

György Buzsáki

IL CERVELLO *ALLA ROVESCIA*

*Una rivoluzione copernicana
per le neuroscienze*

La rappresentazione del mondo oggettivo non è la vera mansione del cervello. Non si è evoluto per rappresentare qualcosa, ma per aiutare il corpo che lo ospitava a sopravvivere e a riprodursi. Se da questo traiamo le più radicali conseguenze, il nostro modo di concepire il rapporto tra cervello e realtà dovrà subire un rovesciamento completo.

Casa Editrice Astrolabio

Prefazione

Una teoria non può essere considerata completa finché non è resa così chiara da poterla spiegare alla prima persona che si incontra per strada.

Joseph-Diez Gergonne

L'abilità più complicata è quella di essere semplici.

Dejan Stojanović

Il successo è la capacità di passare da un fallimento all'altro senza perdere l'entusiasmo.

Winston Churchill

Che io ricordi, esisteva una sola regola: “Devi essere a casa prima che faccia buio”. La definizione di buio era, chiaramente, negoziabile. La mia infanzia è stata ricca di animali: tartarughe, una famiglia di ricci, un pesce nella cassetta del wc, piccioni, barbagianni e i gatti e le galline della mia famiglia. Inoltre, io e Rűszű, il nostro maiale domestico, eravamo ottimi amici. Era sempre impaziente di uscire dal recinto e venire con me nel nostro posto preferito: una piccola baia, con l'acqua poco profonda, nel lago Balaton, in Ungheria. Il lago era raggiungibile a piedi da casa nostra ed è stato fonte di molti momenti felici nei miei primi anni di vita. Mi offriva tutto quello di cui avevo bisogno: nuotare d'estate, pattinare d'inverno e pescare per la maggior parte dell'anno.

Vivevo in completa libertà. Sono cresciuto in strada insieme agli altri bambini del vicinato: creavamo le nostre regole, inventavamo giochi e costruivamo fortezze con sassi e materiali provenienti da edifici abbandonati, per poter difendere il nostro territorio da invasori immaginari. Camminavamo nei canneti, perdendoci per poi ritrovare la strada e sviluppando così senso dell'orientamento e autonomia. Sono cresciuto in

un paradiso per bambini, anche se, per la generazione dei miei genitori, quelli furono gli anni peggiori della dittatura comunista.

Le estati erano speciali. I miei genitori affittavano le due camere da letto, il bagno e la cucina a persone che venivano in vacanza da Budapest e noi ci trasferivamo temporaneamente in mansarda. Una volta mio padre mi disse che uno degli ospiti era uno 'scienziato-filosofo' che sapeva tutto. Mi chiedevo come fosse possibile sapere tutto. Coglievo allora ogni opportunità per stargli dietro, per capire se potessi scoprire qualcosa di speciale nella sua testa o negli occhi. Sembrava però una persona del tutto normale, con un buon senso dell'umorismo. Gli chiesi cosa pensasse Rüszi di me e perché non potesse parlare. Mi diede una lunga risposta, con molte parole che non capii e alla fine annunciò vittoriosamente: "Adesso lo sai". In realtà non lo sapevo, e continuai a chiedermi se il sentimento apparentemente affettuoso del maiale fosse lo stesso che provavo io per lui. Forse lo scienziato conosceva la risposta, ma non capivo le parole che usava. E fu da lì che iniziò il mio problema con le parole che vengono utilizzate nelle spiegazioni scientifiche.

La curiosità che avevo da bambino non è mai svanita. Diventare uno scienziato è stata la conseguenza del mio sforzarmi di capire quale sia il vero significato dietro alle spiegazioni. Troppo spesso, la risposta che era logica e semplice per i miei pari per me rimaneva un mistero. Al liceo avevo difficoltà a comprendere la gravità. Sì, è un'azione a distanza' o una forza che attrae un corpo con una massa verso un altro corpo fisico. Ma queste affermazioni non sono solo un modo diverso di dire la stessa cosa? La risposta dell'insegnante di fisica riguardo alla gravità mi ricordava la spiegazione delle capacità di Rüszi che mi aveva dato il 'mio' scienziato. I problemi con i termini esplicativi non fecero che peggiorare durante gli anni da studente di medicina e nel periodo post-dottorato, finché non mi resi conto che il mio caro mentore, Endre Grastyán, e il mio supervisore durante il post-dottorato, Cornelius (Case) Vanderwolf, condividevano la mia frustrazione. Troppo spesso, quando non si capisce qualcosa, si inventano un paio di parole e si fa finta che quelle parole risolvano il mistero.¹

Gli scienziati hanno dato il via al XXI secolo con un nuovo obiettivo: capire gli esseri umani e la complessità dell'hardware alla base delle

menti individuali. Improvvisamente, le neuroscienze sono uscite da una lunga oscurità e sono approdate al linguaggio quotidiano. Nuovi programmi sono spuntati in tutto il mondo. La BRAIN Initiative negli Stati Uniti ha investito ingenti somme di denaro in collaborazioni tra pubblico e privato, con l'obiettivo di sviluppare nuovi e potenti strumenti che permettano di sbirciare nel funzionamento del cervello. In Europa, lo Human Brain Project promette di costruire un modello del cervello umano (forse un obiettivo fin troppo ambizioso) entro il 2030. Il China Brain Project si concentra sui meccanismi delle malattie cognitive e cerebrali, oltre che sul progresso della tecnologia dell'informazione e sui progetti di intelligenza artificiale.

Sorprendentemente, nessuno di questi programmi ha come priorità la comprensione dei principi generali delle funzioni cerebrali: una decisione che potrebbe sembrare saggia a livello tattico, poiché le scoperte su nuovi principi del cervello richiedono decenni di maturazione e di elaborazione delle idee. Diversamente dalla fisica, che ha grandi teorie ed è costantemente alla ricerca di nuovi strumenti per metterle alla prova, le neuroscienze sono ancora agli esordi, alla ricerca delle domande giuste. È un po' come nel selvaggio West, pieno di incognite, dove un singolo individuo ha le stesse possibilità di trovare l'oro della conoscenza di quante ne abbia un'istituzione su scala industriale. Tuttavia, c'è grande necessità di idee ambiziose e quadri di riferimento che facciano da guida, soprattutto quando vengono delineati programmi di così vasta portata. I grandi progetti su larga scala, coordinati dall'alto, dovrebbero considerare attentamente se le loro risorse vengono impiegate nel modo più efficiente possibile. Quando la BRAIN Initiative finirà, potremmo ritrovarci con strumenti straordinari, che saranno però utilizzati per misurazioni sempre più precise delle stesse problematiche, se prima non riusciamo a formare una nuova generazione di neuroscienziati capace di pensare in grande e di sintetizzare questi pensieri.

La scienza non è solamente l'arte di misurare il mondo e convertirlo in equazioni. Non è semplicemente un insieme di fatti, ma una splendida interpretazione imperfetta delle loro relazioni. I fatti e le osservazioni diventano conoscenza scientifica quando le loro implicazioni più vaste vengono esplorate con ampio respiro e forza di pensiero. Pur riconoscendo che la ricerca empirica si basa su un fondamento di misurazione, queste osservazioni devono essere organizzate in teorie coerenti per poter consentire ulteriori progressi. Le più grandi intuizioni scientifiche sono riconosciute come scoperte importanti solo a posteriori, quando acquisiscono progressivamente credibilità dopo un esame minuzioso da

¹ Questi 'termini riempitivi' potrebbero non spiegare niente; se vengono usati con una certa frequenza nella scrittura scientifica, il lettore ingenuo potrebbe credere che si riferiscano effettivamente a un meccanismo (si veda ad esempio Krakauer *et al.*, 2017).

parte della comunità scientifica, e dopo che nuovi esperimenti hanno dato sostegno alla teoria e confutato quelle concorrenti. La scienza è un'impresa iterativa e ricorsiva, un'attività umana. Riconoscere e sintetizzare intuizioni fondamentali richiede tempo e sforzo, e questo è vero oggi così come lo è sempre stato. Un obiettivo fondamentale delle neuroscienze è quello di identificare i principi dell'organizzazione dei circuiti neuronali. È stata proprio la mia convinzione sull'importanza di questo obiettivo ciò che mi ha più spinto a scrivere questo volume.

Scrivere un libro deriva da un'urgenza interna, una smania che può essere messa a tacere temporaneamente con qualche distrazione, ma che poi si ripresenta sempre. Per me, quella smania è iniziata un bel po' di tempo fa. Dopo aver ricevuto nel 2001 il premio Cortical Discoverer dal Cajal Club (fondato dall'American Association of Anatomists), fui invitato a scrivere una rassegna per una rivista importante. Pensai che il modo migliore di sfruttare quell'opportunità fosse scrivere un saggio riguardante i miei problemi con la terminologia scientifica e sostenere che il quadro di riferimento attuale delle neuroscienze potrebbe non essere sulla strada giusta. Un mese più tardi ricevetti la lettera di rifiuto: "Caro Gyuri, [...] spero comprenderai che per il *bene della rivista* non possiamo pubblicare il tuo manoscritto" (corsivo mio). Non capivo il collegamento tra il contenuto del mio saggio e la reputazione della rivista. Cosa c'era in gioco? Chiamai allora colui che mi ha sempre sostenuto e dato consigli nei momenti di crisi: Theodore (Ted) Bullock dell'Università della California di San Diego. Ted mi ascoltò attentamente, mi disse di fare un respiro profondo, mettere la questione da parte e tornare in laboratorio. Così feci.

Tuttavia, la questione continuava a infastidirmi. Negli anni ho letto tutto ciò che sono riuscito a trovare sulla relazione tra linguaggio e pensiero scientifico. Ho scoperto che molte delle mie 'idee originali' erano già state prese in considerazione da diversi scienziati e filosofi, spesso anche in modo profondo e dettagliato, sebbene non fossero riuscite a penetrare efficacemente nella psicologia o nelle neuroscienze. Oggi le neuroscienze sono ricche di spiegazioni soggettive, che spesso però riformulano, senza esporre veramente, le radici di un problema. Mentre provavo a svelare le origini di termini ampiamente usati nelle neuroscienze, mi sono addentrato sempre più nella storia del pensiero sulla mente e sul cervello. La maggior parte dei termini che formano la base delle neuroscienze cognitive odierne è stata formulata molto prima che sapessimo qualcosa riguardo al cervello, eppure non ci siamo mai posti il problema della loro validità. Di conseguenza, i termini inventati dall'uomo conti-

nuano a influenzare la ricerca moderna sui meccanismi cerebrali. Non ho cercato il disaccordo solo per il gusto di contraddire; al contrario, sono giunto lentamente e con riluttanza alla consapevolezza che la pratica generale in ampie aree delle neuroscienze segue una filosofia fuorviante. Riconoscere questo problema è importante, poiché la narrazione che usiamo per descrivere il mondo plasma il modo in cui progettiamo gli esperimenti e interpretiamo le scoperte. Tuttavia, un altro motivo per il quale ho passato così tante ore a pensare ai contenuti di questo libro, è perché ritengo che le osservazioni fatte in privato da piccoli gruppi di specialisti, non importa quanto autorevoli, non siano davvero conoscenza scientifica. Le idee diventano vere solo quando sono spiegate a persone istruite, prive di nozioni preconcepite, che le possano mettere in discussione e contestare. La definizione di Gergonne, citata all'inizio di questa prefazione, costituisce un traguardo ambizioso. Le neuroscienze sono una materia complessa. Gli scienziati impegnati nella ricerca quotidiana sono molto cauti riguardo alla semplificazione, e per una buona ragione. La semplificazione spesso avviene a scapito della profondità e dei dettagli cruciali che distinguono una teoria scientifica da un'altra. Negli articoli scientifici gli scienziati scrivono ad altri scienziati usando un linguaggio comprensibile forse solo a una manciata di lettori. I risultati sperimentali ottenuti in laboratorio, però, acquisiscono valore solo quando vengono compresi anche da chi non è del mestiere.

Perché per gli scienziati è difficile scrivere in un linguaggio semplice? Una ragione è che siamo parte di una comunità dove ogni dichiarazione e ogni idea devono essere attribuite a colleghi scienziati. I professionisti della comunicazione scientifica hanno il lusso di prendere in prestito termini da chiunque, mettendoli insieme in modi inaspettati, semplificandoli e dando loro luce con metafore attraenti, per poi impacchettarli in una narrazione coinvolgente. Lo possono fare senza esitazione perché il pubblico è consapevole che l'autore è un narratore ingegnoso, e non colui che ha fatto le scoperte. Tuttavia, quando gli scienziati seguono un percorso simile, è difficile distinguere, sia per loro sia per il pubblico, se le grandi intuizioni e le idee rivoluzionarie siano scaturite dal loro stesso cervello o da quello di altri colleghi che hanno lavorato duramente. Non possiamo cambiare ruolo con disinvoltura a seconda della convenienza ed essere allo stesso tempo narratori, mediatori e attori coinvolti e schierati, poiché rischiamo di trarre in inganno il pubblico. Questa tensione è probabilmente riflessa nel materiale presentato in questo libro. Nonostante i miei sforzi, gli argomenti che padroneggio meglio risultano inevitabilmente più densi nella scrittura. Molti capitoli,

invece, trattano di argomenti di cui non mi occupo direttamente. Ho dovuto leggere parecchio riguardo a quelle tematiche, pensare molto, semplificare le idee e intesserle in un quadro coerente. Mi auguro che, nonostante qualche inevitabile, ma forse giustificabile, complessità, la maggior parte delle tesi esposte sia comprensibile.

L'argomento centrale di questo libro è che il cervello è un sistema autorganizzato, con connettività e dinamiche preesistenti, il cui lavoro principale è quello di generare azioni ed esaminare e predire le conseguenze di quelle azioni. Questa visione, che definisco la strategia 'alla rovescia', ovvero 'dall'interno verso l'esterno' è una deviazione dal quadro dominante delle neuroscienze tradizionali, le quali suggeriscono che il compito del cervello sia quello di percepire e rappresentare il mondo, elaborare le informazioni e decidere come rispondere a queste in una maniera 'dall'esterno verso l'interno'. Nelle pagine che seguono sottolineo le differenze fondamentali tra questi due quadri di riferimento. Molte delle tesi che presento sono in circolazione da tempo e sono state trattate da pensatori eminenti, sebbene non nel contesto delle neuroscienze contemporanee. Il mio obiettivo è quello di riunire queste idee in un'unica sede, dedicando molti capitoli all'analisi dei vantaggi del modo di trattare il cervello che suggerisco, ovvero quello alla rovescia.

Negli scorsi decenni, le neuroscienze hanno conseguito molti risultati straordinari. Sintetizzare queste scoperte, così da poter vedere il quadro generale, e presentarle ai lettori, è una sfida che richiede abilità che la maggior parte degli scienziati non possiede. Per aiutare a superare questa sfida, ho approfittato di un doppio livello in questo volume. Il testo mira a veicolare il messaggio principale a una persona intelligente e curiosa, con una passione, o per lo meno un rispetto, per la scienza. Aspettandomi che il lettore esperto potrebbe però volere di più, ho dato ulteriore spazio a questi argomenti nelle note a piè di pagina. Ho usato le note anche per rimandare alla letteratura pertinente, e a volte per fornire chiarimenti. Per rimanere all'interno degli alti standard della scrittura scientifica, ho citato il primo articolo rilevante sull'argomento e una rassegna esaustiva quando possibile. Nei casi in cui diversi aspetti degli stessi problemi vengono discussi da molti articoli, ho cercato di elencare quelli più significativi.

È chiaro che in una scelta del genere entrano in gioco parecchia soggettività e un'ignoranza ingiustificata. Sebbene abbia cercato di trovare un equilibrio tra il riassumere ampie porzioni di lavoro di molti e riconoscere i ricercatori che ne hanno il merito, sono cosciente di non esserci sempre riuscito. Mi scuso con coloro il cui lavoro potrei aver trascu-

rato o ignorato. Il mio scopo era quello di trovare la semplicità nella complessità e di creare una narrazione leggibile senza apparire troppo semplicistico. Spero di aver raggiunto questo scopo per lo meno in alcune parti, sebbene sia consapevole di aver spesso fallito: in questo caso non sarebbe poi così tragico, dal momento che il fallimento viene sperimentato quotidianamente dagli scienziati in laboratorio. La resilienza al fallimento, all'umiliazione e al rifiuto sono gli ingredienti più importanti di una carriera scientifica.

Il problema

Le confusioni di cui ci occupiamo sorgono, per così dire, quando il linguaggio gira a vuoto, non quando è all'opera.

*Ludwig Wittgenstein*¹

Non c'è nulla di così assurdo da non poter essere creduto vero se ripetuto abbastanza spesso.

William James

Un sogno sognato insieme è realtà.

Burning Man

Il mistero è sempre nel mezzo. Ho imparato questa saggezza non appena arrivato come docente al corso di laurea in medicina dell'Università di Pécs, in Ungheria. Durante i seminari di neuropsicologia ero entusiasta di spiegare come il cervello interagisca con il corpo e con il mondo circostante. Gli stimoli sensoriali vengono trasmessi in segnali elettrici nei sensori periferici, che poi trasmettono impulsi al mesencefalo e alle cortecce sensoriali primarie, inducendo così la sensazione. Al contrario, sul tratto cortico-spinale, il percorso corticale diretto che parte dalle grandi cellule piramidali della corteccia motoria primaria, insieme a molteplici vie indirette, converge sui motoneuroni del corno anteriore del midollo spinale, la cui attività induce la contrazione muscolare. Il piano di studi prevedeva una lunga lista di dettagli anatomici e di pro-

¹ Wittgenstein (1953), par. 132. “La filosofia è una battaglia contro l'incantamento del nostro intelletto, per mezzo del nostro linguaggio” (ivi, par. 109). Si veda anche Quine (2013). I ‘neuroappunti’ nel libro intendono ricordarci come la creatività e i disturbi mentali siano intrecciati (Andreasen, 1987; Kéri, 2009; Power *et al.*, 2015; Oscoz-Iruozqui e Ortuño, 2016). [Neuroappunto: Wittgenstein, figlio di una delle famiglie più facoltose d'Austria, era gravemente depresso. Tre dei suoi quattro fratelli si suicidarono; Gottlieb, 2009.]

prietà biofisiche dei neuroni che gli studenti dovevano memorizzare e i docenti spiegare. Ero bravo a intrattenere i miei studenti con queste nozioni, prepararli a rispondere alle domande d'esame e coinvolgerli nel risolvere piccoli problemi. Eppure, c'erano alcuni tra loro (dovrei dire i più intelligenti) che raramente si accontentavano delle mie spiegazioni da manuale. "Dove avviene la percezione nel cervello?", e "Che cosa dà inizio al movimento del mio dito, prima che le grandi cellule piramidali si attivino?", erano alcune tra le domande tipiche. "Nella corteccia prefrontale" era in genere la mia risposta, prima di cambiare abilmente argomento o utilizzare qualche termine in latino che nessuno capiva davvero, ma che suonava abbastanza scientifico da permettere alle mie spiegazioni, apparentemente autorevoli, di accontentarli per un po'. La mia incapacità di fornire risposte meccanicistiche e logiche a queste domande legittime mi ha perseguitato fin da allora, come probabilmente succede a ogni neuroscienziato che si rispetti.² Come posso spiegare qualcosa che non capisco? Negli anni mi sono reso conto che il problema non è solo mio. Molti tra i miei colleghi, che lo ammettano o no, la pensano così. Una delle ragioni è che il cervello è una faccenda complicata e la nostra scienza, che è ancora alle prime armi, si trova ad affrontare molte incognite. Molte di queste incognite, i veri misteri del cervello, sono nascoste nel mezzo, lontano sia dalle strutture cerebrali che analizzano lo stimolo sensoriale sia da quelle che effettuano la risposta motoria. Storicamente, la via che la ricerca sul cervello ha seguito è quella dall'esterno verso l'interno, con la speranza che questa esplorazione sistematica ci porti un giorno a ciò che c'è nel mezzo, per poi, da qui, ritornare all'output comportamentale. Spesso mi sono chiesto se questa sia la strada giusta, o l'unica possibile, e ho scritto questo libro per offrire una strategia complementare.

In questo capitolo introduttivo cerco di spiegare dove intravedo gli ostacoli e riassumo brevemente le mie visioni alternative. Nei capitoli che seguono risulterà evidente che credo fermamente nel quadro di riferimento che propongo. Alcuni colleghi si schiereranno con me, altri non lo faranno. Ovviamente, è normale che questo accada ogni volta che le frontiere della scienza vengono messe in discussione, perciò voglio dichiararlo apertamente: questo libro non mira a spiegare ciò che è già stato compreso, ma è invece un invito a riflettere sui problemi più affascinanti che l'umanità può affrontare. Un'avventura nell'ignoto: noi stessi.

² Il termine 'neuroscienziato' fu introdotto nel 1969 in occasione della fondazione della Society for Neuroscience negli Stati Uniti.

LE ORIGINI DELL'ATTUALE QUADRO DI RIFERIMENTO DELLE NEUROSCIENZE

L'interesse scientifico per il cervello inizia con il problema epistemologico di come la mente apprenda la 'verità' e comprenda il mondo veritiero e oggettivo. Storicamente, le indagini sul cervello sono passate dall'ispezione alla sperimentazione e, lungo questo percorso, gli studiosi hanno creato molti termini per poter esprimere i propri punti di vista. Filosofi e psicologi hanno iniziato quest'indagine chiedendosi come i nostri organi di senso (occhi, orecchie e naso) percepissero il mondo esterno e come ne trasmettessero le caratteristiche alla mente. Il punto cruciale del problema sta proprio qui. Gli antichi pensatori, come Aristotele, senza rendersene conto assegnavano un duplice ruolo alla mente: quello di concepire l'*explanandum* (la cosa da spiegare) e quello di fornire l'*explanans* (la cosa che spiega).³ Immaginavano cose, davano loro nomi, e ora, a millenni di distanza, ci troviamo a cercare i meccanismi neurali che potrebbero essere collegati alle idee da loro immaginate.⁴

A mano a mano che venivano concepite nuove idee sulla mente, la lista di cose da spiegare continuava ad aumentare, determinando una progressiva risuddivisione del territorio cerebrale. Nel XIX secolo in un primo tentativo, o passo falso, Franz Joseph Gall e i suoi seguaci sostennero che le diverse facoltà mentali fossero localizzate in aree cerebrali distinte, e che queste aree potessero essere identificate attraverso le protuberanze e la geografia disomogenea del cranio, una pratica divenuta nota con il nome di 'frenologia' (Figura 1.1). Secondo Gall, il cervello poteva essere diviso in 'organi' separati, che oggi chiameremmo 'regioni'. Diciannove di queste regioni, individuate arbitrariamente, erano responsabili di facoltà condivise con altri animali, come la riproduzione, la memoria e il tempo. Le rimanenti otto regioni erano invece specifiche degli umani, come il senso della metafisica, della poesia, della satira e della religione.⁵ Oggi la frenologia è declassata a pseudoscienza, poiché sappia-

³ Cfr. Aristotele, *Metafisica*. Spesso nelle neuroscienze si commettono simili errori di dualità. Per spiegare i risultati, costruiamo un modello computazionale 'realistico' per convincere sia noi stessi sia gli altri che questo rappresenta fedelmente e in modo affidabile la 'cosa da spiegare'. Allo stesso tempo il modello serve anche per spiegare il problema biologico.

⁴ Un'introduzione concisa all'argomento si trova in Vanderwolf (2007). Si veda anche Bullock (1970).

⁵ Il tentativo di Gall di trovare sedi corporee per presunte funzioni non fu il primo. Nel buddhismo, in particolare secondo lo yoga kuṇḍalinī, i 'centri psicologici',

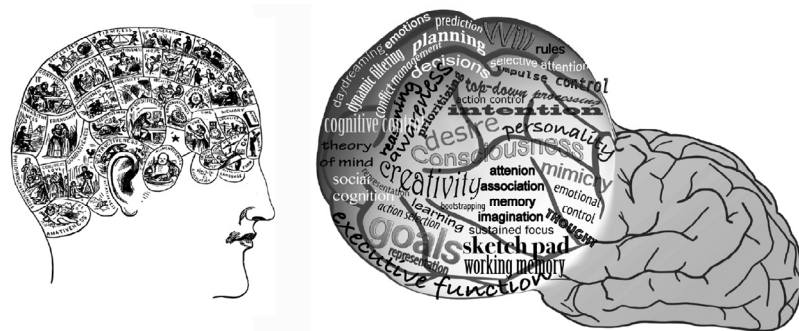


Figura 1.1. (a) Franz Joseph Gall e i seguaci della frenologia ritenevano che le varie facoltà mentali fossero localizzate in aree cerebrali distinte e che queste aree potessero essere identificate attraverso le protuberanze e la geografia disomogenea del cranio. La frenologia (o cranioscopia) è oggi declassata a pseudoscienza. (b) Localizzazione delle nostre presunte facoltà cognitive oggi, sulla base di neuroimmagini. Ho trovato più di cento termini cognitivi associati alla sola corteccia prefrontale, alcuni dei quali sono riportati qui.

mo che le protuberanze del cranio hanno ben poco a che fare con la forma e con la suddivisione del cervello in regioni. Gall rappresenta per le neuroscienze quello che Jean-Baptiste Lamarck ha rappresentato per l'evoluzione: un monito per ricordare che, nella scienza, avere torto non significa essere inutili. Sorprendentemente, pochissimi hanno mosso critiche all'assurdità più grave, ossia il tentativo di trovare 'scatole' nel cervello che contengano termini e concetti inventati dagli umani. Questa strategia è di per sé un crimine maggiore di quanto non lo sia la sua cattiva realizzazione, ovvero non riuscire a trovare le regioni giuste.

Ci sono troppe note

“Il suo lavoro ha unicamente un po' troppe note. Ne levi qualcuna e sarà perfetto” disse l'imperatore al giovane Mozart. Questa battuta comica del

meglio noti come 'chakra' o 'ruote', sono distribuiti su tutto il corpo: i genitali (energia), l'ombelico (fuoco, potere insaziabile), il cuore (immaginario dell'arte, sogni), la laringe (purificazione), l'occhio mistico che guarda verso l'interno (autorità) e la sommità della testa (pensieri e sentimenti). I diversi livelli sono coordinati dalla colonna vertebrale, che rappresenta un serpente arrotolato in modo regolare e armonioso. Si veda anche Jones *et al.* (2018).

film *Amadeus* può oggi essere un messaggio utile per il gergo utilizzato nelle neuroscienze cognitive. Nel cervello non c'è abbastanza spazio per tutti i termini riguardanti la mente che sono stati accumulati prima della ricerca sul cervello (Figura 1.1). Qualunque esperto di neuroanatomia vi potrà dire che il colossale lavoro di Korbinian Brodmann sull'organizzazione citoarchitettica della corteccia cerebrale ha distinto cinquantadue aree nel cervello umano. Molti ricercatori ne hanno dedotto che le differenze negli schemi anatomici intrinseci corrispondano a specializzazioni funzionali. Le metodologie contemporanee che utilizzano tecniche multimodali di risonanza magnetica (RM) hanno individuato centottanta aree corticali delimitate da cambiamenti relativamente netti nelle architetture corticali, nella connettività e/o nella topografia. Questo significa forse che ora abbiamo molte più potenziali scatole nel cervello da far corrispondere alle nostre idee preconcepite? Anche con questa recente espansione delle regioni cerebrali, però, i termini inventati dall'uomo sono comunque molti più delle aree corticali. Come argomenterò più avanti, le funzioni cognitive nascono solitamente da una relazione tra regioni, piuttosto che da attività locali in aree isolate. Anche accettando che le interazioni interregionali siano più importanti della computazione in aree individuali, però, cercare le corrispondenze tra un termine immaginato e l'attività cerebrale non può essere la strategia giusta per comprendere il cervello.

LE RADICI FILOSOFICHE

Se si dovesse stabilire una data di nascita per la psicologia cognitiva sarebbe il 1890, anno di pubblicazione di *Principii di psicologia*, scritto dal filosofo e psicologo americano William James.⁷ Il suo trattato sulla connessione mente-mondo (il flusso di coscienza) ebbe un grande effetto sull'arte e sulla letteratura d'avanguardia, e sarebbe impossibile ignorare l'influenza che il suo *opus magnum* ha avuto e ha tutt'ora sulle scienze cognitive e sulle neuroscienze. Per quel tempo ciascun capitolo rappresentava uno straordinario contributo, ma oggi gli argomenti lì discussi sono per noi familiari e condivisi. Ecco l'indice di questo lavoro del 1890:

⁶ Brodmann (1909); Glasser *et al.* (2016). Per una lettura agile riguardo un'analisi cranioscopica quantitativa recente si veda Parker Jones *et al.* (2018).

⁷ James (1890).

Indice

<i>Prefazione</i>	pag.	7
1. Il problema	»	15
2. Relazioni causali e logica nelle neuroscienze	»	53
3. La percezione a partire dall'azione.	»	75
4. L'assemblea neuronale. L'unità fondamentale della comunicazione	»	110
5. L'interiorizzazione dell'esperienza. La cognizione a partire dall'azione	»	130
6. I ritmi cerebrali forniscono un quadro di riferimento per la sintassi neurale	»	177
7. Traiettorie di assemblee cellulari organizzate internamente	»	204
8. Attività organizzata internamente durante gli stati cerebrali offline	»	243
9. Migliorare le prestazioni del cervello attraverso l'esteriorizzazione del pensiero	»	265
10. Spazio e tempo nel cervello	»	291
11. Guadagno e astrazione	»	337
12. Tutto è relazione. Il cervello non egualitario a scala logaritmica	»	363
13. La migliore ipotesi del cervello	»	405
<i>Epilogo</i>	»	429
<i>Ringraziamenti</i>	»	434
<i>Bibliografia</i>	»	437
<i>Indice analitico</i>	»	497

GYÖRGY BUZSÁKI

IL CERVELLO ALLA ROVESCIA

*Una rivoluzione copernicana
per le neuroscienze*

I concetti psicologici che usiamo per descrivere il comportamento umano, come 'mente', 'coscienza', 'memoria', 'attenzione', 'emozione', sono artefatti creati dall'uomo e dotati di senso tramite un uso collettivo condiviso: sono prodotti umani. Ha senso andare a cercare dei 'corrispettivi organici' (cerebrali) di un concetto? È ciò che proponeva Gall con la frenologia, ma è anche quello che fanno quasi sempre, *mutatis mutandis*, le ricerche neuroscientifiche attuali. La maggioranza dei neuroscienziati sceglie un concetto psicologico e decide di studiare quell'aspetto individuando i meccanismi cerebrali a cui è correlato. Ma perché dovremmo aspettarci che i vari termini del nostro vocabolario proposti e creati da filosofi e psicologi nel corso della storia, con tutte le vicissitudini semantiche che hanno attraversato in centinaia, e a volte migliaia di anni, siano rappresentabili su una mappa cerebrale? Cercare le corrispondenze tra un termine immaginato e l'attività cerebrale non può essere la strategia giusta per comprendere il cervello.

Buzsáki propone di rovesciare questo modo di procedere: non i termini inventati dall'uomo, ma il funzionamento cerebrale è la variabile indipendente da spiegare, ossia il suo coordinamento con l'attività e la facoltà cognitiva dell'animale uomo.

L'orizzonte epistemologico delle neuroscienze tradizionali è un modello che si ispira alla filosofia empirista, in cui i segnali arrivano al cervello dall'esterno: i circuiti neuronali li registrano, li elaborano e una qualche (misteriosa) parte del cervello decide se generare o no una risposta motoria. In questo orientamento 'dall'esterno verso l'interno', il cervello è fondamentalmente un apparato passivo, la cui mansione principale è quella di percepire e valutare gli input sensoriali ('rappresentare' il mondo esterno), e decidere se e come agire.

La tesi centrale di questo libro, invece, è che il cervello è un sistema auto-organizzato, con connettività e dinamiche preesistenti, il cui lavoro principale è quello di generare azioni ed esaminare e predire le loro conseguenze. In questa ipotesi, che 'rovescia' l'operatività del cervello ('dall'interno verso l'esterno'), gli output cerebrali, rispecchiati dalle azioni dell'individuo, interagiscono con i segnali in entrata e così conferiscono a un pattern cerebrale altrimenti privo di significato un senso per l'organismo. Un loop azione-percezione apprende a trovare un senso agli input sensoriali: la percezione è quel che facciamo.

* * *

GYÖRGY BUZSÁKI, nato in Ungheria nel 1949, è Biggs Professor of Neuroscience presso la New York University School of Medicine, membro della National Academy of Science, dell'Accademia Europaea, dell'Accademia Ungherese delle Scienze e dell'American Association for the Advancement of Science. Le sue ricerche pionieristiche nello studio dei ritmi cerebrali e della sintassi neuronale gli sono valse alcuni dei più importanti riconoscimenti internazionali.