

Osservare la mente al lavoro

EDOARDO BONCINELLI

da *Come nascono le idee*

Edoardo Boncinelli (1941), dopo essersi laureato in fisica, si è dedicato alla biologia, in particolare alle ricerche di genetica e di biologia molecolare.

Dotato di notevole capacità di comunicazione, è autore di numerosi saggi di divulgazione scientifica con i quali cerca di trasmettere ai giovani l'entusiasmo per gli studi biologici e si prefigge l'obiettivo di diffondere la cultura scientifica a un pubblico sempre più vasto.

Nelle pagine iniziali del saggio *Come nascono le idee*, Boncinelli introduce il lettore alla conoscenza delle neuroscienze cognitive, una disciplina relativamente nuova nata dall'intreccio tra la neurobiologia e la psicologia sperimentale, il cui oggetto è il funzionamento del cervello e di ciò che chiamiamo "mente".

Il cervello è formato da cellule, i neuroni, e le sue funzioni si basano sulle sinapsi, le connessioni che si formano (o non si formano) tra queste cellule. La mente è l'insieme di quelle che sono considerate le "funzioni superiori" del cervello. Boncinelli spiega inoltre che cos'è la memoria, come nascono le idee, che cosa sono l'intelligenza e la creatività.

Ad accelerare ed ampliare lo sviluppo delle neuroscienze hanno contribuito da una parte l'utilizzo di macchine come la TAC e la RMN (che hanno permesso di "visualizzare l'attività cerebrale", cioè di "vedere il cervello" mentre lavora), dall'altra gli studi sull'intelligenza artificiale. Per poter impostare macchine in grado di compiere calcoli, risolvere problemi, immagazzinare dati è stato necessario riflettere sul nostro modo di ragionare e sui meccanismi della memoria.

[...] Abbiamo imparato più cose sul cervello e la sua azione negli ultimi cinque decenni che nei precedenti cinque millenni. Il momento attuale è eccezionalmente favorevole. Perché? Perché si è realizzata una convergenza, quasi miracolosa, di tre linee di ricerca sperimentali, illuminate da una linea di ricerca teorica. Tale convergenza ha fatto germogliare, pressoché all'improvviso, una serie di studi e prodotto una serie di risultati degni di essere raccontati.

La prima linea di ricerca – la più vecchia, ha più di un secolo – è quella rappresentata dalla cosiddetta *psicologia sperimentale*¹. È abbastanza chiaro che se si vuole studiare l'essere umano, è necessario fargli delle domande e ascoltare le relative risposte, metterlo alla prova, insomma. In parole povere, occorre uno studio psicologico. Il problema è che la psicologia sperimentale è davvero molto lenta: per arrivare a una qualche conclusione occorrono decine di anni. Così, se fosse rimasta l'unica linea di ricerca avrebbe detto sì cose vere, ma saremmo ancora lì ad aspet-

tare. Per fortuna, contemporaneamente è esplosa la biologia, specialmente la genetica² e la biologia molecolare³ e, un po' più tardi, la *neurobiologia*⁴. Lo studio del sistema nervoso e soprattutto del cervello sono ovviamente fondamentali per la comprensione approfondita delle facoltà mentali e psichiche.

In un caso come nell'altro, si tratta in fondo di due scienze attese: la psicologia sperimentale e la neurobiologia. La terza linea di ricerca, invece, era del tutto inaspettata. È una linea relativamente nuova e come sbucata dal nulla: un regalo del cielo o meglio della fisica moderna. In inglese, questo campo di ricerca si chiama *brain imaging* o *neuroimaging*; in francese *neuroimagerie*; in italiano non ha ancora un nome. Qualcuno parla di "neuroimmagini", ma il termine rende l'idea in maniera assai limitata. È comunque la più incisiva delle tre, quella che ha dato un vero e proprio scossone e impartito un'inaspettata accelerazione a tutto il campo.

Di che cosa stiamo parlando? Parliamo della visualizzazione dell'attività ce-

1. psicologia sperimentale: lo studio dei processi mentali effettuato applicando metodi sperimentali (risposte a interrogazioni dello sperimentatore, reazioni a stimoli controllati, ecc.).

2. genetica: branca della biologia che studia i geni, le porzioni di DNA che "portano" le informazioni ereditarie.

3. biologia molecolare: parte della biologia che studia la rete di reazioni che avvengono nelle cellule degli organismi (quindi a livello di molecole).

4. neurobiologia: parte della biologia che studia la struttura e le funzioni del sistema nervoso, dalle cellule ai "centri di elaborazione" (come la corteccia cerebrale).

rebrale mediante l'uso di macchine i cui nomi oggi tutti conoscono: Tomografia a emissione di positroni (PET), Tomografia assiale computerizzata (TAC). Risonanza magnetica nucleare e funzionale (RMN e RMF)⁵. Queste permettono di guardare dentro la testa di un essere umano vivo e vegeto, generalmente sano, che sta eseguendo un compito. (Di solito si tratta di studenti che non possono esimersi dal proporsi come... volontari.) È un grossissimo passo avanti rispetto al passato, quando ci si doveva quasi invariabilmente basare sull'osservazione dei deficit⁶ cognitivi o comportamentali di individui portatori di lesioni cerebrali più o meno gravi, la cui entità doveva essere stabilita con precisione soltanto mediante specifiche analisi anatomiche *post mortem*⁷.

Tutte queste diverse metodiche poggiano sul fatto che quando un'area del cervello è particolarmente impegnata in un compito, riceve un po' più di sangue rispetto al resto del cervello. Il sangue, nel cervello, è comunque dappertutto, e guai se non ci fosse! Il cervello deve essere continuamente irrorato. È sufficiente che una sua porzione non venga irrorata per qualche secondo, perché i neuroni⁸ di quella porzione muoiano per sempre. Ciononostante, in una regione particolarmente impegnata c'è appena un po' più di sangue che in tutto il resto del cervello.

Ad accorgersene per primo fu un italiano, Angelo Mosso⁹. Durante un intervento a cranio aperto, toccando con le dita il cervello del paziente riscontrò che certe parti erano più calde di altre. Questa osservazione è stata successivamente confermata innumerevoli volte e oggi sappiamo con sicurezza che l'area del cervello che è particolarmente impegnata in un compito è più calda perché ha una maggiore quantità di sangue. Naturalmente la differenza è minima, ma rilevabile strumentalmente.

[...] Chiunque, oggi, avrà avuto modo di osservare queste suggestive immagini, in bianco e nero o a colori, raffiguranti questa o quella regione del cervello "in azione", come se soltanto lì fosse presente del sangue.

[...] Si è accertato per esempio che

quando il soggetto parla, si attiva una regione temporale¹⁰ sinistra, chiamata *area di Broca*¹¹; mentre se il soggetto sta ascoltando e cerca di capire quello che gli viene detto, si attiva una regione leggermente posteriore alla prima, detta *area di Wernicke*¹². [...]

Sappiamo, per esempio, che possediamo un'area specifica per la prima lingua (per me l'italiano); e un'area per la seconda lingua (nel mio caso l'inglese). [...]

Con l'uso combinato di queste tecniche abbiamo imparato che possediamo un centro cerebrale dedicato ai nomi comuni e un centro per i nomi propri. Abbiamo appreso che possediamo una regione per i nomi comuni di oggetti naturali come le foglie e gli alberi, e un centro un po' diverso per i nomi comuni di oggetti artificiali come le tenaglie e i martelli. Abbiamo imparato una cosa ancora più interessante: e cioè che esiste una distinzione fra l'area dei sostantivi e l'area dei verbi. [...]

Con le stesse tecniche abbiamo imparato quale area è implicata nel riconoscimento delle forme o delle facce, quale si attiva quando ascoltiamo la musica, quale quando proviamo disgusto, quale quando dobbiamo prendere una decisione, quale quando la nostra scelta ci è piaciuta o, viceversa, non ci è piaciuta. Conosciamo anche, attraverso un insieme di approcci diversi, quale è la nostra area motoria, cioè quella che si attiva quando compiamo una specifica azione: essa si trova al sommo della testa, in una localizzazione più o meno coincidente con la posizione della fascetta di una cuffia radiofonica. [...]

A questo punto si pone un problema non trascurabile. Che cosa significa dire che quando parliamo si attiva una regione temporale sinistra corrispondente all'area di Broca? Significa forse che è quella la regione cerebrale che produce i nostri discorsi, dall'ideazione alla progettazione della frase alla sua pronuncia? Direi proprio di no. Tutto il cervello partecipa probabilmente a queste operazioni, soprattutto se non si tratta di una frase banale e sibillina¹³. Quello che possiamo dire è che l'ultima "stazione" del processo di verbalizzazione risiede nell'area in questione.

5. Tomografia... (RMN e RMF): parola composta da due termini di origine greca (*tómos*, "sezione, strato" e *grafia*, "scrittura"), che significa letteralmente "rappresentazione degli strati di un campione o di un organo". PET, TAC, RMN e RMF sono tecniche che consentono di ottenere immagini di determinate sezioni del corpo utilizzando positroni, radiazioni X o elettromagnetiche.

6. deficit: mancanze, deficienze.

7. post mortem: dopo la morte, mediante autopsia.

8. neuroni: le cellule nervose che costituiscono il cervello.

9. Angelo Mosso: medico e fisiologo italiano (1846-1910), condusse studi sugli effetti dell'altitudine sul corpo umano, sul lavoro muscolare e sui rapporti tra fenomeni psichici e fisiologici.

10. regione temporale: tempia, parte laterale del cranio.

11. area di Broca: dal nome del suo scopritore, Paul Pierre Broca (1824-1880), chirurgo francese, considerato il pioniere dell'antropologia, la scienza che studia l'uomo dal punto di vista fisico, culturale e sociale. L'area o centro di Broca coordina l'articolazione delle parole.

12. area di Wernicke: dal nome del suo scopritore, Carl Wernicke (1848-1905), psichiatra e neurologo tedesco. L'area o centro di Wernicke è deputato alla ideazione e alla comprensione del linguaggio.

13. sibillina: di significato dubbio, ambiguo, enigmatico.

Senza quell'area non si può parlare, perché l'articolazione della frase passa obbligatoriamente per la sua attivazione. [...]

A questo proposito, e in riferimento alla nostra domanda di partenza, occorre notare che per il nostro cervello compiere un'azione e immaginare di compierla hanno in comune qualcosa, anzi più di qualcosa. Se compiere una data azione o osservare un certo stato di cose attiva, diciamo, cinque aree cerebrali diverse, immaginare le stesse cose ne attiva un paio che appartengono al gruppo delle cinque in questione. Bruciarsi una mano, per fare un esempio concreto, e dire di bruciarsi non attivano esattamente le stesse aree – nel primo caso si attiva l'area del dolore somatico¹⁴ percepito che non si attiva nel secondo caso – ma le due esperienze attivano entrambe diverse aree comuni. L'immaginare, in sostanza, ha una base cerebrale comune con il fare effettivamente, e questo fatto sembra avere una notevole importanza per l'ideazione e la creazione di frasi o di immagini.

Il cervello e il computer

Parallelamente alle tre linee di ricerca sperimentale alle quali abbiamo accennato e che hanno portato a un eccezionale ampliamento delle conoscenze, si è sviluppata anche una linea di riflessione teorica che ha accompagnato e ispirato gli sviluppi dell'informatica e le realizzazioni della cosiddetta *intelligenza artificiale*. Nel momento in cui qualcuno ha dovuto costruire un computer o un robot è stato costretto a interrogarsi sul significato dell'espressione "porsi un obiettivo", della parola "progettare", di "ricordare", di "tradurre" e via discorrendo. E prima di tutto di che cosa vuol dire "calcolare", cosa vuol dire fare una somma, cosa vuol dire fare una divisione, cosa vuol dire fare una elevazione a potenza. [...]

Il segreto è stato il programma: una serie ordinata di istruzioni che il computer deve eseguire diligentemente. Sulla base di una serie di programmi diversi, il computer trasforma i dati di partenza nell'insieme dei risultati finali. Poiché è un esecutore estremamente fedele e veloce, se i passi del pro-

gramma sono giusti, e se non ci sono "tarli"¹⁵ del programma, un qualsiasi calcolatore automatico porta a termine il suo compito. [...]

Il passaggio all'esecuzione di scelte informate, ma non obbligate, ha segnato un ulteriore progresso nel cammino dell'informatica. Si è cominciato a far prendere al computer delle vere e proprie decisioni, all'inizio fissando rigidamente le regole del gioco, poi lasciandogli sempre più "le briglie sul collo". Si è dovuta così studiare la teoria della decisione più o meno informata. Allen Newell e Herbert Simon¹⁶ cominciarono a chiedere al computer di fornire la dimostrazione di semplici teoremi. Per fare questo dovettero "sezionare" concettualmente la logica della dimostrazione, ma anche la nostra particolare maniera di affrontarla, e questo ci ha enormemente illuminato su che cosa vuol dire eseguire un compito, in assoluto o secondo la tipica modalità umana. [...]

Una delle cose che i computer ci hanno chiarito meglio è il significato della parola "memoria". Che cos'è la memoria? Possiamo definirla in termini astratti come la dipendenza dell'andamento di un particolare fenomeno fisico dall'andamento di fenomeni fisici precedenti¹⁷. Si tratta di una definizione ineccepibile¹⁸, ma difficilmente suscettibile di applicazione, perché un po' troppo vaga e omnicomprensiva¹⁹. In fondo ogni fenomeno dipende, poco o tanto che sia, dagli eventi precedenti. Bisogna invece essere in grado di ottenere tutto questo a comando e in condizioni controllate. Ciò è particolarmente rilevante se su questa base si vuole progettare un dispositivo di memoria²⁰. [...]

Noi non sappiamo ancora come funziona la nostra memoria naturale, ma sappiamo benissimo come funziona una memoria artificiale. Un dispositivo di memoria trasforma una successione temporale di eventi in una struttura fisica ordinata, dalla ricognizione della quale è possibile riestrarre l'originale successione temporale di eventi. Per ricordare, in sostanza, occorre immagazzinare i ricordi in una qualche forma di memoria, conservarli per un certo tempo e poi saperli recuperare per po-

14. somatico: del corpo, fisico.

15. tarli: errori nella scrittura del programma, che ne determinano il malfunzionamento.

16. Allen Newell e Herbert Simon: Allen Newell (1927-1992), ricercatore statunitense di fisica, matematica, informatica e psicologia cognitiva. Herbert Simon (1916-2001), economista, psicologo e informatico statunitense, premio Nobel per l'economia nel 1978. Nel 1957 i due ricercatori produssero un programma, *The General Problem Solver* ("il risolutore generale di problemi"), che aveva lo scopo di simulare i processi mentali di un essere umano che tenta di risolvere un problema (*problem solving*). Newell e Simon sono considerati i pionieri dell'intelligenza artificiale.

17. in termini astratti... fisici precedenti: cioè il legame o l'analogia di un fenomeno, di un fatto, di una immagine con altre precedentemente vissute.

18. ineccepibile: alla quale non si può opporre alcuna obiezione.

19. vaga e omnicomprensiva: generica, non precisa, che comprende tutti gli aspetti.

20. dispositivo di memoria: un meccanismo informatico che si attivi autonomamente.

terli riutilizzare. Le tre operazioni possono anche essere indipendenti e opera di processi diversi. [...]

Un'altra cosa importante ci hanno insegnato i computer, sempre a proposito della memoria: dal punto di vista funzionale essa può e deve essere di almeno due tipi. Una conserva i dati per sempre, ma allo stato potenziale; l'altra gestisce attivamente e temporaneamente i dati che servono, cioè quelli recuperati e quelli nuovi. Nei computer la prima prende il nome di ROM, *read only memory*; è enorme – anche miliardi di miliardi di byte – e solitamente

è conservata nell'*hard disk*. La seconda viene definita RAM, *random access memory*; non è altrettanto grande come la prima e si trova a stretto contatto con l'unità centrale di elaborazione, la CPU. [...]

Anche se l'analogia è un po' spinta, qualcosa di simile accade pure per il nostro cervello. Accanto al compartimento che sovrintende alla conservazione dei ricordi a lungo termine, esiste in noi una cosiddetta *memoria di lavoro*.

E. Boncinelli, *Come nascono le idee*, Editori Laterza, 2010

PER LA DISCUSSIONE E IL DIBATTITO



1 Mai come in questo momento storico si è raggiunto un livello di conoscenza così elevato del funzionamento del cervello umano, da sempre ritenuto e definito come la "macchina" più complessa e perfetta esistente in natura.

Anzi, oggi, per la prima volta nell'ambito della ricerca sperimentale, si può osservare il cervello all'opera, al lavoro, mentre agiamo, pensiamo, ricordiamo, amiamo ecc. Le nuove tecniche di visualizzazione dell'attività cerebrale, infatti, promettono di "vedere" quale parte del nostro cervello si attiva quando siamo impegnati in qualsiasi tipo di compito: fisico, emotivo, intellettuale.

Da questo dato di fatto emerge chiaramente che nel nostro cervello esiste un'area specifica che viene coinvolta in ogni attività che svolgiamo o in ogni emozione o pensiero in cui siamo immersi. Da tale situazione molti scienziati hanno dedotto e sostengono che tutto, nell'uomo, sta in queste reazioni biochimiche delle varie zone del cervello, comprese la capacità di scelta, la libertà di decisione, la coscienza, il senso del bene e del male.

Secondo te, può davvero essere tutto riconducibile alle funzioni fisiologiche cerebrali? Da che cosa deriva il fatto che ognuno di noi fa esperienza di un "senso unitario di sé", cioè di poter sempre dire "io" sia quando sentiamo dolore a un piede sia quando desideriamo un oggetto?

Discutine con i compagni e con l'insegnante.