

Problemi Epistemologici Legati alla Nascita e allo Sviluppo delle Neuroscienze Cognitive

Matteo Piazza

1. Le neuroscienze incontrano le scienze cognitive

Negli anni cinquanta il genio di uno dei padri fondatori della cibernetica, John von Neuman, elaborò ciò che venne ricordato come “catastrofe di Neuman”: tutte le discipline dello scibile umano appartengono alla neurologia in quanto mediate dal sistema nervoso. Nel corso del XX secolo i notevoli progressi delle neuroscienze hanno confermato l'ardita affermazione di von Neuman, fornendo prove consistenti del fatto che l'evoluzione del pensiero umano, nei suoi più differenti e ricercati aspetti, è andata di pari passo nel tempo con l'evoluzione del cervello e che non è poi così insensato ricercare negli intricati meccanismi neurali la ragione delle più elevate capacità cognitive umane. Nella seconda metà del XX secolo la ricerca ha infatti portato a straordinari sviluppi nella comprensione di quei fondamentali processi cellulari, sinaptici e molecolari che stanno alla base del funzionamento del cervello (e, potremmo dire con un po' di arditezza, della mente): non è quindi strano ricercare oggi il fondamento delle manifestazioni della mente umana (i processi conoscitivi, conativi, affettivi e i processi di livello superiore, quali coscienza e linguaggio) nelle strutture biologiche e funzionali del sistema nervoso.

L'idea che sono i neuroni a costituire l'unità funzionale e cellulare di base fu accettata dalla comunità scientifica soltanto all'inizio del XX secolo, fornendo un fondamento ad una ricerca di tipo riduzionistico, indirizzata allo studio delle componenti elementari del sistema nervoso. In

seguito questo tipo di ricerca è stata integrata da studi orientati a funzioni del cervello di ordine più elevato (ad esempio l'utilizzo di elettrodi per comprendere la relazione tra strutture cerebrali locali e specifiche funzioni cognitive). La collaborazione di ricercatori provenienti da background diversi (dalla neuroanatomia alla neurochimica e neurofisiologia) portò all'introduzione, negli anni sessanta, del termine *neuroscienze*.

In concomitanza allo sviluppo della ricerca sulle funzioni cerebrali, gli psicologi elaborarono nuovi metodi di analisi del comportamento, in grado di determinarne i processi scatenanti. Solo di recente gli psicologi sono stati in grado di utilizzare strumenti in grado di misurare direttamente l'attività del cervello: sono così giunti ad elaborare, spesso in collaborazione con esperti di altre discipline (come la linguistica e l'intelligenza artificiale) dettagliati modelli per descrivere le operazioni compiute da un individuo nello svolgimento di un particolare compito cognitivo (ad esempio il *problem-solving*). Ne risultò la metafora della mente come elaboratore di informazioni, paradigma che uniformò sforzi in settori di ricerca differenti sotto il nome di *scienze cognitive*.

Nonostante gli sviluppi di entrambe le discipline, non ci furono interazioni tra neuroscienze e scienze cognitive fino alla fine degli anni ottanta, quando, grazie ad interessanti risultati derivati dallo studio di alcuni deficit del cervello e allo sviluppo delle immagini ottenute con tecniche di tomografia ad emissione di positroni (PET), neuroscienziati e scienziati cognitivi iniziarono ad integrare le loro metodologie nella comune ricerca di una soluzione al problema di come dai processi neurali possano affiorare i processi cognitivi. Ne nacque quella che Gorge Miller e Michael Gazzaniga hanno chiamato *neuroscienza cognitiva* e che impegna i ricercatori nello studio di entrambi i lati della mente umana: l'attività neurale e i processi psicologici che ne scaturiscono.

2. Sfide epistemologiche alle neuroscienze cognitive

Siamo dunque giunti ad un punto in cui psicologia, scienze cognitive e neuroscienze, con metodi diversi ma in stretta collaborazione, cercano di comprendere il funzionamento delle capacità cognitive umane. Frutto di questa attività autoreferenziale, di riflessione del pensiero su se stesso, è una serie di sfide epistemologiche che affondano le loro radici nella filosofia e in particolar modo nella filosofia della scienza.

2.1 Mente e cervello possono essere studiati in maniera indiretta

Sia lo studio della mente che quello del cervello sono caratterizzati dal fatto di essere indiretti.

Fu Skinner ad affermare che il comportamento può essere analizzato soltanto osservando direttamente la risposta del soggetto ad un determinato stimolo. Il punto era che, anche se in apparenza siamo consapevoli dei nostri processi mentali, in realtà ciascuno è limitato, in questa consapevolezza, ai suoi propri processi e non può in nessun modo accedere a quelli di un altro soggetto. Inoltre non abbiamo consapevolezza diretta di molti dei processi cui gli psicologi sono interessati (ad esempio, pur sapendo cosa ricordiamo e percepiamo, non siamo in grado di dire come ricordiamo o riconosciamo un oggetto). Occorre dunque pervenire alla conoscenza di questi processi in una qualche maniera, che, comunque sia, è sempre indiretta. Sulla base di questi presupposti gli psicologi hanno sviluppato tutta una serie di strategie e strumenti in grado di valutare e misurare, per via indiretta, le funzioni e i processi psicologici della mente (ad esempio il tempo di reazione di un soggetto in un determinato task).

Lo studio neuroscientifico del cervello può apparire diverso, ma anche il cervello presenta tutta una serie di problemi. Non è sufficiente osservare il cervello: occorre anche capire se i processi che avvengono nel cervello sono connessi con le attività cognitive, e quali processi neurofisiologici sono connessi a quali processi cognitivi. Il problema sorge principalmente da considerazioni di tipo etico: se ancora è consentito compiere studi di tipo invasivo con soggetti

non umani, è anche vero che le funzioni più interessanti sono caratteristiche del cervello umano, lo studio del quale non può superare certi limiti di invasione. Fino a non molto tempo fa infatti la maggior fonte di informazione sul cervello umano veniva dagli studi compiuti su differenti forme di lesione di determinate aree. Il problema con questo approccio è che varie forme di disfunzione naturale possono essere piuttosto diffuse e non è così semplice inferire quali siano le funzioni normali di un sistema da dati raccolti su sistemi danneggiati. Anche strumenti come PET e MRI, pur aprendo una finestra sui processi cerebrali, sono tuttavia misure di tipo indiretto.

Quindi, piuttosto che basarsi su forme dirette di osservazione per la raccolta dei dati, psicologi e neuroscienziati devono fare affidamento su tecniche e strumenti che generano artefatti la cui scorretta interpretazione potrebbe condurre a risultati scientifici fuorvianti.

2.2 E' possibile integrare completamente un approccio di tipo riduzionista con lo studio dei processi cognitivi d'alto livello?

L'approccio riduzionista proposto dai positivisti logici ha portato alcuni ricercatori a chiedersi se è possibile ed auspicabile che tutti gli aspetti psicologici vengano ricondotti alle neuroscienze: questi studiosi propongono infatti l'eliminazione dal campo d'indagine di tutti gli aspetti non riconducibili alle neuroscienze. La questione pone interessanti problemi epistemologici (che possono persino preservare dalla perdita di conoscenza): come notato dalla tradizionale ricerca filosofica intorno alla scienza; è possibile compiere "riduzioni" solo quando è possibile rimpiazzare una certa teoria con un'altra più potente all'interno della stessa disciplina, non permutando una teoria da una disciplina differente.

Un problema fondamentale deriva dal considerare il riduzionismo come un metodo per derivare una certa teoria da un'altra, intendendo la teoria come un insieme di leggi: le teorie psicologiche possono allora essere permutate dalle leggi delle neuroscienze? Se la risposta fosse affermativa la psicologia perderebbe la propria autonomia e infatti gli studiosi che difendono lo

status speciale della psicologia (e in generale delle scienze cognitive che si occupano di processi d'alto livello) sostengono che tale riduzione non è possibile (e lo dimostrano i numerosi tentativi falliti). In ogni caso molte delle spiegazioni fornite dalle neuroscienze non sono di tipo strettamente nomologico-deduttivo, che prevedono la derivazione di un fenomeno da leggi, ma sono, più semplicemente, modelli di determinati meccanismi. Un modello di un certo meccanismo è intrinsecamente riduzionista: serve a dimostrare come un fenomeno attribuito ad un certo sistema è causato dall'interazione delle sue parti costituenti. Questo elimina la minaccia all'autonomia di scienze come la psicologia: ad un livello più alto si ha la caratterizzazione di dell'interazione fra processi, ad un livello più basso è possibile spiegare singoli processi (è possibile spiegare ad alto livello la facoltà del linguaggio in termini di interazione tra un certo numero di funzioni, ciascuna delle quali è viene attribuita a livello più basso ad una precisa zona del cervello). In questo modo discipline diverse finiscono per spiegare fenomeni completamente differenti nei termini di un sistema situato ad un certo livello nella gerarchia della natura, delle sue componenti e funzioni e dell'organizzazione di queste componenti in un sistema funzionale. Un approccio complessivo richiede l'integrazione di discipline differenti in cui si lasci da parte ogni forma di riduzionismo in favore di una collaborazione tra prospettive e capacità differenti ma complementari.

2.3 Il problema della modularità

Dividere il cervello in parti differenti e localizzare determinate funzioni significa frazionare un sistema in moduli differenti (ad esempio, un modulo per il linguaggio o per la visione). Il problema è allora capire cosa si intende col delimitare un certo modulo: quel modulo è completamente responsabile di quella determinata funzione o processo? Qual è la natura degli input e degli output che lo coinvolgono? Da dove gli deriva la capacità di svolgere questa funzione? E se non esistono capacità specifiche, che senso ha assegnare una funzione

determinata ad una precisa regione del cervello?

L'idea di modularità fu difesa da Fodor nel suo *Modularity of Mind* all'inizio degli anni ottanta. Delle varie caratteristiche che Fodor elenca nella sua definizione di modularità (come la specificità di dominio o una architettura neurale stabilita), quella su cui pone più enfasi è l'*incapsulamento* dell'informazione: quando l'input si trova ad essere processato in un preciso e determinato modulo esso ha accesso esclusivamente all'informazione disponibile a quello specifico modulo e non all'informazione contenuta in altre parti del sistema. Questo incapsulamento è il principale responsabile della rapidità dei moduli nel processare l'informazione, ma li costringe ad un certo tipo di informazione riducendo la loro flessibilità e la complessità dei loro output.

Fodor ascrive la modularità soltanto a certi aspetti dell'attività cognitiva: gli aspetti centrali e complessi della cognizione (ad esempio *reasoning* e *problem-solving*) sono separati da moduli specifici per le modalità sensoriali e il linguaggio. I singoli moduli provvedono a fornire l'input al sistema centrale ma non sono influenzati dalla sua possibilità di avere accesso contemporaneamente a tipi differenti di informazione, quello che Fodor definisce come aspetto *isotropico* e *Quineiano* (dalla teoria di Duhem-Quine). In questo modo la percezione può fornire un resoconto oggettivo del mondo esterno, incontaminato da credenze ed emozioni soggettive.

Non molti studiosi interessati al concetto di modulo sono completamente d'accordo con la teoria proposta da Fodor. I neuroscienziati enfatizzano il fatto che una delle caratteristiche principali dell'organizzazione cerebrale è la proiezione a ritroso dell'informazione processata. Le aree della corteccia cerebrale coinvolte nell'elaborazione d'alto livello dell'informazione visiva rimandano proiezioni alle aree visuali primarie nella corteccia occipitale, che a loro volta rimandano al nucleo genicolato laterale del talamo fino alla retina. Sebbene non si conosca appieno la funzione di queste proiezioni a ritroso, pare però proprio che esse neghino

l'incapsulamento informazionale suggerito da Fodor. Alcuni studi sulla percezione del parlato, ad esempio, mostrano un'influenza dei processi d'alto livello (come l'analisi lessicale) su processi di livello più basso (come l'elaborazione fonetica) e che questa influenza varia a seconda del contesto.

Se si abbandona un presupposto come quello dell'incapsulamento informazionale ne derivano alcune conseguenze. I moduli cesserebbero di essere singole unità che operano indipendentemente dal resto del sistema eccetto per la raccolta di input e la produzione degli output. Questo potrebbe mettere in discussione l'intera idea della decomposizione e localizzazione, proponendo come alternativa un sistema cognitivo costituito da un unico sistema integrato. Oppure il flusso dell'informazione tra componenti potrebbe essere limitato senza però essere incapsulato, in maniera che non tutta l'informazione nel sistema sia disponibile a ciascuna sua componente: l'informazione può pervenire ad una certa componente (ad esempio le componenti responsabili dei primi stadi di analisi della visione) solamente attraverso percorsi specifici e deve essere mediata, lungo questi percorsi, da certe attività che dipendono dalle funzioni delle aree di elaborazione intermedie. Questo potrebbe provvedere un livello sufficiente di modularità, che renderebbe conto della decomposizione e localizzazione delle funzioni evitando le conseguenze estreme dell'approccio di Fodor.

2.4 La metafora dell'elaboratore di informazioni

La caratteristica che distingue più chiaramente l'approccio cognitivista della psicologia cognitiva, delle scienze e neuroscienze cognitive dal behaviorismo che caratterizzava la psicologia e persino le neuroscienze nella prima metà del XX secolo è la metafora dell'*elaborazione dell'informazione*. L'idea centrale è che stati differenti di un sistema (sia esso un computer o il cervello umano) rappresentano informazioni relative ad altri oggetti (oggetti ed eventi nel mondo) e che queste informazioni possono essere manipolate. L'aspetto cruciale di

questa capacità è che le rappresentazioni altro non sono che stati di un sistema che stanno al posto di ciò che rappresentano e permettono al sistema che le utilizza di interagire con ciò che viene rappresentato. Nel mondo sociale umano le rappresentazioni possono assumere forme differenti e anche molto complesse (come nel caso di rappresentazioni di tipo linguistico). Ad esempio Fodor sostiene che l'attività cognitiva richiede un linguaggio del pensiero, che consenta ai processi di computazione cognitiva una sorta di operazioni sintattiche specificate da regole formali simili a quelle della logica (regole prive di ogni riferimento a strutture semantiche).

L'approccio computazionale in voga in intelligenza artificiale fin dagli anni ottanta trova più recentemente un concorrente nell'approccio connessionista (reti neurali), che per certi aspetti pare più promettente. Questo approccio definisce il sistema computazionale come una rete di unità semplici in parte analoghe all'organizzazione dei neuroni. Un po' come i neuroni, queste unità possono essere attivate o disattivate e in base al loro stato di attivazione eccitare o inibire altre unità a cui sono connesse. Per modellizzare i processi cognitivi, alcune di queste unità costituiscono degli input, altre degli output. Sebbene i pattern di attivazione in una rete siano molto diversi da rappresentazioni di tipo linguistico, alcuni studiosi le vedono come forme particolari di rappresentazioni (rappresentazioni *distribuite*): in particolare si cerca di studiare i pattern di attivazione di alcune unità nascoste (unità che non sono né di input né di output) come rappresentazioni intermedie utilizzate dalla rete nel tentativo di portare a termine un certo task cognitivo.

I neuroscienziati parlano di rappresentazioni nel cervello in maniera simile alle reti neurali quando riescono a dimostrare l'attività di certi neuroni in risposta ad uno stimolo specifico. Ma quando parlano di computazione tendono non a focalizzarsi su operazioni formali (come nel caso dell'intelligenza artificiale), ma su cambiamenti a livello neurale che possono essere modellati matematicamente.

Esistono alcune critiche all'approccio computazionale: la definizione di un oggetto come cosa che ne sostituisce un'altra sembra insufficiente a rendere qualcosa una rappresentazione e addirittura contestano l'utilità dell'analisi del sistema neurale fatta in termini rappresentazionali. Gli studiosi che contestano questo approccio in genere propongono di utilizzare la teoria dei sistemi cognitivi, in modo da enfatizzare, in una visione olistica, la relazione interdipendente di elementi del cervello e la relazione di queste con parti del corpo umano e del mondo circostante.

E' stata l'idea dell'elaborazione di informazione per cui stati interni sono costruiti come rappresentazioni a caratterizzare la sfida cognitivista al behaviorismo. Ed è stato il ricorso a rappresentazioni e alle analisi computazionali compiute su tali rappresentazioni nel cervello che ha favorito la collaborazione tra scienziati cognitivi e neuroscienziati lungo la sfida proposta dalle neuroscienze cognitive. Ora occorre vedere se la strada proposta dall'approccio computazionale è percorribile e se sia in grado di fondare lo studio delle neuroscienze cognitive su basi solide.

3. Conclusioni

I recenti contatti tra scienze cognitive e neuroscienze hanno permesso di affrontare lo studio della mente e delle sue funzioni più complesse dal punto di vista di un nuovo approccio integrato. Sia ai livelli più bassi che a quelli più elevati di elaborazione dell'informazione sono infatti reperibili prove a sostegno di una localizzazione delle componenti all'interno di una rete distribuita in grado di gestire funzioni complesse: ogni componente consiste in un insieme di sotto-componenti che possono essere localizzate all'interno di un sistema neurale più grande e distribuito.

Ciò che ne è conseguita è la speranza di poter arrivare alla comprensione degli aspetti più interessanti della mente umana, quelli che nel corso dei secoli hanno caratterizzato l'intelligenza

umana come unica: dai problemi della coscienza alle emozioni. Il tentativo di gettare le fondamenta di un ponte in grado di collegare in maniera sensata i meccanismi molecolari e i processi mentali solleva però tutta una serie di problemi epistemologici che occorre prendere in considerazione se davvero si vuole giungere in ultima analisi ad una vera biologia molecolare della cognizione umana.

4. Riferimenti bibliografici

- Albright, T.D., Jessell, T.M., Kandel, E.R., Posner, M.I. (2000). Neural science: a century of progress and the mysteries that remain. *Neuron*, 25 (S1), 1-55.
- Angeleri, F., Conti, F. (2001). Questione di corteccia. *Etruria Oggi*, 53/54, 48-53.
- Bechtel, B. (1988). *Philosophy of Science: An Overview for Cognitive Science*. Hillsdale, Erlbaum.
- Bickle, J., Mandik, P. (2001). The Philosophy of Neuroscience. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.
- Fodor, J.A. (1983). *The Modularity of Mind*. Cambridge, MIT Press.
- Highlights of the Twentieth Century Neuroscience (1999). *Brain Research Bulletin*, 50, 301-478.
- Newell, A. (1980). Physical symbol systems. *Cognitive Science*, 4, 135-83.