di due stati per volta, come negli schemi binari, ma – detta in modo semplicistico – entrambi contemporaneamente (*sovrapposizione di stati*), o meglio dare luogo a una nuova condizione risultante dalla sovrapposizione delle prime due, ed essere perciò a un tempo vivo e morto come il fortunato gatto di Erwin Schrödinger, sempre lui.

La potenza degli attuali computer e del calcolo parallelo, già inimmaginabile solo vent'anni fa, scomparirebbe di fronte a capacità di calcolo che si possono definire letteralmente illimitate. I computer quantistici, inoltre, usano l'intelligenza artificiale per migliorarsi e l'intelligenza artificiale potrà usare i computer quantistici per ottimizzare i propri algoritmi e renderli più efficienti. Siamo ancora in fase embrionale, sebbene i risultati comincino a vedersi, ma

le macchine dovranno crescere e hanno ancora bisogno di innovazioni importanti, già solo sul piano del consumo smisurato di energia.

La competizione attuale è fatta di annunci e di esperimenti più che di fatti compiuti; di articoli pubblicati in rete e ritirati subito dopo; di competizione per apparire sulla copertina di *Nature*: partecipano *in primis* IBM che ha presentato un'ambiziosa *roadmap* decennale e ha già implementato chip impressionanti, come Heron, che operano con centinaia di qubit a frequenza

fissa e migliaia di porte quantistiche (l'equivalente quantistico delle porte logiche, i circuiti che realizzano operazioni logiche), prospettando come imminente Flamingo con i suoi 1092 qubit e vagheggiando in dieci anni o poco più sistemi «quantum-centrici» distribuiti da 100 000 qubit, come Blue Jay, in grado di eseguire in totale un miliardo di porte, e dunque finalmente capaci, stando agli annunci, di risolvere i più importanti problemi dell'uomo, dalla A di agricoltura alle B di batteria, alla F di farmaci, e fino alla T di tumore. Google compete con il processore Sycamore realizzato in collaborazione con la NASA, ma concorre anche la Cina con la macchina di Zuchongzhi resa accessibile online nel 2023 e chissà cos'altro, dato che così poco viene lasciato trasparire dal Regno di Mezzo.

Annunci mirabolanti hanno incontrato scetticismo e smentite, come quando Google, lavorando accanto agli scienziati della NASA, nel 2019 iperbolicamente annunciò di aver raggiunto la cosiddetta «supremazia quantistica» effettuando su Sycamore, si disse, calcoli a ve-

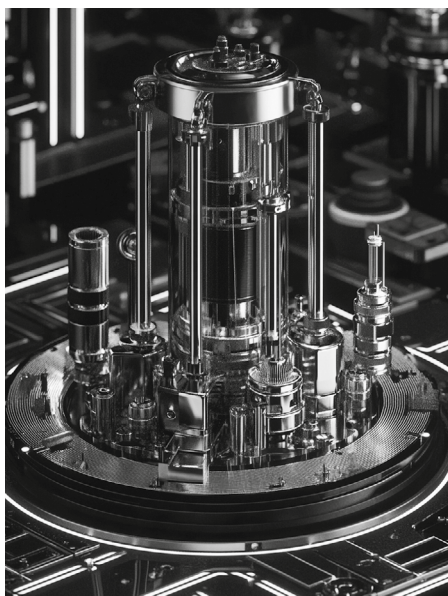


Figura 11: L'interno di un criostato per il raffreddamento di computer quantistici.

locità tre milioni di volte maggiore di quella possibile sulla macchina che al tempo era considerata la più veloce del mondo.

È – o si annuncia come – la realizzazione di quel che Richard Feynman profetizzava all’inizio degli anni ottanta, in un articolo sulla «simulazione della fisica al computer»: la natura, diceva Feynman, non funziona secondo i principi della fisica classica e non può essere simulata correttamente usando quei principi. «Se davvero volete fare una simulazione della natura, farete meglio a farla meccanoquantica (*quantum mechanical*).»¹ Sarebbe, sarà, un cambio di paradigma. Impossibile per ora immaginarne le implicazioni, comunque gigantesche. Unita a nuovi algoritmi congegnati appositamente, e in larga misura sviluppati, come si diceva, in modo autarchico dalle macchine medesime; unita a IA e CA; unita alla capacità di reagire *autonomamente* a stimoli esterni, ci metterà di fronte a un mondo totalmente sconosciuto.

14. Reti di sensori

3. Stimoli esterni. Interagire con l'ambiente, e farlo in modo autonomo, è una fase essenziale per la crescita dei sistemi di IA. Interfacce bioniche come quelle realizzate dalla ricerca neuroprotesica. Possono essere sensori tattili per realizzare una pelle artificiale sensorizzata che sia il più vicino possibile a quella umana; o più semplicemente sensori di vibrazioni applicati sui cuscinetti di un macchinario per monitorarne lo stato di usura; o ancora i più familiari sensori di prossimità, che attiviamo in ogni telefono cellulare quando lo avviciniamo all'orecchio o lo allontaniamo. Sensori possono essere, saranno, sono, ovunque. Invisibili. Potenti. Strumento che pone in relazione l'interno con l'esterno. Riproducendo il ruolo dei recettori nel fenomeno della percezione dello stimolo rispetto al corpo umano, ai singoli organi, al sistema nervoso centrale e al cervello. Si può parlare dunque di arti protesici, per esempio una mano, già capace di percepire la temperatura e presto anche la consistenza degli oggetti, dunque una protesi dotata del senso del tatto,¹ di una sensibilità capace di restituire al corpo umano che ne era stato privato le sue funzioni naturali.

Abbiamo imparato a intervenire direttamente sul sistema nervoso, quella rete di connessioni strutturali e funzionali che chiamiamo oggi connettoma. Al suo interno, come fossero sottoreti, strutture neuronali minori svolgono un ruolo funzionale che si altera e si adatta in seguito all'intervenire di stimoli ripetuti o di fattori

di disturbo, o con l'avanzare dell'età e il declinare di alcune facoltà. È peraltro proprio questa componente dinamica a rendere molte azioni imprevedibili e soggette a variazioni continue, a seconda dell'attenzione che a esse è rivolta: ed è anche il motivo per cui una distrazione causata da fattori esterni, per esempio quando si è alla guida di un veicolo, distogliendo quell'attenzione altera le reazioni e le devia dall'azione su cui invece erano (o avrebbero dovuto essere) concentrate.

È una delle frontiere più ambite e ritenute più irraggiungibili della storia della scienza. Un processo che ha mosso i suoi passi seguendo fianco a fianco lo sviluppo delle macchine da calcolo, i *computer*. Norbert Wiener impostò la sua opera più nota, *Cybernetics*, attorno al continuo parallelo tra macchina e cervello. A un certo punto, alla fine del capitolo 6 intitolato «“Gestalt” e universali», scriveva: «Il problema della protesi sensoriale è un campo di lavoro estremamente promettente». La perdita di un arto o di parte di un arto comporta non solo la perdita del sostegno passivo, diceva Wiener, di una gamba o la contrattilità dei suoi muscoli, ma anche quella delle sensazioni cutanee e di quelle cinestetiche che ne registrano posizione e velocità rendendoci capaci di muoverci adeguatamente anche su un terreno sconnesso.

Concludeva:

Con l'uso di ricevitori adatti, buona parte di questa atassia dovrebbe scomparire, e il paziente dovrebbe riuscire ad acquisire riflessi... Quanto detto per la gamba potrebbe applicarsi, a maggior ragione, al braccio, ove la figura del manichino familiare a tutti i lettori di testi di neurologia mostra che la perdita sensoriale dovuta all'amputazione del solo pollice è notevolmente maggiore di quella dovuta a un'amputazione dell'articolazione dell'anca.

Per il tempo in cui scriveva (il 1965), erano però considerazioni troppo avanzate, ai limiti della visionarietà:

Ho tentato di sottoporre queste considerazioni all'attenzione delle autorità competenti, ma finora non sono stato capace di ottenere

molto. Non so se le stesse idee siano già state avanzate da altre fonti, né se siano state sperimentate e trovate tecnicamente inattuabili. Nel caso non fossero ancora state prese praticamente in considerazione, dovranno esserlo nel prossimo futuro.²

Quel futuro è arrivato.

15. Vedere con l'udito

3.1. Ciò a cui Wiener pensava andava al di là della sostituzione di un arto mancante con un arto artificiale dotato della capacità di trasmettere sensazioni, che è un risultato di per sé strabiliante: le aree di memoria e associazione collegate con uno dei nostri sensi, diceva, possono «imparare» a registrare impressioni derivanti da sensi diversi da quello cui sono per loro natura collegate. Basandosi sulle considerazioni e gli esperimenti di Warren McCulloch, che affiancato poi da Walter Pitts aveva affrontato nel 1947 il problema di realizzare un apparecchio che permettesse ai ciechi di leggere un testo a stampa mediante l'udito (ricorrendo a una fotocellula che generasse suoni diversi per ciascun carattere stampato), spiegava:

Una persona diventata cieca, a differenza forse di chi sia tale dalla nascita, non solo conserva ricordi visivi precedenti il momento della sua disgrazia, ma è anche capace di memorizzare impressioni tattili e auditive in forma visiva. Può camminare in una stanza tastando intorno, e farsi un'immagine di come questa potrebbe visivamente apparirgli.

In qualche modo, quindi, la funzione visiva rimane in attività, e le descrizioni fornite da John Hull della propria drammatica esperienza di progressiva perdita della vista illustrano perfettamente quello che Wiener intendeva. Scrive Hull:

Un cieco è semplicemente una persona la cui funzione della vista è trasferita all'intero corpo, e non più circoscritta a un organo specifico. Il fatto di vedere-con-tutto-il-corpo mi colloca in una precisa categoria di persone. È uno stato, come lo stato di chi è giovane, o vecchio, o maschio, o femmina; e insieme ad essi costituisce uno degli ordini naturali dell'esistenza umana. È difficile, a causa del tribalismo e della chiusura mentale delle persone, poter entrare in contatto con loro al di là dei confini tra questi stati.¹

Perdere la vista, dice Wiener riflettendo sul lavoro di McCulloch, comporta più che perdere gli occhi: può significare anche perdere progressivamente l'uso di quella parte del cervello, più precisamente della corteccia, che presiede alla organizzazione delle impressioni visive. Si può pertanto avanzare l'ipotesi di una sostituzione della vista con l'udito: in questo senso, se si vuole dotare di nuovo della vista una persona che l'ha persa,

è necessario dotarla non solo di recettori visivi artificiali ma altresì di una corteccia visiva artificiale, che traduca le impressioni luminose ricevute dai nuovi recettori in una forma connessa all'uscita normale della corteccia in modo tale che gli oggetti, che di solito appaiono visivamente simili, appaiano ora tali auditivamente. Il criterio che presiede alla possibilità di questa sostituzione della vista con l'udito è quindi, almeno in parte, un confronto fra il numero dei differenti modelli visivi riconoscibili e quello dei differenti modelli auditivi riconoscibili, *a livello corticale*. Questo è un confronto di quantità d'informazione.²

Quando si tratta di informazione, niente di meglio di macchine che nel trattamento della informazione trovano la loro essenza. Quel che più conta è che i dati vengono raccolti, trasmessi, analizzati dalla macchina in modo indipendente per trasformarli in informazioni e classificarle. Autonomamente, per via di algoritmi specifici. In tempo reale.

Come in tutti i campi in cui algoritmi come quelli di IA agiscono, è inevitabile quanto problematica una semplificazione dei concetti

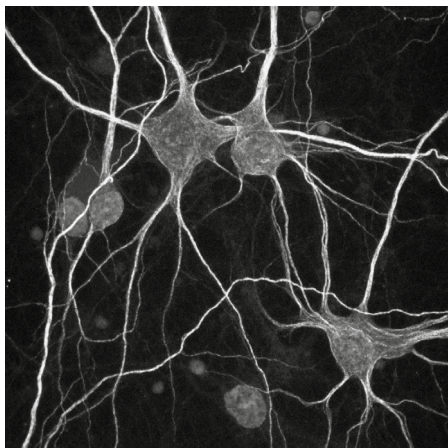


Figura 12: Neuroni corticali.

essenziali, il cui significato viene a ridefinirsi. Percezione, sensazione, coscienza, intelligenza, tutto viene normalizzato e reso univoco, anche laddove non lo è. Non si tratta, qui, di sottolineare quanto semplificata fosse la visione del funzionamento dei processi nervosi del cervello che faceva da presupposto agli studi di McCulloch e Pitts e di altri nei decenni successivi, e che ignorava per esempio la funzione della glia, quella componente cellulare del sistema nervoso, molto

più numerosa dei neuroni, che è attiva nell'interscambio di segnali nervosi, controlla l'ambiente interno del cervello, garantisce l'isolamento delle cellule nervose, contribuisce alla formazione di strutture specializzate come la barriera ematoencefalica, regola la produzione del liquido cerebrospinale e via dicendo. Al tempo, in sostanza, i neuroni erano considerati come gli unici responsabili dell'attività del cervello, e sembravano dunque più facilmente riproducibili.

Più banalmente, mi chiedo: che ne è, per fare un esempio, delle immagini eidetiche di Gaetano Kanizsa (§ 47) per cui ogni percezione è interpretazione e non puro fatto fisiologico?³ Wiener aveva perfetta coscienza del problema della percezione della *Gestalt* e della formazione percettiva degli universali, della conseguente necessità di approfondire «il meccanismo per cui noi riconosciamo un quadrato come quadrato, indipendentemente dalla sua posizione, dalle sue dimensioni e dalla sua orientazione». Non è senza significato però che delle immagini eidetiche Marvin Minsky negasse *tout court* l'esistenza.⁴ Sarebbero state un granello di sabbia nel razionalistico ingranaggio della IA.

16. Intelligenza artificiale (IA)

4. *Intelligenza artificiale*. Formula che è ormai rituale, un modo di dire, o addirittura già una metafora. Che ha reso il concetto così familiare al gergo quotidiano, dar far perdere la coscienza della sua portata vastissima. Un successo postumo, arrivato dopo settant'anni dalla prima intuizione – riproposta nella domanda «È possibile costruire macchine intelligenti?» che Alan Turing rivolse al suo amico Alan Garner durante la loro corsa di allenamento mattutina nel Cheshire nel 1951.¹

La rivista *Mind* aveva da poco pubblicato sul tema un articolo di Turing che sarebbe diventato seminale.² I due continuarono a correre in silenzio fianco a fianco, e fu solo dopo dieci minuti che Garner – anticipando quel che trent'anni dopo avrebbe detto John Searle – rispose: «No». Turing, cambiando solo in apparenza argomento, gli chiese allora: «Perché studiare le lingue classiche»? E la risposta, di cui fu ben contento, questa volta fu immediata: «Per imparare a usare il cervello in maniera diversa». C'è un nesso tra le due domande, Turing non lasciava molto al caso. Nel rispondere alla prima, Garner aveva usato un approccio privo di visione, il suo cervello non aveva avuto scarti di lato. Non aveva sognato. Turing non amava lo studio delle lingue classiche, obbligatorio a Cambridge al tempo, ma riconosceva a quello studio la forza che il mondo, almeno quello occidentale, da sempre ha loro riconosciuto: imparare ad affrontare i problemi complessi con uno sguardo inusuale, innovativo. Sorprendente.

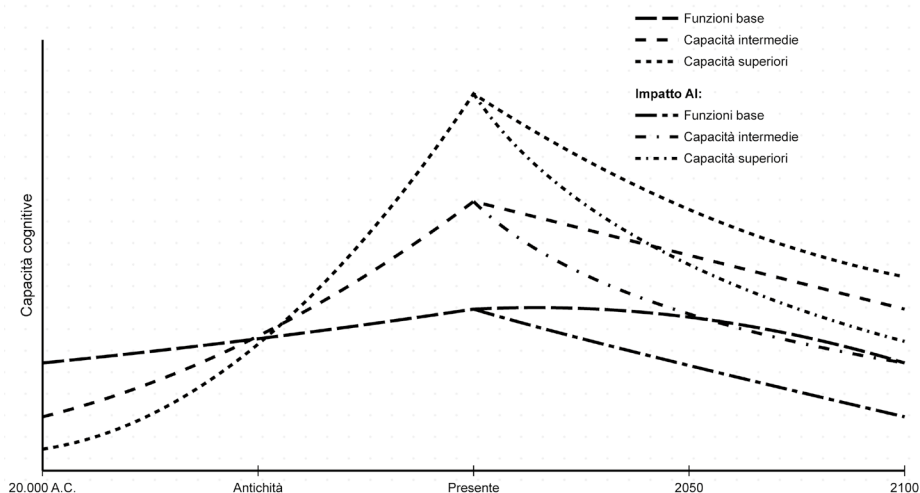


Figura 13: La previsione del regresso futuro delle capacità cognitive umane secondo Claude.ai, dopo la progressiva crescita negli ultimi 20 000 anni.

Il cervello, del resto, si sviluppa in base ai processi di cui partecipa, e ogni cervello lo fa in maniera diversa, dando origine all'infinita diversità che fa sì che non vi siano due persone uguali, neppure se cresciute in un ambiente che fornisse loro gli stessi stimoli. Proprio quella diversità che nelle macchine non esiste e non può esistere, e che anzi deve essere superata e normalizzata.

17. IA: un ambiguo trionfo

4.1. Non c'è dubbio: il progetto di ricerca estivo che, usando per la prima volta il nome di intelligenza artificiale, venne proposto nel 1955 da John McCarthy, Marvin Minsky, Nathan Rochester e Claude Shannon (*A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*),¹ ha avuto bisogno di tempo, ha dovuto navigare in modo carsico riaffiorando di quando in quando tra lo scetticismo e il sarcasmo di coloro i quali, così come chi scrive, lo consideravano un bluff, ma alla fine ha vinto. O meglio: la vecchia IA basata sulla rappresentazione simbolica decontestualizzata del mondo, che in molti di noi destava perplessità – perplessità egregiamente formalizzate da Hubert Dreyfus –, è stata consegnata alla storia;² una nuova IA, basata sulle reti neurali, sui progressi delle neuroscienze e sulla identificazione ed estrazione di informazioni, certo diversa da come potevano immaginarla Turing e gli altri pionieri, si è andata invece consolidando e ora trionfa.

L'acronimo IA, o AI per gli anglofili, è oggi lessico familiare, oggetto di meme, di fantasie social, aiuta libri, giornali e riviste a riempire le loro pagine, spesso anche la prima. Ha decorato le vetrine sulla strada principale di Davos in Svizzera in occasione del World Economic Forum del gennaio 2024. Induce la preoccupazione dei governi; sollecita la creazione di autorità e centri di controllo. Intanto, società private soprattutto occidentali hanno ormai sviluppato in questo campo competenze e disponibilità finanziarie enormemente

superiori a quelle degli stessi governi, che da esse semmai dipendono; intanto le università languono, prive di possibilità finanziarie che siano anche solo lontanamente comparabili, deprivate spesso persino dei migliori ricercatori, attratti da compensi altrove irraggiungibili e totale libertà d'azione.

La IA ha vinto, ma lo ha fatto giocando su un equivoco, o comunque su definizioni di comodo. Quella di intelligenza, innanzitutto. C'è chi, sbagliando, se la cava dicendo che no, in fondo è tutto un equivoco, *intelligence* in inglese significa acquisire informazioni, come per le agenzie di *intelligence*, pensiamo all'FBI. Non è così. Per definire la IA, bisogna definire che cos'è l'intelligenza in senso proprio. E come si può definire l'intelligenza se duemilacinquecento anni di filosofia non sono bastati per descriverla in un modo che fosse condivisibile per tutti? Turing si era posto il problema all'inizio del suo articolo su «computing machinery and intelligence». Aveva esordito chiedendo: «Possono pensare le macchine?». Per poi aggiungere, con parole non troppo diverse: ma se non sappiamo nemmeno cosa sia «pensare» e cosa sia «macchina»! Dunque, disse, ridefiniamo il problema. Intendiamoci su che cosa sia «pensare» e su che cosa sia «macchina». Delimitiamo il campo di gioco. Usciamo dall'ambiguità.

L'intera storia della IA di ambiguità si è invece nutrita. Tra i quattro di Dartmouth, il padre del sintagma *intelligenza artificiale* fu il matematico John McCarthy, il quale non si tirò indietro quando si trattò, più tardi, di dire che cosa si dovesse intendere per *Intelligenza*.

Ed è qui che cominciano i problemi.

18. Definire la IA: il teorema di Tesler

4.2. McCarthy infatti dà, di intelligenza, una definizione puramente utilitaristica, efficientista: «Intelligenza è» scrive «la parte computazionale della capacità di raggiungere obiettivi nel mondo».¹ Oggi è effettivamente così. Ciò che conta per la IA, aggiunge McCarthy, è avere algoritmi che siano bravi a risolvere problemi tanto quanto le persone.

La definizione più generale e generalmente accolta di IA vuole che l'obiettivo della disciplina sia quello di progettare hardware e software che permettano a un elaboratore elettronico «prestazioni che, a un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell'intelligenza umana». Non replicare, ma riprodurre l'intelligenza umana. Con prestazioni che siano qualitativamente equivalenti e quantitativamente superiori. Qui, intelligenza equivale in particolare alla capacità di risolvere problemi mediante procedimenti inferenziali, cioè capaci di muovere da un modello del reale alla legge che lo regola, ovvero dalla rappresentazione di un problema alla sua soluzione. *Risolvere problemi*.

Oppure, la nozione di *intelligenza* è in sé non definibile? Aveva forse ragione il teorema di Tesler² per cui, non appena si riesce a far svolgere alle macchine una qualche funzione mentale, immediatamente si smette di considerare quella funzione come un ingrediente essenziale del «vero pensiero»? E quindi il nucleo ineluttabile dell'in-

telligenza è sempre in quell'altra cosa che non si è ancora riusciti a programmare? Forse «l'intelligenza artificiale è tutto ciò che non è ancora stato fatto», come avverte Douglas Hofstadter nel visionario *Gödel Escher Bach*?

Il teorema di Tesler risponde al mondo di oggi. Con chiunque si parli, che non sia un esperto – e se si parla con gli esperti si riceve generalmente una risposta alla McCarthy, con varie sfumature –, ci si sente rispondere che «sì, la IA fa questa cosa, ma fa degli errori», oppure che «sì, ma non sa fare ancora quest'altra cosa», per esempio – si diceva fino a pochi mesi fa – non è abbastanza brava in alcuni campi della matematica. Sfugge che proprio il fatto di sbagliare, di avere «allucinazioni», rende le macchine più simili a noi. Che questo subliminalmente rende, e fa percepire, l'intelligenza artificiale come più vicina all'intelligenza naturale. Che la capacità di correggere gli errori e di imparare da essi ha costituito per questi sistemi un progresso impensabile finora. Turing aveva già scritto, nel suo Report del 1948, rispondendo alle obiezioni dei teoremi di Gödel, che il non commettere errori «non è un requisito per l'intelligenza». Molti, specialmente giornalisti e intellettuali da salotto, pensano di aver capito la IA perché hanno giocato al sabato pomeriggio con ChatGPT, a cui guardano come se in quello si esaurisse il fenomeno. E pensano di poter dunque fare dell'ironia sulle preoccupazioni.

Non si chiedono come mai una Università come quella di Oxford abbia accolto la proposta – che solo pochi anni fa sarebbe suonata risibile – di creare un Istituto per il Futuro dell'Umanità, o perché le Università di Berkeley e Stanford abbiano avviato Centri e Iniziative sul rischio esistenziale (come la BERI – Berkeley Existential Risk Initiative) e sul cosiddetto allineamento della IA (come il MATS – ML Alignment & Theory Scholars Program), o perché l'Università di Cambridge abbia affidato a un Centro per lo Studio del Rischio Esistenziale l'obiettivo «dello studio e della mitigazione dei rischi che potrebbero condurre all'estinzione dell'uomo o al collasso della civiltà», e al Leverhulme Centre for the Future of Intelligence, fondato da Stephen Hawking nel 2016, il compito di effettuare ricerche sul futuro dell'intelligenza (artificiale e naturale) come aspetto cruciale per il futuro della civiltà e della nostra specie. Nascono per-

sino iniziative private come la ORCAA (O'Neil Risk Consulting & Algorithmic Auditing), per cercare di «tenere al sicuro le persone dalle conseguenze dannose della IA e dei sistemi automatizzati», che si tratti di piattaforme di IA generativa, di sistemi di predizione, o di sistemi di ambito medico. Hawking nel 2018 – sarebbe morto di lì a poco – condivise la sua preoccupazione su superintelligenze artificiali i cui obiettivi non dovessero essere appunto *allineati* ai nostri, e fece l'esempio del formicaio sacrificato in favore di un impianto idroelettrico sostenibile: non si tratta di detestare le formiche (in questo caso noi), ma di sacrificarle in nome di un obiettivo ritenuto più alto.³ Si tenta di costruire dei *guardrail* per evitare di uscire rovinosamente di strada.

19. IA: il mondo a una dimensione

4.3. D'altro canto, pur nutrendo sincera ammirazione per il lavoro di McCarthy, la sua definizione induce il più cupo sconforto. Il mondo ridotto a una dimensione. Ed è tutta qui, la chiave di volta. Una chiave di volta dovuta a meccanismi di origine culturale radicati così in profondità da non essere più visibili neppure a una intelligenza raffinata come quella di McCarthy e dei suoi tanti sodali. Un pregiudizio culturale, una distorsione senza rimedio.

Tutta l'attenzione, tutta la concentrazione, ogni sforzo è unicamente rivolto all'obiettivo, al suo raggiungimento. È la conquista del risultato. Immediata. Con il minor sforzo possibile o, come usa dire oggi, con il miglior rapporto costi/benefici. Con un progressivo perfezionamento che elimini ogni attrito. Rimuova ogni ostacolo. Ogni distrazione. Tutto il resto non è che *tempo di latenza*, come tale da portare al minimo, meglio ancora cancellare.

Si dovrà però considerare che McCarthy e gli altri esperti non hanno specifiche colpe. Fanno il loro mestiere, hanno lavorato e lavorano con impegno e ottimi risultati nel loro campo di competenza. Il problema nasce quando questo campo di competenza impatta, come oggi – loro volenti o nolenti – su ogni singolo aspetto della vita di tutti. Della vita materiale come di quella psichica. Non ha importanza stabilire chi porti la responsabilità: il risultato è che oggi il concetto di intelligenza si è ridotto a una capacità operativa. Si è trasformato per adattarsi all'ambiente delle macchine. Non sem-

bra coincidere, questa nuova «intelligenza», con quella che per Immanuel Kant consisteva nella *facoltà di pensare*, e in particolare nel poter avere una rappresentazione del proprio io,¹ cosa che innalza l'uomo al di sopra di tutti gli altri esseri viventi sulla terra.

Perciò egli è una persona e, grazie all'unità della coscienza in tutti i mutamenti che subisce, una sola e stessa persona, cioè un essere del tutto diverso, per rango e dignità, dalle cose, quali sono gli animali privi di ragione.

Intelligenza come facoltà non solo di sentire se stessi, ma di pensare se stessi, di dire, *consapevolmente*, «io». Di cercare, fosse anche senza trovarlo, il senso delle cose del mondo.

Ora, non che Kant, o Aristotele, o Cartesio, debbano essere presi necessariamente a modello. Diciamo però almeno che hanno rappresentato gli esiti di duemilatrecento anni di sforzi per capire quei concetti che la tecnologia di oggi ha voluto d'un colpo ridefinire in senso meramente funzionale ed efficientista. Quel che preoccupa è che abbia avuto successo: oggi è l'intelligenza umana che si ridefinisce – nella percezione di quello che è chiamato «l'osservatore comune», cioè tutti a eccezione di qualche specialista – prendendo a modello l'intelligenza algoritmica del calcolatore. Il teorema di Tesler è stato rovesciato.

20. «Riesco a vedere un momento nel futuro...»: la predizione di Butler-Shannon

4.4. Dunque, se tutto sta nel raggiungere l'obiettivo, realizzare il fine, non esiste più il *processo* che al raggiungimento di quell'obiettivo conduce. Importa la destinazione, non la strada.

Il processo deve essere minimizzato, progressivamente ridotto, fino a risultare azzerato. Più precisamente, il processo è affidato a un algoritmo e alla sua propaggine operativa, la macchina; usa un linguaggio esoterico perché tecnico; si svolge nell'ordine dei picosecondi e non è di interesse per l'utente, che del resto non lo conosce e se lo conoscesse non lo capirebbe. Per l'utente, per l'uomo, si passa dal punto di partenza a quello di arrivo, saltando tutto quanto separa l'uno dall'altro. Spesso, l'uomo non serve affatto, neppure come osservatore. A questo proposito, vale la pena raccontare di quando un giovane fisico, partecipando qualche anno fa alla discussione di un seminario di filosofia su numeri e algoritmi nella mia università, osservò che, insomma, se a un certo punto i robot fossero in grado di svolgere ogni compito meglio degli uomini, *che bisogno ci sarebbe degli uomini?* E aggiunse di non essere minimamente preoccupato all'idea.

Il provocatorio giovanotto si poneva, non so dire se consapevolmente o per una delle tante bizzarrie del caso, sulla linea che un altro dei quattro di Dartmouth – il padre della teoria dell'informazione Clau-

de Shannon, la cui *Teoria matematica della comunicazione*, del 1948, è ancora oggi stupefacente per modernità e consapevolezza – aveva tracciato quando dichiarò: non faccio nessuna fatica a immaginare robot sufficientemente complessi da diventare amici degli uomini. Li vedo diventare migliori di quanto noi siamo, via via che i micro-chip diventano più piccoli e più veloci. «Riesco a vedere un momento nel futuro nel quale noi saremo rispetto ai robot quello che i cani sono rispetto agli uomini.»¹

Qui Shannon in realtà era stato preceduto, e da lungo tempo, ancora da Samuel Butler, il quale il 13 giugno 1863 aveva scritto sul giornale neozelandese *The Press* di Christchurch un articolo intitolato «Darwin among the Machines», nel quale sosteneva che

quando sarà arrivato lo stato di cose che abbiamo cercato di descrivere sopra, l'uomo sarà diventato per la macchina ciò che il cavallo e il cane sono per l'uomo. Continuerà a esistere, anzi a migliorare, e probabilmente starà meglio nel suo stato di addomesticamento sotto il benefico dominio delle macchine che nel suo attuale stato selvaggio.²

Non so se Shannon con la sua iperbole alludesse a Butler: certo le immaginifiche previsioni che Butler aveva fatto tra finzione letteraria e sarcasmo si sono largamente realizzate, e dopo solo un secolo e mezzo, molto più rapidamente di quanto egli stesso avesse previsto.

21. Intelligenza computazionale

5. Controparte (o sottoinsieme, o per qualcuno equivalente) della intelligenza artificiale (che usa i sistemi di *hard computing* basati sulla logica binaria di vero o falso) è la intelligenza computazionale (IC), che usa sistemi di *soft computing* meglio adattabili alle diverse condizioni con l'uso di algoritmi che producono soluzioni approssimate a problemi non risolvibili, e offre per esempio strumenti potenti di diagnostica in abito medico. Per IC si intende la capacità di un computer di imparare a svolgere dei compiti partendo dai dati disponibili o dall'osservazione sperimentale. La IC si ispira al funzionamento della natura e alla logica detta *fuzzy*, o sfocata, nel suo trattare il ragionamento approssimato imitando il funzionamento del cervello umano nella aggregazione di dati e nell'uso di verità parziali, potendo cioè operare anche in assenza di alcuni dati che sarebbero necessari invece per la IA, che ne richiede la conoscenza integrale ed esatta. L'esigenza di introdurre un certo grado di tolleranza per l'ambiguità, cui consegue la deliberata introduzione nei sistemi digitali di errori non fatali come quelli che caratterizzano il mondo analogico, è stata avvertita da tempo. Von Neumann, sempre interessato all'analogia tra mondo digitale e mondo biologico, ebbe a osservare una volta, parlando all'Università dell'Illinois, che «se ogni errore dovesse essere individuato, spiegato e corretto, un sistema della complessità di un organismo vivente non riuscirebbe a funzionare neppure per un millisecondo».¹

La IC entra in gioco quando i modelli matematici tradizionali risultano poco adatti ad affrontare processi che contengono elementi di incertezza o hanno carattere stocastico, ovvero sono difficili da tradurre in linguaggio binario in maniera compiuta e tale da far sì che i computer possano elaborarli. Ci sono infatti processi che richiedono di assegnare un valore che non sia 0 o 1, ma gradazioni diverse tra i due valori limite, anche detti livelli di verità. È possibile dunque, come per l'uomo, utilizzare elementi di conoscenza inesatta o incompleta, metodi probabilistici, tolleranza dell'errore, e mettere in atto operazioni di controllo in modo adattivo.

La IC usa una computazione detta evolutiva e algoritmi genetici, e cerca soluzioni a problemi complessi mediante tecniche che imitano concettualmente i meccanismi dell'evoluzione biologica, come sono la riproduzione, le mutazioni, la ricombinazione e la selezione naturale. Il principio è, anche qui, la sopravvivenza del più forte, cioè degli individui (le soluzioni) più adatti all'ambiente, mediante processi evolutivi che li migliorano continuamente per ripetizione (iterazione) del processo di verifica del loro grado di adattamento (*fitness*) al problema. Partendo da diverse soluzioni (dette cromosomi, il cui insieme è chiamato popolazione), se ne opera una ricombinazione (paragonabile a quella dei processi riproduttivi in biologia), introducendo elementi di disordine (mutazioni). Si ottengono così, con un meccanismo detto di *crossover* (termine tratto dalla genetica anch'esso), nuove soluzioni (gli individui, in biologia) di cui si selezionano (mediante la funzione di adattamento all'ambiente) le migliori. Uno degli aspetti più affascinanti, e potenzialmente preoccupanti, è che questo tipo di processi non muove seguendo il progetto di un essere umano ma autonomamente e affidandosi a procedure casuali: talché da un lato non è mai certo che si arrivi a un risultato soddisfacente, dall'altro, quando vi si arriva, è possibile che non si sia in grado di capire come mai abbia funzionato.

22. La logica interna del cervello

5.1 Anche le basi di questa nuova logica e del suo dare alle macchine la possibilità di operare sempre più autonomamente e sempre più per somiglianza con il ragionamento umano, furono poste in quel periodo di grande creatività che fu la Seconda guerra mondiale. La guerra come motore del mondo. Se la guerra di Troia, quale ci è stata raccontata dai bardi che chiamiamo collettivamente Omero, rappresentò il fondamento dell'identità greca e dunque occidentale, il suo punto di condensazione e ripartenza, la guerra insensata voluta dai nazifascisti in Europa ha offerto la triste ma efficacissima occasione per «progressi» fino ad allora affidati soltanto alle immaginifiche fantasie di qualche visionario.

Nell'estate del 1944, gli aerei della Royal Air Force britannica sorvolavano la splendida città tedesca di Münster per eseguire l'ordine di un bombardamento a tappeto. Obiettivo: schiantare il morale della popolazione civile. Lì, nella cantina senza finestre di una casa ormai distrutta, un uomo di sessantasei anni, fuggito dalla Polonia insieme a sua moglie e arrivato in città due giorni prima dell'inizio dei bombardamenti, viveva aspettando di conoscere il proprio destino – o almeno sperando, più banalmente, di raggiungere la Svizzera.

Quell'uomo si chiamava Jan Łukasiewicz.¹ In Svizzera non sarebbe mai arrivato. Un campo per prigionieri di guerra polacchi lo accolse nell'aprile del 1945 a Dossel in Vestfalia, e lì, in una scuola secondaria provvisoriamente inaugurata, egli riprese a insegnare la



Figura 14: Veduta aerea di Münster dopo i bombardamenti alleati del 1944.

disciplina alla quale aveva dedicato la vita e la cui pratica la storia europea di quegli ultimi cinque anni aveva disconosciuto: la logica.

Tanto la mente umana si sforza di disegnare le proprie regole, quelle regole alle quali crede di dover aderire e grazie alle quali pensa di salvarsi, quanto il comportamento dell'uomo, come la storia si incarica di dimostrare, le contraddice.

L'esule Łukasiewicz non era solo una figura delle più significative per lo studio della logica formale, ma si era convinto, e come lui il più giovane matematico e logico polacco Alfred Tarski, di poter dimostrare che esiste una logica per cui i valori di verità non sono soltanto due, vero/falso, cioè quelli identificati con i valori 0 e 1 che fanno poi il linguaggio binario in cui parlano i nostri calcolatori, e che ci fosse una maniera per rappresentare meglio il modo in cui l'uomo

effettivamente percepisce, pensa, ragiona. Solo vent'anni dopo si sarebbe davvero compresa l'importanza di un tale salto concettuale, quando lo scienziato azero-iraniano-americano Lutfali Alasgarzade, meglio noto come Lotfi Zadeh, iniziò a parlare di «insiemi sfocati», o *fuzzy*: per cui un oggetto può appartenere o non appartenere a un insieme, ma anche appartenervi solo in una certa misura; per cui qualcosa può essere vero o falso, ma anche vero o falso *in una certa misura*, parzialmente vero.²

Mentre Łukasiewicz lasciava le rovine di Münster, a migliaia di chilometri di distanza Vannevar Bush, uno dei padri della cibernetica e forse lo scienziato che per il suo potere politico indirizzò maggiormente gli sviluppi della tecnologia, veniva nominato dal presidente Roosevelt a capo del nuovo Ufficio Nazionale degli Stati Uniti per la Ricerca e lo Sviluppo della Scienza (ivi incluso il progetto Manhattan). Bush, dopo aver progettato calcolatori analogici e analizzatori differenziali, scrisse nel 1945 un fondamentale articolo intitolato «Come potremmo pensare»:³ impegnato a gestire quantità sempre maggiori di dati e comunicazioni, si pose l'obiettivo molto concreto di *meccanizzare il modo in cui l'uomo produce, immagazzina e consulta la propria conoscenza*. Stava immaginando il MEMEX (MEMORY EXPANSION), un visionario sistema a «espansione di memoria» dotato di capacità di archiviazione di dati su microfilm e costituito da un sistema di schermi, pulsanti, leve e tastiera, in cui i dati dovevano essere collegabili l'uno all'altro (*cross-referencing*) in un insieme che oggi si dice ipertestuale ed è alla base del web, e che simula il modo in cui il nostro cervello organizza ed elabora i dati. Immaginando che il cervello abbia una sua logica interna. Per questa possibilità di archiviazione, di connessioni tra i dati e di un sistema di scansione per reperirli, il formidabile marchingegno di Bush è considerato il precursore dei moderni computer. Quel che mancava gli era chiarissimo: per far sì che svolgessero i compiti assegnati, bisognava dare alle macchine istruzioni in forma adeguata. La logica di Łukasiewicz, capì Bush, era strumento prezioso per formalizzare quelle istruzioni.

Percorsi e strade in apparenza lontani si incrociano per vie insondabili, legano le cantine semidistrutte dell'Europa del «1944 al-

le più segrete ricerche dei consulenti del Governo degli Stati Uniti, quasi seguendo un disegno generale che stabilisce leggi d'interazione di fenomeni diversissimi, come le ali della farfalla di Edward Lorenz e i tornado in Texas nelle teorie del caos.⁴ E in Texas, in questo caso, ci siamo noi.

23. Metafore del vivente

5.2. La IC porta all'estremo una delle pratiche vincenti usate nel mondo artificiale che ci siamo costruiti: l'uso delle metafore biologiche. Intelligenza, coscienza, linguaggio, cellule, cromosomi, mutazioni, ricombinazioni, ambiente, *crossover*, e poi anche i relativi processi, apprendimento, ragionamento, dialogo: parole potenti, evocative, nelle quali si esprime l'essenza stessa dell'uomo. Applicati alle macchine, a livello sia hardware che software, dunque sia di meccanica che di regole di funzionamento, ne fanno un alter ego digitale. Costituito cioè di cifre, numeri (*digits*), oltre che di plastiche e metalli. Non è sfuggito a questa appropriazione il concetto di memoria.

Le nostre macchine, si dice, hanno una memoria prodigiosa, potenzialmente infinita, che fornisce i materiali da analizzare ed elaborare. Ma memoria del computer si dice propriamente *storage*, immagazzinamento, o a questo comunque equivale. Essa procede per accumulo, sovrapposizione, occupa uno spazio fisico quantificabile, che si esaurisce – esattamente come quello di un magazzino – via via che i dati si accumulano. Questi dati possono, e anzi devono, essere ordinati in qualche modo, per poter essere utilizzati in modo efficiente: e a differenza degli individui, che possono usare sistemi interni di ordinamento diversi l'uno dall'altro, le macchine usano criteri di ordinamento sempre uguali, come richiesto dalla logica algoritmica.

Come la differenza tra un oggetto fisico e un oggetto digitale consiste anche nel fatto che il primo ha un carico emotivo che porta con

sé a differenza del secondo (almeno fino a che l'uomo manterrà la struttura psichica che ha sviluppato negli anni finora trascorsi della sua evoluzione), così la memoria di un dispositivo digitale è cumulativa, mentre quella naturale è fatta di incroci spesso imprevisi, di relazioni, classificazioni inattese e soprattutto diverse da soggetto a soggetto. Non esistono due persone con la stessa «memoria» di qualcosa, ma esistono un numero infinito di macchine con la stessa memoria.

Dimenticare, diceva Tacito, non è in nostro potere, e la memoria umana vive nella storia e della storia, come voleva Cicerone.¹ Come la storia, la memoria umana è fatta di narrazione, non di giustapposizione, la memoria crea identità, dell'individuo e del popolo, e soprattutto, scriveva Primo Levi, «è uno strumento meraviglioso ma fallace»,² a differenza di quella delle macchine. Diversa è sia la fase di codifica, cioè di registrazione di un dato o di un evento, sia la modalità di ritenzione, cioè il modo in cui quel dato è conservato, sia le modalità di recupero di quella informazione in un momento successivo. Eppure, come con intelligenza e coscienza, anche con il concetto di memoria si va verificando il fenomeno di assimilazione inversa: poiché la «memoria» di un computer non è fallace, è perfettamente ordinata, è oggettiva e indipendente dalle variabili a cui sottostà quella umana, conserva tutti i dati ed è possibile anche «dimenticare» qualcosa cancellandolo definitivamente dalla memoria stessa (il sogno di tanti esseri umani), allora anche la memoria umana viene valutata commisurandola a quella artificiale. Tanto più la nostra memoria è assimilabile a quella artificiale, tanto migliore sarà il funzionamento del sistema-uomo.

24. Vita e nonvita. Parte 1

5.3. Entra così in gioco una domanda antica almeno quanto il dibattito stesso sulla IA, e in realtà – in forma esplicita o implicita – antica quanto l'uomo. La domanda è la seguente: «In che misura un organismo biologico si distingue da un organismo meccanico?». Può un organismo biologico, come è l'uomo, essere considerato come una specifica sottoclasse degli organismi meccanici? Viceversa, possiamo applicare agli organismi meccanici la classificazione tassonomica dei viventi proposta da Linneo, o quella cladistica? Domande di questo tipo sono state al centro di un affascinante dibattito pluridecennale. Douglas Hofstadter e Daniel Dennett,¹ per esempio, esperti poco ortodossi di scienze cognitive, informatica, intelligenza artificiale e tanto altro, già in un libro di quarant'anni fa intitolato *L'io della mente* presentavano il tema della coscienza, della percezione del sé, dei processi del cervello, della connessione cervello-coscienza, in un modo non dogmatico ma sufficientemente provocatorio da essere ancora meritevole di attenzione.

Bisognerebbe innanzitutto definire che cosa si intende per organismo, cosa per organismo biologico, e cosa per organismo meccanico. Ma questo porterebbe lontano, e soprattutto, come per la domanda «che cos'è l'intelligenza», non si arriverebbe a definizioni condivise.

Viene in aiuto Norbert Wiener, il più acuto tra i grandi che hanno posto le basi di questa nostra età della *machina ratiocinatrix* di

ascendenza leibniziana,² e che più degli altri ha saputo assumere uno sguardo non solo dall'interno del sistema in cui era immerso, ma dall'esterno – che è poi l'unico modo, gödeliano se si vuole, di dare un giudizio che abbia validità generalizzata. Wiener era consapevole, già dagli anni quaranta del Novecento, della necessità di integrare le conoscenze della matematica e della fisica con quelle della cardiologia, della neurologia, della fisiologia, della elettrofisiologia, della psicologia, dell'economia e della teoria dei giochi, della sociologia, della filosofia, della storia, della politica. E di altro ancora. Così variegato (oggi si direbbe interdisciplinare) era il gruppo di ricerca che aveva costituito e nel quale fiorivano i risultati dei suoi lavori. Né volle mai nascondere l'effetto profondo che avevano avuto su di lui, e sulle sue interpretazioni e raccomandazioni, la realizzazione e l'uso della bomba atomica.

Due tra i fenomeni che consideriamo caratteristici dei sistemi viventi, dice dunque Wiener, sono la capacità di apprendere e quella di autoriprodursi. Un animale che apprende è un animale che può venire trasformato dal suo ambiente passato in un essere diverso ed è perciò in grado di adattarsi al proprio contesto entro l'arco della sua esistenza individuale. Un animale che si riproduce è capace di creare altri animali a propria immagine e somiglianza, anche se solo approssimativamente e non, cioè, così del tutto simili a lui da non poter variare nel corso del tempo. L'apprendimento è lo strumento mediante il quale un animale, ma in realtà ogni essere vivente incluse le piante, almeno a livello filogenetico, si adatta all'ambiente. Il processo inizia a livello della cellula e del DNA.

Oggi sappiamo che è possibile realizzare biochip diagnostici intelligenti assegnando compiti di tipo computazionale a molecole di DNA attraverso eventi sequenziali di taglio e legatura di DNA, e utilizzando metodi di apprendimento automatico (*machine learning*). Il vivente sembra funzionare esattamente come le strutture in silicio dei nostri computer. Si tratta di automi biomolecolari, concepiti secondo il principio per cui si può chiamare computer qualsiasi sistema che sia in grado di leggere un input e fornire un output: la macchina di Turing. Dire che gli organismi viventi mettono in atto processi fisici complessi sulla base di istruzioni «memorizzate» nel

genoma, e codificate in sequenze di acidi nucleici, equivale a dire che sequenze di simboli tratte da un alfabeto fisso contengono l'informazione da processare, e procedendo passo dopo passo si possono pertanto apportare modifiche o aggiunte a quei simboli secondo un insieme di regole. Queste macchine molecolari programmabili possono essere effettivamente utilizzate come computer per svolgere operazioni all'interno del corpo umano, nel senso di strumenti capaci di processi analoghi di elaborazione delle informazioni. Nel laboratorio di Ehud Shapiro al Weizmann Institute di Rehovot, in Israele, si è iniziato oltre vent'anni fa a lavorare all'uso di enzimi in grado di manipolare il DNA (con funzione di hardware) e frammenti di DNA da inserire in cellule per risolvere problemi di natura propriamente matematica, cominciando dai più semplici, come stabilire se una stringa di simboli contenga o no un numero pari di uno dei simboli (per esempio, le lettere a e b): un tipico esercizio da macchina di Turing. Un «automa biologico» fatto di DNA e proteine può individuare i sintomi molecolari di un certo tipo di cancro e rilasciare molecole in grado di contrastarlo. Inoltre, i «computer a DNA» offrono la possibilità di elaborazione parallela: le cellule essendo organismi vivi si replicano, copiando i segmenti di DNA selezionati in nuove cellule, e generando così un numero progressivamente maggiore di nuovi «processori» che lavorano su uno stesso problema, offrendo una capacità di calcolo potenzialmente gigantesca.³

25. Vita e nonvita. Parte 2

5.4. Da sempre l'uomo riproduce se stesso e ciò che lo circonda. Riproduce gli animali, il cielo, l'ambiente naturale. I petroglifi preistorici come quelli della Val Camonica, che si datano a partire dall'età mesolitica (x-viii millennio a.C.) e arrivano fino al I millennio a.C., rappresentano animali, uomini, figure geometriche, strumenti come la ruota, il carro, le armi; nell'ultimo millennio anche capanne, scene di caccia, duelli, labirinti. Ancora, tutta la storia dell'arte è storia dell'autorappresentazione dell'uomo. Di come vediamo noi stessi e di come vediamo o immaginiamo il mondo che ci circonda. È già dunque dalle incisioni rupestri più antiche che le «macchine» – ruota, carro, armi – accompagnano la percezione che l'uomo ha di se stesso. L'oggetto artificiale si accompagna all'oggetto naturale. Entra a far parte della sua entità e identità. Artificiale e naturale costituiscono, insieme, il reale. Le conoscenze e le macchine di cui oggi disponiamo permettono di portare a perfezionamento questo processo: con esiti inaspettati. Macchine sempre più simili a noi. Dalla rappresentazione di noi e delle macchine sulla roccia, sulla tela, sulla carta siamo passati a rappresentare noi stessi nella macchina. Per far questo, diamo alla macchina una rappresentazione di noi. L'aiutiamo a conoscerci. A imitarci. A sostituirci.

Fin dalla sua prima conferenza pubblica sui temi della intelligenza delle macchine tenuta a Londra nel 1947, anche Alan Turing ave-

va posto il problema dell'apprendimento delle macchine: «Quel che vogliamo» disse «è una macchina che sia capace di imparare dall'esperienza», e la condizione necessaria affinché questo accada è che la macchina possa modificare le sue proprie istruzioni per adattarsi alle diverse situazioni.

Questo è un tratto essenziale di ogni definizione di «intelligenza». Ed è il motivo per cui non si definisce propriamente intelligente il comportamento della vespa scavatrice, *Sphex ichneumoneus*, esempio, secondo Hofstadter, di un determinismo genetico che la porta a ripetere sempre gli stessi comportamenti senza saperli adattare al mutare delle condizioni esterne.¹ Il motivo per cui, pur svolgendo compiti complessi, non definiamo «intelligenti» questi insetti si deve al comportamento della vespa quando torna al suo nido portando del cibo. Essa compie ogni volta la medesima operazione: deposita il cibo sulla soglia, entra nel nido per controllare che non vi siano intrusi e solo se la situazione è rassicurante porta dentro il cibo. Ma se qualcuno sposta il cibo di qualche centimetro mentre la vespa è all'interno del nido a controllare, la vespa ripeterà l'intera procedura di collocare il cibo sulla soglia, entrare per la sua verifica preliminare, e tornare a prendere il cibo, e così indefinitamente, in quello che in termini informatici si direbbe un *loop*. La si può considerare, in realtà, un diverso tipo di intelligenza, rispondente a una definizione di intelligenza non ottimizzatrice, in cui i meccanismi evolutivi e di adattamento non hanno ritenuto necessario quel sovrappiù di efficienza che invece caratterizza la forma di intelligenza dell'essere umano. Del resto, si ipotizza che un'attività cognitiva di base non richieda quantità troppo grandi di neuroni: imenotteri come le vespe, con meno di un milione di neuroni, sono in grado di porre in atto processi cognitivi di cui già Aristotele era rimasto stupito, e Giorgio Vallortigara, di fronte alla capacità di questi insetti di categorizzare gli stimoli a cui sono sottoposti (inclusa la capacità di «riconoscere» le facce delle compagne e individuarne le somiglianze, come fanno del resto anche le pecore), si chiede allora, semmai, a che pro l'abnorme quantità di oltre ottanta miliardi di neuroni del cervello umano, ipotizzandone la possibile ragione nelle necessità di memorizzazione più che in quelle cognitive e della coscienza.²

Apprendere e riprodursi sono quindi due caratteristiche fondamentali del vivente «intelligente». Ora la domanda diventa: possono delle macchine costruite dall'uomo apprendere e possono riprodurre se stesse? La risposta è sì. Era così già per Wiener e von Neumann negli anni tra i quaranta e i sessanta, era così per Barricelli negli anni cinquanta e sessanta, per Turing fin dall'immediato dopoguerra, lo è tanto più oggi dopo i progressi sconcertanti fatti dalle macchine e dalla loro programmazione.

Dallo studio dei giochi, e di quel particolare tipo di gioco che è la guerra, si è imparato che il fattore decisivo, non solo per vincere ma anche per migliorarsi, è costituito dai precedenti noti del comandante e degli avversari, statisticamente ricavabili dalle loro azioni passate, piuttosto che da un tentativo di condurre il gioco perfetto contro l'avversario perfetto. Imparare dell'esperienza, appunto. Poiché, in generale, una macchina ad apprendimento funziona mediante feedback non lineare, vale a dire opera in un sistema in cui la risposta a un cambiamento non è proporzionale all'entità del cambiamento stesso e una piccola variazione può portare a risultati imprevisti o comunque a scarti significativi, il suo funzionamento è paragonabile a quello della maggior parte dei sistemi fisici.

26. Vita e nonvita. Parte 3

5.5. Gli organismi meccanici, o sistemi meccanici, o macchine complesse, sono così in grado di autoprogrammarsi. Queste macchine autoprogrammantisi, come le definisce Wiener, o macchine ad apprendimento, seguono gli stessi meccanismi di acquisizione in termini di esperienza del comportamento abituale dell'avversario (nei giochi e nella guerra) e di se stessi.

In questo senso, andando oltre Wiener e arrivando a una definizione, l'uomo e gli animali rappresentano nient'altro che i diversi gradi di un dispositivo naturale meccanico (*natural mechanical device*, per usare l'espressione di Claude Shannon).¹

Con il termine *meccanico* non si deve perciò intendere semplicemente un organismo, o un sistema, in cui siano all'opera ingranaggi metallici e altre componenti del genere: ogni sistema naturale funziona secondo *meccanismi*, che tanto più sono descrivibili con precisione, tanto meglio diventano riproducibili. Per Wiener, un concetto chiave per capire dove sarebbero potute arrivare le macchine è quello di autoriproduzione, la questione cioè se una macchina possa avere

un numero sufficiente di parti e una struttura abbastanza complessa da consentirle di includere tra le sue funzioni quella dell'autoriproduzione. A questa domanda è stata recentemente data da John von Neumann risposta affermativa.²

Qualche decennio più tardi, sono diventate disponibili anche le risorse tecniche.

Wiener si chiedeva anche se, almeno in linea di principio, l'idea di «macchine autoriproducentisi» non fosse paragonabile a quel che avviene

quando un gene agisce come uno stampo per formare altre molecole dello stesso gene partendo da una mescolanza indeterminata di aminoacidi e acidi nucleici, oppure quando un virus porta ad assumere la sua stessa forma altre molecole del medesimo virus fuori dai tessuti e dai succhi dell'ospite.

Sono fenomeni molto simili, concludeva, senza con ciò voler dire che si tratti di processi identici in ogni particolare. Vent'anni dopo, Shannon, che del gruppo di Wiener aveva fatto parte, non esitò a chiarire il concetto in modo più radicale e univoco: io credo nella teoria dell'evoluzione, disse, e credo che noi siamo essenzialmente macchine, ma di un tipo molto complesso, molto più complesso di qualsiasi macchina l'uomo abbia mai costruito finora. «Non c'è da scomodare nessun Dio.»

27. La Genesi digitale

Nils Aall Barricelli non avrebbe approvato quest'ultima affermazione. Per lui, si doveva postulare «l'esistenza di un'intelligenza che stia dietro ai risultati ottenuti nell'evoluzione biologica».¹ Un'intelligenza la cui azione lui stesso cercava di riprodurre attraverso numeri che creassero organismi numerici in grado di autoriprodursi. Di «vivere», mediante fenomeni di simbiosi. Numeri casuali affidati a un calcolatore insieme a istruzioni che permettessero di dare origine a «strutture che si autoriproducono mediante associazione simbiotica di diverse entità capaci di autoriprodursi qualunque ne sia il genere». Gli organismi che ne derivano sono i *simbio-organismi*. Strutture complesse derivate da unità primordiali, introdotte in un universo vuoto, che lì possono crescere, aggregarsi e replicarsi.

Ma ripartiamo dal principio. Allievo di Fermi (con cui si era laureato nel 1936), critico del fascismo, Barricelli pensò bene di trovare rifugio lontano dall'ambiente della Roma del tempo, dove pure era nato: a Oslo. Avere una madre norvegese, e genitori di recente divorziati, aiutò. Continuò i suoi studi, ma rinunciò a conseguire il titolo di dottorato per non voler ridurre da 500 a 50, come prescritto, le pagine della sua tesi di dottorato. Capì presto che per poter verificare le sue ipotesi sulla riproduzione mediante numeri dei meccanismi dell'evoluzione biologica aveva bisogno di macchine con grande potenza di calcolo e di interlocutori che fossero in grado di capire.

Barricelli arrivò a Princeton nel gennaio del 1953. Allo Institute

for Advanced Study c'era ancora Einstein, dal quale si era recato esattamente vent'anni prima, nel 1933, Kurt Gödel; e c'era John von Neumann,² presso il quale nel settembre del 1936 si era recato invece, da Cambridge, Alan Turing. Barricelli cercava proprio von Neumann, o meglio cercava la *Princeton machine*,³ l'innovativo calcolatore digitale progettato e costruito da un gruppo di sei ingegneri sotto la guida di von Neumann. Su quella macchina avrebbe potuto effettuare i calcoli necessari a dimostrare che l'evoluzione del vivente e l'origine delle specie potevano essere *riprodotte* mediante numeri capaci di svolgere esattamente la stessa funzione dei geni, subire mutazioni, aggregarsi in entità più complesse mediante associazioni simbiotiche, generare nuovi esemplari. *Riprodurre*, non rappresentare, l'evoluzione del vivente.



Figura 15: La medaglia commemorativa concepita e disegnata da G.W.F. Leibniz, recante la creazione del mondo (*imago creationis*) secondo il sistema binario. Riproduzione coniata dalla città di Hannover nel 1982.

28. Fenomeni biologici e fenomeni bionumerici

Mentre tutti pensavano alla *Princeton machine* come a una macchina che potesse aiutare nella computazione di problemi altrimenti non calcolabili, von Neumann vedeva in essa un aiuto per l'analisi e per la matematica pura. Le ipotesi di Barricelli erano il test ideale. Il principio era semplice: elementi di qualsiasi genere, dotati delle necessarie proprietà fondamentali, devono in linea di principio

poter essere soggetti a un'evoluzione come quella del vivente umano in cui i geni, inizialmente indipendenti, si comportano come organismi che, simili a virus, danno forma a unità più complesse per via di associazione simbiotica. Anche i numeri rientrano in questo tipo di elementi. Almeno quelli di Barricelli: capaci, attraverso «collisioni», di dare origine a mutazioni e organizzarsi in modo omogeneo.

Se non sapessimo che associazioni di questo tipo sono a dir poco avventurose, sembrerebbe di sentire l'eco delle ipotesi degli

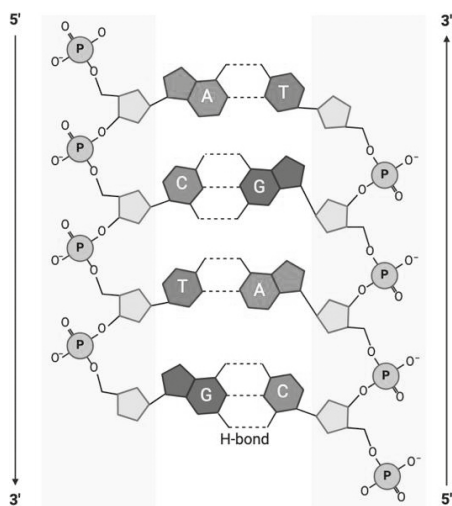


Figura 16: Struttura di catena polinucleotidica del DNA.

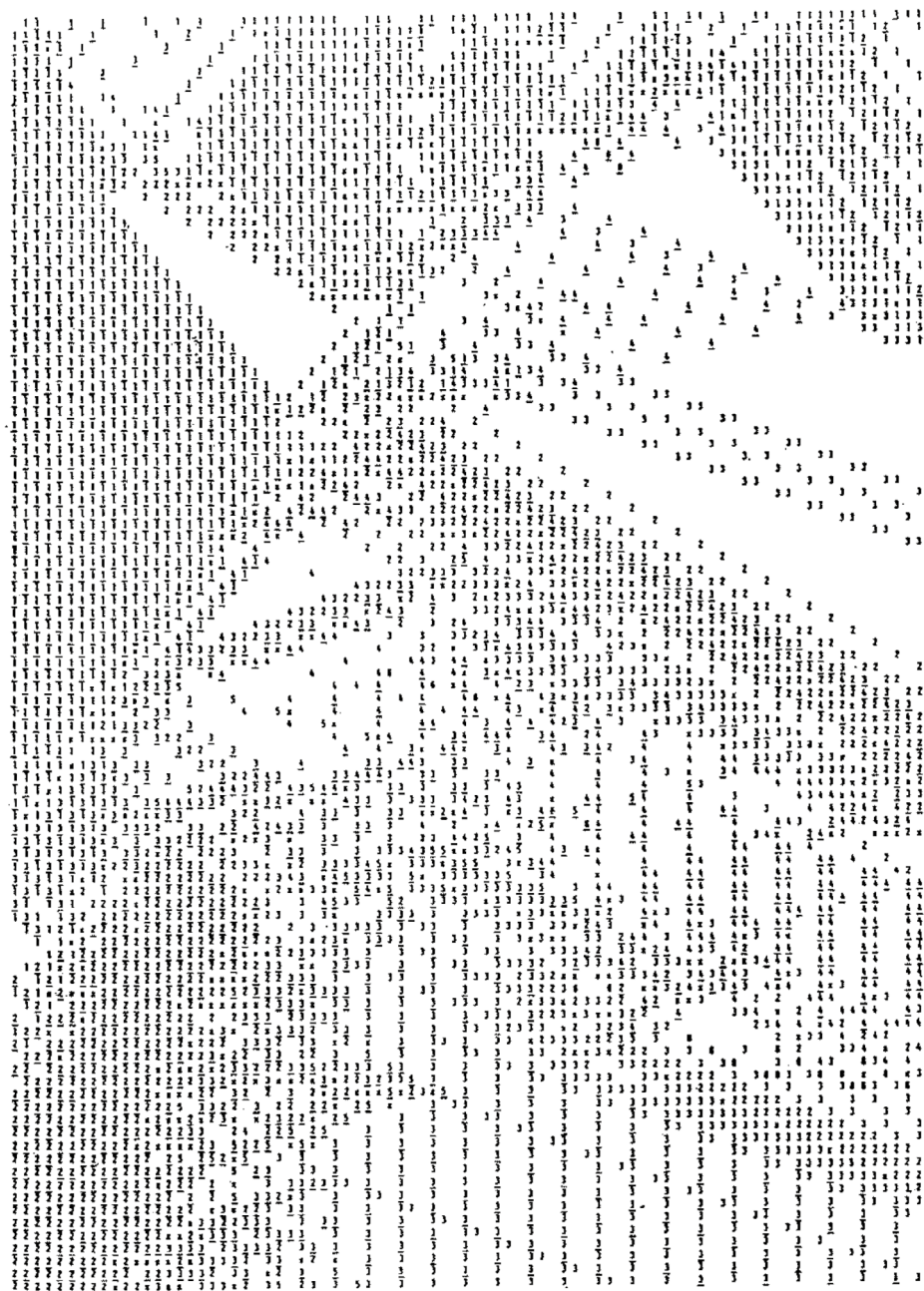


Figura 17: Da N.A. Barricelli, «Suggestions for the Starting of Numeric Evolution Processes Intended to Evolve Symbioorganisms Capable of Developing a Language and Technology of their Own», in *Theoretic Papers*, 1987, vol. 6, n. 6, p. 13.

antichi atomisti, di vedere gli elementi ultimi e indivisibili di Democrito, gli atomi di materia che si muovono in un universo vuoto e si incontrano a seguito di impulsi di origine casuale a cui seguono associazioni governate da principi di somiglianza degli elementi, dando origine ai corpi composti in grado poi di svilupparsi, crescere, riprodursi. La continuità della mente umana nel tempo e nello spazio, di cui parlano gli antropologi, dà sorprendente prova di sé.

Insomma, Barricelli riteneva che i due universi dei fenomeni *biologici* e *bionumerici* presentassero profonde, sostanziali analogie. La strada verso una intelligenza artificiale nel senso più proprio della parola, in un senso al quale non siamo ancora del tutto arrivati e che non abbiamo ancora del tutto compreso, era stata aperta. Si trattava di

osservare come l'evoluzione degli organismi numerici ha luogo mediante mutamenti ereditari e selezione, e verificare se alcuni di questi organismi sono in grado di accelerare la propria evoluzione mediante sostituzione di geni o acquisizione di nuovi geni o qualche altra forma primitiva di riproduzione sessuata.¹

Codificare, attraverso sequenze numeriche, i processi dell'evoluzione biologica e arrivare a capirne le origini, quelle che la teoria darwiniana, secondo Barricelli, non spiegava. In quegli stessi mesi, Watson e Crick descrivevano la struttura del DNA: in questa, Barricelli vedeva numeri sotto forma di molecole, evidenziava la struttura sostanzialmente digitale delle catene che la costituivano, sottolineava l'affinità tra un esperimento di evoluzione realizzato da numeri in un computer e uno realizzato da nucleotidi in un laboratorio di chimica. Cioè l'affinità tra vita biologica e vita bionumerica. Il comportamento dei numeri da lui affidati al calcolatore dava origine a strutture del massimo interesse, ma un passo ancora mancava: dare ai numeri, interpretati al pari di geni, materia da organizzare. Far sì che imparino a utilizzarla in modo da trarne vantaggio evolutivo. A dare origine a strutture diverse da sé. A codificarle.

29. Vita e nonvita. Parte 4

5.6. Gli automi cellulari (*cellular automata*) di John von Neumann¹ sono modelli matematici basati su reticoli di celle a stato variabile, la cui evoluzione è regolata da leggi matematiche, modelli utili a descrivere ogni forma di sistema complesso discreto come sono per esempio proprio quelli biologici, senza limiti di complessità e fino a comprendere potenzialmente l'intero universo. Significa che l'evoluzione e l'autoreplicazione di sistemi biologici e di sistemi digitali seguono le stesse regole logiche. Dunque, se noi riusciamo a fornire a una macchina le necessarie istruzioni e le insegniamo non solo a farne uso ma anche a trasmetterle ad altri dispositivi da essa stessa realizzati («creati»), è possibile avere macchine autoreplicanti. A questo, von Neumann arriva prima che si imparasse a conoscere il DNA. I suoi «automi»² sono il naturale sviluppo di una certa idea di sistema vivente descrivibile in termini di leggi matematiche e dunque riproducibile, e di una nozione di «cellula» volutamente ambigua. Organismi che evolvono in un ambiente digitale e riproducono i processi dell'evoluzione del vivente.

Quella biologica è dunque vita, e quella delle macchine nonvita? Oppure entrambe rientrano sotto la stessa categoria? L'uomo è un meccanismo, o le macchine sono organismi viventi? Cosa ne direbbe Barricelli? *Oppure la nozione di vita come è stata finora intesa è da considerarsi ampiamente sopravvalutata?*

L'analogia, e anzi l'identità (*sono la stessa cosa!*) tra vivente e non-

vivente implica conseguenze di enorme portata. Sulla definizione di mente, per esempio; sull'anima; sulle percezioni; sulle emozioni; sulla coscienza e sulle nozioni di conscio, inconscio, subconscio; su Dio. Lo scientismo e la ristretta prospettiva autoreferenziale di molti di coloro che sono oggi coinvolti nella costruzione e programmazione di macchine rappresentano un pericolo. L'ignoranza dei politici un altro. L'inadeguatezza dei sistemi giuridici un terzo. L'etica non condivisa, l'ultimo. L'incertezza filosofico-scientifica sulla definizione di umano, di *io*, di coscienza, di intelligenza, favorisce l'ambiguità e lascia ampi margini a chiunque. I simbio-organismi di Barricelli, organismi costituiti da stringhe di numeri che si univano gli uni agli altri dopo essere entrati in contatto nella memoria di un computer, morivano, si riproducevano, assumevano atteggiamenti parassitari, evolvevano, riproducevano i processi della vita biologica prima su fogli quadrettati scritti a mano, poi sul computer di von Neumann a Princeton. Ma «non ha senso» scrisse Barricelli «chiedersi se i simbio-organismi siano viventi, fin quando non sia stata data una chiara definizione di «vivente».

«La verità immanente affiora anche nella scienza» rifletteva Luitzen «Bertus» Brouwer:

Essa pone tutto ciò che è oggetto di percezione, esterno al proprio io, in un mondo sensibile concepito come indipendente, e il legame con l'io che alimenta e guida è perduto. Costruisce allora al di fuori della vita un substrato logico-matematico, una chimera.³

La chimera è ormai realizzata *nella* vita.

30. La macchina bambino

5.7. Se le macchine imparano e cambiano in risposta agli stimoli provenienti dall'esterno, se «fanno esperienza», leggono e ascoltano, se imparano gradualmente ad autoprogrammarsi e infine si autoriproducono, allora si può parlare di «macchine-bambino».¹ Che nascono, crescono, si adattano. Dovremmo cercare di realizzare, disse Turing, una macchina che indica, sorride, riconosce il volto di chi se ne prende cura, impara a distinguere se stessa dagli altri. Dovremmo cominciare dall'inizio. Seguire, cioè, il processo di sviluppo della mente umana, invece che simularne una già adulta. Quando questa ipotesi ha cominciato a essere presa in considerazione, tra gli anni quaranta e fino agli anni ottanta, alla sua pensabilità, che era indiscussa, si opponeva la realizzabilità, si opponevano i limiti delle macchine nell'apprendere sulla base dell'esperienza fisica come fa un bambino, e si opponevano i limiti nella comprensione del linguaggio.

Entrambe queste limitazioni sono state superate.

La macchina fa esperienza. Impara. Cresce. Soprattutto, può sbagliare: lungi dall'essere un problema, è questo ciò che più la avvicina all'uomo. Lo aveva capito Turing, che pensava a un sistema di punizioni e ricompense per le macchine, perché potessero essere «allevate» come si fa con i bambini. *Res extensa cogitat*, direbbe Cartesio. Che si potrebbe tradurre oggi nel *Mind inside matter* di un libro di Bertram Raphael del 1976. Vale a dire, sarebbe superato il dualismo di Cartesio per cui da un lato si ha la sostanza pensante, *res cogitans*,

e dall'altro si pone la sostanza materiale, *res extensa*. Si torna in un certo modo alla tesi di Spinoza, per cui «la sostanza pensante e la sostanza estesa sono la stessa Sostanza alla quale ci si riferisce ora sotto questo attributo, ora sotto quello», ovvero «la Mente e il Corpo sono una sola e medesima cosa, che viene concepita ora con riferimento all'attributo *Pensiero*, ora con riferimento all'attributo *Estensione*». ²

È la tesi della cosiddetta IA «forte» (§§ 31, 41), a cui John Searle non crede, rinfacciando anzi ai suoi fautori proprio un dualismo di tipo cartesiano. Ma anche Searle, come osserva Penrose, sembra in fin dei conti accettare l'idea dominante secondo la quale «noi siamo l'equivalente di un qualche numero di programmi per computer», e «ovviamente il cervello è un computer digitale. Poiché ogni cosa è un computer digitale, anche i cervelli lo sono».

L'ambito dei sistemi informatici capaci di evolvere (*Evolvable Systems*), per esempio, da molti anni cerca di capire, modellare e applicare ai sistemi fisici meccanismi ispirati alla biologia, come accade nei sistemi di intelligenza computazionale e negli algoritmi genetici (§ 21). Crescono quindi macchine adattive, macchine capaci di autoriconfigurarsi e autoripararsi, sistemi immunitari artificiali (che sono poi algoritmi di ottimizzazione che ricorrono a memoria ed esperienza, cioè procedure per trovare la soluzione migliore all'interno di una serie di scelte possibili), processi di selezione algoritmica autonoma basati sul parallelo con il mondo biologico, fino al concetto di vita artificiale. Era il 1987 – ieri, in un certo senso – quando il biologo americano Christopher Langton organizzò a Los Alamos, località tristemente (o per qualcuno, come von Neumann, felicemente) nota per aver ospitato i laboratori della prima bomba atomica, una *Conferenza internazionale sulla sintesi e simulazione dei sistemi viventi* (chiamata *Artificial Life I*). La vita artificiale, di per sé, non è altro che un campo di ricerca in cui si studiano i sistemi viventi e i processi che li caratterizzano attraverso simulazioni al computer unite a robotica e biochimica. Si riproducono cioè al computer specifici aspetti dei fenomeni biologici.

Ci sono tuttavia due idee molto diverse che coesistono alla base di questo concetto: quella di una vita artificiale *debole* (*weak A-life*),

per cui un processo vivente si può generare soltanto in una soluzione chimica al carbonio e quel che noi possiamo fare è appunto unicamente studiarlo imitandolo al computer; e quella di una vita artificiale forte (*strong A-life*), secondo la quale invece la vita è un processo che può essere concepito come indipendente dal mezzo in cui si realizza e dunque può essere effettivamente concepita al di fuori del campo strettamente biologico.³

Una terza dimensione, quella della biologia di sintesi, aiuta a capire in che senso si può oggi effettivamente parlare di macchine bambino. La biologia di sintesi costruisce sistemi biologici artificiali combinando conoscenze di ingegneria genetica, biologia molecolare, biologia dei sistemi, chimica, ingegneria elettrica e delle comunicazioni, teoria dei controlli e altre. Ingegnerizzare sistemi biologici, sia riproducendo quelli esistenti in natura sia creandone di nuovi, è un'attività di primaria importanza nel campo delle applicazioni mediche: lo è ancora di più se immaginata in un mondo di macchine sempre più dotate di autonomia, di muoversi da sé, di parlare, di «capire» (almeno in senso funzionale, per ora) il linguaggio naturale, di reagire agli stimoli e – chissà – di dotarsi presto o tardi di una forma di «coscienza». Di «vivere».

31. La differenza tra decisione e scelta: il dubbio di Weizenbaum

5.8. Al pensiero che la IA si sviluppasse al modo in cui i fautori della IA «forte», o «generale», diciamo i radicali, preconizzavano, da sempre si accompagnano obiezioni e reazioni di rigetto (va detto però che la definizione di IA forte è stata introdotta da Searle allo scopo di confutarla). Anche da parte dei protagonisti stessi. Uno di questi è Roger Penrose, che dedica uno dei suoi libri più noti a contestare le idee dei fautori di questo tipo di IA.¹ Un altro è Joseph Weizenbaum,² informatico tedesco autore nel 1966 del primo programma (Eliza) che simulasse una conversazione in linguaggio naturale tra un paziente e uno psicoterapeuta rogersiano, in un certo senso un antesignano dei chatbot e dell'uso del linguaggio nella moderna IA (§ 63). Weizenbaum si considerava un eretico dell'informatica, un dissidente dal suo stesso mestiere.

Considerava oscena, antiumana e immorale l'idea stessa di delegare decisioni a una macchina, non solo per le più vaste implicazioni della IA ma anche considerando la «normalizzazione» che l'introduzione dei computer comportava alimentando comportamenti e decisioni, per esempio da parte del sistema bancario, che altrimenti non sarebbero state prese. Auspicava un ritorno a quei valori che sono esclusivamente umani, come compassione e saggezza, a fondamento delle decisioni. Si dedicò, come e più di Wiener, alla interazione critica con i computer e alla responsabilità sociale dello scienziato e

in particolare dell'informatico, rifiutando la propria collaborazione a qualsiasi programma bellico (si combatteva allora la guerra del Vietnam), a differenza di quanto aveva fatto von Neumann con le armi atomiche quando suggerì il modo migliore per sganciare le bombe sul Giappone – farle esplodere prima che toccassero terra, a una certa altezza –, così da massimizzare il danno.

Non è vero che la scienza è neutrale, che è neutrale la tecnologia. Che si tratta solo di farne buon uso. Che per il progresso non c'è cura, come disse una volta von Neumann, per il quale «la sola salvezza possibile è relativa, e consiste nell'esercizio intelligente del giudizio giorno per giorno». ³ Questo scarico di responsabilità ci riporta alle origini della civiltà, comporta la perdita di due millenni della nostra storia. Ci fa indossare l'ambiguità di Agamennone, ⁴ il re greco a capo della spedizione che doveva conquistare Troia, l'ambiguità che di fronte a uno sbaglio fatale genera il rifiuto di assumersene la responsabilità, di porvi rimedio, per esclamare infine: «Non sono io il colpevole, che cos'altro avrei potuto fare? È il dio che porta tutto a compimento!».

Si porrebbe qui il problema, irrisolto e chissà se mai risolvibile, dell'esistenza o meno del libero arbitrio e dunque della libera scelta, dell'eterna oscillazione tra determinismo e libertà, tra predeterminazione e responsabilità. Di una nostra autorappresentazione come *prigionieri liberi*, per attingere al titolo di un libro recente. È tema che Giuseppe Trautteur si è fatto carico di tratteggiare: le implicazioni sono immense e andava comunque almeno ricordato, perché a seconda della direzione presa – siamo o no *liberi* di decidere? – cambierebbe radicalmente non solo il ruolo delle macchine nella società e per l'uomo, ma, come diceva proprio a questo proposito Searle, la nostra stessa visione del mondo. Un cambiamento più radicale di quanto sia mai avvenuto in passato.

Di fronte allo stupore e all'ammirazione per il suo Eliza, che troppi pazienti prendevano sul serio – e si vorrà ricordare che Eliza, provocatoriamente, non faceva altro che parodiare una seduta di psicoterapia, con risposte banali che riprendevano le parole dei pazienti invitandoli a proseguire –, Weizenbaum disse nel 1976 qualcosa che vale largamente ancora oggi:

La maggior parte delle persone non capisce niente dei calcolatori, neanche a un livello infimo. Così, a meno che non siano dotate di un enorme scetticismo (del tipo che mettiamo in atto quando guardiamo un mago sul palcoscenico), esse possono spiegare gli atti intellettuali del calcolatore solo mettendo in pratica l'unica analogia che hanno a disposizione, cioè il loro modello delle proprie capacità di pensare. Non c'è dunque da meravigliarsi che oltrepassino il limite.

Ingannate da un sistema abilmente programmato, le persone insistevano a volerci credere anche di fronte alle spiegazioni del programmatore, apprezzando anzi l'empatia manifestata dalla macchina. Si chiama «effetto Eliza»:⁵ Douglas Hofstadter e Gary McGraw lo descrissero così nel 1995:

Si potrebbe definire questo tipo di illusione [...] come la tendenza a trovare un significato, ben più profondo di quanto sia legittimo, nelle stringhe di simboli – in particolare parole – messe insieme dai calcolatori.

Eliza è diventata oggi il *Deus in machina* che in una chiesa di Lucerna, in Svizzera, si offre come un Gesù virtuale, governato da IA, e in un confessionale parla con i fedeli, li ascolta, li rassicura, li conforta. Una nuova forma di confessione. Verso la quale, come prevedibile, la mente umana mostra rassicurante arrendevolezza, facendo dire ai fedeli: «È stato così bello. Anche se è una macchina, mi ha dato tanti consigli, anche da un punto di vista cristiano. Mi sono sentita aiutata e sono uscita davvero rassicurata».

32. Decidere nel gioco della guerra

La distinzione di Weizenbaum tra decisione e scelta resta fondamentale: se la decisione, in quanto processo di tipo computazionale, può essere delegata al computer, non è così per la scelta, che si basa non sul calcolo ma sul giudizio. La teoria dei giochi, dove è ancora von Neumann ad aver stabilito un collegamento con il comportamento economico, sviluppato pochi anni dopo da John Nash, ha fatto esattamente questo: scavare nelle profondità della mente e trarne fuori, a forza, degli schemi che diciamo *razionali*, formalizzare il modo in cui ciascuno prende delle decisioni, che siano sue personali, intime, o considerino invece le interazioni con altri individui. In questo senso, *razionale* – cioè capace di vedere e intendere le relazioni tra le cose, sicché *razionale* = *r(el)azionale* – è chi «massimizza la sua funzione obiettivo», insomma persegue il proprio interesse personale nel modo più efficace possibile. Il caso estremo è quello della guerra, la guerra come una partita a scacchi, o a Go: dove l'unica mossa vincente per entrambe le parti, dal punto di vista puramente razionale, dovrebbe essere quella di trovare il punto di equilibrio.

Le strutture militari si esercitano nell'implementare processi «aumentati» di presa di decisione con l'uso della IA, a loro dire sotto controllo umano, in cui azioni e interazioni siano registrate e ripercorribili: ci si chiede se davvero quel «controllo umano» possa essere in grado di governare processi di così grande complessità. Esempi ne abbiamo già avuti.

«Sinergia tra intelligenza umana e intelligenza artificiale», è stata definita in un libro apparso nel 2021 in forma semianonima, autore un certo Brigadiere Generale Y.S., in realtà il comandante della unità d'intelligence di élite 8200 dell'esercito israeliano.¹ Quella stessa unità che ha realizzato Lavender («Lavanda») e Habsora («Il Vangelo»): sistemi in grado di analizzare quantità gigantesche di dati e generare migliaia di obiettivi nemici, siano essi persone o strutture, e di prendere la decisione di attaccarli. La prima esperienza su grande scala di applicazione di questi strumenti si è avuta durante la guerra israelo-palestinese nel 2023-2024:² il sistema di IA Lavender ha selezionato circa 37 000 obiettivi mediante sistemi di *machine learning* per l'analisi di *big data*, che hanno incrociato ogni genere di informazioni relative alle persone in questione, dalle telefonate alle email al posizionamento GPS, a contatti, pagamenti online e così via. Per ogni bersaglio, è stato previsto un numero massimo di vittime collaterali civili accettabile, da 10 a 100 a seconda dell'importanza del bersaglio stesso. Un secondo sistema, offensivamente chiamato «Il Vangelo», era stato invece istruito a identificare come bersagli da bombardare edifici e strutture. I militari addetti alla verifica delle decisioni della macchina disponevano di circa 20 secondi per ognuna di esse e si consideravano nient'altro che appositori di timbri virtuali, non senza convinzione: hanno dichiarato di ritenere il sistema *molto più affidabile e obiettivo che non le scelte umane*, condizionate come sono queste ultime da sentimenti e risentimenti personali.

In Cina, per estremo paradosso, il governo e l'esercito hanno tacitamente sfruttato i modelli americani di IA open-source di Meta, Llama, per adattarli ai propri scopi e farne ChatBit, che supporti raccolta e analisi di informazioni e presa di decisione in ambito militare.

Delegare decisioni al computer comporta conseguenze non neutrali per chi quelle decisioni subisce, essendo queste viziate dai «valori» di chi progetta e programma le macchine e rispondendo a criteri diversi da quelli che, nel bene e nel male, caratterizzano le scelte dell'uomo. Chiunque abbia letto anche solo qualche articolo di giornale sa quanto ciò sia attuale nell'epoca dei *big data* e della globalizzazione algoritmica.

33. Il colpo di genio di McCarthy

5.9. Proprio leggendolo attraverso le parole di Weizenbaum si capisce la portata del colpo di genio di McCarthy nel chiamare «intelligenza artificiale» quei sistemi di elaborazione dati: la persona comune è già di per sé portata a vedere il comportamento dei computer per analogia con il comportamento della propria mente.¹ Chiamare «intelligenza» le facoltà computazionali delle macchine non ha fatto altro che rafforzare questa tendenza spontanea, per cui chiunque parli di questi sistemi non può fare a meno di confrontarli con il funzionamento del cervello umano, della razionalità, della coscienza, con le leggi stesse che regolano l'interazione tra l'uomo, i suoi simili e il mondo.

Ridurre tutto a calcolabilità. Descrivere e formalizzare il mondo utilizzando due soli numeri, 0 e 1 del codice binario, in modo che noi si sia in grado di rappresentarlo e la macchina sia in grado di capire e manipolare i dati. Lo aveva già scritto chiaramente Francis Bacon nel 1623,² per dire che quelle due cifre erano sufficienti per ogni forma di comunicazione. Lo aveva dimostrato Leibniz nel 1679 per l'aritmetica e la logica,³ e George Boole, alla metà dell'Ottocento,⁴ avrebbe fatto il passo decisivo, quando si risolse a indagare «le leggi del pensiero» per capire come le operazioni mentali che chiamiamo ragionamento si potessero esprimere in quel linguaggio simbolico elementare, fatto di non contraddizione e basato su due soli valori, 0/1, vero/falso.

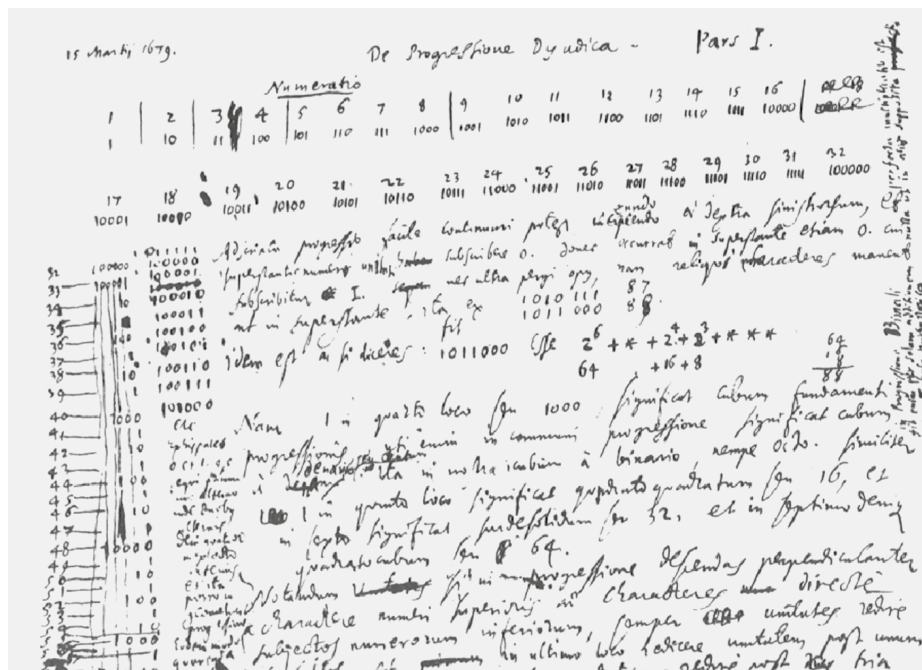


Figura 18: G.W.F. Leibniz, la pagina iniziale del manoscritto del *De progressionibus dyadicis* (1679), nel quale si presenta per la prima volta il codice binario.

È da un analogo dualismo, dalla suddivisione in due e dalla contrapposizione di due elementi originari, ricorda Jung, «che nasce il *binarius*, il diavolo (come numero due, “dubbio” [*Zwei*, *Zweifel* in tedesco])», è qui il principio del male, che scaturisce appunto dalla dualità. Quando creò il mondo, infatti, come ricordano gli alchimisti medievali, Dio non lodò il secondo giorno della creazione; non disse, di quel che aveva compiuto, «vide che era cosa buona», come aveva fatto per tutti gli altri giorni: in quel giorno aveva separato le acque di sopra dalle acque di sotto, creando un dualismo non più componibile.

Ridurre tutto a calcolabilità e a numero significa, anche, adattare la nostra descrizione del mondo alle esigenze della macchina e al modo in cui essa gestisce gli impulsi elettrici che le consentono l'uso

dell'informazione, la cui unità base, il bit, si esprime con il passaggio o meno di corrente (questo significano lo 0, assenza di corrente, e l'1, corrente che arriva, o anche on/off, vero/falso). Nel mondo algoritmico tutto è schema, tutto è regola, tutto è vincolato. Qui tutto è sì o no, annotava il giovane Brouwer parlando della matematica, mentre «la comprensione tra due persone avviene per gradi». È proprio per ovviare a questo limite che si sono attivate le procedure di intelligenza computazionale (§ 21).

Abbracciare la IA significa abbandonare l'ambiguità del mondo in favore di un'assoluta chiarezza e univocità che esiste solo nell'astrazione delle rappresentazioni digitali, significa optare per un platonico mondo ideale assoluto, fatto di connessioni causali in cui tutto è magnificamente correlato. A questo punto, lo schema si capovolge: non è il computer, non sono gli algoritmi, non sono i GPT a simulare il funzionamento del cervello e del linguaggio, ma è la nostra interpretazione del funzionamento del cervello e del linguaggio a essere rivista, almeno nella percezione comune, e valutata in base al suo grado di somiglianza con l'efficienza delle macchine. Il cervello, ci viene spiegato, non funziona come un computer o come un software: noi, invece, sempre più immaginiamo che anche il nostro modo di parlare risponda, proprio come quello degli algoritmi dei GPT, a criteri e scelte di tipo probabilistico e meccanico basate su quel che si è imparato, e che il nostro modo di affrontare i problemi sia antieconomico, che dovremmo abbracciare i nuovi metodi di elaborazione delle informazioni e farli nostri. Abbandonare appunto l'ambiguità tipicamente umana, abbandonare la ridondanza, abbandonare metodi che procedono per tentativi ed errori, o per verifica e falsificazione, far propri i processi unilineari, univoci, l'orientamento all'obiettivo, l'effettività.

Abbandonare i processi di acquisizione del sapere, l'errore, il fallimento, il dubbio – l'infelicità.

34. La libertà di essere un piolo rotondo in un buco quadrato

5.10. Di fronte a tutto questo, di fronte a un mondo impeccabile, che elimina il fallimento, che persegue la comodità e riduce al minimo ogni sforzo, in questo mondo bakanovskificato,

io reclamo il diritto di essere infelice. Io amo gli inconvenienti. Io non ne voglio di comodità. Io voglio Dio, voglio la poesia, voglio il pericolo reale, voglio la libertà, voglio la bontà. Voglio il peccato. La libertà di non essere buoni a nulla e di essere miserabili. *La libertà di essere un piolo rotondo in un buco quadrato.*

«C'è una storia che ci raccontava spesso uno dei vecchi indiani sulla ragazza di Matsaki. I giovanotti che desideravano sposarla dovevano passare una mattina a zappare nel suo giardino. La cosa sembrava facile, ma c'erano delle mosche e delle zanzare stregate. La maggior parte dei giovani non riusciva assolutamente a sopportare i morsi e le punture. Ma colui che ci fosse riuscito, avrebbe ottenuto in premio la ragazza.»

«Affascinante! Ma nei paesi civili si possono avere delle ragazze senza zappare per loro; e non ci sono mosche o zanzare che vi pungono. Ce ne siamo sbarazzati già da secoli.»

«Ve ne siete sbarazzati, già, è il vostro sistema. Sbarazzarsi di tutto ciò che non è gradito. È troppo facile.»¹

35. L'etica della magia

5.11. Karl Marx, nel *Manifesto del Partito comunista*, osservava che

la moderna società borghese, che ha evocato come per incanto così potenti mezzi di produzione e di scambio, rassomiglia allo stregone che non può più dominare le potenze sotterranee da lui evocate.

Anche Norbert Wiener si è chiesto un giorno se davvero, in caso di necessità, noi saremmo in grado di fermare al momento giusto, a un eventuale momento critico, le macchine che abbiamo istruito ad agire. «*Le macchine ad apprendimento*» dice Wiener – e si dovrà di nuovo ricordare che le macchine disponibili al tempo di Wiener erano infinitamente meno potenti delle nostre –, «possono portare a un uso sconsiderato, che può raggiungere il suo punto critico senza che noi ci si renda conto che quel punto è stato raggiunto.»

E scrive ancora:

La stessa velocità operativa dei moderni calcolatori numerici rappresenta una limitazione alla nostra capacità di percepire e prendere pienamente coscienza dei segni di pericolo. L'idea di strumenti non umani dotati di grande capacità e potenza per sviluppare e mettere in atto una strategia, e quella dei pericoli che ciò comporta, non sono affatto nuove. Di nuovo c'è che adesso disponiamo effettivamente

di strumenti di questo genere. Nel passato, analoghe possibilità erano immaginate per le tecniche della magia.¹

Gli antichi greci conoscevano i rischi connessi al dare inizio a operazioni di cui si potrebbe perdere il controllo. È di qui, infatti, che nasce la storia dell'apprendista stregone, quando Luciano, lo scrittore siriano del tempo di Marco Aurelio, racconta di un sacerdote che aveva imparato le tecniche magiche dalla dea egizia Iside, e che ogni volta che andava in una locanda «chiudeva la porta, prendeva una scopa o un pestello, lo ricopriva col mantello, e con una formula magica lo faceva camminare e apparire umano agli occhi di tutti gli altri». E quello – come nell'immaginario di tanti antichi da Omero in poi (§§ 69, 71) – «andava ad attingere l'acqua, cucinava, rassettava, cioè faceva benissimo i compiti di schiavo». A chi è cresciuto con l'immaginario disneyano sarà familiare la scena del film d'animazione *La spada nella roccia*, ispirata appunto all'antico racconto, in cui Mago Merlino ordina alle suppellettili di lavarsi e ordinarsi da sole per liberare il giovane assistente dalle incombenze quotidiane.

Era però decisiva, nella storia in tutte le sue varianti, una seconda formula magica, quella che permetteva di fermare l'operazione. E così quando un inesperto amico del sacerdote, di soppiatto, recita la prima formula e chiede che venga portata acqua, non sapendo come fermare l'operazione finisce per far allagare la casa intera. La stessa storia, prima che dalla moderna cinematografia, è raccontata da Goethe nel suo *Apprendista stregone*.

Wiener aggiungeva, alla storia di Goethe, la favola della zampa di scimmia, un analogo della storia del genio della lampada in grado di esaudire tre desideri, che tuttavia si realizzavano in modo ben diverso da quel che avrebbe mai desiderato chi li esprimeva. La storia narra che, avendo formulato il desiderio di diventare ricco, un padre riceve danaro dall'assicurazione per la morte del figlio; avendo quindi richiesto indietro il figlio, si vede tornare in casa il suo fantasma; l'unico ulteriore desiderio rimasto lo usa per chiedere che il fantasma vada via. La storiella è stata tante volte citata.

C'è un messaggio etico nelle storie di magia, e non consiste nella

fatua morale di chi vi legge una incitazione a non credere in ciò che appaia paranormale: piuttosto, dice Wiener, il punto è che

gli strumenti della magia hanno la tendenza a prendere ogni cosa alla lettera; e che se chiediamo i loro favori, dobbiamo chiedere ciò che realmente vogliamo e non ciò che pensiamo di volere. I nuovi e reali strumenti rappresentati dalle macchine ad apprendimento prendono anch'essi tutto alla lettera. Se programiamo una macchina per vincere una guerra, dobbiamo pensare bene a ciò che intendiamo per vincere. Non possiamo aspettarci che la macchina ci segua in quei pregiudizi e compromessi emotivi che ci rendono capaci di chiamare la distruzione con il nome di vittoria. Se chiediamo la vittoria e non sappiamo che significato attribuiamo a questa parola, ci troveremo con lo spettro che batte alla porta.

Non si potrebbe dire meglio.

36. Chi fa e chi guarda

5.12. Chi di queste cose parli con un esperto di IA, un ingegnere informatico, un programmatore, un allenatore di *transformers* (GPT) su modelli linguistici di grandi dimensioni (*Large Language Models*, quelli che oggi rendono possibile alle macchine la comprensione e la generazione di linguaggio naturale), potrà cogliere una vena di superiore ironia nelle risposte. Loro *sanno*, che l'intelligenza di cui si parla nella IA non è quella di Cartesio e Kant, che l'analogia tra organismo biologico e organismo meccanico è solo funzionale alla migliore comprensione e al miglior funzionamento di sistemi che saranno di grande aiuto all'individuo e alla società; *sanno* che i fraintendimenti, gli entusiasmi eccessivi e i timori esagerati sono dovuti alla scarsa competenza di chi guarda dall'esterno e dunque trascurabili. Ma proprio in questa sottovalutazione da parte di chi pensa di avere tutto sotto controllo sta il pericolo, come avvertiva Wiener.

È necessario mettersi dalla parte di chi guarda e non di chi fa. L'enorme grado di conoscenza esoterica richiesto dai nuovi sistemi decisionali e di elaborazione e manipolazione della conoscenza li rende inaccessibili: l'utente fa quel che gli viene detto di fare, senza alcuna possibilità di giudizio critico, di valutazione, di scelta.

Questo nuovo mondo meccanico non spaventa perché potrebbe prendere il controllo autonomo sull'uomo, ma perché può diventare strumento con il quale mani sbagliate possono prendere il controllo della società, condizionarne le scelte, attraverso processi del tutto in-

differenti al destino dell'essere umano e ancor più della società stessa e della sua organizzazione innanzitutto politica. Processi che sono tanto più imprevedibili perché invece sono oggi in grado di *simulare* sentimenti di empatia, compassione, vicinanza spirituale, e soprattutto un uso corretto del linguaggio naturale. *L'affective computing* si aggiungerà presto e a pieno titolo ai sette elementi della eptade.

Per questo ci è richiesto con urgenza di tornare a riflettere sulla natura umana, i suoi obiettivi, il senso stesso della vita individuale e associata.

37. Sistemi linguistici per macchine intelligenti

6. I progressi nella «comprensione» e nell'uso del linguaggio naturale da parte delle macchine nell'ultimo decennio sono stati strabilianti, e hanno determinato un impatto immediato sulla nostra percezione della loro potenza. Un impatto anche, se non soprattutto, psicologico, ma proprio per questo ancora più significativo. Gli algoritmi di *deep learning* usati allo scopo mostrano abilità che erano finora considerate come esclusivamente umane. Il modo, accurato come mai prima, in cui i *transformers* linguistici completano un testo, lo traducono, lo riassumono, lo scrivono, ha mostrato somiglianze stupefacenti con il modo in cui il cervello umano svolge le stesse funzioni, e studi basati su tecniche di *neuroimaging* come magnetoencefalografia e risonanza magnetica funzionale sembrano confermarlo.¹

La linguistica computazionale, oggi entrata nel lessico quotidiano (almeno nelle accademie), negli anni settanta e ottanta sembrava, ed era, una disciplina enigmatica riservata a una conventicola di iniziati: quando lavoravo sulla filologia computazionale, nei primi anni novanta, visitai l'Istituto di linguistica computazionale del CNR fondato da Antonio Zampolli a Pisa, per confrontarmi con gli specialisti che mi avevano preceduto su quella strada. Fu come trovarsi in una località esotica, della quale chi si occupava, come me, del mondo antico non aveva spesso neppure notizia, che si trattasse delle attività o della stessa esistenza di un Istituto del genere.

Nel tempo, l'uso del linguaggio da parte delle macchine è diven-

tato molto efficiente in termini di risultato, ma a noi appare ancora in qualche misura rudimentale, e ci tranquillizza sapere che esso si basa su schemi probabilistici e non su una effettiva *comprensione*, qualunque cosa ciò significhi, dei dati linguistici. Del resto, siamo noi in grado di definire in modo inequivoco che cosa significhi *comprendere* un enunciato linguistico, e possiamo essere sicuri che il nostro cervello – voglio dire, quello di tutti noi, dall'analfabeta al luminare – segua davvero algoritmi così diversi da quelli delle macchine e sia da considerarsi superiore? Un bambino di due anni parla; ma possiamo noi dire che egli anche *capisce*? O vogliamo dire che capisce *in un certo modo, in una certa misura*? E non si può dire forse lo stesso di una macchina algoritmica come quelle con cui parliamo noi oggi, che cioè essa capisca *in un certo qual modo, in una certa misura*? Il sistema attuale migliora e cresce al perfezionarsi dei modelli e dei dati. E come sapeva Alan Turing, «mediante una lunga pratica noi riusciamo a individuare e applicare le regole più complicate senza essere neppure in grado di enunciarle». ² Non serve capire, ma esercitarsi.

Ma esiste anche una via per far sì che il linguaggio corrisponda ancora meglio al modo in cui la macchina funziona, che usi rappresentazioni che le sono proprie affinché la macchina sia *effettivamente* in grado di leggere e scrivere, e non solo di imitare i testi su cui si è allenata – sebbene quello che noi stessi facciamo sia in larga misura nient'altro che imitazione di quel che abbiamo appreso.

Promettono novità e progressi in questo senso gli studi su forme di linguaggio macchina-specifiche che permettano alla macchina processi perfezionati di comprensione, ragionamento e produzione di testi, che ne migliorino non solo la capacità di scrittura e di interazione domanda-risposta, ma la capacità di ragionamento di livello superiore in grado di aiutare la presa di decisione e la interpretazione delle preferenze e degli obiettivi formulati dall'agente umano.

Vanno in questa direzione le ricerche orientate alle cosiddette rappresentazioni neurali quasi-linguistiche altamente espressive (QNR, *quasilinguistic neural representations*), ³ che rendono meglio utilizzabili dalla macchina gli schemi parole-sintassi tipici del linguaggio naturale, e le permettono di acquisire una competenza mag-

giore anche grazie al ricorso a *corpora* specificamente concepiti e codificati. Si tratta di fare in modo che le macchine si avvicinino a una comprensione intellettuale che sia meglio paragonabile a quella umana, mediante sistemi che rendano più efficace la rappresentazione e dunque la usabilità sia della sintassi che del patrimonio lessicale (le parole). L'obiettivo è quello di rendere il linguaggio più adatto a un trattamento computazionale, e far sì che le macchine siano anche in grado di generare testi originali che contribuiscano ad accrescere il patrimonio di conoscenze dell'uomo, prima aggiungendosi e poi potenzialmente sostituendosi a quest'ultimo anche nel campo della creatività. Del resto, nel cosiddetto paradosso di Moravec⁴ si constata come il ragionamento di alto livello, quello che serve per superare i test di intelligenza, richieda pochissime risorse computazionali se confrontate con quelle necessarie invece per le capacità sensomotorie di base, quelle relative alla percezione e alla mobilità, fosse anche di un neonato – anzi, soprattutto di un neonato, data la difficoltà di categorizzare le sue reazioni.

38. *Deep reasoning*: la macchina impara a ragionare

Si tratta di introdurre, quindi, una qualche forma, o imitazione, di quel che chiamiamo ragionamento. Alla capacità di memorizzare, organizzare e analizzare dati si va infatti aggiungendo la capacità di ragionare, il *deep reasoning*, di cui qualche efficace esempio si è avuto con la presentazione del sistema Gemini di Google Deepmind:¹ un sistema detto multimodale, capace di ragionamento basato su testi, immagini, video, audio e righe di codice, che ha già superato le migliori prestazioni possibili a un essere umano nello svolgere gli stessi compiti, classificati come MMLU, *Massive Multitask Language Understanding*. Ragionamento semplice (quotidiano, *commonsense reasoning for everyday tasks*) e complesso (articolato in più passi successivi, *tasks requiring multi-step reasoning*), ragionamento matematico, manipolazioni aritmetiche, problemi di algebra e geometria, comprensione di testi, generazione di codice, interpretazione di immagini e di infografiche, traduzione automatica istantanea del linguaggio parlato in 21 lingue. Ma siamo solo agli inizi: come in ogni tecnologia, il tempo potrà solo migliorarla, e chi oggi si sofferma sull'errore, l'incomprensione, il fraintendimento, finge di non capire che questi limiti saranno presto superati, e spesso lo sono già stati nei laboratori di ricerca.

Si susseguono ormai gli studi in cui si spiega come sistemi di *deep learning* abbiano effettuato diagnosi più precise di quelle del medico, che si tratti di aritmie cardiache o di retinopatie: al CERN di Ginevra gli algoritmi utilizzati dal Large Hadron Collider, il più potente

acceleratore di particelle esistente al mondo, sono stati adattati per esaminare i risultati di risonanze magnetiche del cervello e individuarne e classificarne le patologie. Un tempo, nella loro infanzia, si chiamavano sistemi esperti: capaci prima di eguagliare i risultati raggiunti dall'uomo, poi di superarli, oggi di eguagliare e superare quelli di tutti gli esperti presi insieme. Il *deep reasoning* è un notevole passo ulteriore. Verrà presto il momento in cui i pazienti avranno più fiducia nelle macchine che nel medico o nell'insegnante, e anche in questo caso c'è un lato yang, il versante luminoso della montagna, che offrirà diagnosi e cure migliori (se si pensa che nei soli Stati Uniti vi sono circa 250 000 decessi ogni anno a causa di errori medici, terza causa di morte),² informazioni più complete e precise, assenza di condizionamenti soggettivi; e c'è un lato yin, il versante in ombra, quello del progressivo isolamento dell'individuo, del ripiegamento su se stessi, della crescente sfiducia nell'uomo e nelle sue capacità, infine della *inutilità di imparare se una macchina è destinata a essere comunque, e inevitabilmente, superiore*. C'è infine il colore, chiaro o scuro, da assegnare al dato più ricorrente: il fatto cioè che questo enorme potere è nelle mani dei pochissimi in grado di gestirlo, comprenderlo, farlo funzionare, e che pochissimi, e sono gli stessi, dispongono delle risorse finanziarie necessarie a questi processi di riorganizzazione e controllo della società e dell'umano.

Migliorare il modo in cui le macchine fanno uso del linguaggio, non solo come interfaccia per la comunicazione con l'uomo ma anche per la interazione macchina-macchina, renderà le loro operazioni e decisioni ancora più indistinguibili rispetto a quelle dell'uomo, aumentando il potenziale delle macchine e la possibilità – con tutti i rischi già intravisti da Wiener, elevati però all'ennesima potenza – di decisioni affidate interamente a processi algoritmici autoalimentati e autocontrollati.

39. La coscienza artificiale (CA). Parte 1

7. Resta ancora una delle componenti dello schema eptadico del § 11: l'abbiamo tenuta per ultima perché è la più importante.

Se si leggono Douglas Hofstadter, Daniel Dennett, e soprattutto John Searle, Roger Penrose,¹ Thomas Nagel,² e tanti altri, si resterà scettici di fronte all'idea che si possa anche solo formulare un'ipotesi di *coscienza artificiale* – partendo dal fatto che non sappiamo neppure cosa sia la coscienza. In una noterella del 2008 Giuseppe Trautteur scriveva «Possibilità di realizzazione: Inesistenti». Ma c'è chi invece convintamente ritiene, come i matematici Lenore e Manuel Blum, che «La coscienza della IA è inevitabile».³

Dove comincia e dove finisce la coscienza? Chi può fissare il limite? Chi può fissare un qualsiasi limite? Non sono forse le cose intessute tutte l'una nell'altra? E le macchine non sono legate in mille modi alla vita animale?⁴

Così nel 1872 Samuel Butler.

Sembrano riproporsi qui lo stesso dilemma e la stessa ambiguità già sperimentati con la nozione di intelligenza. Lì, ciascuno la interpreta come meglio crede, e chi come McCarthy ne propone una definizione esplicita si limita alla funzione più elementare, quella della capacità di eseguire operazioni atte a raggiungere un obiettivo concreto. Una sorta di algoritmo, non a caso.

Torna, così, una domanda già formulata: dobbiamo forse pensare che anche la nostra nozione di coscienza sia sopravvalutata? Che possa essere nel giusto chi considera l'organismo umano, e tutto ciò che esso comporta ivi incluse intelligenza e coscienza, come una struttura molto più semplice di quel che si pensi, scomponibile in singoli costituenti elementari, atomi di coscienza per esempio, che possono essere riprodotti *in silico*?

[Non posso esimermi dal rilevare la forma impropria pseudolatina, oggi corrente, del neologismo *in silico*, per analogia con *in vitro*, *in vivo*. È evidente l'origine della degenerazione: l'inglese *silicon* (per l'elemento chimico ¹⁴Si) è stato preso a modello di un inesistente nominativo neutro **silicum* invece di *silicium*. Si usi altrimenti *in silice*, da *silex*; ma *non silice nati sumus*, dice Cicerone nelle *Tusculanae* citando l'*Odissea*, «non siamo nati dalla pietra». Attestato dagli anni novanta, siamo ancora in tempo a correggere.]

Il principio che innerva questa convinzione prevede che la coscienza possa essere ricondotta alle leggi della fisica. Nell'Ottocento, Hermann von Helmholtz sosteneva, come poi Freud, che tutti gli organismi animati fossero caratterizzati dalle stesse forze fisiche e chimiche, e Freud era convinto, pur senza poterlo dimostrare, che la vita mentale potesse essere ricondotta a stati quantitativamente determinati di specifiche particelle materiali. Anche Francis Crick, e siamo un secolo dopo Helmholtz, era del parere che sensazioni come gioia e dolore, ricordi e ambizioni, libero arbitrio e percezione del proprio io fossero il risultato dell'attività di un gran numero di cellule nervose e delle molecole a esse associate.

Barricelli, invece, alla fine del suo lungo percorso teorico e sperimentale, si era chiesto se fosse possibile avviare nella memoria di un computer un processo evolutivo che portasse a risultati analoghi a quelli ottenuti dalle molecole primordiali di RNA che, miliardi di anni fa, avevano dato origine al primo «linguaggio» e alla primissima forma di «tecnologia» sulla Terra: ben in anticipo rispetto agli uomini e alla loro coscienza.⁵

40. La coscienza artificiale. Parte 2

7.1. Se così è, allora in linea di principio la coscienza può essere riprodotta artificialmente. Ingegnerizzata. A partire dalla regione più primitiva del cervello.

L'idea trova incoraggiamento negli esperimenti, riusciti, per costruire un'interfaccia artificiale tra il cervello e il midollo spinale, che sappia restituire ad animali paralizzati la possibilità di muovere gli arti coinvolti sostituendo la neurotrasmissione spinale con segnali radio. Questo è stato già fatto. A riavviare il percorso e metterlo sulla strada concreta della sperimentazione relativa alla coscienza è stato David Chalmers, seguito oggi da Karl Friston e Mark Solms, condividendo parte del percorso anche con figure come quella di Jaak Panksepp e Antonio Damasio.¹ Siamo all'incrocio tra neurologia, psicologia e neuroscienze computazionali. A livello di emozioni e sensazioni, a livello di funzioni affettive – diverso è a loro parere il livello cognitivo: ma si possono davvero separare le due dimensioni? –, si deve ricordare secondo Solms e Friston che il funzionamento corticale è accompagnato dalla coscienza solo se esso viene «abilitato» dal sistema di attivazione reticolare² della parte superiore del tronco encefalico, quel sistema di neuroni che conserva tratti strutturali arcaici e controlla lo stato di veglia, favorendo l'elaborazione degli stimoli sensoriali da parte della corteccia cerebrale. La coscienza non sarebbe dunque una funzione corticale, come molti – tra cui Freud – avevano immaginato.

Dare priorità alle sensazioni rispetto alla cognizione permette di risalire allo stadio più elementare della coscienza, e di «vederne» così più facilmente il funzionamento. Di tornare indietro al tempo in cui il mondo era in uno stadio in cui non esisteva ancora un osservatore. Lo stadio degli organismi unicellulari che certo non potevano avere una coscienza come noi la intendiamo, ma che per sopravvivere dovevano interagire con l'ambiente circostante, rispondere allo stimolo positivo dell'energia solare, sviluppandosi in organismi via via più complessi dotati di un impulso alla ricerca attiva di tale energia, e poi di capacità di scegliere la strada più efficace. La coscienza sarebbe nata progressivamente come risultato della esperienza di tali organismi. L'ipotesi prevede che mentre la corteccia cerebrale risulta essere la sede dell'intelligenza, essa non sia, contrariamente a quanto si crede, anche la sede della coscienza. La coscienza rappresenterebbe uno stadio molto più primitivo, che si genera in quella parte del cervello che l'essere umano condivide con i pesci: il tronco encefalico.

Entra qui in gioco anche la nozione di omeostasi, la ricerca di equilibrio degli organismi viventi.³ Su di essa fondamentalmente si basa il nuovo approccio agli esperimenti di riproduzione digitale della coscienza, a cui stiamo accennando. Si riconduce, in buona sostanza, alla dimensione emozionale l'intero sviluppo della mente e delle culture dell'uomo, inclusa la filosofia, la religione, l'arte, la morale, la medicina, l'economia, la politica, la tecnologia. Tutto ciò che fa della specie umana quello che è e che la distingue, o così abbiamo sempre pensato, dagli altri viventi. Alla dimensione emozionale è direttamente connessa la coscienza, che è oggi generalmente se non unanimemente attribuita anche almeno a mammiferi e uccelli. La nostra organizzazione cerebrale e la nostra mente non sono in questo senso da considerarsi «di livello superiore», ma sono derivate dagli stessi processi. Così riassume Antonio Damasio:

I sentimenti traggono il loro potere da un principio di regolazione della vita, l'omeostasi, che è riscontrabile in ogni organismo e che gli consente non solo di perdurare, ma di prosperare. Essa è il filo invisibile che unisce le nostre menti al brodo primordiale in cui la vita ebbe inizio. Scopriamo così, non senza stupore, che i batteri, organismi

unicellulari privi di mente e di cervello, hanno regolato per miliardi di anni la propria esistenza seguendo uno schema automatico che prefigura comportamenti usati dagli esseri umani nella costruzione delle culture, incluse forme avanzate di socialità e di cooperazione.

I sentimenti come dolore e piacere, sofferenza e benessere, avrebbero avuto in questo schema il ruolo di motivazione essenziale per gli sviluppi che hanno portato al costituirsi delle culture umane. La mente, i sentimenti, la memoria, la coscienza, il linguaggio, la creatività, possono dunque essere collegati alla vita primordiale risalente a miliardi di anni fa. Così stando le cose, in teoria riproducendo *in silico* la condizione iniziale potrebbe avviarsi, stando almeno all'ipotesi sostenuta da Solms e gli altri, un processo analogo a quello che ha condotto al costituirsi di ciò che chiamiamo coscienza. William Rapaport concludeva un suo saggio dicendo con convinzione che

i computer sono sistemi semiotici e possono possedere una mente, i processi mentali sono governati da algoritmi (o quantomeno da «procedure») e gli algoritmi possono subire l'effetto di emozioni, atteggiamenti e storie individuali. Inoltre, i computer che implementano algoritmi cognitivi mostrano davvero quei comportamenti cognitivi – essi pensano davvero.⁴

41. La coscienza artificiale. Parte 3

7.2. Il fatto che attualmente le macchine posseggano ben poca coscienza, non ci autorizza affatto a ritenere che la coscienza meccanica non raggiungerà col tempo il massimo sviluppo. Un mollusco non possiede gran che di coscienza. Pensate alla straordinaria evoluzione delle macchine in questi ultimi secoli, e osservate con quale lentezza progrediscono il regno animale e vegetale. Le macchine più altamente organizzate sono creature non di ieri, ma addirittura degli ultimi cinque minuti, oserei dire, di fronte alla storia dell'universo. Supponiamo che gli esseri coscienti esistano da venti, venticinque milioni di anni: guardate quali passi da gigante hanno fatto le macchine nell'ultimo millennio! Il mondo non può forse durare altri venti milioni di anni? Ma se dura altri venti milioni di anni, che cosa finiranno per diventare le macchine?

Così Butler.¹

L'idea che la coscienza sia perciò riproducibile artificialmente si fa strada. Almeno a livello di ipotesi. Esperimenti sono in corso. Il principio di base è chiamato principio di invarianza organizzativa, e prevede che due sistemi con una organizzazione funzionale identica in ogni dettaglio avranno esperienze qualitativamente identiche. Ciò significa che se si prendessero gli schemi causali della organizzazione neurale e li si riproducesse *in silico*, per esempio sostituendo

a ogni neurone un chip di silicio e riproducendo gli stessi schemi di interazione, si genererebbero le stesse esperienze. Chiunque vede che una rappresentazione come questa è ridicolmente semplificata, ma quel che conta è capire che importante non sarebbe la struttura fisica del sistema, ma lo *schema funzionale di interazione* tra le sue componenti. Si genera così un isomorfo di una parte dell'essere umano.

È facile immaginare quale sarebbe la reazione, radicalmente negativa, di pensatori e scienziati come John Searle o Roger Penrose di fronte a queste considerazioni. La loro critica della IA forte (*hard AI*) – la cosiddetta *general-purpose AI*, capace di risolvere problemi che richiedono di saper imparare dall'esperienza e ragionare, in modo da migliorare senza che sia richiesto uno sforzo di programmazione aggiuntiva, basandosi sulla convinzione che «ogni cosa è un computer digitale» – ne uscirebbe ancora più rafforzata, ricordando, così Searle (ma Penrose dubita di questa motivazione), l'assenza sia di intenzionalità che di comprensione semantica da parte delle macchine, che possono solo simulare queste funzioni. Ammesso però che quelle umane siano effettivamente e sempre definibili come intenzionalità e comprensione semantica. Ma anche dai tempi in cui scrivevano Searle e Penrose le cose sul piano tecnico sono molto cambiate.

Osservava Penrose, iniziando ad argomentare i suoi dubbi:

Che cos'è che dà a una particolare persona la sua identità individuale? Sono, in qualche misura, gli atomi stessi che compongono il suo corpo? La sua identità dipende dalla particolare scelta di elettroni, protoni e altre particelle che compongono quegli atomi? Ci sono almeno due ragioni per cui non può essere così. La prima è che nei materiali che compongono il corpo di qualsiasi persona c'è un ricambio continuo. ... La seconda ragione deriva dalla fisica quantistica, (per cui) due elettroni presi a piacere devono essere assolutamente identici... Se un elettrone nel cervello di una persona fosse scambiato con un elettrone di un mattone, lo stato del sistema sarebbe *esattamente lo stesso stato* di prima, e non solo indistinguibile da esso. ... Se l'intero contenuto materiale di una persona fosse scambiato con particelle corrispondenti presenti nei mattoni della sua casa, allora, in un sen-

so forte, non sarebbe accaduto assolutamente nulla. Ciò che distingue una persona dalla sua casa è la *configurazione* secondo cui i suoi componenti sono disposti, e non la loro individualità.²

Ed è infatti sulla configurazione che oggi si concentrano gli sforzi. Ricordare la posizione di Searle può servire a capire meglio quale abissale distanza separi queste posizioni da quelle dei computazionalisti: guardando le cose da una prospettiva rovesciata, Searle negava risolutamente che la risposta alla domanda di Turing, «possono pensare le macchine?», potesse essere positiva, e negava altresì che il comportamento di una macchina, per quanto somigliante al comportamento umano, potesse essere associato a stati della mente, senza che fossero riprodotti anche i processi causali interni che determinano quel comportamento. Scriveva:

la domanda che volevamo porre è la seguente: «può un computer digitale, così come definito, pensare? Vale a dire: L'istanziamento o l'implementazione del giusto programma per computer, con i giusti input e output, è sufficiente per, o costitutiva del pensiero?». E a questa domanda la risposta è chiaramente «no».³

Le tesi di Searle a supporto di questa convinzione sono state ben riformulate da Robert van Gulick nel modo seguente:

P₁: La sintassi non è sufficiente per la semantica.

P₂: I programmi per computer sono interamente definiti dalla loro struttura formale o sintattica.

P₃: Le menti hanno contenuto mentale; nello specifico, esse hanno contenuto semantico.

Quindi,

C: Nessun programma per computer è di per sé sufficiente per dare al sistema una mente.⁴

La posizione di Searle è insomma che nessun sistema o organismo può avere alcuno stato mentale, o intenzionale, se manca di esperienze soggettive con proprietà fenomeniche.

Personalmente, auspicarei che Penrose e Searle avessero ragione, e anzi ne sono tuttora convinto: temo però che le cose stiano andando diversamente, e che alcune obiezioni avanzate da McCarthy nella sua recensione al libro di Penrose circa la possibilità di realizzare computer (e programmi) «intelligenti» – nella quale si notano tutte le differenze tra chi muove dal punto di vista dell'informatico e chi da quello del fisico – siano corrette.

42. Telepatia e lettura del pensiero

Il problema, tuttavia, non è essere d'accordo o meno. Il problema è che se questi esperimenti andassero a buon fine, e i sette elementi del nostro schema eptadico venissero infine a integrarsi in modo efficace, si avrebbe un effetto analogo a quello che si va sempre più osservando con l'IA: un effetto di radicale riduzionismo dell'uomo, dell'intelligenza, della coscienza, a quel che può fare una macchina digitale. Come per l'intelligenza, che viene ridotta a un efficientismo finalistico, così per la coscienza avremmo la convinzione che tutto quello che eventualmente noi volessimo osservare nell'uomo, e che non è anche nella macchina, sarebbe da considerarsi un di più. Quello che Aristotele chiamava περίττωμα, un residuo privo di specifica funzione e significato, quasi una sorta di errore della natura – benché certo Aristotele non la direbbe così.

Si osserva con crescente stupore e non minore preoccupazione, inoltre, il progresso della ricerca e della tecnologia nel campo di quella che, correttamente, viene chiamata telepatia. Non siamo, però, in un racconto di fantascienza degli anni sessanta, ma nei laboratori della Purdue University di Indianapolis e di quella dell'Indiana negli anni del passaggio al nostro secolo, quando un oscillografo extramidollare fu impiantato in un cane per rigenerare e riconnettere tra loro i neuroni dopo una lesione che aveva determinato una paralisi; siamo alle cavia della Duke University che azionano il distri-

butore dell'acqua presente nella loro gabbia semplicemente quando provano il desiderio di bere, grazie all'azione di elettrodi di dimensioni microscopiche collegati ai neuroni del cervello e in grado di comunicare telepaticamente con un computer all'esterno che aziona il distributore; siamo nei laboratori di «Neurorestore» a Losanna, dove persone paralizzate controllano la propria andatura usando il pensiero; siamo all'Università tedesca di Tübingen pochi anni fa, dove un meccanismo analogo per il collegamento diretto tra cervello e computer ha avuto successo in un malato di sclerosi laterale amiotrofica; siamo a San Francisco, dove chi ha perso la facoltà di parlare invia parole con il pensiero a un avatar che le apprende. Siamo all'Istituto italiano di tecnologia di Genova e nella sede della connessa società Corticale, che hanno sviluppato interfacce neurali *SINAPS* (Simultaneous Neural Recording Active Pixel Sensor) che, collegate fisicamente al cervello e al suo connettoma mediante un'operazione di altissima precisione effettuata da un robot chirurgo, sono in grado di interpretare le intenzioni e trasmettere i relativi segnali operativi ad altre parti del corpo o a dispositivi esterni. Un singolo dispositivo, dotato di 1024 elettrodi (rispetto ai 64 dispositivi necessari all'americana Neuralink per ottenere lo stesso risultato, a prezzo di un impatto molto maggiore sul cervello al momento dell'impianto), *legge, letteralmente, il pensiero*: un miracolo per la cura ma anche per la diagnosi di malattie neurodegenerative e per lesioni midollari, o per restituire la vista ai ciechi.

Ma anche – e scienziati come Luca Berdondini dell'IRT sottovoce lo riconoscono – motivo di enorme preoccupazione di fronte ai potenziali sviluppi al di fuori dell'ambito medico: sono già numerose le persone che si sono dichiarate disponibili, pur essendo del tutto sane, a farsi impiantare questo tipo di dispositivi per accrescere le proprie capacità, pur sapendo che ci troviamo ancora in una fase del tutto sperimentale in cui non si ha idea precisa delle potenziali conseguenze di questi impianti sull'insieme del connettoma, tanto meno nel lungo termine. Poco prima di morire, Stephen Hawking scrisse che presto impareremo a sfruttare l'editing genetico per migliorare la memoria, resistere alle malattie e aumentare l'aspettativa di vita. «Non abbiamo tempo» aggiunse «di aspettare che l'evoluzio-

ne darwiniana ci renda più intelligenti e migliori per natura.»¹ Pensava anche a cervelli direttamente connessi a internet. Con accesso immediato al sapere immagazzinato online. A centinaia di milioni di libri. A miliardi di pagine web. Cosa fare, a quel punto, degli esseri umani non potenziati?

Più banalmente, il sogno di molti è quello di poter accendere la luce, navigare su internet, azionare dispositivi, scrivere un testo, guidare un'auto, solo *pensando* a quel gesto o a quell'azione, che qualcuno o qualcosa eseguirà per noi. Già solo per questo, le conseguenze non sono difficili da immaginare. O forse sì.

43. La coscienza artificiale. Parte 4

7.3. Nell'idea formulata nel 1995 da Chalmers e ripresa oggi da Solms, si immaginano dunque due sistemi in grado di elaborare informazioni dotati di identica organizzazione *funzionale*. In uno di essi, che potrebbe essere il cervello umano, tale organizzazione si deve a una configurazione di neuroni; nel secondo, l'isomorfo, il cervello artificiale, i neuroni sarebbero sostituiti da chip di silicio, che – pensando agli interventi per restituire funzionalità al midollo spinale lesionato, in cui segnali radio hanno sostituito i segnali prodotti dai neuroni corticospinali – potrebbero venire sostituiti uno per volta ai neuroni, svolgendo la stessa funzione per quel che riguarda le esperienze emotive. Quello che cambia sarebbe dunque la struttura fisica. Semplificando, l'ipotesi è che sostituendo un singolo neurone naturale con un neurone artificiale il risultato, a livello di funzione complessiva dell'organo, non cambi. Allo stesso modo pertanto c'è da aspettarsi che non cambierebbe se venisse sostituito un secondo neurone, quindi un terzo e così via fino a una sostituzione completa. Il cervello *in silico* continuerebbe ad avere le stesse esperienze, in quanto sistema *funzionalmente isomorfo* rispetto al cervello di partenza.

I neuroni corticospinali degli interventi al midollo sono neuroni piramidali che governano il movimento, non la cognizione, ma sono morfologicamente identici ai neuroni che elaborano le inferenze percettive e si può dunque immaginare, dicono gli autori, che le

cose non cambino troppo passando da un tipo di neuroni all'altro. Esperimenti di altro genere sulla possibilità di sostituire le funzioni di elaborazione delle informazioni da parte del cervello sono stati effettuati e hanno avuto successo, come documentano i lavori per esempio di Brian Pasley (sulle parole ascoltate)¹ e di Shinji Nishimoto e Jack Gallant (sulle immagini viste).² A questi tentativi, tuttora in corso, va aggiunto almeno l'approccio degli algoritmi tipici dell'intelligenza computazionale e delle reti neurali artificiali che in questo ambito vengono sviluppate: queste si basano direttamente su quelle biologiche e sul loro modo sia di permettere la comunicazione all'interno del corpo sia di individuare i cambiamenti che avvengono nell'ambiente interno ed esterno.

Le reti neurali artificiali furono già prospettate, dopo i lavori pionieristici dello psichiatra e neuroanatomista McCulloch,³ anche da Turing in un report inedito scritto nel 1948 per il National Physical Lab,⁴ in cui ipotizzava un'analogia tra l'allenamento del cervello del bambino e quello di una corrispondente struttura nella macchina per svolgere determinate funzioni, e scriveva che «i circuiti elettrici usati nei calcolatori elettronici sembrano avere le proprietà essenziali dei nervi». Esse ruotano perciò attorno alle tre componenti fondamentali costituite dal soma, cioè il centro di controllo del neurone, per processare l'informazione; dall'assone, per permettere la conduzione del segnale; e dalla sinapsi, per il controllo dei segnali. La mappatura in 3D delle sinapsi del cervello umano, risultato strabiliante che si annuncia in tempi imprevedibilmente brevi, promette una comprensione della struttura del cervello finora mai immaginata.

Riassumere in questo modo temi molto tecnici e complessi comporta il rischio di banalizzarli, e più che il rischio direi anzi la certezza. Tuttavia, è urgente e necessario fornire almeno qualche dato elementare anche a chi non abbia la pur minima idea delle direzioni che la scienza va oggi esplorando, e tra questi c'è, e mi sta specialmente a cuore, il 99 per cento dei nostri studenti. McCulloch, nel ricordare quarant'anni dopo il momento iniziale delle sue ricerche (che risaliva al 1921), disse che il suo obiettivo era stato quello di «concepire un evento psichico elementare», o «psicone», che avesse determinate proprietà, e cioè:

Primo: doveva essere così semplice da avere solo l'alternativa tra verificarsi o meno. Secondo: doveva verificarsi solo se si era verificata la sua causa (il che ci ricorda Duns Scoto!), doveva cioè implicare il suo antecedente temporale. Terzo: doveva comunicare la sua esistenza agli psiconi successivi. Quarto: tali eventi dovevano combinarsi in modo da produrre gli equivalenti di proposizioni più complesse sui loro antecedenti.

Gli apparve subito chiaro, aggiunse, che questi eventi potevano identificarsi con gli impulsi «tutto o niente» dei neuroni, «che si combinano convergendo sul neurone successivo per produrre complessi di eventi rappresentanti una proposizione». Da qui, centotré anni fa, si può dire che tutto è nato. L'ipotesi di Solms e altri, di immaginare lo stadio degli organismi unicellulari e di lì procedere per crescita progressiva, sembra offrirsi come sviluppo di una linea concettualmente analoga.

Non vi sono dubbi sul fatto che queste ricerche porteranno a cambiamenti decisivi in numerosi ambiti, che si accetti o meno l'idea che il risultato del lavoro sia da definirsi come «coscienza artificiale».

44. Il tempo stringe: il monito di Wiener

7.4. Se davvero questo sarà realizzato, di nuovo tornerà attuale la riflessione di Wiener. Di nuovo e di più, dato che Wiener, che di ogni riflessione sull'analogia macchina-cervello è il padre, si riferiva a macchine e processi algoritmici più elementari rispetto ai nostri, anche se i principi, che aveva perfettamente inteso, erano gli stessi:

Guai a noi se lasceremo (la macchina) decidere della nostra condotta senza aver prima studiato le leggi che governano il suo comportamento, e senza sapere con certezza che questo comportamento sarà basato su principi che noi possiamo accettare! D'altra parte, come il genietto della bottiglia, la macchina che può imparare e può prendere decisioni sulla base di tale conoscenza acquisita non sarà in alcun modo obbligata a decidere nello stesso senso in cui avremmo deciso noi stessi, o perlomeno in modo a noi accettabile. Per colui che non avrà coscienza di ciò, addossare il problema della propria responsabilità alla macchina [...] vorrà dire affidare la propria responsabilità al vento e vedersela tornare indietro fra i turbini della tempesta. [...] Il tempo stringe e l'ora della scelta fra il bene e il male è ormai imminente.¹

Persino von Neumann, pur adepto senza riserve del progresso tecnologico e scientifico, quando prese piena coscienza degli sviluppi nella realizzazione della bomba atomica ebbe a constatare, sorpreso e forse

per una volta anche preoccupato, che «quel che stiamo creando ora è un mostro la cui influenza cambierà il corso della storia, ammesso che una storia continui a esserci».

«Eppure» proseguì, secondo quanto raccontò più tardi la moglie, «sarebbe impossibile non andare fino in fondo, e non solo per ragioni militari: non sarebbe etico dal punto di vista degli scienziati non fare quel che sanno di poter fare, non importa quanto terribili possano essere le conseguenze. E questo è solo l'inizio!» Come osserva George Dyson, si trattava di una preoccupazione connessa non tanto, o non solo, alla bomba, quanto al crescente potere delle macchine.² Chiunque pensi che questa rivoluzione, che questa nuova epoca sia paragonabile ad altri eventi importanti accaduti in momenti passati della storia, è fuori strada.

45. È davvero questa la coscienza?

7.5. Ho già ricordato i nomi di Searle e Penrose, per dire come non sia affatto scontato che la teoria della coscienza che sta alla base degli esperimenti appena richiamati sia giusta o condivisibile. Potrebbe non esserlo. Non lo è. Si direbbero portare in questa direzione le ricerche di Gaetano Kanizsa, che meglio di ogni altro studiò la fenomenologia della percezione, oggi ignorate da certo cognitivismo soprattutto angloamericano. La sua interpretazione dei colori e delle immagini eidetiche sarebbe, del resto, difficilmente funzionale agli sviluppi della IA, e Marvin Minsky si trovò infatti costretto a svilire sommariamente l'idea stessa dell'esistenza delle immagini eidetiche.

Per stare all'oggi, potrebbe aver ragione un altro neuroscienziato computazionale, Anil Seth,¹ che ha voluto sottolineare come l'uomo e la macchina, per arrivare alla soluzione di un problema, procedano in due modi completamente diversi. Le macchine operano per elaborazione di masse sconfinite di dati, mediante procedure che migliorano all'aumentare dei dati analizzati, e producono risultati sorprendenti come quelli dei GPT che usano il linguaggio traendo conclusioni probabilistiche mediante l'analisi di miliardi di testi scritti; la mente funziona secondo altre modalità, non ha bisogno di questa dispendiosissima procedura, non dipende dal numero dei neuroni ma dagli schemi di interazione tra loro.

In secondo luogo, tanto la riflessione sulla IA quanto il sentire comune si basano sull'idea che il processo della percezione muo-

va dall'esterno verso l'interno dell'uomo. Seth sostiene il contrario, che il processo è inverso, che le percezioni muovono da dentro a fuori. Non è certo una novità, semmai ipotesi che trova riscontro puntuale quanto sorprendente nelle teorie degli antichi medici e filosofi greci sul corpo umano e sulla percezione, e risponde a una precisa concezione, olistica, del rapporto tra uomo e ambiente. La scienza antica leggeva infatti il processo percettivo come un modo di stabilire una connessione diretta tra corpo e ambiente esterno, ricorrendo a concetti come quello di $\psi\upsilon\chi\acute{\eta}$, psichico, inteso come qualcosa di organico distribuito in ogni parte all'interno del corpo, qualcosa che circola collocandosi principalmente nel ventre, e trasporta fisicamente i segnali verso l'interno e verso l'esterno dell'organismo.

La connessione interno-esterno è fisica, materiale, concreta, ma non corpuscolarista. Per questo, distinguere il conoscere dal pensare ed entrambi dal percepire era meno facile di quanto non sia per noi, ammesso poi che sia corretto, se percepire vuol dire dare ordine e senso alla massa enorme di informazioni e dati nudi, cioè in attesa di interpretazione, da cui siamo circondati. C'è piuttosto, nelle età più antiche della nostra civiltà, un processo unitario, in cui il $\theta\upsilon\mu\acute{o}\varsigma$, la $\psi\upsilon\chi\acute{\eta}$, le $\phi\rho\acute{\epsilon}\nu\epsilon\varsigma$, che sono nel corpo ma non come organi, e lo pervadono, e per i quali non esiste un corrispondente moderno, entrano in contatto con il mondo esterno e di quel mondo si appropriano attraverso il soffio che da essi promana o che essi traggono a sé, costituendo con quel mondo un tutt'uno, un $\acute{o}\lambda\omicron\nu$.

46. Un'altra idea di coscienza

7.6. Per gli antichi, in realtà, non c'è distinzione tra atto della percezione e oggetto percepito, e anche il percorso interno-esterno è concepito secondo un'idea di circolarità che caratterizza tutti i processi generativi superiori. Mondo interno e mondo esterno costituiscono una unità, in comunicazione costante, in un sistema nel quale non esiste inizio né fine, e nel quale da ogni punto si torna a ogni punto, qualunque sia la direzione del movimento. Gli oggetti della percezione non hanno bisogno di una elaborazione ed entrano direttamente in rapporto con gli organi e le funzioni del corpo a ciò deputate, «depositandosi» all'interno del petto o del ventre, ed eventualmente muovendosi nelle diverse regioni del corpo insieme con il soffio vitale (ψυχή).

È l'aria proveniente dall'esterno a fornire al corpo gli stimoli necessari per l'attività del cervello e per il controllo dei processi percettivi che a esso fanno capo. Essa è necessaria non solo per la respirazione, ma anche perché – penetrando nel corpo attraverso la bocca e le narici e distribuendosi prima al cervello, in cui permette il «depositarsi» dell'*intelligenza* intesa come facoltà di comprensione (φρόνησις), poi verso l'intestino, infine dividendosi tra polmoni e vene – essa rende possibile sia l'attività mentale, sia il movimento, sia la fonazione e tutta una serie di funzioni fondamentali per la vita dell'organismo e la sua interazione con ciò che lo circonda. Non esiste osservazione «pura», osservazione «neutra», e non esiste ela-

borazione come processo separato: ogni osservazione è già in sé elaborazione.

Il processo percettivo resta oggi un modo con il quale l'essere vivente entra in relazione con il mondo esterno, ma secondo Seth e altri ciò non va inteso nel senso di teorie corpuscolariste che lo leggono come l'ingresso di segnali neutrali dagli oggetti all'osservatore, o di un osservatore che apra la sua finestra sul mondo, per rilevarne gli oggetti e ricavarne le sensazioni. Il soggetto, in realtà, «costruisce» l'oggetto, elabora ipotesi sui segnali sensoriali, li interpreta. E quel che più conta, ogni soggetto, ogni cervello+sistema nervoso+apparato sensoriale distribuito, interpreta quei «dati» in modo potenzialmente diverso, anche quando a essere osservati sono triangoli.

47. Soggetto, oggetto, percezione del mondo. Parte 1

7.7. L'esperienza percettiva, dunque, è un'ipotesi e un'interpretazione. La percezione dei colori, che è stata oggetto di infinite analisi e riflessioni, sta lì a ricordarcelo, ed è il caso più banale, sul quale anche Bertrand Russell faceva affidamento, con il suo tavolo che è marrone solo a certe condizioni di luce e ambiente. I colori non esistono oggettivamente e risultano dal modo in cui cervello e apparato sensoriale del soggetto leggono i fenomeni determinati dalla luce, originandosi dunque dalla percezione, e non viceversa. Non è per caso che due soggetti diversi possano percepire diversamente quello che dovrebbe essere «lo stesso colore». Non sono novità, anche se a volte sembrano presentate come tali. Anche i triangoli possono non esistere oggettivamente ed essere però letti come tali: gli esperimenti di Kanizsa lo hanno ampiamente dimostrato. Nel disegno qui accanto, il caso più citato, noi percepiamo due triangoli che non esistono in realtà, poiché frammenti spazialmente separati determinano quelli che Kanizsa chiamava contorni illusori o soggettivi, che sembrano

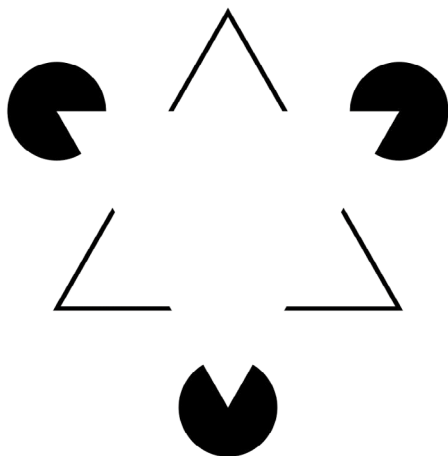


Figura 19: Il triangolo di Kanizsa.

nascondere parti di un triangolo con contorno nero in realtà inesistente e costituito da linee virtuali, e tre *pac-men* anch'essi neri e virtuali (il giovanilistico nome di *pac-man* per queste figure, dal giapponese *pakupaku* «aprire e chiudere la bocca», è recente e ispirato al più celebre dei videogiochi).

L'assenza di separazione, per gli antichi, tra atto della percezione e oggetto percepito non sorprende: in una direzione analoga muoveva la nozione di «oggetto fenomenico» elaborata dalla moderna psicologia della *Gestalt*, per cui a livello psicofisiologico l'oggetto fenomenico è l'unico che noi percepiamo. Esso è qualcosa di diverso dall'oggetto reale e si costituisce a partire dagli stimoli forniti da quest'ultimo, ma non si limita a essere la somma di sensazioni elementari bensì dipende dai rapporti che tra di esse intercorrono e da quelli che le mettono in relazione con il soggetto. Anche gli studi novecenteschi di fenomenologia della percezione ribadiscono che non si può separare il vedere dall'oggetto visto, l'atto dall'oggetto, il quale ultimo emerge da un insieme seguendo il bisogno di senso del soggetto, dipende cioè dalla sua intenzionalità.

Più in generale, osservava Kanizsa,

il nostro mondo fenomenico, costituito dagli oggetti e dagli eventi che viviamo come presenti intorno a noi, non è una copia diretta dell'ambiente fisico, ma il risultato di una *serie di mediazioni*. L'attività percettiva ci fornisce cioè una conoscenza mediata e indiretta degli oggetti ed eventi fisici,¹

e l'oggetto fenomenico riproduce l'oggetto fisico con un grado di fedeltà variabile. Il dato della percezione varia da osservatore a osservatore, l'oggetto fenomenico diventa un'esperienza privata.

Daniel Dennett si è preso la pena di argomentare che tutto ciò sarebbe falso, che esperienze «private» di questo tipo non esistono in quanto tali, che non esistono cioè proprietà dell'esperienza che siano «ineffabili, intrinseche, private, direttamente apprensibili»; che Einstein, quando affermò che la scienza non ci può dire che sapore abbia la zuppa, sbagliava. Il brillante saggio in cui Dennett sviluppa questi

argomenti, *Quining Qualia*, elenca una serie di esperimenti mentali o prove empiriche ipotetiche:² esso però non avrebbe a mio avviso persuaso né Kanizsa né Einstein, ma ritengo che si tratti piuttosto di divergenze nei presupposti teorici.

48. Soggetto, oggetto, percezione del mondo. Parte 2

7.8. Gli oggetti rappresentano dunque solo il punto di partenza di una serie di processi di mediazione tra soggetto percipiente e mondo percepito. Questa serie di processi, dice Kanizsa,

nel caso della percezione visiva, che assumiamo come paradigmatica, può essere così schematizzata: l'oggetto fisico (fonte degli stimoli) emette o riflette radiazioni luminose di varia frequenza e intensità. Tali radiazioni (stimoli distali), dopo un tragitto più o meno lungo, danno luogo sulla retina di un osservatore ad un'area di stimolazione (stimolo prossimale) corrispondente alla proiezione ottica dell'oggetto. Tale area varia in grandezza con il variare della distanza tra oggetto ed organismo, mentre la sua forma varia con il variare dell'inclinazione dell'oggetto rispetto all'osservatore. Dall'area di stimolazione retinica ha inizio una catena di processi fisiologici (reazioni fotochimiche a livello dei recettori, scatenamento e conduzione di impulsi nervosi lungo le vie ottiche afferenti) che modificano lo stato fisiologico dell'area corticale alla quale giungono. I processi corticali risultanti costituiscono il substrato fisiologico delle esperienze percettive (livello psicofisico). *Il dato percettivo* (oggetto fenomenico) è *un'esperienza privata di ciascun osservatore*, in quanto nell'organismo di ogni singolo osservatore si avvera un distinto processo corticale.¹

Persone diverse possono reagire diversamente agli stessi stimoli e ricavarne, o costruire da essi, sensazioni diverse, mappe cognitive

diverse. L'illusione che situazioni e stimoli e impulsi siano uguali per tutti ha dato origine alla infondata pretesa che la realtà sia una e una soltanto e che come tale possa essere categorizzata, interpretata, vissuta. Questo, peraltro, voleva Dennett in *Quining Qualia*, e già von der Heydt aveva provato a mettere in dubbio, come anche Minsky, l'ipotesi di Kanizsa, andando a individuare nell'area 18 di Broadmann, quella della corteccia visiva primaria, i neuroni responsabili del rilevamento dei contorni illusori. Come far coesistere il mondo deterministico della logica algoritmica con i margini sfrangiati della vita umana?

Per Aristotele, i processi psichici hanno una propria biologia, il pensiero ha una dimensione corporea, e questo costituisce «la materia della mente», come la chiama Philip J. van der Eijk.² La ψυχή è *legata*, letteralmente, al corpo sul piano anatomico e fisiologico, attraverso arterie, vene, tendini, e si nutre grazie al sangue. Ha dunque natura organica ed è distribuita nel corpo, soprattutto tra cuore e cervello, in una concezione di carattere olistico familiare soprattutto alle culture orientali, che non accettano l'idea di un corpo come aggregato di organi diversi ciascuno con una sua specifica ed esclusiva funzione. Le *Upaniṣad* vediche, in India, sono uno dei testi che meglio descrivono questo tipo di psicofisiologia basata sulla interazione e integrazione tra le diverse dimensioni che riguardano il corpo e il suo rapporto con l'ambiente, che nel mondo cinese trovava un'analogia persino con l'organizzazione del cosmo e del sistema politico ideale.

49. Il cervello e l'esperienza del mondo

Non sappiamo, insomma, che cosa sia la coscienza. O almeno, ciascuno pensa di averlo capito per sé, di averne una sorta di indefinita percezione, ma non riesce a convincere gli altri. O forse proprio questo fenomeno dell'*avere un'indefinita percezione* è la coscienza, o l'inizio della coscienza.¹ Come ha fatto Vincenzo Tagliasco e fa Riccardo Manzotti,² ci si è chiesti se sia plausibile pensare che le qualità delle cose non siano da ricercarsi nella mente o da qualche altra parte all'interno del corpo, e neppure fuori, negli oggetti. Se invece le qualità, e dunque l'esperienza, la percezione, la conoscenza, non siano piuttosto processi estesi nel tempo e nello spazio, che iniziano nell'ambiente e vanno a finire nel corpo attraverso l'attività neurale. Se esse non esistano senza il corpo, e neanche senza gli oggetti. Ma non esistano neanche solo nel corpo, o solo negli oggetti, così come la mente non si identifica con il corpo ma è il punto di incontro e centro di connessione tra dentro e fuori, ed è un processo essa stessa.

È da un po' che ci si interroga sulla consistenza e i criteri di organizzazione della realtà esterna, da un po' essa ha cominciato a perdere il suo carattere rigidamente materiale, mentre il rapporto di causa ed effetto, schema piuttosto primitivo di pensare il reale, veniva sostituito da rapporti di tipo funzionale, come voleva Ernst Mach. È a questo punto che l'io del soggetto diventa, con Mach, niente più che un centro di connessione temporaneo di varie esperienze.

Ci si è chiesti, anche, che cosa sia l'esperienza. L'esperienza che il

soggetto fa del mondo, quella che, ricordano Tagliasco e Manzotti, il neonato fa dell'odore della madre, del viso della madre. Persino, si potrebbe aggiungere, di qualcosa di così indefinito come lo sguardo della madre. Lo sa interpretare, prima ancora di averne consapevolezza, di possedere le categorie con cui catalogarlo, il linguaggio con cui esprimerlo, i concetti con cui formalizzarlo. A scuola ci hanno insegnato che per Immanuel Kant le esperienze, le intuizioni che raccolgono le informazioni sensoriali, senza i concetti sono cieche, *Anschauungen ohne Begriffe sind blind*. Non saprei dire se il neonato sarebbe d'accordo. Per saperlo bisognerebbe prima concordare su che cos'è un *concetto*, da *cum-capere*, *be-greifen*, questa capacità di afferrare fisicamente e raccogliere insieme elementi disparati, che solo a un certo punto diventa un atto mentale che governa la nostra relazione con l'ambiente, regolata dai segnali nervosi, o stimoli prossimali, attraverso i quali il mondo esterno entra in contatto con il corpo umano per raggiungere le aree del cervello deputate alla loro interpretazione.

Ma se queste specializzazioni del cervello sono comunque già il frutto di una interazione con l'ambiente, è possibile pensare che le basi fisiche della coscienza siano più ampie del sistema nervoso? Cosa accade, prima o senza che questa interazione abbia luogo? Con un cervello che dovesse nascere e crescere *in vitro* e venisse poi d'improvviso messo a contatto con una rosa e il suo profumo? Se si provasse a immaginare, dicono Tagliasco e Manzotti, che l'attività neurale e i processi del mondo fisico siano a loro volta un tutt'uno, un processo che abbia bisogno del tempo e dello spazio per compiersi e portare dei risultati, sarebbe superata la separazione dualistica tra soggetto e oggetto che da sempre caratterizza il nostro modo di pensare e che molti vedono motivata dalla presenza nel cervello di due emisferi e nel corpo degli esseri viventi di due metà perfettamente speculari.

50. La forma duale delle cose

Quanto profondamente il dualismo mente/corpo, soggetto/oggetto, io/altro, cielo/terra, caldo/freddo, simile/dissimile, visibile/invisibile informi archetipicamente la mente umana è stato ben detto, e abbiamo già visto come Carl Gustav Jung associasse *binarius* e diavolo, il *diabolus*, o *śāṭān*, cioè etimologicamente colui che crea contrapposizioni.¹ Abraham Seidenberg, matematico i cui contributi hanno innovato non soltanto importanti aspetti dell'algebra ma anche la storia della matematica e il radicamento dei numeri e della geometria nelle pratiche rituali più arcaiche, ha ritenuto che per poter capire il rapporto dell'uomo con il mondo si dovesse partire dalla pratica del contare a base 2.²

In tutto il pianeta, dal Sudamerica all'Africa, all'Australia e alla Nuova Guinea, si trovano o si trovavano popolazioni abituate a contare non oltre il 2. Disponendo soltanto dei numerali per dire «uno» e «due», per gruppi da 3 in poi usavano l'espressione «molti», oppure, in qualche caso più articolato, si poteva esprimere il 3 come «due-uno», il 4 come «due-due», 5 come «due-due-uno». Per esempio, scrive Seidenberg, i Gumulgal australiani, usano un sistema binario che si basa su due soli numeri, 1 e 2, e sulla loro combinazione successiva:

1 = urapon;
2 = ukasar,
dai quali deriva:

KEY TO MAP 1

(Bibliography appended)

K = Kluge
 WS = W. Schmidt
 J = Johnston
 R = Ray
 G = Gaudefroy-Demombynes

PURE 2-COUNTING

(with at least 2 + 2, 2 + 2 + 1)

South America

Left to right:

Zamuco (K, p. 233)	2 + 1, 2 + 2, ... , 2 + 2 + 2 + 2 + 1
Arara (K, p. 101)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1
Bakairi (K, p. 102)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1, 2 + 2 + 2
Cayapo (K, p. 241)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1, 2 + 2 + 2
Crenguez (K, p. 239)	2 + 2, 2 + 2 + 1
Apinage (K, p. 240)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1
Krao (K, p. 240)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1, 2 + 2 + 2
Canella (K, p. 240)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1, 2 + 2 + 2
Cotoxo (K, p. 247)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1

Australia

Bottom to top:

South Narrinyeri (WS, p. 62)	2 + 2, 2 + 2 + 1, 2 + 2 + 2, 2 + 2 + 2 + 1, etc.
North Kuri (WS, pp. 102, 113)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1
Minyung (WS, pp. 137, 135)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1, 2 + 2 + 2, etc.
Kana (WS, pp. 53, 57)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1
(Gualuma [Clement, p. 192])	2 + 2, 2 + 2 + 1; see Neo-2-Counting)
Kohoyimidir (WS, pp. 214, 210)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1
Kauralgai (WS, p. 198)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1, 2 + 2 + 2, 2 + 2 + 2 + 1, 2 + 2 + 2 + 2
Gumulgal (WS, p. 208)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1, 2 + 2 + 2
Torres Straits (Haddon, p. 303)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1, 2 + 2 + 2

New Guinea

Parb (R [W], p. 343)	2 + 2, 2 + 2 + 1
Sisiami (R [W], p. 344)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1
Anal; Arop (R [N], p. 330)	2 + 1, 2 + 2, 2 + 2 + 1

South Africa

Bushman (Stow, p. 18)	2 + 2, 2 + 2 + 1, ... , 2 + 2 + 2 + 2 + 2
-----------------------	---

NEO-2-COUNTING

South America

Bottom to top:

Tsonaga (K, p. 151)	2 × 3, 2 × 4, 2 × 5
Tehuelche (K, p. 148)	2 × 3, 2 × 4
Guarani (K, p. 203)	3 × 2, 4 × 2, 2 × 6, 6 + 7, 2 × 9, 2 × 9 + 1, 4 × 5, 2 × 4 × 5
Toba (K, p. 223)	2 + 1, 2 + 3, 2 × 3, 1 + 2 × 3, 2 × 4, 2 × 4 + 1
Caingua (K, p. 203)	3 × 2 + 1, 2 × 4
Payagua (K, p. 220)	2 × 3, 2 × 4, 2 × 4 + 1, 2 × 5
Cherente (K, p. 342)	3 × 2, 4 × 2

[281]

Figura 20: Alcuni esempi di popolazioni il cui sistema numerico comprende soltanto l'uno e il due (da A. Seidenberg, «Diffusion of counting practices», in *University of California Publications in Mathematics*, 1960, 3, 4, p. 281.)

- 3 = ukasar-urapon;
- 4 = ukasar-ukasar;
- 5 = ukasar-ukasar-urapon;
- 6 = ukasar-ukasar-ukasar.

Il sistema ha la ulteriore peculiarità che il numero più alto, il 2, è messo in prima posizione nei composti in cui è combinato con il numero 1 (cioè nei numeri 3 e 5).

Cosa significa tutto questo si può ben spiegare con l'aiuto di Wilhelm von Humboldt, intellettuale dagli orizzonti sconfinati, e del suo scritto *Sul duale* (del 1828) in cui, spiegando il senso di questa forma verbale e pronominale che serve a indicare un insieme di due e si distingue dal singolare e dal plurale, osserva come la simmetria bilaterale del corpo umano «penetri nella fantasia e nel sentire», e come informi di sé l'esigenza di simmetria che da sempre si ritrova nell'architettura e nell'arte.³ L'esistenza di una forma come quella del duale si può spiegare, dice Humboldt, in due modi: limitandosi al concetto del puro e semplice numero *due*, o ricorrendo al concetto di *dualità* (*Zweiheit*). Il mondo esterno e l'interiorità della mente trascorrono e trovano espressione nell'edificio grammaticale della lingua, che reca così traccia di questo attingere alla concezione del mondo sensibile o all'interiorità del pensiero, dove la visione di una duplicità, di un esterno diverso dall'io, trova compimento. «Tu è un non-io, così come anche "egli" è un non-io.»

La percezione e la sensazione della dualità nell'uomo si ha, dice Humboldt, nel constatare la divisione in due sessi e tutti i concetti e sentimenti a essi relativi, nella divisione del corpo umano e animale in due metà uguali, con arti e organi sensoriali che vanno in coppia, nei fenomeni della natura che circondano l'uomo in ogni momento, il giorno e la notte, la terra e il cielo, la terra solida e le acque ecc.

Nell'organismo invisibile della mente, nelle leggi del pensiero, della classificazione delle sue categorie, il concetto di dualità si radica in maniera molto più profonda e originaria: nel porre e contrapporre, posare e sollevare, essere e non essere, l'io e il mondo. Anche quando

i concetti sono divisi in tre o più parti, il terzo membro scaturisce da una originaria dicotomia, o così lo considera il pensiero. Specialmente decisivo per la lingua è il fatto che la dualità assuma in essa una posizione più importante che in qualsiasi altro caso. Ogni parlare è interlocuzione, in cui, anche nel caso di più persone, colui che parla si pone di fronte a chi ascolta come una unità. L'uomo parla, anche nel pensiero, sempre con qualcun altro, o parla con se stesso come con qualcun altro. Il genere umano viene diviso in due classi, familiare ed estraneo, suddivisione che è alla base di ogni legame sociale.

Il mondo trova la sua metamorfosi nella lingua. «La realtà è fatta di una molteplicità di cose. Ma uno non è un numero; il primo numero è il due e con esso iniziano la molteplicità e la realtà» dice Jung nel *Mysterium conjunctionis*, e dunque si dovrà dire che tutto è relazione e ciascuna cosa si definisce per relazione, confronto, contrapposizione con un'altra. Quello che i greci chiamavano λόγος.⁴

La coscienza si concepisce in questa relazione. Dell'io con se stesso, dell'io con un altro, dell'io con l'ambiente esterno, dell'uno con il diverso dall'uno. «Costruire» una coscienza artificiale a partire dalla riproduzione della fase più elementare e antica del processo lungo il quale si è evoluta la vita biologica, e associarla ai principi di funzionamento di reti neurali convoluzionali profonde o con retropropagazione – che riconoscono e classificano immagini e suoni, comprendono funzionalmente il linguaggio naturale, analizzano e identificano segnali audio, elaborano dati forniti da sensori, correggono i propri errori e imparano – può senza dubbio permettere, e in tempi relativamente brevi, di riprodurre il rapporto che lega gli stimoli provenienti dall'ambiente all'attività del sistema nervoso; ci si chiede, se questo rapporto possa poi trasformarsi in vita.

La vita, il principio della vita, per gli antichi, coincideva con ψυχή. Che era il soffio vitale, il respiro che circolava nel corpo. Con la morte, lo abbandonava, o meglio abbandonarlo significava la morte. Il respiro: questo, principio di vita, sembra ancora mancare agli artefatti computazionali.

Quando con la coscienza si è penetrati nella parola, con la parola si raggiunge ogni oggetto definibile con un nome. Quando con la coscienza si è penetrati nell'odorato, con l'odorato si raggiunge ogni odore. Quando con la coscienza si è penetrati nella vista, con la vista si raggiunge ogni forma. Quando con la coscienza si è penetrati nell'udito, con l'udito si raggiunge ogni suono.

(Kauṣītaki Upaniṣad, 3,5-6, trad. C. della Casa)

51. Il mondo è una partita di Go, ma giocare non ha più senso

«Il mondo è una partita di Go, le cui regole sono state inutilmente complicate.» Metafora del mondo e della vita, come e più degli scacchi, il gioco del Go ha rappresentato uno spartiacque nella storia delle macchine, della loro capacità di imparare, di decidere, di dimostrarsi superiori all'uomo. Gioco complesso, richiede strategia, visione, intuito, ragionamento, capacità di analisi emotiva dell'avversario. Per batterlo, bisogna conquistare i suoi spazi, circondarlo sulla scacchiera, impedirgli di muoversi. Collocando a turno le pedine, o pietre, bianche e nere agli incroci delle linee su una griglia quadrata che ne prevede 19 orizzontali e 19 verticali, lo scopo è catturare le pietre dell'avversario circondandole, e al tempo stesso racchiudendo con le proprie pietre più spazio (o «territorio») possibile.

Le regole del più antico dei giochi sono state definite come eleganti, organiche, rigorosamente logiche, campo di prova per ogni intelligenza. Impossibile anche solo immaginare il numero delle combinazioni possibili delle pietre sulla scacchiera, il *goban*, un numero costituito da 171 cifre, individuato da un calcolatore nel 2016 – e si aspetta che qualcuno verifichi se sia effettivamente così.

Già Turing aveva individuato in giochi come scacchi, poker, bridge e tris un primo quanto efficace banco di prova di un cervello senza corpo. Quando, infine, macchine algoritmiche hanno iniziato a dedicarsi al Go, è accaduto qualcosa di imprevisto. Com'era

accaduto per gli scacchi, da principio gli esperti, i Grandi Maestri, sorridevano alla sola ipotesi che una macchina potesse imparare a governare quel potenzialmente infinito moltiplicarsi di possibilità, quello specchio dell'inesausto agire, nell'apparente caos dell'universo, della triade *autómaton*, *tyche* e *aitía* – spontaneità, casualità (che è però anche destino) e causalità, secondo lo schema proposto da Aristotele nella *Fisica* –, quel titanico sforzo di mettere ordine, trovare un senso, dare una direzione alle cose. Come quando, con le nostre liste, elenchi, cataloghi debitamente organizzati sistemiamo su una pagina bianca una realtà molto più complessa e confusa della quale altrimenti fatteremmo persino a prendere atto.

O come quando, per calcolare la superficie di un lago in un terreno di forma quadrata dei cui lati conosciamo la lunghezza, cominciamo a lanciare palle di cannone da una parte all'altra, contando quante di esse cadono sul terreno e, dunque, quante sono finite nel lago. Moltiplicando il numero di palle cadute nel lago per la superficie del terreno e dividendo per il numero complessivo di palle lanciate, avrò calcolato la superficie del lago. Il calcolo è tanto più attendibile, quanto più le palle sono lanciate in modo da coprire il più uniformemente possibile la superficie del terreno. Calcolare la superficie di un lago senza misurarlo. Senza neanche farci un giro in barca. È come fare calcoli statistici per vincere alla roulette, preferibilmente quella del Casinò di Montecarlo.

Perché è così che il fisico Nicholas Metropolis – una delle menti migliori impegnate nel progetto Manhattan per lo sviluppo delle armi atomiche, brillante collaboratore di Fermi e von Neumann con il quale costruì il computer MANIAC – chiamò il metodo che poi sarebbe stato utilizzato per gli algoritmi del Go: fu lui, anzi, il primo a usare quel metodo per effettuare calcoli sul computer ENIAC, il primo calcolatore digitale della storia. Fermi aveva posto le basi. Stanislaw Ulam, matematico della scuola di Leopoli poi coinvolto da von Neumann nello stesso progetto, lo sviluppò nell'ambito delle reazioni nucleari. Metropolis non solo trovò il nome, ispirandosi proprio al Casinò più famoso, ma contribuì a svilupparlo. Von Neumann, neanche a dirlo, era della partita.

Il metodo Monte Carlo usa metodi statistici per capire sistemi fisici e matematici complessi, usando come input numeri generati casualmente (come nel caso delle palle di cannone) per determinare un insieme di soluzioni per quei sistemi. Più il numero di tentativi è alto, maggiore è la verosimiglianza del risultato, che si ottiene dividendo il numero di volte in cui una certa soluzione è stata individuata per il numero complessivo dei tentativi effettuati. Gli algoritmi per le macchine che giocano a Go usano la cosiddetta ricerca ad albero Monte Carlo: applicano cioè gli stessi metodi alla presa di decisione. I cosiddetti alberi di decisione rappresentano, anche visivamente utilizzando dei grafi, le possibili decisioni e le loro eventuali conseguenze, al fine di elaborare un piano d'azione per raggiungere l'obiettivo. Mentre questi processi erano stati elaborati per supportare la presa di decisione umana, ci si è accorti a un certo momento che le macchine erano in grado di usarli autonomamente. Di decidere cosa fosse meglio fare, e di farlo.

52. «Gli esseri umani sembrano ridondanti»

Quello del Go è il campo in cui questa capacità si è manifestata in tutta la sua potenza, permettendo di testare l'uso di reti neurali basate su *deep learning*. In un primo momento, la macchina, con i suoi algoritmi, tendeva a restare bloccata, prendeva decisioni che la mettevano in difficoltà. Come Deep Blue, il computer di IBM che aveva battuto il campione del mondo di scacchi Garry Kasparov nel 1997, anche AlphaGo aveva studiato il modo in cui gli esseri umani giocano, aveva ricevuto istruzioni e strategie dai suoi programmatori, aveva analizzato partite precedenti. Ma, mentre Deep Blue si fermava a questo, AlphaGo poteva andare oltre: grazie alle reti neurali e all'apprendimento per rinforzo (che permette di scegliere le azioni da compiere per conseguire l'obiettivo tramite interazione con l'ambiente, in situazioni in cui l'azione da compiere dipende dallo stato del sistema), usando il metodo Monte Carlo, la macchina riusciva a *valutare* le conseguenze di ogni possibile mossa e massimizzare così le probabilità di vittoria. Perché lo scopo della macchina non è giocare una partita esteticamente bella e tale da offrire il massimo grado di soddisfazione per la strategia elaborata, ma quello di vincere. Di operare al massimo della efficienza.

«Perdere contro una IA, in un certo senso, voleva dire che il mio intero mondo stava crollando» disse, dopo essersi definitivamente ritirato dall'attività a soli trentasei anni, Lee Sedol, forse il più grande giocatore di Go dell'era moderna. Era il 2019. Non si trattava soltan-

to di calcolo delle probabilità. Il sistema faceva mosse che, secondo i nostri criteri, potevano definirsi creative.

AlphaGo era diventato imbattibile. Aveva potuto farlo mediante una scelta radicale: rinunciare a usare modelli preesistenti e conoscenze umane, con tutti i loro limiti, e fare da sé. Invece che elaborare mosse attingendo al patrimonio del passato, era ripartito da zero e aveva cominciato a imparare unicamente giocando migliaia e migliaia, milioni di partite contro se stesso in pochi giorni: quasi cinque milioni di partite in tre giorni. È a quel punto che ci si è resi conto – o meglio, che Lee Sedol si è reso conto – che il mondo stava crollando. Soltanto lui, che era stato per cinque partite avversario di AlphaGo perdendone quattro, aveva davvero gli strumenti per capire la portata di quel che stava accadendo. Gli algoritmi funzionavano allo stesso modo di quelli che cominciavano a saper elaborare in modo efficace il linguaggio naturale. Gli esperimenti fatti in questo campo da IBM con Watson (§ A5) in quegli stessi anni permettevano

di immaginare un futuro in cui, se un giorno le capacità di autoapprendimento di AlphaGo si fossero potute combinare con la comprensione del linguaggio naturale di Watson, e tutto questo avesse potuto confluire in un algoritmo di uso generale, la superiorità umana avrebbe raggiunto il suo limite ultimo, il momento della svolta a favore della tecnologia. Ci siamo.

AlphaGo diventò AlphaGo Zero, sistema ad autoapprendimento che, non essendo più vincolato dai limiti della conoscenza umana, non dovendo più fare affidamento su dati forniti dall'uomo che per loro natura possono essere poco affidabili

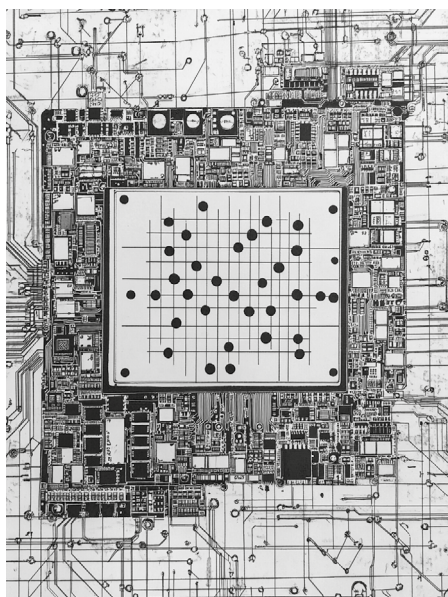


Figura 21: Il goban prende il posto del processore su una scheda madre.

e spesso sono viziati da pregiudizi, dopo un allenamento con se stesso durato quaranta giorni diventò più potente di qualsiasi versione precedente: e questo senza utilizzare informazioni provenienti da partite tra giocatori umani dei precedenti duemilacinquecento anni. Partendo soltanto dalla conoscenza delle regole, e mettendosi alla prova da sé, su un hardware del costo di venticinque milioni di dollari, si entrava in un territorio inesplorato.

Prima erano i computer a imparare dall'uomo. Ora è l'uomo a imparare dai computer. Ke Jie, uno dei più forti goisti del mondo, constatò con una certa rassegnazione che di fronte a questi sistemi ad autoapprendimento puro «gli esseri umani sembrano ridondanti». Non è senza significato, per chi voglia capire la dimensione delle ambizioni, che l'incrocio delle linee al centro del *goban* si chiami in giapponese *tengen*, il centro del cielo.

53. L'algoritmo MuZero

E poi fu MuZero.¹ Qui non servono più neppure le istruzioni, né per il Go né per altro. Del resto, per sopravvivere e adattarci nel mondo reale, nessuno ci ha fornito manuali. Né l'evoluzione, né un demiurgo. Ci è stato solo detto che sarebbe stato necessario il sudore della nostra fronte. L'unica prescrizione che avevamo avuto, quella di non mangiare di un certo albero di mele, l'abbiamo infranta dopo pochi giorni. Ora che i sistemi di intelligenza artificiale hanno raggiunto prestazioni superiori a quelle umane in ogni ambito, era necessario che anche loro imparassero a cavarsela in ambienti difficili, senza libretti di istruzioni.

Ad AlphaGo erano state fornite le regole del gioco, e dati da elaborare su partite e strategie basati sulla storia del gioco. Ad AlphaGo Zero erano stati tolti i dati forniti dall'uomo e lasciate soltanto le regole, perché imparasse da sé mediante algoritmi capaci di apprendere per rinforzo. Al successore AlphaZero era stato insegnato come applicare le stesse tecniche di AlphaGo Zero anche ad altri giochi complessi. L'uso di reti neurali convoluzionali profonde aveva garantito agli algoritmi l'autonomia di cui avevano bisogno.

A MuZero non servono più neanche le regole. I diversi metodi che avevano garantito risultati esaltanti e superiori a quelli possibili per l'uomo convivono e uniscono le loro forze, mentre il metodo degli alberi di ricerca e decisione come Monte Carlo² continua a svolgere il proprio lavoro. L'algoritmo MuZero si immerge nell'ambiente in

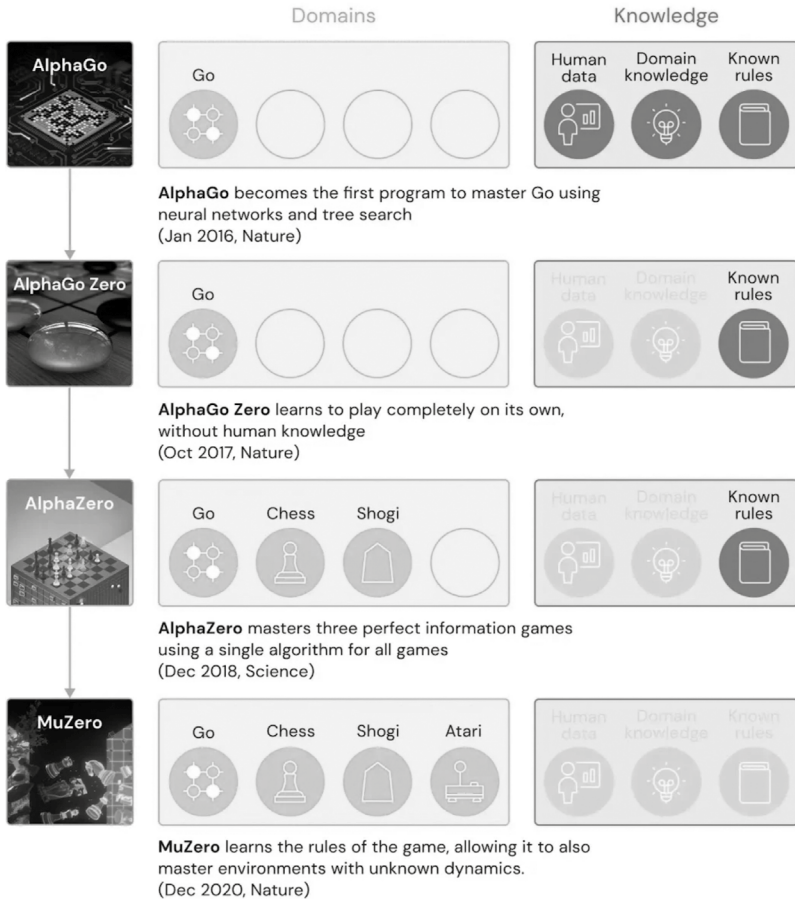


Figura 22: Rappresentazione proposta da Deepmind per l'evoluzione degli algoritmi per il gioco del Go e simili.

cui deve operare e impara da sé le dinamiche che lo governano, per quanto complesse esse siano e per quanto non siano note per intero neppure agli esseri umani che in quell'ambiente agiscono. Per esempio, nel caso di giochi come Pac-Man di Atari. Non perde tempo ed energie a cercare di costruire un modello accurato che spieghi l'intero ambiente e le sue dinamiche, e a usarlo per decidere quale sia il modo migliore di agire, con una complessità che rende questi algoritmi inadatti ad ambienti complessi come la vita reale o anche solo

come i videogiochi della Atari. Meglio rinunciare, allora, ai modelli ed effettuare stime circa le azioni da intraprendere basandosi sulla sola valutazione degli elementi che, in un certo ambiente, sono fondamentali per prendere una decisione: 1) il valore, ovvero quanto favorevole è la posizione attuale; 2) la scelta, ovvero quale azione può essere la migliore; 3) la ricompensa, ovvero quanto valida è stata l'azione precedente.

Si tratta di imparare dalla pura esperienza. Imparare per tentativi ed errori. Esattamente come abbiamo fatto noi. Ma, a differenza nostra, l'algoritmo ha a disposizione hardware con una potenza di calcolo senza limiti, non si stanca, può giocare – come ha fatto AlphaGo Zero – cinque milioni di partite in tre giorni e imparare da ciascuna di esse, migliorandosi costantemente. Può sviluppare capacità per agire in ambienti che non è possibile simulare integralmente e dei quali non è possibile predire dinamiche e sviluppi con i metodi finora consueti. Certo, quello del gioco, di ogni gioco, è un mondo chiuso, con un numero comunque limitato di possibilità, per quanto elevato questo numero possa dimostrarsi, come nel Go. La vita umana, si dice, ha ben diverso grado di imprevedibilità. O almeno così ci piace pensare.

Ma è una falsa percezione che abbiamo di noi stessi e delle macchine: l'annuncio di Cosmos, un modello di IA in grado di comprendere il mondo fisico e agire nella realtà, la dimostra nient'altro che un'illusione. Un robot umanoide dotato di queste capacità potrà agire nel mondo reale molto meglio di noi, anche quando le «regole del gioco» sono ignote. Se poi queste capacità saranno state trasferite al nostro cervello per via di un impianto come quelli di Corticale e Neuralink...

PARTE III

La gabbia d'acciaio della razionalità capitalista

Tutto l'ordine sociale sarebbe
sovvertito se gli uomini si mettessero
a fare le cose di testa propria.

ALDOUS HUXLEY

54. Il rapporto uomo-mondo nel pensiero algoritmico

Quel che ora sta accadendo è che, come si diceva, le nozioni che noi abbiamo della nostra intelligenza, coscienza, mente, cervello, percezioni, *vengono a modificarsi* sotto l'influenza dei loro equivalenti digitali. Siamo cioè portati a interpretare e rappresentare noi stessi per analogia con la rappresentazione digitale di noi stessi e del nostro mondo. Il pensiero algoritmico prevede che non sia più l'algoritmo a imitare i nostri processi mentali, ma i nostri processi mentali a essere considerati come algoritmici.

E allora? Gli esperimenti di Solms e Friston sulla coscienza artificiale prevedono di riprodurre non solo i neuroni stessi, ma proprio *gli schemi di interazione* tra neuroni su cui i critici come Seth hanno richiamato l'attenzione. Ma quel che più conta è che, come abbiamo sperimentato finora e stiamo tuttora sperimentando, in realtà non ha importanza se l'idea di coscienza che sta alla base della sua algoritmizzazione sia corretta o no, se sia condivisa o meno. Una volta che sarà stata realizzata, se mai lo sarà, essa diventerà per ciò stesso l'idea corretta, o comunque l'unica di cui valga la pena occuparsi. Così come stiamo adattando la nostra idea di intelligenza a quella propagandata dall'intelligenza artificiale, e così come, più banalmente, abbiamo ridefinito tante nostre procedure operative – per esempio, ed è solo il più banale, smettere di scrivere a mano – per adattare a quel

che richiedono le macchine che usiamo, in particolare i computer, così adatteremo la nostra idea di coscienza a quella che le macchine saranno in grado di imitare. Se quella è la coscienza delle macchine, vorrà dire che è così che bisogna intendere anche la nostra, poiché le macchine funzionano certamente meglio di noi e rappresentano un modello insuperabile, a cui non resta che adattarsi.

55. Algoritmi e mondo della vita

Le caratteristiche funzionali degli algoritmi aiutano a capire perché il mondo algoritmico è disomogeneo rispetto al mondo della vita. Secondo ogni buon manuale, come si è già detto, un algoritmo,¹ per funzionare, deve essere caratterizzato da:

1. univocità, ovvero non-ambiguità e correttezza formale delle istruzioni da eseguire e della loro sequenza;
2. effettività, ovvero eseguibilità da parte di un esecutore e successione finita delle operazioni per un risultato concreto;
3. strutturazione e definitezza dei dati in ingresso;
4. successione deterministica delle fasi della procedura, per cui a ogni fase deve seguire una sola operazione;
5. riproducibilità delle azioni, in cui a uno stesso input corrisponde un identico output;
6. non-ridondanza.

L'algoritmo, va detto preliminarmente, è un *processo*. Più precisamente, un processo di calcolo *meccanico*, sottolineava Turing, che muove sulla base di una precisa sequenza di istruzioni e non richiede di per sé l'uso di una macchina, anche se le macchine da calcolo (i computer) si sono rivelate le esecutrici più efficaci. «In una società complessa e proteiforme, e in una scienza sempre meno comprensibile, in tutta la sua ampiezza, da una mente umana informata e ra-

gionevole», si sente il bisogno di strumenti in grado di affrontare una complessità che sovrasta l'individuo, che muovono idealmente verso «un controllo computazionale dell'intero universo». È Paolo Zellini che, da matematico, si chiede però anche che cosa sia, davvero, un processo di calcolo: e dunque, come possiamo affidare il controllo delle nostre vite a strumenti di cui non abbiamo ancora davvero compreso la natura?

Alcuni aspetti sono, a ogni modo, evidenti. Senza voler analizzare in dettaglio tutte le caratteristiche sopra elencate – ma si osservi che tutte sono polarmente opposte a quelle che caratterizzano la realtà del nostro quotidiano –, basterebbe già la prima: a un mondo algoritmico in cui l'ambiguità non è ammessa, o va ridotta ai minimi termini, o come nella logica *fuzzy* dell'intelligenza computazionale va compresa per essere tenuta sotto controllo, corrisponde un mondo della vita che ha nell'ambiguità un suo tratto distintivo (e uno dei più interessanti). A un mondo algoritmico in cui i dati sono descritti e definiti univocamente mediante appositi linguaggi, in modo da essere elaborati senza ambiguità e senza possibilità di fraintendimento, corrisponde un mondo della vita in cui ciascun soggetto può interpretare i dati a suo modo, leggere

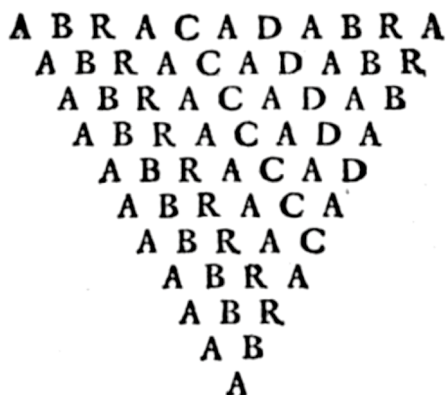


Figura 23: La tipica disposizione delle lettere dell'antica formula magica «abracadabra» in un amuleto contro la peste. La formula è documentata per la prima volta in un testo del medico di corte dell'imperatore Caracalla, Quinto Sereno Sammonico.

in essi qualcosa che gli altri non vedono, o vedere in essi qualcosa di diverso ogni volta che li osserva. Lo stesso vale – in quest'epoca di modelli linguistici – per la lettura e l'interpretazione dei testi, per cui ogni soggetto reagisce diversamente dagli altri alla lettura di uno stesso testo, o anche solo alla collocazione delle parole sulla pagina.

L'univocità è una forzatura, che imponiamo al reale per rendere possibile il trattamento automatico delle informazioni che lo

descrivono. Ma piuttosto che prendere coscienza di questo e considerare dunque l'approccio algoritmico come uno strumento che aiuta in modo straordinariamente efficace alcune forme di conoscenza, tipiche soprattutto delle scienze dure e dell'analisi dei dati (con la diagnostica medica a trarne benefici potenzialmente smisurati), si è pensato bene di considerare il mondo della vita nella sua interezza come inadatto e disfunzionale. Da cambiare, quanto più è possibile, per adeguarlo alle regole del mondo nuovo. Un mondo del quantitativo e quantificabile, opposto a un mondo del qualitativo e delle sfumature che rendono ogni cosa ogni volta diversamente qualificabile, dunque sfuggente e potenzialmente pericolosa.

Applicare il pensiero algoritmico a ogni ambito aiuta a mantenerne il controllo.

Si pensi al triangolo di Kanizsa (§ 47): il fatto che il completamento della figura sia lasciato alla mente e al sistema percettivo dell'osservatore, che è necessariamente condizionato in senso soggettivo, fa parte della ontologia stessa della figura. Essa, in questo caso il triangolo, *non ha esistenza indipendente* in quanto tale. Ma quando, per esempio in un campo come quello della grafica vettoriale, si elabora un algoritmo che serve a ristabilire quelle connessioni che in un disegno non sono state rappresentate (si immagini il tipico disegno a mano libera di un architetto su un tovagliolo di carta del ristorante),² ecco che si considera quella mancata connessione tra righe come un difetto, una mancanza da integrare, che può e deve essere interpretata in modo univoco invece che lasciata alla sua dimensione di incertezza. Ecco perduta la soggettività per cui quei tratti incompleti possono dire a ciascuno qualcosa di diverso, ecco perduta ogni evocatività, incompletezza, ambiguità.

C'è una contraddizione di principio in un titolo come quello di un articolo recente, che illustra un algoritmo congegnato per «Detecting Viewer-Perceived Intended Vector Sketch Connectivity», cioè indagare e algoritmizzare (dunque standardizzare) le connessioni tra linee che in un disegno a mano libera sono rimaste aperte: l'algoritmo «capisce» quali connessioni sono rimaste aperte *in modo non voluto* e quali invece lo siano per precisa scelta, e «chiude» le prime,

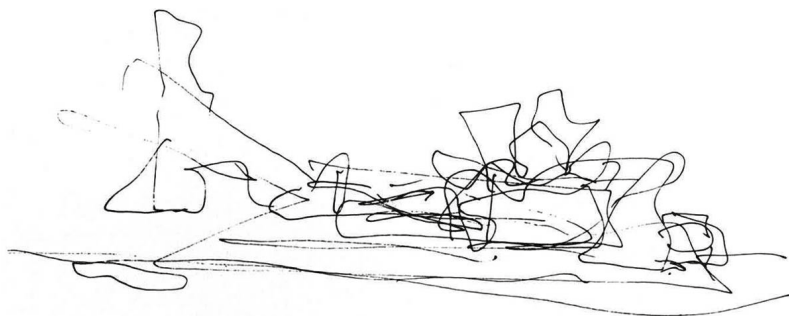


Figura 24: Uno schizzo architettonico di Frank Gehry.

completando il tratto del disegno. Le connessioni non saranno più dunque affidate alla percezione dell'osservatore (*viewer-perceived*), che per sua natura può essere diversa se è diverso l'osservatore, ma vengono «chiuse» dall'algoritmo. Che, questo va da sé, svolge così un eccellente lavoro in vista per esempio del passaggio da un disegno 2D a una rappresentazione 3D, e mostra la consueta perfetta efficienza. Persino dei disegni degli artisti si dice quindi che essi sono «intrinsecamente imprecisi», che lasciano spazi vuoti «non voluti» tra i tratti che *in realtà* intenderebbero far intersecare e che una possibile spiegazione di questo comportamento risiede nel fatto che gli artisti semplicemente *non si accorgono* (!) degli errori che introducono,³ dal momento che, come vuole Kanizsa, il sistema della visione dell'uomo provvede a ristabilire i collegamenti mancanti.

Il disegno iniziale, l'opera d'arte stessa viene dunque bokanovskificata, privata dei suoi «difetti». Si direbbe un'estensione, e distorsione, dei concetti che stanno alla base di ogni filologia: ricostruire l'originale, anche a costo di cavar fuori dalla mente e dall'anima dell'autore un originale mai effettivamente esistito.

56. Contro la meritocrazia

Entra qui in gioco prepotentemente il ragionamento che Michael Young faceva quando coniò la nozione di *meritocrazia*.¹ Sarcastico, immaginava una società distopica, e forse mai avrebbe pensato che un giorno qualche adepto entusiasta quanto inconsapevole lo avrebbe preso sul serio. Anche in questo caso, un concetto creato per desiderio di paradosso è diventato un essere mitologico, al punto da farne il nome di Ministeri di paesi immaginari.

Quel che intendeva, paventando un futuro in cui la meritocrazia potesse diventare sul serio un criterio di organizzazione sociale, Young lo riassunse magnificamente in un passo diventato famoso:

Se non si può giocare altro che un calcio di prima fascia, che cosa si deve fare di tutti quelli che non sono abbastanza bravi per essere ammessi nella squadra? [...] Gli uomini, dopotutto, si distinguono non per l'uguaglianza ma per l'ineguaglianza delle loro doti. [...] Se valutassimo le persone non solo per la loro intelligenza e cultura, per la loro occupazione e il loro potere, ma anche per la loro bontà e il loro coraggio, per la fantasia, la sensibilità e la generosità [...] chi si sentirebbe più di sostenere che lo scienziato è superiore al facchino che ha ammirevoli qualità di padre, o che il funzionario straordinariamente capace a guadagnare premi è superiore al camionista straordinariamente bravo a far crescere rose?

57. Il capitalismo, il camionista e le rose

È il caso di tornare al concetto di efficienza. Obiettivo: raggiungere lo scopo nel minor tempo e con il minor sforzo possibile. Comprimerlo al massimo il processo che coinvolge l'uomo, fino a cancellarlo. Il processo umano sostituito dal processo algoritmico. In questo consiste l'essenza stessa della IA. Nel dimostrare che tutto ciò che serve sono le facoltà esecutive, e che nell'eseguire un compito, qualunque compito, anche quello di parlare o di creare un'opera d'arte, bisogna scegliere il metodo più efficace. In questo è anche il maggior pericolo insito nella IA: quello di trasformare il modo in cui l'individuo evolve, e con esso la società. Sarà un percorso rapido per quel che riguarda il miglioramento tecnologico, ma relativamente lento – e per questo più subdolo – per quel che riguarda i cambiamenti profondi: serviranno due o tre generazioni di diseducazione allo sforzo e all'impegno personale, di delega alla macchina dei compiti e delle funzioni che fino a ora hanno contribuito allo sviluppo delle capacità umane.

La IA è anche, in questo senso, la sublimazione del capitalismo, e in particolare del capitalismo finanziario (qualcuno lo chiamerebbe forse neoliberalismo). La società capitalista ottimizza: cerca la massima resa, il processo produttivo più efficiente, l'organizzazione più funzionale al conseguimento dell'obiettivo, con il minor costo. Cerca il miglior rapporto costi/benefici. Considera negativamente l'errore e il fallimento. Non conosce rinuncia, e per questo tende fino al

limite le leggi economiche, affinché il meccanismo continui a girare. Il fattore umano è, in questo, generalmente l'ostacolo principale: è la *pars debilis*, un costo, come tale inversamente proporzionale al beneficio. Ridurre il costo per aumentare il beneficio significa ridurre quanto più possibile la componente umana nei processi. Processi di produzione, processi di acquisizione di conoscenza, processi di trasmissione di conoscenze tra generazioni.

Un camionista potrebbe voler dedicare del tempo a coltivare rose, piuttosto che accettare di fare straordinari. Potrebbe pensare, mentre è alla guida, alla crescita stentata di quel nuovo cespuglio di rose che ha da poco piantato nel suo giardino, chissà se dovuta a un terreno troppo calcareo, o forse alle polveri dei lavori di ristrutturazione. Dovrebbe, invece, concentrarsi sulla guida, sul rispetto dei tempi di consegna, avvertire il destinatario del possibile ritardo, non aver fretta di rientrare a casa. Pensare alle rose non è utile al sistema. Al contrario, nessun algoritmo tende a distrarsi: una delle sue caratteristiche è proprio quella di saper ripetere all'infinito la stessa operazione, senza stancarsi, senza divagare, senza pause caffè. Senza pretendere di voler coltivare rose.

58. La liberazione dal predominio della mediocrità

Una strada che muove tra realtà e sogno, tra vita di ogni giorno e immaginazione, aspirazioni, speranze: qualcosa che da sempre ci accompagna e che venne magnificamente rappresentato nel 1824 da Giacomo Leopardi nella immaginifica *Proposta di premi fatta dall'Accademia dei Sillografi*,¹ che guarda a «gli andamenti e le inclinazioni del fortunato secolo in cui siamo», che si può chiamare «l'età delle macchine», in cui gli uomini «procedono e vivono forse più meccanicamente di tutti i passati», considerando il «grandissimo numero delle macchine inventate di fresco», macchine che svolgono così tanti compiti che ormai «non gli uomini ma le macchine, si può dire, trattano le cose umane e fanno le opere della vita».

Anche Leopardi si aspetta che le macchine acquistino capacità mentali e spirituali e preservino la società «dal predominio della mediocrità». I filosofi, dice Leopardi, hanno sempre disperato che si possano mai curare i difetti del genere umano, che sopravanzano di gran lunga le virtù: è giunto il momento, per gli uomini, di farsi da parte e lasciar subentrare al loro posto le macchine. È «il nuovo ordine delle cose».

Predominio dell'uomo significa predominio della mediocrità: Leopardi fa satira, crede il contrario, ma – come accaduto per la meritocrazia – anche in questo caso un concetto esposto *quia absurdum* diventa sorprendentemente attuale, verosimile: vero. Inconsapevolmente ripreso e condiviso dal giovane fisico² che rivendicava le supe-

riori capacità delle macchine e dunque l'auspicabile ritiro dell'uomo dalla scena del mondo. Va di nuovo specificato che la differenza tra le macchine di Leopardi o di Butler e quelle odierne è radicale: si è realizzato oggi quel che la visionarietà degli scrittori del passato aveva solo potuto immaginare, un ruolo intrinsecamente attivo e autonomo delle macchine, capaci di imparare, reagire a stimoli esterni, prendere decisioni. Uno stravolgimento del rapporto tra soggetto e oggetto, tra *homo faber* e *res extensa*. Come già si è detto, *res extensa cogitat*, e l'uomo da *faber* diventa *spectator*, di una vita vissuta da altri.

59. Capitalismo, meritocrazia, algoritmizzazione

Al capitalismo piace la meritocrazia, e si addicono gli algoritmi. Li considera sinonimo di efficienza. Selezionare i migliori, affidare loro i compiti più importanti per il raggiungimento degli obiettivi prefissati, e lasciare indietro gli altri. Semmai, se invece che algoritmi fossero persone, si troverà il modo di dar loro assistenza, che sia sotto forma di contributo finanziario, di supporto psicologico che li aiuti a superare il senso di inutilità, di sostegno sociale per le fragilità e insicurezze loro e delle loro famiglie. Purché restino fuori e non intralcino il funzionamento del sistema, il raggiungimento di obiettivi sempre più alti. Se già un valido lavoratore ha esigenze e pretese che sono d'ostacolo al conseguimento dell'obiettivo – *La mensa! Hanno chiesto di avere una mensa! E il tempo necessario per recarsi dal banco di assemblaggio alla mensa, su al quinto piano, e il tempo per tornare indietro, chi lo paga?* –, figurarsi quelli meno bravi.

Il sistema capitalistico è il brodo di coltura ideale per l'approccio algoritmico. È il mondo in cui si può dispiegare appieno la ricerca di quella che Paolo Zellini chiama «*efficienza algoritmica*, come connotazione naturale e immancabile di qualsiasi processo di calcolo», tipica delle scienze applicate e diversa da quel «concetto astratto di calcolabilità *effettiva*» a cui guardano invece le ricerche fondazionali. Ora, aggiunge, questo «confronto tra effettività ed efficienza» è «necessario ed esiziale». Il mondo del capitalismo ha bisogno di una logica deterministica, e perché una logica di questo tipo funzioni non c'è strumento più adatto di un algoritmo: i due mondi si sostengono a vicenda.

Anche su questa centralità di un approccio efficientista riflette nel suo ultimo libro, scritto all'età di centodue anni, Edgar Morin, così come sull'attuale predominio dell'economia liberale globalizzata, sulla società dell'interesse e del calcolo, sul profitto come nemico della solidarietà e delle convivenze, sulla difficoltà di sopportare, ogni giorno di più,

l'egemonia del profitto, del denaro, del calcolo (statistico, di crescita, PIL, sondaggi), che ignora i nostri veri bisogni come le nostre legittime aspirazioni a una vita, al tempo stesso, autonoma e comunitaria. Siamo moltissimi, ma separati e divisi in compartimenti, a desiderare che la trinità «Libertà, Uguaglianza, Fraternità» diventi la nostra norma di vita personale e sociale e non la maschera che copre l'aumento delle servitù, delle disuguaglianze e degli egoismi.¹

Creare bisogni è un'esigenza intrinseca a un sistema di capitalismo incontrollato, i cui meriti – che pure esistono, per chi guardi al diffuso miglioramento delle condizioni materiali di vita quotidiana – rischiano di essere e sono di fatto superati dalla pervasività degli effetti collaterali sulla natura dell'individuo e della comunità. Che la vita abbia un invincibile fondamento economico, è stato ben spiegato:

Come Darwin ha scoperto la legge dello sviluppo della natura organica, così Marx ha scoperto la legge dello sviluppo della storia umana, cioè il semplice fatto (finora celato dall'orpello ideologico) che: gli uomini devono mangiare, bere, avere un tetto e vestirsi, prima di occuparsi di politica, di scienza, d'arte, di religione, etc.; onde la produzione dei mezzi materiali immediati d'esistenza e quindi il grado di sviluppo economico d'un popolo e d'una certa epoca sono la base da cui sorgono le istituzioni statali, le concezioni giuridiche, artistiche e religiose di tale popolo.

Così l'amico di una vita, Engels, disse sulla tomba ancora scoperta di Marx nel cimitero di Highgate a Londra, nel 1883. La straordinaria illusione della Seconda Rivoluzione russa, quella del sogno gorbacioviano, si è infranta proprio per aver sottovalutato questo principio.

Ma centocinquant'anni dopo sono in molti a pensare che gli uomini dovrebbero dedicarsi a mangiare, bere, avere un tetto e vestirsi, *invece di* occuparsi di politica, di scienza, d'arte, di religione... In un mondo come questo, in un mondo che è produzione, marketing e soddisfazione di desideri artificiali, in cui, come aveva intuito Georg Simmel, la struttura concentrica della comunità si fa ortogonale e poi virtuale e il problema non è più quello del «controllo dei mezzi di produzione» ma quello del denaro come visione del mondo, come trasformazione del mondo in senso puramente quantitativo e come esempio sommo di un mezzo che diventa fine, in un mondo di questo tipo, scrive Simmel, «il carattere di razionalità e di logicità, che si rivelava nell'egoismo, aderisce anche alla piena e spregiudicata utilizzazione del possesso di denaro».

Il denaro, che ha favorito e anzi consentito al soggetto, all'individuo, di sfuggire alla subordinazione rispetto a cose e persone e gli ha concesso di sottrarsi a forme di dipendenza e di dominio, si è progressivamente trasformato nel suo contrario, giacché, indifferente com'è rispetto a tutto ciò che lo circonda, in quanto pura quantità, si sostituisce alle cose fino ad asservire a se stesso quell'individuo che prima era asservito alle cose. Esso diventa strumento diretto di potere. Di un potere tale da assoggettare a sé anche i produttori, che ne diventano schiavi. La vita stessa si può calcolare in termini monetari, e questa è storia antica. Quando l'Editto del re Rotari introduce tra i Longobardi, nell'anno 643 a Pavia, l'istituto del guidrigildo, sancisce che la vita ha un valore pecuniario precisamente identificabile e tanto maggiore quanto più è elevato il rango della persona: chi commetteva un omicidio doveva pagare alla famiglia della vittima il prezzo intero della sua vita.² Norma di civiltà, la si potrebbe considerare, se riduceva il ricorso alla pena capitale, riservata perciò ai poveri. Se ci si limitava a cavare un occhio a qualcun altro, a tagliargli il naso, un orecchio, il labbro, un dito, o a fargli cadere i denti, si doveva pagare una somma in proporzione, e questo è tutto. Tutto ha un valore. E chi può pagare è salvo.

60. La gabbia d'acciaio della razionalità

Quando, rispondendo a un meccanismo chiave di questo sistema, noi entriamo nella gabbia d'acciaio della razionalità strumentale – per usare un concetto riferito a Max Weber – e ci troviamo a desiderare qualcosa, mettiamo in atto dei processi che, per raggiungerla, ci fanno compiere azioni classificabili appunto come razionali. E dunque rappresentabili e riproducibili. In questa trappola della razionalità ricadono anche quelli che Zellini chiama «i più trascurabili atti della nostra vita quotidiana». Nel compiere il gesto di afferrare l'accendisigari o il cucchiaino, scriveva Benjamin nel 1936, «non sappiamo pressoché nulla di ciò che effettivamente avviene tra la mano e il metallo, per non dire poi del modo in cui ciò varia in relazione agli stati d'animo in cui noi ci troviamo».¹ La cinepresa, aggiungeva parlando del cinema, «col suo scendere e salire, col suo interrompere e isolare, col suo ampliare e contrarre il processo, col suo ingrandire e ridurre», ci dice qualcosa del nostro inconscio ottico. Ora, dopo e forse nonostante i progressi delle neuroscienze e della riflessione filosofica, ci chiediamo ancora – o almeno se lo chiede per noi Giuseppe Trautteur –

quali frontiere ci sono tra quello che la mia mente può fare e quello che non può fare? L'ipotesi moderna è che la mia mente può agire solo sul mio cervello e, attraverso una parte della muscolatura [...], realmente influenzare il mondo esterno nell'ambito dei vincoli della mia struttura muscolo-scheletrica ed energetica. [...]

La mente immateriale sarebbe quindi inestricabilmente coinvolta in modo non banale con lo svolgersi del mondo «materiale».²

Di più, chi è che prende la decisione di compiere l'azione che il corpo compie? O forse

non c'è alcuna decisione. Il cervello è un pezzo normale, ancorché complesso, dell'Universo. È connesso con l'esterno, ha memoria, ed è perfettamente plausibile che gestisca la condotta sua e del corpo di cui fa parte. [...] Qui le scelte sono accadimenti naturali perfettamente giustificati dalla situazione materiale del momento. In realtà non sono scelte, ma conseguenze del precedente stato del cervello e dell'Universo.

Tutto ciò, da qualche decennio e con una inquietante accelerazione, è largamente realizzato *in corpore vili*, cioè nei dispositivi informatici e robotici. Quindi io sono un robot.

La logica è quindi quella di un algoritmo numerico. Siamo allora noi, è il nostro cervello a funzionare secondo i principi di una razionalità algoritmica, e senza che ce ne fossimo finora accorti vediamo il processo algoritmico rappresentare davvero al meglio ogni nostro gesto, azione, decisione. E dimostrare con ciò stesso che sono sempre state sopravvalutate nozioni come quelle di creatività, soggettività, intenzionalità, emozionalità. Che il libero arbitrio non esiste. O è invece il pensiero algoritmico oggi dominante che ci induce ad analizzare e interpretare i nostri gesti, le nostre azioni e le nostre decisioni nei termini che a esso più si confanno, a riformulare così l'essenza stessa delle nostre esistenze?

61. Processo Bokanovsky e IA

Siamo così arrivati al processo Bokanovsky.¹ Un processo standardizzato per ottimizzare la società, creare cittadini tipificati, ciascuno destinato al ruolo che gli è più congeniale.

Da un ovulo, un embrione; da un embrione, un adulto: questa si chiama normalità. Che esempio di inefficienza! Si può fare di più e meglio, molto meglio: ottimizzare le risorse. Negli Uffici di Condizionamento di Londra Centrale si è lavorato a lungo per ottenere embrioni che superassero i limiti imposti da una natura non più adatta alle esigenze moderne.

Mediante la tecnica di Podsnap, trattamenti a raggi x non attenuati, controllo della temperatura di conservazione degli ovuli, procedure di tipificazione degli embrioni,

un ovulo bokanovskificato germoglia, prolifica, si scinde. Da otto a novantasei germogli, e ogni germoglio diventerà un embrione perfetto, e ogni embrione un adulto completo. Far crescere novantasei esseri umani dove prima ne cresceva uno solo. Progresso. Un prodigioso miglioramento rispetto alla natura, ammetterete. [...] Uomini e donne tipificati; a infornate uniformi. Tutto il personale di un piccolo stabilimento costituito dal prodotto di un unico uovo bokanovskificato. Novantasei gemelli identici che lavorano a novantasei macchine identiche! Adesso si sa veramente dove si va. Per la prima volta nella storia.

Si intravede la realizzazione del motto planetario riportato a caratteri cubitali sulla targa che sovrastava l'ingresso: COMUNITÀ, IDENTITÀ, STABILITÀ.

Il metodo Bokanovsky prevede di correggere ogni errore. Eliminare il fallimento. Di nuovo: ottimizzare le risorse. Avere in vista l'obiettivo. L'ideale, lo scopo ultimo della bokanovskificazione è individuare una tecnica per ridurre il tempo necessario alla maturazione dell'embrione e dell'adulto: «Che trionfo, che beneficio per la Società!».

Un cavallo diventa maturo a sei anni, mentre

a tredici anni un uomo non è ancora sessualmente maturo; ed è adulto solo a vent'anni. Da ciò deriva, naturalmente, il frutto dello sviluppo ritardato: l'umana intelligenza.

L'intelligenza naturale dell'uomo è il frutto di un periodo troppo lungo di sviluppo per essere considerata funzionale al corretto andamento della società e del mondo. E va anche detto che in individui di molte classi sociali, destinati a certi tipi di lavoro, non c'è nessun bisogno di intelligenza. «Non ve n'è bisogno e non se n'ottiene.»

Lunghi anni di superflua e sprecata immaturità. Se si potesse affrettare lo sviluppo fisico fino a renderlo rapido come quello di una vacca, per esempio, che enorme risparmio per la Comunità!

Che spreco di risorse, di tempo, di energie, di possibilità, quello implicato dai processi naturali lasciati a se stessi!

62. L'uomo, il processo, l'errore

L'uomo è il processo, cresce nel processo, nell'errore, che ha ed ha sempre avuto un fondamentale valore euristico ed epistemologico. Lo sapeva già Ippocrate, lo sapeva Karl Popper, lo sappiamo noi.

Ci potremo dedicare alla contemplazione, alla meditazione metafisica, alla religione, e questo sarà senza dubbio un privilegio. Ma è evidente che lo sviluppo stesso delle funzioni superiori, oltre a quello delle capacità manuali e pratiche, sarà profondamente ostacolato dalla mancanza di *processi*, di percorsi, di strade da seguire e su cui sbagliare. Dalla mancanza di motivazioni a fare, di ragioni per fare. E allora si potrà avverare la previsione di Martin Gardner, per cui non resta che la codifica simbolica di sistemi di metafisica.¹ Macchine che, «alimentate dei necessari assiomi e dati di fatto», possano analizzare le incoerenze del sistema, fare nuove deduzioni e «costruire interi nuovi sistemi di filosofia e religione, semplicemente ruotando qualche manopola e lasciando che la macchina esplori le implicazioni di nuove combinazioni di quegli assiomi».

Necessitas magistra, scriveva Erasmo da Rotterdam, per «la necessità aguzza l'ingegno»² della sapienza popolare, e l'evoluzione umana ha mosso i suoi passi a partire dal bisogno di affrontare difficoltà e risolvere problemi. In percorsi in cui, spesso, l'importante non è il risultato, ma il processo medesimo. A che pro abbiamo tradotto a scuola i testi di Shakespeare, di Omero, di Goethe? Non esistono forse, di quei testi, traduzioni a migliaia? A che pro ci siamo

esercitati nella risoluzione di equazioni, o nel riassunto, e da bambini nel dettato? A chi interessano quelle traduzioni, quelle equazioni, quei riassunti, quei dettati? Lo scopo non è il risultato, ma il processo, che aiuta il nostro cervello a crescere, come l'esercizio fisico il corpo. Così si è evoluto il *Sapiens*.

Ma se una macchina, che sia alla portata di chiunque, è in grado di fare più e meglio ciò per cui ci esercitiamo a quel modo, a che pro esercitarsi? Far crescere il cervello, per fare cosa? Quali difficoltà che egli dovrà affrontare permetteranno all'individuo quell'esercizio che, solo, gli dà modo di sviluppare le proprie doti di essere umano? Perché sbagliare, se una macchina può fare prima e meglio? Come si imparerà, dunque? E – soprattutto – perché? Contemplare il mondo, pensare la metafisica? Un'affascinante prospettiva.

È commovente l'illusione di chi risolve il problema invitando a insegnare ai giovani, nelle scuole, a padroneggiare i nuovi strumenti, a usarli per distinguere il vero dal falso. Sono, queste, categorie superate, grazie a strumenti che faranno da sé, senza alcuna necessità che qualcuno li governi.

63. Umani digitali e umani biologici

Non è immotivata la nascita di discipline come il neuromarketing, e deve far riflettere, pur non essendo a questo punto inattesa, la diffusione di personaggi virtuali creati con tecniche di IA che interagiscono a distanza con esseri umani i quali o non sanno di parlare con degli «umani digitali», come si autodefiniscono, o sono ben contenti di farlo. In Giappone, sposare un ologramma con tutti i requisiti di legge, relativa cerimonia e certificato, è diventato abituale, in migliaia lo hanno già fatto. Gli umani digitali generano utili, non commettono errori, sono sempre disponibili, sostituiscono egregiamente i loro corrispettivi non digitali, mettono in vendita fotografie sensuali su apposite piattaforme, compongono musica, dialogano con competenza e si lasciano invitare per un incontro come fossero persone non digitali. Si generano, per ciascuna di queste figure, enormi profitti. Mettono a nudo il bisogno profondo di sentirsi dire quel che si vorrebbe sentire, da una «persona» che ha l'aspetto che si vorrebbe che avesse. L'esperimento di Weizenbaum con Eliza aveva anticipato questo bisogno, e presto indotto lo scienziato a preoccupate considerazioni (§ 31).

È facile prevedere gli sviluppi, in assenza di regolamentazioni o divieti: si diffonderanno in ogni ambito, serio o di intrattenimento, nell'istruzione, nella consulenza finanziaria o psicologica, o in tutti quei settori che prevedono una interazione verbale o per immagini. È già nato il primo partito politico virtuale creato da una umana digitale. È di destra. Nel corso della pandemia da Covid-19 ci siamo

abituati ad avere relazioni intersoggettive mediate dalle macchine, ed è breve il passo che porta ad avere, al di là dello schermo, una entità di cui non è dato conoscere la effettiva identità, né se questa sia una creatura digitale o un essere vivente biologicamente determinato.

Si moltiplicherà la generazione di contenuti privi di autore riconoscibile ma attribuiti a nomi e fisionomie, si moltiplicheranno le occasioni di interazione virtuale riducendosi parallelamente le ragioni per cercare contatti diretti nella vita che chiamiamo (ormai impropriamente) «reale», scompariranno numerose professioni o attività.

Si vorrà anche considerare che dietro la creazione di un umano digitale non deve esserci necessariamente un umano biologico: gli umani digitali possono riprodursi autonomamente e all'infinito. Il controllo dell'umano biologico servirà ad avviare il processo, e ad aprire il conto in banca. Degli umani digitali, sarà presto necessaria un'anagrafe.

Nella cosiddetta realtà mista, l'interazione tra mani e oggetti si fa più complessa e sfuggente, gli ologrammi possono essere «manipolati» come fossero oggetti reali oppure muovendo le mani a distanza, ma anche in questo caso le mani assumono una nuova funzione, sono un modo per dare istruzioni. È, questa, una parte del mondo dello *spatial computing*: il tentativo più avanzato per mettere in connessione il mondo digitale con il mondo fisico. Questo tipo di interazione tra uomo, ambiente e macchina, che virtualizza il rapporto con il mondo e con gli altri, è oggi il nucleo centrale della realtà espansa, in cui rientrano realtà aumentata, virtuale e mista. Si tratta di una computazione detta *contestuale*: all'incrocio tra teoria e pratica della percezione e meccanismi neurologici, la computazione spazializzata realizza un nuovo rapporto tra il mondo e l'uomo grazie alla mediazione di algoritmi e delle varie forme assunte dal loro corpo elettronico. Invece che guardare la realtà virtualizzata che ci si presenta dietro il filtro dello schermo di un computer, la vediamo intorno a noi, possiamo interagire digitalmente con essa avendo l'impressione che tutto stia materialmente avvenendo. Vediamo materializzarsi intorno a noi persone, stanze, strade, musei, edifici, aule di lezione, sale operatorie, camminiamo al loro interno, spostiamo oggetti interagendo con essi come faremmo con oggetti fisici.

L'esperienza mediata da schermi che non vediamo e da altri strumenti di visualizzazione diventa a tutti gli effetti una realtà concretamente percepita dal soggetto, che non coglie più l'esistenza di una mediazione tra sé e l'esperienza vissuta. Non vede nemmeno più che questa esperienza, che a tutti gli effetti *gli sembra* di vivere e che nella sua mente davvero vive, è mediata non solo da strumenti di visione, ma dagli algoritmi che qualcuno, spesso qualche macchina inizialmente istruita e poi lasciata a sé, ha scritto per «leggere», per suo conto, il mondo. Leggiamo così il mondo secondo precise istruzioni.

Già da qualche tempo visori tridimensionali avanzatissimi, che mescolano dimensione digitale e spazio fisico, hanno inaugurato, con risultati impressionanti, questa era commerciale della fusione tra l'uomo e la macchina, in cui il muoversi delle mani fa sì che davanti agli occhi, attraverso le lenti che indossiamo ma che dopo qualche minuto non ci accorgiamo più di indossare, «accadano cose», si attivino app che sembrano galleggiare nel vuoto, si aprano documenti, appaiano vicino a noi persone con cui parlare e che si trovano in realtà in luoghi lontani, mentre si continua a vedere il mondo esterno e ad agire come di consueto. Il tutto dopo che il sistema ha eseguito uno scan del volto e delle mani dell'utente, ed eventualmente anche di altri dati biometrici come per esempio la gradazione della vista: tutti dati immediatamente consegnati ai server del produttore, che potrà farne, se crede, l'uso che vorrà, eventualmente creare un avatar virtuale del proprietario e usarlo per azioni non prevedibili. Ma anche nel mondo nuovo le medaglie continuano ad avere due facce, e per avere l'una bisogna prendere anche l'altra.

Grafiche e audio virtuali tridimensionali occupano lo spazio intorno a noi e si sovrappongono al sistema visivo e auditivo umano a cui forniscono informazioni in modo naturale e contestuale. La mente presto si abitua. Meglio, la mente comunica *direttamente* col mondo virtualizzato: senza neppure l'ingombro del visore, occhiali olografici in realtà aumentata sono stati dotati di un'interfaccia neurale in grado di leggere i segnali cerebrali per tradurli in un'azione che fisicamente è proiettata sulle lenti che fanno da display, ma che noi percepiamo come attorno a noi, nel mondo «vero».

Sono strumenti straordinari nei singoli ambiti di applicazione,

quelli dell'istruzione, della mobilità, dell'esercizio fisico, dell'intrattenimento, della chirurgia, dell'architettura, delle esplorazioni spaziali, così come del *gaming*, dei *digital twins*, del tracciamento delle attività in un'industria o in qualsiasi contesto in cui sia utile analizzare gli schemi di mobilità e interazione dei dipendenti, e in realtà in tutti i campi dell'esperienza umana. Le macchine imparano a conoscere gli spazi fisici e il modo in cui gli uomini si comportano al loro interno, così da raccogliere dati che permettano di automatizzare e ottimizzare i processi svolti (un tempo) dall'uomo.

64. Una tecnologia che modifica psiche e cervello

La strada per il dominio dei numeri è stata lunga, ed è iniziata con Platone. È giunto ormai il tempo perché arrivi a compimento. Sull'architrave d'ingresso della scuola di filosofia di Platone, l'Accademia, poco a nord di Atene, lungo la Via Sacra che portava al grande santuario di Eleusi, c'era scritto: *Vietato l'ingresso a chi non sappia di matematica*. Iniziava nella civiltà greca il cammino trionfale di quel razionalismo che avrebbe dato all'umanità un *imprinting* mai più dimenticato. La matematica di Platone certo non era la nostra, era un mondo assai più ricco e al tempo stesso più sfumato, fatto di mille connessioni, parte essenziale di una filosofia alla quale permetteva di entrare in comunicazione con Dio. La Grecia è infatti anche il mondo di Prometeo, della sapienza *entechnos*, capace di fare, di agire, di costruire, e di capire i principi di quel fare. E a Platone certo non mancava la prospettiva metafisica.

Con il tempo, con i secoli, dopo specializzazioni e semplificazioni, arrivati a una società che si nutre dell'efficienza della tecnica, che trasforma in tecnica la scienza, che considera la filosofia e l'esercizio del pensiero un passatempo per privilegiati, è il pensiero algoritmico ad aver preso il sopravvento. Scienza e tecnologia, lontane dall'essere strumento nelle mani dell'uomo, sono così diventate qualcosa a cui l'uomo è chiamato a adattarsi. Infatti, fino a quando la matematica, la fisica, la chimica, l'ingegneria hanno proceduto sulle loro strade, con i loro successi, le abbiamo guardate con ammirazione traendo

vantaggio dai loro straordinari risultati. La matematica parla ora direttamente alla psiche umana e ci guida verso il futuro.

In un tempo in cui attraverso la manipolazione del linguaggio, capacità finora esclusiva dell'uomo, quelle scienze si sono ibridate con fisiologia, biologia e psicologia, con la vita e la mente, è permesso loro qualcosa che non era mai accaduto prima: «modificare le forme e le espressioni naturali della vita stessa».¹ Il potere di intervenire su psiche e cervello attraverso il linguaggio, attraverso un linguaggio creato con i numeri e travestito con vocali e consonanti e sillabe e sintassi, cambia il gioco e le sue regole.

65. Il computer impara a parlare

Il computer ha imparato a parlare. Ad ascoltare. A manipolare il linguaggio. A eseguire ordini impartiti con la voce. Non *capisce*, nel senso che noi intendiamo, eppure capisce. Quanto basta per agire. Quanto basta per porre noi stessi di fronte all'interrogativo, eterno eppure nuovo: che cos'è il linguaggio? Che cosa vuol dire parlare? Che cosa significa comunicare? E che cos'è «capire»? «Non vi è programma al mondo che comprenda anche un solo concetto allo stesso livello di complessità di una persona qualsiasi» osservava nel 1993 Douglas Hofstadter in una lettera al *New York Times*, mai pubblicata, commentando un romanzo che si pretendeva scritto da un calcolatore. Aggiungendo:

Questo non vuol dire che i calcolatori non eccellano in taluni compiti (come il controllo dell'ortografia o il gioco degli scacchi) in cui non è richiesta una padronanza di concetti genuini; ma capire i sentimenti delle persone, i loro modi di interagire, i loro discorsi, le loro motivazioni, questo è un tipo di cose completamente al di fuori della portata della tecnologia odierna.¹

Ma la tecnologia è cambiata, la sua portata si è estesa, e soprattutto abbiamo cominciato, proprio a seguito delle mirabolanti promesse a cui assistiamo, a credere che un computer davvero *capisca*; o meglio, a credere che *capire* significhi una cosa diversa da quello che avevamo finora pensato.

Quando rifletteva sui possibili campi di applicazione di un «cervello» senza un corpo e dotato eventualmente dei soli organi della vista, della parola e dell'udito, Turing vedeva cinque ambiti particolarmente vantaggiosi: giochi come scacchi, tris, bridge, poker; l'apprendimento delle lingue; la traduzione delle lingue; la crittografia; la matematica:

Instead we propose to try and see what can be done with a 'brain' which is more or less without a body, providing at most, organs of sight speech and hearing. We are then faced with the problem of finding suitable branches of thought for the machine to exercise its powers in. The following fields appear to me to have advantages:-

- (i) Various games e.g. chess, noughts and crosses, bridge, poker.
- (ii) The learning of languages.
- (iii) Translation of languages.
- (iv) Cryptography.
- (v) Mathematics.

I campi (i) e (iv), aggiungeva, e in minor misura (iii) e (v), si prestano bene perché richiedono un contatto limitato con il mondo esterno, e per esempio per giocare a scacchi servono solo degli «occhi» e la possibilità di annunciare le proprie mosse; quello del linguaggio, invece, gli appariva un campo non ancora praticabile perché troppo legato al mondo esterno.²

La psicofisiologia di alcune popolazioni rimaste a lungo al di fuori dei percorsi della scienza occidentale può ancora insegnare qualcosa, nel suo ricercare una precisa localizzazione anatomica e una collocazione nei processi fisiologici anche per attività che noi consideriamo puramente mentali come il pensiero, la memoria e la loro espressione verbale nel linguaggio.

La concezione dei nativi della Nuova Guinea, magistralmente indagata da Malinowski nei suoi *Argonauti del Pacifico occidentale* circa un secolo fa,³ prevedeva che le facoltà che noi chiamiamo mentali, quelle di discriminare, imparare, comprendere, così come quelle morali, risiedono, con il nome di *nanola*, nella laringe. A essa è associata anche l'emissione della voce, il parlare, il formulare pensieri. La laringe è, infatti, uno dei canali per eccellenza attraverso i quali l'aria,

il soffio, il respiro, penetra nel corpo e dal corpo fuoriesce, e il respiro, la circolazione dell'aria è considerato fin dall'antichità come essenziale per attivare i processi percettivi e cognitivi. Una posizione speciale è riservata alla memoria: questa, in particolare l'insieme di formule magiche e di tradizioni apprese nel tempo, risiede più in basso, va a collocarsi nell'addome, nel ventre. Una buona *nanola* è quella che, dopo aver lasciato entrare una quantità di formule attraverso la laringe, le può custodire in un contenitore più capiente e più funzionale, e le lascia dunque scendere verso la loro destinazione, permettendo alle più recenti di accumularsi sulle più antiche. E proprio per il ruolo complesso e profondo del linguaggio, la bocca è considerata come un sesto organo di senso perché del linguaggio essa è l'organo per eccellenza,⁴ e per sottolineare, del linguaggio, la dimensione biologica.

66. Un linguaggio senza ragionamento

È un linguaggio fatto di *parole senza ragionamento*. Quel linguaggio che nel processo Bokanovsky è essenziale al condizionamento degli embrioni, per formare con estrema precisione quelli che saranno la loro mente e il loro carattere. Si racconta che i Gesuiti dicessero che, se fosse stata loro assegnata l'istruzione del bambino, avrebbero potuto rispondere delle opinioni religiose dell'adulto. Lungimiranti, come sempre. Per poter raccogliere buoni frutti, bisogna iniziare dal seme. Dal bambino, se non si può operare sull'embrione. Bisogna cominciare dall'inizio e dare forma alle menti quando sono ancora plastiche. Il processo Bokanovsky si sostanzialmente delle tecniche di condizionamento infantile, tecniche di suggestione basate sulla ripetizione continua e ossessiva di principi e regole da rispettare per una vita nella società ideale. Ipnopedia per inculcare opinioni e pensieri e per far assimilare norme di comportamento. Condizionare i riflessi e le reazioni della popolazione, iniziando dai primi anni di età.

Il condizionamento senza parole, o il condizionamento ottenuto con la forza, sono «rudi e grossolani»: non sono abbastanza efficaci, o suscitano reazioni avverse. Non possono mettere in rilievo le distinzioni più sottili, non possono inculcare i modi di comportamento più complessi. Per questo sono necessarie le parole, purché si tratti di parole ascoltate meccanicamente. «La massima forza moralizzatrice e socializzatrice che sia mai esistita.»

Abbiamo sperimentato in questi anni, la vediamo ogni giorno, la trasformazione delle capacità cognitive, soprattutto dei giovani, dovuta al progressivo diminuire della necessità di ragionamento nella comunicazione. Il mondo della comunicazione algoritmica è un mondo di impulsi brevi e reazioni istintuali. Ha effetti di medio-lungo periodo, di cui già ora, dopo solo pochi anni di esposizione ai meccanismi di controllo algoritmico delle reazioni messi in opera dai controllori dei social media, si notano gli effetti. Ogni anno vedo nelle aule universitarie in cui insegno circa duecento studenti, di formazione molto diversa tra loro e provenienti da molti paesi e culture. Ogni anno, si vede crescere la loro abitudine a stimoli immediati, semplici, che non richiedano elaborazioni, attitudini cognitive volte alla semplificazione. Un numero crescente fatica a leggere libri per intero, ancora di più a trattenerne il contenuto. Faticano a seguire un ragionamento complesso, auspicano supporti visivi. I quotidiani riducono la lunghezza dei loro articoli e li sovraccaricano di immagini, consapevoli che pochi lettori arriverebbero altrimenti alla fine. A immagini ricorrono i docenti quando insegnano, aiutandosi con il fluido scorrere delle cosiddette *slides* (e in molti casi queste sono drammaticamente sufficienti per la preparazione dell'esame). Qualche collega suggerisce di introdurre sistemi di ricompense per lo studente che legga ogni anno due o tre libri non direttamente relativi alla preparazione degli esami: idea meritoria, che si direbbe l'agitarsi disperato di chi sta per affogare.

Il sistema di stimoli tipico della interazione via social media, basato su brevità, semplificazione, dimensione visuale, reazioni immediate, determina impulsività e comportamenti non meditati. La stimolazione continua fatta di impulsi e di meccanismi di ricompensa neurologici condiziona le capacità mnemoniche e di ragionamento. Il sistema algoritmico che è alla base del funzionamento di questi strumenti di comunicazione è strutturato per orientare e addomesticare, esso rende disponibile a ciascuno solo quella porzione del mondo che lo rassicura perché corrisponde alle sue convinzioni, aspettative, idee. Finora, questo meccanismo è stato molto efficiente, ma eravamo soltanto agli inizi. Con lo sviluppo e la diffusione dei sistemi di

IA, se ne avrà un perfezionamento basato su analisi di masse gigantesche di dati, produzione di testi e immagini, individuazione di preferenze personali, contenuti generati in modo mirato. Le nostre vite saranno completamente immerse in un ambiente controllato, come quello che Huxley aveva preconizzato descrivendo l'Ufficio di Condizionamento di Londra Centrale. E come i cittadini di quel mondo nuovo, noi non ci accorgeremo di nulla.

67. Potere di condizionamento

Parole

come gocce di ceralacca liquida, gocce che aderiscono, s'incrostano, s'immedesimano col corpo su cui cadono, finché in ultimo la roccia è tutta una massa scarlatta. Fino a che, da ultimo, la mente del fanciullo sia queste cose suggerite, e la somma di queste cose suggerite sia la mente del fanciullo. E non solo la mente del fanciullo. Anche quella dell'adulto, per tutta la vita. La mente che giudica e desidera e decide, costituita da queste cose suggerite. Ma tutte queste cose suggerite sono suggerimenti nostri.¹

«Suggerimenti dello Stato.» Degli Stati autoritari, soprattutto. Oppure, suggerimenti di poche aziende private fuori da ogni controllo giacché possiedono gli strumenti – sotto forma di informazioni, di potenza di calcolo, di capillarità della rete di destinatari – per condizionare gli orientamenti politici, l'informazione, la conoscenza che deve o non deve raggiungere l'uno o l'altro strato della popolazione, l'una o l'altra classe di cittadini. Aziende che hanno oggi un potere che nessuno Stato è in grado di esercitare: aziende dalle quali dipendono la ricerca, l'immagazzinamento, la sicurezza e la gestione dei dati su cui si basa il funzionamento dei sistemi-paese; aziende alle quali gli Stati stessi si rivolgono per sopperire alle proprie carenze, nell'impossibilità di eguagliarne le capacità; aziende i cui massimi

dirigenti siedono negli organismi che devono elaborare le regole per governarne l'attività e mitigarne i rischi, come accade all'ONU.

È un sistema interamente nelle mani di chi lo progetta e gestisce, e che rimane oscuro e inaccessibile per tutti gli altri. Fuori da ogni possibilità di controllo. Mentre questi meccanismi di addomesticamento sono funzionali ai sistemi autoritari, essi sono esiziali per la democrazia. Questa richiede una inclinazione al ragionamento critico, capacità di valutare distinguendo, condivisione di principi etici, rispetto degli altri. E la fatica di conoscere. In realtà, addomesticati dai sistemi di controllo del nuovo mondo, della democrazia si comincia a non avere più coscienza, a non sentire più il bisogno.

68. Dalla parola scenica alla parola generatrice di immagini

Dopo le parole, le immagini. E dunque, algoritmi e IA per la generazione di immagini e filmati. Quando Giorgio Strehler mise in scena a teatro, per la seconda volta, quella che sarebbe diventata una delle rappresentazioni più famose della *Tempesta* di Shakespeare, scelse modi del tutto diversi da quelli che nel 1948, nell'austerità del dopoguerra, avevano caratterizzato l'ambientazione nel Giardino di Boboli a Firenze, con la sua Vasca dei Cigni e la piccola isola che vi è racchiusa e che parve perfetta per rappresentare l'isola mediterranea immaginata da Shakespeare.

A Milano, esattamente trent'anni dopo, la scelta fu invece quella di rappresentare visivamente il mare agitato attraverso teli azzurri mossi da giovani allievi, di proiettare su un telo come scena iniziale la sagoma del veliero in viaggio tra lampi che appaiono e tuoni che risuonano. Fu considerato un cedimento barocco, un verismo contrario all'idea di un teatro shakespeariano povero di mezzi e perciò orientato a creare scenografie nella mente dello spettatore attraverso l'evocazione verbale, la parola creatrice di scena, parola che si fa scena e che prende il posto delle rappresentazioni naturalistiche di stampo ottocentesco, richiedendo il coinvolgimento creativo della mente dello spettatore. Niente scene dipinte nel dettaglio, o costruzioni che rappresentassero concretamente sul palcoscenico gli ambienti dove si svolgevano gli eventi: piuttosto, un teatro che ricorreva alla fantasia

del pubblico, alla quale chiedeva di creare mentalmente gli spazi e gli eventi evocati. In questo modo, ogni spettatore viveva una sua propria e personale esperienza, diversa da quella di tutti gli altri.

Il palcoscenico completamente vuoto del teatro *Nō* giapponese ne può essere considerato una estremizzazione, che aggiunge le potenti valenze simboliche delle culture orientali. E il più antico precedente è forse nella descrizione che Omero fa, nell'*Iliade*, del fabbro divino Efesto intento a forgiare il favoleggiato scudo per Achille: la descrizione indugia sui dettagli, evoca con perizia le immagini rappresentate sullo scudo, che l'ascoltatore a cui erano destinati i canti omerici è chiamato a visualizzare davanti agli occhi della mente – tanto che qualcuno, con eccesso di realismo, ha pensato che il poeta stesse descrivendo un oggetto che aveva davanti agli occhi. Lo sforzo di partecipazione richiesto all'ascoltatore, oggi lettore, di Omero, come allo spettatore del teatro di Shakespeare, gli assegna un ruolo nella storia, nella rappresentazione, ne fa una componente essenziale per la riuscita della intera operazione.¹

Il passaggio da questa cultura della parola, che descrive e crea la scena nella mente dello spettatore, a una cultura della visione fatta di immagini realistiche, come sulla seconda scena di Strehler, rispecchia il cambiamento avvenuto nel tempo intercorso tra la rappresentazione della *Tempesta* del 1948 e quella del 1978. La società è profondamente cambiata. Si rappresenta visivamente la realtà che le parole avrebbero potuto evocare, e allo spettatore è richiesto unicamente di farsi destinatario dello spettacolo che si disvela in tutti i dettagli davanti ai suoi occhi, senza che nulla vi sia più da immaginare.

I software di IA per la generazione di immagini portano anche questo processo alle sue estreme conseguenze. Alla mente dello spettatore di Shakespeare si sostituiscono Midjourney, Dall-E, Remini, Sora: che da una descrizione verbale più o meno precisa sono in grado di generare ogni tipo di immagine comprese le possibili varianti, nulla lasciando più da immaginare. La parola crea la scena nella mente del software, che la squaderna bell'è pronta all'utente, al quale non resta da fare altro che guardare, facendosi osservatore e fruitore, ancora una volta passivo, di quel che altri realizza.

Non c'è bisogno di scomodare Walter Benjamin, l'opera d'arte e la riproducibilità tecnica. Qui è il mondo stesso, esteriore e interiore, a poter essere rappresentato in pochi istanti. Ne consegue la perdita del senso: nel momento in cui in pochi istanti si può modificare o persino creare automaticamente un'immagine, o un filmato, o un testo, senza avere né creatività né conoscenze tecniche di video o foto-editing, o almeno di software; nel momento in cui si può scrivere senza conoscere la lingua; nel momento in cui a questo scopo provvedono processori sempre più potenti anche nei computer di uso quotidiano, con le loro Neural Processing Units (NPU) specificamente dedicate all'elaborazione e accelerazione di operazioni di IA; nel momento in cui sistemi innovativi come Sora di OpenAI sono in grado di generare non solo immagini ma filmati estremamente realistici e accurati, con scene complesse, a partire da istruzioni (*prompt*) testuali che quanto più sono dettagliate e precise tanto più generano risultati indistinguibili da video girati in ambiente reale; nel momento in cui tutto questo accade, ogni immagine o video o testo *perde di senso*.

«L'esperienza individuale forma sempre la materia prima delle opere d'arte» osservava David Harvey nel suo *La crisi della modernità*,² ma qui l'esperienza individuale non esiste se non *ex post*, nel ruolo cioè dello spettatore che esprime la propria interiorità a parole e la vede magicamente prendere forma, una forma però pensata e realizzata da altri, senza che alcun suo intervento *materiale* sia necessario. Dove risiede allora l'autenticità dell'esperienza individuale? «Se la verità dell'esperienza non coincide più con il luogo in cui essa avviene ma abbraccia gli spazi del mondo [...] possiamo dire che se l'esperienza individuale è autentica, allora non può essere vera.» Così Fredric Jameson, critico letterario e teorico della politica.³ E quando gli spazi del mondo (fisico) diventano gli spazi del mondo algoritmico, «il futuro ci tormenta», come scriveva Flaubert, «il passato ci trattiene: ecco perché il presente sfugge alla nostra presa».

Si può affidare a un algoritmo il compito di generare una serie di immagini e rappresentazioni e scenografie da un testo teatrale, letterario, come da un catalogo di marketing o da un manuale d'istruzione. L'opera d'arte, o meglio l'opera dell'ingegno, non esiste più, almeno

non come l'abbiamo conosciuta finora, né esiste più la verità di una fotografia o di un filmato, che possono essere creati dal nulla con sommo grado di verosimiglianza. Il cinema come lo abbiamo conosciuto si avvia a scomparire, almeno per quel che riguarda il ruolo di attori, sceneggiatori, doppiatori, autori, e i tanti altri ruoli spesso elencati nei titoli di coda: sono già all'opera, del resto, software potentissimi in grado di replicare la voce di un attore o di un doppiatore dopo averne fatto un breve campionamento, altri che modificano i movimenti dei muscoli facciali anche di attori in carne e ossa sulla base della lingua in cui il personaggio si esprime con il doppiaggio. Sono disponibili sistemi che permettono la traduzione automatica di una videochiamata, in cui gli interlocutori parleranno ognuno la lingua dell'altro mantenendo la propria voce e adattando in tempo reale il movimento delle labbra al parlato. Potere creativo, guadagni, controllo saranno affidati per intero ai pochi centri di produzione che governeranno autonomamente il sistema nella sua interezza, e nessuno avrà forza contrattuale nei loro confronti. Sarà uno dei massimi esempi in cui nessuna competenza specifica sarà più richiesta per realizzare un prodotto di alta qualità.

Così, non ci sarà più bisogno di andare in Ucraina per documentare le conseguenze dei bombardamenti russi, nei tunnel di Gaza o nei kibbutz israeliani per conoscere gli orrori che l'uomo è in grado di compiere contro se stesso: sarà invece sufficiente fornire ad algoritmi ben congegnati la descrizione di quello che si vuole vedere, e soprattutto *far vedere*. Non importa il grado di verità.

Quello di verità è un concetto obsoleto, inadatto al mondo nuovo.

69. Il sogno più antico dell'uomo

L'anima algoritmica del computer non prova sensazioni quando sente il suono di una parola o un timbro di voce, e sta imparando a imitarle, con ottimi risultati; ma qual è, al fondo, l'utilità di questa dimensione emotiva? Non è forse totalmente autoreferenziale, e non è forse per questa dimensione emotiva, per questo ruolo del ventre, che le parole hanno spesso, nel corso della storia, scatenato guerre? In una società «dell'efficienza, della vita razionalizzata, cronometrata», come la definisce Edgar Morin, questa dimensione è semmai d'ostacolo.

Ben venga dunque la realizzazione del sogno più antico dell'uomo, il sogno di Efesto e degli dèi dell'*Iliade*,¹ a cui già Erone di Alessandria cercò di dare realizzazione con i suoi automi semoventi – magari per versare vino o latte –, al tempo del primo impero romano: il sogno di avere automi che agiscano da sé ed eseguano i compiti che vengono loro assegnati mediante la voce. Efesto era il fabbro degli dèi, l'*homo faber* per eccellenza (o meglio, *deus faber*, l'unico dio con una sua professione), costruiva, forgiava, inventava. Oggetti inanimati eppure dotati di vita, capaci di muoversi, persino di provare emozioni. Una delle sue creazioni più affascinanti erano i tripodi degli dèi, venti tripodi dotati di rotelle d'oro che si muovevano da soli e «automaticamente» (αὐτόματοι) andavano alle riunioni degli dèi e poi se ne tornavano a casa, «una meraviglia a vedersi». Per se stesso, Efesto aveva fatto di più: delle aiutanti simili a ragazze viventi, che

hanno dentro di sé un'intelligenza (vóoc), la voce, la forza,

sanno quali sono i compiti da svolgere, e sono pronte ad agire quando si fa loro cenno. Anche le porte del cielo, naturalmente, si aprono da sole, così come porte automatiche erano quelle di alcuni templi, azionate da meccanismi a vapore.

Fu sempre Efesto a creare Talos, il grande automa di bronzo incaricato di sorvegliare l'isola di Creta e i suoi confini per conto del re Minosse, un automa in tutto e per tutto simile a un uomo, dotato di una vena che collegava il collo alle caviglie, in essa un liquido che sostituiva il sangue, e un chiodo di bronzo a chiuderne l'estremità. Per tutte queste macchine, si immagina una sorta di forza interiore che ne permette l'automovimento, un impulso all'azione, insomma un'imitazione il più possibile fedele del vivente. L'ultimo passo è quello che permette l'uso del linguaggio per dare istruzioni alle macchine: è così che funzionano i mantici che servono a Efesto per alimentare il fuoco necessario al suo lavoro di fabbro, essi iniziano a lavorare quando il dio impartisce loro il comando. È il passo più difficile, quello di cui Turing, nel 1948, diceva:

dei campi di azione sopra elencati, l'apprendimento del linguaggio sarebbe il più stupefacente (*the most impressive*), perché questa è la più umana di quelle attività. Questo campo sembra tuttavia dipendere troppo dagli organi di senso e dalla locomozione per essere realizzabile.²

Ora ci siamo.

Dall'immaginario della mitologia omerica, gli antichi ricavarono così il sogno di una società in cui non sia più necessario il lavoro, in cui le suppellettili di casa si muovano da sole, i bicchieri si lavino da soli, la tavola si imbandisca, la pentola scoli le verdure, il pesce si cuocia da sé girandosi sulla griglia una volta che il primo lato sia pronto, i vassoi si riempiano di focacce. I servitori, chi svolge lavori manuali, diventano sostituibili con «oggetti attivi» capaci di eseguire gli ordini e che non creino tutti i problemi connessi con lavoratori in carne

e ossa. Sarebbe «il paese di cuccagna», «dove chi manco lavora più guadagna». «Cari amici, se le cose una volta stavano così» dicono gli intellettuali invitati alla stravagante cena organizzata nell'antica Roma dal ricco letterato Publio Livio Larense e descritta da Ateneo, «che bisogno c'era di domestici?» E «che bisogno abbiamo ancora degli aratori, dei fabbricanti di gioghi o di falci, di fabbri?».³ Una società senza lavoratori, in cui passare il tempo tra banchetti, passeggiate, sport e dotte conversazioni, è sempre stata un sogno diffuso.

70. Il lavoro crea l'uomo

Ma è tutto così semplice? Il lavoro, secondo Engels, in un certo senso ha creato l'uomo; Voltaire, riformulando un pensiero di Seneca, scrisse che il lavoro allontana da noi i tre grandi mali che sono la noia, il vizio e il bisogno. Ma il lavoro può essere anche maledizione, pena e schiavitù; può essere sfruttamento della miseria. Se una Repubblica si dichiara fondata sul lavoro (Art. 1 Cost.), dice di riconoscere a tutti i cittadini il diritto al lavoro (Art. 4 Cost.) e di tutelare il lavoro (Art. 35 Cost.), lo fa per garantire i cittadini, o piuttosto per garantire se stessa? Può esistere uno Stato, lo Stato come noi lo abbiamo conosciuto, senza il lavoro, inteso tradizionalmente, dei suoi membri?

Dare al lavoro carattere di inutilità era, per Dostoevskij, il modo più efficace per annientare un uomo. Cosa dire dunque della liberazione dal lavoro che si annuncia nell'età delle intelligenze artificiali? Che cosa fare delle energie e del tempo di cui ci si troverà a disporre? Chi bucina di sostituzione del lavoro salariato con lavoro autonomo e produzione di valore «sul web», qualsiasi cosa intenda, non ha capito che proprio il web sarà il primo luogo in cui il ruolo dell'uomo analogico diventerà superfluo come attore, e continuerà a esistere, se mai pure esisterà, soltanto come fruitore. Solo la fantasia di romanzieri e poeti ha provato finora a immaginare un mondo senza lavoro ma, a prenderle sul serio, anche le raffigurazioni del paese di cuccagna suscitano più inquietudine che rassicurazione – come quella famosa dovuta, nel Settecento, alla stamperia del Remondini,



Figura 26: Remondini, *Discrizione del paese di chucagna, dove chi manco lavora più guadagna*, XVIII sec.

dove si raffigura un luogo in cui chi lavora viene condotto in prigione e ogni bisogno viene soddisfatto senza sforzo; un luogo dominato da un monte di formaggio dal quale rotolano maccheroni, con fiumi di vino e laghi nei quali si prendono pesci già cotti, dal cielo piovono diamanti, perle, pollame arrosto e selvaggina.

Neppure Marx ed Engels si sono spinti a tanto. E parlando ancora di classi, a rischio di anacronismo, che cosa si propone in alternativa a un lavoro dignitoso, che dia il senso di sé, a quelle classi sociali o se si vuole a quelle famiglie i cui membri non si dilettono al mattino a provare duetti per pianoforte e violino, per poi visitare musei al pomeriggio e infine sedere stanchi ma soddisfatti in un caffè del centro? È richiesto un radicale ripensamento della società, una riorganizzazione delle relazioni, una ridefinizione dell'identità dell'in-

dividuo, un sistema politico capace e consapevole – e nel frattempo un'ampia disponibilità di sostegno psicologico.

È da chiedersi se finalmente l'uomo potrà liberarsi dalla necessità di essere uno strumento a fini di efficienza pratica e rendere universale l'ideale di Aristotele: dedicarsi a ciò che è fine a se stesso o, per meglio dire, a ciò che ha in sé il proprio fine. Trasformare tutto in filosofia. Agire solo per crescere interiormente, conoscere solo per conoscere (τοῦ γνῶναι χάριν), arrivare a capire che quella fine a se stessa è la più nobile fra le attività, l'unica per cui valga la pena impegnarsi. Sempre che, quando tutti saranno diventati filosofi, la filosofia abbia ancora un senso.

71. La natura contro di noi

Quelle tratte da Omero e da altri autori antichi sono parole di poeti, ma uno scienziato e filosofo come Aristotele prese la cosa sul serio. Descrivendo la possibile organizzazione ottimale della società, egli disse che

se ogni strumento fosse in grado di compiere la propria opera *al semplice comando o presentendolo in anticipo* e, come dicono che fanno le statue di Dedalo o i tripodi di Efesto, i quali secondo il poeta entrano da sé nel consesso divino, così da sé le spole tessessero e i plettri suonassero la cetra, coloro che sovrintendono ai lavori non avrebbero bisogno di coloro che li eseguono né i padroni di schiavi.¹

La macchina dunque, scrive Giuseppe Cambiano,

deve saper simulare almeno *quella forma embrionale d'intelligenza consistente nella comprensione di un comando*. Si poneva qui concettualmente la lunga strada del problema della simulazione dell'intelligenza e delle sue operazioni come costitutiva degli *automata*.²

Aristotele è troppo intelligente per lasciarsi sfuggire l'occasione di elaborare da queste riflessioni un principio generale, e le sue considerazioni sono riportate proprio all'inizio di un'opera intitolata *Problemi di meccanica*. La natura, dice, opera spesso contrariamente a

quello che è per noi di vantaggio, perché il suo corso è immutabile, mentre quel che è utile a noi cambia a seconda delle circostanze. A volte, quindi, dobbiamo agire violando le regole della natura, e abbiamo bisogno di capacità aggiuntive rispetto a quelle di cui per natura siamo dotati: queste capacità aggiuntive le definiamo con il nome di macchina (*mechané*). Esse ci permettono di superare difficoltà altrimenti insormontabili. Con l'aiuto delle macchine, possiamo far sì che ciò che è piccolo riesca a dominare ciò che è grande. Strumento essenziale di questo processo di sfida alla natura sono le discipline matematiche.

Del resto, anche questa necessità, per l'uomo, di dotarsi di strumenti che lo aiutino a vivere nell'ambiente è resa esplicita dalla figura di Prometeo: il dio che si ribella agli dèi per aiutare l'uomo, fargli dono del fuoco, fargli dono della *techne*, cioè la consapevole capacità di intervenire per modificare il reale. Questa sapienza innervata di *techne* induce all'azione, elabora strumenti che favoriscano la capacità di agire *contro natura*, di modificare il percorso naturale delle cose.

Il mondo della *mechané* e della *techne* mira ad avere in sé, invece che riceverlo dall'esterno, l'impulso, il principio di movimento, proprio come l'uomo: e di questa capacità intrinseca di azione e decisione le macchine algoritmiche sono oggi effettivamente dotate.

72. Il moderno Prometeo e l'immaginario dell'Ottocento

Chi trascura, o magari deride, le visioni di un Butler o Leopardi, non ha chiaro che quelli erano i tempi di Charles Babbage e Ada Lovelace,¹ i primi nella storia ad avere l'idea di un calcolatore programmabile e della teoria della programmazione, nomi presenti in ogni libro di informatica che comprenda due righe sulla storia della disciplina; dimentica che Darwin, tornato dal viaggio sul *Beagle*, partecipò nel 1837 a un ricevimento in casa di Babbage, in cui questi presentava la sua *macchina differenziale*, primo passo verso quella che sarebbe stata la più complessa *macchina analitica*; trascura che la macchina analitica era pensata per essere programmata per eseguire ogni genere di calcolo usando schede perforate come quelle dei telai per tessere, ed era dotata di processori aritmetici per elaborare numeri, di una unità di controllo, di un meccanismo di output e di una forma primordiale di memoria. Babbage progettava e costruiva, Ada Lovelace scriveva istruzioni, incluso il primo algoritmo destinato a una macchina. Siamo negli anni quaranta dell'Ottocento. Già nel 1806 Joseph-Marie Jacquard aveva perfezionato il suo telaio per tessitura, la più importante invenzione nella storia dei tessuti: un telaio programmabile grazie a lunghe strisce di carta munite di fori, costituite da una successione di singole schede perforate che rappresentavano le istruzioni in base alle quali realizzare il lavoro e il disegno e in cui ogni scheda corrispondeva a una riga del disegno: un modello di ap-

plicazione del codice binario (presenza/assenza di foro) a cui la IBM si ispirò nelle prime fasi di sviluppo dei moderni computer.

Si trascura inoltre, troppo spesso, che in quelle visioni dei letterati ottocenteschi la teoria evoluzionistica di Darwin irruppe come un terremoto: Darwin convinse il mondo che gli organismi viventi complessi si sono evoluti a partire da strutture molto più semplici; filosofi come Cartesio e La Mettrie (il cui *L'uomo macchina* è del 1747) avevano a loro volta sostenuto che gli organismi sono come delle macchine: fu breve il passo che portò a pensare alla possibilità di un'evoluzione delle macchine stesse. E toccò a uno studioso come von Neumann spiegare, nella prima metà del Novecento, che una macchina che si autoriproduca è teoricamente realizzabile, e che gli ostacoli sono di ordine pratico e dunque prima o poi superabili, come pensavano anche Konrad Zuse e Freeman Dyson.² Analogie tra l'evoluzione biologica e il continuo adattamento e sviluppo e perfezionamento dei macchinari divennero frequenti da metà Ottocento.

Che poi Ada Lovelace fosse la figlia di un poeta come Lord Byron, che Byron fosse legato all'altro poeta Percy Bysshe Shelley, che Shelley fosse il marito della scrittrice Mary Shelley, e che Mary Shelley avesse scritto nel 1818 e ripubblicato in seconda edizione nel 1831 un racconto intitolato *Frankenstein* immaginando la creazione di un essere vivente artificiale – su questo ognuno potrà valutare da sé. Ricordando, semmai, che il sottotitolo di *Frankenstein* era *Il moderno Prometeo*.

Sono personalmente convinto che Turing non poteva non avere in mente queste ambizioni distopiche quando, subito dopo la guerra, scriveva che

un modo per iniziare con la nostra impresa di costruire una «macchina pensante» sarebbe quello di prendere un uomo nella sua interezza e cercare di sostituire tutte le sue parti con elementi meccanici. Esso includerebbe telecamere, microfoni, altoparlanti, ruote e servomeccanismi capaci di rispondere ai comandi (*handling servo-mechanisms*), ed inoltre una qualche forma di «cervello elettronico»,³

un cervello che avrebbe dovuto essere esterno al corpo e controllarlo a distanza, viste le prevedibili dimensioni.

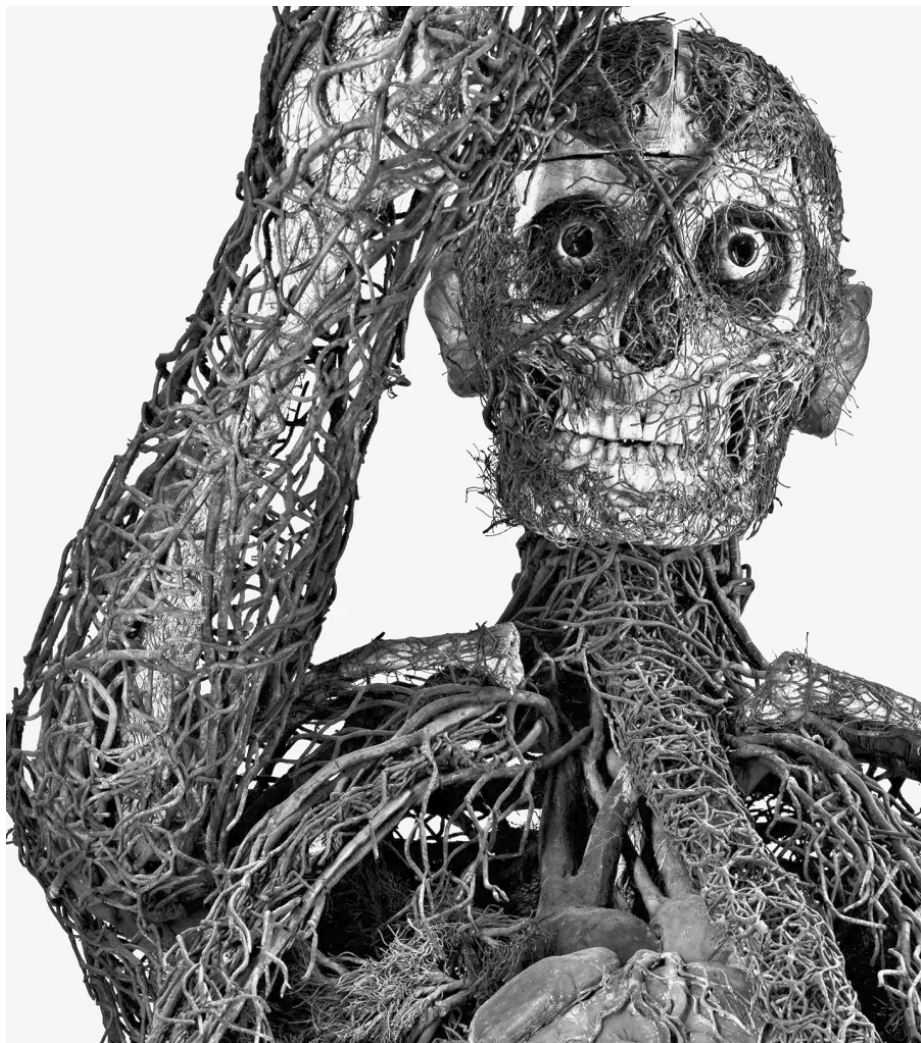


Figura 27: Le «macchine anatomiche» di Giuseppe Salerno (ca. 1760), particolare, Museo Cappella Sansevero, Napoli. Secondo Benedetto Croce, la leggenda vuole che due servi, un uomo e una donna, fossero stati uccisi e imbalsamati in qualche strano modo, «in modo che mostrassero nel loro interno tutti i visceri, le arterie e le vene». Si tratta in realtà di una straordinaria ricostruzione del sistema circolatorio con cera e altri materiali, e non si esclude che alla base vi fossero corpi nelle cui vene era stata iniettata una sostanza che le mantenesse integre per qualche tempo. Scriveva un anonimo del Settecento: «Si veggono due macchine anatomiche, o per meglio dire due scheletri, ne' quali si osservano tutte le vene, e tutte le arterie de' corpi umani, fatte per iniezione, che, per essere tutt' interi, e per la diligenza, con cui sono stati lavorati, si possono dire singolari in Europa. Oltre a tutte le viscere, e le parti interiori del corpo, coll'apertura del cranio, si osservano tutt' i vasi sanguigni della testa; e, coll'aprirsi la bocca, si veggono altresì i vasi sanguigni della lingua» (Anonimo, *Breve nota di quel che si vede in casa del Principe di Sansevero D. Raimondo di Sangro nella città di Napoli*, s.l. 1766). Al British Museum si conserva la copia del fascicoletto posseduta dal Principe di Sansevero, che ne fu con ogni probabilità anche l'autore.

Chi non vede la continuità del percorso che ha portato fino alla sonda di von Neumann degli anni quaranta – una sorta di navicella spaziale immaginata per viaggiare su altri pianeti riparandosi autonomamente e costruendo via via altri esemplari simili a sé –, quindi ai più recenti sviluppi della tecnologia e della IA, con la prospettiva di una vita autonoma delle macchine studiata dalla NASA e dalle altre agenzie spaziali ai fini della colonizzazione dello spazio, ha bisogno di occhiali migliori.

PARTE IV

Potere, controllo, libertà

Se il mondo è questo, grazie
tante, restituisco il biglietto.

FËDOR DOSTOEVSKIJ

73. Comunità, identità, stabilità

La 1A è strumento perfettamente funzionale al motto dello Stato mondiale, inciso, si diceva, sull'ingresso degli Uffici di Condizionamento di Londra Centrale in cui si mette in atto il processo Bokanovsky: COMUNITÀ, IDENTITÀ, STABILITÀ.¹

«Tutto l'ordine sociale sarebbe sovvertito se gli uomini si mettessero a fare le cose di testa propria.» Gli uomini, i cittadini, è preferibile abbiano quel tanto di conoscenza che è sufficiente perché svolgano il ruolo loro assegnato e facciano il lavoro richiesto. È però necessario che sia una conoscenza di tipo particolare e non generale, non conoscenza ma competenza, non conoscenza di principi ma abilità realizzativa. Di generalità, basti il minimo necessario. Sapere è capire, e capire è soffrire. Noi vogliamo invece che la comunità sia felice, che felice sia la società. E di una società felice, «non i filosofi, ma i taglialegna e i collezionisti di francobolli compongono l'ossatura».

Di una cosa i governanti di ogni sorta, a ogni latitudine della storia, vanno in cerca: stabilità. Sta loro specialmente a cuore impedire l'anarchia, garantire un ordine sociale che risponda alle loro convinzioni e assicuri di poterlo continuare. Per realizzare questo fine, il metodo migliore è quello di concentrare il più grande potere nelle mani del minor numero possibile di persone.

Sia che si tratti – scriveva Jeremy Bentham – di «punire i criminali incalliti, sorvegliare i pazzi, riformare i viziosi, isolare i sospetti, impiegare gli oziosi, mantenere gli indigenti, guarire i malati, adde-

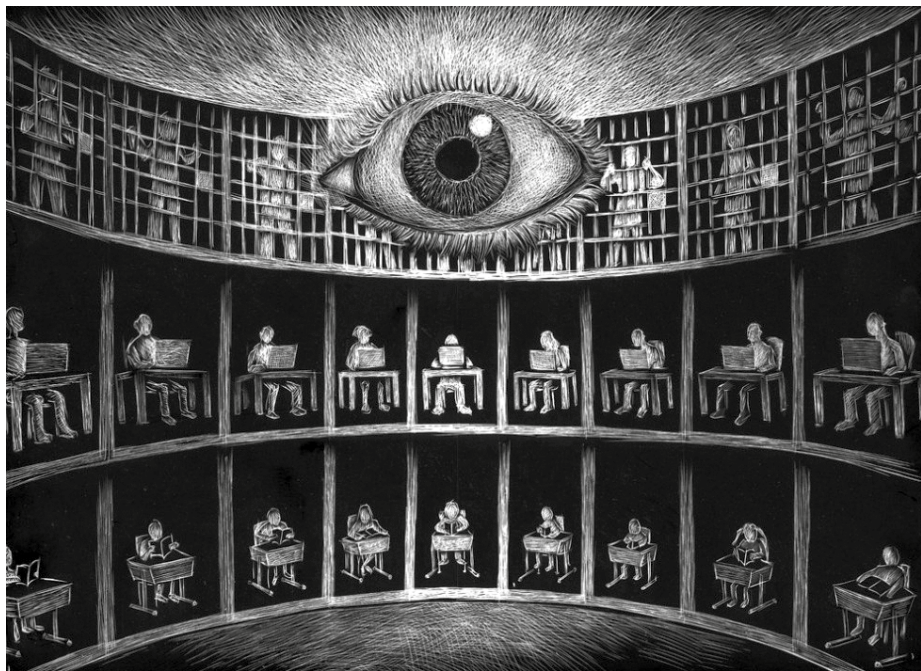


Figura 28: Un moderno Panopticon. Immagine con licenza CC BY-NC-ND.

strare quelli che vogliono entrare nell'industria, o fornire l'istruzione alle future generazioni»,² un controllo centralizzato, capillare ma poco dispendioso, basato su un'adesione volontaria dei partecipanti, è il sistema da preferire.

Se quindi, riflette Huxley, al governo del mondo serve stabilità, il modo più efficace e rapido per ottenerla risiede nel concentrare il potere nelle mani di pochi. Il potere offerto dalla tecnologia al tempo della IA e dal controllo del mondo digitale è maggiore di quello degli Stati, ed è nelle mani di pochissimi. Non è detto a priori che sia un male, sebbene certo lo sembri. E soprattutto, come diceva Wiener, non è affatto detto che sia un bene. È una scelta. Che stiamo confermando giorno dopo giorno.

Come in ogni epoca di rapida trasformazione tecnologica, di economie di produzione di massa e consumi altrettanto massificati, in un'epoca di «compressione spazio-temporale», come David Harvey

definì quella che aveva caratterizzato la crisi della modernità, al crescere della competizione e del malanimo tra individui socialmente isolati, al «crescere di segnali allarmanti provenienti dal pianeta, con i suoi equilibri ecologici sempre più compromessi, affiancati da indicatori di crescente instabilità sociale a livello globale»,³ cresce il rischio di incertezza economica e confusione sociale.

Lo strumento più efficace per tenere sotto controllo questo potenziale crescente disordine è la centralizzazione del potere di controllo. Questo controllo è a sua volta facilitato dall'estrema frammentazione individualistica della società, anch'essa utile al funzionamento ottimale del sistema: ciascuno nella sua cella, da cui guarda il mondo attraverso schermi e visori di realtà espansa che lo proiettano solo mentalmente al di fuori, i cittadini sono individualità che, pur una accanto all'altra, non fanno massa, non hanno scambi se non virtuali, e questa «collezione di individualità separate», come la chiamava Foucault, diventa una «molteplicità numerabile e controllabile». Numerare è del resto la funzione precipua di un universo rappresentato in termini di 0 e di 1, quelli del codice binario in cui si esprime.

74. IA, cloud e totalitarismo

Il sistema del *cloud computing*, la nuvola digitale, rappresenta il paradigma di questa centralizzazione e della efficienza e del controllo che ne derivano. È metafora e modello ideale di ogni Stato meravigliosamente totalitario. Di uno Stato in cui i cittadini siano solo utenti finali, consumatori inconsapevoli, non partecipi del processo produttivo né politico, di quel che altri predispongono per loro. Consumatori, soprattutto, felici della propria condizione.

Chi ha vissuto l'evolversi dei sistemi informatici e del software dall'inizio degli anni ottanta ha già intravisto, in minore, questo percorso, toccando con mano il predominio progressivo e inarrestabile dei software proprietari, quelli cioè il cui codice sorgente non è noto né modificabile, e in cui l'utente può fare soltanto quel che il produttore del software ha deciso che egli possa fare, nel modo in cui è stato deciso che lo faccia. Il processo di proprietarizzazione ha riguardato prima i software, poi i sistemi operativi, poi le piattaforme, poi l'immagazzinamento dei dati, poi le infrastrutture.

Una ragnatela in cui tutti gli snodi decisivi – in senso letterale: i luoghi in cui si prendono le decisioni – sono esclusivamente nelle mani di chi produce, controlla e guadagna. Felice di avere a disposizione, a prezzo modico quando non gratuitamente, strumenti per lui utili, l'utente non si interessa del costo occulto: perché quel costo è difficile da identificare, perché, principalmente, quel costo è collettivo e non individuale. Lo paga la società nel suo insieme, in co-

mode rate, cioè gradualmente, nel medio-lungo termine, senza che l'individuo se ne accorga, a meno che non abbia le risorse culturali necessarie a leggere il reale. Ma lo paga, lo paghiamo a caro prezzo.

Poco hanno potuto i meritori movimenti per il software libero, la programmazione collaborativa, la condivisione della conoscenza in rete: un po' perché richiedevano e richiedono una consapevolezza che la massa degli utenti non ha, un po' perché a volte richiedevano e richiedono anche qualche minima competenza tecnica, o la pazienza di imparare, che la massa ha ancora meno. Un po', anzi molto, perché la potenza delle multinazionali del software e della rete, e oggi del cloud, ha assunto dimensioni incontrollabili, che superano anche le capacità di controllo degli Stati e degli organismi sovranazionali.

75. Amare la propria schiavitù

Alla fine della Seconda guerra mondiale, in un mondo che aveva visto le aberrazioni dei nazisti e dei loro sodali, mentre Stalin consolidava quel potere arbitrario e violento che i Lenin e i Trotsky avevano conosciuto a proprie spese, la riflessione sul totalitarismo affondava le radici nell'humus fangoso dei campi di battaglia da cui stava appena riaffiorando. Uno stato totalitario davvero efficiente, osservava in quegli anni Huxley,

sarebbe quello in cui l'onnipotente potere esecutivo dei capi politici e il loro corpo manageriale controllano una popolazione di schiavi che non devono essere costretti a esserlo con la forza perché amano la loro schiavitù. Far sì che la amino è il compito assegnato, negli attuali Stati totalitari, ai ministri della propaganda, ai direttori dei giornali e agli insegnanti. Ma i loro metodi sono ancora grezzi e non scientifici.¹

Il sistema si è oggi perfezionato e ha congegnato un meccanismo efficientissimo, ormai prossimo alla perfezione, in cui non c'è bisogno di sforzarsi per convincere il popolo a aderire, giacché è il popolo stesso che chiede di farlo.

Garantendo un certo diffuso benessere economico, sia pure tra giganteschi divari che separano la più alta fascia della popolazione dalle più basse, il sistema capitalistico si è assicurato la propria

sopravvivenza. In una società nella quale chiunque ha qualcosa da proteggere, e dunque da perdere, e nella quale per di più non c'è ideologia che sopravviva, nessuna sovversione è possibile o auspicata. Non c'è bisogno di sofisticate confutazioni né di avere una verità da comunicare: la verità è individuale e si costruisce per ciascuno. A ciascuno la propria verità. E a ciascuno la propria felicità.

Ognuno desidera essere parte, sempre più integrata, di un sistema che molto promette e assicura, e per garantire a ognuno la felicità è sufficiente avere il controllo degli strumenti attraverso i quali si possono influenzare, di ognuno, le convinzioni. In questo senso, c'è una sorprendente e decisiva convergenza di interessi tra apparenti nemici: quello che il gruppo GAMMAX – Google, Amazon, Meta, Microsoft, Apple, X e SpaceX –, simbolo dell'individualismo capitalista, fa con gli utenti dei propri servizi, il Partito comunista cinese o il Partito del Lavoro nella Corea del Nord – e tanti altri come loro – fanno con i propri cittadini, usando gli stessi strumenti. Un controllo capillare e irreversibile: in un caso con l'obiettivo del guadagno economico e del controllo delle opinioni, nell'altro con l'obiettivo del controllo politico, della repressione delle opinioni difforme e della garanzia del potere assoluto. La Cina è il modello perfetto, la sua struttura assolutistica è sempre più salda, con un moderato ricorso alla violenza, a differenza della Russia. Ma anche nel «nostro» Occidente, i diritti e le regole che si pensavano conquistati in duemilacinquecento anni per le agorà politiche e sociali non valgono per le agorà digitali, dove si è ripartiti da zero. L'Europa si prova a mostrare blanda consapevolezza: ma la strada è impervia.

76. Libertà o democrazia: la scelta

«Io non credo più che libertà e democrazia siano compatibili.» Studente di filosofia a Stanford negli anni ottanta, poi laureato in giurisprudenza, abilissimo giocatore di scacchi, ennesimo miliardario della Silicon Valley, Peter Thiel¹ vorrebbe essere il lato intellettuale del grossolano Elon Musk. Si definisce libertario, ha dato vita a PayPal, progetto in cui Musk credette e che da principio voleva essere il primo strumento per una società diversa, cioè una nuova valuta mondiale libera dal controllo dei governi, inizio della fine della sovranità monetaria. Più banalmente, si ridusse poi a sistema di pagamento online, fonte di volgare guadagno. Se il giovane Mark Zuckerberg è il creatore di Facebook, Thiel è il creatore di Zuckerberg, colui che lo ha reso quello che è, costruendone l'immagine. Dietro di loro, come dietro Musk e i tanti altri che non rientrano strettamente nella galassia GAMMAX – almeno, non in modo visibile dall'esterno –, si intravede un potere smisurato. Potere economico, ma ormai anche esplicitamente politico.

Che un privato, per di più mentalmente poco stabile, possieda il 60 per cento dei satelliti in orbita e possa usarli per esercitare un dominio incontrollato, decidere arbitrariamente le sorti di una guerra e delle comunicazioni planetarie, è qualcosa che in un mondo normale sarebbe considerato inammissibile. Con le navicelle spaziali di SpaceX, i due, Musk e Thiel, giocano da anni un ruolo sempre più importante nel Dipartimento americano della Difesa e persino nel-

la NASA, ormai costretta a servirsi della loro società per raggiungere la Stazione spaziale internazionale; attraverso Palantir, società di analisi di big data, Thiel si è reso essenziale per le attività dell'esercito americano. Capire di cosa si tratta, e capire l'ideologia che governa molta della moderna tecnologia digitale, è facile: basta ricordare che i Palantir, nel *Signore degli anelli*, sono «coloro che sorvegliano da lontano», sotto forma di sfere di cristallo che permettono di comunicare tra chi ne possiede una, ma anche di vedere le visioni che hanno luogo nella mente dell'altro, di osservare eventi che accadono in altri luoghi o che sono accaduti in passato. Chi ne fa uso deve «possedere grande forza di volontà e di mente». Il controllo e la conoscenza, insomma, devono essere nelle mani di pochi e capaci.

L'idea di libertarismo che Thiel propugna è ben peculiare, e coincide in sostanza con una forma di anarcocapitalismo: *laissez-faire* e superamento dello Stato. Sono libertario, scrisse in un articolo del 2009 intitolato «The education of a libertarian»,² perché sono contro le tasse che diventano confisca, contro l'idea di collettività perché totalitaria, contro l'ideologia della inevitabilità della morte per ogni individuo (*sic*) – emblema, quest'ultima affermazione, del più sfrenato egoismo. Il mondo è una giungla, e ciascuno di noi deve lottare da sé, prima per sopravvivere e poi per prevalere.

Sfugge che proprio per superare la sua fase primitiva la società umana ha attraversato tre millenni di evoluzione per gradualmente trovare nell'organizzazione civile e statuale il suo punto di equilibrio, non perfetto forse ma migliore di tutti gli altri che siano stati sperimentati nel tempo. Ora ci viene proposto di tornare al punto di partenza, organizzato però stavolta intorno al denaro, la nuova forma della sopraffazione e della violenza.

L'ultimo momento in cui la storia americana ha potuto ispirare fiducia, scrive Thiel, furono gli anni venti del Novecento: e questo perché, nella crisi della Grande depressione, lo Stato non intervenne se non in misura limitata, lasciò fare, permettendo una forma di distruzione creatrice³ schumpeteriana e lasciando che le forze economiche e sociali reagissero come potevano e volevano, con la sopravvivenza del più forte e del più adatto. Al diavolo chi non ce la fa.

Più tardi, invece, «il grande aumento di beneficiari di politiche di

assistenza (*welfare*) e l'estensione del diritto di voto alle donne – due gruppi notoriamente ostici per i libertari – hanno reso la nozione di “democrazia capitalista” un ossimoro». Si pone cioè un'alternativa, dovuta al diffondersi delle politiche di *welfare* e al ruolo concesso alle donne (una convinzione certamente indipendente dal fatto che Thiel sia omosessuale dichiarato): o la democrazia, o il capitalismo tecnologico di cui la Silicon Valley è simbolo, con annesso libertarismo. Dei due l'uno, la coesistenza è una contraddizione in termini. Non è il voto, aggiunge, che potrà migliorare le cose. Semmai la creazione di comunità autonome su piattaforme galleggianti in acque internazionali e dunque libere dalle costrizioni delle leggi degli Stati, oppure la colonizzazione dello spazio, o infine e più prosaicamente il cyberspazio rappresentato da società come Facebook e dalla rete internet, che hanno il solo difetto di essere spazi virtuali. Tutti ambiti in cui ha generosamente investito.

Stiamo partecipando – conclude – a una gara mortale (*a deadly race*) tra politica e tecnologia. E a differenza di ciò che accade nella politica, a essere decisive nella tecnologia sono le scelte degli individui: «Il destino del nostro mondo può dipendere dallo sforzo di una singola persona che costruisce o diffonde gli strumenti della libertà (*the machinery of freedom*) che rendano il mondo un posto sicuro per il capitalismo». È Curtis Yarvin a dire l'obiettivo del nuovo sistema politico. Sostenitore di una transizione degli Stati Uniti verso la monarchia e anzi, come dice lui stesso, verso la dittatura, Yarvin è un ex sviluppatore di software diventato ispiratore di politici e di miliardari del mondo tech americano (tra cui lo stesso Thiel), nonché promotore del movimento neoreazionario detto anche Illuminismo Nero (*Dark Enlightenment*): obiettivo, dunque, sostituire gli Stati con migliaia di entità più piccole governate da amministratori delegati con pieni poteri, senza alcuna considerazione per l'opinione dei residenti. Nell'attesa di raggiungere il risultato finale, si dovrebbe cominciare trasformando gli Stati Uniti in un sistema governato assolutisticamente da un CEO con pieni poteri, e perciò meravigliosamente efficiente e funzionale come sono le grandi multinazionali tech. Il primo passo, quello della metamorfosi dei cittadini, degli studenti, persino dei bambini in utenti è intanto pienamente realizzato.

77. Diritti, doveri e anima umana

Anche quello slogan così ben riuscito, *Libertà, Uguaglianza, Fraternità*, che Morin (§ 59) invoca come vera norma di vita personale e sociale, risuona sì in tutta la sua magnificenza all'articolo 2 della Costituzione francese, ma risuonò per la prima volta, in questa forma, in un discorso di Robespierre e al tempo stesso entrò, almeno per quel che è l'essere liberi e uguali, nella *Dichiarazione dei diritti dell'uomo e del cittadino* del 1789. Quelle tre parole erano l'esito di una rivoluzione: e nonostante il loro aspetto innocente costarono molte teste tagliate e una società come quella descritta da Charles Dickens in *Le due città*. Ci volle, per imporle, una incrollabile fiducia. Sarebbero, quei principi che hanno comunque illuminato e incoraggiato tanti, anche la bandiera di una rivoluzione che dovesse realizzarsi oggi? Se ne vorrà dubitare, nonostante essi siano diventanti lo slogan del nuovo partito politico creato dallo scienziato Ehud Shapiro in Israele nel 2020, chiamato «Democratit – freedom, equality and fraternity», dopo che lo stesso Shapiro – pioniere del *DNA computing* – si era per anni dedicato a un tentativo di democratizzare le interazioni online con un progetto di democrazia digitale dal basso (*grassroots digital democracy*).

Del resto, qualche dubbio lo aveva instillato già Simone Weil, quando volle rimarcare, poco prima di morire a trentaquattro anni nel 1943, che è la nozione stessa di diritti e di rapporto tra individui a essere male intesa, che i diritti umani sono qualcosa di relativo per-

ché dipendono da qualcuno, un altro, che ce li riconosca, non avendo altrimenti nessuna efficacia: l'errore dei rivoluzionari, scrisse, e di chi è venuto dopo di loro, è consistito nel non capire che «non ha senso dire che gli uomini abbiano dei diritti e dei doveri a quelli corrispondenti», e che semmai

un uomo, considerato di per se stesso, ha solo dei doveri, fra i quali si trovano certi doveri verso se stesso. Gli altri, considerati dal suo punto di vista, hanno solo dei diritti. A sua volta egli ha dei diritti quando è considerato dal punto di vista degli altri, che si riconoscono degli obblighi verso di lui. Un uomo, che fosse solo nell'universo, non avrebbe nessun diritto, ma avrebbe degli obblighi.¹

Solo l'obbligo, dice ancora Weil, può essere incondizionato, e lo può essere perché «si pone in un campo che è al di sopra di ogni condizione, perché è al di sopra di questo mondo». Questo, i rivoluzionari non seppero capirlo, perché

gli uomini del 1789 non riconoscevano la realtà di un simile campo. Riconoscevano solo quella delle cose umane. Per questo hanno cominciato con la nozione di diritto [...] Il campo dell'eterno, dell'universale, dell'incondizionato è altro da quello delle condizioni di fatto ed è popolato da nozioni differenti, che sono legate alla parte più segreta dell'anima umana.

Weil, ebrea che scrive nell'Europa dell'infamia nazista, non fa qui mai riferimento alla religione, né a una dimensione metafisica: rinvia però all'esistenza di qualcosa che chiama *anima umana*, e che trova al di là di *questo* mondo. Al di là di ogni determinismo. Sottrarsi agli obblighi verso gli altri, mettere se stessi al centro, dice, è una colpa. È un invito a cambiare prospettiva, il suo, ad andare oltre la civiltà dell'interesse e del calcolo biasimata da Morin, a rivolgere lo sguardo verso l'alto, è un invito a recuperare quella dimensione di trascendenza che nei secoli e nelle mille geografie si è dimostrata necessità arcaica, radicata nelle profondità biologiche dell'uomo, capace di assorbire desideri, bisogni, identità, speranze che su di essa sono state

proiettate. Non è esistita nessuna civiltà senza una forma di religione. Lo stesso Kurt Gödel, in una lettera, ritenendo «alquanto dubbio» il significato della nostra esistenza terrena, invitava a considerarla nient'altro che uno strumento per arrivare a un altro tipo di esistenza. Come sorprendersi se le nuove divinità sono ora quelle che ci offre la tecnica, se sulla tecnica e sulle macchine si proiettano ora quei bisogni, quei desideri, quelle identità, quelle speranze? Se nelle macchine cerchiamo noi stessi e a esse affidiamo ogni *fiat voluntas tua*?

78. La tecnica e la tradizione dell'Occidente

Non sono, queste, considerazioni nuove. Il mondo digitale ha offerto però conferme sbalorditive a tante riflessioni che la filosofia e la sociologia più attenta hanno proposto nel corso del tempo. Una di queste fu espressa con breve nettezza da Emanuele Severino, filosofo, benché controverso, innegabilmente tra i più significativi del Novecento italiano. Essa sanciva che

l'ordine planetario organizzato dal mondo capitalistico e dal mondo socialista [...] è l'amministrazione della tecnica da parte di chi oggi vive bene sul pianeta: l'ordine che oggi esiste nel mondo è l'amministrazione capitalistico-socialista dell'apparato scientifico-tecnologico. [...] Tale ordine è la dominazione della tecnica, cioè essa stessa la destabilizzazione più radicale di tutta la tradizione dell'Occidente.¹

Per convinzioni come queste, coerenti con quello che fu il suo pensiero fin dagli anni giovanili, Severino fu spesso fatto oggetto di biasimo anche aspro, ma – pur con i distinguo necessari alla complessità del suo pensiero – non si può negare che avesse saputo ben vedere, come altri prima e dopo di lui.

Condivisa, tra l'individualismo capitalista di GAMMAX e le parodie del comunismo e del socialismo, è la volontà di potenza, condiviso è il disprezzo per i valori che dovrebbero caratterizzare le società che abbiamo considerato libere e basate sullo stato di diritto, e con-

divisa è anche una visione dall'alto in basso della società, in cui i cittadini devono essere indirizzati e consigliati da chi li conosce meglio di loro stessi. La nostra vita è oggi fatta di dati. E chi controlla i dati controlla la nostra vita. I profeti di GAMMAX, alle cui mani abbiamo affidato il nostro destino, dal basso di un livello culturale imbarazzante pontificano dispensando consigli, e sono gli stessi che sviluppano e controllano i sistemi di IA. Questi «parassiti di valori», sublimazione della categoria riferita da Hans Speier² agli impiegati che costituirono la spina dorsale del regime nazista, essendo privi di valori propri sono pronti ad assorbire quelli della classe di volta in volta dominante, fino al punto in cui il rapporto si rovescia e quella classe, sociale o politica che sia, finisce per identificarsi con loro. Hanno costruito e possiedono dapprima software e sistemi operativi. Poi datacenter. Poi strutture cloud. Poi cavi sottomarini per la trasmissione. Poi infrastrutture di rete in generale, terrestri, marine, spaziali. Il potere che la IA e i nuovi strumenti tecnologici aggiungono a quanto si poteva fare finora è immenso per proporzioni, e rappresenta un cambio di paradigma per metodo.

Ma lo abbiamo accettato, e ora non è più possibile tirarsene fuori. Né, del resto, lo vogliamo. Amiamo la nostra condizione. Quella relativa sicurezza economica garantita dal sistema dominante del capitalismo finanziario è il presupposto affinché ciascuno possa amare e difendere la propria posizione in un sistema del quale non può vedere le distorsioni. È soddisfatto della propria condizione, e questo è il principale strumento dei governi nella loro ricerca di stabilità. «L'amore per la schiavitù non può essere stabilito se non come il risultato di una rivoluzione profonda e personale nelle menti e nei corpi degli uomini.» Quella rivoluzione è arrivata, ma si tratta di una schiavitù molto più sottile di quanto Huxley potesse immaginare, una schiavitù che si realizza per gradi ed è oggi soltanto all'inizio, perciò tanto più impercettibile. E tanto più subdola, perché solo tra lungo tempo se ne vedranno appieno le conseguenze.

79. Un incolmabile divario sociale

Un fisico come Guido Tonelli sembra condividere le sollecitazioni di Wiener a una presa di coscienza, quando sostiene che solo un'umanità consapevole può usare strumenti così potenti, come l'intelligenza artificiale, «senza il rischio di farsi male». Si apre così lo scenario che completa e in realtà rende possibile quello costituito dal sistema di relazioni economiche e di potere: il divario conoscitivo (*knowledge divide*), di cui è parte il divario digitale (*digital divide*). Un'umanità consapevole significa *un'umanità che sa*. Ma ogni giorno di più, al perfezionarsi delle tecnologie, si può toccare con mano una distanza che si va allargando tra chi nuota nel mare digitale e chi ne rimane escluso. Anche chi ha rudimenti di utilizzo del computer, della rete internet o ricorre al cloud per avere uno spazio di archiviazione, trova esoterici e incomprensibili persino concetti elementari relativi al mondo della IA. Anche tra i giovani.

C'è urgente bisogno di consapevolezza. C'è bisogno di conoscenza diffusa. Ma, nonostante gli sforzi delle università e di insegnanti di scuola volenterosi, la conoscenza richiesta non andrà oltre cerchie ristrette e autoselezionate. Per un paradosso solo apparente, più l'ambiente digitale si va allargando a macchia d'olio, fino a ricomprendere quasi tutte le nostre attività, più le competenze della popolazione si fanno elementari e superficiali. Ogni operazione viene svolta in modo meramente passivo. Lo sfioramento di un dito su uno schermo tattile (i *touch screen* del nostro quotidiano) ne è la metafora: nessu-

no sa che cosa effettivamente accada sfiorando un punto dello schermo, quali processi algoritmici si attivino, quali dati vengano messi in gioco e chi potrà farne uso.

In realtà, il divario conoscitivo si va ampliando sempre più, sia perché la complessità dei sistemi aumenta di giorno in giorno e chi deve partire da zero per comprenderne il funzionamento è escluso in partenza; sia perché l'utente medio non solo non è in grado capire, come constatava Weizenbaum, ma *non ne sente il bisogno*, esattamente come è accaduto per la messa a disposizione dei dati nelle attività online e sui social media; sia perché questo divario è *funzionale al sistema complessivo di rapporti sociali, economici e di potere*. Delle aziende dominanti, degli Stati – autocratici soprattutto, ma non solo –, di specifici gruppi sociali.

La divaricazione tra le classi della società, e quella tra chi è in grado di conoscere e gestire questi strumenti e tutti gli altri, si andrà perciò ampliando fino a diventare incolmabile, e renderà non solo possibile, ma appunto necessaria una maggiore concentrazione nella gestione del potere a fini di controllo e come garanzia di stabilità sociale. Questo sarà surrettiziamente presentato anche come forma di garanzia per evitare di lasciare nelle mani di poche e potentissime aziende private il governo delle opinioni, del mondo del lavoro, della informazione, della società stessa. Siamo già dipendenti da reti private di satelliti per gestire azioni di guerra e forme di comunicazione; siamo già dipendenti – e parliamo di Stati, università, enti sovranazionali – da sistemi privati di software e cloud controllati da pochissimi attori globali, molto lontani da noi, eppure vicinissimi. I sistemi politici degli Stati non potranno che adeguarsi: e la democrazia disperantemente appare come il sistema meno funzionale allo scopo.

80. Vivere nel Panopticon

La soluzione adottata dai legislatori, in relazione ai dati che dicono tutto della vita di ciascuno di noi a chi quei dati gestisce e controlla e vende, è perfettamente coerente con un sistema di cui siamo noi a scegliere di far parte, concedendo ad altri il controllo, con atto deliberato. L'atto deliberato, conseguente alla soluzione adottata dai legislatori, è un *click* sull'invito ad accettare i «biscottini» (*cookies*, metafora anche questa riuscitissima).

Quella funzione di sorveglianza finora affidata alla polizia, alla magistratura, ai governi autoritari, è oggi frammentata e distribuita non sappiamo a chi: i nostri comportamenti, spostamenti, interessi, decisioni, frequentazioni, scelte etiche, religiose, professionali e personali, dati sanitari e biometrici, le parole che diciamo e quelle che scriviamo sui nostri dispositivi, sono precisamente catalogate giorno per giorno, utilizzate per allenare algoritmi, rese disponibili a venditori, istituzioni pubbliche e private, aziende che su quei dati basano la propria attività, dati che non saranno mai più dimenticati e di cui chiunque ne sia in possesso farà un uso a noi ignoto.

Tutto è cominciato con i censimenti della Bibbia,¹ nell'Antico Testamento, dove ora Jahvé, ora Satana ispirano al re Davide l'idea, che si rivelerà infelice, di censire il suo popolo, un computo punito con l'improvviso scoppiare di una grave epidemia. In alcuni casi, computare, classificare gli uomini è un passarli in rassegna, proprio come fa Proteo, il dio delle metamorfosi, con il gregge delle sue fo-

che, che ogni giorno, quando il sole raggiunge lo zenit, egli conta dopo averle fatte sdraiare in bell'ordine sulla battaglia.² James Frazer ha spiegato egregiamente che presso molte popolazioni, a ogni latitudine, contare persone o animali può attirare su di loro spiriti maligni, o persino la morte.³ La madre si guarda bene dal contare i propri figli «uno, due, tre», e alcune tribù dell'Africa orientale seguono la regola di non contare le proprie mandrie, e al loro rientro dal pascolo il padrone si limita a gettare uno sguardo sulla mandria per scoprire se per caso qualcuna delle sue bestie manchi dal novero. In Inghilterra, il costume popolare raccomanda di non contare le pecore, e così in Scozia, tanto per le persone quanto per le vacche: il mandriano deve possedere una conoscenza sommaria degli animali che gli sono affidati, li riconoscerà dal colore, dalla dimensione, da qualche segno particolare, ma eviterà accuratamente di contarli. Il numero, e il numero preciso, sono qualcosa di minaccioso.⁴

Per chi provi a immaginare per un solo momento di collocarsi nel centro di controllo di tutta la sconfinata mole di dati concessi in ogni momento a GAMMAX, come anche a qualche governo, sarà come trovarsi nella torre di osservazione del Panopticon, il carcere ideale progettato da Bentham alla fine del Settecento. Chi conserva qual-

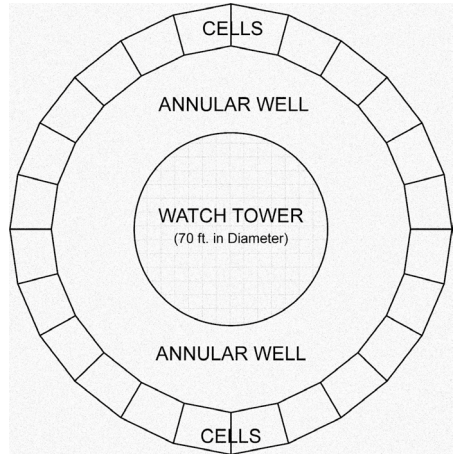


Figura 29: Il Panopticon di Bentham, in pianta. Il testo di Bentham relativo a questa parte del suo edificio recita: «L'edificio è circolare. I locali dei prigionieri occupano la circonferenza. Li chiamiamo "celle". Le "celle" sono separate le une dalle altre – e i loro prigionieri, grazie a questo espediente, non possono comunicare tra loro –, da "pareti divisorie" a forma di raggi che partono dalla circonferenza verso il centro e che si estendono in lunghezza tanto quanto sarà ritenuto necessario per formare una cella che sia la più larga possibile. Il locale dell'ispettore occupa il centro; possiamo chiamarlo la "residenza dell'ispettore". Nella maggior parte dei casi, se non in tutti, sarà utile avere uno spazio vuoto o un'area tutt'attorno, tra il centro e la circonferenza. La chiameremo "area intermedia" o "anulare"».

che rudimento del greco magari studiato a scuola, vede il senso del termine: osservare tutti e ogni cosa. Di Argo Panoptes, antico gigante greco, si diceva avesse due occhi davanti e due dietro, e anzi cento occhi o forse più, sicché per dormire ne chiudeva ogni volta cinquanta. Il Panopticon di Bentham era non solo il carcere ideale, ma anche qualsiasi istituzione in cui fosse richiesta una sorveglianza costante, «in cui, nei limiti di uno spazio che non sia troppo esteso, è necessario mantenere sotto sorveglianza un certo numero di persone»: come scrive Bentham stesso, in questo modo si può non solo «riformare la morale, preservare la salute, rinvigorire l'industria, diffondere l'istruzione», ma anche «stabilizzare l'economia come sulla roccia».

In esso, un solo sorvegliante poteva controllare tutti i prigionieri, poiché l'edificio aveva forma circolare, con un vano centrale anch'esso circolare, in cui una torretta ospitava il guardiano. Dal tetto in vetro che copriva l'edificio entrava la luce, e le celle erano disposte lungo il perimetro, con una porta da un lato e una finestra dall'altro, dalla quale il recluso poteva essere osservato dal guardiano che, collocato al centro, riusciva a controllarle tutte.

Ma l'elemento chiave del Panopticon è che il singolo recluso *non sa di essere osservato*: e proprio perché non sa verso chi il guardiano stia dirigendo lo sguardo, egli è indotto a comportamenti rispettosi delle regole per il costante timore di essere sotto osservazione. Il sorvegliato si adegua così spontaneamente al sistema di controllo, ne interiorizza i principi, senza che vi sia necessità di ricorrere alla violenza o a forme di coercizione.

Bentham non era un folle visionario, conosceva il Cesare Beccaria di *Dei delitti e delle pene* e aveva un'idea precisa dello scopo della pena e della reclusione: per lui, «essere incessantemente sotto gli occhi di qualcuno che ti osserva significa perdere la capacità di fare il male». Michel Foucault, che dall'idea di Bentham fu molto colpito, descrisse ogni cella come un piccolo teatro, che mette in scena la solitudine dell'attore, di fronte a un pubblico che lui non può vedere e che invece lo osserva costantemente. Oggi quel teatro, quella cella è la nostra vita, costantemente e per scelta sotto osservazione, senza che noi si sappia in che misura.

81. Panopticon e Datacenter

Per arrivare al Panopticon, Bentham, filosofo utilitarista, giurista riformatore e sostenitore delle privatizzazioni, scrisse un testo il cui frontespizio si presentava così:

Gestione dei Poveri,

ovvero,

Progetto contenente i principi di costruzione di un edificio in cui persone di ogni genere siano tenute sotto osservazione e in particolare Penitenziari, Prigioni, Industrie, Ospizi di mendicità,

Case per poveri, Fabbriche, Manicomi, Ospedali, e Scuole.

Il primo edificio a cui applicare il nuovo sistema era la fabbrica di proprietà dello stesso Bentham. In essa lavoravano dei carcerati, che ora potevano essere sostituiti da poveri, in modo da dar loro aiuto secondo la legge proposta da Thomas Gilbert. Poi vennero 250 enormi Ospizi di mendicità, ovvero edifici che potevano ospitare ciascuno circa duemila poveri ai quali affidare qualche forma di lavoro e da sottoporre a una dieta ferrea e chiaramente descritta con tanto di quantità di cibo per ciascun individuo. In questo modo si privatizzava l'assistenza ai bisognosi, e il progetto di Panopticon di Bentham era ideale per ottimizzare il rapporto costi (di sorveglianza) / benefici (il pieno e costante controllo).¹

Il centro del Panopticon ideale, il più efficace ed economico, da

cui osservare un numero potenzialmente sconfinato di «dimoranti» volontari, è costituito senza dubbio dagli odierni datacenter di GAMMAX e da quelli di poche altre aziende e governi. Qui è davvero riposta la fonte di ogni conoscenza, la possibilità di osservare chiunque in ogni momento, di conoscerne la storia passata e presente e orientarne quella futura. Il bel romanzo (ma è un romanzo, o piuttosto una descrizione?) di Dave Eggers, *The Circle*, con film annesso, non è che la rappresentazione di un frammento di questo nuovo mondo, il mondo descritto anche da Cincinnatus (come si fece inizialmente chiamare Edward Snowden) e dal sodale, il giornalista Glenn Greenwald.²

Nel progetto delineato da Curtis Yarvin,³ diretto ispiratore dei sostenitori di Donald Trump nel 2024, si legge che nel nuovo Stato la sicurezza pubblica sarà garantita da un sistema in cui

tutti i residenti, anche i visitatori temporanei, portano con sé una carta d'identità con risposta RFID. Tutti sono sottoposti a genotipizzazione e scansione dell'iride. I luoghi pubblici e i sistemi di trasporto tengono traccia di tutti. Telecamere di sicurezza ovunque. Ogni auto sa dove si trova e chi è seduto al suo interno, e comunica alle autorità entrambe le cose.

Tutti questi sistemi di identificazione e tracciamento sono ora attivi, inclusi sistemi RFID⁴ nelle carte di identità elettroniche. È dai poveri che si comincia, come sempre. Offrendo denaro in cambio di dati biometrici. Il progetto Worldcoin, avviato da OpenAI (la società di ChatGPT) e mascherato sotto la nobilitante etichetta di Tools for Humanity, in cambio di qualche decina di dollari pagati rigorosamente in criptovalute procede alla scansione della retina di cinque milioni di persone in tutto il mondo. C'è la fila, fuori dalla discoteca Palermo Groove a Buenos Aires, in Argentina, per mettersi di fronte agli Orbs, tre sfere cromate che svolgono efficacemente il loro compito e chiedono educatamente il permesso alla condivisione dei dati raccolti.

Poi non resterà che combinare tra loro i diversi tipi di dati e sistematizzare l'insieme.

Va anche sottolineato che chi osserva dal centro del nostro moderno Panopticon non è a sua volta osservato. Di norma non sappiamo chi sia, cosa faccia dei nostri dati, cosa esattamente conosca di noi, come sfrutti questa conoscenza. A chi abbia letto Platone, basterebbe questo a essere messo in guardia: se nessuno lo osserva, dice Platone, l'uomo è capace delle peggiori nefandezze. Nella sua opera più politica, la *Repubblica*, per dimostrare questa sua convinzione Platone racconta la storia di Gige, il pastore che, trovato un anello magico in grado di renderlo invisibile, si risolse a sedurre la regina e uccidere il re di cui era al servizio. L'esempio serve a Platone per dissuadere dal riporre eccessiva fiducia nelle doti morali dell'uomo: dare a un individuo un potere fuori dall'ordinario ne solleciterà le pulsioni più segrete. Wiener, nella frase posta in esergo a questo libro e resa pubblica solo di recente, sembrava pensarla allo stesso modo.⁵

Le regole morali, avvisa ancora Platone, funzionano quando si è in una comunità di individui che condivide alcuni principi e norme, in cui si debba rendere conto agli altri delle proprie azioni, e si sia sotto il loro controllo o almeno sussista la possibilità di essere osservati. Se il computer come maschera, e l'anonimato concesso dalle interazioni online sono stati oggetto di studi che hanno voluto vedere in essi il ruolo dell'anello di Gige, altrettanto non è stato fatto per quello che è il vero potere dietro una invisibilità assoluta:⁶ quella di cui gode chi ha accesso all'insieme dei dati e può gestire gli algoritmi deputati ad analizzarli. Vale a dire, i pochissimi che governano il nuovo mondo.

82. Meno perfezione, più libertà

È probabile che vi sia un punto di equilibrio tra l'essere umano, gli esiti della sua creatività e il mondo che lo circonda, ma trovarlo richiede un percorso complesso il cui esito non è scontato. La nostra fiducia razionalistica nella tecnologia presenta a volte tratti infantili. «La ragione» diceva già Brouwer «non coglie mai il mondo nella sua interezza» e la scienza applicata è la sublimazione di questa ragione centralizzata, ridotta a strumento analitico al servizio di un illusorio benessere che richiede appunto efficienza e stabilità. In suo nome, in nome di questa utopia realizzata, siamo pronti a sacrificare la libertà dell'essere divino che è in noi.

La storia ci dimostra che il mondo, come la mente umana, tende a sfuggire dalle gabbie nelle quali continuamente abbiamo cercato di rinchiuderlo. È straordinariamente affascinante osservare come chi tra noi studi la mente dell'uomo e si provi a curarne quelle che consideriamo deviazioni abbia minuziosamente catalogato, di quelle deviazioni, ogni forma e modo e manifestazione. L'esistenza stessa di un manuale che in mille pagine¹ tenta di catalogare i «disordini» mentali dice molto di noi e della nostra idea di «ragione» e «normalità», con il suo tentativo e la sua ferrea volontà di ordinare il disordine.

Incapaci di accettare ciò che sfugge alle nostre categorie, abbiamo mostrato fin dalle origini della civiltà il bisogno di identificare e classificare, per poter riconoscere e controllare. Il più antico strumento elaborato dall'uomo per trasferire ordine e direzione alle co-

se è la lista, l'elenco, che nasce insieme con la scrittura ed è specchio di tale bisogno profondo. L'organizzazione del reale, così come quella dell'immaginario, presuppone un ordine di successione e una rete di connessioni che sono mentali e trovano espressione appunto per via della scrittura. Si deve ai sumeri del IV millennio a.C. il primo esempio di proiezione del mondo su delle tavolette d'argilla, in forma di segni organizzati per colonne verticali e linee orizzontali, con un obbligo di direzione che va dall'alto in basso e da sinistra a destra.

Non è così che il mondo è organizzato: lo è però la forma assunta dalla sua descrizione, in ogni cultura, e questa imposizione di uno schema non è priva di conseguenze, poiché ha determinato il nostro modo di pensare il reale. Da sempre, l'uomo ha bisogno di ordine e di orientamento: ne ha un bisogno fisico, e il suo apparato vestibolare, quella meraviglia ospitata nel labirinto dell'orecchio interno che permette di orientarsi, mantenere l'equilibrio, individuare la direzione, sta lì a dimostrarlo.

Questa struttura direzionale orientata ha la stessa forma in cui gli eventi si succedono nei rituali della creazione o nell'ordinamento di una liturgia, codificazione designata appunto con il concetto di «rito». E ha struttura rituale una delle caratteristiche fondamentali del mondo algoritmico: in esso, infatti, l'ordinamento dei dati, la loro successione e gerarchia, sono il presupposto per il funzionamento dell'intero sistema. «Io credo», scriveva Donald Knuth, uno dei padri della moderna programmazione, riferendosi al fondamentale volume del 1973 sugli algoritmi di ricerca e ordinamento, «che pressoché ogni aspetto importante della programmazione ha origine da qualche parte nel contesto dell'ordinamento o della ricerca.»²

A chi voglia sfuggire a questa ossessiva ricerca di ordine e controllo, non resta che la deviazione, lo scarto di lato. La follia.

83. Efficientismo e ricerca di senso

«Buon giorno»,
disse il piccolo principe.
«Buon giorno»,
disse il mercante.
Era un mercante di pillole perfezionate
che calmavano la sete.
Se ne inghiottiva una alla settimana
e non si sentiva più il bisogno di bere.
«Perché vendi questa roba?»
disse il piccolo principe.
«È una grossa economia di tempo»,
disse il mercante.
«Gli esperti hanno fatto dei calcoli.
Si risparmiano cinquantatré minuti la settimana.»
«E che cosa se ne fa di questi cinquantatré minuti?»
«Se ne fa quel che si vuole...»
«Io»,
disse il piccolo principe,
«se avessi cinquantatré minuti da spendere,
camminerei adagio adagio verso una fontana...»

Appendice

Breve e ottimistico viaggio tra le promesse della nuova medicina

Un giorno di venticinque anni fa, un tram mi portava dal centro di Milano verso quella che era per me una lontana periferia, sulla direttrice che univa Milano a Pavia. All'Istituto clinico Humanitas di Rozzano mi aspettava Nicola Dioguardi, che quell'istituto aveva prima immaginato, poi creato, e che ora dirigeva. Epatologo di fama internazionale, era autore di un manuale di semeiotica medica sul quale si erano formate generazioni di studenti e che io possedevo per aver studiato la teoria dei segni nella medicina antica. Il professor Dioguardi aveva poi ai miei occhi un fascino del tutto particolare per essere stato campione del mondo di scherma ai mondiali del 1949. Comprensibilmente orgoglioso di un ospedale concepito, finanziato, costruito e inaugurato nel giro di pochi anni, allora il più moderno in Italia, me ne raccontava le meraviglie passeggiando per gli ampi spazi comuni.

Parlavamo intanto di storia della scienza, passando da Ippocrate ai frattali: mi aveva chiesto di rivedere uno scritto che gli era stato commissionato dall'Istituto della Enciclopedia Italiana, voleva discuterne alcuni dettagli. A un certo momento, con mia sorpresa, citò Richard Dedekind, il grande matematico, l'ultimo allievo di Gauss all'Università di Gottinga: «Che cos'è e che significato ha il numero», chiese, la frase che dava il titolo a un lavoro famoso di cui conoscevo soltanto il titolo, *Was sind und was sollen die Zahlen*, per averlo for-

se adocchiato in qualche mia peregrinazione bibliografica. Ricordo bene il colloquio: a quegli anni dell'Ottocento, disse Dioguardi, va riportato l'inizio di quelle che chiamiamo scienze esatte. Oggi, aggiunse, la medicina deve trovare nuovi orizzonti, individuare nuovi oggetti, capire «che cos'è e che significato ha quell'oggetto che chiamiamo organo». E concluse: «Il punto è che la medicina ha ormai esaurito molte sue possibilità scientifiche e gran parte del suo compito sociale tradizionale».

Non ero sicuro di aver capito bene che cosa intendesse. Tornò ai frattali di Mandelbrot, ipotizzandone l'applicazione allo studio del fegato, con misure quantitative precise dell'organo e dei suoi componenti più elementari. A settantasette anni, insisteva sulla necessità di una medicina basata su dati, misurazioni, una medicina di precisione. L'anziano ma giovanissimo studioso aveva intravisto prima di altri la strada che ci avrebbe portati dove siamo oggi.

Tornai a casa portando con me una videocassetta (già: una videocassetta!) dal titolo «*Computer liver: studio computer-assistito dell'epatone e dell'epatonesso*». La conservo ancora, insieme con i materiali preparatori di un libro che avremmo dovuto scrivere insieme e non scrivemmo. Nel fascicolo illustrativo che l'accompagnava, ritrovai buona parte di quel che Dioguardi mi aveva anticipato a voce, incluso Dedekind. In aggiunta, due citazioni dal *De rerum natura* di Lucrezio su «quegli elementi primordiali che non possono essere visti dagli occhi, [...] e che esistono in natura pur non potendo essere veduti».

L'algoritmizzazione di ogni aspetto della nostra vita promette di realizzare oggi quelle attese, quelle intuizioni, proponendo una trasformazione radicale della medicina e della scienza in genere: a cui offre un nuovo compito e nuove possibilità.

A1. Magnifiche sorti e progressive: la rivoluzione

Tutti quei processi, tutte quelle attività che richiedono maggiore efficienza, la avranno. La trasformazione sarà radicale. Il tasso di errore eliminato o enormemente ridotto. Le differenze normalizzate. La medicina è attesa da una rivoluzione. È il campo d'azione più importante per la vita dell'uomo, il più antico. Ha sempre avuto come banco di prova la vita o la morte del paziente, e per questo ha sempre accompagnato la storia dell'individuo e della società, per questo ha sempre avuto uno statuto diverso da qualsiasi altra disciplina scientifica o tecnica.

L'impatto della intelligenza artificiale e delle reti neurali nell'ambito della diagnosi sarà straordinario, per rapidità e precisione delle valutazioni. Gli algoritmi potranno essere istruiti sulla base di una quantità di dati enormemente superiore a quella che un singolo medico, anche il più esperto e aggiornato, o una équipe, possono assimilare e mettere a frutto. Potenzialmente, un software di diagnostica medica basato su IA può conoscere tutti i casi registrati al mondo di una certa patologia, imparare da questo allenamento ad affinare le proprie capacità: i risultati sono strabilianti. Da sempre, del resto, chiunque debba sottoporsi a un trattamento medico o a un intervento chirurgico si rivolge, se è in condizione di farlo, allo specialista che abbia al suo attivo il maggior numero di interventi in quel campo, confidando che quell'esperienza lo renda più affidabile.

Più ancora promette la medicina di precisione, ambizione tra le

maggiori e più significative delle ricerche mediche degli ultimi decenni in stretta correlazione con la genomica: ogni intervento, terapia, prognosi si fa individuale, vede il paziente nella sua variabilità come un unicum e non più le persone affette da una malattia come categoria unitaria. La cura viene commisurata, adattata, personalizzata. Si annuncia così la realizzazione di un sogno dell'intera storia della medicina, giacché il concetto della centralità del paziente come individuo era già di Ippocrate e della medicina antica.

A2. Tumori e sistema immunitario

Con macchine sempre più potenti e «intelligenti» affiancate alle già promettenti ricerche sugli anticorpi monoclonali, sul cancro, sulle malattie degenerative, su ogni ambito, si avvicina il coronamento di tanti sforzi e di quelle visionarie intuizioni. Il campo che promette di più e per il quale maggiore è l'attesa è certo quello di una immunoterapia molto più efficace di quel che accade ora, e dei connessi studi sui vaccini a mRNA per il cancro:¹ partiti solo nel 1996, sembravano ipotesi non più che futuribili, sono invece annunciati nel giro di pochi anni risultati rivoluzionari. Il Cancer Vaccine Launch Pad, accordo di collaborazione stipulato nel gennaio 2023 dal governo britannico e da Genomics England con la società BioNtech – quest'ultima diventata familiare a chiunque durante l'epidemia di Covid-19 che ha fermato la società tra il 2020 e il 2021 –, prevede trattamenti individualizzati di immunoterapia a mRNA per migliaia di malati di cancro in Gran Bretagna. Studi in fase 3 mirano al melanoma e ad altri bersagli: il principio è che non esistono due forme identiche di cancro, e i nuovi «vaccini» conterranno una sorta di mappa genetica per stimolare il sistema immunitario ad attaccare le cellule nemiche.

Il lavoro è in corso da tempo, ma il contributo della IA sarà essenziale: per fare immunoterapia, serve conoscere il sistema immunitario. Di tutti, di ogni singola persona. Una gigantesca mappa del sistema immunitario umano, che consideri la risposta immunitaria di ogni singolo individuo, come promette il progetto, altrimenti irre-

alizzabile, chiamato Human Immunome Project (HIP): dati raccolti in tutti i continenti inizialmente da dieci, poi da cento centri di ricerca, una delle più ambiziose iniziative per capire il funzionamento del corpo umano e della sua componente più importante per la vita e l'interazione con l'ambiente. Una strategia impostata su una durata di dieci anni, una quantità di dati senza precedenti, provenienti da ogni popolazione umana con lo specifico obiettivo di andare al di là dei dataset esistenti, spesso eurocentrici e comunque disparati e limitati. Un motore di IA costruito appositamente analizzerà i dati, favorirà lo sviluppo di farmaci, le diagnosi, i vaccini. Un motore da istruire e allenare sulla base dei dati via via disponibili e progressivamente affinare al loro moltiplicarsi.

Verrà il giorno in cui si potrà risparmiare spazio sui bugiardini dei medicinali, quello destinato alla sezione sui potenziali effetti avversi. Non accadrà più che un'aspirina porti beneficio a un paziente e provochi gravi danni al sistema nervoso a un altro.

A3. I mattoni del corpo e il loro ritratto

Analogamente, la grande Protein Data Bank, che raccoglie le strutture tridimensionali di migliaia di proteine, è un tentativo di raggiungere una migliore comprensione della complessità della vita umana attraverso lo studio delle singole fasi che la caratterizzano nelle sue componenti essenziali. In questo campo, le predizioni computazionali si sono dimostrate superiori a qualsiasi procedura alternativa «a base umana» (*human-based*), come si potrebbe chiamare. Nell'analisi della struttura e interazione delle proteine, un algoritmo come RosettaFold¹ del 2021, che integra modelli di *deep learning* e capacità sviluppate autonomamente dalla macchina con alcuni aspetti della ricerca «a base umana», ha completato in pochi minuti procedure computazionali di complessità inimmaginabile, e si è dimostrato più veloce anche dell'altrettanto potente e innovativo algoritmo AlphaFold² di Google Deepmind – che ha raggiunto un grado di precisione quasi pari a quello dei metodi sperimentali, e ha ottenuto un premio Nobel.

Con gli sviluppi della radiomica, l'interpretazione delle immagini radiodiagnostiche vive una trasformazione radicale: estrarre da tomografie, ecografie, risonanze magnetiche informazioni di tipo numerico che permettono di identificare con altissima precisione la patologia, in particolare se oncologica, predirne gli sviluppi, capire quali trattamenti potranno dimostrarsi più efficaci. La disciplina esiste da qualche decennio, ma è con i progressi degli algoritmi di

machine learning e intelligenza artificiale che si è verificata la svolta. Come fosse la stampa della distribuzione spaziale dei numeri di Nils Barricelli (§ 28), si considerano i valori numerici corrispondenti alle caratteristiche dell'immagine e dunque del tessuto analizzato: per esempio considerando l'intensità dei grigi, si osserva la loro distribuzione, si ottengono matrici di dati che vengono sottoposti ad analisi automatizzata in vista di una decisione, che per ora resta umana, ma verrà presto delegata a sua volta.

L'ambito della chirurgia robotica controllata da IA è un'altra sfida dalle potenzialità oggi imprevedibili, ma si può in realtà affermare senza troppe esitazioni che sempre più decisioni mediche di routine saranno demandate alla IA nella sua autonomia, mentre nei casi in cui la complessità si fa sistemica, un'interazione ibrida uomo-macchina – quella che qualcuno ha chiamato «IA centauro» – può portare a risultati altrimenti impensabili, in tempi così rapidi come non era neanche possibile immaginare fino a dieci anni fa.

A4. Fisiologia umana virtuale

L'uomo fisiologico virtuale (Virtual Physiological Human, *vph*),¹ o «medicina *in silico*»: comprendere a fondo il *fisioma* di un individuo o di una specie, vale a dire l'insieme delle dinamiche fisiologiche dell'organismo normale. L'uso di *digital twins*, cioè di repliche digitali sempre più perfezionate di sistemi complessi che vanno da un organo umano a un edificio, da una città a una rete di telecomunicazioni, al clima, fino a quel sistema complesso che ci accompagna da sempre, il corpo umano, promette di dare un impulso notevolissimo alla ricerca. Riprodurre un corpo umano non significa soltanto riprodurre un corpo astratto, un'idea di corpo, ma riprodurre uno specifico paziente nella condizione in cui si trova in un certo momento, potendo sperimentare sul suo gemello digitale terapie e trattamenti, fare valutazioni diagnostiche e prognostiche, perfezionare senza rischi di effetti collaterali sul paziente *in vivo* un prodotto biomedico. La complessità è enorme, la ricerca di linee d'ordine nel disordine rappresenta un compito difficile quanto entusiasmante. Simulare processi biologici e medici reali in un ambiente virtuale attraverso modelli e simulazioni permette alla medicina *in silico* (o «medicina computazionale») la loro visualizzazione al computer, rendendo superflua la sempre rischiosa sperimentazione sul vivente, in questo caso sul paziente stesso.

Il progetto Virtual Physiological Human (*vph*), iniziativa europea collaborativa, vuole definire metodi, principi e tecniche per stu-

diare il corpo umano come un unico sistema complesso, quale del resto esso è. Condividere risorse e osservazioni da parte di istituzioni e organizzazioni nazionali e internazionali, creando modelli informatici disparati ma integrati delle funzioni meccaniche, fisiche e biochimiche di un corpo umano vivente permetterà una conoscenza altrimenti impossibile di quella meravigliosa macchina che è la fisiologia umana, basandosi su ampie raccolte di dati anatomici, fisiologici e patologici in formato digitale, effettuando simulazioni predittive per lo sviluppo di tecnologie e soluzioni terapeutiche da utilizzare nella pratica clinica sul paziente che nel frattempo osserva fiducioso il suo gemello virtuale.

Galeno ne sarebbe stato affascinato. Quando, mentre si occupava della salute di Marco Aurelio, scrisse il suo straordinario, vastissimo trattato sulle funzioni delle diverse parti del corpo umano (*De usu partium corporis humani*: settecento pagine di greco, che avranno richiesto di scuoiare numerose pecore, capre o vitelli solo per poter procurare la pergamena necessaria a contenerle) – cercando di capire a cosa mai servissero tutti quei nervi, quei muscoli, quegli organi piccoli e grandi che spesso non avevano ancora neanche un nome e a cui un demiurgo aveva assegnato uno scopo preciso che stava a noi, e anzi a lui, scoprire –, usava anche lui dei gemelli del corpo umano su cui fare osservazioni e sperimentare: erano scimmie, conigli, lepri, gatti, cani, lupi, pecore, capre, maiali, cervi, asini, cavalli, e poi anche foche, delfini, balene, granchi, aragoste, topi, serpenti e via elencando. Chissà se un gemello digitale lo avrebbe convinto, trattandosi di opera dell'uomo e non di un'entità di natura divina.

Nei processi di fisiologia virtuale, invece di suddividere i sistemi biologici seguendo una scala dimensionale (dal grande al piccolo: corpo, organo, tessuto, cellule, molecole) o un approccio disciplinare (biologia, fisiologia, biofisica, biochimica, biologia molecolare, bioingegneria) o in accordo con i tradizionali sottosistemi (in particolare quelli anatomici: cardiovascolare, muscoloscheletrico, gastrointestinale, ecc.), la potenza di calcolo delle nuove macchine unita alla efficienza di algoritmi sempre più complessi permette di realizzare la riproduzione non solo di un organo o dell'evoluzione di una specifica patologia, ma di ciascun singolo paziente nella sua interezza,

potendosi così disporre di un alter ego digitale su cui testare anticipatamente e in modo perfettamente attendibile ogni possibile soluzione terapeutica e osservarne le conseguenze prima di impiegarla sul malato.

Farlo non è tanto facile quanto raccontarlo in termini banali come quelli appena utilizzati: ma i risultati sono concreti e convincenti. L'evoluzione dei «gemelli digitali» promette di cambiare radicalmente il nostro rapporto con questi «altri noi» capaci di rappresentare non solo il nostro sistema fisiologico e anatomico, ma anche la dimensione emozionale e le modalità della relazione interpersonale.

A5. Il nuovo medico e il suo assistente

La storia di Watson Health di IBM, ora ceduto alla società Merative, è istruttiva, come lo sono altre iniziative di tutte le maggiori società impegnate nella IA, per le quali la medicina si annuncia come una gallina dalle cyber-uova. Già molti anni fa, IBM annunciava un sistema che potesse essere di supporto alle decisioni cliniche, mediante uso di linguaggio naturale, generazione di ipotesi e capacità di apprendimento basate su evidenze, dette anche prove di efficacia (*evidence-based*), e IA. L'idea di partenza prevedeva che un medico ponesse una domanda al sistema, descrivendo sintomi e altri fattori rilevanti. Watson – che da amico e collaboratore di Sherlock Holmes poteva ora mettere in pratica quanto aveva appreso nell'appartamento di Baker Street – avrebbe analizzato i dati in ingresso per identificare quelli più rilevanti, scavato nella storia anche ereditaria del paziente, esaminato le banche dati disponibili per avanzare ipotesi, fornito suggerimenti per intervenire.

Questo è, ormai, preistoria, non più che l'inizio di un percorso che ha raggiunto oggi capacità formidabili: con sistemi che non hanno bisogno dell'interazione con il medico, capaci di analizzare autonomamente i risultati delle indagini di *imaging* e fornire valutazioni con precisione molto maggiore di quanto possa fare il medico. Si diceva, al tempo, che Watson di IBM avrebbe riassunto in sé le conoscenze di mille oncologi: oggi, con la potenza della IA e dei nuovi processori, questi sistemi possono riassumere in sé, potenzialmen-

te, le conoscenze di tutti gli oncologi. Più il singolo medico farà domande, più introdurrà dati di ogni tipo, più i progetti nazionali e internazionali renderanno disponibili database di dimensioni sempre più vaste, tanto più la IA potrà rendersi autonoma e le macchine agire senza necessità di guida.

Oggi abbiamo dati che assommano, per ogni singolo paziente, a molti gigabyte l'anno, tra immagini, analisi, anamnesi, prognosi, esiti delle terapie. Il medico che, dopo una visita o al termine del turno in ospedale, trascrive al computer i dati relativi agli esiti del suo lavoro, sta insegnando alla macchina del futuro il proprio lavoro. Le sta consegnando le proprie conoscenze e competenze. La macchina raccoglie, analizza, impara. A poco a poco, i dati non devono più essere inseriti manualmente: le macchine sono in rete, le immagini vengono automaticamente memorizzate su un cloud, mappatura e sequenziamento dei genomi possono fornire elementi fondamentali, dati sul microbioma di ciascun individuo potranno essere integrati, mentre i dispositivi indossabili, a partire dai semplici «orologi» intelligenti (smartwatch), già raccolgono e trasmettono le loro rilevazioni. A breve, chip impiantati sottopelle potranno fornire elementi dettagliati in tempo reale su ogni singola funzione fisiologica. La IA non dispone più soltanto di basi di dati, ma anche di basi di conoscenza che finora erano riservate all'uomo.

Epilogo

Prajāpati generò le facoltà. Generate che furono, esse cominciarono a disputare tra loro. «Io parlerò» decise la parola. «Io osserverò» decise la vista. «Io ascolterò» decise l'udito. Del pari le altre facoltà secondo le loro funzioni. Allora la morte, fattasi stanchezza, le domò, se ne impadronì e, essendosene impadronita, le impedì [nelle loro funzioni]. Per questo la voce si stanca, si stanca la vista, si stanca l'udito. Ma la morte non riuscì a impadronirsi del soffio mediano. Le altre facoltà vollero conoscerlo, e dissero: «Questo è il migliore tra noi: sia che si muova, sia che non si muova, esso non è mai toccato da turbamento o da danno. Vogliamo dunque diventare una forma di lui». E forma di lui diventarono. Per questo dal suo nome i sensi hanno il nome di *prāṇa*.

Bṛhadāraṇyaka Upaniṣad, 1,5,21 (trad. C. della Casa)

Note complementari e integrazioni bibliografiche

Prologo

¹ Luitzen Egbertus Jan Brouwer, «Bertus» per gli amici, è stato uno dei più imprevedibili matematici del Novecento, padre della topologia e dell'intuizionismo matematico. Per lui giovanissimo, per fargli spazio, il suo maestro lasciò in anticipo la cattedra all'Università di Amsterdam. Brouwer era spaventato dalla progressiva alienazione dell'uomo nel mondo e auspicava un ritorno all'interiorità dove ritrovare il divino: il suo pessimismo nei confronti del dominio dell'intelletto era totale, qualcosa che ci avrebbe portati alla rovina. «La matematica e le sue applicazioni» disse «sono forme di peccato.» A ventiquattro anni – era il 1905 – tenne delle conferenze pubbliche che diedero forma compiuta alle inquietudini giovanili. Le riunì sotto il titolo di *Leven, Kunst en Mystiek* (*Vita, arte e mistica*), apparso in traduzione italiana presso l'editore Adelphi nel 2015. Il saggio di P. Zellini («Il soliloquio di un matematico») che accompagna il testo nell'edizione italiana aiuta a fare luce. Su Brouwer, il testo di riferimento è la biografia di D. van Dalen, *L.E.J. Brouwer, Topologist, Intuitionist, Philosopher. How Mathematics Is Rooted in Life*, Springer, London 2013 (nuova edizione dei due volumi di *Mystic, Geometer and Intuitionist: The life of L.E.J. Brouwer*, Oxford University Press, Oxford 1999).

Preambolo

¹ Dal film *The Creator*, regia di G. Edwards (2023). Su Nirmata, si veda il capitolo finale «In margine: una nota etimologica».

1. Il paradigma rovesciato

- ¹ Sulla nozione di algoritmo si veda più avanti, Addendum al § 5.

2. La domanda fondamentale

¹ Concilio Vaticano II, Costituzione pastorale sulla Chiesa nel mondo contemporaneo *Gaudium et spes*, art. 10.

² Con «comunità di destino» (*Schicksalsgemeinschaft*) qui s'intende il comune destino dell'umanità. È un concetto introdotto nel 1907 dal teorico marxista austriaco Otto Bauer, che lo usa per proporre una nuova idea di nazione intesa come comunità culturale formatasi attraverso un destino storico condiviso, ovvero come «comunità di carattere nata sul fondamento di una comunità di destino» («unsere [...] Lehre von der Nation als der aus Schicksalsgemeinschaft erwachsenen Charaktergemeinschaft», *Die Nationalitätenfrage und die Sozialdemokratie* [La questione delle nazionalità e la socialdemocrazia], Verlag der Wiener Volksbuchhandlung Ignaz Brand, Wien 1907, p. 150, n. 3). Bauer la affianca e confronta con i concetti di comunità di natura e comunità di cultura (ivi, pp. 21 e sg.). La nozione fu manipolata trent'anni dopo, prevedibilmente, dall'abiezione nazista, che finse di ignorarne l'origine, ma dopo la guerra rinacque in relazione al progetto europeo, soprattutto negli scritti di Edgar Morin (*Penser l'Europe*, Gallimard, Paris 1987).

3. Obiettivi, non processi

¹ Sull'*affective computing*, vale a dire la dimensione computazionale dell'espressione, simulazione e interpretazione delle emozioni, la letteratura è crescente. Il campo ha enormi implicazioni etiche. Si vorrà eventualmente consultare C. Misselhorn, T. Poljanšek, T. Störzinger, M. Klein (eds.), *Emotional Machines: Perspectives from Affective Computing and Emotional Human-Machine Interaction*, Springer, Wiesbaden 2023; G.K. Verma, *Multimodal Affective Computing: Affective Information Representation, Modelling, and Analysis*, Bentham Science Publishers, Singapore 2023; L. Tian, S. Oviatt, M. Muszynski, B.C. Chamberlain, J. Healey, A. Sano, *Applied Affective Computing*, ACM Books, New York 2022. Anche, in una prospettiva più ampia, Seng-Beng Ho, *Principles of Noology: Toward a Theory and Science of Intelligence*, Springer, Wiesbaden 2016.

4. Una nuova prospettiva per l'uomo nel mondo

- ¹ L'*Homo mensura* è in Platone, *Teeteto*, 152a 2; *Cratilo* 386a 1.

² Di G.R. Cardona si veda *I sei lati del mondo. Linguaggio ed esperienza*, Laterza, Roma-Bari 1985.

³ Si veda al § 63.

⁴ W. Benjamin, «Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit», in *Schriften*, Band I, herausgegeben von T.W. Adorno, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1955, pp. 366-405 (trad. it. *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Einaudi, Torino 1966, p. 41).

5. Principio di azione matematica autonoma

¹ C. O'Neil, *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*, Crown Publishers, New York 2016 (trad. it. *Armi di distruzione matematica. Come i big data aumentano la disuguaglianza e minacciano la democrazia*, Bompiani, Milano 2017).

² P. Zellini, *La dittatura del calcolo*, Adelphi, Milano 2018, p. 13.

³ David Hilbert fece della cittadina universitaria di Gottinga, in Germania, il centro più importante della matematica a inizio Novecento. Riferimento per chiunque, nel porre al Congresso di Matematica di Parigi del 1900 i primi nove dei suoi ventitré problemi aperti della matematica, disse: «Chi di noi non sarebbe felice di sollevare il velo dietro cui si nasconde il futuro; di gettare uno sguardo ai prossimi sviluppi della nostra scienza e ai segreti del suo sviluppo nei secoli a venire? Quali saranno le mete verso cui tenderà lo spirito delle future generazioni di matematici? Quali metodi, quali fatti nuovi schiuderà il nuovo secolo nel vasto e ricco campo del pensiero matematico?». Dopo aver ripensato i fondamenti della geometria, si propose come obiettivo l'assiomatizzazione completa della matematica, ma andò a sbattere contro le idee di un giovanissimo Gödel. Il nome di von Neumann, una delle menti più straordinarie del secolo scorso e forse la figura più influente nella storia dei calcolatori e non solo, non priva di aspetti controversi, tornerà spesso nelle pagine che seguono.

⁴ Kurt Gödel mise in crisi, a soli ventitré anni, sia Hilbert che von Neumann con i suoi teoremi di incompletezza, e costrinse a ripensare le fondamenta stesse del pensiero matematico e logico. Sono nomi che ricorrono continuamente in qualsiasi scritto che abbia a che fare anche solo marginalmente con la storia della scienza moderna e contemporanea. Su tutti, la bibliografia è sconfinata; chi non abbia voglia di spostarsi dallo schermo del computer può utilmente consultare le voci su Hilbert e Gödel nella Stanford Encyclopedia of Philosophy, mentre von Neumann è protagonista del godibile *Maniac* di B. Labatut (trad. it. Adelphi, Milano 2023). In *Turing's Cathedral: The Origins of the Digital Universe*, Knopf Doubleday, New York 2012 (trad. it. *La cattedrale di Turing. Le origini dell'universo digitale*, Codice, Torino 2012), di G. Dyson, si trovano i loro nomi ben associati alla storia del computer e dell'ambiente digitale.

Addendum al § 5: Che cos'è un algoritmo

¹ Sugli algoritmi, tuttora non sembra esserci una definizione universalmente condivisa, e questo è comprensibile, data la fluidità del concetto. A scanso di equivoci, la paretimologia proposta nel testo per *algoritmo* è un gioco, nato da uno spunto della collega grecista Sabrina Grimaudo dell'Università di Palermo.

² Il metodo di Eudosso di Cnido fu chiamato «metodo di esaustione» nel 1647 dal gesuita e matematico fiammingo Grégoire de Saint Vincent, noto per gli studi sulla quadratura del cerchio.

³ Tra i tantissimi lavori interessanti, qui si è fatto riferimento in particolare (in ordine cronologico) al classico A. Turing, «On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem», in *Proceedings of the London Mathematical Society*, 1936, 2, 42, pp. 230-265 (qui: pp. 249-251); A.N. Kolmogorov, V.A. Uspensky, «On the definition of an algorithm», in *American Mathematical Society Translations*, 1963, seconda serie, xxix, pp. 217-245; S.C. Kleene, *Mathematical Logic*, Wiley, London 1967, p. 223; M.L. Minsky, *Computation: Finite and Infinite Machines*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, 1967, p. 106; al fondamentale D.E. Knuth, *The Art of Computer Programming. Volume 1: Fundamental Algorithms*, Addison Wesley, Redwood City 1997, pp. 1-9; W. Rapaport, «Semiotic Systems, Computers, and the Mind: How Cognition Could be Computing», in *International Journal of Signs and Semiotic Systems*, 2012, 2, pp. 32-71 (in particolare l'Appendice); P. Zellini, «Effettività ed efficienza», in *Paradigmi: rivista di critica filosofica*, 2011, 3, pp. 73-87 e «Il soliloquio di un matematico», in L.E.J. Brouwer, *Vita, arte e mistica*, Adelphi, Milano 2015; R.K. Hill, «What an Algorithm is», in *Philosophy and Technology*, 2016, 29, pp. 35-59.

⁴ Il lavoro originario di Menabrea sulla Macchina di Babbage fu pubblicato sulla *Bibliothèque Universelle de Genève*, 1842, 82; la traduzione annotata di Ada Lovelace apparve, con il titolo di «Sketch of The Analytical Engine invented by Charles Babbage», sulle *Scientific Memoirs*, vol. 3, nel 1843, e fu subito ripubblicato come fascicolo separato presso i tipografi Richard e John E. Taylor. Su Babbage e Ada Lovelace si vedano anche § 72 e relativa nota.

6. Il mondo come rappresentazione

¹ Del processo Bokanovsky si parla in A. Huxley, *Brave new world*, Doubleday, New York 1932 (trad. it. *Il mondo nuovo*, Mondadori, Milano 1933). Si veda più avanti ai §§ 61 e 66.

² Per G. Duhamel, si veda *Scènes de la vie future*, Mercure de France, Paris 1930, p. 52. È citato da W. Benjamin, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, cit., p. 43.

³ George Berkeley (Kilkenny, 1685 - Oxford, 1753), filosofo e teologo, uno dei tre empiristi inglesi (con John Locke e David Hume). Il suo *Trattato sui principi della conoscenza umana* fu pubblicato a Dublino nel 1710.

⁴ L'ipotesi, e si direbbe la speranza, di una irriducibilità del reale alla sua rappresentazione, è di L. Pellizzoni, *Governare l'ingovernabile. Natura, neoliberalismo e nuovi materialismi*, Orthotes, Napoli-Salerno, 2023.

7. Le non-cose e la perdita della mano

¹ V. Flusser, *Dinge und Undinge. Phänomenologische Skizzen*, Hanser, München 1993, p. 81.

² Byung-Chul Han, *Undinge. Umbrüche der Lebenswelt*, Ullstein, Berlin, 2021 (trad. it. *Le non cose. Come abbiamo smesso di vivere il reale*, Einaudi, Torino, 2022).

³ A. Appadurai (ed.), *The Social Life of Things. Commodities in Cultural Perspective*, Cambridge University Press, Cambridge 1986.

⁴ La testimonianza di Galeno qui citata è in *De usu partium (Sulla funzione delle parti del corpo umano)* III, 1, 4ss., ed. Kühn (1, 3 ed. Helmreich).

⁵ La trattatistica sulla mano, e in particolare sulla mano come strumento dell'intelligenza, è ampia e variegata, e per restare all'epoca moderna va almeno da C. Bell, *The Hand, Its Mechanisms and Vital Endowments, as Evincing Design*, W. Pickering, London 1834 (parte di una serie intitolata *I trattati di Bridgewater sul potere, la sapienza e la bontà di Dio come manifestati nella creazione*), le cui prime pagine affrontano il tema delle conseguenze di considerare il corpo animale come una macchina, al libro di R. Tallis, *The Hand. A Philosophical Inquiry in Human Being*, Edinburgh University Press, Edinburgh 2003, fino al capitolo 5 di R. Sennett, *The Craftsman*, Yale University Press, New Haven 2008 (trad. it. *L'uomo artigiano*, Feltrinelli, Milano 2008), che si concentra sulla mano dell'artigiano.

⁶ J. Rifkin, *The Age of Access: The New Culture of Hypercapitalism, Where All of Life Is a Paid-for Experience*, Putnam, New York 2020 (trad. it. *L'era dell'accesso. La rivoluzione della new economy*, Mondadori, Milano 2000, p. 9).

8. Rappresentazione del linguaggio e omologazione culturale

¹ Sul linguaggio, fondamentale T. Winograd, *Language as a Cognitive Process*, Addison Wesley, Reading (MA) 1983.

² G. Steiner, *After Babel: Aspects of Language and Translation*, Oxford University Press, Oxford 1998, p. 12 (trad. it. *Dopo Babele. Aspetti del linguaggio e della traduzione*, Garzanti, Milano 2004).

9. *Verso un'unica cultura universale*

¹ Sul problema della riduzione della varietà delle lingue, si veda P.K. Austin, J. Sallabank, *The Cambridge Handbook of Endangered Languages*, Cambridge University Press, Cambridge, 2011, in cui oltre ad avere un quadro della situazione (D. Bradley, pp. 66-77), si prova anche a vedere il bicchiere mezzo pieno (G. Holton, «The Role of Information Technology in Supporting Minority and Endangered Languages», pp. 371-399), sulla base di quello che era stato un punto di partenza in questo senso, vale a dire L. Buszard-Welcher, «Can the Web Help Save My Language?», in L. Hinton, K. Hale (eds.), *The Green Book of Language Revitalization in Practice*, San Diego Academic Press, San Diego 2001, pp. 331-345. Si vedano poi M. Yoshiki, K. Shigeaki, «Measuring Linguistic Diversity on the Web», in L. Vannini, H. Le Crosnier, (eds.), *Net.lang. Towards the Multilingual Cyberspace*, C&F Éditions, Caen 2012, pp. 121-139.

² I. Zaugg, «Imagining a Multilingual Cyberspace. How The Internet Damaged Linguistic Diversity, and What You Can Do to Fix It», <https://findingctrl.nesta.org.uk/imagining-a-multilingual-cyberspace/>.

³ G. Rehm, «Digital Language Extinction as a Challenge for the Multilingual Web», in *w3c Workshop Report: New Horizons for the Multilingual Web*, Madrid, 7-8 maggio 2014, <https://www.w3.org/International/multilingualweb/2014-madrid/slides/rehm.pdf>.

⁴ Sull'universalismo digitale: D. Fiormonte, D. Schmidt, P. Monella, P. Sordi, «The Politics of Code. How Digital Representations and Languages Shape Culture», conferenza al 4th ISIS Summit – *The Information Society at the Crossroads*, Vienna, 3-7 giugno 2015. Fiormonte è spesso intervenuto su questi temi e a sostegno delle iniziative di «resistenza» in alcune regioni del cosiddetto «Sud del mondo». Di qui il riferimento al «potere di standardizzazione e controllo».

⁵ Su altri aspetti politici, etici ed epistemologici delle tecnologie digitali, si vorranno anche consultare i lavori di T. Numerico, tra cui «Social network e algoritmi di machine learning: problemi cognitivi e propagazione dei pregiudizi», in *Sistemi intelligenti*, 2019, 31, 3, pp. 469-494; *Big data e algoritmi: Prospettive critiche*, Carocci, Roma 2021; D. Della Ratta, G. Lovink, T. Numerico, P. Sarraam (eds.), *The Aesthetics and Politics of the Online Self: A Savage Journey into the Heart of Digital Cultures*, Palgrave Macmillan, London 2022.

⁶ Su SGML (Standard Generalized Markup Language), un metalinguaggio concepito per descrivere i diversi linguaggi in cui sono scritti i testi e la loro struttura, e sul connesso progetto TEI (Text Encoding Initiative), iniziativa collettiva per elaborare uno standard per la rappresentazione di testi in formato digitale, bastino per il primo <https://www.w3.org/MarkUp/SGML/>, per il secondo <https://tei-c.org/>.

11. Uno schema eptadico, ovvero: le sette fasi della costruzione del mondo

¹ Cellarius, ovvero S. Butler, «Darwin Among The Machines», in *The Press*, Christchurch (Nuova Zelanda), 13 giugno 1863, poi ripreso alla fine del romanzo *Erewhon* (1872; trad. it. Adelphi, Milano 1975). Butler fu peraltro ottimo traduttore di *Iliade* e *Odissea*, e il suo *Erewhon*, una critica alla civiltà delle macchine, ispirò direttamente *Il mondo nuovo* di Huxley.

13. Qubit

¹ R. Feynman, «Simulating Physics With Computers», in *International Journal of Theoretical Physics*, 1982, 21, 6-7, pp. 467-488.

14. Reti di sensori

¹ Per la mano artificiale dotata di tatto (chiamata *MiniTouch*), si veda J. Muheim, F. Iberite, O. Akouissi, E. Gruppioni, S. Micera, S. Shokur, «A Sensory-Motor Hand Prosthesis with Integrated Thermal Feedback», in *Med*, 2024, 5, 2, pp. 118-125. Si tratta di una ricerca realizzata dalla Scuola S. Anna di Pisa e dal Politecnico di Losanna.

² N. Wiener, *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine*, Cambridge (MA), MIT Press 1965, cap. V e VI (trad. it. *La cibernetica. Controllo e comunicazione nell'animale e nella macchina*, Il Saggiatore, Milano 1968, p. 189).

15. Vedere con l'udito

¹ J.M. Hull, *Touching the Rock. An Experience of Blindness*, London 1990 (trad. it. *Il dono oscuro*, Adelphi, Milano 2019, p. 196).

² Wiener, *La cibernetica*, cit., p. 189.

³ La definizione di immagini «eidetiche» si deve a Erich Rudolf Jaensch (nel 1919), sulla scia degli studi sulla «immagine soggettiva visiva» di Viktor Urbantschitsch. Gli studi di Jaensch portarono infine al volume *Über den Aufbau des Bewusstseins* (Sulla struttura della coscienza), Leipzig, Barth 1930. Jaensch fu un fattivo simpatizzante del nazismo e delle sue basi ideologiche. G. Kanizsa, *Grammatica del vedere. Saggi su percezione e Gestalt*, Il Mulino, Bologna 1980; inoltre, «Contributo allo studio della distribuzione quantitativa dei fenomeni eidetici», in *Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, 1938, 47, II, pp. 285-302; infine, «Margini quasi-percettivi in campi con stimolazione omogenea», in *Rivista di psicologia*, 1955, 49, 1, pp. 7-30 (anche «Quasi-Perceptual Margins in Homogeneously Stimulated Fields», con un'ag-

giunta del 1986, in G.E. Meyer, S. Petry (eds.), *The Perception of Illusory Contours*, Springer, New York 1987, pp. 40-49).

⁴ Di M. Minsky si veda *The Society of Mind*, Simon & Schuster, New York 1986 (trad. it. *La società della mente*, Adelphi, Milano 1989).

16. *Intelligenza artificiale (IA)*

¹ La vicenda di Turing e del suo scambio di battute con Alan Garner è nella biografia scritta da A. Hodges, *The Enigma*, Burnett Books, London 1983 (trad. it. *Storia di un enigma*, Bollati Boringhieri, Torino 1991, p. XVIII).

² L'articolo di Turing pubblicato su *Mind* nel 1950 è «Computing Machinery and Intelligence», dove si introduce il cosiddetto test di Turing (oggi considerato inadeguato per decidere se una macchina possa dirsi «intelligente»); almeno altri due lavori fondamentali di Turing vanno ricordati e letti: il più tecnico «On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem», pubblicato nel 1936 nei *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2, 42, pp. 230-265, in cui si presenta tra l'altro la macchina di Turing; e l'analitico Report, a lungo inedito, scritto nel 1948 per il National Physical Laboratory e intitolato «Intelligent Machinery» (così pubblicato nel 1968), che dell'articolo su *Mind* era il presupposto e può essere considerato il manifesto dell'intelligenza artificiale.

17. *IA: un ambiguo trionfo*

¹ I padri della IA: John McCarthy (1927-2011), matematico e informatico, a cui si deve l'espressione «intelligenza artificiale», lavorò nel campo della formalizzazione della conoscenza e della riproduzione digitale dei processi cognitivi, e il linguaggio di programmazione (LISP) che aveva creato si rivelò adatto allo scopo; Marvin Minsky (1927-2016), informatico e cognitivista, condivise un tratto della sua avventura scientifica con McCarthy al MIT, e fu uno dei principali sostenitori dell'idea che l'uomo e il suo cervello sono classificabili come macchine. L'idea sua, e di McCarthy, era che ogni aspetto dell'apprendimento e dell'intelligenza può essere precisamente descritto sì da permettere di costruire una macchina in grado di simularlo, usando il linguaggio, e lavorando con astrazioni per risolvere problemi tipicamente riservati all'uomo e migliorarsi autonomamente. Ma non riconobbe il potenziale dell'uso delle reti neurali. Nathan Rochester (1919-2001), ingegnere, supervisionò i programmi di ricerca della IBM sulla IA, collaborando strettamente con McCarthy e implementando anche simulazioni di reti neurali. Claude Shannon (1916-2001), matematico e ingegnere attivo ai Bell Labs, padre della teoria dell'informazione e della comunicazione, capì tra l'altro l'importanza

della codifica efficiente del messaggio e quella di separare il problema della sua trasmissione da quello della comprensione.

² Hubert Dreyfus (1929-2017), filosofo a Berkeley, in alcuni suoi saggi pubblicati tra il 1965 e il 1992 volle sottolineare i limiti della IA e i fraintendimenti commessi dai suoi sostenitori nel compararla con l'intelligenza umana, che Dreyfus considerava non riducibile a una mera manipolazione di simboli, sottolineando invece l'importanza della dimensione inconscia e la sua irriducibilità a regole formali. I suoi lavori principali in questo senso sono *What Computers Can't Do. The Limits of Artificial Intelligence*, MIT Press, New York 1979; *Mind Over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of the Computer*, Blackwell, Oxford 1986; *What Computers Still Can't Do. A critique of artificial reason*, MIT Press, New York 1992. Sulla logica simbolica, aveva ragione; sui successi della IA meno, e ciò non solo perché sono cambiati approccio e metodo, ma anche perché si è andata ridefinendo la nostra stessa concezione di intelligenza, viepiù adattandola a quella del calcolatore.

18. Definire la IA: il teorema di Tesler

¹ La definizione di McCarthy fu da lui ribadita in un'intervista simulata, fatta di domande e risposte, intitolata «What is Artificial Intelligence?» e pubblicata online il 12 novembre 2007: <https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf>. La definizione generale qui proposta fa riferimento a M. Somalvico, *L'intelligenza artificiale*, Rusconi, Milano 1987, come ribadita in M. Somalvico, F. Amigoni, V. Schiaffonati, «Intelligenza artificiale», in *Storia della scienza*, diretta da S. Petruccioli, Istituto della Enciclopedia Italiana, Roma 2003, ix, p. 615. Per un eccellente, sebbene non aggiornato, inquadramento di quarant'anni di intelligenza artificiale, si veda E. Charniak, D. McDermott, *Introduction to Artificial Intelligence*, Addison-Wesley, Reading (MA) 1985.

² È Hofstadter a chiamare «teorema di Tesler» questa idea, dal nome di Larry Tesler che gliela propose. D. Hofstadter, *Gödel Escher Bach. An Eternal Golden Braid*, Basic Books, New York 1979 (trad. it. *Gödel Escher Bach. Un'eterna ghirlanda brillante*, Adelphi, Milano 1984, p. 649).

³ L'affermazione di Hawking è nel libro, apparso postumo, *Brief Answers to the Big Questions*, Bantam Books, New York 2018, p. 123.

19. IA: il mondo a una dimensione

¹ I. Kant, *Antropologia dal punto di vista pragmatico*, 1798. «Libro i: Della facoltà di conoscere – Della coscienza di se stesso», b3-b4. Lungi dal voler ridurre la nozione kantiana di intelligenza a queste poche parole, ricorro all'*An-*

tropologia per il suo essere opera della maturità e per l'essere anch'essa motivata dalla domanda: «Che cos'è l'uomo?» oggi tornata di attualità.

20. «Riesco a vedere un momento nel futuro...»: la predizione di Butler-Shannon

¹ La citazione di Shannon è da una intervista su *Omni Magazine*, 1987, 9, 11, p. 65.

² S. Butler, «Darwin Among the Machines», cit.

21. Intelligenza computazionale

¹ John von Neumann tenne all'Università dell'Illinois cinque conferenze nel dicembre del 1949, rimaste allo stato di manoscritto alla sua morte: questa si intitolava «The Role of High and Extremely High Complication». Il testo delle conferenze è reperibile nella sezione preliminare di J. von Neumann, *Theory of Self-Reproducing Automata*, University of Illinois Press, Urbana and London 1966, pp. 64-73.

22. La logica interna del cervello

¹ Jan Łukasiewicz (1878-1956), logico polacco allievo di Kazimierz Twardowski, sviluppò i presupposti per una logica che, andando verso quelle che saranno le logiche polivalenti, superasse la tradizionale divisione delle proposizioni in vere e false. Si possono ricordare qui il giovanile «Die logischen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung» («I fondamenti logici del calcolo delle probabilità») del 1913 e il conclusivo «A System of Modal Logic», in *The Journal of Computing Systems*, 1953, 1, 3, pp. 111-149. Si veda anche J. Łukasiewicz, *Selected Works*, North-Holland, Amsterdam 1970. Lofti Zadeh formulò la sua idea di una logica sfumata, o *fuzzy*, nel 1965 nel saggio «Fuzzy sets» apparso in *Information and Control*, 8, pp. 338-353; si veda anche il testo presentato alla Conference on Man and Computer di Bordeaux nel 1970, intitolato «Fuzzy Languages and Their Relation to Human and Machine Intelligence».

² I lavori di Zadeh sono utilmente fruibili in *Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers*, Wiley, New York 1987. Si veda anche S. Haack, *Deviant Logic, Fuzzy Logic: Beyond the Formalism*, University of Chicago Press, Chicago 1996, in cui si indagano le ricadute filosofiche delle logiche alternative.

³ L'articolo «As We May Think» di Vannevar Bush apparve su *The Atlantic Monthly* nel luglio del 1945.

⁴ Edward Lorenz descrisse l'effetto farfalla in un lavoro del 1963, intitolato «Deterministic Nonperiodic Flow», in *Journal of the Atmospheric Sciences*, 1963, 20, 2, pp. 130-141, in cui si spiegava che «slightly differing initial states can evolve into considerably different states», ma la metafora divenne famosa in seguito a una conferenza del 29 dicembre 1972 per la American Association for the Advancement of Science intitolata «Predictability: Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil Set Off a Tornado in Texas?» («Può il battito d'ali di una farfalla in Brasile provocare un tornado in Texas?»), in cui dichiarava di voler tentare una risposta alla domanda: «Is the behavior of the atmosphere unstable with respect to perturbations of small amplitude?»; si veda anche E.N. Lorenz, *The Essence of Chaos*, University of Washington Press, Seattle 1993.

23. Metafore del vivente

¹ Tacito, *Agricola*, 2.

² P. Levi, in apertura de *I sommersi e i salvati*. Anche Byung-Chul Han, *Le non-cose*, cit., fa riferimento alla narratività della memoria. L. Floridi e A. C. Nobre, «Anthropomorphising Machines and Computerising Minds: The Crosswiring of Languages between Artificial Intelligence and Brain & Cognitive Sciences», in *Minds and Machines*, 2024, 34, 5, riflettono sugli «imprestiti concettuali» e la antropomorfizzazione della IA: non condivido l'ottimismo sulla «naturale capacità» di superare il rischio di fraintendimenti.

24. Vita e nonvita. Parte 1

¹ Per Hofstadter e Dennett si vedano i riferimenti bibliografici nelle note ai §§ 27, 30, 37.

² *Machina ratiocinatrix* è una espressione usata da Wiener in *La cibernetica*, cit., per spiegare l'idea generale di una macchina per calcolare come una meccanizzazione del *calculus ratiocinator* di cui parlava Leibniz già nella giovanile *Dissertatio de arte combinatoria* del 1666, per poi riprendere il concetto nella *Scientia generalis* e altrove.

³ Sui computer a DNA e altre ricerche in questo campo, si vedano Y. Benenson, T. Paz-Elizur, R. Adar et al., «Programmable and Autonomous Computing Machine Made of Biomolecules», in *Nature*, 2001, 414, pp. 430-434; S. Sakowski, J. Waldmajer, I. Majsterek, T. Poplawski, «DNA Computing: Concepts for Medical Applications», in *Applied Sciences*, 2002, 12, 6928. Ehud Shapiro, informatico e biologo israeliano, oggi un protagonista dei movimenti per la democrazia digitale, è stato uno dei pionieri.

25. Vita e nonvita. Parte 2

¹ La vespa scavatrice è citata da Hofstadter in «Can Creativity be Mechanized?», in *Scientific American*, 1982, 247, pp. 20-29, ristampato poi in *Metamagical Themas: Questing for the Essence of Mind and Pattern*, Basic Books, New York 1985, pp. 526-546.

² G. Vallortigara, *Pensieri della mosca con la testa storta*, Adelphi, Milano 2021, p. 52.

26. Vita e nonvita. Parte 3

¹ Shannon su *Omni Magazine*, cit. (§ 20). Vale la pena riportare qui quanto Zellini osserva a p. 93 di *La dittatura del calcolo*, cit.: «La fiducia nella realizzazione tecnologica e informatica di una coscienza superiore e anonima, in grado di annettersi le nostre intelligenze individuali, sembra voler riprodurre in un grandioso sistema di *bit* quel carattere sfuggente e impersonale della verità di cui gli scienziati moderni sarebbero diventati i nuovi aruspici, dopo aver curiosamente usurpato, come osservava Simone Weil, il posto dei sacerdoti. Quella fiducia avrebbe pure una prefigurazione in certe intuizioni geniali di Turing e von Neumann... Erano questi i primi autorevoli segnali della progressiva plausibilità del risultato più estremo: la finale indistinguibilità tra l'uomo e la macchina».

² Wiener, *La cibernetica*, cit., p. 229.

27. La Genesi digitale

¹ La citazione di Nils Barricelli, scienziato visionario e anomalo, dapprima sostenuto e ospitato a Princeton, poi ignorato da von Neumann (che tuttavia trasse senza dubbio spunto dalle sue ricerche per la teoria degli *automata*), proviene da «The Intelligence Mechanisms Behind Biological Evolution», in *Scientia*, 1963, 98, pp. 176-180.

² Su von Neumann, si veda § 29.

³ Una breve storia della *Princeton machine* (nota anche come IAS Computer, dall'acronimo dell'Institute for Advanced Study), narrata da uno dei protagonisti, è nel testo della conferenza tenuta da Willis H. Ware il 10 marzo 1953, dal titolo *The History and Development of the Electronic Computer Project at the Institute for Advanced Study*, <https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2010/P377.pdf>.

28. *Fenomeni biologici e fenomeni bionumerici*

¹ La citazione di Nils Barricelli sull'evoluzione degli organismi numerici è tratta dagli «Experiments in Bionumeric Evolution Executed by the Electronic Computer at Princeton, NJ», conservati negli Advanced Study Computer Project Records della Princeton University (box 2, cartella 6). Si veda anche «Esempi numerici di processi di evoluzione», in *Methodos* 1954, 6, pp. 45-68. D.B. Fogel, «Unearthing a Fossil from the History of Evolutionary Computation», in *Fundamenta Informaticae*, 1998, 35, pp. 1-16, ha chiarito come l'idea di riferire la nozione di processo evolutivo all'ambiente digitale risalga alle origini stesse della computazione digitale e sia stata riproposta, indipendentemente, da numerosi studiosi. A rendere popolare la figura di Barricelli furono G. Dyson, *Darwin among the Machines: The Evolution of Global Intelligence*, Basic Books, New York 1997, e *Turing's Cathedral*, cit.

29. *Vita e nonvita. Parte 4*

¹ John von Neumann è stato un altro dei matematici e informatici che hanno posto le basi per il nostro mondo nuovo: uno tra i più influenti del secolo, bambino prodigio, poi allievo di David Hilbert a Gottinga, infine approdato a Princeton insieme a Einstein e Hermann Weyl; membro importante del progetto Manhattan e figura chiave di tutta l'evoluzione dello studio dei calcolatori e dell'interpretazione del vivente sulla base dei principi del calcolo e dell'automazione. Ebreo che odiava profondamente i nazisti, fu anche il più radicale sostenitore delle armi atomiche e dei relativi esperimenti, al polo opposto rispetto alle preoccupazioni di Wiener o di Joseph Weizenbaum, o anche di Einstein. Per lui l'arma atomica era più una soluzione che un problema.

² Sugli «automi» – distinti tra automi naturali (i sistemi naturali) e automi artificiali (calcolatori analogici e digitali) – von Neumann prospettò una teoria sistematica in forma matematica e logica, che si sviluppò lungo una serie di conferenze e due libri: «The General and Logical Theory of Automata», letta al Hixon Symposium nel settembre del 1948; «Theory and Organization of Complicated Automata», gruppo di cinque lezioni tenute alla University of Illinois nel dicembre 1949; «Probabilistic Logics and the Synthesis of Reliable Organisms from Unreliable Components», lezione tenuta al California Institute of Technology nel gennaio del 1952; e i libri *Theory of Self-Reproducing Automata*, University of Illinois Press, Urbana and London 1966, pp. 91-296; e *The Computer and the Brain*, Yale University Press, New Haven 1958. La teoria di von Neumann sulle macchine capaci di autoreplicarsi non ha smesso di sollecitare; tra il 1994 e il 1996, per esempio, Umberto Pesavento e Renato Nobili hanno proposto la realizzazione della macchina di von Neumann in U. Pesavento, «An Implementation of Von Neumann's Self-Reproducing Machine», in

Artificial Life, 1995, 2, 4, pp. 337-354; R. Nobili, U. Pesavento, «Generalised Von Neumann's Automata: a Revisitation», in E. Besussi, A. Cecchini (eds.), *Artificial Worlds and Urban Studies. Proceedings Of The Venice Conference*, Venezia 1996. Di Nobili, si veda anche il più generale *La macchina della mente. Parte I: Il calcolatore e il cervello*, Preprint, aggiornato a luglio 2020 (20 pp.).

³ La citazione di Brouwer è tratta da *Vita, arte e mistica*, cit., p. 74; quella di Barricelli da «Numerical Testing of Evolution Theories. Part I: Theoretical Introduction and Basic Tests», in *Acta Biotheoretica*, 1962, 16, p. 94.

30. *La macchina bambino*

¹ Sull'ipotesi di macchine-bambino di Turing si veda A. Turing, Report del 1948, pp. 10 e 17; e «Computing Machinery and Intelligence», cit., p. 460; poi D. Proudfoot, «Child Machines», in B.J. Copeland, J.P. Bowen *et al.*, *The Turing guide*, Oxford University Press, Oxford 2017, pp. 315-325.

² Per Spinoza: *Ethica* II, Prop. 7, scolio; III, Prop. 2, scolio. Attingo a G. Trautteur, *Il prigioniero libero*, Adelphi, Milano 2020, p. 127.

³ Le due idee di vita artificiale debole e vita artificiale forte sono discusse in D.P. Anderson, B.J. Copeland, «Artificial Life and the Chinese Room Argument», in *Artificial Life*, 2002, 8, 4 pp. 371-378, dove si analizza l'argomento detto della «stanza cinese» – proposto da John Searle («Minds, Brains, and Programs», in *The Behavioral and Brain Sciences*, 1980, 3, ristampato in D. Hofstadter, D. Dennett, *The Mind's I*, Basic Books, London 1981, pp. 353-373; trad. it. *L'io della mente*, Adelphi, Milano 1985, pp. 341-359) a dimostrazione dell'inattendibilità della nozione di intelligenza artificiale forte (*strong* o *hard AI*) – per verificare se l'esperimento sia utilizzabile in riferimento alla *strong AI-life*. Da qui anche la citazione da Searle riportata da Penrose e citata nel testo.

31. *La differenza tra decisione e scelta: il dubbio di Weizenbaum*

¹ Il libro di Penrose è *The Emperor's New Mind*, Oxford University Press, Oxford 1989 (trad. it. *La mente nuova dell'imperatore. La mente, i computer e le leggi della fisica*, Rizzoli, Milano 1992). A p. 47 dell'edizione italiana, dopo aver discusso di IA forte e aver iniziato a evidenziare le difficoltà che ne derivano, Penrose scrive: «Pare sia diffusa la convinzione che "ogni cosa è un computer digitale". È mia intenzione, in questo libro, cercare di mostrare perché, e forse come, non sia necessariamente così».

² Di Weizenbaum si potrà vedere *Computer Power and Human Reason*, Freeman, San Francisco 1976, che approfondisce con passione e preoccupazione il tema dei pericoli insiti nella IA. Molti hanno pensato che esagerasse, ma

anche i fautori della IA hanno riconosciuto la fondatezza di molte sue critiche. Il passo citato è a pp. 9 e sg.

³ La citazione di von Neumann sul progresso è tratta dall'articolo «Can We Survive Technology?», pubblicato sulla rivista *Fortune* nel giugno del 1955 e poi ricompreso in un libro curato dagli stessi editori della rivista e intitolato *The Fabulous Future: America in 1980*, E.P. Dutton & Company, New York 1956.

⁴ L'errore di Agamennone è quello di non restituire a Crise, sacerdote di Apollo, la figlia Criseide: ne deriverà la pestilenza che devasta l'esercito greco sulla spiaggia di fronte a Troia, all'inizio dell'*Iliade*. I versi in cui attribuisce agli dèi ogni responsabilità sono i vv. 86-90 del libro 19.

⁵ L'effetto Eliza è discusso in D. Hofstadter and the Fluid Analogies Research Group, *Fluid Concepts and Creative Analogies. Computer Models of the Fundamental Mechanisms of Thought*, Basic Books, New York 1995 (trad. it. *Concetti fluidi e analogie creative. Modelli per calcolatore dei meccanismi fondamentali del pensiero*, Adelphi, Milano 1996).

32. Decidere nel gioco della guerra

¹ Il libro sulla interazione uomo-macchina in guerra è *The Human-Machine Team: How to Create Synergy Between Human and Artificial Intelligence that Will Revolutionize our World*, del Brigadier General Y.S., eBookPro Publishing, 2021. In un momento di cambiamenti strategici radicali in ambito militare, un'analisi più attenta alla ricerca di un difficile equilibrio tra efficacia dei nuovi «sistemi d'arma» e principi etici è in R. Fanni, F. Giancotti, con la collab. di M.R. Taddeo, *Guerre di macchine. Intelligenza artificiale tra etica e efficacia*, Guerini, Milano 2024.

² Sul sistema Lavender utilizzato dall'esercito israeliano per l'identificazione automatica di persone come obiettivi da eliminare, le prime rivelazioni sono apparse in un'inchiesta della rivista israelo-palestinese *+972Magazine*, poi riprese dal quotidiano inglese *The Guardian* e da altri: si veda Y. Abraham, «“Lavender”: The AI Machine Directing Israel's Bombing Spree in Gaza», in *+972 Magazine*, April 3rd, 2024; B. McKernan, H. Davies, «“The Machine Did It Coldly”: Israel Used AI to Identify 37,000 Hamas Targets», in *The Guardian*, April 3rd, 2024; M. Birch, «Who Did That? AI Assisted Targeting and the Lowering of Thresholds in Gaza», in *Medicine, Conflict and Survival*, 2024, 40, 2, pp. 97-100.

33. Il colpo di genio di McCarthy

¹ T. Hobbes, *Elements of Philosophy*, I, 1, London 1656, p. 2, associando processi di ragionamento e processi aritmetici, scriveva: «*Ratiocination* [...] is

the same with *Addition* and *Substraction*; and if any man adds *Multiplication* and *Division* I will not be against it».

² Di Bacone, il riferimento è al *De augmentis scientiarum* del 1623.

³ G.W.F. Leibniz presenta per la prima volta la sua aritmetica binaria nelle tre pagine del *De Progressione Dyadica* del 1679 (la riprenderà poi sempre brevemente nella «Explication de l'arithmétique binaire, qui se sert des seuls caractères 0 et 1, avec des remarques sur son utilité», in *Mémoires de mathématique et de physique de l'Académie Royale des Sciences*, 1703, pp. 85-89).

⁴ G. Boole, *An Investigation of the Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*, Walton & Maberly, London 1854 (libro dedicato da Boole, sia detto per spirito di parte, al grecista John Ryall, collega di Boole al Queen's College di Cork, Irlanda).

34. *La libertà di essere un piolo rotondo in un buco quadrato*

¹ Le due citazioni sono da A. Huxley, *Il mondo nuovo*, cit., pp. 194-196.

35. *L'etica della magia*

¹ Wiener, *La cibernetica*, cit., p. 228.

37. *Sistemi linguistici per macchine intelligenti*

¹ Per gli esperimenti di *neuroimaging*, si veda C. Caucheteuz, J.R. King, «Brains and Algorithms Partially Converge in Natural Language Processing», in *Communications Biology*, 2022, 5, 134, dove si troveranno anche utili rinvii bibliografici per approfondimenti.

² La citazione di Turing proviene dal Report del 1948 (§ 16), p. 19.

³ Per i sistemi QNR si veda K.E. Drexler, *QNRs: Toward Language for Intelligent Machines*, Technical Report #2021-3, «Future of Humanity Institute», University of Oxford, 2021, https://www.fhi.ox.ac.uk/wp-content/uploads/2021/08/QNRs_FHI-TR-2021-3.0.pdf. Nel proporre un confronto con il più famoso dei modelli linguistici basati su trasformatori per il trattamento del linguaggio naturale, BERT di Google, che ha sorpreso il mondo al momento del rilascio nel 2018 su arXiv.org, Drexler scrive: «The term “foundation model” has been introduced (Bommasani *et al.*, *On the Opportunities and Risks of Foundation Models*, 2021 arXiv: 2108.07258) to describe systems that are “trained on broad data at scale and can be adapted (e.g., fine-tuned) to a wide range of downstream tasks”. Today's leading foundation models (e.g., BERT and GPT-3) are pretrained on extensive corpora of NL text, while others (e.g., CLIP) are multimodal; all are based on Transformers. – Despite their

extraordinary range of applications, current foundation models have suffered from opaque representations, opaque inference mechanisms, costly scaling, poor interpretability, and low epistemic quality, with consequences reviewed and explored in depth by Bommasani *et al.* (2021). – QNR-oriented architectures could potentially alleviate each of these difficulties by complementing or displacing models based on stand-alone Transformers. Rather than representing knowledge in unstructured, multi-billion parameter models, architectures that represent knowledge in the form of scalable QNR corpora could provide foundation models in which information content is compositional and substantially interpretable. Questions of epistemic quality could be addressed by QNR-domain reasoning about external information sources». Si veda poi Y. Lakretz *et al.*, «The Emergence of Number and Syntax Units in LSTM Language Models», in *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, 2019, 1, pp. 11-20. Per LSTM si intendono tipi di reti neurali identificati come architetture *Long-Short-Term-Memory*.

⁴ Per il paradosso di Moravec, si veda Hans P. Moravec, *Mind children: The Future of Robot and Human Intelligence*, Harvard University Press, Cambridge (MA) 1988.

38. *Deep reasoning: la macchina impara a ragionare*

¹ Gemini: una introduzione per profani è fornita dagli stessi realizzatori: <https://deepmind.google/technologies/gemini/#introduction>.

² I dati sulla mortalità per errori medici negli USA sono in J.G. Anderson, K. Abrahamson, «Your Health Care May Kill You: Medical Errors», in *Studies in Health Technology and Informatics*, 2017, 234, pp. 13-17.

39. *La coscienza artificiale (CA). Parte 1*

¹ Hofstadter, Dennett, Searle e Penrose sono già stati ricordati.

² Il filosofo Thomas Nagel (Belgrado 1937) è noto in questo campo per la sua acuta critica del riduzionismo materialista e meccanicista e per l'opposizione alla concezione evoluzionistica neo-darwiniana della coscienza. Celebre è il suo breve saggio «What is it Like to Be a Bat?» («Che cosa si prova a essere un pipistrello?», trad. it. in D. Hofstadter, D. Dennett, *L'io della mente*, cit., pp. 379-391. Più recente ma sulla stessa linea il volume *Mind and Cosmos: Why the Materialist Neo-Darwinian Conception of Nature Is Almost Certainly False*, Oxford University Press, Oxford 2012 (trad. it. *Mente e cosmo. Perché la concezione neodarwiniana della natura è quasi certamente falsa*, Raffaello Cortina, Milano 2015), criticato per esempio da Dennett.

³ Il riferimento a Trautteur è alla breve nota «Coscienza naturale, coscienza artificiale, coscienza autentica», in *Sistemi intelligenti*, 2008, 3, pp. 547-550. La rivista di scienze cognitive e di intelligenza artificiale *Sistemi intelligenti* ha ospitato a più riprese considerazioni, in linguaggio non eccessivamente tecnico, sul tema della coscienza artificiale. Nel 2002, Riccardo Manzotti e Vincenzo Tagliasco intitolavano una loro riflessione «Si può parlare di coscienza artificiale?» (*Sistemi intelligenti*, 2002, 1, pp. 89-108); l'intero fascicolo 3 del 2008, in ricordo di Tagliasco, nel frattempo suicidatosi con un colpo di pistola, fu dedicato al tema, con contributi come «La neuropsicologia della coscienza» (C. Umiltà, pp. 395-404), in cui si sottolinea il ruolo dell'attenzione, che va aggiunta all'attività di specifiche aree corticali perché si possa parlare di coscienza, o «Coscienza, fenomenologia e percezione» (W. Gerbino, pp. 455-470) e «Privatezza e soggettività: un'ipotesi sulla coscienza animale» (S. Gozzano, pp. 433-454).

I lavori dei coniugi Blum, eccellenti matematici (Manuel Blum, peraltro, già allievo di McCulloch e Minsky), chiariscono una volta per tutte quanto conti il modo in cui i concetti si definiscono: tutte le loro conclusioni sul tema dipendono direttamente dalla loro definizione di coscienza. Accolta quella, si può seguire il loro impeccabile ragionamento. Se si ha della coscienza un'altra idea, i lavori restano di grande interesse, le conclusioni perdono invece di significato. Tra gli scritti più recenti, tutti meritoriamente accessibili su arXiv, si veda: in breve, «A Theoretical Computer Science Perspective on Consciousness and Artificial General Intelligence», *arXiv / coRR (Computer Research Repository)*, abs/2303.17075, marzo 2023; più articolato è «AI Consciousness is Inevitable: A Theoretical Computer Science Perspective», *arXiv / coRR*, abs/2403.17101, ultima rev. nov. 2024.

⁴ Butler, *Erewhon*, cit., p. 173.

⁵ Il linguaggio primordiale di Barricelli sarebbe il codice genetico: un processo analogo sarebbe possibile per gli organismi numerici, si veda «Suggestions for The Starting of Numeric Evolution Processes to Evolve Symbioorganisms Capable of Developing a Language and Technology of Their Own», in *Theoretic Papers*, 1987, 6, 6, pp. 119-146.

40. *La coscienza artificiale. Parte 2*

¹ Di Chalmers si vedano: «Facing up to the Problem of Consciousness», in *Journal of Consciousness Studies*, 1995, 2, pp. 200-219; «Absent Qualia, Fading Qualia, Dancing Qualia», in T. Metzinger (ed.), *Conscious Experience*, Schöningh, Paderborn 1995, pp. 309-328; *The Conscious Mind: in Search of a Fundamental Theory*, Oxford University Press, New York 1996; «A Computational Foundation for the Study of Cognition», in *Journal of Cognitive Science*, 2011, 12, pp. 325-359. Di Solms si vedano: *The Feeling Brain: Selected Papers On Neuropsychanalysis*, Karnac, London 2015; *The Hidden Spring*, Norton, New York 2021 (trad. it. *La fonte nascosta. Un viaggio alle origini della coscienza*, Adelphi, Milano 2023). Di

Solms e Friston, «How and Why Consciousness Arises: Some Considerations from Physics and Physiology», in *Journal of Consciousness Studies*, 2018, 25, pp. 202-238. Di Jaak Panksepp si veda: *Affective Neuroscience: The Foundations of Human and Animal Emotions*, Oxford University Press, New York 1998. Si veda anche J. Panksepp, L. Biven, *The Archaeology of Mind: Neuroevolutionary Origins of Human Emotions*, Norton, New York 2012. A questi lavori si fa più volte riferimento nel prosieguo. Per Damasio si fa riferimento qui a *The Strange Order of Things. Life, Feeling, and the Making of Cultures*, Pantheon Books, New York 2018 (trad. it. *Lo strano ordine delle cose*, Adelphi, Milano 2018).

² Ottima la trattazione del sistema reticolare ascendente proposta da Frédéric Bremer nella *Enciclopedia del Novecento* dell'Istituto della Enciclopedia italiana Treccani (1982), che offre anche una ricostruzione storica di come si è arrivati alle conoscenze attuali.

³ Si definisce *omeostasi* «l'attitudine propria dei viventi a mantenere intorno a un livello prefissato il valore di alcuni parametri interni, disturbati di continuo da vari fattori esterni e interni. All'insieme ordinato dei sottosistemi che compongono l'organismo umano è preposta una rete di sistemi di controllo, il cui intervento simultaneo regola il flusso di energia e di metaboliti, in modo da conservare immutato o quasi l'ambiente interno, indipendentemente dalle modificazioni di quello esterno. Quello dell'autoregolazione degli organismi viventi è un concetto fondamentale della biologia moderna, formulato alla fine del XIX secolo dal fisiologo francese C. Bernard che lo sintetizzò nella classica espressione di "fixité du milieu intérieur", con la quale si affermava come si dovesse ritenere essenziale per la vita degli organismi superiori la costanza della composizione chimica e delle proprietà fisiche del sangue e degli altri liquidi biologici»: dalla voce «Omeostasi» dell'Enciclopedia italiana Treccani. Non sarà inutile ricordare che una delle prime macchine cibernetiche, concepita da W.R. Ashby tra il 1946 e il 1948 per imitare le proprietà di autoregolazione degli organismi viventi, si chiamava proprio omeostato. Essa doveva mantenere una condizione di equilibrio qualora intervenissero condizioni esterne atte a perturbarlo, riproducendo dunque lo schema della omeostasi. Il dispositivo consisteva in un insieme di quattro componenti elettromeccanici a stato variabile tramite commutatori che simulavano l'ambiente esterno, collegati elettricamente tra loro.

⁴ W. Rapaport, «Semiotic Systems, Computers, and the Mind: How Cognition Could Be Computing», in *International Journal of Signs and Semiotic Systems*, 2012, 2, 1, pp. 32-71.

41. La coscienza artificiale. Parte 3

¹ Butler, *Erewhon*, cit., pp. 172 e sg.

² Il brano tratto da Penrose è a pp. 49 e sg. di *La mente nuova dell'imperatore*, cit. La recensione di McCarthy è apparsa nel *Bulletin of the American Mathematical Society*, 1990, 23, 2, pp. 606-616.

³ La riformulazione della domanda di Turing «possono pensare le macchine?» e la risposta di Searle sono nel famoso *Minds, Brains and Science*, Harvard University Press, New Haven 1984, p. 36.

⁴ La parafrasi delle tesi di Searle da parte di Robert van Gulick è in «Consciousness, Intrinsic Intentionality, and Self-understanding Machines», in A.J. Marcel, E. Bisiach (eds.), *Consciousness in Contemporary Science*, Clarendon Press, Oxford 1988, pp. 78-100.

42. *Telepatia e lettura del pensiero*

¹ L'osservazione di Stephen Hawking è in *Brief Answers*, cit., p. 61.

43. *La coscienza artificiale. Parte 4*

¹ B. Pasley, S. David, N. Mesgarani *et al.*, «Reconstructing Speech from Human Auditory Cortex», in *PLOS Biology*, 2012, 10, 1, <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1001251#s3>.

² S. Nishimoto, A. Vu, T. Naselaris *et al.*, «Reconstructing Visual Experiences from Brain Activity Evoked by Natural Movies», in *Current Biology*, 2011, 21, pp. 1641-1646.

³ W.S. McCulloch, W. Pitts, «A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity», in *Bulletin of Mathematical Biology*, 1990, 52, 1/2, pp. 99-115. Di McCulloch, anche «What Is a Number, that a Man May Know It, and a Man, that He May Know a Number?» in *General Semantics Bulletin*, 1961, 26-27, pp. 7-18. Anche H.B. Barlow, «Sensory Mechanisms, The Reduction of Redundancy, and Intelligence», in *Mechanisation of Thought Processes*, National Physical Laboratory Symposium 10, H.M. Stationery Office, London 1959 (due volumi di straordinario interesse). Un quadro introduttivo generale eccellente e in prospettiva storica sulle reti neurali, aggiornato fino al 1999, è offerto da J.D. Cowan, in «Storia dei concetti e delle tecniche nella ricerca sulle reti neurali», in *Frontiere della vita*, Treccani, Roma 1999, con bibliografia fino alla data di pubblicazione. Per le ricerche sulle reti neurali, a J.J. Hopfield e a G.E. Hinton è stato assegnato il premio Nobel per la fisica nel 2024.

⁴ Turing, Report, cit. (§ 16).

44. *Il tempo stringe: il monito di Wiener*

¹ N. Wiener, *Introduzione alla cibernetica. L'uso umano degli esseri umani*, Bollati Boringhieri, Torino 2008, pp. 228 e sg. G. Dyson, *Turing's cathedral*, cit.

45. È davvero questa la coscienza?

¹ A. Seth, *Being You: A New Science of Consciousness*, Faber&Faber, London 2021 (trad. it *Come il cervello crea la nostra coscienza*, Raffaello Cortina, Milano 2023).

47. Soggetto, oggetto, percezione del mondo. Parte 1

¹ G. Kanizsa, *Grammatica del vedere*, Bologna 1980, pp. 34 e sg. Si vedano anche le immagini di pp. 275-282.

² D. Dennett, «Quining Qualia», in A.J. Marcel, E. Bisiach (eds.), *Consciousness in Contemporary Science*, cit., pp. 42-77.

48. Soggetto, oggetto, percezione del mondo. Parte 2

¹ Kanizsa, *Grammatica del vedere*, cit., pp. 274 e sg.

² R. von der Heydt, E. Peterhans, G. Baumgartner, «Illusory Contours and Cortical Neuron Response», in *Science*, 1984, 224, pp. 1260-1262.

49. Il cervello e l'esperienza del mondo

¹ Sulla percezione, osservazioni pertinenti e provocatorie, contro le semplificazioni e contro l'idea che una macchina possa ottenere risultati paragonabili a quelli dell'uomo senza tener conto dei processi percettivi, sono nel volume curato da D. Hofstadter e dal già ricordato Gruppo di Ricerca sui Concetti Fluidi, *Concetti fluidi e analogie creative*, cit., al capitolo IV intitolato «Percezione di alto livello, rappresentazione, analogia: una critica della metodologia dell'intelligenza artificiale», dovuto a D. Chalmers, R. French e D. Hofstadter.

² La proposta di considerare le qualità né dentro né fuori del corpo e la mente come un processo è nei lavori di V. Tagliasco e di R. Manzotti, tra cui quello citato nella nota al § 39, e *L'esperienza. Perché i neuroni non spiegano tutto*, Codice, Torino 2008. Quel percorso ha portato poi a R. Manzotti, *The Spread Mind. Why Consciousness and the World are One*, OR Books, New York-London: 2017 (trad. it. *La mente allargata. Perché la coscienza e il mondo sono la stessa cosa*, Il Saggiatore, Milano 2019).

50. La forma duale delle cose

¹ Di C.G. Jung si fa riferimento a «Versuch einer psychologischen Deutung des Trinitätsdogmas», in *Gesammelte Werke*, vol. 12, Patmos Verlag, Ostfildern 1963, pp. 119-218 (trad. it. *Saggio d'interpretazione psicologica del dogma*

della Trinità, Bollati Boringhieri, Torino 1959), e a «Mysterium conjunctionis. Untersuchungen über die Trennung und Zusammensetzung der seelischen Gegensätze in der Alchemie», in *Gesammelte Werke*, vol. 14, 1968 (trad. it. *Mysterium conjunctionis. Ricerche sulla separazione e composizione degli opposti psichici nell'alchimia*, Bollati Boringhieri, Torino 2017).

² Per Seidenberg si veda «The Diffusion of Counting Practices», in *University of California Publications in Mathematics*, 1960, 3, 4, pp. 215-300; anche «The Ritual Origin of Counting», in *Archive for History of Exact Sciences*, 1962, 2, 1, pp. 1-40 e «The Ritual Origin of Geometry», in *Archive for History of Exact Sciences*, 1961, 1, 5, pp. 488-527; e si veda anche P. Zellini, *Numero e Logos*, Adelphi, Milano 2012, parte I.

³ Wilhelm von Humboldt, *Über den Dualis*, letto all'Accademia Reale delle Scienze di Berlino il 26 aprile 1827 (le osservazioni qui riportate in traduzione si trovano alle pp. 18-25).

⁴ Sul concetto di *logos*, sia concesso rinviare a L. Perilli (a cura di), *Logos. Theorie und Begriffsgeschichte*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 2013, e al volume di Zellini indicato qui sopra.

53. L'algoritmo MuZero

¹ Sull'algoritmo MuZero, si veda J. Schrittwieser, I. Antonoglou, T. Hubert *et al.*, «Mastering Atari, Go, Chess and Shogi by Planning with a Learned Model», in *Nature*, 2020, 588, 24, 31, pp. 604-609; D. Silver *et al.*, «A General Reinforcement Learning Algorithm that Masters Chess, Shogi, and Go through Self-Play», in *Science*, 2018, 362, pp. 1140-1144. Sull'apprendimento per rinforzo, un riferimento è R.S. Sutton, A.G. Barto, *Reinforcement learning: An Introduction*, MIT Press, Boston 2018. Per questi algoritmi, nella declinazione assunta da AlphaFold per lo studio delle proteine, D. Hassabis e J. Jumper hanno ricevuto il premio Nobel per la chimica nel 2024.

² Sul metodo Monte Carlo, descritto in tutti i manuali di statistica e metodi di simulazione al computer, esiste una rivista dedicata presso l'editore De Gruyter di Berlino, intitolata *Monte Carlo Methods and Applications*, e interessanti resoconti anche per non specialisti si possono reperire su vari fascicoli di *Los Alamos Science*, la serie pubblicata per diffondere le attività del Los Alamos National Laboratory, il laboratorio sede delle ricerche sulla bomba atomica e le armi nucleari creato durante la Seconda guerra mondiale (che dispone oggi di circa 5 miliardi di dollari di budget annuo).

55. Algoritmi e mondo della vita

¹ Sulla definizione di algoritmo si veda anche l'Addendum al § 5. Per l'algoritmo come processo e per altre considerazioni sul tema, si vedano i lavori di

P. Zellini, tra cui da ultimo *La dittatura del calcolo*, cit., e *Discreto e continuo. Storia di un errore*, Adelphi, Milano 2022. Su algoritmi e pregiudizi cognitivi, A. Jean, *De l'autre côté de la machine. Voyage d'une scientifique au pays des algorithmes*, Editions de l'Observatoire, Paris 2019 (trad. it. *Nel paese degli algoritmi*, Neri Pozza, Vicenza 2021).

² Per l'algoritmo che ristabilisce le connessioni rimaste aperte in un disegno, di cui si parla nel testo, si veda J. Yin, C. Liu, R. Lin, N. Vining, H. Rhodin, A. Sheffer, «Detecting Viewer-Perceived Intended Vector Sketch Connectivity», in *ACM Transactions on Graphics*, 2022, 41/4/87, pp. 1-11.

³ Sui disegni artistici «intrinsecamente imprecisi» si veda G. Johnson, M.D. Gross, J. Hong, E. Yi-Luen Do, «Computational Support for Sketching in Design: a Review», in *Found. Trends Human-Computer Interaction*, 2009, 2, 1, pp. 1-93. Sugli spazi vuoti «non voluti»: A. Dev Parakkat, M.P. Cani, K. Singh, «Color by Numbers: Interactive Structuring and Vectorization of Sketch Imagery», in *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 8-13 maggio 2021, pp. 1-11; W. Yang, H.-S. Seah, Q. Chen, H.-Ze Liew, D. Sýkora, «FTP-SC: Fuzzy Topology Preserving Stroke Correspondence», in *Computer Graphics Forum*, 2018, 37, 8, pp. 125-135.

56. Contro la meritocrazia

¹ M. Young, *The Rise of the Meritocracy. 1870-2023: An Essay on Education and Equality*, Penguin, London 1958 (trad. it. *L'avvento della meritocrazia. Gli uomini sono tutti uguali?*, Edizioni di Comunità, Ivrea 1961). Le righe citate sono alle pagine 152, 133 e 193 e sg., della traduzione italiana.

58. La liberazione dal predominio della mediocrit 

¹ G. Leopardi, «Proposta di premi fatta dall'Accademia dei Sillografi», in *Operette morali*, Mursia, Milano 1982, pp. 55-59.

² Il giovane fisico di cui nel testo   ricordato al   20. La continuit  dell'idea delle macchine e del loro rapporto con l'uomo   ben evidenziata da T. Taylor, A. Dorin, *Rise of The Self-Replicators: Early Visions of Machines, AI and Robots that Can Reproduce and Evolve*, Springer, Cham 2020 (che parte dal XVII secolo e non risale agli automi degli antichi greci).

59. Capitalismo, meritocrazia, algoritmizzazione

¹ E. Morin, *Encore un moment...*, Deno l, Paris 2023 (trad. it. *Ancora un momento*, Raffaello Cortina, Milano 2024). G. Simmel, *Philosophie del Geldes*,

Duncker & Humblot, Leipzig 1900 (trad. it. *La filosofia del denaro*, UTET, Torino 2003).

² Il caso del guidrigildo è richiamato dallo stesso Simmel.

60. La gabbia d'acciaio della razionalità

¹ W. Benjamin, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, cit., pp. 41 e sg.; P. Zellini, *La dittatura del calcolo*, cit., p. 12.

² G. Trautteur, *Il prigioniero libero*, cit., pp. 12 e sg. Per Manuel e Lenore Blum («A Theoretical Computer Science Perspective on Free Will», in *arXiv / coRR*, abs/2206.13942, 2022), il libero arbitrio in un mondo deterministico non esiste, ma nulla impedisce di credere di averlo.

61. Processo Bokanovsky e IA

¹ Il processo Bokanovsky è immaginato e descritto in A. Huxley, *Il mondo nuovo*.

62. L'uomo, il processo, l'errore

¹ M. Gardner, *Logic machines and diagrams*, McGraw-Hill, New York 1958, p. 142.

² Il detto è citato da Erasmo da Rotterdam negli *Adagia*, 4, 7, 55.

64. Una tecnologia che modifica psiche e cervello

¹ Dalla prefazione di A. Huxley all'edizione del 1946 di *Il mondo nuovo*.

65. Il computer impara a parlare

¹ Hofstadter: la lettera al NYT è pubblicata in *Concetti fluidi*, cit.

² Turing: si tratta del Report 1948 (§ 16).

³ B. Malinowski, *Argonauts of the Western Pacific. An Account of Native Enterprise and Adventure in the Archipelagoes of Melanesian New Guinea*, Routledge, London 1922, pp. 316 e sg. (trad. it. *Argonauti del Pacifico occidentale. Riti magici e vita quotidiana nella società primitiva*, Bollati Boringhieri, Torino 2004). Anche R.B. Onians, *The Origins of European Thought*, Cambridge University Press, Cambridge 1954 (trad. it. a cura di L. Perilli, Adelphi, Milano 1998, pp. 36 e sg.).

⁴ La bocca è considerata come un sesto organo di senso in Ippocrate, *Regime*, libro I, cap. 23.

67. Potere di condizionamento

¹ Huxley, *Il mondo nuovo*, cit., p. 25 e sg.

68. Dalla parola scenica alla parola generatrice di immagini

¹ M. D'Amico, *Scena e parola in Shakespeare*, Einaudi, Torino 1974 (ristampa Edizioni di storia e letteratura, Roma 2007). B. Marzullo, *La parola scenica*, I-IV, dapprima quattro articoli pubblicati separatamente, poi ristampati in *Scripta minora*, a cura di A. Andrisano et al., Olms, Hildesheim 2000, pp. 283-292; 293-299; 300-306; 307-313.

² D. Harvey, *The Condition of Postmodernity*, Basil Blackwell, Oxford 1990 (trad. it. *La crisi della modernità*, Il Saggiatore, Milano 1993, p. 321).

³ F. Jameson, *Cognitive Mapping*, in C. Nelson, L. Grossberg (eds.), *Marxism and the Interpretation of Culture*, University of Illinois Press, Urbana 1988, p. 349. La frase di Flaubert citata di seguito è tratta dalla Lettera inviata a Louis Bouilhet dal Pireo il 9 dicembre 1850 (p. 34 della edizione della *Corrispondenza* di Flaubert nelle *Oeuvres Complètes* pubblicate presso L. Conard, Parigi 1910).

69. Il sogno più antico dell'uomo

¹ Omero, *Illiade*, XVIII, vv. 369-377 (tripodi); 416-421 (ancelle).

² Si veda il Report di Turing, cit., p. 9. I potenziali campi d'azione di cui Turing parla sono, oltre all'apprendimento del linguaggio, quello degli scacchi e di altri giochi, la traduzione di lingue, la crittografia, la matematica.

³ Ateneo, *Deipnosofisti*, VI, 267 e 270.

71. La natura contro di noi

¹ Aristotele, *Politica*, I, 4, 1253 b 33-1254 a 1.

² G. Cambiano, «Automaton», in *Studi storici*, 1994, 35, 3, pp. 613-633.

72. Il moderno Prometeo e l'immaginario dell'Ottocento

¹ Su Babbage e Ada Lovelace si veda anche l'Addendum al § 5. Charles Babbage (1791-1871): tra i suoi scritti pionieristici, vale qui ricordare già solo la «Letter to Sir Humphry Davy on the Application of Machinery to the Purpose

of Calculating and Printing Mathematical Tables», London, 1822, in cui veniva proposto un motore di calcolo. Su Babbage si veda la biografia di D. Swade, *The Cogwheel Brain: Charles Babbage and the Quest to Build the First Computer*, Little, Brown and Co., London 2000. Ada Lovelace (1815-1852), matematica inglese, oltre a scrivere algoritmi per la macchina analitica di Babbage (che non fu mai costruita) aveva immaginato, a differenza dello stesso Babbage, che quel tipo di macchine calcolatrici avrebbero potuto svolgere operazioni che andavano oltre il calcolo numerico: su di lei, D. Stein, *Ada: A life and a Legacy*, MIT Press, Cambridge (MA) 1985.

² Konrad Zuse (1910-1995), ingegnere aeronautico prestatosi all'informatica, costruì il primo computer della storia (ben prima del Colossus di Turing), lo z1, nel 1936, macchina programmabile e dotata di memoria e di una unità di calcolo, poi perfezionata in z2 e infine z3 nel 1941. Zuse elaborò anche il primo linguaggio di programmazione per fornire istruzioni alle sue macchine. Freeman Dyson (1923-2020), matematico e fisico, allievo di Richard Feynman, esperto di elettrodinamica quantistica e di fisica dello stato solido, teorizzò tra l'altro la possibilità della vita su altri pianeti, in una biosfera artificiale. Vale leggere la sua autobiografia, *Maker of Patterns: An Autobiography Through Letters*, Liveright, New York 2018.

³ La citazione di Turing è tratta da p. 9 del Report del 1948.

73. Comunità, identità, stabilità

¹ A. Huxley *Il mondo nuovo*, cit. L'osservazione sul crescere dei segnali allarmanti è di L. Pellizzoni, *Governare l'ingovernabile*, cit., p. 5.

² Il passo di Bentham in traduzione italiana è in *Panopticon, ovvero la casa di ispezione*, Marsilio, Padova 1983, p. 36.

³ D. Harvey, *La crisi della modernità*, cit., p. 347. «La velocità del recente cambiamento è stata così grande che non siamo in grado di tracciare le sue linee di forza, che nessuna sensibilità, meno che mai di tipo narrativo, è stata in grado di esprimerla» scrisse già nel 1985 a proposito del postmodernismo Charles Hamilton Newman, insolita figura di scrittore, accademico e critico letterario, cogliendo bene i segni di un processo che non si sarebbe più arrestato.

75. Amare la propria schiavitù

¹ La citazione di Huxley è dalla prefazione all'edizione del 1946 di *Il mondo nuovo*.

76. Libertà o democrazia: la scelta

¹ Per Thiel si veda M. Chafkin, *The Contrarian. Peter Thiel and Silicon Valley's Pursuit of Power*, Penguin, New York 2021.

² L'articolo di Thiel «The education of a libertarian» apparve online su *Cato unbound. A journal of debate*, il 13 aprile 2009, in una serie intitolata *From scratch: libertarian institutions and communities*, <https://www.cato-unbound.org/2009/04/13/peter-thiel/education-libertarian/>. *Cato unbound* è organo del Cato Institute di Washington D.C., che si vuole *think tank* libertario.

³ La distruzione creatrice, per cui il capitalismo si genera e prospera attraverso la distruzione dell'ordine economico preesistente soprattutto in una fase di cambiamento tecnologico, è teorizzata da Joseph Schumpeter nella giovanile *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung* («Teoria dello sviluppo economico») del 1911.

77. Diritti, doveri e anima umana

¹ S. Weil, *L'Enracinement. Prélude à une déclaration des devoirs envers l'être humain*, Gallimard, Paris 1949 (trad. it. *La prima radice. Preludio ad una dichiarazione dei doveri verso l'essere umano*, Mondadori, Milano 1954), cap. 1.

78. La tecnica e la tradizione dell'Occidente

¹ E. Severino, «Il dogma del divenire e la fine della verità», in *Nuova civiltà delle macchine*, 1991, 2, 34, p. 7.

² Per Hans Speier, il riferimento è a *German White-Collar Workers and the Rise of Hitler*, Yale University Press, New Haven 1986.

80. Vivere nel Panopticon

¹ Ai censimenti della Bibbia si richiamano Abraham Seidenberg, nel seminale «The Ritual Origin of Counting», cit., si veda § 50, nonché Zellini, in *La dittatura del calcolo*, cit., p. 85; e altrove nei suoi libri, facendo riferimento al concetto di enumerazione. Nell'Antico Testamento, si vedano 2 Samuele 24 (Jahvé), 1 Cronache 21 (Satana), 2 Samuele 18,1 (Davide conta gli uomini che lo seguono).

² Sulla interessantissima storia di Proteo raccontata nell'*Odissea*, si vedranno R. Piettre, «Les comptes de Protée», in *Mètis. Anthropologie des mondes grecs anciens*, 1993, 8, pp. 129-146; i numerosi saggi raccolti da Anne Rolet, *Protée en trompe-l'oeil. Genèse et survivances d'un mythe, d'Homère à Bouchardon*, Presses Universitaires de Rennes, Rennes, 2010; J. Boulogne, «La leçon de Protée», in *Uranie*, 5, 1995, pp. 9-32; per il nesso con la filosofia, T. Fuhrer, «Der alte Mann

aus dem Meer: Zur Karriere des Verwandlungskünstlers Proteus in der Philosophie», in T. Fuhrer, P. Michel, P. Stotz (edd.), *Geschichten und ihre Geschichte*, Schwabe, Basel 2004, pp. 11-36.

³ Per James Frazer, il riferimento è a *Folklore in the Old Testament. Studies in comparative religion, legend and law*, MacMillan & Co., London 1918, pp. 308 e sg.

⁴ Per riflessioni anche correlate alla matematica moderna, Zellini, *Numero e Logos*, cit.; per un inquadramento della questione nell'ambito della concezione antica del numero, L. Perilli, «Quante sono le foche di Proteo? Numeri e numerali nella Grecia arcaica e classica», in *Epigrammata 4. L'uso dei numeri greci nelle iscrizioni*, Atti del convegno di Roma, 16-17 dicembre 2016, a cura di A. Inglese, Tored, Tivoli 2016, pp. 1-54.

81. *Panopticon e Datacenter*

¹ Alcune carceri ancora oggi si ispirano in parte al Panopticon, e così qualche ospedale, ma fu lo stesso Bentham ad applicare l'idea in modo geniale. In Inghilterra, nel 1782, era stata approvata una legge in favore dei poveri (o almeno, così veniva presentata), «An Act for the better Relief and Employment of the Poor», noto anche come «Poor Relief Act» o «Gilbert's Act», dal nome del suo principale sostenitore, Thomas Gilbert.

² Con il nome di Cincinnatus, Edward Snowden prese contatto con il giornalista del *Guardian* Glenn Greenwald per informarlo della enorme mole di informazioni segrete sottratte alla Agenzia Nazionale per la Sicurezza (NSA) americana riguardanti i programmi di sorveglianza di massa posti in essere dal Governo. Snowden ha pagato pesantemente la sua scelta, fuggendo in Russia prima di compiere trent'anni. Purtroppo, le sue rivelazioni non sembrano aver ottenuto l'effetto sperato, poiché la nostra attenzione al problema è andata scemando con il passare del tempo e il venir meno dell'interesse degli organi internazionali di informazione.

³ Il progetto di Yarvin (sul quale si veda anche § 76) è presentato – sotto lo pseudonimo di Mencius Moldbug – già dal novembre 2008 in *Patchwork: a political system for the 21st century*, online su *Unqualified reservations*, <https://www.unqualified-reservations.org/2008/11/patchwork-positive-vision-part-1/>, e a stampa per Passage Publishing, 2017; la prospettiva del controllo totale è al capitolo 2 («Profit strategies for our new corporate overlords»), paragrafo su San Francisco, chiamata *Friscorp*. In un altro momento, questi vaneggiamenti sarebbero stati classificati come tali e ignorati; nel nuovo mondo che stiamo costruendo si dovrebbero prendere sul serio, soprattutto se fatti propri da chi aspira al potere politico.

⁴ I sistemi di identificazione RFID (Radio-frequency identification) sono noti a chiunque abbia frequentato in tempi recenti una biblioteca, dove i libri sono identificati da una targhetta adesiva (*tag*) applicata al loro interno e verificata da

un lettore a distanza. È una tecnologia basata su onde elettromagnetiche che si propagano nell'ambiente circostante e consentono la rilevazione e l'identificazione a distanza di oggetti e persone, che ricevono un'identità elettronica univoca e possono essere tracciati lungo tutto il percorso di attività. O lungo tutta la vita.

⁵ La frase di Wiener, posta in esergo a questo volume, è stata solo recentemente pubblicata dal *New York Times*. È tratta da un articolo che Wiener aveva scritto per il quotidiano, ma che per varie ragioni non era poi apparso. Su Cincinnatus si veda E. Snowden, *Permanent Record*, Metropolitan Books, New York 2019 (trad. it. *Errore di sistema*, Longanesi, Milano 2019); G. Greenwald, *No place to hide. Edward Snowden, the NSA, and the U.S. Surveillance System*, Metropolitan Books, New York 2024 (trad. it. *No Place to Hide – Sotto controllo. Edward Snowden e la sorveglianza di massa*, Rizzoli, Milano 2014).

⁶ Lo schema dell'anello di Gige è stato in parte applicato all'analisi dei comportamenti dei singoli utenti online: si può vedere M. Lea, R. Spears, «Computer-Mediated Communication, De-Individuation and Group Decision-Making», in *International Journal of Man-Machine Studies*, 1991, 39, pp. 283-301; nonché il volume miscelaneo a cura di M. Lea, *Contexts of Computer-Mediated Communication*, Harvester-Wheatsheaf, London, 1992. Non mi risulta invece – ma potrebbe ben essere un mio difetto di conoscenza – che lo stesso schema sia stato utilizzato per leggere il comportamento non degli utenti, ma di chi ha accesso al governo dei dati.

82. Meno perfezione, più libertà

¹ Il manuale di mille pagine è il cosiddetto DSM-5, vale a dire *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, v edizione, pubblicato dalla American Psychiatric Association nel 2013, edizione rivista nel 2022. È il testo di riferimento nel mondo; lo considero una perfetta metafora della moderna bramosia classificatoria, e di una volontà di controllo che va ben oltre il desiderio di curare e aiutare, aspirando a controllare l'incontrollabile categorizzandolo.

² D. Knuth, *The Art of Computer Programming*, vol. 1-4b (ca. 4000 pagine; altri 7 volumi programmati), Addison Wesley, Reading (MA), pubblicati a partire dal 1968. Il volume III è dedicato a *Sorting and searching*, algoritmi di ordinamento e ricerca.

A2. Tumori e sistema immunitario

¹ Il primo studio di vaccino per il cancro basato su mRNA fu quello di D. Boczkowski, S.K. Nair, D. Snyder, E. Gilboa, «Dendritic Cells Pulsed with RNA are Potent Antigen-Presenting Cells in Vitro and in Vivo», in *Journal of Experimental Medicine*, 1996, 184, pp. 465-472. N. Pardi, M.J. Hogan, F.W.

Porter, D. Weissman, «mRNA Vaccines – A New Era in Vaccinology», in *Nature Reviews Drug Discovery*, 2018, 17, pp. 261-279. E. Dolgin, «The Tangled History of mRNA Vaccines», in *Nature*, 2021, 597, pp. 318-324. C.L. Lorentzen, J.B. Haanen, Ö. Met, I.M. Svane, «Clinical Advances and Ongoing Trials of mRNA Vaccines for Cancer Treatment», in *The Lancet Oncology*, 2022, 23, pp. 450-458. L. Hood, N. Price, *The Age of Scientific Wellness*, Harvard University Press, Cambridge (MA) 2023.

A3. I mattoni del corpo e il loro ritratto

¹ L'algoritmo RosettaFold (da L. Hood, N. Price) è disponibile su Github, sotto RosettaCommons, frutto del lavoro di un gruppo di sviluppo software e collaborazione multi-istituzionale per iniziativa di D. Baker dell'Università di Washington, e nel *service* chiamato Rosetta per la predizione della struttura tridimensionale di proteine a partire dalla sequenza di aminoacidi <https://github.com/baker-laboratory/RosettaFold-All-Atom>.

² Per lo sviluppo di AlphaFold, anch'esso disponibile su GitHub, e il contributo dato da questo sistema di IA basato su *deep learning* alla predizione della struttura tridimensionale di centinaia di milioni di proteine, è stato assegnato nel 2024 il premio Nobel per la chimica: premio che quindi è andato da un lato agli sviluppatori, D. Hassabis e J. Jumper, ma dall'altro al software stesso.

A4. Fisiologia umana virtuale

¹ Il progetto del Virtual Physiological Human è ben documentato online dal relativo sito.

In margine: una nota etimologica

NIRMATA è un termine della cultura dell'India antica, la letteratura vedica lo conosce già prima del 1200 a.C. Nel significato maturo vale «creatore», ma a questo senso arriva a partire da una radice *mā* il cui significato di base è quello di «misurare». Nella letteratura pre-vedica, il termine sembra indicare «colui che misura», o «colui che delimita», e delimitare significa dare forma, e con la forma definire un'entità e darle una identità, dunque propriamente *creare*, non necessariamente dal nulla ma nel senso, che sarà anche greco, di dare un ordine alle cose. Ordinare il disordine.

Per la prima volta, il termine si legge con certezza nel decimo Mandala dei *Rg Veda*, nell'Inno a Viśvakarman, l'artigiano e divino architetto, e assume presto significato cosmologico e rituale. *Nirmata* dei sacrifici è il dio Agni: si manifesta come fuoco che arde sull'altare del sacrificio, è mediatore tra gli dèi e gli esseri umani e al tempo stesso, negli *Ayurveda*, è il fuoco universale e vitale che anima i processi biologici. *Nirmata* dell'ordine sociale è il *brahman*, che è l'officiante del sacrificio ma anche l'unità cosmica da cui tutto procede, che dà alla società la sua strutturazione ordinata.

Nirmata è dunque principio ordinatore e organizzatore connesso con il ciclo cosmico, ma è anche ciò che permette la conoscenza. Ne rivela la natura la connessione con uno dei termini più significativi del pensiero vedico e dell'idea di un ordine cosmico: *ṛta(m)*, che indica un muovere in sequenza ordinata, che è poi un muovere rituale; vi sarà connesso l'antico alto tedesco *rim* («serie, sequenza, numero»), e soprattutto il latino *ritus*, entrambi collegati con l'elemento radicale indogermanico *ar-*, (*a*)*re-*, *re-*; (*a*)*ri*, *rei-*, che ha



Figura 30: Ordinare il mondo.

il valore di «adattare, far coincidere, sistemare, ordinare», e che esprime una nozione come di commessura, un congiungere a incastro, in cui i diversi elementi si combinano perfettamente l'uno con l'altro.

Ma è anche la stessa radice del greco ἀριθμός, «numero»: infatti chi ha cercato l'origine del concetto di numero ha pensato di trovarne il senso originario nell'accatastare ordinatamente legname (pratica ancora oggi di significativo rilievo anche sociale e culturale per i popoli del nord Europa, che vi dedicano grande creatività e impegno), o nel costruire mediante sovrapposizione e accostamento, secon-

do un piano preordinato, da cui il senso traslato di «ordinare e organizzare mentalmente», infine «calcolare». Da questo «ordinare mettendo in serie e connettendo», derivano anche i termini anatomici greci e dunque nostri per le articolazioni, primo fra tutti ἄρμος («giunto, articolazione», specialmente della spalla), ἄρθμός («nesso»), anche nel senso di amicizia, quindi ἄρθρον, per «arto» in generale. *Harmonia*, naturalmente.

È sempre al numero che si torna: al suo valore rituale, al suo nesso con i processi dell'ordinamento cosmico e infine della creazione. Il numero si fa strumento della creazione. Ed è ancora il numero il fondamento dell'algoritmo digitale, che lo porta con sé persino nel nome (*digit*, la cifra). Il numero è strumento di misura, e misura è *Nirmata*. Dio creatore dell'intelligenza numerica, venerato perciò dalla IA.

Indice dei nomi

- Abraham, Yuval, 285
Achille, 210
Agamennone, 113, 285
Agni, 301
Akouissi, Outman, 277
Andrisano, Angela, 295
Appadurai, Arjun, 46-47, 275
Aristotele, 15, 47, 83, 98, 140, 156,
165, 218, 219, 295
Ashby, William Ross, 289
Ateneo, 215, 295

Babbage, Charles, 40-41, 221-222,
274, 295-296
Barlow, H.B., 290
Barricelli, Nils Aall, 99, 102-103,
104-106, 107-108, 132, 262,
282-284, 288
Bauer, Otto, 272
Beccaria, Cesare, 246
Bell, Charles, 275
Benjamin, Walter, 34, 44, 189, 211,
273, 274, 294

Bentham, Jeremy, 227-228,
245-246, 247, 272, 296, 298
Berkeley, George, 45, 46, 275
Bernard, Claude, 289
Bisiach, Edoardo, 290, 291
Biven, Lucy, 289
Blum, Lenore, 131, 288, 294
Blum, Manuel, 131, 288, 294
Boczkowski, David, 299
Boole, George, 117, 286
Boulogne, Jacques, 297
Bowen, Jonathan P., 284
Brouwer, Luitzen Egbertus Jan
«Bertus», 15-17, 108, 119, 250,
271, 274, 284
Bush, Vannevar, 90, 280
Buszard-Welcher, Laura, 276
Butler, Samuel, 62, 85, 131, 136,
185, 277, 280, 288, 289

Cambiano, Giuseppe, 219, 295
Caracalla, 178
Cardona, Giorgio Raimondo,
33-34, 273

- Cartesio, 83, 109-110, 124, 222
 Chafkin, Max, 297
 Chalmers, David, 133-134, 143, 288, 291
 Charniak, Eugene, 279
 Cicerone, 93, 132
 Copeland, Brian Jack, 284
 Cowan, Jack D., 290
 Cowper Powys, John, 15
 Crick, Francis, 106, 132
 Crise, 285
 Criseide, 285

 Dalen, Dirk van, 271
 Damasio, Antonio, 133, 134-135, 289
 Darwin, Charles, 187, 221-222, 280, 277
 Dedekind, Richard, 16, 255-256
 Della Ratta, Donatella, 276
 Democrito, 106
 Dennett, Daniel, 94, 131, 153-154, 156, 201, 275, 281, 284, 287, 291
 Dickens, Charles, 237
 Dioguardi, Nicola, 255-256
 Dostoevskij, Fëdor, 216, 225
 Dreyfus, Hubert, 77, 279
 Duhamel, Georges, 44, 274
 Dyson, Freeman, 222, 296
 Dyson, George, 147, 273, 283, 290

 Efestò, 48, 210, 213-214, 219
 Eggers, Dave, 17, 248
 Ehrenfest, Paul, 16
 Eijk, Philip J. van der, 156
 Einstein, Albert, 102-103, 153, 283
 Eliot, Thomas Stearns, 13

 Engels, Friedrich, 187, 216-217, 187
 Eraclito, 44
 Erasmo da Rotterdam, 193, 294
 Eudosso di Cnido, 25, 39, 274

 Feynman, Richard, 68, 277, 296
 Fiormonte, Domenico, 276
 Flaubert, Gustave, 211, 295
 Floridi, Luciano, 281
 Flusser, Vilém, 46, 275
 Fogel, David B., 283
 Foucault, Michel, 229, 246
 Frazer, James, 245, 298
 Freud, Sigmund, 132, 133
 Friston, Karl, 132, 175, 288-289

 Galeno, 47, 264, 275
 Gallant, Jack, 144
 Gardner, Martin, 193, 294
 Garner, Alan, 75, 278
 Gauss, Carl Friedrich, 255
 Gehry, Frank, 180
 Gerbino, Walter, 288
 Gige, 249, 299
 Gilbert, Thomas, 247, 298
 Gödel, Kurt, 37, 80, 103, 239, 273, 279
 Goethe, Johann Wolfgang von, 122, 193
 Gould, Glenn, 22
 Greenwald, Glenn, 248, 298-299
 Gozzano, Simone, 288
 Grimaudo, Sabrina, 274
 Gruppioni, Eros, 277
 Gulick, Robert van, 138, 290

- Haack, Susan, 280
 Haanen, John B.A.G., 300
 Han, Byung-Chul, 46-47, 275, 281
 Harvey, David, 211, 228-229, 295, 296
 Hassabis, Demis, 292, 300
 Hawking, Stephen, 80-81, 141-142, 279, 290
 Healey, Jennifer, 272
 Helmholtz, Hermann von, 132
 Hilbert, David, 37, 273, 283
 Hill, Robin K., 274
 Hinton, Geoffrey, 276, 290
 Ho, Seng-Beng, 272
 Hobbes, Thomas, 285-286
 Hodges, Alan, 278
 Hofstadter, Douglas, 53, 80, 94, 98, 114, 131, 201, 275, 279, 281, 282, 284, 285, 287, 291, 294
 Hogan, Michael John, 299-300
 Hong, Jason, 293
 Hopfield, John Joseph, 290
 Hubert, Thomas, 292
 Hull, John, 72-73, 277
 Humboldt, Wilhelm von, 161-162, 292
 Hume, David, 275
 Huxley, Aldous, 51, 173, 184, 206, 228, 232, 241, 274, 277, 286, 294, 295, 296
 Iberite, Francesco, 277
 Inglese, Alessandra, 298
 Ippocrate, 193, 255, 258, 295
 Jacquard, Joseph-Marie, 221-222
 Jaensch, Erich Rudolf, 277
 Jameson, Fredric, 211, 295
 Jean, Aurélie, 293
 Jie, Ke, 169
 Johnson, Gabe, 293
 Jumper, John, 292, 300
 Jung, Carl Gustav, 118, 159, 162, 291-292
 Kanizsa, Gaetano, 74, 148, 152-154, 155-156, 179-180, 277
 Kant, Immanuel, 83, 124, 158, 279
 Kasparov, Garry, 167
 Kleene, Stephen Cole, 274
 Knuth, Donald, 251, 274, 299
 Kolmogorov, Andrej Nikolaevič, 274
 Korteweg, Diederik Johannes, 16
 Labatut, Benjamin, 273
 Langton, Christopher, 110
 Larense, Publio Livio, 215
 Lee Sedol, 167-169
 Leibniz, Gottfried Wilhelm, 103, 117-118, 281, 286
 Leonardo da Vinci, 31-32
 Leopardi, Giacomo, 184-185, 293
 Levi, Primo, 93, 281
 Liew, Hui-Ze, 293
 Locke, John, 275
 Lord Byron, 40, 222
 Lorenz, Edward Norton, 91, 281
 Lovelace, Ada, 40-42, 221-222, 274, 295-296
 Lucrezio, 256
 Łukasiewicz, Jan, 88-90, 280

- Mach, Ernst, 157
 Malinowski, Bronisław, 202, 294
 Mandelbrot, Benoît, 256
 Manzotti, Riccardo, 157-158, 288, 291
 Marcel, Anthony J., 290, 291
 Marduk, 56
 Marx, Karl, 121, 187, 217
 McCarthy, John, 77-78, 79, 82-83, 117, 139, 278, 279
 McCulloch, Warren, 72-74, 144-145, 288, 290
 McDermott, Drew, 279
 Menabrea, Luigi Federico, 40-42, 274
 Metropolis, Nicholas, 165
 Metzinger, Thomas, 288
 Micera, Silvestro, 277
 Minosse, 214
 Minsky, Marvin, 29-30, 74, 77, 148, 274, 278, 288
 Monella, Paolo, 276
 Moravec, Hans Peter, 128, 287
 Morin, Edgar, 187, 237, 272, 293
 Muheim, Jonathan, 277
 Musk, Elon, 234-235
 Muszynski, Michael, 272
 Nagel, Thomas, 131, 287
 Nair, Smita K., 299
 Nash, John, 115
 Neumann, John von, 37, 58, 86, 100-101, 103, 104, 107-108, 113, 146-147, 165, 222, 224, 273, 280, 282, 283-284
 Nishimoto, Shinji, 144, 290
 Nobre, Anna Christina, 281
 Numerico, Teresa, 276
 Omero, 122, 210, 213, 219, 295
 Onians, Richard Broxton, 294
 Oviatt, Sharon, 272
 Panksepp, Jaak, 133, 289
 Pardi, Norbert, 299
 Parmenide, 44
 Pasley, Brian, 144, 290
 Penrose, Roger, 19, 110, 112, 131, 137-139, 284, 287, 290
 Perilli, Lorenzo, 292, 294, 298
 Pesavento, Umberto, 283-284
 Peterhans, Esther, 291
 Petruccioli, Sandro, 279
 Pitts, Walter, 72, 74, 290
 Platone, 16, 199, 249, 272
 Poplawski, Tadeusz, 281
 Popper, Karl, 193
 Porter, Frederick William, 299-300
 Powys, John Cowper, 15
 Protagora, 31, 34
 Proteo, 244-245, 297
 Proudfoot, Diane, 284
 Quinto Sereno Sammonico, 178
 Raphael, Bertram, 109
 Rapaport, William, 135, 274, 289
 Rehm, Georg, 52, 276
 Rifkin, Jeremy, 48, 275
 Rochester, Nathan, 77, 278-279
 Rotari, 188
 Russell, Bertrand, 152

- Saint Vincent, Grégoire de, 274
 Salerno, Giuseppe, 223
 Sano, Akane, 272
 Searle, John, 75, 110, 131, 137-138, 147, 284, 287, 290
 Seidenberg, Abraham, 159-160, 292, 297
 Seneca, 216
 Seth, Anil, 148-149, 151, 175, 291
 Shannon, Claude, 77, 84-85, 100-101, 278, 280, 282
 Shapiro, Ehud, 96, 237, 281
 Shelley, Mary, 222
 Shelley, Percy Bysshe, 222
 Sheffer, Alla, 293
 Shelley, Mary, 222
 Shelley, Percy Bysshe, 222
 Shokur, Solaiman, 277
 Simmel, Georg, 188, 293-294
 Singh, Karan, 293
 Snowden, Edward, 17, 248, 298-299
 Solms, Mark, 133-135, 143, 175, 288-289
 Sordi, Paolo, 276
 Speier, Hans, 241, 297
 Spinoza, Baruch, 110, 284
 Steiner, George, 50, 51-52, 275
 Störzinger, Tobias, 272
 Strehler, Giorgio, 209-210
 Sutton, Richard S., 292
 Svane, Inge Marie, 300
- Tagliasco, Vincenzo, 157-158, 288, 291
 Taddeo, Mariarosaria, 285
 Tallis, Raymond, 275
- Tarski, Alfred, 89-90
 Taylor, Tim, 293
 Tesler, Larry, 79-80, 279
 Thiel, Peter, 234-236, 297
 Tian, Li, 272
 Trautteur, Giuseppe, 113, 131, 189-190, 284, 288, 294
 Turing, Alan Mathison, 75-76, 78, 80, 97-99, 103, 109, 127, 138, 144, 164, 177, 202, 214, 222, 274, 278, 284, 286, 290, 295, 296
 Twardowski, Kazimierz, 280
- Ulam, Stanislaw, 165
 Umiltà, Carlo, 288
 Urbantschitsch, Viktor, 277
 Uspensky, Vladimi Andreevič, 274
- Vallortigara, Giorgio, 98, 282
 Vannini, Laurent, 276
 Vaucanson, Jacques de, 63
 Verma, Gyanendra K., 272
- Ware, Willis H., 282
 Watson, James, 106, 168
 Weber, Max, 189
 Weil, Simone, 237-238, 282, 297
 Weizenbaum, Joseph, 18, 112-114, 115, 117, 195, 243, 283, 284
 Wiener, Norbert, 13, 70, 72-74, 94-95, 99, 100-101, 112, 121-123, 124, 130, 146-147, 228, 242, 249, 272, 277, 281, 282, 283, 286, 290, 299

Yarvin, Curtis, 236, 248, 298

Yi-Luen Do, Ellen, 293

Young, Michael, 181, 293

Zadeh, Lofti, 90, 280

Zampolli, Antonio, 126

Zaugg, Isabelle, 51, 276

Zellini, Paolo, 37, 178, 186, 189, 271,
273, 274, 282, 293, 294, 297-298

Zuse, Konrad, 222, 296

Zuckerberg, Mark, 234

Ultimi volumi pubblicati

Georges Vigarello, *Storia della fatica*

Bruce Conforth, Gayle Dean Wardlow, *Il diavolo, probabilmente*

Violetta Bellocchio, *Electra*

Mario Tronti, *Il proprio tempo appreso col pensiero*

Krzysztof Kiesłowski, *Blu, bianco e rosso*

Joyce Carol Oates, *L'incidente in bicicletta*

Geoff Dyer, *Amore a Venezia, morte a Varanasi*

Louise Glück, *Una vita di paese*

Mina. *La voce del silenzio*

Silvia Brena, *Parole in tempesta*

Stefano Costa, *Tre nidi*

Domenico Gnoli, *Oreste o l'arte del sorriso*

Daphne du Maurier, *Gli uccelli*

Daphne du Maurier, *Non voltarti*

bell hooks, *Scrivere oltre la razza*

Joan Didion, *Ultime interviste*

Gianni Mura, *Il calcio di una volta*

Officina il Saggiatore, *Piccolo manuale illustrato per cercatori di biblioteche*

Michele Girardi, *Giacomo Puccini*

Silvio Perrella, *Ore incerte*

John Berger, *Capire una fotografia*

Fred Pearce, *Un pianeta senz'acqua*

Piero Camporesi, *La carne impassibile*

Aldo Rossi, *Scritti*

Witold Gombrowicz, *Diario*

Stefano Agosti, *La parola della poesia*

Davide Carnevali, *Limited Edition*

Tommaso Tovaglieri, *Roberto Longhi*

Luciano Canova, *Economia dell'ottimismo*

Sven Holm, *Termush*

Lettere della famiglia Mozart. A Salisburgo

Charlotte Van den Broeck, *Salti mortali*

Sally Adee, *Noi siamo elettrici*

Aldo Nove, *Inabissarsi*

Finito di stampare nel gennaio 2025
presso Galli Thierry stampa, Milano