

NEURONI E CONOSCENZA

Aspetto critico, nello studio dei processi legati alla conoscenza, è la definizione della rilevanza che le modalità di funzionamento del sistema nervoso rivestono nel contribuire a determinare le caratteristiche e i modi delle attività cognitive, e in particolare la versatilità, molteplicità, creatività e *intenzionalità* che distingue l'approccio epistemico umano da un mero calcolo, per quanto complesso, eseguito sulle informazioni disponibili.

Calcolare o capire

Negli anni ruggenti dell'intelligenza artificiale (IA), sulla scorta del paradigma della "macchina di Turing" [1], si delinearono due "anime" della IA, definite da John Searle IA "forte" e IA "debole" o "cauta" [2]. L'idea della macchina di Turing era quella di un computer sufficientemente potente e sofisticato da saper rispondere (per iscritto) ad un intervistatore, in modo tale che quest'ultimo non fosse in grado di distinguerla da un essere umano; e la questione era se una tale macchina, qualora realizzata, si potesse considerare "consapevole", dotata di una "mente". A sostegno di una opzione "cauta", John Searle propose un famoso "*thought experiment*", noto come la "stanza cinese" [3], nel quale la prospettiva veniva capovolta: si immaginò chiuso in una stanza, incaricato di eseguire manualmente un programma adeguato a simulare il comportamento di un madrelingua cinese; dall'esterno pervengono ideogrammi e l'operatore - per il quale tali ideogrammi sono solo strambi disegni - risponde adeguatamente seguendo le istruzioni del programma, restituendo cioè ideogrammi appropriati. Si può concluderne che l'operatore, una volta acquisita piena destrezza nell'esecuzione del compito, conosca il cinese, e dunque che un computer analogamente possa comprendere e possedere stati cognitivi?

Molto è stato scritto pro e contro questo "esperimento" e le sue possibili interpretazioni. Ciò su cui qui si vorrebbe puntare l'attenzione, però, prosegue sulla strada del capovolgimento di prospettiva: è davvero pensabile che una persona, chiusa nella stanza dell'esperimento, a poco a poco non impari davvero a scrivere - se non parlare - cinese, a interpretare le informazioni contenute negli ideogrammi in arrivo e in uscita, in ultima analisi a comunicare attraverso gli ideogrammi? che non cominci cioè gradualmente ad attribuire un significato ai simboli e a costruire una rappresentazione mentale - per quanto fantasiosa e magari errata - di una realtà che gli ideogrammi, e le regole dalla loro combinazione e sequenza logica, in qualche modo delineano?

Codificazione o riconoscimento

Studiando le modalità di funzionamento dei neuroni e delle loro connessioni si coglie una differenza sostanziale tra come il sistema nervoso elabora (e "memorizza") le informazioni e il funzionamento di una macchina digitale.

Ogni neurone del sistema nervoso centrale (SNC) ha tipicamente una attività che varia continuamente nel tempo, in funzione dell'insieme dei segnali sinaptici che raccoglie sul suo albero dendritico e corpo cellulare, e che elabora secondo la geometria dei dendriti, le caratteristiche bioelettriche della sua membrana plasmatica e il suo momentaneo equilibrio biochimico interno; tali segnali tipicamente cambiano nel tempo, e il neurone può eventualmente combinarli con un'attività autonoma di scarica (attività pacemaker) [4].

La semplificazione implicita nel considerare il neurone come un relais, acceso o spento, e quindi il sistema nervoso come un sistema di codificazione, è dunque molto lontana dalla situazione reale: molto più appropriato è considerare il neurone come un generatore di segnale variabile, che riflette in ogni momento *alcune specifiche caratteristiche* del suo complesso input.

La caratteristica fondamentale della connettività neuronale è la simultanea convergenza e divergenza dei segnali: ogni neurone riceve molti segnali (convergenza) e manda il suo output a molti altri neuroni (divergenza). Già nelle prime tappe delle vie sensoriali, ogni neurone raccoglie molti segnali in ingresso, in gran parte condivisi con altri neuroni. Il modo diverso e parzialmente specifico in cui tali segnali pervengono ad ogni neurone fa sì che ognuno "estragga" una parte della informazione in arrivo e la elabori in un *suo modo specifico*. Di conseguenza l'attività di ogni neurone riflette la presenza o meno di una specifica caratteristica, o pattern, nella informazione sensoriale: più in generale, riconosce il grado di concordanza con uno o più schemi predefiniti. Nella corteccia cerebrale si trovano per esempio neuroni, nelle aree di elaborazione visiva, che scaricano in risposta alla presenza di una linea chiara diagonale in una certa regione del campo visivo, e scaricano tanto intensamente più quanto più la linea è chiara, ha la corretta inclinazione ed è collocata nella regione di interesse [5].

Si può quindi sostenere che, contrariamente ad ogni tipo di elaborazione dell'informazione da parte di calcolatori digitali, l'attività di ogni neurone sia orientata (verrebbe da dire "*intenzionale*", nel senso in cui il termine è usato da Husserl trattando di coscienza, ovvero diretta a qualcosa) verso la possibile presenza di uno specifico elemento o di una specifica relazione nella informazione sensoriale.

Il risultato di questa organizzazione dell'elaborazione è che l'informazione in ingresso viene simultaneamente scomposta in una batteria di schemi interpretativi, via via più complessi a mano a mano che ci si allontana dai circuiti puramente sensoriali e vengono coinvolte strutture neuronali associative e di elaborazione superiore. E' una elaborazione distribuita in parallelo, secondo innumerevoli schemi diversi, che traduce ogni esperienza sensoriale in una complessa attività neuronale, un insieme di pattern di attività, che segnalano la presenza di ognuna delle caratteristiche (elementi e relazioni) che i circuiti neuronali sono predisposti a riconoscere nell'esperienza stessa. Questo molteplice e complesso processo di "riconoscimento" costituisce la base della "*percezione*", ovvero del passaggio dalla *sensazione*, intesa come mera risposta fisica, elettrica o biochimica del sistema neuronale a uno stimolo esterno, ad una *attribuzione di significato*. Si noti che con ciò non si intende attribuire un valore di *coscienza* ad ogni attività neuronale, ma solo sottolineare come questa modalità di elaborazione dia luogo non solo e non tanto ad una "rappresentazione" della informazione proveniente dai sistemi sensoriali - rappresentazione interna, ma ancora da analizzare e interpretare - ma piuttosto ad una forma di "conoscenza" utilizzabile per la manipolazione logica e per la elaborazione di risposte adeguate.

Siamo di fronte a una organizzazione funzionale che suggerisce un neo-kantismo biologico: i neuroni vedono nell'informazione in arrivo ciò che sono predisposti a vedere...

Manipolazione e interpretazione dell'informazione

Ma l'analogia con gli elaboratori digitali è ancora più blanda.

Infatti, le connessioni neuronali, e la risposta di ogni neurone alla attivazione delle sinapsi che porta sul suo albero dendritico, sul soma, sull'assone, è influenzata dal livello di espressione di proteine (recettori, fattori di trasduzione, enzimi...) e dal loro stato di attivazione (localizzazione cellulare, fosforilazione). Tali caratteristiche cambiano nel tempo, per l'azione di trasmettitori modulatori e in funzione della stessa attività sinaptica, ovvero in funzione dell'informazione stessa che viene via via elaborata. I cambiamenti che ne risultano possono persistere per pochi millisecondi, oppure secondi, minuti, ore, o risultare permanenti (quando viene innescata l'attivazione o lo spegnimento di geni).

La rete neuronale dunque è plastica, cambia nel tempo a seguito della elaborazione stessa che svolge, e l'effetto più evidente di questo cambiamento consiste in un potenziamento o indebolimento delle sinapsi. Tali modificazioni dell'efficienza sinaptica hanno caratteristiche associative: quando sinapsi vicine vengono attivate ripetutamente in modo coerente su un neurone, esse vengono potenziate (in specifici circuiti e situazioni le sinapsi possono venire invece indebolite), e il neurone "impara" a rispondere alla attivazione di alcune sinapsi come se anche le altre, che più volte sono state attivate coerentemente, fossero attive: il neurone "impara" cioè a "riconoscere" uno schema di attivazione anche quando esso viene riproposto in modo incompleto [6].

Dovrebbe essere evidente l'importanza di questo processo per quanto detto sopra a proposito di neo-kantismo biologico del SNC: i neuroni vedono nell'informazione in arrivo ciò che sono predisposti a vedere, ma le connessioni si modificano e ciò che i neuroni "sono predisposti" a vedere evolve nel tempo.

Un sistema di questo genere, chiuso nella stanza cinese di Searle, non potrebbe non imparare a riconoscere analogie tra ideogrammi che presentano relazioni semantiche e elementi grafici comuni, o che hanno relazioni logiche reciproche che li fanno apparire spesso associati con una disposizione ripetitiva; non potrebbe non riconoscere elementi frequenti con una specifica ed evidente funzione logica...

Rappresentazione e conoscenza

Il neo-kantismo neuronale, in realtà, si spinge oltre.

In aree corticali associative (cioè regioni di elaborazione non direttamente legate a canali sensoriali di ingresso o vie motorie di uscita), si possono individuare gruppi neuronali che scaricano quando ad un soggetto viene presentato un attrezzo - ad esempio un martello - indipendentemente dal fatto che ciò che gli viene mostrato sia l'oggetto, o una immagine dello stesso presa da angolazioni diverse, o un disegno anche stilizzato [7]; altri neuroni (gli ormai "famosi" neuroni-specchio) si attivano alla vista di un altro soggetto che solleva un bicchiere per bere, ma non se invece di un bicchiere viene sollevata una penna, o se semplicemente il bicchiere è vuoto (si noti la rilevanza *causale* o *finalistica* del riconoscimento), e pure si attivano immaginando di eseguire la stessa azione, e un istante prima di eseguirla davvero [8]; ancora, nelle regioni che raccordano le informazioni visive con quelle somestetiche (percezione del proprio corpo) vengono elaborate le relazioni spaziali più o meno complesse, e specifici circuiti riconoscono caratteristiche e relazioni di unicità/molteplicità, parte/tutto, periodicità, schemi ordinati, grandezza relativa, cardinalità, ordinalità: neuroni *kantiani* a tutti gli effetti, riconoscitori di categorie e concetti, che costruiscono un approccio geometrico-matematico e vengono coinvolti in ogni funzione superiore che richieda valutazioni numeriche, geometriche, matematiche [9].

L'elenco potrebbe proseguire a lungo. Qui ci interessa sottolineare come questo modo di elaborare l'informazione converga inevitabilmente verso la capacità di mettere in relazione unitaria tutte le caratteristiche di uno specifico oggetto generando il corrispettivo neuronale di un *concetto*, e di riconoscere analogamente le specificità di relazioni o di schemi, dando luogo al corrispettivo neuronale di *concetti astratti*.

Appare quindi che l'idea del cervello come capace di "rappresentazione" della realtà sia riduttiva e fuorviante. L'elaborazione neuronale appare piuttosto come una forma di *conoscenza*, intesa come processo di *impoverimento selettivo* dell'informazione, basato sulla estrazione di elementi, caratteristiche e relazioni rilevanti presenti nella informazione in arrivo. L'impoverimento selettivo è guidato in parte dalla "cablatura" innata del sistema nervoso e, in parte rilevante, dalla evoluzione plastica della rete e dei suoi modi di operare; il processo comunque avviene in modo parallelo e distribuito, cosicché l'informazione nel suo complesso non viene impoverita o persa,

ma piuttosto riorganizzata contemporaneamente in innumerevoli modi, così da dar luogo a svariate possibili interpretazioni, globali o parziali su livelli diversi.

La conoscenza che risulta da questo processo distribuito di impoverimento selettivo si configura come un insieme di cognizioni che possono essere elaborate nell'ambito di un sistema logico per produrre conoscenze più complesse, ma al tempo stesso possono essere utilizzate per sviluppare previsioni e strategie comportamentali, e possono essere *comunicate*.

Elaborazione simbolica della conoscenza

L'elaborazione neuronale, nelle sue modalità così descritte, permette la generazione di un sistema di riferimenti astratti a elementi e relazioni presenti nella realtà, rappresentati da specifici pattern di attività neuronale, e consente la manipolazione astratta di tali riferimenti, ovvero una rappresentazione simbolica della realtà e la possibilità di una elaborazione cognitiva nell'ambito del sistema simbolico risultante.

La capacità di elaborazione simbolica della conoscenza della realtà genera nell'uomo la possibilità di una interpretazione causale degli eventi, la dimensione logica e la conseguente capacità di prevedere gli esiti di azioni proprie e altrui, prefigurare comportamenti e eseguire valutazioni strategiche complesse su diverse scale temporali. Arricchisce inoltre in misura rilevante la possibilità di comunicazione attraverso ogni forma di linguaggio (mimico, gestuale, grafico, musicale), inteso come sistema di rappresentazione simbolica.

In particolare, l'imponente sviluppo delle capacità di articolazione vocale (e della area di corteccia cerebrale che controlla la fonazione) nell'uomo, accompagnata dall'altrettanto imponente sviluppo delle regioni di elaborazione delle informazioni uditive e della analisi della successione dei suoni nel tempo, ha permesso la costruzione del linguaggio verbale come sistema simbolico estremamente potente, grazie alla sua organizzazione morfologica, grammaticale e sintattica: strumento cognitivo che permette una rappresentazione versatile, evocativa o descrittiva, musicale e intuitiva o rigorosa e logica della realtà, sia esteriore sia interiore.

Un sistema cognitivo così strutturato non potrebbe manipolare a lungo simboli come gli ideogrammi, legati da connessioni associative, e loro sequenze legate da consequenzialità logica, senza costruirne una rappresentazione interiore dinamica, apprendere gradualmente la logica del sistema simbolico che li lega e *raffigurarsi* una realtà che essi descrivono e rappresentano. Il problema della stanza cinese si ridisegna, quindi: non più nei termini se la destrezza nella manipolazione di simboli (ideogrammi) secondo regole predefinite possa configurare una "comprensione" del linguaggio che essi costituiscono; piuttosto, nei termini che un "calcolatore" come il sistema nervoso (che sistema di calcolo non è, ma semmai sistema di interpretazione) non potrebbe manipolarli a lungo senza attribuire significato, riconoscere relazioni, appropriarsi del sistema simbolico che gli ideogrammi costituiscono.

Va osservato come i due elementi essenziali che permettono una elaborazione cognitiva così configurata siano l'intrinseca *incertezza* del riconoscimento e la già citata plasticità circuitale. Il neurone del sistema nervoso centrale non è "acceso" o "spento", ma modula la sua attività in funzione della coerenza del suo input complesso con uno o più "pattern" preferenziali, e quindi il riconoscimento di una caratteristica nell'informazione in ingresso (la risposta orientata, "*intenzionale*" del neurone) è necessariamente incerta e sfumata; al tempo stesso, la plasticità delle connessioni sinaptiche e del quadro biochimico neuronale fa sì che la specificità del riconoscimento evolva, sia in termini di quali pattern vengono riconosciuti, sia in termini di precisione e selettività ("forza" e "sicurezza") del riconoscimento.

Memoria

Una importante conseguenza di questo modo di elaborare l'informazione da parte dei sistemi neurali riguarda il modo in cui le informazioni stesse (e le conoscenze che ne derivano) vengono conservate. Si può definire la memoria in molti modi, o meglio definirne molti tipi. Scomporla in tante funzioni semplici e complesse, alcune presenti fin nei vermi ed altre solo nell'uomo, e che possono essere considerate ognuna come un aspetto della memoria: la risposta ad uno stimolo ripetuto si riduce, ma si può risvegliare con altri stimoli, persino in stupidissimi molluschi marini, che sembrano così "ricordare" ciò che è successo; e chi non conosce gli esperimenti di Pavlov che faceva venir l'acquolina in bocca al suo cane suonando un campanello? ma anche imparare ad andare in bicicletta (un orso lo può fare) o a suonare il sassofono (qui sembra ci voglia un soggetto più brillante) richiede che si "fissino" in qualche parte del cervello dei ricordi (schemi motori) e che li si possa richiamare; per non parlare di funzioni più complesse ancora...

Comunemente però ci si riferisce alla memoria come capacità di fissare ricordi che persistano a lungo, più che come capacità di registrarli momentaneamente, e l'interesse si concentra allora sul processo di *consolidamento* della memoria, termine che suggerisce che si tratti, sbizzato un ricordo nell'argilla, di farlo apprendere e cuocerlo perché non si rovini. Proprio così comunemente si pensa ai ricordi: sensazioni, suoni, immagini, catturati e scolpiti in qualche anfratto del cervello - in qualche proteina?, nel DNA? - e conservati per quando occorrerà rintracciarli. Il culto dei computer rafforza questa visione della memoria come "archivio". Eppure, la memoria - come si svolge nel nostro cervello - è processo attivo che poco si avvicina all'ideale della accurata e affidabile conservazione di documenti: è piuttosto un mutevole gioco di appunti schizzi e caricature, che dice molto sul suo proprietario oltre che su ciò che vi è stato archiviato.

Il dato sensoriale viene via via elaborato, smaterializzandosi in una collezione di relazioni e schemi, digerito e scomposto in mille modi diversi da mille strutture cerebrali diverse. Ogni schema di attività di gruppi specifici di neuroni rappresenta un tratto, una caratteristica, un modo di vedere il dato sensoriale: e questo, non il dato originale, viene fissato. Sono ormai chiari svariati meccanismi cellulari grazie ai quali la efficienza di una sinapsi cambia in funzione della attività precedente; un'alterata efficienza di sinapsi potrà non sembrare gran cosa (ricordi, linguaggio, pensiero sono ben altro!), ma questi processi di plasticità sinaptica sono progressivi e associativi, come già discusso, e permettono il consolidamento di schemi anche complessi di attività coordinate di neuroni, che corrispondono a sensazioni, stati mentali, ricordi e che vengono dunque "fissati" come pattern di attività (dal punto di vista neurobiologico) ovvero come vissuti interiori (dal punto di vista psicologico-cognitivo).

La memoria come linguaggio

Il processo di fissazione di schemi di attività, corrispondenti a risposte interiori all'esperienza, avviene continuamente, in alcune regioni "di lavoro" o "di parcheggio" della memoria, dove le modificazioni non persistono a lungo; meccanismi di questo genere permettono di ripetere un numero di telefono o ricordare un nome per alcuni minuti ^[10]. E' uno spazio limitato, questo, che va riutilizzato di continuo: se un ricordo non viene rinfrescato si sbiadisce e si perde. Se invece uno schema si ripete più e più volte (o viene attivato in condizioni particolari, come in presenza di forti emozioni) potrà venire riprodotto e "fissato" in regioni cerebrali meno dinamiche, dove le alterazioni plastiche sono più persistenti, ed andrà a costituire un ricordo permanente. Ogni studente sa bene che rileggendo domani ciò che si è studiato oggi, e riesaminandolo ancora dopo qualche giorno o settimana, non lo si dimenticherà

facilmente (l'informazione sarà stata fissata in corteccia), mentre tra un mese non si ricorderà una virgola di ciò che si è studiato di fretta prima di un'interrogazione.

Di ogni nostra esperienza il cervello conserva una rappresentazione sfaccettata, basata su numerosi schemi di attività coordinata di cellule nervose. E per ogni nuovo dato sensoriale riconoscerà facilmente le caratteristiche che corrispondono a schemi già acquisiti. La costruzione del nuovo ricordo può così utilizzare gli schemi già presenti, e a sua volta li completa ed arricchisce. Non è una pellicola fotografica che viene impressionata, la memoria, ma processo attivo di assimilazione dei dati in arrivo con l'insieme delle informazioni già acquisite: non è la riproduzione fedele della realtà a guidare la memoria, ma la percezione soggettiva, in buona parte determinata dalle informazioni memorizzate in precedenza.

Intesa in questi termini - come processo dinamico sia nel costruire, sia nel conservare, aggiornare e richiamare il ricordo - la memoria suggerisce un parallelo con il linguaggio, piuttosto che con un archivio: un insieme di oggetti-parole che vivono nelle relazioni che li legano, nel plasmare nuovi oggetti e relazioni, nell'arricchirsi di nuovi significati. Come le parole sembrano talora staccarsi dagli oggetti che rappresentano e, quasi animate di vita propria, assumere nuovi significati e nuove colorazioni, così i nostri ricordi, costruiti e tenuti vivi, come parole ogni volta usate in un contesto diverso, crescono e mutano con noi; quando ne richiamiamo uno, ricostruiamo lo schema di attività neuronale che gli corrispondeva, ma in un cervello che nel frattempo è mutato, e nel quale alla attività di ogni gruppo di neuroni possono essere associati nuovi significati. Il ricordo può comparire diverso, è un ricordo che l'io attuale ricostruisce, non il ricordo "fissato" tempo fa.

Una memoria dunque come strumento di registrazione impreciso, viziato da pregiudizi e rimaneggiato, una macchina imperfetta? Certamente, ma al tempo stesso un sistema che permette di dare un "senso" ad un'immagine, ad un suono, a ogni esperienza e in ultima analisi alla vita stessa.

Queste modalità della memoria la avvicinano davvero al linguaggio, e come si impara a parlare, si impara a ricordare. Chi possiede pochi vocaboli fatica ad acquisire una nuova parola, a coglierne la ricchezza e complessità, ad imparare ad usarla in tutta la sua potenza espressiva. Non è allora strano che il bambino piccolo, che pure ha grandi potenzialità di plasticità sinaptica, pochi ricordi già fissati e "tanto spazio" per accumularne di nuovi, abbia meno facilità a fissare ricordi, o meglio che i suoi ricordi siano meno precisi, ricchi e dettagliati, e vadano così facilmente persi: proprio perché non ve ne sono già mille con cui costruirne uno nuovo in tutte le sue sfaccettature e relazioni. Il poeta che conosce a fondo la parola e la sua origine, che ne sviscera i risvolti semantici e le proprietà metriche, musicali ed evocative, che possiede tanti modi per ridire lo stesso pensiero, difficilmente sarà messo a tacere rubandogli qualche vocabolo. Così una memoria attiva, volta a cogliere le relazioni nella realtà più che a fissarne immagini statiche, basata sulla continua rielaborazione delle proprie conoscenze, ponendole in relazione con informazioni sempre nuove, sarà ben più resistente al logorio del tempo e dell'età: le nozioni si dimenticano, ma la ragnatela di riferimenti concettuali che le lega - la cultura - resta.

La logica neuronale

Si è sottolineato come le modalità di elaborazione da parte del sistema nervoso siano appropriate per estrarre *conoscenza* da un insieme di dati sensoriali e contenuti mnesici (informazione). Descritta come processo di impoverimento intenzionale parallelo e distribuito, una tale conoscenza appare però presentare un pesante limite, generando un frastornante circolo vizioso: il materiale informativo su cui i vari sistemi neuronali lavorano è in origine un insieme parallelo e/o una sequenza di dati; ogni processo di impoverimento intenzionale ne estrae un aspetto significativo, ma a seguito della elaborazione distribuita ci si ritroverà ancora una volta non con *un*

senso, ma con un insieme di aspetti, dati combinati, schemi, quadri di lettura, interpretazioni parziali, eventualmente anche in conflitto reciproco. Per quanto il processo possa applicarsi ricorsivamente verso letture sempre più complesse, ogni tentativo di sintesi si scontrerebbe con la molteplicità delle sintesi alternative proposte da altri circuiti neuronali.

Già nei primi stadi dell'elaborazione sensoriale, però, alla modalità *parallela* di elaborazione se ne affianca un'altra: un processo *sequenziale* attraverso il quale informazioni diverse vengono successivamente prese in considerazione dagli stessi circuiti. Questo è reso possibile da due fenomeni. Da un lato la complessità della rete neuronale comporta la presenza di circuiti di riverbero e quindi la possibilità che diversi circuiti conducano informazione simile verso gli stessi bersagli neuronali attraverso un numero diverso di sinapsi, che introducono ritardi diversi; di conseguenza l'attività di un neurone può riflettere non solo la presenza di uno schema di attività momentaneo in altri neuroni, ma anche specifici andamenti temporali della attività, cosicché i dati in ingresso vengono analizzati, oltre che in parallelo, anche in termini di sequenza temporale. D'altro canto, nei circuiti cerebrali diverse strutture neuronali sono organizzate per preservare per un certo tempo informazione sulla quale va eseguita elaborazione: un ambito molto studiato è l'insieme di circuiti che costituiscono la cosiddetta "memoria di lavoro" (working memory), nella quale vengono preservate per uno-due minuti informazioni (un nome, un numero di telefono) che vengono poi perse se non utilizzate e fissate in circuiti di memoria più stabile ^[10]; ad un particolare circuito di questo genere, ad esempio, si fa riferimento come "ansa fonologica", e gli viene attribuita la funzione di preservare e riproporre la sequenza dei fonemi appena uditi per il tempo necessario affinché le strutture di interpretazione linguistica e semantica, ricombinandoli in varie maniere, individuino le parole e quindi la struttura sintattica e il senso della frase ^[11].

Le due modalità di analisi - parallela e sequenziale - sono intersecate e combinate: l'esempio forse più chiaro è la combinazione delle informazioni sulla luminosità dei singoli punti di un'immagine osservata (registrate simultaneamente dalla retina) con le informazioni sui movimenti dell'occhio mentre viene guidato a seguire linee e profili nella stessa immagine; ne consegue una esplorazione dell'immagine che combina informazioni di tipo pittorico - la presenza statica simultanea di elementi e relazioni - con informazioni di tipo descrittivo, quasi uno schizzo virtuale dei profili, con focalizzazione sequenziale sui vari punti dell'immagine ^[12].

Il processo di esplorazione sequenziale del campo dei segnali in ingresso a un circuito neuronale sottolinea come l'attività neuronale non rifletta costantemente lo stesso tipo di "calcolo" sull'informazione in ingresso, ma (proprio a causa della dinamicità dell'attività neuronale in ognuno dei circuiti che ne costituiscono l'input) tipicamente entri "in risonanza" di momento in momento con aspetti diversi di tale informazione, privilegiando ora un aspetto e interpretazione, ora l'altro.

Ne consegue non tanto un'attività che segua percorsi strettamente associativi - il riconoscimento di uno schema da parte del sistema neuronale avvia a riproporre altri schemi appresi che hanno tratti in comune - ma piuttosto un continuo cambio di prospettiva su un insieme di suggerimenti interpretativi, i quali ovviamente hanno elementi in comune poiché risultano da diverse elaborazioni dello stesso insieme di circuiti in ingresso.

L'attività di un circuito nervoso preposto al riconoscimento di una caratteristica complessa riflette il successo di un tale complesso processo di "esplorazione" - o focalizzazione sequenziale su porzioni e aspetti diversi dell'insieme dei dati disponibili, e assunzione sequenziale di prospettive diverse - e rende possibile il passaggio da una fase *analitica*, il cui prodotto è una insieme di *conoscenze*, ad una fase di *sintesi* capace di letture complessive. Appare dunque che il processo di impoverimento intenzionale che costituisce la formazione della "conoscenza" nei

circuiti neuronali converga infine nelle modalità di una *narrazione*. Narrazione incompleta, che segue un filo logico ma si attarda su aspetti pittorici colti nel loro insieme e descrive, richiama, evoca, alterna interpretazioni possibili. E' importante riconoscere questa operatività narrativa del processo di riconoscimento neuronale, perché essa sottolinea da un lato il carattere incerto e sfumato del riconoscimento, e quindi la sua tentatività (è una "proposta", non una sicurezza), e dall'altro lato la instabilità temporale nell'attività dei circuiti neuronali, che varia di continuo anche quando essi sono implicati nella elaborazione di uno stimolo che non cambia.

Mind wandering

Le caratteristiche *narrative* dell'elaborazione neuronale, qui discusse, costituiscono probabilmente una inattesa sorpresa per chi non si sia mai addentrato nello studio dei processi neurobiologici. Peraltro, ognuno ha la chiara percezione introspettiva che ai livelli accessibili alla coscienza i processi mentali presentino questa caratteristica di esplorazione narrativa: basti pensare a come, di fronte a un gioco ottico come un calice il cui profilo suggerisce due visi che si accostano, noi oscilliamo tra la percezione e il riconoscimento del bicchiere e quello dei profili umani; o ancora come nella percezione affettiva di un rapporto oscilliamo spesso, anche a distanza di pochi secondi, tra il privilegiare aspetti gratificanti e sentimenti amorevoli oppure avvertire come dominanti gli aspetti frustranti e gli impulsi aggressivi; ancora, come di fronte ad una scelta difficile le varie prefigurazioni di comportamento e relative valutazioni si alternino in modo non lineare, non verso una convergenza (più o meno rapida) sulla soluzione "migliore" (calcolabile come tale, anche di poco, ma innegabilmente tale), ma piuttosto oscillando tra valutazioni che, prendendo in esame e caricando di valore affettivo di volta in volta uno o l'altro aspetto, sbilanciano il calcolo motivazionale dando luogo ad una talora irresolubile oscillazione tra il sì e il no.

Lungi dal ritenere con ciò risolto il problema delle basi neurobiologiche delle funzioni superiori, e in particolare della coscienza, è comunque molto suggestivo che la maggiore difficoltà concettuale a riferire a processi neurali, biologici, le attività superiori (linguaggio, immaginazione, pensiero, coscienza) sorga proprio a causa della soggettiva percezione di un "occhio interiore" che esplora i contenuti cognitivi, affettivi, immaginativi; e che proprio questa stessa caratteristica di focalizzazione sequenziale e andamento "narrativo" caratterizzi invece molti processi neuronali, dalla esplorazione delle immagini alla interpretazione delle sequenze di fonemi, alla prefigurazione e elaborazione di strategie comportamentali.

Logos e immaginazione

Come discussa qui, la logica neuronale si traduce in una sintesi che, esplorato un ampio insieme di suggerimenti semantici, richiami logici e affettivi, ipotesi interpretative, ne privilegia alcuni, mentre altri risultano mascherati e "esclusi" da ulteriori elaborazioni sintetiche. E' un processo di riduzione della ridondanza semantica, della molteplicità e indefinitezza dei rimandi, verso una definizione, precisazione, disambiguazione: un percorso dal vago, possibile, implicito verso il definito ed esplicito.

Quale che sia il principio e meccanismo - fisico o metafisico - della coscienza, appare che essa si precisi attraverso questo stesso processo di esplicitazione, cosicché molti rimandi semantici e evocativi permangono nascosti e inaccessibili, "sommersi" in stadi precoci del processo, caratterizzati da percezioni incerte, vaghe, ambigue e confuse, mentre solo alcuni appaiono vividamente e precisamente presenti. Questo ben descrive l'esperienza fenomenologica, introspettiva, dell'immaginazione, che appare focalizzare contenuti come forme emergenti da una magma in continuo rimescolamento da parte di misteriose correnti sommerse.

La capacità di mappare in un sistema simbolico contribuisce a questo processo di precisazione, grazie al fatto che qualunque sistema simbolico può riprodurre nella sua struttura solo un sottoinsieme delle relazioni (logiche, semantiche, evocative) che caratterizzano la realtà cui esso rimanda. Può essere importante osservare come il linguaggio verbale si caratterizzi sotto questo profilo come sistema simbolico fortemente dominato da nessi logici e tendenzialmente non ambiguo. Pur mantenendo una grande ricchezza di rimandi evocativi (grazie alle sue caratteristiche ritmiche e musicali, ad assonanze e sfumature di significato), il linguaggio verbale permette di condurre il processo di disambiguazione e precisazione fino alla completa *esplicitazione* delle elaborazioni cognitive (ma anche affettive e comportamentali) sottostanti.

Di qui la chiara percezione che il linguaggio interiore guidi il pensiero "consapevole", e più ancora possa condurlo e imbrigliarlo strettamente nella sua forma di linguaggio compiutamente espresso, il linguaggio parlato.

* * *

Abbandonati così i ristretti orizzonti di una logica digitale da calcolatore, possiamo ora permetterci di volgere uno sguardo al percorso generale della cultura occidentale, alla luce di questa caratterizzazione dei processi neuronali.

Nel mondo greco, con Socrate, l'uomo comincia a porsi con chiarezza il compito di definire, disambiguare la propria percezione della realtà, e in questo tentativo segue un percorso analogo a quello che permette l'emergere dei contenuti immaginativi alla coscienza. Coglie cioè la straordinaria potenza del *logos*, ragione e logica, substrato essenziale del linguaggio, nell'esplicitare la percezione della realtà e imbrigliarla in una lettura *coerente* (logica) che permetta di riconoscere le cause e il "principio" (*arché*) delle cose, rifiutando i rimandi vaghi, incerti, molteplici di una lettura mitologica, emotiva, irrazionale. E' un percorso che l'uomo occidentale ha intrapreso nel tentativo di definire il confine che separa la terra dall'iperuranon, il regno di ragione e distinzione dall'etere dell'incerto e molteplice, le parole impoverite del giorno dalla sovrabbondanza di richiami e di senso della notte e del sogno: il confine del *logos*, disegnato dall'uomo per potersi muovere sicuro tra regole certe, per sfuggire ai territori al di là delle parole, dove i significati si confondono ma il senso diviene invece profondo, preciso e totale al punto di essere doloroso. E' significativo come questo stesso confine appaia segnare la storia della psicologia moderna, inteso come confine tra razionalità e inconscio, tra consapevole organizzazione cognitiva, affettiva, comportamentale e il subbuglio di pulsioni sommerse che traspaiono nella ambiguità dei simboli archetipici.

Con la sua filosofia e con la scienza l'uomo occidentale ha conquistato e fortificato il territorio della parola, quasi a liberarlo dalla musica. Perché la musica vibra sì di aria e muove i timpani, ma vive d'altro e d'altro canta, storie, emozioni, paure e illuminazioni: tutto ciò che l'uomo da sempre ama e teme, ciò che l'uomo terrorizzato esorcizza segnando *limiti* con le sue parole e con la sua filosofia, ricacciando il sacro, il dionisiaco, fuori dai confini del *logos*, che rassicurante segna le norme e lo sa guidare nelle vicende della vita, protetto dal confuso turbinio del sentire, dai capricci del fato, dall'imprevedibile volere degli dei. Ma da questo sgomento per l'ignoto, il vago, l'indefinito, dalla paura dell'infinito e del sacro, solo si può sfuggire cercando *sicurezza* nella benevolenza di un ignoto personificato, superiore e potente, oppure nel delirio dell'onnipotenza cognitiva: nel richiedere cioè alla filosofia e alla scienza la *certezza* della esperienza, della logica, della conoscenza.

E se la scienza occidentale, finalmente consapevole dei suoi limiti dopo l'ubriacatura dei Lumi e del positivismo, si ritrae dal fornire certezze ontologiche, metafisiche, e persino fisiche, non ci si può stupire che in questa ritrovata incertezza tanto frequente e diffuso sia il ricorso ad ogni tipo di fantasiosa filosofia dispensatrice di

certezze e, nel quotidiano, la fuga da ogni argomentazione complessa, da ogni distinguo, dal *dubbio* in ogni sua forma, e il dolce abbandonarsi, persa ogni criticità, alle voci che gridano più forte certezze più semplici.

Non foss'altro, in questo quadro il compito delle neuroscienze, della scienza in generale e dell'epistemologia si delinea con chiarezza, se almeno una speranza deve permanere di sfuggire all'imbarbarimento.

- [1]. Turing AM. *Computing machinery and intelligence*. *Mind* 59, 433-460, 1950.
- [2]. Searle J. *Minds, Brains and Programs*. *Behavioral and Brain Sciences* 3: 417-457, 1980.
- [3]. Searle J. *Is the Brain's Mind a Computer Program?*. *Scientific American* 262: 26-31, 1980.
- [4]. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. *Principles of Neural Science*, 4th ed. McGraw-Hill, New York. 2000.
- [5]. Hubel DH, Wiesel TN. *Receptive fields of single neurones in the cat's striate cortex*. *Journal of Physiology* 148:574-591, 1959 [ripubblicato in *Journal of Physiology* 587: 2721-2732, 2009].
- [6]. Bailey CH, Kandel ER. *The persistence of long-term memory: A molecular approach to self-sustaining changes in learning-induced synaptic growth*. *Neuron* 44: 49-57, 2004.
- [7]. Grill-Spector K. *The neural basis of object perception*. *Current Opinion in Neurobiology* 13:159-166, 2003.
Gross CG. *Single neuron studies of inferior temporal cortex*. *Neuropsychologia* 46: 841-852, 2008.
- [8]. Rizzolatti G, Craighero L. *The Mirror-Neuron System*. *Annual Reviews in Neuroscience* 27: 169-92, 2004.
- [9]. Hubbard EM, Piazza M, Pinel P, Dehaene S. *Interactions between number and space in parietal cortex*. *Nature Review Neuroscience* 6: 435-448, 2005.
- [10]. Baddeley AD, Della Sala S. *Working memory and executive control*. *Philosophical Trans. Royal Society London*, 351, 1397-1404, 1996.
- [11]. Jones DM, Macken WJ, Nicholls AP. *The phonological store of working memory: is it phonological and is it a store?* *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 656-674, 2004.
- [12]. Krauzlis RJ, Stone LS. *Tracking with the mind's eye*. *Trends in Neural Science* 22: 544-550, 1999.