



# La neurobiologia dell'errore

**Giovanni Pellegrini**, dottore in neurobiologia, si occupa di dialogo tra scienza e società presso L'ideatorio dell'Università della Svizzera italiana

Come il cervello percepisce gli sbagli e cerca di trarre successo dai nostri fallimenti

| 5

*Credete che la sequoia più alta del mondo non superi gli 80 metri di altezza. Ne siete convinti, anche perché vi è capitato di osservare dal basso i 65 metri del campanile di Intragna. 65 metri sono tantissimi, figuriamoci 80! Questa era la vostra piccola convinzione. Fin quando un giorno, sfogliando una rivista in sala da aspetto dal medico, scoprite che in California esiste una sequoia alta 115 metri. Che cosa capita nel vostro cervello?*

Alcune recenti scoperte nell'ambito della neurobiologia mostrano come il nostro cervello abbia delle reti specifiche per accogliere l'errore, elaborarlo e attivare una presa di coscienza. Se da un lato sappiamo che *errare humanum est*, dall'altro, nel corso dell'evoluzione, il nostro cervello ha sviluppato dei centri cerebrali di fondamentale importanza: per molti animali sbagliare valutazioni, movimenti o percezioni comporta l'eliminazione immediata dell'individuo. "Non credevo fosse un leone", è un errore che non lascia scampo alla gazzella. Meglio quindi non sbagliare e valutare bene ogni situazione. L'attenta e ponderata analisi dei potenziali errori deve però convivere con la necessità di analisi immediate e rapide. Un eccessivo controllo dei movimenti o dei ragionamenti, bloccherebbe la linearità e la rapidità delle nostre azioni e dei nostri pensieri. Una seconda gazzella che, non volendo commettere errori, si soffermasse per alcuni secondi ad analizzare tutti i parametri in gioco (distanza, dimensione e sesso del leone), farebbe la stessa fine della prima. Ecco quindi un paradosso interessante per il nostro cervello. Per cavarcela, non dobbiamo commettere troppi errori, ma allo stesso tempo dobbiamo agire rapidamente. Come risolvere questo paradosso?

### **Errori che il nostro cervello ci nasconde**

Una soluzione per agire rapidamente è semplificare le valutazioni e i ragionamenti (sbagliandoci ogni tanto). Gli organi di senso raccolgono in ogni istante tantissime informazioni, troppe per essere valutate rapidamente dal nostro cervello. Per sopravvivere a questa tempesta di segnali (e per risparmiare anche un po' di energia), il cervello agisce seguendo scorciatoie mentali. In altre parole, un modo per affrontare la complessità del mondo è quello di renderci attenti unicamente ad alcune informazioni, cancellandone altre. Il risultato è interessante: possiamo muoverci in un mondo alta-

mente complesso con serenità e immediatezza. Sapere se una sequoia sia davvero alta 115 metri, 100 o 80 non è così fondamentale per lo svolgimento della nostra giornata. Questa semplificazione non ci costringe a soffermarci su ogni dato e ci offre una maggiore linearità nella presa di decisioni.

È per questo che la maggior parte delle decisioni non viene presa con la logica ma con le intuizioni. Esistono meccanismi cerebrali che fanno sì che solo alcuni elementi arrivino fino alla nostra coscienza, mentre tanti altri elementi sono ignorati o agiscono senza coinvolgere i centri coscienti del pensiero. Sono semplificazioni che applichiamo in ogni istante della nostra vita, per esempio quando state comprando una nuova maglietta, quando esprimete una preferenza per un candidato alle votazioni cantonali oppure quando un insegnante si appresta a esaminare una prova scritta svolta da un allievo. Non è l'incompetenza ad entrare in gioco, ma sono le scorciatoie mentali. Questi meccanismi si osservano anche tra gli esperti, per esempio quando devono prendere importanti decisioni razionali (che alla fine razionali non sono) nel mondo economico, commerciale, giuridico o politico<sup>1</sup>. Siamo tutti al volante di una macchina alimentata da tante piccole incoerenze, con prese di decisioni che agiscono seguendo euristiche che non vengono nemmeno comunicate al guidatore. Per il nostro cervello, quando deve agire rapidamente, è più semplice ignorare eventuali nuovi dati e continuare a muoversi all'interno di una comoda certezza, anche se fittizia. L'alternativa sarebbe fermarsi costantemente al bordo della strada senza sapere dove andare. Ignorare i possibili errori a volte è utile.

### **Illusioni del pensiero**

Persino la percezione si basa sulla ricostruzione di una realtà coerente: uno scotoma nella retina, cioè un punto in cui di fatto l'occhio non può percepire nulla, viene compensato dal cervello che aggiunge le informazioni mancanti. La continuità percettiva è più utile di un buco nel campo visivo. Lo stesso meccanismo si applica al nostro pensiero. Ricostruire una realtà coerente con quanto si è creduto fino a quel giorno richiede meno energie che mettersi in gioco ad ogni istante con nuove valutazioni. Le scorciatoie mentali sono una semplificazione della realtà che ci permettono di mantenere una certa fluidità cognitiva e di rispondere rapidamente alle sfide che incontriamo. Un esempio: durante un incontro con degli insegnanti ho consegnato ad un primo gruppo

### **Note**

<sup>1</sup> Si possono trovare numerosi esempi nei primi capitoli di Kahneman, D. (2012). *Pensieri lenti e veloci*. Milano: Mondadori.



Monica Mueller  
2° anno di grafica – CSIA

un foglio con la seguente domanda: “La sequoia più alta del mondo è più o meno alta di 180 metri?”. Ad un secondo gruppo di insegnanti ho consegnato un foglio identico ma con una domanda leggermente diversa: “La sequoia più alta del mondo è più o meno alta di 80 metri?”<sup>2</sup>. Ad entrambi i gruppi ho poi chiesto di scrivere, secondo loro, quanto era alta la sequoia più alta del mondo. Il primo gruppo ha stimato l’altezza della sequoia più alta del mondo a 140 metri mentre il secondo gruppo l’ha stimata a 95 metri. In assenza di altre informazioni per una decisione rapida prendiamo il primo dato a disposizione: il primo gruppo si è agganciato ai 180 metri presenti nella domanda e ne ha diminuito un po’ il valore, il secondo gruppo è partito dagli 80 metri e ne ha aumentato un po’ il valore. Vi direte che è normale perché di fatto nessuno conosce a memoria l’altezza delle sequoie, ma in verità questo meccanismo accade anche nelle valutazioni degli esperti, nelle trattative di vendita, di case o di auto o nell’assegnazione di una nota ad uno studente. Per lo stesso meccanismo (effetto ‘ancoraggio’) nei negozi ci offrono promozioni con la

scritta “massimo 7 pezzi”, così noi, agganciandoci a quel 7, ne acquistiamo 3 o 4. La stessa promozione senza l’indicazione sul numero massimo di pezzi acquistabili ci porterebbe a comprarne 1 o 2.

Il nostro cervello riesce a prestare attenzione simultaneamente a pochi elementi e questa è un’altra fonte di errore importante. Sono celebri alcuni filmati che mostrano una nostra cecità rispetto a fatti che succedono davanti ai nostri occhi ma che ignoriamo perché la nostra attenzione era rivolta ad altro<sup>3</sup>. Questi test ci rendono incapaci di vedere la realtà, fino ad essere pronti a giurare che un fatto, presente, non sia successo, e quindi ci rendono anche ciechi di fronte alla nostra cecità. Sbagliamo, senza neppure saperlo.

#### **Semplificare è più economico**

Il nostro cervello rappresenta il 2% della massa corporea, ma utilizza fino al 20% del glucosio consumato dal nostro organismo. Una richiesta di energia molto importante che influenza la nostra capacità di giudizio. Celebre e preoccupante è uno studio realizzato sulle ca-

#### **Note**

<sup>2</sup>  
Ivi, capitolo II.

<sup>3</sup>  
<https://www.youtube.com/watch?v=vjG698U2Mvo>.

pacità di giudizio di otto giudici israeliani che dopo aver sentito le motivazioni dei detenuti, assegnavano o meno la libertà sulla parola<sup>4</sup>. La decisione di accordare la libertà era presa, secondo i giudici, seguendo dei criteri razionali e ponderati. In media veniva accordata nel 35% dei casi. Gli studiosi si sono accorti che l'approvazione delle richieste seguiva un andamento bizzarro. Era alta dopo le pause (caffè del mattino, pranzo e merenda del pomeriggio) mentre rasentava lo zero lontano dai pasti. La conclusione fu inquietante: il cervello stanco, in assenza di energia, non riesce a considerare la complessità di ogni caso e tende a fornire la risposta più immediata (rifiuto della libertà). È verosimile che la dinamica messa in evidenza dallo studio israeliano possa verificarsi in altri contesti, ad esempio durante dei colloqui di lavoro oppure durante i consigli di classe.

Un'altra scorciatoia mentale adottata più o meno da tutti è l'effetto alone: crediamo facilmente che le persone del nostro partito, gli abitanti del nostro villaggio, le persone che appartengono alla nostra famiglia, i membri del nostro gruppo religioso, ecc. siano migliori degli altri. È un evidente errore di valutazione nel quale ricadiamo costantemente. Questo comportamento ci fa leggere la realtà in maniera selettiva, evidenziando gli elementi che confermano le nostre credenze e annullando gli altri elementi. Tale meccanismo si esprime anche in negativo ("quelli dell'altro partito non capiscono nulla"). Ecco un esempio reale tratto dal mondo della scuola: una studentessa liceale prendeva sempre 6 in italiano. Era davvero molto brava, anche se non sono sicuro che le sue opere valessero davvero sempre un 6. Poco importa, alla maturità ottenne un 6 sulla pagella. Suo fratello prendeva invece mediamente 3,75 ai temi di italiano. A volte 3,5, a volte 4,25, una sola volta 4,5. Un giorno l'insegnante del fratello, al suono del campanello, ritirò i temi e propose di continuare la scrittura del testo il giorno dopo. Lo studente chiese allora aiuto alla sorella. Un piccolo sostegno che aveva il pregio di raggiungere due scopi: aumentare la sua media in italiano e allo stesso tempo valutare se l'effetto alone si applicava anche nelle valutazioni degli insegnanti. La sorella gli scrisse un tema con cura, capacità e intelligenza e lui lo trascrisse su un foglio e il giorno dopo arrivato in classe sostituì il foglio originale del tema con quello copiato dalla sorella. L'esperimento fu particolarmente interessante perché i due studenti avevano la stessa insegnante di italiano. Risultato? Prese 4,5. Non 6. Per anni la stu-

dentessa usufruì di un effetto alone positivo, mentre lo studente subì un effetto alone negativo. Anche se l'esempio viene da un'altra realtà scolastica, credo che faccia ugualmente riflettere.

Spesso la coerenza e la continuità da un'informazione all'altra non esiste, però è necessario costruirne una, anche se artificialmente congegnata dal nostro cervello. Questa coerenza costruita ci convince a compiere le giuste scelte e ad adottare i comportamenti corretti anche se puntellati di sbagli, errori e imprecisioni. Se una certa ricostruzione coerente della realtà, anche se impregnata di semplificazione e incorrettezze, è utile per agire rapidamente, è ugualmente importante identificare gli errori e porvi rimedio: se la gazzella confonde un leone con un ippopotamo muore, lo stesso capita alla formica se non impara dagli errori quando è alla ricerca di cibo. A volte l'errore è così evidente che il cervello deve correre ai ripari. In questi casi il cervello smette di confabulare e attiva precise reti di neuroni.

### Quando il cervello si accorge di sbagliare

Dal piccolo sistema nervoso della lumaca fino ai processori che muovono i robot su Marte, l'errore gioca un ruolo fondamentale per l'apprendimento. Occorre quindi disporre di un sistema capace di identificare una discordanza tra risultato e previsione. A tutti è già capitato di compiere un movimento falso: stiamo appoggiando il piede sullo scalino e ci accorgiamo che quel passo è troppo corto e ci farà cadere. Il movimento previsto e quello in corso non corrispondono. In questi casi il cervello produce in soli 0.008 secondi un'onda elettrica negativa misurabile con un elettroencefalogramma, chiamata ERN (Error Related Negativity)<sup>5</sup>. Lo scopo di questa risposta rapida è correggere in tempi brevissimi il passo della gamba troppo corto. L'onda negativa non permette tuttavia di porre rimedio all'errore. Sono necessari altri circuiti cerebrali che attiveranno una risposta corretta. Il rallentamento della risposta, indipendentemente se sia un movimento o un ragionamento, è però il primo passo fondamentale per poter identificare quel che non quadra e porvi rimedio. La genesi di quest'onda avviene nella corteccia prefrontale mediana e in particolare nella corteccia cingolata anteriore. Non sorprende quindi che, le lesioni di queste regioni, portino anche ad un deficit nell'auto-monitoraggio del comportamento e alla perdita dell'abilità di correggere gli errori. Esistono varie teorie sul significato dell'onda negativa ERN: alcuni ricercatori sostengono che essa

### Note

4 Danziger, S. et al. (2010). *Extraneous Factors in Judicial Decisions*, PNAS 1, 42, 2.

5 L'onda ERN è stata scoperta per la prima volta nel 1990 da due gruppi di ricerca distinti: Michael Falkenstein, J. Hohnsbein, J. Hoormann, e L. Blanke presso l'Istituto di Neurofisiologia a Dortmund in Germania e da W.J. "Bill" Gehring, M.G.H. Coles, D.E. Meyer e E. Donchin presso l'Università del Michigan negli USA.



Viktoria Tabone  
2° anno di grafica – CSIA

monitora la differenza tra quanto previsto e quanto effettivamente succede oppure potrebbe servire come base per successivo apprendimento per rinforzo. Viste le regioni cerebrali implicate, altri ricercatori sostengono che questa onda sia un segnale che dimostra l'attivazione di un sistema in grado di aumentare i meccanismi dell'attenzione. Anche se il significato non è ancora chiaro, è evidente che il cervello è capace di identificare fin da subito un errore. Nella maggior parte dei casi, l'errore non viene identificato mentre lo si realizza, ma scopriamo i nostri sbagli ad azione conclusa: è solo dopo aver tirato il calcio di rigore, che ci accorgiamo di aver mandato il pallone a lato. È solo quando l'insegnante ci ridà la verifica corretta, che ci accorgiamo degli errori fatti due settimane prima. Anche in questi casi, il cervello reagisce e crea una risposta diversa, l'onda PE (Error Positivity)<sup>6</sup>, che si manifesta tra i 100 e i 500 millisecondi dopo l'identificazione dell'errore. L'onda PE potrebbe rappresentare il meccanismo iniziale che permette di rivalutare quanto successo e adattare strategie e comportamenti. Essa potrebbe riflettere la fase cosciente di rilevamento degli errori.

### Dalle onde cerebrali alla pedagogia dell'inciampo

La neurobiologia dell'errore è un soggetto nuovo e in fase di studio. Sarà interessante capire i legami tra queste onde, le emozioni e l'apprendimento. Basti pensare al ruolo delle emozioni nel giudicare un fatto come giusto o sbagliato o nello svolgere un compito in maniera corretta o meno, oppure al necessario rinforzo positivo che deve avvenire per consolidare l'apprendimento dopo l'errore. Sembrerebbe esistere una concordanza tra le osservazioni raccolte: le regioni implicate per la genesi delle onde ERN o PE sono collegate a dei neuroni situati nel mesencefalo, che reagiscono agli errori aumentando o diminuendo la liberazione di dopamina e che potrebbero essere alla base dei meccanismi biologici dell'apprendimento per rinforzo.

Non bisogna però pensare che tutto capiti come se fossimo delle macchine. Il cervello elabora in parallelo milioni di informazioni e molte di queste vanno a influenzare le nostre analisi. Quello che risulta chiaro è che la capacità di identificare un errore si situa tra due sistemi che si alternano: da una parte un primo siste-

### Note

6

Orr, J. M. & Carrasco, M. (2011). The Role of the Error Positivity in the Conscious Perception of Errors. *Journal of Neuroscience*, 31, 16, pp. 5891-5892.

ma ci mantiene tranquilli, ci assicura una coerenza d'azione evitando di mettere in dubbio in ogni momento le esperienze acquisite, dall'altra, esiste anche un sistema capace di identificare gli errori e di confrontarli con le nostre previsioni, affinché possiamo imparare dalle esperienze adattandoci meglio all'ambiente in cui viviamo.

Se dalle sinapsi ci spostiamo alla persona, considerare questi meccanismi ci permette di guardare con più tenerezza ai nostri errori e a quelli degli altri. I dati raccolti dimostrano quanto la nostra presunta razionalità sia infarcita di errori, incoerenze e decisioni irrazionali. Non è un semplicistico elogio all'errore, ma un invito ad accoglierlo. Tra onde cerebrali e sinapsi, emerge un sistema naturale selezionato, una preziosa pedagogia dell'inciampo: si chiama o si dovrebbe chiamare anche scuola.

